BERICHTE aus dem Fachbereich Geowissenschaften

der Universität Bremen

Nr. 16

1. KOLLOQUIUM DES SONDERFORSCHUNGSBEREICHS 261 DER UNIVERSITÄT BREMEN

DER SÜDATLANTIK IM SPÄTQUARTÄR: REKONSTRUKTION VON STOFFHAUSHALT UND STROMSYSTEMEN

14. JUNI 1991

Kurzfassungen der Vorträge und Poster



Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Nr. 16, 66 S., 24 Abb., Bremen 1991.

ISSN 0931-0800

Programm:

8.30 - 10.30 Vorträge:

Gerold Wefer: Überblick über die Entwicklung des SFB.

Gunter Krause: Hochauflösende Messungen der Flußdichte von Chlorophyll und Partikeln.

Gerhard Fischer:

Sedimentation organischen Kohlenstoffs im östlichen Atlantik und die Veränderung des δ^{13} C-Signals in der Wassersäule.

Ralph Schneider & Peter J. Müller: Spätquartäre Produktivitätsänderungen im Auftriebsgebiet vor Kongo und Angola.

Peter J. Müller, Götz Ruhland & Ralph Schneider: Bestimmung von Paläotemperaturen im Oberflächenwasser mit organischen Verbindungen (C₃₇-Alkenone).

Poster:

Andrea Abelmann & Rainer Gersonde (Doppelposter): Biogene Opal-Sedimentation im Antarktischen Ozean.

Barbara Donner & Gerold Wefer:

Saisonale Sedimentation planktischer Foraminiferen im Weddellmeer und die Verteilung stabiler Isotope.

Gerhard Fischer & Gerold Wefer:

Saisonaler Partikelfluß und das Auftriebsgeschehen in einigen Hochproduktionsgebieten des östlichen Atlantiks.

Peter J. Müller & Ralph Schneider:

Eine automatisierte Methode zur naßchemischen Bestimmung von Opal in Sinkstoffen und Sedimenten.

Gerhard Bohrmann, Andrea Abelmann, Rainer Gersonde, Hans-Wolfgang Hubberten & Andreas Mackensen:

Opalverteilung als Anzeiger für Produktivitätsänderungen im Wechsel von Glazial/Interglazialzeiten (südlichen Südatlantik).

Klemens Heidland, Christoph Gaedicke & Jürgen Pätzold: Erste Ergebnisse der METEOR-Expedition M 15/2 (Hunter Kanal und Rio Grande Schwelle).

10.30 - 11.00 Kaffeepause

11.00 - 13.00 Vorträge:

Volkhard Spieß, Monika Breitzke & Frauke Rostek: Entwicklung eines digitalen Sedimentecholot-Systems: Erste Ergebnisse von Einsätzen im Südatlantik.

Ulrich Bleil, Monika Breitzke, Norbert Nowaczyk, Harald Petermann & Wolfgang Thießen:

Petrophysikalische und paläomagnetische Analysen quartärer Sedimente des Südatlantiks.

Michael Rutgers van der Loeff:

Akkumulation natürlicher Radionukleide und Sauerstoffzehrung im Meeresboden als Maß für den Sedimenteintrag.

Andreas Dahmke & Horst-D. Schulz: Frühdiagenetische Prozesse in Sedimenten des Benguela-Auftriebsgebietes.

Poster:

Reza Melyooni & Alexander Nehrkorn: Isolierung und Charakterisierung von Bakterienstämmen aus Tiefsee-sedimenten.

Uwe Svensson & Wolfgang Dreybrodt:

Lösungs- und Abscheidungskinetik natürlicher Karbonat-Minerale im System CO_2 -H₂O in der Nähe des Gleichgewichtes.

Uwe Schinzel, Andreas Dahmke & Horst-D. Schulz: Experimentelle Ergebnisse zur Reduktion von Eisenoxiden im marin-anoxischen Milieu.

Uwe Bergmann & Michael Rehfeld:

Das parametrische Array: Grundlagen einer Schallquelle für engbündelnde, hochauflösende Echolotsysteme.

Monika Breitzke & Frauke Rostek zusammen mit

Heinrich Villinger, Gerhard Kuhn & Volkhard Spieß (Doppelposter):

Physikalische Strukturen in marinen Sedimenten und ihre Erfassung in seismischen Registrierungen.

Vergleich hochauflösender sedimentphysikalischer Messungen mit digitalen Parasound-Seismogrammen. Harald Petermann & Maria Tegeler: Magnetische Bakterien in marinen Sedimenten.

Wolfgang Thießen & Norbert Nowaczyk:

Paläomagnetische Messungen mariner Sedimente und ihre Bedeutung für paläoklimatische Rekonstruktionen.

13.00 - 14.00 Mittagspause

14.00 - 16.00 Vorträge:

Andrea Abelmann, Gerhard Bohrmann & Rainer Gersonde: Meereisverbreitung und ozeanische Frontensysteme im Spätquartär südlicher hoher Breiten.

Heike Schmidt: Der Benguela-Strom im Bereich des Walfisch-Rückens im Spätquartär.

Rainer Petschik & Hannes Grobe:

Spätquartäre Tonmineralvergesellschaftungen im subpolaren Südatlantik - Anzeiger für Strömung und Transport von Bodenwassermassen.

Torsten Bickert & Andreas Mackensen:

Rekonstruktion der spätquartären Bodenwasserzirkulation im östlichen Südatlantik zwischen Äquator und Polarfrontzone: stabile Isotope und Foraminiferenvergesellschaftungen.

Poster:

Andreas Mackensen, Hannes Grobe, Gerhard Kuhn & Dieter K. Fütterer: Benthic Foraminiferal Assemblages from the Eastern Weddell Sea between 68° and 73°S: Distribution, Ecology and Fossilization Potential.

Hans-Wolfgang Hubberten, Andreas Mackensen, Hannes Grobe & Dieter K. Fütterer:

Stabile Kohlenstoffisotope in der Wassersäule und ihr Einbau in Foraminiferengehäuse im Weddellmeer und in der Polarfrontzone.

Isa Brehme, Hannes Grobe und Dieter K. Fütterer:

Einfluß der Bodenwasserzirkulation in Warm- und Kaltzeiten am Süd-Orkney-Hang - NW-Weddellmeer.

Rainer Gersonde, Andrea Abelmann, Dieter K. Fütterer, Hannes Grobe, Hans-Wolfgang Hubberten, Gerhard Kuhn, Andreas Mackensen, Gabriele Ott, Rainer Petschik, Volkhard Speiß & Heiner Villinger:

Stratigraphie und Korrelation spätquartärer Sedimente im Antarktischen Ozean.

Andrea Abelmann, Rainer Gersonde & Ulrich Zielinski:

Biogeographie antarktischer/subantarktischer Diatomeen- und Radiolarienvergesellschaftungen in Oberflächensedimenten.

Gabriele Ott:

Stabile Isotopenverhältnisse in spätquartären Kalkschalern südlich der Polarfrontzone, paläozeanographische Auswertung.

Meereisverbreitung und ozeanische Frontensysteme im Spätquartär südlicher hoher Breiten

Andrea Abelmann, Gerhard Bohrmann und Rainer Gersonde, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, 2850 Bremerhaven.

Der Zirkumantarktische Ozean ist geprägt durch ein System von ozeanischen Fronten, die durch mehr oder weniger deutlich ausgeprägte Gradienten der Oberflächenwassertemperatur, des Salzgehaltes und des Nähstoffgehaltes gekennzeichnet sind. Ihre Lage bestimmt die Ausdehnung der antarktischen Kaltwassersphäre, die sich auch durch hohe Nährstoffgehalte auszeichnet. Ein weiterer wichtiger Umweltfaktor ist das Meereis, das im Winter große Bereiches des Antarktischen Ozeans abdeckt. und einerseits Einfluß auf die Wirkungsweise der "Biologischen Pumpe" (Exportproduktion), andererseits auf die Austauschprozesse zwischen Ozean und Atmosphäre hat. Damit sind Lage und Ausbildung der Fronten sowie Verbreitung des Meereises u. a. bedeutende Faktoren für den Wärmehaushalt des Ozeans und den CO₂-Haushalt im Bereich der südlichen hohen Breiten, heute, wie in geologische Vorzeit.

Die ausgeprägten physiko-chemischen Gradienten im Bereich der ozeanischen Fronten führen dazu, daß die Fronten biogeographische Grenzen von Faunen- und Florenvergesellschaftungen kalkiger und kieseliger Mikroorganismen darstellen, die auch im Sediment dokumentiert sind. So zeigt die Verbreitung von Radiolarienvergesellschaftungen in Oberflächensedimenten einen engen Bezug zur Lage der Fronten (s. a. Poster Abelmann et al.: "Biogeographie antarktischer/subantarktischer Diatomeen- und Radiolarienvergesellschaftungen in Oberflächensedimenten") und läßt sich damit zur Rekonstruktion von Lageveränderungen der Frontensysteme im Wechsel der spätquartären Warm- und Kaltzeiten nutzen. Bisherige Analysen von Radiolarienfaunen aus Sedimentkernen, die aus dem Bereich zwischen 55° - 45°S stammen, zeigen, daß sich zumindest im Bereich zwischen Afrika und der Antarktis die Lage der antarktischen Frontensysteme während der letzten ca. 140.000 Jahre wahrscheinlich nur wenig gegenüber heute geändert hat. Es ist jedoch davon auszugehen, daß während der interglazialen Klimaoptima u. a. die Temperaturgradienten an den Fronten erniedrigt waren und wärmere Faunenelemente nach Süden vorstoßen konnten. Dagegen waren während der Glazialzeiten die thermischen Gradienten gegenüber heute erhöht.

Die Verbreitung des Meereises in geologischer Vorzeit läßt sich mit Hilfe der Häufigkeitsverteilung bestimmter Diatomeenarten und lithogener Komponenten (IRD), die im Sediment gespeichert sind, rekonstruieren. Es zeigen sich dabei N - S Verlagerungen der Wintermeereisgrenze im Wechsel von Warm- und Kaltzeiten, die im Bereich von mehr als 10 Breitengraden liegen können. In engem Zusammenspiel mit diesen Verlagerungen stehen Veränderungen der Akkumulationsraten biogener kieseliger Sedimente im Gebiet südlich der heutigen Polarfrontzone (s. a. Poster Bohrmann et al.: "Opalverteilung als Anzeiger für Produktivitätsänderungen..."). Damit dokumentiert sich der Einfluß der Verbreitung des Meereises auf Produktion und Export biogenen Materials im Antarktischen Ozean. Hohe nacheiszeitliche Sedimentationsraten (ca. 10 - 50 cm/1000 J.) von Diatomeenschlämmen im Bereich südlich der Polarfrontzone ermöglichen zeitlich hochaufgelöste Rekonstruktionen von Verlagerungen der Wintermeereisgrenze während der letzten ca. 12.000 Jahre. Sie ergeben für den Zeitabschnitt des Klimaoptimums vor ca. 9.000 Jahren eine südwärtige Verlagerung der Meereisgrenze gegenüber der heutigen Lage.

Biogene Opalsedimentation im Antarktischen Ozean

Andrea Abelmann und Rainer Gersonde, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, 2850 Bremerhaven

Im Rahmen eines Langzeitprogrammes zur Erfassung des Partikelflusses im Bereich des Antarktischen Ozeans wurden seit Dezember 1980 Verankerung mit Sinkstoff-Fallen in der Drake Passage (DP80-81), dem Powell Basin (PB83), der Bransfield Straße (KG83, KG1 - KG3), dem Weddellmeer (WS1 - WS4) sowie im Bereich der Polarfront-Zone nördlich von Bouvet Island (PF1) betrieben (Abb. 1). Weitere Verankerungen mit Sinkstoff-Fallen sind z. Z. ausgelegt. Der Einsatz von zeitgeschalteten Sinkstoff-Fallen, die in einer Folge vorgegebener Sammelintervalle (1- 7 Wochen) ganzjährig Partikel in der Wassersäule auffangen, erlaubt neben der Erfassung von Jahresflußraten auch eine detaillierte Aufzeichnung jahreszeitlicher Variationen des Partikelflusses in Abhängigkeit zu sich saisonal verändernden Umweltbedingungen (u.a. Meereisbedeckung). Damit können wichtige Hinweise zur Funktion der "Biologischen Pumpe" sowie zur Entstehung von paläozeanographisch auswertbaren Signalen in antarktischen Sediment gewonnen werden.

Zwischen 50 und >90 % des gemessenen Gesamtpartikelflusses bestehen aus biogenem Opal. Davon setzten sich im allgemeinen mehr als 90 % aus den Schalen von Diatomeen zusammen, während Radiolarien und Silikoflagellaten geringere Anteile stellen. Entsprechend wurden Jahresflußraten von 0,26 - >26.6 x 10⁹ Diatomeenschalen m⁻² und 0,21 - 70 x 10⁴ Radiolarienskelette m⁻² gemessen (Abb. 2). Der jährliche Silikoflagellatenfluß liegt im Bereich um 10⁶ Skelette m⁻². Die höchsten Diatomeenflußraten wurden in der Bransfield Straße (KG1) gemessen, während der maximale Radiolarienfluß im Bereich der Polarfront (PF1) festgestellt worden ist. Die Diatomeen- und Radiolarienflußraten sind gut miteinander korreliert (r = 0.98), wobei ca. 10⁹ Diatomeen- schalen m⁻² ca. 10⁴ Radiolarienskeletten m⁻² entsprechen. Ausnahme davon ist die Verankerung PF1 (Polarfront), wo der Radiolarienfluß lediglich vier Größenordnungen kleiner ist.

Der Fluß biogener kieseliger Partikel im Bereich der saisonal meereisbedeckten Gebiete ist durch starke Schwankungen im Jahresgang charakterisiert. Zwischen 70 und 95 % des jährlichen Gesamtflusses konzentrieren sich auf einen Zeitraum von nur ca. 2 - 9 Wochen während des Südsommers, wenn die Untersuchungsgebiete eisfrei sind. Auch die Jahresflußraten können von Jahr zu Jahr Unterschiede aufweisen, die im Bereich einer Größenordnung liegen (Abb. 2). Wichtige Steuerungsmechanismen für den biogenen antarktischen Partikelfluß sind die Verbreitung des Meereises, die Stabilität der Oberflächenwasserschicht (Durchmischungstiefe), aber auch die Beweidung durch Zooplankton. Insbesondere Krill spielt eine wichtige Rolle im Bereich der Bransfield Straße, wo sein Vorkommen Zeit und Umfang des Partikelflusses steuert.

Im allgemeinen weist der Partikelfluß von Diatomeen und Radiolarien ein miteinander gut vergleichbares Verteilungsmuster auf und zeigt damit eine enge Verbindung zwischen der Produktion kieseligen Phytoplanktons und kieseligen Proto-Zooplanktons an (Abb. 2). Möglicherweise weist in einigen Fällen das Verteilungsmuster des Radiolarienflusses auch auf eine Phytoplanktonproduktion hin, die nicht direkt in den Fallen dokumentiert ist.

Während ihrer Sedimentation wird die Zusammensetzung der ursprünglich produzierten kieseligen Mikroplanktonvergesellschaftungen durch mechanische Einwirkungen (Zerstörung bei Freßvorgängen) und durch Opal-Lösung (hauptsächlich an der Grenzfläche Meer/Meeresboden) verändert. Dies betrifft insbesondere die Zusammensetzung der Diatomeenvergesellschaftungen. Bei den Radiolarien werden in der Hauptsache nur die Vertreter der Phaeodarien gelöst. Die Absinkgeschwindigkeiten können Werte von 200 m/Tag und mehr erreichen. Dabei ist ein Großteil der Diatomeen in Kot-Pellets oder Aggregaten verpackt, die ein schnelles Absinken erlauben und bei pulsartigen Absinkereignissen einzeln absinkende Partikel mitreißen.

Ein weiterer Faktor, der die im Sediment gespeicherten Signale beeinflussen kann, ist der Zustrom von lateral transportiertem resuspendiertem Material. In bodennahen Sinkstoff-Fallen, die in der Bransfield Straße und westlich der Maud Kuppe eingesetzt waren, wurde ein erheblicher Eintrag resuspendierten Materials gemessen. In der Bransfield Straße lag dieser Eintrag etwa eine Größenordnung über dem Wert des vertikalen Flusses (KG1, Fig. 2), während für WS2 (westlich Maud Kuppe) geschätzt wird, daß ca. 40 - 70 % des Gesamtflusses resuspentiertes Material darstellt. Während in der Bransfield Straße der Eintrag resuspendierten Materials auf den Zeitraum Südsommer begrenzt scheint, zeigt das Verteilungsmuster des Partikelflusses in WS2 einen über das gesamte Jahr verteilten Zustrom an (Abb. 2).

Die Zusammensetzung der Radiolarienvergesellschaftungen, die im neritischen Bereich gesammelt worden sind (Bransfield Straße, Powell Becken), besteht überwiegend aus Arten mit bipolarer Verbreitung. An allen pelagischen Verankerungspositionen südlich der Polarfront wurden dagegen überwiegend endemische antarktische Taxa (*Antarctissa denticulata/strelkovi* - Gruppe) gefunden. Die Diatomeenvergesellschaftungen in der Drake Passage, westlich der Maud Kuppe und an der Polarfront werden von *Nitzschia kerguelensis* dominiert, während in PB83 und WS1 (Abb. 1) sogenannte Meereisdiatomeen häufig sind. In der Bransfield Straße bestehen die Vergesellschaftungen dagegen überwiegend aus Arten der Gattung *Chaetoceros*. Auch die Veränderungen der Diatomeen- und Radiolarienvergesellschaftungen im Jahresgang sowie von Jahr zu Jahr dokumentieren Wechsel der Umweltbedingungen, wie z. B. Wassermassen- und Meereisverbreitung.



Fig. 1: Lage der Verankerungspositionen



Abb. 2: Saisonale Variationen des Diatomeen- und Radiolarienflusses sowie die geschätzten Jahresflußraten (Pfeile geben Zeitintervall an über das die Jahresflußraten abgeschätzt worden sind, Abelmann und Gersonde, im Druck). Balken unter Histogrammen zeigen das Meereisvorkommen im Bereich der jeweiligen Verankerungspositionen an. Bei KG1 markieren S und D die Werte für die flache (S) und die tiefe (D) Falle. Zusätzlich angegeben sind die Jahrerflußraten für biogenen Opal nach Wefer et al. (1988, 1990) und Wefer und Fischer (im Druck).

00

Biogeographie antarktischer/subantarktischer Diatomeen- und Radiolarienvergesellschaftungen in Oberflächensedimenten

Andrea Abelmann, Rainer Gersonde und Ulrich Zielinski Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, 2850 Bremerhaven

Der Bezug zwischen der biogeographischen Verbreitung von Mikrofossilvergesellschaftungen in Oberflächensedimenten des Ozeans und den ozeanographischen Bedingungen in der Wassersäule und im Oberflächenwasser zeigt an, in welcher Form ozeanographische Parameter (u.a. Oberflächenwassertemperatur, -salzgehalt, Nährstoffgehalt, Meereisbedeckung) im Sediment dokumentiert sind. Bei den paläozeanographischen Signalen kann es sich einerseits um einzelne Arten handeln, die als Indikatoren für bestimmte Umweltbedingungen definiert werden können, andererseits lassen sich mit Hilfe statistischer Verfahren (Faktorenanalyse) Artengemeinschaften umreißen, die sich bestimmten Bedingungen (u. a. Wassermassen) zuordnen lassen. Diese Informationen sind Grundlage für semi-quantitative und quantitative paläozeanographische Rekonstruktionen an Sedimentkernen.

Um Datenmaterial über die Verbreitung von Diatomeen und Radiolarien, die in den quartären Sedimenten des Antarktischen Ozeans die verbreitetsten Mikrofossilien sind, zu gewinnen, wurden seit 1983 während geologisch orientierter Antarktis-Expeditionen mit FS "Polarstern" Oberflächensedimentproben mit dem Großkastengreifer oder dem Multicorer gewonnen und quantitativ ausgewertet. Um auch die Prozesse in der Wassersäule zu erfassen, die die Entstehung der kieseligen Mikrofossil-Vergesellschaftungen im Sediment steuern, werden in diesem Zusammenhang auch Sinkstoff-Fallenuntersuchungen durchgeführt (s. Poster Abelmann & Gersonde: "Biogene Opalsedimentation im Südatlantik").

Unsere zentralen Probennahmegebiete befinden sich im Weddellmeer und angrenzenden Regionen sowie im nördlich anschließenden Sektor des Südatlantiks (Abb. 1). Während die Untersuchungsgebiete im Weddellmeer saisonal bis zu mehr als einem halben Jahr von Meereis bedeckt sind und z. T. direkt vor dem Filchner-Ronne Eisschelf im Einflußbereich extrem kalter Wassermassen liegen, reichen die Probenprofile im nördlichen Untersuchungsgebiet vom subtropischen Warmwasser bis an die nördliche Wintermeereisgrenze und queren damit alle für den Südozean charakteristischen ozeanischen Frontensysteme (Abb. 1).

Gestützt auf die Auswertung von mehr als 100 Proben ergibt sich folgendes generelles Verteilungsmuster für Diatomeenvergesellschaftungen aus Oberflächensedimenten der Untersuchungsgebiete:

- In den küstennahen Schelfgebieten vor dem Filchner-Ronne Schelfeis werden die Vergesellschaftungen von Arten der Gattung *Chaetoceros* sowie *Nitzschia curta* und *N. cylindrus*, die auch als "Eisalgen" bekannt sind (u.a. Gersonde 1986), dominiert.
- 2. Auf dem Schelf und Kontinentalhang vor der Ostantarktis findet sich eine weitaus artenreichere Zusammensetzung, wobei "Eisalgen" weiterhin Anteile von 30 - 50 % der Gesamtvergesellschaftungen stellen. Zum Tiefseebecken des Weddellmeeres hin, werden zunehmend Nitzschia kerguelensis und Thalassiosira lentiginosa häufiger.
- 3. In der Bransfield Straße und angrenzenden neritischen Gebieten dominieren Arten der Gattung *Chaetoceros* (80 90 %). Im Gegensatz zu den Schelfbereichen des südlichen Weddellmeers stellen hier Eisalgen lediglich geringe Anteile.
- 4. Im gesamten pelagischen Bereich des Weddell Meeres und den nördlich anschließenden Gebieten bis nördlich der Polarfrontzone stellt *N. kerguelensis* hohe Anteile (50 - 80 %) an den Vergesellschaftungen. Im Bereich des Weddell-Tiefseebeckens ist die Dominanz von *N. kerguelensis* im wesentlichen durch selektive Lösung anderer weniger stark verkieselter Arten begründet, wodurch das ursprünglich

produzierte Signal sich nicht im Sediment durchpausen kann (s. a. Poster Abelmann & Gersonde). Im nördlichen Untersuchungsgebiet ist die Erhaltung dagegen gut. Abhängigkeiten zwischen dem Vorkommen von *N. kerguelensis* und den ozeanischen Frontsystemen lassen sich bislang nicht erkennen. Im Gegensatz dazu, läßt sich aber die Verbreitung weniger häufig vorkommender Arten insbesondere mit der Lage der Subantarktischen und der Subtropischen Front in Beziehung setzen. Die Verbreitung von "Eisalgen", die in Anteilen bis ca. 10 % vorkommen, läßt sich gut mit der Wintermeereisgrenze korrelieren.

Die Verbreitung von Radiolarienvergesellschaftungen wurde bislang schwerpunktmäßig im nördlichen Probennahmegebiet untersucht. Im Gegensatz zu den Diatomeenvergesellschaftungen spiegelt sie weitaus deutlicher eine Beziehung zur Lage der Fronten wider und läßt eine Untergliederung in 4 Zonen zu.

- Zone I ist durch Warmwasserarten charakterisiert, die im Bereich der Subtropischen Front (STF) vorkommen (u. a. Botryopera scutum, Ommatartus tetrathalamus, Eucyrtidium hexagonatum, Siphonosphaera polysiphonia). Ihre südliche Verbreitungsgrenze liegt im nördlichen Abschnitt der Subantarktischen Zone. Die Artenzusammensetzung läßt eine Untergliederung in zwei Unterzonen zu, die geographisch durch die STF getrennt sind.
- 2. Die südlich anschließende Zone II reicht bis zur Subantarktischen Front (bei ca. 45 46°S im Bereich zwischen Südafrika und Antarktischem Kontinent) und ist durch Arten wie Pterocorys zancleus, Dictyocephalus papillosus und Lamprocyclas maritalis gekennzeichnet. Neben diesen gemäßigten Warmwasserarten kommen bereits geringe Anteile (bis ca. 10%) antarktische Kaltwasserarten vor (Antarctissa denticulata/strelkovi Gruppe)
- 3. Zone III umfaßt den Bereich der Polarfrontzone (ca. 45 46°S bis 50°S). Dominante Arten sind Actinomma antarctica und Pylosira octopyle. Die Zone läßt sich ebenfalls in einen nördlichen und südlichen Abschnitt untergliedern.
- 4. Zone IV reicht von der Polarfrontzone bis an die nördliche Grenze der Wintermeereisverbreitung, die im Bereich des Untersuchungsprofils gut mit der Grenze zwischen Antarktischem Zirkumpolarstrom und Weddell Wirbel übereinstimmt. Hier kommen antarktische Kaltwasserarten (u. a. *Antarctissa* spp.) in Anteilen bis zu 60 % vor. Die südliche Begrenzung kann durch das südlichste Vorkommen von *Phorticium clevei* bzw. das nördlichste Vorkommen von *Cenosphaera crisata* definiert werden.

Damit zeigt sich, daß sich insbesondere die Lage der Subantarktischen und der Subtropischen Front, die durch ausgeprägte Gradienten der Oberflächenwassertemperatur, des -salzgehaltes sowie des Nährstoffgehaltes gekennzeichnet sind, in der Verbreitung von kieseligen Mikrofossilien in Oberflächensedimenten widerspiegelt. Darüber hinaus kann auch die Wintermeereisgrenze mit signifikanten Veränderungen der Artenzusammensetzungen in Verbindung gebracht werden. Dagegen spiegelt sich die Lage der Polarfront in den Sedimenten weniger durch Veränderungen des Artenspektrums sondern mehr als nördliche Begrenzung eines Sedimentgürtels mit hoher Akkumulation biogenen Opals wider (s. a. Poster Bohrmann et al.).

Die gewonnenen Datensätze sollen in Zusammenarbeit mit einer französischen Gruppe (Paris/Bordeaux) durch Datenmaterial aus dem atlantischen und indischen Sektor des Antarktischen Ozeans ergänzt werden. Damit können umfangreiche und nach modernen taxonomischen Gesichtspunkten erarbeitete Referenzdatensätze erstellt werden, die u. a. zur Rekonstruktion von Paläooberflächenwassertemperaturen für das Spätquartär genutzt werden sollen.



Abb. 1: Lage der zentralen Probennahmegebiete für Oberflächensedimente im atlantischen Sektor des Antarktischen Ozeans. Lage der ozeanischen Fronten nach Withworth (1989), Peterson & Stramma (1991). Meereisverbreitung nach Sea Ice Climatic Atlas, NOC (1985).

Das parametrische Array: Grundlagen einer Schallquelle für engbündelnde, hochauflösende Echolotsysteme

Uwe Bergmann (Bremen) & Michael Rehfeld (Rostock)

Konventionelle 3.5 kHz-Echolotsysteme zur akustischen Analyse der oberen Schichten mariner Sedimente besitzen Schallquellen, die ihre Energie über Haupt- und Nebenkeulen mit einem Öffnungswinkel von 20° - 25° abstrahlen. Dadurch kommt es zu starken Diffraktionen, die eine Abbildung der Sedimentstrukturen erheblich beeinträchtigen.

Durch die Wechselwirkung zweier Wellen finiter Amplitude (parametrischer Effekt) erlaubt das parametrische Array in diesem Frequenzbereich die Generierung von extrem gebündeltem Ultraschall. Die Wechselwirkung beruht auf den nichtlinearen Eigenschaften (Parameter) des Mediums in dem sich die Wellen ausbreiten und besteht in der Energieübertragung von hochfrequenten Primärwellen auf die Harmonischen, die Summen- und Differenzfrequenz. Entlang der Modulationszone der nichtlinear wechselwirkenden Wellen werden so Quellen für die Summen- und Differenzfrequenz erzeugt, die in ihrer Abstrahlcharakteristik keine Nebenkeulen zeigen, wie sie für konventionell arbeitende Echolotsysteme charakteristisch, sind und unter einem sehr kleinen Öffnungswinkel von ungefähr 4° abgestrahlen.

Mit Hilfe dieser Schallquelle ist es möglich, die Meeresbodenmorphologie und die oberen Sedimentstrukturen hochauflösend abzubilden und Diffraktionsanteile im Vergleich zum konventionellen 3.5 kHz-System wesentlich zu reduzieren. Das parametrische Array findet eine Anwendung als Schallquelle des Parasound-Echolotsystems auf den Forschungsschiffen *FS Meteor* und *FS Polarstern* mit denen bislang umfangreiche seismoakustische Untersuchungen im Rahmen des SFB 261 durchgeführt wurden.

Rekonstruktion der spätquartären Bodenwasserzirkulation im östlichen Südatlantik zwischen Äquator und Polarfront: stabile Isotope und Foraminiferenvergesellschaftungen.

Torsten Bickert & Andreas Mackensen

Tiefe Wassermassen sorgen in ihrer überwiegend meridionalen Ausbreitung für einen interhemisphärischen Wärmeaustausch und für die Ventilation der großen Meeresbecken. Im Südatlantik müssen dafür das Antarktische Bodenwasser (AABW), das Nordatlantische Tiefenwasser (NADW) und das Zirkumpolare Tiefenwasser (CDW) berücksichtigt werden, deren Verbreitung durch die Bodentopographie gesteuert wird. In den östlichen Becken des Südatlantiks (Guinea-, Angola-, Kap-Becken) ist das NADW vorherrschend, dem nur geringe Volumina AABW beigemischt sind. Bei einer glazialen Reduzierung des NADW (Kellogg 1987) dürfte sich auch im Ostatlantik die Zirkulation entscheidend verändert haben.

Messungen von stabilen Sauerstoff- und Kohlenstoffisotopen, vorwiegend an der epibenthischen Foraminifere *Cibicides wuellerstorfi*, und Untersuchungen der Vergesellschaftungen benthischer Foraminiferen aus Großkastengreifer-, Multicorer- und Schwerelotkernen dokumentieren diese Änderungen. Während die δ^{18} O-Werte der Oberflächenproben die heutigen Boden- und Tiefenwassertemperaturen widerspiegeln, zeigen die Sauerstoffisotopen des letzten glazialen Maximums eine Temperaturerniedrigung um 1,5 bis 2,0 °C an, mit einer größeren Abkühlung im Tiefenbereich zwischen 3000 - 4000 m und einer geringeren unterhalb von 4000 m. Desgleichen zeigen auch die δ^{13} C-Werte an, daß überall dort, wo das NADW durch eine südliche Bodenwasserkomponente ersetzt wird, zum Glazial-Interglazial-Hub von etwa 0,8 bis 1,4 °/oo noch ein Wassermasseneffekt von bis zu 0,4 °/oo dazukommt, was dem heutigen delta- δ^{13} C zwischen NADW und AABW entspricht.

Die Glazial-Interglazial-Differenz in den Kohlenstoffisotopen selbst ist mit 1,4 $^{\rm O}$ /oo im Südäquatorialbereich am größten, am Walfisch- und Meteorrücken mit 0,8 - 1,0 $^{\rm O}$ /oo wesentlich geringer. Der etwa um 60-80 μ mol/kg größere Sauerstoffverbrauch am Äquator würde auf einen größeren Abbau organischen Materials im Glazial - möglicherweise infolge erhöhter Produktivität - hindeuten.

Petrophysikalische und paläomagnetische Analysen quartärer Sedimente des Südatlantik

Ulrich Bleil, Monika Breitzke, Norbert R. Nowaczyk, Harald Petermann & Wolfgang Thießen

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs *Der Südatlantik im Spätquartär Rekonstruktion von Stoffhaushalt und Stromsystemen* sind die Bildung und Stabilisierung von physikalischen Signalen in den sedimentären Ablagerungen eine der zentralen geophysikalischen Themenkreise. Ziel der sedimentphysikalischen Arbeiten während der vergangenen Jahre waren zunächst der Aufbau und die eingehende Erprobung eines geeigneten apparativen Instrumentariums, das gleichermaßen im Labor und an Bord von Forschungsschiffen eingesetzt werden kann. Als integrierter Bestandteil sollten dabei rechnergestützte Datenerfassungssysteme und entsprechende Programme entwickelt werden, die vorläufige Auswertungen während des Meßbetriebes erlauben. Diese Aufgaben sind nunmehr in den wesentlichen Teilen erfolgreich abgeschlossen. In dieser Phase konnte gleichzeitig ein sehr umfangreicher Datensatz schallphysikalischer, magnetischer, elektrischer und thermischer Parameter gewonnen und vorläufig ausgewertet werden.

Schallphysikalische Messungen an Kernmaterial umfassen die Aufnahme von vollständigen digitalen Transmissions-Seismogrammen, aus denen durch ein Prozessing über die P-Wellengeschwindigkeiten hinaus auch Amplituden- und Frequenzspektren bestimmt werden können. Damit ist eine entscheidend verbesserte akustostratigraphische Datenbasis vorhanden, die derzeit in Detailuntersuchungen näher analysiert wird. Besonders wichtige Ergebnisse konnten durch die quantitative Verknüpfung der schallphysikalischen Messungen an Kernmaterial mit den profilierenden Schiffsmessungen des Parasound-Echolotes auf der Basis von synthetischen Seismogrammen erzielt werden - über sie wird an anderer Stelle berichtet.

Gesteinsmagnetische Messungen konzentrierten sich bislang in erster Linie auf die Aufnahme von Kernlogs der Suszeptibilität. Dabei wurden mit Erfolg unterschiedliche Meßsonden erprobt. Als wichtigste Ergebnisse dieser Untersuchungen ergaben sich unerwartet hohe Kontraste in der Konzentration magnetischer Mineralfraktionen zwischen den sedimentären Ablagerungen östlich und westlich des Mittelatlantischen Rückens. Während auf der afrikanischen Seite, im Kap Becken, auf dem Walfisch Rücken und im Angola Becken typischerweise extrem niedrige, vielfach auch eindeutig negative (!) Suszeptibilitäten um 10⁻⁶ SI beobachtet werden, liegen die Werte auf der südamerikanischen Seite in den Gebieten der Rio Grande und Ceará Schwelle in der Regel um mindestens eine Größenordnung höher. Ähnliche Unterschiede zeigen sich interessanterweise auch zwischen dem Kongo und Amazonas Fächer. Welche Effekte im einzelnen für dieses Phänomen verantwortlich sind, muß bislang offen bleiben, doch dürften einerseits der terrigene Eintrag und andererseits diagenetische, möglicherweise an die biogene Primärproduktion gebundene Prozesse eine ausschlaggebende Rolle spielen. Unabhängig von der Intensität zeigen sich in allen untersuchten Kernen mehr oder weniger ausgeprägte, häufig zyklische Variationen der Suszeptibilität. Sie werden als Abbild paläoklimatisch und/oder paläozeanographisch gesteuerter Änderungen im Sedimentationsmilieu angesehen. Ein Vergleich mit Sauerstoffisotopen-Daten verdeutlicht indessen, daß keine allgemein gültige Beziehung zwischen der Konzentration magnetischer Minerale und der Abfolge von Glazial/Interglazial-Stadien existiert. Abhängig von den jeweiligen, regional dominierenden Einflußgrößen, etwa den Karbonatgehalten oder terrigenen Anteilen, werden sowohl positive wie negative Korrelationen zwischen der gemessenen Suszeptibilität und ¹⁸O-Werten beobachtet.

Methodische Voruntersuchungen zur Thematik *magnetische Bakterien* im Watt und in der Nordsee erbrachten eine Reihe interessanter Ergebnisse. Erste Versuche 1991 Magnetobakterien in pelagischen Sedimenten nachzuweisen, hatten jedoch noch keinen Erfolg.

Mit *paläomagnetischen Analysen* wurden nur für eine relativ geringe Zahl von Kernen detaillierte magnetostratigraphische Ergebnisse gewonnen. Einerseits ermöglichten die bereits angesprochenen, ungewöhnlich niedrigen Intensitäten der remanenten Magnetisierung auch bei Einsatz des Kryogenmagnetometers eine hinreichend vollständige Entmagnetiserung nur in Ausnahmefällen, andererseits erreichte die ganz überwiegende Zahl der Schwerelotkerne aufgrund der hohen Sedimentationsraten in den meisten bisher beprobten Arealen an der Basis nicht die Brunhes/Matuyama-Grenze. Versuche einer chronostratigraphische Gliederung mit sogenannten geomagnetischen Ereignissen innerhalb der Brunhes Epoche führen noch in keinem Fall zu akzeptablen Ergebnissen.

Die *elektrische Leitfähigkeit* wurde erstmals 1991 während der *FS Meteor* Expeditionen M16-1/2 systematisch gemessen. Ziel dieser Testreihe war es, eine umfangreiche Datenbasis zu gewinnen, um die Beziehung dieses Parameters zur Dichte und Porosität unterschiedlicher Sedimentypen zu analysieren. Obwohl nur eine relativ einfache Meßanordnung und Auswertemethode verwendet wurden, lassen die bisherigen Ergebnisse diesen Ansatz als sehr aussichtsreich erscheinen.

Opalverteilung als Anzeiger für Produktivitätsänderungen im Wechsel von Glazial/Interglazialzeiten (südlicher Südatlantik)

Gerhard Bohrmann, Andrea Abelmann, Rainer Gersonde, Hans-Wolfgang Hubberten und Andreas Mackensen, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, 2850 Bremerhaven

Akkumulationsraten von biogenem Opal, die in den ozeanischen Sedimenten südlicher hoher Breiten überwiegend von der Sedimentation kieseliger Diatomeengehäuse bestimmt werden, können als Maß für den Umfang der Exportproduktion herangezogen werden und geben damit Aufschluß über die Wirkungsweise der "Biologischen Pumpe" in geologischer Vorzeit. Daten aus Sinkstoff-Fallen-Experimenten im Bereich südlich der Polarfront (s. a. Poster Fischer und Wefer) zeigen, daß die Flüsse von biogenem Opal und Corg positiv miteinander korrelieren, und ein Verhältnis von ca. 10:1 aufweisen. Nach DeMaster (1981) werden heute etwa 2/3 des weltweit akkumulierten biogenen Opals im Antarktischen Ozean abgelagert, wobei eines der Hauptgebiete der atlantische Sektor des Antarktischen Ozeans darstellt. Hier werden in einem Gürtel, der im Süden von der mittleren Wintermeereisgrenze und im Norden in etwa von der Polarfront begrenzt ist, bei hohen Akkumulationsraten Sedimente abgelagert, die zu 50 - 95 % aus biogenem Opal bestehen. Die nacheiszeitlichen Sedimentationsraten der Opalschlämme liegen dort zwischen ca. 10 und 50 cm/ 1000 Jahre. Nördlich und südlich diese Gürtels sinken die Sedimentationsraten drastisch auf Werte ab, die im Bereich weniger Millimeter -Zentimeter/1000 Jahre liegen. Damit dokumentiert sich, daß im Bereich des Zirkumantarktischen Stromsystems hohe Exportproduktion (und damit auch hohe Primärproduktion im Oberflächenwasser) während des heute andauernden warmzeitlichen Klimaabschnittes an die Verbreitungsgrenze des Meereises und die Lage der ozeanischen Frontensysteme gekoppelt ist (Abb. 1).

Während des letzten kaltzeitlichen Klimaabschnittes, der die Isotopenstadien 2 - 4 umfaßt, ist die Opalakkumulation im Bereich des heutigen Hochakkumulationsgebietes reduziert. Dies wird u. a. im Sedimentkern PS1768-8 dokumentiert, der im zentralen Bereich des nacheiszeitlichen Hochakkumulationsgürtels gewonnen worden ist (Abb. 1) und stratigraphisch die jüngsten 140.000 Jahre, also den gesamten letzten klimatischen Großzyklus (Isotopenstadium 2 - 5) umfaßt (Abb. 2). Die Reduktion der Opalakkumulation während der Kaltzeiten läßt sich darauf zurückführen, daß in Folge einer nordwärtigen Verschiebung der Wintermeereisgrenze die Exportproduktion verringert war. Die Verschiebung der Meereisgrenze wird durch das Vorkommen von Diatomeenarten, die als Meereisindikatoren genutzt werden können (s. a. Poster Abelmann und Gersonde sowie Abelmann et al.), sowie durch den Eintrag eistransportierten terrigenen Materials, wie z. B. Quarz, angezeigt (Abb. 2). Opalgehalte, die mit denen der heutigen Warmzeit vergleichbar sind, traten letztmalig in Stadium 5 und dort besonders ausgeprägt in dem ältesten und wärmsten Zeitabschnitt auf. Zu dieser Zeit lag das Untersuchungsgebiet vergleichbar der heutigen Situation nördlich der Meereisgrenze. Daraus läßt sich ableiten, daß erhöhte Akkumulation biogenen Opals (und damit auch erhöhte Exportproduktion) im Bereich des Zirkumantarktischen Stromsystems südlich der Polarfrontzone auf die Zeitabschnitte interglazialer Klimaoptima begrenzt ist.

Bislang gibt es noch keine Hinweise dafür, daß sich während der Glazialzeiten ein Hochakkumulationsgürtel ausgebildet hat, der vergleichbar dem heutigen nördlich der glazialen Meereisgrenze lag. Sedimentkerndaten aus dem Bereich der heutigen Subantarktischen Front zeigen zwar, daß hier, im Gegensatz zu den Gebieten südlich der Polarfront, während der Glazialzeiten mehr Opal sedimentiert worden ist; die insgesamt deutlich geringeren Akkumulationsraten weisen aber darauf hin, daß die Exportproduktion nicht mit den beschriebenen warmzeitlichen Raten südlich der Polarfrontzone vergleichbar ist. Möglicherweise ist dies dadurch bedingt, daß sich die Lage der ozeanischen Frontensysteme, die nach Modellrechnungen von Kruse et al. (1989) stark an die Meeresbodentopographie gebunden ist, während Glazialzeiten nur wenig gegenüber der heutigen Situation verändert hat. Es wird daher vermutet, daß damit während Glazialzeiten auch der Bereich nähstoffreichen antarktischen Oberflächenwassers, der durch die Fronten nach Norden begrenzt ist, nicht wesentlich nach Norden verschoben war.



Lage der ozeanischen Fronten nach Peterson & Stramma (1991) Meereisverbreitung nach Sea lce Climatic Atlas, NOC (1985)

Abb. 1: Lage des Bereiches hoher nacheiszeitlicher Sedimentationsraten von opalreichen Sedimenten.



Abb. 2: Häufigkeitsverteilung von biogenem Opal sowie von *Nitzschia curta* und *Nitzschia cylindrus* (Meereisindikatoren) und Quarz in Sedimentkern PS1768-8. Die Alterseinstufung stützt sich auf eine Kombination von Sauerstoff-Isotopenstratigraphie und Biofluktuationsstratigraphie mit *C. davisiana* und *E. antarctica*. Einfluß der Bodenwasserzirkulation in Warm- und Kaltzeiten am Süd-Orkney-Hang - NW-Weddellmeer Isa Brehme, Hannes Grobe & Dieter K. Fütterer

Die Sedimentation im nordwestlichen Weddellmeer im Bereich des Süd-Orkney-Hanges wird stark von der Bodenwasserzirkulation geprägt. Dabei ist ein deutlicher Wechsel zwischen Warm- und Kaltzeiten festzustellen. Das Weddellmeer-Bodenwasser entsteht hauptsächlich durch Vermischung von Eisschelfwasser und Weddellmeer-Tiefenwasser im südlichen Bereich des Weddellmeeres. Es fließt, bedingt durch die Coriolis-Kraft, als Konturstrom am Fuße der Antarktischen Halbinsel entlang nach Norden. Durch die mit der Meeresspiegelabsenkung verbundene Verkleinerung der Schelfeise wurde die Eisschelfwasserbildung in Kaltzeiten unterbrochen oder zumindest stark eingeschränkt. Die Bodenwasserbildung erfolgte lediglich in Verbindung mit dem absinkenden salzreichen und wärmeren Westlichen Schelfwasser.

Am südlichen Hang des Süd-Orkney-Mikrokontinents wird das Bodenwasser durch tektonische Rücken kanalisiert, so daß es stellenweise zu Strömungsgeschwindigkeiten Verminderte erhöhten kommt. Sedimentationsraten oder Erosion dokumentieren sich in unterschiedlich stark ausgebildeten Restsedimentfazies. Aus diesem Bereich wurden drei Schwerelotkerne sedimentologisch untersucht. An Hand von Korngrößenverteilung, eistransportiertem Material, Radiolarienund Mikromanganknollen-Horizonten, sowie Karbonatgehalten, konnten die Kerne untereinander korreliert werden. Durch Korrelation mit gut datierten Kernen aus dem östlichen Weddellmeer, wurden die Kerne stratigraphisch eingestuft.

Der Beginn einer Warmzeit wird durch einen erhöhten Eintrag von eistransportiertem Material gekennzeichnet, der durch zunehmende kieseliger Eisbergdrift verursacht wird. Das vermehrt Auftreten Mikrofossilien (Radiolarien, Diatomeen) läßt auf eine erhöhte Oberflächenproduktion auf Grund stark eingeschränkter Meereisbeschließen. Höhere Strömungsgeschwindigkeiten des Bodendeckung wassers dokumentieren sich in einer Abnahme des terrigenen Feinmaterials, gegen Ende der Warmzeit deutet die Korngrößenverteilung auf eine Verminderung der Bodenströmung.

Die folgende Kaltzeit wird durch einen deutlich geringeren Anteil an eistransportiertem Material sowie durch das Fehlen von Bioturbation und Mikrofossilien charakterisiert. Diese Indizien lassen im Glazial auf eine ausgedehnte und vermutlich kontinuierliche Meereisbedeckung, stark eingeschränkte Bodenströmung sowie einen geringeren Sedimenteintrag durch Eisberge schließen.

Physikalische Strukturen in marinen Sedimenten und ihre Erfassung in seismischen Registrierungen

Monika Breitzke & Frauke Rostek

Der mit seismischen Registrierungen erfaßte Tiefenbereich mariner Sedimente und die darin auflösbaren akustischen Strukturen hängen primär von der Energie und der Frequenzcharakteristik der verwendeten seismischen Quelle ab. Während die konventionelle marine Seismik Frequenzen zwischen etwa 50 und 100 Hz verwendet, arbeiten Sedimentecholote mit Frequenzen um 3.5 kHz. Der erfaßte Tiefenbereich liegt im ersteren Fall im km Bereich und ermöglicht eine vertikale Auflösung etwa im 10 bis 50 m Bereich. Das Parasound-Sedimentecholot liefert dagegen eine hochauflösende Abbildung der oberen Sedimentstrukturen (20 - 150 m) im cm Bereich.

Die Beprobung der oberen Sedimentschichten mit Schwerelotkernen ermöglicht eine quasi-kontinuierliche Analyse sedimentphysikalischer Parameter, der P-Wellengeschwindigkeit, Dichte, Porosität sowie der u. a. Sand- und Karbonatgehalte. Dabei sind die P-Wellengeschwindigkeit und die Dichte von besonderem Interesse, da sie die Grundlage für die Berechnung synthetischer Seismogramme bilden. Durch einen Vergleich der synthetischen Seismogramme mit den registrierten Parasound-Echogrammen (Abb. 1) lassen sich einerseits die aus den Schwerelotkernen abgeleiteten Geschwindigkeits- und Dichte-Profile verifizieren. Andererseits erlauben Korrelationen zwischen den Geschwindigkeits- oder Dichtewerten und anderen sedimentphysikalischen Messungen Aussagen über die das Reflexionsmuster der Parasound-Echogramme steuernden Parameter. Untersuchungen am Schwerelotkern 1028-5 ergaben beispielsweise, daß in den karbonathaltigen Sedimenten des Walfisch Rückens die Entstehung von Reflexionen vorwiegend auf Variationen der Sand- und Karbonatgehalte zurückzuführen ist.

Die Aufzeichnung von digitalen Daten sowohl im Fall der Parasound-Echogramme als auch bei der Durchschallung der Schwerelotkerne ermöglicht ein späteres Prozessing zur Optimierung der Interpretation. In den Durchschallungsseismogrammen und Amplitudenspektren des Schwerelotkerns 1223-1 aus dem Angola Becken lassen sich so eingelagerte Turbidite eindeutig anhand tieffrequenter Signale geringer Amplitude und einer Hauptfrequenz von etwa 100 kHz identifizieren, während der Tiefseeton wesentlich hochfrequentere, amplitudenstärkere Signale mit Hauptfrequenzen bei etwa 100 und 385 kHz aufweist. Die Berechnung von seismischen Attributen für das angrenzende Parasound-Profil mit Hilfe der Complex Trace Analysis läßt eine Abschätzung der Reflexionsstärke und den Nachweis von tief gelegenen Reflektoren zu, die in der konventionellen Echogramm-Sektion nur schwer erkennbar sind.



Frequenz = 4 kHz Pulslänge = 4

Abbildung 1

Schwerelotkern 1028-5 (Walfisch Rücken). Aus den quasi-kontinuierlich gemessenen Kernlogs für P-Wellengeschwindigkeit und Dichte wird die akustische Impedanz, daraus das synthetische Seismogramm sowie seine Einhüllende berechnet und dem registrierten analogen Parasound-Echogramm und digitalen Parasound-Seismogramm gegenübergestellt.

A. Dahmke & H.D. Schulz

Geochemische Untersuchungen des Porenwassers der Sedimente aus dem Benguela-Auftriebsgebiet (Kern GeoB 1023-4, Wassertiefe: 2000 m) und aus dem Bereich der Kongo-Mündung (Kern GeoB 1401-4, Wassertiefe: 4000 m) zeigen ungewöhnliche Konzentrationsprofile von SO4²⁻, S²⁻, PO₄^{3−,} NH4⁺ und der Alkalität. Trotz hoher Corg-Gehalte zwischen 2 und 4 Gewichtsprozent bestehen in den obersten Metern dieser Sedimente nur geringe Konzentrationsgradienten der genannten Komponenten, so daß in dieser Zone von geringen Corg.-Umsatzraten ausgegangen werden muß. Erst in mehreren Metern Sedimenttiefe treten steile Konzentrationsgradienten auf, Corg.-Umsatzraten die eindeutig der Sulfatreduktionzone mit hohen zugeordnet werden können (Abb. 1).

Nach sedimentologischen Befunden sowie ¹⁴C-Analysen am Kern GeoB Turbidite 1023-4 aus dem Benguela-Auftriebsgebiet können oder Rutschungen als Ursache für die oben beschriebenen Profilverläufe aussind als Erklärungsmöglichkeiten geschlossen werden. Ebenso sog. Instationaritäten des Porenwassersystems aufgrund der aus den ¹⁴C-Altern ableitbaren Sedimentationsraten und den berechenbaren SO42- -Diffusionsgeschwindigkeiten genauso wenig plausibel wie advektiver, lateraler Porenwassertransport in den oberen Metern der tonigen Sedimente.

Aus diesen Gründen ist es wahrscheinlich, daß allein frühdiagenetische Umwandlungsprozesse diese Konzentrationsprofile bedingen. Ein Schlüssel für Modellvorstellungen über die in diesen Kernen ablaufenden geochemischen Prozesse ist nach unserer Meinung die konsequente Anwendung des 1. Fick'schen Gesetzes, nach dem jede Konzentrationsgradientenänderung einen Quellen- oder Senkenprozeß für die betrachtete Komponente impliziert. Nach diesem Interpretationsansatz existiert in diesen Sedimenten ein Schwefel-Kreislauf, in dem Sulfat zur Sulfatreduktionszone diffundiert und

dort zu Sulfid reduziert wird, das seinerseits wieder entsprechend dem Konzentrationsgefälle Reoxidationszone nach oben in Richtung einer diffundiert und dort zu Sulfat oxidiert wird. Als Oxidationsmittel für das Sulfid in der Reoxidationszone kommen mengenmäßig nur Fe-Oxide in Betracht, da andere Oxidationsmittel wie O2 und NO3- in diesen Sedimenttiefen nicht mehr vorhanden sind und auch Mn-Oxide in nicht ausreichenden Mengen zur Verfügung stehen. Die genaueren Prozeßabläufe bei der Reoxidation des Sulfides sind wegen den zur Zeit erst beginnenden detaillierten Festphasenuntersuchungen noch nicht genauer geklärt. Bestätigen diese Untersuchungen den zuvor geschilderten Prozeß, dann besitzt dieser beim Abbau der organischen Substanz vergleichsweise höhere Umsatzraten als die oberflächennahen Abbauprozesse durch Sauerstoff.



Abb. 1 : Konzentrationsprofile von Sulfat und der Alkalität in den Sedimenten des Benguela-Auftriebsgebietes und der Kongomündung.

Saisonale Sedimentation planktischer Foraminiferen im Weddellmeer und die Verteilung stabiler Isotope.

Barbara Donner & Gerold Wefer

In Gebieten hoher Breiten ist die planktische Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* einer der wichtigen Informationsträger für die Rekonstruktion des quartären Klimas und des Kohlenstoffkreislaufs. Die Windungsrichtung (rechts oder links) und die Zusammensetzung stabiler Kohlenstoff- und Sauerstoffisotope werden dabei als Parameter benutzt.

Eine Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieser Informationen ist eine gute Kenntnis des Siedlungsraums und der Fraktionierung stabiler Isotope durch planktische Foraminiferen. Es muß bekannt sein, ob und wie gut die Foraminiferen die Temperatur- und Salzgehaltsverhältnisse (Sauerstoffisotope) und CO₂-Gehalte (Kohlenstoffisotope) aufzeichnen. Bis heute liegen diese Informationen für die wichtige polare Art *N. pachyderma* nicht vor.

Sedimentfallenmaterial, das seit 1983 in der Antarktis in Zusammenarbeit mit dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung mit zeitgeschalteten Sedimentfallen gesammelt wurde, bietet die Möglichkeit, die saisonalen Flußraten und Isotopenänderungen an unterschiedlichen Stellen des Weddellmeeres zu bestimmen. Durch einen Vergleich mit Umweltdaten wie Temperatur, Salinität, Eisbedeckung und Produktivität können wichtige Hinweise für die bessere Interpretation von Kerndaten gewonnen werden.

Gegenüber den Stationen im Nördlichen Weddellmeer und der Bransfield Straße kommt am Maudrücken ein erweitertes Artenspektrum vor (*N. pachyderma* (dominierend), *Turborotalita quinqueloba* und in geringem Ausmaß *Globigerinita glutinata* und *Globigerinoides ruber*, weiß). Die Flußraten aller Arten sind starken saisonalen und annuellen Schwankungen unterworfen. Sie können bei *N. pachyderma* zwischen 0 während der Eisbedeckung und mehr als 13.000 Ind. m⁻² Tag⁻¹ kurz nach der Eisschmelze schwanken.

Die Ursachen für diese Unterschiede sind wohl darin zu suchen, daß im Bereich des Maudrückens durch die Bildung von Polynyen besonders günstige Produktionsbedingungen vorhanden sind.

Stabile Isotope sind am Maudrücken an linksdrehenden *N. pachyderma* verschiedener Größenklassen gemessen worden.

Im Jahresgang (Abb. 1) wird sehr schön die Temperaturentwicklung in den Sauerstoffisotopen nachgezeichnet. Die δ^{18} O-Werte sind im Vergleich zu Gleichgewichtswerten aus der Literatur um 1,2 °/00 angereichert mit dem leichten Isotop ¹⁶O. Sie zeigen damit also um etwa 6°C zu hohe Temperaturen an. Besonders hohe Werte sind wahrscheinlich durch Foraminiferen verursacht, die zeitlich kurz vor geschlossener Eisdecke gewachsen sind.

Die vertikale Temperaturverteilung im Oberflächenwasser ist auch an den einzelnen Größenklassen abzulesen. Die im obersten Wasser lebenden kleinen Gehäuse zeigen die niedrigsten Werte und somit die höchsten Temperaturen an (Abb. 1a).

Wie die Sauerstoff- zeigen die Kohlenstoffisotope mit zunehmender Gehäusegröße einen klaren Trend zu schwereren Werten (Abb. 1b). Jedoch sind keine Unterschiede im C-Isotopenverhältnis zwischen eisfreier und eisbedeckter Periode zu erkennen. Eine Interpretation dieser Ergebnisse ist nicht einfach. Faktoren, die auf das ${}^{13}C/{}^{12}C$ Verhältnis Einfluß nehmen können, sind Primärproduktion (Entzug von ${}^{12}C$), Remineralisation organischer Substanz (Freisetzung von ${}^{12}C$), Auftrieb CO₂reichen Wassers (Zufuhr von ${}^{12}C$), Gasaustausch mit der Atmosphäre (${}^{12}C$ -Abgabe) und Vitaleffekte.



Abb. 1:Maud Rise (WS 2, 3):Isotopenverhältnisse von N. pachyderma, linksa)Sauerstoffisotopeb)b)Kohlenstoffisotope

Sedimentation organischen Kohlenstoffs im östlichen Atlantik und die Veränderung des δ^{13} C-Signals in der Wassersäule

Gerhard Fischer

Die Kohlenstoffisotopen-Untersuchungen sollen Hinweise geben, inwieweit sich die δ^{13} C-Werte der Sedimente als Anzeiger früherer Umweltbedingungen nutzen lassen. Neuere Ergebnisse zeigen, daß die Plankton- δ^{13} C-Werte in Beziehung zu den CO₂ (aq)-Konzentrationen des Wassers stehen, wobei ein hohes CO₂-Angebot (bei niedrigen Wassertemperaturen) in leichten Isotopenverhältnissen resultiert. Das δ^{13} C-Signal des Oberflächenwassers kann sich jedoch auf dem Weg durch die Wassersäule in das Sediment verändern. Durch Biomodifikation der Partikel in der oberen Wassersäule verursachte δ^{13} C-Änderungen können im Atlantischen Sektor des Südpolarmeeres bis zu +2 bis +5 °/oo betragen. Im Vergleich zum Phytoplankton können dort die aus der euphotischen Zone absinkenden Kotballen um mehrere °/oo mit ¹³C angereichert sein, während z.B. der Partikeltransport über Aggregate nur geringe Isotopenänderungen verursacht. Im Grenzbereich Bodenwasser/Sediment können dort nochmals ¹³C-Anreicherungen von 3-4 °/oo entstehen.

Die saisonale Sedimentation organischen Kohlenstoffs sowie die jahreszeitlichen Schwankungen des stabilen δ^{13} C-Signals in der Wassersäule wurden im östlichen Atlantik in einigen küstennahen und ozeanischen Auftriebsgebieten mit zeitgeschalteten Sedimentfallen erfasst. Um die vertikalen Änderungen des C_{Org}-Isotopensignals vom Oberflächenwasser zum Sediment zu bestimmen, wurden auch Planktonproben und Sedimentoberflächenproben isotopisch bestimmt.

Walfisch-Rücken (WR):

Die Sedimentationsmuster organischen Kohlenstoffs zeigen einen vergleichbaren Verlauf zu den Gesamtflußraten (siehe Poster: Fischer und Wefer). Die höchsten C_{org} -Flußraten mit bis zu 50 mg m⁻² Tag⁻¹ wurden im Küstenauftriebsgebiet vor Namibia gemessen, wo auch der Jahresgang zwei deutliche Maxima, im Mai/Juni und Oktober/November, aufweist. Die jährlichen Kohlenstoff-Flußraten von 5 bis 6,3 g C m⁻² Jahr⁻¹ sind im Vergleich zu den anderen Stationen am höchsten. Der δ^{13} C-Jahresgang auf der Station vor Namibia ist am deutlichsten ausgeprägt. Während des ersten C_{org} -Sedimentationsmaximums im Mai/Juni wurden mit -24,5 ^o/oo die niedrigsten Werte gemessen, während im Oktober/November, zu Zeiten verstärkten Auftriebs von kaltem Wasser und erhöhter Primärproduktion, die Werte bis auf -18,5 ^o/oo ansteigen. Die Plankton- δ^{13} C-Werte auf dem Profil C vor

Namibia (Februar 1988, 0-50 m Wassertiefe) lassen einen E-W Trend von -20,5 0 /oo im Küstenauftriebsgebiet bis zu ca. -22 0 /oo im offenen Ozean erkennen. Die δ^{13} C-Werte der Sinkstoffe der unteren Falle verlaufen weitgehend synchron zu denen der oberen Falle, die Isotopenverhältnisse sind jedoch um ca. 0,5-1 0 /oo in die positive Richtung verschoben. Der Jahresmittelwert der Sinkstoffe der oberen Falle beträgt -20,9 0 /oo, der unteren Falle -20,7 0 /oo. Die dazugehörigen Sedimentober-flächenwerte liegen bei -20 0 /oo und sind damit gegenüber den Sinkstoffen geringfügig mit 13 C angereichert.

Cape Blanc (CB):

Der Jahresgang der Kohlenstoff-Flußraten sowie der Isotopenwerte ist in den beiden bodennahen Sedimentfallen relativ schwach ausgeprägt. Der Verlauf der C_{org}-Flußraten ist ähnlich dem der Gesamtflußraten. Die Maximalwerte liegen im Zeitraum 1988/89 bei ca. 24 mg m⁻² Tag⁻¹, 1989/90 bei 8 mg⁻² Tag⁻¹. Die jährlichen C_{org}-Flußraten betragen 1,8 bis 2,6 g C m⁻². Der Jahresgang der Isotopenverhältnisse von CB1 liefert die schwersten Werte während Perioden maximaler C_{org}-Sedimentation.

Im Sommer (Probe 5; CB1), wo der Auftrieb kalten Wassers am intensivsten ist, wird mit ca. -19 °/00 der höchste Werte erreicht. Die δ^{13} C-Werte des im März 1988 gefangenen Planktons aus 0-50 m Wassertiefe betragen ca. -21,1 °/00 (bei 150-300 m: -20,5 °/00), während die Sinkstoffe der CB1-Falle in diesem Zeitraum Isotopenverhältnisse von -20,4 °/00 liefern. Diese geringen ¹³C-Anreicherungen zeigen, daß keine deutliche Biomodifikation der Oberflächenpartikel durch das Zooplankton stattfindet und der Transport organischen Kohlenstoffs in tiefere Wasserschichten möglicherweise über Aggregate erfolgt.

Guinea-Becken (GBZ und GBN):

Auch hier sind die Corg-Jahresgänge gut mit denen des Gesamtflusses vergleichbar. Im nördlichen Guinea-Becken (GBN3, obere Falle) wurden im August etwa 40 mg C m⁻² Tag⁻¹ erreicht (Probe 10). Die Jahresflußraten liegen zwischen 1,1 g C m⁻² Jahr⁻¹ auf der südlichen Station GBZ4 und 3,2 g C m⁻² Jahr⁻¹ bei GBN3 (obere Falle). Die δ^{13} C-Werte schwanken zwischen -21 °/00 und -23 °/00. Die Sinkstoffe der unteren GBN3-Falle ergeben im Vergleich zur oberen Falle kleinere jahreszeitliche Schwankungen und zeigen meistens etwas größere δ^{13} C-Werte (vgl. WR2-Station). Damit sind auch die Jahresmittelwerte der unteren GBN3-Falle (3994 m) etwa 0,5 °/00 größer als die Sinkstoffe aus 885 m Wassertiefe. Die Unterschiede zwischen den Plankton- δ^{13} C-Werten und den entsprechenden Sinkstoffproben sind, wie bei den anderen Fallenstationen, ebenfalls klein.



Abb. 1: Jahresgänge der $\delta^{13}C_{org}$ -Werte von Sinkstoffen des östlichen Atlantiks (Fangzeiträume etwa März bis März). Dargestellt sind jeweils am rechten Rand die δ^{13} C-Jahreswerte der Sinkstoffe ("trap") sowie der Oberflächensedimente ("sed.").

Saisonaler Partikelfluß und das Auftriebsgeschehen in einigen Hochproduktionsgebieten des östlichen Atlantiks

Gerhard Fischer & Gerold Wefer

Vereinfacht betrachtet kann der Ozean in großflächige Niedrigproduktionsgebiete und kleinflächige Hochproduktionsgebiete (> 100 g C m⁻² J⁻¹) eingeteilt werden. Durch eine höhere Primärproduktion gekennzeichnete Auftriebsgebiete im offenen Ozean und in Küstennähe spielen offenbar eine wichtige Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf. Sie können wahrscheinlich über die CO₂-Steuerung der Atmosphäre die Glazial/Interglazialzyklen entscheident beeinflussen. Bisher ist jedoch immer noch unklar, welchen ozeanischen Gebieten die größte Bedeutung hinsichtlich des Kohlenstoffaustausches zwischen Atmosphäre und Ozean zukommt.

Um den Kohlenstoffzyklus und den Fluß assoziierter Elemente besser zu verstehen, wurden in den küstennahen und ozeanischen Auftriebsgebieten des Südatlantiks zeitgeschaltete Sedimentfallen über mehrere Jahre verankert. Die Positionen liegen in den küstennahen Auftriebsregimes vor Mauretanien (Cape Blanc: CB1, CB2) und Namibia (Walfisch-Rücken: WR1, WR2) sowie im Bereich der äquatorialen Frontalzonen (Guinea-Becken: GBZ4, GBN3). CB1 und CB2 liegen im südwärts fließenden kalten Kanarenstrom, wo "Auftrieb" das ganze Jahr über, wenn auch mit unterschiedlicher Intensität, stattfindet und die höchste Primärproduktion vor Nordwest-Afrika gemessen wurde. GBZ4 und GBN3 liegen im Bereich des westwärts fließenden Südäquatorialstromes (SEC), WR1 und WR2 im kalten Benguela-Küstenstrom (BCC) am Rande der Küstenauftriebszone.

Die höchsten Gesamtflußraten wurden in den küstennahen Auftriebsgebieten (CB1, CB2, WR1, WR2) gemessen, mittlere Raten auf der nördlichen äquatorialen Station GBN3, niedrigste auf der zentralen Station GBZ4. Deutliche interannuelle Variationen konnten z.B. an der Station am Walfisch Rücken festgestellt werden. Die verschiedenen biogenen Komponenten zeigen ein vergleichbares Muster wie der Gesamtfluß. Die höchsten Flußraten von biogenem Opal und organischem Kohlenstoff wurden vor Namibia ermittelt. Der höchste Jahreskarbonatfluß (bestehend aus Foraminiferen und Coccolithophoriden) ist in den Küstenauftriebsgebieten gemessen worden. Im Bereich vor Cape Blanc machen die lithogenen Komponenten, die vor allem aus eckigen Quarzkörnern in Feinsiltkörngröße bestehen, einen hohen Abteil am Gesamtfluß aus.

Die saisonalen Muster zeigen drei Sedimentationsmaxima an der Station vor Cape Blanc, zwei vor Namibia und auf GBN3 sowie ein Maximum auf GBZ4. Das Partikelflußmaximum im August 1989 auf der Cape Blanc-Station wurde auch im Jahre 1988 gefunden. Es fällt mit der Periode des stärksten Auftriebs von kaltem und nährstoffreichem Südatlantischem Zentralwasser (SACW) zusammen. Ein etwa zeitgleiches Partikelflußmaximum wurde auf der GBN3-Station festgestellt. In diesem Zeitraum des Südwinters (August) wehen die Südost-Passate am intensivsten, der Südäquatorialstrom (SEC) macht sich am deutlichsten bemerkbar und verursacht ein Oberflächenwasser-Temperaturminimum. Die Konvergenzone der Passatwinde erreicht dann ihre nördlichste Verbreitung. Der erhöhte Partikelfluß in dieser Jahreszeit könnte auf einen verstärkten windinduzierten Auftrieb im Bereich der äquatorialen Frontensysteme zurückgehen. Der Anstieg des Partikelflusses im Südwinter ist nicht auf der GBZ4-Station, die mehr als 100 Meilen südlich des Äquators liegt, zu beobachten. Dort wird ein Anstieg der Partikelsedimentation im Zeitraum März bis Mai festgestellt, der mit der südlichsten Ausdehnung der Innertropischen Front (in den Bereich des Äquators) zusammenfällt.

Die beiden Flußmaxima im Südherbst- und Frühjahr an der Walfisch-Rücken-Station korrespondieren weder mit den Maxima im äquatorialen Atlantik noch mit denen vor Cape Blanc. Nach Hart and Currie (1960) ist der Jahreszyklus des Auftriebsgeschehens vor Namibia durch ein Maximum im Frühjahr gekennzeichnet. Dieser verstärkte Zustrom von kaltem, nährstoffreichen SACW verursacht möglicherweise den Anstieg des Partikelflusses im Oktober/November.



Abb. 1: Saisonale Gesamtpartikelflußmuster im östlichen Atlantik 1989/90

Stratigraphie und Korrelation spätquartärer Sedimente im Antarktischen Ozean

Rainer Gersonde*, Andrea Abelmann*, D. K. Fütterer*, Hannes Grobe*, Hans-Wolfgang Hubberten*, Gerhard Kuhn*, Andreas Mackensen*, Gabriele Ott*, Rainer Petschick*, Volkhard Spieß** und Heiner Villinger*, (*Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, 2850 Bremerhaven, ** Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, 2800 Bremen)

Wesentlicher Bestandteil paläozeanographischer Rekonstruktionen ist die Altersbestimmung der untersuchten Sedimentabfolgen, um paläozeanographische und klimatische Ereignisse möglichst genau datieren und miteinander korrelieren zu können. Für quartäre Sedimentabfolgen bietet sich dazu die Sauerstoffisotopenstratigraphie an, die auf Isotopenmessungen an den kalkigen Gehäusen planktischer und benthischer Foraminiferen beruht und eine zeitlich hochauflösende Datierung zuläßt (im Mittel 2.000 -3.000 Jahre für jungquartäre Abfolgen). Die Fluktuationen von Sauerstoffisotopenkurven sind weltweit vergleichbar und wurden inzwischen, gestützt auf ein "orbital tuning", mit absoluten Alterszahlen versehen (u. a. Martinson et al., 1987).

Für das Jungquartär des Antarktischen Ozeans konnten bislang kontinuierliche Sauerstoffisotopenkurven an Sedimentkernen aufgestellt werden, die oberhalb der CCD (Karbonatkompensationstiefe) am antarktischen Kontinentalhang (Mackensen et al., 1989; Grobe et al., 1990) und im Bereich nördlich der Polarfront gewonnen worden sind. Im Bereich unmittelbar südlich der Polarfront wird der Einsatz der isotopenstratigraphischen Methode problematisch, da der Gehalt an Foraminiferen in den Sedimenten extrem gering ist, einerseits weil während der Glazialzeiten nur wenig Foraminiferen produziert worden sind, andererseits weil während der Interglaziale die Verdünnung durch kieselige Mikrofossilien sehr hoch ist. In diesem Bereich, wie auch in den ozeanischen Becken unterhalb der CCD, lassen sich die Häufigkeitsfluktuationen der Radiolarie Cycladophora davisiana und der Diatomee Eucampia antarctica, die im allgemeinen durch Häufigkeitsmaxima während der Kaltzeiten charakterisiert sind, stratigraphisch nutzen. Bislang sind jedoch lediglich die Fluktuationen von C. davisiana direkt mit der Isotopenstratigraphie an Material aus der Subantarktis korreliert (Hays et al. 1976). Wir versuchen, solche direkten Korrelationen an Sedimentkernmaterial auf einem N-S -Schnitt, der vom Bereich der mittleren Wintermeereisgrenze (bei ca. 55°S) über die Polarfrontzone hinweg bis in die Subantarktische Zone reicht, zu erstellen und damit eine integrierte hochauflösende Stratigraphie zu entwickeln. Dabei sollen auch mögliche diachrone Ereignisse innerhalb der Häufigkeitsverteilung der kieseligen Mikrofossilien

aufgedeckt werden. Untersuchungsschwerpunkte sind dabei bislang Sedimentkerne aus Gebieten um ca. 52°S (PS1768, PS1769) sowie ca. 46° S (PS1754, PS2083 - 2089, Meteor-Rücken).

Die bisherige Auswertung von Sedimentkernmaterial zeigt, daß sich neben den genannten Methoden auch die Häufigkeitsverteilungen anderer Radiolarien- und Diatomeearten, sowie Änderungen der benthischen Foraminiferen-Vergesellschaftungen stratigraphisch nutzen lassen. Darüber hinaus können auch lithologische Veränderungen, wie Fluktuationen des Opal-, Quarz- und Karbonatgehaltes, sowie des Sand-/Silt-/Ton-Verhältnisses zumindest regional für stratigraphische Korrelationen genutzt werden.

Erste stratigraphische Abschätzungen lassen sich an Hand von Messungen der magnetischen Volumen-Suszeptibilität am ungeöffneten Sedimentkern durchführen. Die Suszeptibilität als Maß für die Magnetisierbarkeit einer Materie eignet sich gut für die Erkennung lithologischer Wechsel wie Veränderungen des Verhältnisses zwischen biogenem Opal und abiogenen Sedimentkomponenten terrigenen oder vulkanogenen Ursprungs. So sind z. B. warmzeitliche Sedimentabschnitte mit hohen Opalanteilen durch Minima in der Suszeptibilität gekennzeichnet, während in kaltzeitlichen Abschnitten mit hohem Eintrag eistransportierten Materials (IRD) Maxima erreicht werden.

Weitere chronostratigraphische Methoden, die an spätquartären antarktischen Sedimenten eingesetzt werden können, sind die AMS-Radiocarbon-Datierung (accelerator mass spectrometry) sowie die Thorium 230-Datierung. Während sich mit der erste Methode hochauflösend (ca. 1000 Jahre) der Zeitraum der letzten ca. 30.000 - 50.000 Jahre abdecken läßt, können mit der Thorium-Datierung die letzten ca. 350.000 Jahre erfaßt werden. Beide Methoden sollen an ausgewählten Sedimentkernen ergänzend durchgeführt werden.

Durch eine kombinierte Analyse von sedimentechographischen Aufzeichnungen (Parasound) und sedimentphysikalischen sowie sedimentologischen Untersuchungen können seismische Reflektoren in Sedimentkernen identifiziert werden (s. a. Poster Breitzke et al.). In einem weiteren Schritt kann über die zeitliche Zuordnung der Reflektoren das Sedimentationsgeschehen durch Auswertung von sedimentechographischen Profilschnitten auch flächenmäßig erfaßt werden.

Erste Ergebnisse der METEOR-Expedition M 15/2 (Hunter Kanal und Rio Grande Schwelle)

K. Heidland, C. Gaedicke & J. Pätzold

Die Rio Grande Schwelle ist eine Barriere zwischen dem Argentinischen Becken und dem Brasil Becken. Neben dem Vema Kanal ist der Hunter Kanal eine wichtige Tiefsee-Passage für den Bodenwasseraustausch zwischen beiden Becken. Der Hunter Kanal stellt eine bisher wenig untersuchte Passage zwischen der Rio Grande Schwelle und dem Mittelatlantischen Rücken dar. Während der METEOR-Expedition M 15/2 wurden eine bathymetrische Meeresbodenvermessung mit dem Fächerecholot HYDROSWEEP, ein flachseismisches Untersuchungsprogramm mit dem Sedimentecholot PARASOUND, ein hydrographischer Schnitt zur Bestimmung der Wassermassenzirkulation und ein geologisches Probennahmeprogramm zur Gewinnung von Sedimentkernen im Bereich des Hunter Kanals durchgeführt.

Der Hunter Kanal hat im Gegensatz zum Vema Kanal, der morphologisch ein klar begrenzter Graben ist, eine vergleichsweise komplizierte Morphologie. In publizierten Meeresbodenkarten ist die Bathymetrie des Hunter Kanals (z.B. Cherkis et al. (1989)) allerdings nur durch wenige Vermessungsprofile belegt. Während der Reise M 15/2 konnte die Bathymetrie des Hunter Kanals in drei längeren Profilen und zwei lokalen Detailvermessungen bestimmt werden.

Im Westen des Hunter Kanals konnte in einer HYDROSWEEP Vermessung eine mögliche Passage für das Bodenwasser durch einen Einschnitt in den südöstlichen Teilrücken der Rio Grande Schwelle erfaßt werden. Während die vermutete Passage nur eine Schwellentiefe von etwa 3600 m aufweist und damit der Durchfluß des unter etwa 4000 m befindlichen Antarktischen Bodenwassers nicht möglich ist, konnte nördlich davon eine bisher unbekannte Grabenstruktur mit maximal 5100 m Wasser-tiefe vermessen werden. Erste hydrographische Messungen machen einen Durchfluß von Bodenwasser an dieser Stelle wenig wahrscheinlich.

In einer zweiten Detailvermessung zwischen 27°35'W und 27°15'W wurden zwei N-S verlaufende tiefe Rinnen mit 4700 m Tiefe erfaßt. Möglicherweise bilden diese Rinnen eine Verbindung zwischen den bekannten, E-W ausgerichteten Bruchzonen. Trotz ihrer großen Tiefe sind diese Rinnen für den Durchfluß von Bodenwasser von untergeordneter Bedeutung.
Das festinstallierte bordeigene PARASOUND Sedimentecholot (KRUPP ATLAS Elektronik) diente neben der Bestimmung geeigneter Sedimentkernstationen der Aufgabe, rezente Sedimentationsprozesse zu erkennen. Nördlich des Vema Kanals konnten Sedimentwellen, die eindeutig einem lateralen Sedimenttransport durch Tiefenströme zuzuordnen sind, beobachtet werden. Sedimentwellen im Hunter Kanal mit ähnlicher Konfiguration konnten auf Grund schlechterer Wetterbedingungen regional nicht vollständig erfaßt werden, sodaß eine eindeutige Zuordnung zu bestimmten Sedimente, die an der Südost-Flanke des Hunter Kanals vorherrschen, fehlen in dessen zentralen Teil. Bestätigt sich dieses Bild der Reflexionen des Meeresbodens auf folgenden Expeditionen, so ist von bodennahen Strömungen, die die Sedimente weitertransportieren, im zentralen, tiefen Teil des Hunter Kanals auszugehen.

Zur Korrelation von flachseismischen PARASOUND Profilen mit lithologischen Parametern wurden an drei DSDP/ODP Bohrstellen und auf den Schwerelotstationen systematische Tests mit veränderten Pulslängen und Frequenzen durchgeführt und digital aufgezeichnet. Die Auswertungen dieser Aufnahmen werden den Einfluß von Lithologie und Bodenmorphologie - auch in tiefere Sedimentschichten als die mit Schwereloten erreichten Tiefen - auf die seismischen Reflektoren quantitativ zulassen.

Während der Expeditionen M 15/1 und /2 konnte ein hydrographischer Schnitt vom Brasilianischen Schelf über den Vema Kanal und die Rio Grande Schwelle bis zum Hunter Kanal erstellt werden. Die vertikale Temperaturverteilung der Isothermen zeigt einen nordwärts gerichteten Fluß von Bodenwasser im westlichen Randstrom am Kontinentalhang, im Vema Kanal und im Hunter Kanal (unveröffentlichte Daten, METEOR Reise M 15, W. Zenk, IfM Kiel). Der Hunter Kanal ist grob gesehen zehnmal breiter als der Vema Kanal. Die im Hunter Kanal ausgebildeten horizontalen Gradienten sind allerdings viel schwächer ausgebildet und damit der Transport von Bodenwasser deutlich geringer als im Vema Kanal. Dennoch scheint der Hunter Kanal eine wichtige Komponente in der Zirkulation von Bodenwasser im Südatlantik zu spielen. Der wesentliche Durchfluß von Bodenwasser durch den Hunter Kanal findet in einer breiten Passage zwischen 26°30'W und 29°10'W statt. Der Meeresboden erreicht hier Tiefen zwischen 4100 und 4300 m. Der Fluß von Bodenwasser durch den Hunter Kanal setzt sich nach Norden entlang der östlichen Flanke der Rio Grande Schwelle fort, was durch einen weiteren kurzen CTD-Schnitt belegt werden konnte (unveröffentlichte Daten, W. Zenk, IfM Kiel).

STABILE KOHLENSTOFFISOTOPE IN DER WASSERSÄULE UND IHR EINBAU IN FORAMINIFERENGEHÄUSE IM WEDDELLMEER UND IN DER POLARFRONTZONE

H.-W. HUBBERTEN, A. MACKENSEN, H. GROBE & D.K. FÜTTERER, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Columbusstraße, D-2850 Bremerhaven

Stabile Kohlenstoffisotope in fossilen kalkschaligen Foraminiferen dienen als Indikatoren für Paläowassermassenverteilungen und Paläoproduktivität. Sie liefern Informationen zum Verständnis des Kohlenstoffhaushalts im System Ozean-Atmosphäre in der jüngsten erdgeschichtlichen Vergangenheit.

Die Interpretation fossiler Kohlenstoffisotopenverhältnisse benthischer Foraminiferen wird jedoch dadurch erschwert, daß das überregionale Signal aus der Bodenwassermasse (Zeit und Ort des Abschlusses von der Atmosphäre und Entstehungs- und Herkunftsgebiet) überprägt werden kann von einem lokalen Signal, das von der Höhe der Exportproduktion bestimmt wird (biologische Pumpe). Der Einfluß der regionalen Produktion auf das δ^{13} C-Verhältnis benthischer Foraminiferen ist bei infaunalen Arten besonders groß und kaum abschätzbar. Erschwerend kommt hinzu, daß ein sogenannter "Vital-Effekt" bei vielen Arten noch unzureichend bestimmt ist.

Um die Grundlagen für eine gesicherte Interpretation fossiler Daten zu verbessern, untersuchen wir die δ^{13} C-Verhältnisse lebender benthischer Foraminiferen in Abhängigkeit von dem sie umgebenden Milieu: Mit dem Multi-Corer gewonnene Oberflächensedimentproben aus dem Weddell Meer und der Polarfrontzone wurden in 1-cm-dicken Scheiben bis in eine Teufe von 15 cm auf ihren Gehalt an lebenden benthischen Foraminiferen und deren Isotopensignal untersucht. Gleichzeitig wurde das überstehende Bodenwasser beprobt und anschließend im Isotopenlabor das δ^{13} C-Verhältnis des gelösten CO₂ bestimmt. Zusätzlich wurden auf den meisten Stationen aus den überlagernden Wassermassen mit der Wasserrosette Proben entnommen und auf ihr stabiles Isotopenverhältnis untersucht.

Auf einem Profil von 43° bis 57°S spiegeln die Kohlenstoffisotopendaten der Wasserproben die Wassermassenkonfiguration wider. Das hier im wesentlichen zwischen 2000 und 3500 m Wassertiefe anzutreffende Nordatlantische Tiefenwasser (NADW) weist Werte zwischen 0.4 und 0.5‰ auf, während das Circumpolare Tiefenwasser (CDW) isotopisch etwas schwerer ist. Antarktisches Bodenwasser (AABW) wurde auf 53°S in 3500 m Wassertiefe angetroffen. Die hohe Produktivität im Bereich der Polarfront wird durch hohe Kohlenstoffisotopenwerte von bis zu 1.8‰ im Oberflächenwasser angezeigt. Graduell abnehmend, liegen die Werte bei 57°S nur noch bei 0.9‰.

Sowohl die Artenvergesellschaftungen planktischer und benthischer Foraminiferen aus dem Untersuchungsgebiet als auch deren C-Isotopenverhältnisse spiegeln den Einfluss der verschiedenen Wassermassen sowie die unterschiedliche Höhe der Primärproduktion wider.

Hochauflösende Messungen der Flußdichte von Chlorophyll und Partikeln

Gunter Krause

Der Bericht vermittelt eine Übersicht über instrumentelle Neuentwicklungen im Teilprojekt A1.

Für den Einsatz im Rahmen von Partikelflußuntersuchungen haben optische Sensoren in Verbindung mit Strömungsmeßgeräten den Vorteil, Daten für Prozeßstudien im Zeitskalenbereich von Minuten bis Monaten zu gewinnen. Die Brauchbarkeit optischer Konzentrationsmessungen hängt im wesentlichen von der Art der vorhandenen Partikel ab. So liefern zum Beispiel in den Trübungszonen vieler Flachland-Ästuarien einfache Attenuationsmessungen hinreichend genaue Schwebstoffkonzentrationen, die nach Multiplikation mit dem Strömungsvektor Zeitreihen der Flußdichte zur Verfügung stellen, die ausgezeichnete Einblicke in die Schwebstoffdynamik ermöglichen. Dafür werden einige Beispiele vorgestellt, um die Nützlichkeit optischer Messungen zu demonstrieren.

Im Bereich der offenen See, dem Arbeitsgebiet des Teilprojekt A1, sind wegen der geringen Partikelkonzentrationen und der vielfältigen Formen und Größen nur qualitative Aussagen zu erwarten, die jedoch in Verbindung mit Sedimentfallendaten einen neuen Zeitskalenbereich für das Sedimentationsgeschehen erschließen werden. Quantitativ läßt sich darüber hinaus die Chlorophyll-Fluoreszenz messen.

Für das Vorhaben ist deshalb ein neues Strömungsmeßgerät entwickelt worden, das neben der Strömung sowie Temperatur, Salzgehalt und Druck, die Mie-Rückstreuung und die Chlorophyll-Fluoreszenz mißt. Bei einer einjährigen Betriebszeit ist damit ein Abtastintervall von 1 Stunde zu erreichen, wobei jeweils über 10 Stunden gemittelt wird. Erste Teilansätze bei Helgoland verliefen erfolgreich.

Eine weitere Neuentwicklung betraf ein Sensorpaket für Chlorophyll-, Gelbstoff-Fluoreszenz, Mie-Rückstreuung, Temperatur und Salzgehalt samt Datenerfassung und Auswerteroutinen für den Einsatz vom fahrenden Schiff, das auf 2 "Polarstern"-Reisen eingehend getestet wurde und jetzt operationell zur Verfügung steht. Die Anlage ist derzeit in erster Linie für die Sammlung statistischer Daten der genannten Größen in Frontalzonen gedacht, sie wird für das Auffinden von Fronten benutzt und lieferrt in-situ-Daten für die Kalibrierung von Satelliten-Sensoren.

BENTHIC FORAMINIFERAL ASSEMBLAGES FROM THE EASTERN WEDDELL SEA BETWEEN 68 AND 73 °S : DISTRIBUTION, ECOLOGY AND FOSSILIZATION POTENTIAL

A. MACKENSEN, H. GROBE, G. KUHN & D.K. FÜTTERER (Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Columbusstr., D-2850 Bremerhaven)

Surface sediment samples taken with a vented box corer from the eastern Weddell Sea on four profiles perpendicular to the continental margin have been investigated for their benthic foraminiferal content. The live fauna was differentiated from empty tests comprising the foraminiferal death assemblage. Based on the dead assemblages, potential fossil assemblages were calculated to facilitate the analogy with late Neogene core material. Five distinct live assemblages inhabit the continental margin today. Six dead assemblages and five potential fossil assemblages, respectively, correspond to these biocoenoses.

A predominantly live calcareous fauna dominated by *Trifarina angulosa* is correlated with strong bottom currents and sandy sediments at the shelf break and on the uppermost continental slope. Below this, on the upper slope down to 2000 m water depth, the predominantly calcareous *Bulimina aculeata* assemblage coincides with the core of warm Weddell Deep Water and with fine and more organic-rich sediments. These calcareous live assemblages completely change composition during early diagenesis because of calcite dissolution within the uppermost sediment, which depends largely on the grain size distribution of the sediment and the fluxes of organic matter. Therefore, a still calcareous *T. angulosa*-dominated fossil assemblage indicates the sandy substrates on the shelf break and the upper slope, whereas the deeper slope with hemipelagic calm sedimentation and with high fluxes of organic matter is indicated by *Martinottiella nodulosa*, the characteristic arenaceous fossil remnant of the former predominantly calcareous live *B. aculeata* fauna.

On a continental terrace between 2500 and 3500 m water depth *Cribrostomoides subglobosus* dominates the live fauna, but because of rapid disintegration of the empty tests of this agglutinated species a predominantly calcareous fauna characterized by *Oridorsalis umbonatus* and *Epistominella exigua* comprises the dead assemblage and the potential fossil assemblage, respectively.

On the lower continental slope, between the carbonate lysocline (3500 m) and the carbonate compensation depth (4000 m), tests of *Nuttalides umbonifer* are the characteristic dead and potential fossil remnants of a former predominantly arenaceous live fauna, which is associated with the lower part of the Antarctic Bottom Water (AABW). This corroborates earlier investigations suggesting a relationship between the carbonate-corrosiveness of water masses and the distribution of *N. umbonifer*. This is important for inferring paleo-routes and estimates of paleo-production rates of AABW during the Neogene.

Isolierung und Charakterisierung von Bakterien aus Tiefseesedimenten

M.R.Melyooni & A.Nehrkorn

Im Rahmen des SFB 261 werden Stoffflüsse im Profil von Tiefseesedimenten im Südatlantik (Angola-Becken und Brasil-Becken) untersucht. Mikroorganismen sind an diesen geochemischen Prozessen beteiligt. Daher sollen mikrobiologische Untersuchungen über Besiedlungsmuster und mikrobielle Aktivitäten näheren Aufschluß geben, zumal über Bakteriengemeinschaften in marinen Sedimenten noch wenig bekannt ist. Entsprechend den chemischen Unterschieden der Sedimentstandorte sind verschiedenartige Mikrobenbesiedlungen zu erwarten.

Folgende Parameter werden ermittelt:

- Gesamtzellzahl (GZZ) und Koloniebildende Einheiten (KBE) auf verschiedenen Substraten zur Bestimmung der Besiedlungsdichte
- Physiotypen und physiologische Gruppen als Bestandteile von Mischpopulationen und Gesellschaften
- Morphologische und physiologische Eigenschaften isolierter Bakterienstämme und Besiedlungsmuster als Clusteranalyse oder Dendrogramm

Material, Methoden, Ergebnisse

Bisherige Untersuchungen erstreckten sich nur auf tiefgefrorene Proben früherer Sedimentkerne. Sie dienen der Anpassung und Optimierung der Methoden. repräsentative Resultate können aber aufgrund der für mikrobiologische Zwecke Probenkonservierung noch nicht ungeeigneten erwartet werden. Hierfür ist die Aufarbeitung der Proben in frischen Zustand Vorraussetzung zur Erzielung aussagekräftiger Ergebnisse.

Die Sedimente wurden mit der 10-fachen Menge autoklaviertem künstlichen Seewasser suspendiert. Für die Bestimmung der GZZ wurden die Bakterien vom Sediment abgelöst, mehrere Methoden wurden verglichen (Schütteln mit Glasperlen, Ultraschalhomogenisator, Ultraturrax). Die Suspension der abgelösten Bakterien wurde jeweils mit Formaldehyd fixiert, mit Acridinorange gefärbt, filtriert und die Bakterien auf dem Filter im Fluoreszenz-Mikroskop ausgezählt. Koloniebildende Einheiten (KBE)

Für KBE Bestimmung wurde Nährmedium nach Zobell verwendet.

Pepton	(Difco)	5,0 g	Hefeext	rakt (Difco)	1.0 g
FePO₄		0,01 g	Agar	(Difco)	15 g
75 % kü	nstl. Seewasser	pH 7,6			

Physiologischen Gruppen (Fe-Reduzierer, Mn-Reduzierer, SO₄-Reduzierer und NH₄-Oxidierer) wurden über Verdünnungsreihen ermittelt (MPN).

Die physiologischen Merkmale der isolierten Bakterien wurden ebenfalls mittels Microtiterplatten- Methode erfaßt und als Ähnlichkeitsmatrix bzw. Dendrogramm für Besiedlungsmuster dargestellt.



40

Bestimmung von Paläotemperaturen im Oberflächenwasser mit organischen Verbindungen (C_{37} -Alkenone)

Peter J. Müller, Götz Ruhland & Ralph Schneider

Eine zur Rekonstruktion spätquartärer Produktionssysteme besonders interessante Gruppe von Biomarkern stellen die langkettigen ($C_{37.39}$), ungesättigten Methylund Äthylketone dar. Diese zusammenfassend auch als Alkenone bezeichneten Verbindungen werden nach heutiger Kenntnis lediglich von einigen Algen der Klasse der Prymnesiophyten, zu denen die Coccolithophoriden zählen, synthetisiert. Aus Kulturexperimenten mit *Emiliania huxleyi* ist bekannt, daß je nach Wassertemperatur unterschiedliche Mengen von Alkenonen mit unterschiedlichem Sättigungsgrad (Zahl der Doppelbindungen) gebildet werden. Da diese Verbindungen teilweise im Sediment erhalten bleiben, lassen sich aus ihren Mengenverhältnissen im Sediment Paläotemperaturen des Oberflächenwassers ableiten. Im folgenden wird über entsprechende Untersuchungen an Fallenmaterial und Sedimenten aus dem östlichen Südatlantik berichtet. Zur Umrechnung der Alkenonverhältnisse in Paläotemperaturen wurde die von Prahl et al. (1988) ermittelte Eichbeziehung zwischen dem Ketonindex UK₃₇ und der Wassertemperatur benutzt.

Nach einer ersten Abschätzung beträgt der vertikale Fluß an C_{37} -Alkenonen an der Walfischrücken-Verankerung WR-2 bei 1640m Wassertiefe etwa 80 μ g m⁻² y⁻¹, während die Akkumulationsraten im Oberflächensediment (2215 m) bei 10 μ g m⁻² y⁻¹ liegen. Demnach bleiben an dieser Station etwa 12% der absinkenden Alkenone im Sediment erhalten. Die aus dem Uk₃₇-Index berechneten Oberflächenwasser-Temperaturen betragen 17.4 °C für das Fallenmaterial des Produktionsmaximums im Herbst, aber 19.3 °C für das Oberflächensediment (0-1 cm) an dieser Station. Der letztgenannte Wert stimmt sehr gut überein mit dem heutigen Jahresmittelwert von 19.5°C für diese Station. Dies spricht dafür, daß der UK₃₇-Index in Sedimenten eher mittlere Wassertemperaturen anzeigt als saisonale Extremwerte, die hier bei 17 und 22 °C liegen. Analysen an Oberflächensedimenten aus anderen Regionen bestätigen diese Schlußfolgerung.

Parallel zu den Untersuchungen an rezentem Material wurden Sedimentkerne aus Auftriebsgebieten vor Kongo, Angola und vom Walfischrücken analysiert. Der untersuchte Zeitbereich umfaßt die beiden jüngsten Glazial/Interglazial-Zyklen (<180,000 Jahre). Die Ergebnisse zeigen eine ausgeprägte Parallelität des UK37-Index zu den jeweiligen Sauerstoffisotopenkurven (*G. ruber*). Abb. 1 zeigt als Beispiel die an Kern 1008-3 aus dem Kongo-Delta erzielten Ergebnisse. Generell besteht an allen Stationen zwischen der berechneten Oberflächenwasser-Temperatur und der aus C_{org} -Akkumulationsraten abgeleiteten Paläo-Produktivität eine gegenläufige Beziehung. Dies wird als Hinweis darauf gewertet, daß die erhöhten Produktionsraten in den Glazialstadien und den kalten Unterstadien des letzten Interglazials (Peaks bei 87,000 und 110,000 Jahren in Abb. 1C) mit erhöhtem Windstress und verstärktem Auftrieb zusammenhängen. Die relativ hohen Akkumulationsraten an Alkenonen in den Unterstadien 5.2 und 5.4 weisen auf einen höheren Anteil der Coccolithophoriden an der Gesamtproduktion hin.



Abb. 1 An Kern GeoB 1008-3 erzielte Ergebnisse (Kongo Delta, 3124 m).
(A) Sauerstoffisotopenstratigraphie (*Globigerinoides ruber* (rosa)); (B) Oberflächenwasser-Temperatur, berechnet aus dem UK₃₇-Index nach Prahl et al. (1988); (C) Akkumulationsrate der C₃₇-Alkenone; (D) Paläo-Produktivität, berechnet nach Müller & Suess (1979) aus dem marinen C_{org}-Anteil der Sedimente.

Eine automatisierte Methode zur naßchemischen Bestimmung von Opal in Sinkstoffen und Sedimenten

Peter J. Müller & Ralph Schneider (vorgestellt auf der DGG-Tagung, Bremen, Okt.1990)

Herkömmliche Verfahren zur naßchemischen Bestimmung von biogenem Opal in marinen Sedimenten verwenden meist schwach alkalische Lösungsmittel (z.B. 0.1-2 M Na₂CO₃), um die mögliche Beeinflussung durch Tonminerale und andere Silikate gering zu halten. Dabei wird eine unvollständige Erfassung von schwer löslichem Opal (z.B. Radiolarienschalen) in Kauf genommen. In der hier beschriebenen Methode wird ein stark alkalisches Extraktionsmittel (1 M NaOH) verwendet, um eine vollständige Opallösung zu gewährleisten. Ferner wurde das gesamte Extraktions- und Meßverfahren automatisiert, um die Kieselsäurelösung kontinuierlich verfolgen zu können und das Auswertungsverfahren zu verbessern. Die Methode läßt sich wie folgt zusammenfassen:

Teilproben (1-100 mg) des getrockneten und homogenisierten Probenmaterials werden in ein Extraktionsgefäß aus Edelstahl eingewogen und mit 100 ml einer 1 M NaOH bei 85°C unter ständigem Rühren extrahiert. Gleichzeitig wird der Konzentrationsanstieg an Kieselsäure in dem verschlossenen Extraktionsgefäß kontinuierlich gemessen. Hierfür wird ein geringer Teil des Lösungsmittels (0.1%/min) kontinuierlich abgesaugt und mit einem Autoanalyzer nach der Molybdän-Blau Methode analysiert. Eine typische Lösungskurve (s. Abb.) zeigt anfangs eine rasche Zunahme an gelöster Kieselsäure, bedingt durch die Lösung von Opal, und schließlich einen langsameren, linearen Anstieg, der von der Kieselsäurefreisetzung aus Tonmineralen und anderen Silikaten bestimmt wird. Der Gehalt an biogener Kieselsäure läßt sich aus der so gewonnenen Lösungskurve durch Extrapolation (Extraktionszeit=0) bestimmen.

Die zur Ausarbeitung der Methode analysierten Stoffe umfassen reines Opal aus Schwammnadeln, Tonminerale, Feldspat und Quarz, künstliche Sedimentmischungen, rezente und pliozäne Diatomeen, Radiolarienschalen, sowie eine Reihe von Plankton-, Sinkstoff- und Sedimentproben. Einige Beispiele werden dargestellt. Anhand eines Sedimentkernes aus dem Kongodelta wird das Potential des neuen Verfahrens zur Opalbestimmung für paläozeanographische Fragestellungen demonstriert.



Abb. 1 Originalausdruck der Extraktionskurve (1 M NaOH, 85°C) einer Sedimentprobe aus Kern 1008-3 (218 cm), Kongo Delta. Der biogene Si-Anteil (A) ergibt sich durch lineare Extrapolation (C). B stellt den aus silikatischen Mineralen extrahierten Si-Anteil dar. D zeigt die Extinktion für eine Si-Standardlösung.

Magnetische Bakterien in marinen Sedimenten

Harald Petermann & Maria Tegeler

Magnetische Bakterien synthetisieren intrazellulär Magnetit. Dieser besitzt auf Grund seiner Struktur ein sehr hohes magnetisches Moment und ist potentiell ein idealer Träger einer remanenten Sedimentmagnetisierung. In Tiefseesedimenten haben erstmals Petersen *et al.* (1986) bakterielle Magneto*fossilien* in Kernen des Deep Sea Drilling Project (Leg 73, Walfisch Rücken) nachgewiesen. Im Rahmen des SFB 261 soll versucht werden, magnetische Bakterien in verschiedenen Sedimentationsmilieus des Südatlantik zu identifizieren und zu charakterisieren.

Bei Voruntersuchungen konnten Magnetbakterien sowohl im Nordseewatt als auch vor Helgoland bis in 46 m Wassertiefe nachgewiesen werden. Während vor Helgoland nur Kokken beobachtet wurden, treten im Watt alle morphologischen Formen auf. Drei zur Beprobung entwickelte Methoden werden vorgestellt und ihre Ergebnisse hinsichtlich Häufigkeit und Tiefenverteilung magnetischer Bakterien verglichen. Zur näheren Bestimmung der Lebensbedingungen von magnetischen Bakterien wird über ihre Tiefenverteilung im Sediment versucht, das chemische Milieu einzugrenzen, an das sie gebunden sind. Quantitative Messungen der chemischen Parameter stehen jedoch noch aus.

Zum Nachweis der magnetischen Bakterien wurde eine Apparatur gebaut, mit der an einem hochauflösenden Lichtmikroskop über drei senkrecht zueinander angeordnete Spulenpaare veränderliche homogene Magnetfelder angelegt werden können. Magnetbakterien werden von diesen Feldern ausgerichtet und schwimmen parallel zu den Feldlinien, während unmagnetische Bakterien beliebige Bahnen beschreiben. Durch Veränderung des Magnetfeldes lassen sich magnetische von unmagnetischen Bakterien unterscheiden. Die intrazellulären magnetischen Partikel lassen sich nur im Transmissions-Elektronenmikroskop darstellen. Die bislang optimale Methodik zur entsprechenden Probenpräparation wird vorgestellt.

Von magnetischen Bakterien lassen sich relativ leicht Anreicherungskulturen gewinnen. Bei Lagerung wasserüberschichteter Sedimente in offenen Gefäßen bei Dunkelheit und Raumtemperatur entwickelten sich Populationsdichten von bis zu 10⁷ Magnetbakterien pro ml. Durch Anlegen veränderlicher Magnetfelder an die Gefäße der Anreicherungskultur ließ sich jedoch keine Konzentrierung der magnetischen

Bakterien in der vorgegebenen Feldrichtung erreichen. Die sich daraus ergebenden Schwierigkeiten hinsichtlich des Begriffs der Magnetotaxie werden diskutiert.

Werden magnetische Bakterien einem Magnetfeldpuls hoher Intensität ausgesetzt, erfolgt offensichtlich eine Umpolung der Remanenz ihrer magnetischen Partikel. So zeigten Beobachtungen wiederholt, daß nach Anlegen eines Pulsfeldes nordsuchende Bakterien zu südsuchenden wurden. Diese Methode könnte prinzipiell geeignet sein, die Koerzitivfeldstärke einzelner Bakterien zu bestimmen. Aufgrund experimenteller Probleme bedarf dieses Ergebnis noch einer weiteren Bestätigung.

Spätquartäre Tonmineralvergesellschaftungen im subpolaren Südatlantik -Anzeiger für Strömung und Transport von Bodenwassermassen

Rainer Petschick & Hannes Grobe, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, 2850 Bremerhaven

Die rezente Tonmineralverteilung innerhalb des südlichen Südatlantiks wurde anhand von Multicorer- und Kastengreifer-Oberflächensedimenten erfaßt, die vom Agulhas-Becken bis südlich der Insel Bouvet sowie in Richtung auf den Süd-Sandwich-Bogen in mehreren Profilen gewonnen wurden. Die räumliche Verteilung von Tonmineralen im subpolaren Südatlantik ist eng an die Wassermassenausbreitung und ihrem Strömungsmuster gekoppelt. Da aufgrund der isolierten Lage des Untersuchungsgebietes eine subaerische Zufuhr kaum in Frage kommt und gegenwärtig auch nur geringe Anteile feindetritischer Phyllosilikate durch Eistransport bis in den Polarfrontbereich gelangen können, ist ein bevorzugt advektiver Eintrag des Tonmineraldetritus innerhalb der Wassersäule zu postulieren. Generell sind die Tonfraktionen dieser Proben Smektit-betont und enthalten variierende Anteile an Illit, Chlorit und Kandit. Im Bereich des an die Polarfrontzone gebundenen Hochproduktionsgürtels treten Tonminerale gegenüber Opal-A stark zurück, sodaß häufig nur noch die Smektit-Komponente nachweisbar ist.

Die Schichtsilikatzusammensetzung in den Oberflächensedimenten variiert mit der Wassertiefe und der geographischen Position der jeweiligen Probenlokalität. Sedimente in Wassertiefen unter ca. 4000 m, die vom Unteren Zirkumpolaren Tiefenwasser (LCDW) bzw. vom Antarktischen Bodenwasser (AABW) beeinflußt werden, führen bevorzugt Chlorit und Illit hoher Gitterordnungsgüte. Ein primärer Eintrag dieser Mineralkonfiguration ist vor allem vom antarktischen Festland zu erwarten. Im Bereich des Ausstromes von AABW in den westlichen Südatlantik innerhalb des Süd-Sandwich-Grabens sind daher die höchsten Chlorit- und Illit-Gehalte festzustellen. Auch für den östlichen Südatlantik deutet sich ein eher nordwärtiger Transport Chlorit-reicher tiefliegender Bodenwasserschichten an, welcher trotz der Barriere-Wirkung der Frontensysteme bzw. des SW-Indischen Rückens in abgeschwächter Form stattfinden kann und nach Norden allmählich ausklingt. In mittleren Wassertiefen (2000 - 4000 m) läßt sich ein bevorzugtes Auftreten von Kandit-Mineralen neben einer Erhöhung des Smektit-Anteils beobachten. Diese Mineralvergesellschaftung wird offenbar durch das von Norden kommende NADW aus Gebieten niederer Breiten in den Zirkumantartischen Strom eingespeist und ist unter Abschwächung bis südlich der Polarfront zu verfolgen. Hieraus ist auf einen südwärtigen Transport zu schließen.

Als ein für die Wassermassenzugehörigkeit und für die Transportrichtung des Tonmineraldetritus empfindliches Maß kann das Verhältnis aus den röntgendiffraktometrischen Intensitäten der (002)-Linie des Kandits und der (004)-Linie des Chlorits gelten. Die relative Anordnung beider Tonmineralgruppen in Abhängigkeit von geographischer Breite und Wassertiefe im östlichen subpolaren Südatlantik (Abb.1) bildet gut die gegenläufige Ausbreitung des NADW und des LCDW ab.

Innerhalb hoch auflösender Sedimentkerne sind die Glazial/Interglazial-Zyklen des Spätquartärs, welche sich eindeutig im lithologischen Wechsel der Sedimente widerspiegeln, mit klimatisch bedingten Veränderungen in den Tonmineralassoziationen verbunden (Abb. 2). In den Warmzeiten werden bevorzugt Opal-A-reiche Diatomeenschlämme abgelagert, die nur sehr geringfügige Tonmineralanteile führen. Die relativen Smektit-Gehalte sowie die Kandit/Chlorit-Verhältnisse sind hoch. Kaltzeitliche Sedimente, überwiegend diatomeenreiche siltige Tone, führen dagegen bei deutlich höheren Tonmineralanteilen stärker Illit und Chlorit. Dies dürfte im Zusammenhang mit einem erhöhten Eintrag z.B. durch glaziale Erosion vom antarktischen Schelf sowie mit der Nordverschiebung des antarktischen Meer- und Schelfeisgürtels stehen. Im Glazial kann innerhalb des subpolaren Südatlantiks somit von einer deutlichen Abnahme der durch Bodenwasserströmungen verteilten Tonminerale ausgegangen werden.



 Abb. 1: Relative Kandit / Chlorit - Verhältnisse von Oberflächenproben (Fraktion < 2 μm) im östlichen subpolaren Südatlantik und Abhängigkeit von Wassertiefe und geographischer Breite mit Beziehungen zu den Bodenwassermassen (AABW = Antartic Bottom Water, LCDW = Lower Circumpolar Deep Water, NADW = North Atlantic Deep Water).



Abb. 2: Tonmineralfluktuationen während der letzten 2 Klimazyklen am Beispiel des südlich der Polarfront gelegenen Kerns PS1768-8 (Fraktion < 2 μm), unter Verwendung der XRD-Peakflächen von Kandit und Chlorit (jeweiliger Anteil bei 7 Å, berechnet aus dem Intensitätsverhältnis des 3,57 Å- und des 3,54 Å-Reflexes), von Smektit (17 Å), Illit (10 Å) sowie des Opal-A-Intensitätmaximums bei ca. 4 Å. Altersdatierung siehe BOHRMANN et al.

Akkumulation natürlicher Radionukleide und Sauerstoff-Zehrung im Meeresboden als Maß für den Sedimenteintrag M.M. Rutgers van der Loeff

Eine Interpretation des im Sediment gespeicherten Signals hinsichtlich Produktivität und Klimaverhältnisse in der Vergangenheit erfordert ein Verständnis der Relationen zwischen Partikelfluß, Sedimenteintrag und gespeichertes Signal. Diese Kenntnisse können wir erwerben wenn wir den derzeitigen Eintrag und die Zusammensetzung des jetzt gebildeten Sediments vergleichen.

Aus dem Einsatz von Sinkstoffallen liegen direkte Messungen der Partikelflußraten in der Wassersäule vor. Das Material aus tieferen Fallen ist häufig von Resuspension beeinflußt. Vor allem aber wegen des advektiven Transports im Tiefenwasser sind die gemessenen Flußraten dem lokalen Eintrag nicht gleichzustellen.

Der heutige Eintrag ist auch nicht zuverlässig zu erfassen mit Hilfe von Datierungen von Sedimentschichten. Bedingt durch Bioturbation liefern solche Datierungen in der Tiefsee eine mittlere Akkumulationsrate über die vergangenen Jahrtausende, in Ausnahmefällen Jahrhunderte. Aus Th-230 Daten geht hervor, daß sich auch innerhalb solcher Zeiträume der Partikelfluß stark geändert hat.

Hier bietet es sich an, Parameter zu messen die den Eintrag zeigen auf einer Zeitskala innerhalb von Jahrzehnten.

1. organisches Material: 99% des eingetragenen Materials wird im Oberflächensediment abgebaut. Die Abbaurate entspricht also dem Eintrag. Die Abbaurate ist quantifizierbar mit Porenwassermessungen, vor allem Sauerstoff, da in der Tiefsee fast die gesamte (etwa 98%) Remineralisation schließlich über Sauerstoff abläuft.

2. Natürliche Radionukleide aus den Uranzerfallsreihen mit einer passenden Halbwertzeit:

Pb-210 (22,4 J), Po-210 (138 Tage), Th-234 (24,1 Tage).

Das Inventar (d.h. die über die Sedimenttiefe integrierte Exzess Aktivität) dieser Radionukleide ist ein Maß für den Mittleren Eintrag während der vergangen Jahre bzw. Tage, und kann somit direkt mit Produktion in der Wassersäule und Flußraten in Sinkstoffallen verglichen werden. So ist nachzuvollziehen ob der Eintrag durch Advektion oder Resuspension beinflußt wird, und wie effizient die Nukleide in der Wassersäule abgefangen werden durch den derzeitigen Partikelfluß.



Sauerstoff Konzentrationen im Porenwasser zeigen, daß im zentralen Weddellwirbel (PS 1507) viel weniger organisches Material in das Sediment eingetragen wird als im Bereich südlich der Polarfront (PS 1768, 1782). Das in der Wassersäule aus dem Zerfall von Ra-226 produzierte Pb-210 wird bevorzugt abgelagert in dem Gebiet mit höherem Partikelfluß. Experimentelle Ergebnisse zur Reduktion von Eisenoxiden im marin-anoxischen Milieu

U. Schinzel, A. Dahmke & H.D. Schulz

Mineralische Eisenphasen wie zum Beispiel Goethit, Hämatit, Magnetit und Pyrit bilden mit durchschnittlich 3-5 Gewichtsprozenten eine wichtige Nebenkomponente in marinen Sedimenten. Dabei können die Eisenoxide sowohl als Träger paläomagnetischer als auch paläoklimatischer Signale besondere Bedeutung besitzen. Die Qualität als auch die Quantität der durch verschiedene Mechanismen in das Sediment eingetragenen Eisenoxid-Verbindungen und somit auch der "Paläosignale" können durch frühdiagenetische Prozesse jedoch möglicherweise entscheidend verändert werden.

Für die nachfolgend beschriebenen Versuchsansätzen stand deshalb insbesondere die Erfassung der Umsatzraten der mikrobiell katalysierten Reduktion von Goethit, Hämatit und Magnetit im Mittelpunkt der Fragestellung. Zur experimentellen Bestimmung der Raten wurden künstliche Sedimente aus reinem Quarzsand, dem entsprechenden Eisenmineral und organischer Substanz (Planktonfänge) bei konstanter Temperatur in geschlossenen Systemen gehalten, wobei ein Teil der Ansätze zusätzlich mit Bakterien aus Wattsedimenten angeimpft wurde. In vierwöchigen Abständen wurde unter Inert-Atmosphäre das Porenwasser und die Festphase beprobt, während die Beprobung der Gasphase je nach Gasentwicklung stattfand. Aus dem Porenwasser wurden die Konzentrationen der Hauptelemente anlysiert, an der Festphase wurden sequentielle Bindungsformanalysen, Suszeptibilitätsmessungen und Röntgendiffraktometer-Untersuchungen durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Messungen zeigten ebenso wie die Analysen der freigesetzten Gasmengen den entscheidenden mikrobiellen Einfluß auf die Umsatzraten bei der Eisenoxidreduktion. Innerhalb der mit Bakterien angeimpften Versuchsansätze wiesen die sequentiellen Bindungsformanalysen für Goethit relativ hohe, für Magnetit mittlere und für Hämatit geringer Umsätze auf (Abb.1). Als sekundäre, neugebildete Eisenphasen, die auch die im Porenwasser gelösten Eisenkonzentrationen begrenzen, konnten Eisenkarbonate nachgewiesen werden.



Abb. 1: Zeitliche Verteilung der Eisenbindungsformen in den mit Bakterien angeimpften Versuchsansätzen.

Der Benguela-Strom im Bereich des Walfisch-Rückens im Spätquartär

Heike Schmidt

Der Benquela Strom wird aus drei sehr unterschiedlichen Wassermassen gespeist: hauptsächlich aus dem Südatlantik Strom und, zu geringeren Anteilen, aus dem Agulhas Strom Indischen Ozean), (also aus dem sowie aus dem subantarktischen Oberflächenwasser (Abb.1). Desweiteren wird die biogene Produktion, und somit die Sedimentation, im Bereich des Walfisch Rückens durch kaltes, nährstoffreiches Wasser dem Küstenauftrieb im Osten und Süden aus beeinflusst. Dieses wird in Filamenten bis über den Walfisch Rücken verdriftet. Ausserdem kann warmes Oberflächenwasser mit dem Angola Strom von Norden das Arbeitsgebiet erreichen, je nach Lage der Angola-Benguela Front. Sowohl Küstenauftrieb und Filamentbildung als auch die Angola-Benquela Front sind saisonalen Veränderungen unterworfen. Es erwartet, dass diese Saisonalitäten wird durch die pleistozänen Klimawechsel kurzfristig stark beeinflusst werden.

Die Probenstationen sind entlang eines Profils quer zur Strömungsrichtung des Benguela Stroms angeordnet und liegen in den flacheren Bereichen des Walfisch Rückens zwischen 2200 und 3100 m Wassertiefe (Abb.1). Die erste Auswertung der Ergebnisse (stabile Isotope, Faunenanalysen, Gesamtkarbonatgehalt) von den vier Kernen zeigt, dass an der östlichen Station (28) die Temperaturschwankungen am grössten sind und dass nur hier der sekundäre Einfluss des Küstenauftriebs (also Filamente u.ä.) zu finden ist. Beim Vergleich der Entwicklung von Temperatur- (δ^{18} O) und Nährstoffgeschichte (δ^{13} C) an den drei westlichen Stationen Station 28 fällt auf, (31, 32, 20) mit dass die kurzfristigen Veränderungen in den einzelnen Glazial- und Interglazialstadien sowohl zwischen den vier Stationen als auch innerhalb eines Kerns sehr unterschiedlich ausgeprägt sind. Dies wird überlagert von einem langfristigen Trend: der Verlauf der Isotopenwerte in Station 28 weicht vor der Stadiengrenze 6/5 stärker von denen in den anderen Kernen ab den jüngeren Sedimenten. Dieselbe Beobachtung, als in nämlich langfristige Veränderungen an der Stadiengrenze 6/5, wurde auch bei den Faunenverteilungen gemacht und kommt am pachyderma links/rechts besten im Verhältnis N. zum dieses Verhältnis ist deutlich höher Ausdruck: in den jüngeren Kernabschnitten.

Im Hinblick auf die paläozeanographische Entwicklung im Bereich des Walfisch Rückens werden die kurzfristigen Abweichungen als Veränderungen in der Saisonalität der regionalen ozeanographischen Erscheinungen interpretiert, die offensichtlich in den einzelnen Glazialund Interglazialstadien unterschiedlich ausgeprägt waren. Der übergelagerte langfristige Trend wird durch überregionale Zirkulationsänderungen im Quellgebiet des Benguela Stroms

erklärt, d.h., dass der Anteil von kaltem subantarktischem Oberflächenwasser am Benguela Strom nach der Stadiengrenze 6/5 erheblich grösser geworden ist.



Abb.1: Geostrophische Oberflächenströmungen und Fronten im Südatlantik, sowie GeoB-Kernstationen (Dreiecke) auf dem Walfisch Rücken.

Spätquartäre Produktivitätsänderungen im Auftriebsgebiet vor Kongo und Angola

Ralph Schneider & Peter J. Müller

Zur Rekonstruktion spätquartärer Produktivitätsänderungen im östlichen Angola-Becken wurden hemipelagische Sedimente des Kontinentalhangs vor Kongo und Angola mit geochemischen und isotopischen Methoden bearbeitet. Die untersuchten Parameter umfassen die Gehalte und Akkumulationsraten an marinem organischen Kohlenstoff (C_{org}), Opal und Karbonat sowie die stabile Sauerstoff- und Kohlenstoffisotopen-Zusammensetzung der Schalen einzelner planktonischer Foraminiferenarten.

Aus C_{org} -Akkumulationsraten berechnete Paläoproduktionsraten zeigen, daß die Primärproduktionsraten im Holozän und in den warmen Unterstadien der letzten beiden Interglaziale den heutigen Produktionsraten vergleichbar waren (Abb. 1A,B). Dagegen waren die Paläoproduktionsraten in den Glazialstadien und insbesondere auch in den kalten Unterstadien (5.2 und 5.4) des letzten Interglazials zwei- bis dreifach höher als heute. Diese Variationen dokumentieren sich auch in entsprechenden Änderungen der δ^{13} C-Signale planktischer Foraminiferen, wobei - δ^{13} C-Maxima von *G. bulloides* und δ^{13} C-Minima von *G. ruber* (rosa) mit Maxima in den Paläoproduktionsraten übereinstimmen.

Zeitreihenanalysen zeigen, daß die Glazial/Interglazial-Variationen der Paläoproduktivität von kürzerfristigen Produktivitätsschwankungen mit einer Periode von 23 000 Jahren überlagert werden. Diese Produktivitätsänderungen resultieren aus den Schwankungen der zonalen Windintensität der SE-Passate und der nördlichen Advektion des Benguela Küstenstroms mit einer Periode von 23 000 Jahren. Die Zonalität der SE-Passate wird wiederum beeinflußt von der Intensität der Südwest-Monsune über Zentralafrika, die ebenfalls dem 23 000 Jahre Zyklus der Präzession unterliegt (Prell & Kutzbach 1987). Die dem Glazial/Interglazial-Zyklus übergeordneten Variationen der Paläoproduktivität im Oberflächenwasser vor Kongo und Angola (Abb. 1A und 1B) sind deshalb indirekt bedingt durch den 23 000 Jahre Zyklus der Präzession (Abb. 1D).

Während der Präzessionsmaxima erreichte die Zonalität der Südost-Passate ebenfalls ihr Maximum (Abb. 1C, unterbrochene Linien: Maximale Saisonalität im äquatorialen Südatlantik). In diesen Zeiträumen nahm auch die Paläoproduktivität im östlichen Angola-Becken zu. Während der Präzessionsminima erreichten die Südwest-Monsune über Zentralafrika ihre größte Intensität (Abb. 1, graue Felder: Maximale Monsunintensität). Die zonale Komponente in der Windintensität der Südost-Passate war in diesen Zeiträumen gering, woraus die Abnahme der Paläoproduktivität im östlichen Angola-Becken resultierte. Innerhalb des 23 000 Jahre-Zyklus eilen die Produktivitätsmaxima (Abb. 1, ganze Linien) den Maxima der Präzession um 2500 bis 4500 Jahre nach. Diese Phasenverschiebung läßt sich durch das Nacheilen der Windsysteme und der Kaltwasser-Advektion im östlichen Südatlantik gegenüber den Präzessionszyklen erklären.



Abb. 1: 23 000 Jahre Zyklus in den Variationen der Paläoproduktivität vor Kongo und Angola. Die Produktivitätsänderungen sind als Verhältnis der berechneten Paläoproduktivität (Müller & Suess 1979) gegenüber der heutigen Primärproduktion (Berger et al. 1989) dargestellt (A und B, PaP:PP, GeoB 1008-3 und GeoB 1016-3). Die Saisonalität im Kern RC 24-16 (C) wird als Maß für die Intensität des zonalen Windvektors der Südost-Passate herangezogen (McIntyre et al. 1989). (D) gibt die Variationen der Präzession während der letzten 300 000 Jahre wieder. Graue Balken: Sapropele in Sedimentkernen des östlichen Mittelmeers als Indikator erhöhter Monsunintensität über Zentralafrika (Rossignol-Strick 1985). Ganze Linien: Maxima der Paläoproduktivität in den Kernen GeoB 1008-3 und GeoB 1016-3. Unterbrochene Linien: Maxima der Saisonalität im Kern RC 24-16.

Entwicklung eines digitalen Sedimentecholot-Systems: Erste Ergebnisse von Einsätzen im Südatlantik

Volkhard Spieß, Monika Breitzke & Frauke Rostek

Die sedimentechographischen Arbeiten im Südatlantik wurden in der Pilotphase des Sonderforschungsbereichs mit der *FS Meteor* Expedition M6-6 (1988) begonnen. Die dabei am afrikanischen Kontinentalrand vom Schelf bis in die Tiefsee bearbeiteten Profile zeigten sehr klar die außergewöhnlichen Möglichkeiten des Parasound-Sedimentecholotes und gaben Anlaß zur Entwicklung eines digitalen Datenerfassungssystems. Der erstmalige Versuch, diese hochfrequenten seismischen Daten für eine Archivierung und ein späteres Prozessing verfügbar zu machen, wurde mit der Umsetzung einer eigenen Konzeption für Hardware und Datenerfassungs-Software in den folgenden beiden Jahren realisiert.

Die Ausbreitung des Parasound-Signals in geschichteten Sedimenten wird durch den vertikalen Verlauf der akustischen Impedanz gesteuert, die sich aus der p-Wellengeschwindigkeit und der Naßdichte ergibt. An geologischen Schichtgrenzen variert in der Regel auch die akustische Impedanz und die einfallende Welle wird entsprechend dieser Änderung reflektiert. Die Reflexionsantwort dokumentiert also zeitlich veränderliche geologische und diagnetische Prozesse, die sich in der Lithologie und den physikalischen Sedimenteigenschaften widerspiegeln. Das akustische Sedimentmodell läßt sich als Folge von Reflexionskoeffizienten beschreiben (Impulsantwortfunktion), aus denen sich ein synthetisches Seismogramm durch Faltung mit dem Quellsignal berechnen läßt.

Um den theoretischen Zusammenhang zwischen dem synthetischen und dem registrierten Seismogramm zu verifizieren, wurden die beiden Parameter p-Wellengeschwindigkeit und Naßdichte routinemäßig mit hoher Auflösung von 3-5 cm an den gewonnenen Schwerelotkernen gemessen. Die im Idealfall zu erwartende Identität der Seismogramme wurde naturgemäß nicht vollkommen erreicht, doch führten geringe Meßfehler und niedrige Rauschpegel insgesamt zu einer außerordentlich guten Übereinstimmung. Es stellte sich heraus, daß auch geringe Variationen der Geschwindigkeit und insbesondere der Naßdichte ihren Ausdruck im Seismogramm finden und in den digital registrierten Daten zu identifizieren sind. Trotz der im Vergleich zur akustisch überstrahlten Fläche geringen Probenausdehnung des Schwerelotes liefern die petrophysikalischen Messungen in den meisten Fällen ein repräsentatives Abbild der sedimentphysikalischen Variationen. Daher scheint es gerechtfertigt, zukünftig intensiv die Möglichkeiten der Inversion digitaler Seismogramme in der Umgebung der Kernstationen zu verfolgen und eine lokale und regionale Charakterisierung der Impedanzverläufe anzustreben.

Kontinuierliche Meßprofile sind hinsichtlich der Eindringung in vielen Fällen mit seismischen Einkanalregistrierungen zu vergleichen und können als Grundlage weiterer Beprobungen und gegebenenfalls Bohrkampagnen dienen. Allerdings erreichen die Parasound-Signale eine wesentlich höhere laterale wie vertikale Strukturauflösung, die im Einzelfall wie beispielsweise für dünne Turbiditlagen bei wenigen Zentimetern liegt. Während zahlreicher *FS Polarstern* und *FS Meteor* Expeditionen wurden routinemäßig mit der PARADIGMA-Anlage Parasound-Daten aufgezeichnet und archiviert. Damit steht ein hochwertiger Datensatz zur Verfügung, mit dem in Kombination mit sedimentologischen und paläozeanographischen Untersuchungen an den Sedimentkernen eine Vielzahl geologischer und petrophysikalischer Fragestellungen detailliert bearbeitet werden kann.



Lösungs- und Abscheidungskinetik natürlicher Karbonat-Minerale im System CO_2 -H₂O in der Nähe des Gleichgewichtes

U. Svensson & W. Dreybrodt

Die Kinetik der Lösung und Abscheidung von Calcit im System CaCO₃-CO₂-H₂O spielt nicht nur während der Frühdiagnese von Karbonat-Sedimenten sondern auch bei der Verwitterung dieser Gesteine eine wichtige Rolle. Die aktuellen Lösungsbzw. Abscheidungsraten einer vorgegebenen geologischen Situation werden bestimmt durch a) die Diffusion der beteiligten Ionen an der Grenzfläche Calcit-Wasser, b) die langsame Umwandlung von CO₂^{aq} in H⁺ und HCO₃⁻ sowie c) die oberflächenkontrollierte Rate R, als Funktion der Aktivitäten von Ca²⁺, HCO₃⁻, H⁺ und H₂CO₃^{*} = CO₂^{aq} + H₂CO₃° an der Mineraloberfläche [1,2]. Für natürlichen Kalkspat haben Plummer et. al. [3] eine empirische Ratengleichung entwickelt, die drei parallel verlaufende Elementarprozesse berücksichtigt:

 $R_{pwp} = k_1 \cdot a_{H+} + k_2 \cdot a_{H2CO3*} + k_3 - k_4 \cdot a_{Ca2+} \cdot a_{HCO3-} (1)$

wobei ki temperaturabhängige Ratenkonstanten und ai die Oberflächenaktivitäten der in Lösung befindlichen Spezies sind. Diese Ratengleichung ist jedoch für natürliche Karbonate in Gleichgewichtsnähe nicht mehr gültig. Wir haben deshalb mittels "free-drift" Verfahren die Lösungsraten von natürlichen Karbonat-Mineralen im Konzentrations-Bereich von $0.2C_{eq} - 0.99C_{eq}$ gemessen (C_{eq} = Gleichgewichtskonzentration). Hierzu wurde ein definiertes Wasservolumen mit einheitlich, fraktioniertem Material turbulent gerührt und mit jeweils unterschiedlichen CO2-Atmosphären (1.10⁻³, 5.10⁻³ bzw. 1.10⁻²atm) ins Gleichgewicht gebracht. Gearbeitet wurde dabei in einem Korngrößenspektrum von 100 μ bis 500 μ . Bei jedem Versuch wurde jeweils eine getrennte Probe hochreinen, synthetischen Calcitpulvers (NBS) zu Referenzzwecken mitgemessen. Als Meßgröße für die Ca²⁺-Konzentration diente die Leitfähigkeit der Lösung. Aus der $[Ca^{2+}](t)$ -Kurve ließen sich dann die Raten berechnen. Auf diese Weise wurden etwa 30 Marmore und Kalksteine verschiedener Herkunft untersucht. Alle Messungen lassen sich durch eine empirische Ratengleichung beschreiben, wobei für Konzentrationen von $C \leq x \cdot C_{eq}$ gilt: $R = \alpha_1 \cdot (1 - C/C_{eq})^{n_1}$ mit Werten von x zwischen 0,5-0,9 und von n_1 zwischen 1 und 2. Für Konzentrationen $C > x \cdot C_{eq}$ gilt: $R = \alpha_2 \cdot (1 - C/C_{eq})^n 2$ mit Werten von n_2 zwischen 3 und 5. - Für den reinen NBS-Standard erhalten wir jedoch über den gesamten Konzentrationsbereich eine lineare Beziehung mit R = \propto (1-C/C_{eq}) \approx R_{pwp}.

Da eine exakte Oberflächenbestimmung der Karbonat-Partikel nicht durchführbar war, skalierten wir die in willkürlichen Einheiten gemessenen Raten für C = 0.2 Ceqan die theoretischen Werte von (1). Es zeigt sich, daß dann für C > 0.2 Ceq die experimentellen Raten natürlicher Materialien kleiner sind, als sie durch (1) vorhergesagt werden. Als Erklärung nehmen wir an, daß gelöstes Ca^{2+} (lösungs-) aktive Reaktionszentren an der Oberfläche durch Adsorption blockiert und jede weitere Lösung nur noch an freien Zentren stattfinden kann. Die Elementarprozesse bleiben dabei jedoch unverändert. Nimmt man des weiteren an, daß die Adsorptionsenthalpie für die Adsorptionszentren eine Verteilung besitzt, so werden anfänglich nur die tiefen "traps" besetzt und erst bei wachsender Ca²⁺-Konzentration auch die flacheren. Man erwartet dann für die empirische Rate:

$$R_{emp} = (1-\Theta) \cdot R_{pwp} (2)$$

wobei Θ das Verhältnis der Anzahl blockierter Reaktionszentren zu ihrer Gesamtzahl angibt. Interssanter Weise lassen sich alle Messungen durch die folgende Beziehung recht gut beschreiben:

$$1 - \Theta = A \cdot \ln[Ca^{2+}] + B(3)$$

mit A = -0,7±0,1 und B = -4,5±0,5. Diese Gleichung erklärt auch Messungen anderer Autoren an natürlichem Kalkspat bei hohen CO₂-Drücken von 0,93 atm mit "rotating-disk" Experimenten [4]. Unsere bisherigen Ergebnisse legen daher die Vermutung nahe, daß A und B gegenüber dem CO₂-Partialdruck invariant sind. Die durch (3) dargetellte Isotherme Θ wurde von Temkin beschrieben und geht von einer linearen Abnahme der Adsorptionsenthalpie mit wachsender Ca²⁺-Konzentration aus [5]. Für die Modellrechnungen der Kalklösung in porösen Materialien mit Korngrößen > 0,5 mm folgt daraus, daß die aktuellen Lösungsraten in der Nähe des Gleichgewichtes, also für den Bereich 1- Θ < 0,3, durch die langsame oberflächenkontrollierte Rate R_{emp} (2) richtig beschrieben werden. Weiterhin haben wir Abscheidungsmessungen durchgeführt, in denen der CO₂-Druck über einer gesättigten Lösung von seinem Gleichgewichtswert auf 3·10⁻⁴ atm reduziert wurde. Sowohl alle natürlichen Phasen, als auch der NBS-Standard-Calcit zeigen dabei empirische Abscheidungsraten mit linearem Verlauf der Form:

$$R = \beta (1 - C/C_{app}) (4)$$

wobei C_{app} eine "Quasigleichgewichtskonzentration" ist, mit einem $C_{app} \approx 1.8 \cdot C_{eq}$. Ein derartiges Abscheidungsverhalten könnte auch das Ca²⁺-Profil des Sediment-Kerns GeoB 1023 erklären. Dieser zeigt im unteren Bereich eine (quasi) Ca²⁺-Gleichgewichtskonzentration (C_{app}), die deutlich über dem thermodynamischen Erwartungswert (C_{eq}) liegt.

Literatur:

^[1] Buhmann, D. and Dreybrodt, W., Chem. Geol. 53: 109-124, 1985

^[2] Baumann, J. et al., Chem. Geol. 53: 219-228, 1985

^[3] Plummer, L. N., et al., Am. J. Sci., 278: 179-216, 1978

^[4] Herman, J. S., Ph. D. Thesis, Pennsylvania State University, 1982

^[5] Atkins, P. W., Physical Chemistry, Oxford University Press, 1978

Paläomagnetische Messungen mariner Sedimente und ihre Bedeutung für paläoklimatische Rekonstruktionen

Wolfgang Thießen & Norbert R. Nowaczyk

Im Rahmen der Arbeiten des SFB 261 wurden in den vergangenen Jahren rund 60 Schwerelotkerne für magnetische Untersuchungen in Abständen von 5 - 10 cm beprobt. An allen Proben wurde zunächst standardmäßig die magnetische Suszeptibilität und die natürliche remanente Magnetisierung (NRM) gemessen. Anhand dieser Meßdaten wurden bislang 15 Kerne ausgewählt, detailliert entmagnetisiert und aus der Analyse der separierten Vektorkomponenten die charakteristischen remanenten Magnetisierungen (ChRM) bestimmt.

Abbildung 1 zeigt als Beispiel die Ergebnisse von Kern 1036-1 aus dem Angola Becken nördlich des Walfischrückens. Gegen die Kerntiefe sind die Inklination und Deklination der ChRM sowie die daraus abgeleitete Polaritätsabfolge dargestellt. Abbildung 2 zeigt die Korrelation der Polaritätsabfolgen dieses und zweier weiterer Kerne (1209-2 und 1211-3) aus dem Kap Becken südlich des Walfischrückens mit der magnetischen Polaritäts-Zeitskala. Aus den so bestimmten Alters-Tiefen-Kurven lassen sich für diese Kerne mittlere Sedimentationsraten zwischen 0.6 und 0.8 cm/1000 Jahre berechnen.



Abbildung 1:

Magnetostratigraphische Ergebnisse des Kerns 1036-1 aus dem Angola Becken, Wassertiefe 5100 m. Gegen die Kerntiefe sind dargestellt die ChRM Inklination (senkrechte Linien = geozentrische Dipolinklination) und ChRM Deklination sowie die daraus abgeleitete magnetische Polaritätsabfolge (schwarz = normale, weiß = inverse Polarität). Das von der Magnetostratigraphie vorgegebene grobe Zeitraster kann für den Kern 1211-3 durch eine Sauerstoffisotopen-Stratigraphie (Bickert, pers. Mitt.) erheblich verfeinert werden (Abb. 3). Sie ermöglicht eine sichere Datierung bis in das Stadium 13 bei einer Kerntiefe von 570 cm. Die Brunhes-Matuyama-Grenze (Stadium 19) ist bei 620 cm eindeutig dokumentiert. Daraus folgt, daß im Kernintervall 570 - 620 cm ein Zeitraum von etwa 200.000 Jahren komprimiert ist und deshalb hier auf einen Hiatus geschlossen werden muß. Ein Vergleich von Sauerstoffisotopen-Daten und Messungen der Suszeptibilität zeigt für diesen Kern eine gute Korrelation; in Warmzeiten niedrige und in Kaltzeiten hohe Suszeptibilitätswerte. Mit weiteren sedimentphysikalischen Detailanalysen sollen die Ursachen solcher Parallelitäten näher untersucht werden.



Abbildung 2

Korrelation der magnetischen Polaritätsabfolgen der Kerne 1036-1, 1209-2 und 1211-3 mit der Polaritäts-Zeitskala nach Bergren *et al.* (1985), erweitert um das Cobb-Mountain-Event nach Clement & Kent (1986). Jar. = Jaramillo Event, C.M. = Cobb-Mountain Event.

Abbildung 3

Kern 1211-3: Alters-Tiefen-Kurve hergeleitet aus der magnetostratigraphischen Datierung (Sterne) und Sauerstoffisotopenmessungen (Kreuze; Bickert, pers. Mitt.). Es ergibt sich ein Hiatus von etwa 200.000 Jahren im Kernintervall zwischen 570 und 610 cm.

Vergleich hochauflösender sedimentphysikalischer Messungen mit digitalen Parasound-Seismogrammen

Heiner Villinger, Volkhard Spieß & Gerhard Kuhn

Auf drei Kernstationen der Polarstern-Expedition ANT VIII/6 in die Antarktis wurden digitale Parasound-Seismogramme mit synthetischen Seismogrammen verglichen, um grundlegende Fragen der Seismogrammentstehung und die Rolle von Interferenzphänomenen zu klären. Die synthetischen Seismogramme wurden aus den akustischen Impedanzlogs berechnet, die aus hochauflösenden Messungen der p-Wellengeschwindigkeit und der Naßdichte interpoliert wurden. Zusätzlich halfen Ganzkern-Messungen der magnetischen Suszeptibilität, lithologische Wechsel zu identifizieren. Die drei Sedimentkerne entstammen unterschiedlichen Sedimentationsmilieus mit Levee-Sedimenten in der Nähe eine Transportkanals (PS1805), mit gleichmäßig abgelagerten tonreichen Tiefseesedimenten (PS1823) und mit reinen foraminiferen-/diatomeenreichen Biogen-Sedimenten vom Maud Rücken (PS1836).

Schwerelotkern PS1805-6 wurde in 4149 m Wassertiefe im unteren Hangbereich des Gunnerus-Rückens gezogen. Es treten alternierend ton- und diatomeenreiche Lagen auf, in die dünne, teilweise foraminiferenreiche Turbidite eingeschaltet sind. Die meisten Turbiditlagen sind durch hohe Werte der magnetischen Suszeptibilität leicht zu identifizieren. Während die p-Wellengeschwindigkeit einen sehr einheitlichen Verlauf zeigt, sind in dem Profil der Naßdichtewerte die nur einige Zentimeter mächtigen Turbiditlagen deutlich zu erkennen. Das daraus berechnete synthetische Seismogramm zeigt für die Haupteinsätze eine gute Übereinstimmung der relativen Amplituden, während die Lage auf eine deutliche Kernverkürzung von mehr als 20% hindeutet. Auch Sekundäreinsätze lassen sich sehr gut mit Abschnitten höherer Karbonatgehalte und Wechsellagen Ton-Silikat korrelieren.

Das zweite Beispiel, der Schwerelotkern PS1823, repräsentiert ebenfalls terrigene Sedimente aus 4442 m Wassertiefe in der Nähe des Gunnerus-Rückens. Hier zeigen sich auch im Profil der p-Wellengeschwindigkeit die vorhandenen Turbiditlagen mit Geschwindigkeiten bis zu 1750 m/s. Zusätzlich wird eine deutliche Energieabsorption der Transmissionsseismogramme beobachtet, die auf unterschiedliche Mechanismen der Wellenausbreitung und einen Einfluß der Korngröße hindeuten.

Kolbenlotkern PS1836-3 stammt vom Maud Rise aus 2983 m Wassertiefe und enthält unterhalb einer 1.5 m mächten Karbonatlage vor allem hochreine Silikate. Geringe Suszeptibilitätswerte weisen auf einen geringen Terrigenanteil hin. Die Schallgeschwindigkeit im Karbonathorizont liegt zwischen 1700 und 1750 m/s, während in den sehr homogenen Diatomeenschlämmen nur Geschwindigkeiten um 1620 m/s gemessen wurden. Das Dichtelog weist nur den Übergang Karbonat/Silikat als deutlichen Reflektor aus. Im synthetischen Seismogramm wird der Aufbau von Reflektoren aber auch in solchen Abschnitten beobachtet, in denen die Naßdichte nur um wenige 0.01 g/cm3 fluktuiert und offensichtlich Interferenzen zum Aufbau nennenswerter Amplituden beitragen.

Die Identität der Impedanzverläufe aus den sedimentphysikalischen Messungen und in den Parasound-Seismogrammen konnte detailliert verifiziert werden, wobei auch geringste Änderungen in der Naßdichte im Einklang sind mit den registrierten Seismogrammen. Dabei wirkt sich der variable Gehalt der Hauptkomponenten Ton, Silikat und Karbonat in vielen Fällen als steuernder Parameter des Impedanzverlaufes aus. Dünne Schichten von weniger als 10 cm Mächtigkeit konnten eindeutig in den Parasound-Seismogrammen nachgewiesen werden.



Abbildung: Ergebnisse der sedimentphysikalischen Messungen (von links nach rechts: Suszeptibilität, p-Wellengeschwindigkeit, Amplitude des Transmissionsseismogramms, Naßdichte und synthetisches Seismogramm) im Vergleich mit der Lithologie (links) und Parasound-Seismogrammen (rechts) für Frequenz 5.5 kHz und einen Puls auf der Station PS1805.

Autoren:

Abelmann, Andrea	AWI	Nehrkorn, Alexander	UBFB2
Bergmann, Uwe	GeoB	Nowaczyk, Norbert	GeoB
Bickert, Torsten	GeoB	Ott, Gabriele	AWI
Bleil, Ulrich	GeoB	Pätzold, Jürgen	GeoB
Bohrmann, Gerhard	AWI	Petermann, Harald	GeoB
Brehme, Isa	AWI	Petschik, Rainer	AWI
Breitzke, Monika	GeoB	Rehfeld, Michael	Uni Rostock
Dahmke, Andreas	GeoB		(Gastwiss. SFB)
Donner, Barbara	GeoB	Rostek, Frauke	GeoB
Dreybrodt, Wolfgang	UBFB1	Ruhland, Götz	GeoB
Fischer, Gerhard	GeoB	Rutgers v.d. Loeff, Michael	AWI
Fütterer, Dieter, K.	AWI	Schinzel, Uwe	GeoB
Gaedicki, Christoph	GeoB	Schmidt, Heike	GeoB
Gersonde, Rainer	AWI	Schneider, Ralph	GeoB
Grobe, Hannes	AWI	Schulz, Horst-D.	GeoB
Heidland, Klemens	AWI	Spieß, Volkhard	GeoB
Hubberten, Hans-Wolfgang	AWI	Svensson, Uwe	UBFB1
Krause, Gunter	AWI	Tegeler, Maria	UBFB2
Kuhn, Gerhard	AWI	Thießen, Wolfgang	GeoB
Mackensen, Andreas	AWI	Villinger, Heinrich	AWI
Meinecke, Gerrit	GeoB	Wefer, Gerold	GeoB
Melyooni, Reza M.	UBFB2	Zielinski, Ulrich	AWI
Müller, Peter J.	GeoB		

Beteiligte Institutionen:

<u>GeoB</u> Geowissenschaften Universität Bremen Klagenfurterstr. Postfach 33 04 40 2800 Bremen 33

<u>UBFB1</u>

Institut für Experimentelle Physik Fachbereich 1 Universität Bremen Postfach 33 04 40 2800 Bremen 33

<u>AWI</u>

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstr. 2850 Bremerhaven

<u>UBFB2</u>

Fachbereich 2 Leobenerstr. Universität Bremen Postfach 33 04 40 2800 Bremen 33

.

In dieser Reihe bereits erschienen:

- Nr. 1 Wefer, G., E. Suess und Fahrtteilnehmer
 Bericht über die "Polarstern"-Fahrt ANT IV/2, Rio de Janiero 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., U. Bleil, P.J. Müller, H.D. Schulz, W.H. Berger, U. Brathauer, L. Brück,
 A. Dahmke, K. Dehning, M.L. Duarte-Morais, F. Fürsich, S. Hinrichs,
 K. Klockgeter, A. Kölling, C. Kothe, J.F. Makaya, H. Oberhänsli, W. Oschmann,
 J. Posny, F. Rostek, H. Schmidt, R. Schneider, M. Segl, M. Sobiesiak,
 T. Soltwedel, V. Spieß
 Bericht über die Meteor-Fahrt M 6-6, Libreville Las Palmas, 18.2.1988 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., U. Bleil, H.D. Schulz, W.H. Berger, T. Bickert, L. Brück, U. Claussen, A. Dahmke, K. Dehning, Y.H. Djigo, S. Hinrichs, C. Kothe, M. Krämer, A. Lücke, S. Matthias, G. Meinecke, H. Oberhänsli, J. Pätzold, U. Pflaumann, U. Probst, A. Reimann, F. Rostek, H. Schmidt, R. Schneider, T. Soltwedel, V. Spieß 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, PM. Das Auftriebsgeschehen vor Peru im Spätquartär. 204 Seiten, Bremen 1990.
Nr. 10	 Willems, H., G. Wefer, M. Rinski, B. Donner, HJ. Bellmann, L. Eißmann. A. Müller, B.W. Flemming, HC. Höfle, J. Merkt, H. Streif, G. Hertweck, H. Kuntze, J. Schwaar, W. Schäfer, MG. Schulz, F. Grube, B. Menke Beiträge zur Geologie und Paläontologie Norddeutschlands: Exkursionsführer. 202 Seiten, Bremen 1990.
Nr. 11	Wefer, G., N. Andersen, U. Bleil, M. Breitzke, K. Dehning, G. Fischer, C. Kothe, G. Meinecke, P.J. Müller, F. Rostek, J. Sagemann, M. Scholz, M. Segl, W. Thiessen 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. Bremen, Februar 1991.
Nr. 13	Rostek, F. Physikalische Strukturen von Tiefseesedimenten des Südatlantiks und ihre Erfassung in Echolotregistrierungen. Bremen, Februar 1991.