

# Copyright ©

---

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Das Werk bzw. der Inhalt darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtsinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

Copyright and Moral Rights for this thesis are retained by the author and/or other copyright owners. The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

BERICHTE

aus dem

SONDERFORSCHUNGSBEREICH 313\*

“SEDIMENTATION IM EUROPÄISCHEN NORDMEER”



Nr. 8

SEDIMENTATION IM EUROPÄISCHEN NORDMEER

Organisation und Forschungsprogramm des  
Sonderforschungsbereiches 313 für den Zeitraum  
1988—1990

von

THIEDE, J. · GERLACH, S.A. · ALTENBACH, A. · HENRICH, R.

(Herausgeber)

CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL · 1988



Nr. 8

**SEDIMENTATION IM EUROPÄISCHEN NORDMEER**  
**Organisation und Forschungsprogramm**  
**des Sonderforschungsbereichs 313 für den Zeitraum 1988-1990**

**THIEDE, J.\* , GERLACH, S.A.^ , ALTENBACH, A.\* , HENRICH, R.\***

---

\*) GEOMAR, Inst. a. d. Universität, Wischhofstr. 1-3, 2300 Kiel, Germany (F.R.G.)

) Institut für Meereskunde a. d. Universität, Düsternbrooker Weg 20, 2300 Kiel, Germany (F.R.G.)

\*) Geologisches Institut d. Universität, Olshausenstr. 40, 2300 Kiel, Germany (F.R.G.)

SEDIMENTATION IM EUROPÄISCHEN NORDMEER

Organisation und Forschungsprogramm

des Sonderforschungsbereichs 313 für den Zeitraum 1988 - 1990

von

Thiede, J., Gerlach, S.A., Altenbach, A., Henrich, R.

## VORWORT

Nachdem der Sonderforschungsbereich 313 (SEDIMENTATION IM EUROPÄISCHEN NORDMEER: ABBILDUNG UND GESCHICHTE DER OZEANISCHEN ZIRKULATION) im Sommer 1985 seine Tätigkeit aufgenommen hatte, standen umfangreiche und aufwendige Expeditionen in das Europäische Nordmeer im Mittelpunkt der durchgeführten Arbeiten. Im ersten Band der Berichtsserie des Sonderforschungsbereiches wird eine Übersicht über die damals geplanten Arbeiten gegeben, um auch Interessierte außerhalb der Kieler Arbeitsgruppen über die wissenschaftliche Zielsetzung und die Einzelvorhaben des SFB 313 informieren zu können. Glückliche Umstände und eine vorausschauende Expeditionsplanung für die beteiligten Forschungsschiffe haben es in den vergangenen zweieinhalb Jahren ermöglicht, das Europäische Nordmeer während aller Jahreszeiten aufzusuchen und viele der saisonal gesteuerten Sedimentationsprozesse zu untersuchen. Wissenschaftliche Ergebnisse dieser Phase des SFB 313 sind in zahlreichen Manuskripten in den Berichtsbänden bei der Antragstellung im Jahre 1987 dokumentiert (s. auch Abschnitt 13).

Im Herbst 1987 ist der Finanzierungsantrag des SFB 313 für die Jahre 1988-1990 begutachtet worden. In diesem Heft legt der SFB 313 eine vollständige Übersicht über die für diesen Zeitraum geplanten Arbeiten vor. Sie werden aufgrund der Kürzungsvorschläge der Gutachtergruppe nicht in vollem Umfang durchgeführt, dokumentieren aber die Breite und die langfristigen wissenschaftlichen Perspektiven des Vorschlages, der von der gesamten, z. Zt. im SFB 313 zusammenarbeitenden Wissenschaftlergruppe formuliert wurde.

Der bisherige Schwerpunkt der SFB 313 Expedition im Gebiet des Vöring-Plateaus vor Mittelnorwegen wird auch in den Jahren 1988-1990 beibehalten. Trotz der vorgeschlagenen Kürzungen wird es aber auch möglich sein, den regionalen Rahmen dieser Arbeiten

nach Westen bis an den grönländischen Kontinentalrand und nach Norden bis in das Tiefseebecken westlich der Barentssee auszudehnen.

Die Begutachtung eines SFB Antrages soll den wissenschaftlich berechtigten Wünschen der Antragsteller Rechnung tragen, gleichzeitig aber Kürzungen vorschlagen, um den finanziellen Rahmen des Antrages auf den für die Durchführung eines sinnvollen Arbeitsprogrammes absolut notwendigen Betrag zu begrenzen. Der SFB 313 ist der durch die DFG eingeladenen Gutachtergruppe, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Christian-Albrechts-Universität zu großem Dank verpflichtet, daß seine Mitarbeiter mit der Bewilligung dieses Antrages auf Fortsetzung der Finanzierung der wissenschaftlichen Arbeiten im Europäischen Nordmeer vielfältige Möglichkeiten zur Durchführung von Untersuchungen der Prozesse erhalten, die Abbildung und Geschichte der ozeanischen Zirkulation in den klimatisch und ozeanographisch extremen Regionen des Europäischen Nordmeeres ermöglichen.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
1. <u>Vorwort des Sprechers</u>	2
2. <u>Allgemeine Angaben zum Sonderforschungsbereich 313</u>	5
2.1 Alphabetische Liste der am Sonderforschungsbereich beteiligten Wissenschaftler	5
2.2 Forschungsprogramm	9
2.3 Bisherige Arbeiten im Europäischen Nordmeer und Auswahl künftiger Arbeitsgebiete	19
2.4 Bedeutung des Sonderforschungsbereichs für die Universität Kiel	25
2.5 Verzeichnis der laufenden Dissertationen oder vergleichbarer Arbeiten auf dem Gebiet des Forschungsprogramms	29
3. <u>Projektbereich A: Abbildung der ozeanischen Zirkulation</u>	32
4. Teilprojekt A 1	34
5. Teilprojekt A 2	57
6. Teilprojekt A 3	85
7. Teilprojekt A 4	104
8. <u>Projektbereich B: Geschichte der ozeanischen Zirkulation</u>	133
9. Teilprojekt B 1	135
10. Teilprojekt B 2	154
11. Teilprojekt V (Verwaltung)	193
12. <u>Ordnung des Sonderforschungsbereiches</u>	195
13. <u>Veröffentlichungen 1985 - 1987</u>	205



## 2. Allgemeine Angaben zum Sonderforschungsbereich

2.1 Alphabetische Liste der am Sonderforschungsbereich beteiligten Wissenschaftler Ende 1987. Mitglieder im Sinne der Ordnung des Sonderforschungsbereiches sind durch x vor dem Namen gekennzeichnet: GA = Grundausrüstung,

EA = aus Mitteln des Sonderforschungsbereichs finanzierte Ergänzungsausrüstung

Name, Vorname, akad. Grad, Dienststellung	Fachrichtung	Bezeichnung d. Inst. d. Hochschule/Ein- richtung außerhalb der Hochschule	GA/EA Stipen- dienten	Teilproj. (Kenn- ziffer)
x Altenbach, A. Dr., Hochschulass.	Paläontologie	GPI	GA	A3
x Balzer, W. Dr., Hochschulass.	Meereschemie	IfM	GA	A1, A4
x Bathmann, U. Dr., wiss. Ang.	Planktologie	IfM	EA	A1
Baumann, K.-H. Dipl.-Geol., Doktorand	Paläontologie	GPI	EA	B2
Bischof, J. Dipl.-Geol., Doktorand	Geologie	GPI	EA	A2
Birgisdottir, L. Dipl.-Geol., Doktorandin	Paläontologie	GPI	EA	B2
x Bodungen, B.v. Dr., Hochschulass.	Planktologie	IfM	GA	A1
x Botz, R. Dr., wiss. Ang.	Geochemie	GPI	GA	A4, B2
x Duinker, J.C. Dr., Professor	Meereschemie	IfM	GA	A1, A4
x Erlenkeuser, H. Dr., wiss. Ang.	Kernphysik	IKP	GA	A1, A4 B2
X Fenner, J. Dr., wiss. Ang.	Paläontologie	GPI	GA	B2
x Gerlach, S.A. Dr., Professor	Benthos- ökologie	IfM	GA	A3, V



## Fortsetzung 2.1

Name, Vorname, akad. Grad, Dienststellung	Fachrichtung	Bezeichnung d. Inst. d. Hochschule/Ein- richtung außerhalb der Hochschule	GA/EA Stipen- dient	Teilproj. (Kenn- ziffer)
x Graf, G. Dr., Hochschulass.	Benthos- ökologie	IfM	GA	A3
x Haake, F. Dr., wiss. Ang.	Faßontologie	GPI	GA	B2
x Hartmann, M. Dr., wiss. Ang.	Geochemie	GPI	GA	A4
Heeger, T. Dipl.-Biol., Doktorand	Benthos- ökologie	IfM	EA	A3
Heinrichs, J.-P. Dipl.-Phys., Doktorand	Angew. Physik	IAP	EA	A2
x Henrich, R. Dr., Hochschulass.	Geologie	GPI	GA	A1, A4 B2
x Kachholz, K. Dr., wiss. Ang.	Sedimentologie	GPI	EA	A2
Kassens, H. Dipl.-Geol., Doktorandin	Geologie	GPI	EA	B1
x Kögler, F.-C. Dr., wiss. Ang.	Geologie	GPI	GA	B1
x Koske, P. Dr., Professor	Angew. Physik	IAP	GA	A1
x Kroebel, W. Dr., Professor	Angew. Physik	IAP	GA	A1
x Lange, H. Dr., wiss. Ang.	Tonmineralogie	GPI	GA	A4
x Lenz, J. Dr., Prof.	Planktologie	IfM	GA	A1
Linke, P. Dipl.-Biol., Doktorand	Benthos- ökologie	IfM	EA	A3

## Fortsetzung 2.1

Name, Vorname, akad. Grad, Dienststellung	Fachrichtung	Bezeichnung d. Inst. d. Hochschule/Ein- richtung außerhalb der Hochschule	GA/EA Stipen- diaten	Teilproj. (Kenn- ziffer)
x Lutze, G.F. Dr., Professor	Paläontologie	GPI	GA	A3
x Meißner, R. Dr., Professor	Geophysik	IG	GA	B1
x Meyer-Reil, L.-A. Dr., Hochschulass.	Mikrobiologie	IFM	GA	A3
Mintrop, L. Dipl.-Chem., Doktorand	Meereschemie	IFM	EA	A4
Noji, T. Dipl.-Biol., Doktorand	Planktologie	IFM	EA	A1
x Peinert, R. Dr., Hochschulass.	Planktologie	IFM	GA	A1, V
x Pfirman, S. Dr., wiss. Ang.	Meeres- geologie	GPI	GA	B2
x Pflaumann, M. Dr., wiss. Ang.	Paläontologie	GPI	GA	A1, B2
Philipp, J. Dipl.-Geophy., Doktorand	Geophysik	IG	EA	B1
x Puteanus, D. Dr., wiss. Ang.	Geochemie	GPI	GA	A4
x Rheinheimer, G. Dr., Professor	Mikrobiologie	IFM	GA	A3
Romero-Wetzel, M. Dipl.-Biol., Doktorandin	Benthos- ökologie	IFM	EA	A3
x Rumohr, J. Dr., wiss. Ang.	Geologie	GPI	EA	A2
x Samtleben, C. Dr., wiss. Ang.	Paläontologie	GPI	GA	A1, B2

## Fortsetzung 2.1

Name, Vorname, akad. Grad, Dienststellung	Fachrichtung	Bezeichnung d. Inst. d. Hochschule/Ein- richtung außerhalb der Hochschule	GA/EA Stipen- diaten	Teilproj. (Kenn- ziffer)
x Sarnthein, M. Dr., Professor	Sedimentologie	GPI	GA	B2
x Stabell, B. Dr., wiss. Ang.	Geologie	GPI	GA	B2
x Stoffers, P. Dr., Professor	Geochemie	GPI	GA	A1, A4 B2
Swift, S. Dr.	Geologie	GPI	Stipend.	A2
x Theilen, F. Dr., Akad. Rat	Geophysik	IG	GA	A2, B1 B2
x Thiede, J. Dr., Professor	Paläontologie	GPI	GA	A1, B2 V
Thies, A. Dipl.-Geol., Doktorandin	Paläontologie	GPI	EA	A3
Uenzelmann, G. Dipl.-Geophy., Doktorandin	Geophysik	IG	EA	B1
x Unsöld, G. Dr., wiss. Ang.	Geologie	GPI	GA	A2
Vogelsang, E. Dipl.-Geol., Doktorandin	Paläontologie	GPI	EA	B2
x Walger, E. Dr., Professor	Geologie	GPI	GA	A2
x Werner, F. Dr., wiss. Dir.	Sedimentologie	GPI	GA	A2, B2
x Willkomm, H. Dr., Professor	Kernphysik	IKP	GA	A1, B2
x Wolschendorf, K. Dr., Priv.-Doz.	Angew. Physik	IAP	GA	A2
x Zeitzachel, B. Dr., Professor	Planktologie	IfM	GA	A1

## 2.2 Forschungsprogramm

Das Europäische Nordmeer ist ein relativ kleines und junges Teilbecken der nordatlantischen Tiefseegebiete, das sich durch einzigartige ozeanographische und geologische Eigenschaften vor allen anderen Gebieten des Weltmeeres auszeichnet. Es birgt den Schlüssel für das Verständnis von ozeanographischen und klimatischen Prozessen, die sich regional in diesem Gebiet abspielen und sich durch die Verteilung pelagischer Sedimente auch auf dem Tiefseeboden abbilden, die aber in ihrer Auswirkung von globaler Bedeutung sind und die gründlich nur von einer größeren und interdisziplinär zusammengesetzten Forschergruppe untersucht werden können.

Die ozeanographischen Eigenschaften des Europäischen Nordmeeres strahlen in ihrer Auswirkung weit über die regionale Ausdehnung dieses relativ kleinen Tiefseebeckens hinaus (Abb. 1), weil

- temperierte und eisbedeckte polare Wassermassen in naher räumlicher Nachbarschaft zueinander auftreten, jedoch von scharfen hydrographischen Gradienten voneinander getrennt werden. Ihr unterschiedlicher Einfluß auf die Sedimentbedeckung kann daher in engem räumlichem Zusammenhang untersucht werden.

- die einströmenden, relativ warmen nordatlantischen Wassermassen (Norwegenstrom in Verlängerung der nordatlantischen Drift) vom norwegischen Kontinentalrand nach Norden gelenkt werden und so die Klimazonierung der gesamten nördlichen Hemisphäre verzerren. Gäbe es den Norwegenstrom nicht, wäre heute das gesamte Europäische Nordmeer eisbedeckt, und Nordwesteuropa entweder vom Inlandeis oder von einer Tundravegetation bedeckt.

- das Europäische Nordmeer ein Gebiet intensiver Erneuerung der ozeanischen Bodenwassermassen ist, die dann über den Grönland-Schottland-Rücken in die Tiefe des Nordatlantiks abfließen und von dort aufgrund ihrer spezifischen hydrographischen Eigenschaften bis in die entferntesten Teilbecken des Weltmeeres verfolgt werden können.

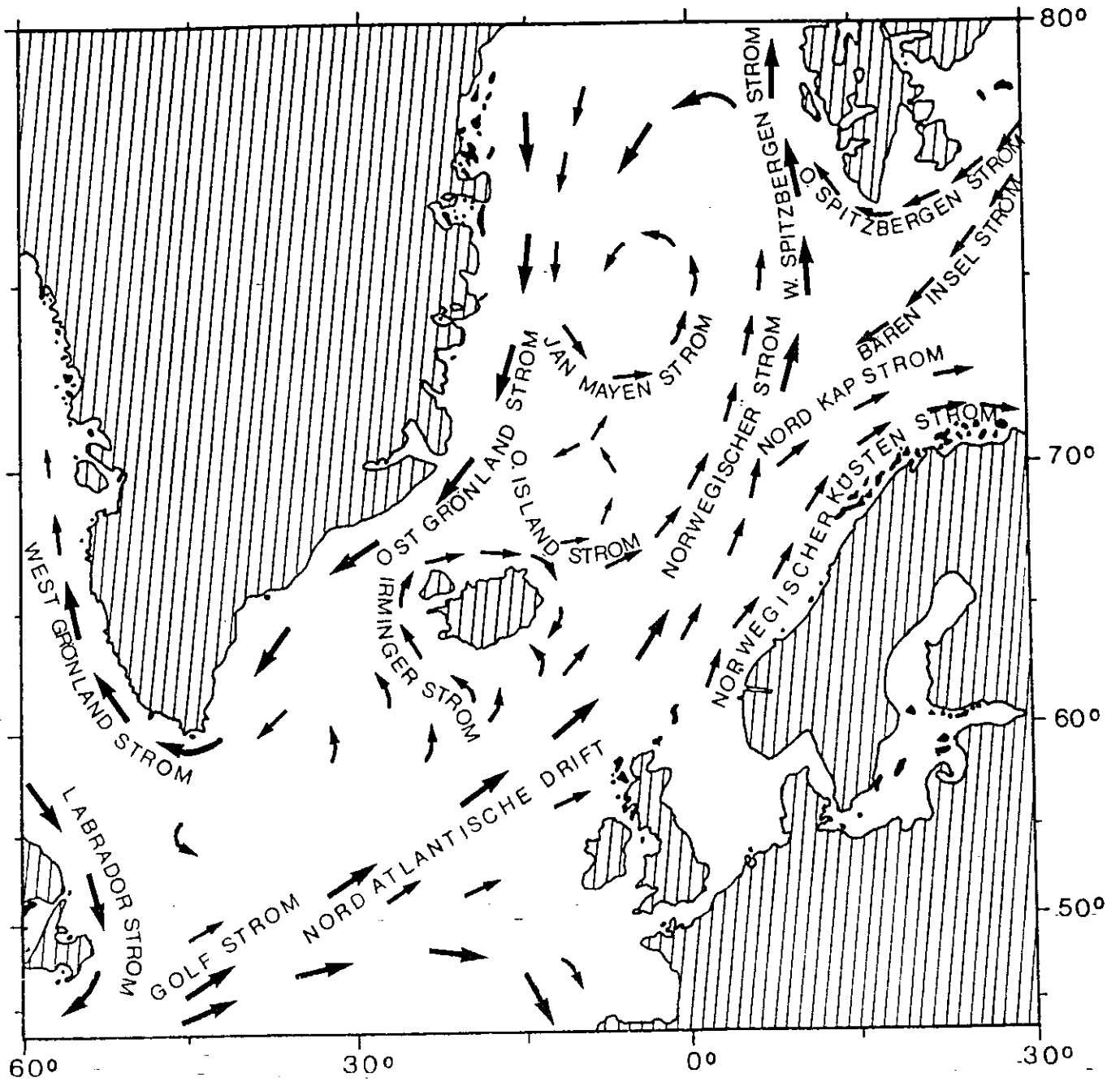


Abb. 1: Zirkulation der Oberflächenwassermassen im Europäischen Nordmeer und im angrenzenden Nordatlantik (nach verschiedenen Quellen).

Die geologische Geschichte des plattentektonisch jungen Europäischen Nordmeeres (Abb. 2) läßt erwarten, daß die paläo-ozeanographische Entwicklung seiner ozeanographischen Eigenschaften mit Hilfe von ungestörten Sedimentabfolgen rekonstruiert werden kann. Zudem können aus diesen Untersuchungen auch Einsichten in die jüngere paläo-ozeanographische Geschichte des gesamten Weltmeeres gewonnen werden, weil

- das Europäische Nordmeer seine Wassermassen mindestens seit dem Neogen frei mit den benachbarten Teilbecken des Weltmeeres austauschen konnte. Hinweise ergeben sich aus der plattentektonischen Geschichte der Teilbecken des Europäischen Nordmeeres und aus der Absenkungsentwicklung des Grönland-Schottland-Rückens, der als ein Vorläufer von Island angesehen werden kann.

- sich durch Rekonstruktionen der jüngsten Geschichte im Quartär anzudeuten scheint, daß im Europäischen Nordmeer aufgrund der extremen (in absoluten Werten) und zeitlich außerordentlich schnellen Veränderlichkeit der hydrographischen Eigenschaften seiner Oberflächen- und Bodenwassermassen im Vergleich zu anderen Teilbecken des Weltmeeres besonders wichtige Erkenntnisse zum Verständnis der Klimageschichte unserer Erde gewonnen werden können.

- zentrale Fragen der Abkühlungs- und Vereisungsgeschichte der nördlichen Hemisphäre vermutlich aufgrund der besonderen ozeanographischen Eigenschaften des Europäischen Nordmeeres nur dort gelöst werden können.

Wie aus dem Thema des SFB 313 hervorgeht, sollen aus den Ablagerungen des Meeresbodens ABBILDUNG UND GESCHICHTE DER OZEANISCHEN ZIRKULATION im Europäischen Nordmeer rekonstruiert werden. Um aus den Ablagerungen des Meeresbodens Rückschlüsse auf die hydrographischen Eigenschaften der überlagernden Boden- und Oberflächenwassermassen ziehen zu können, müssen Prozesse untersucht werden, die

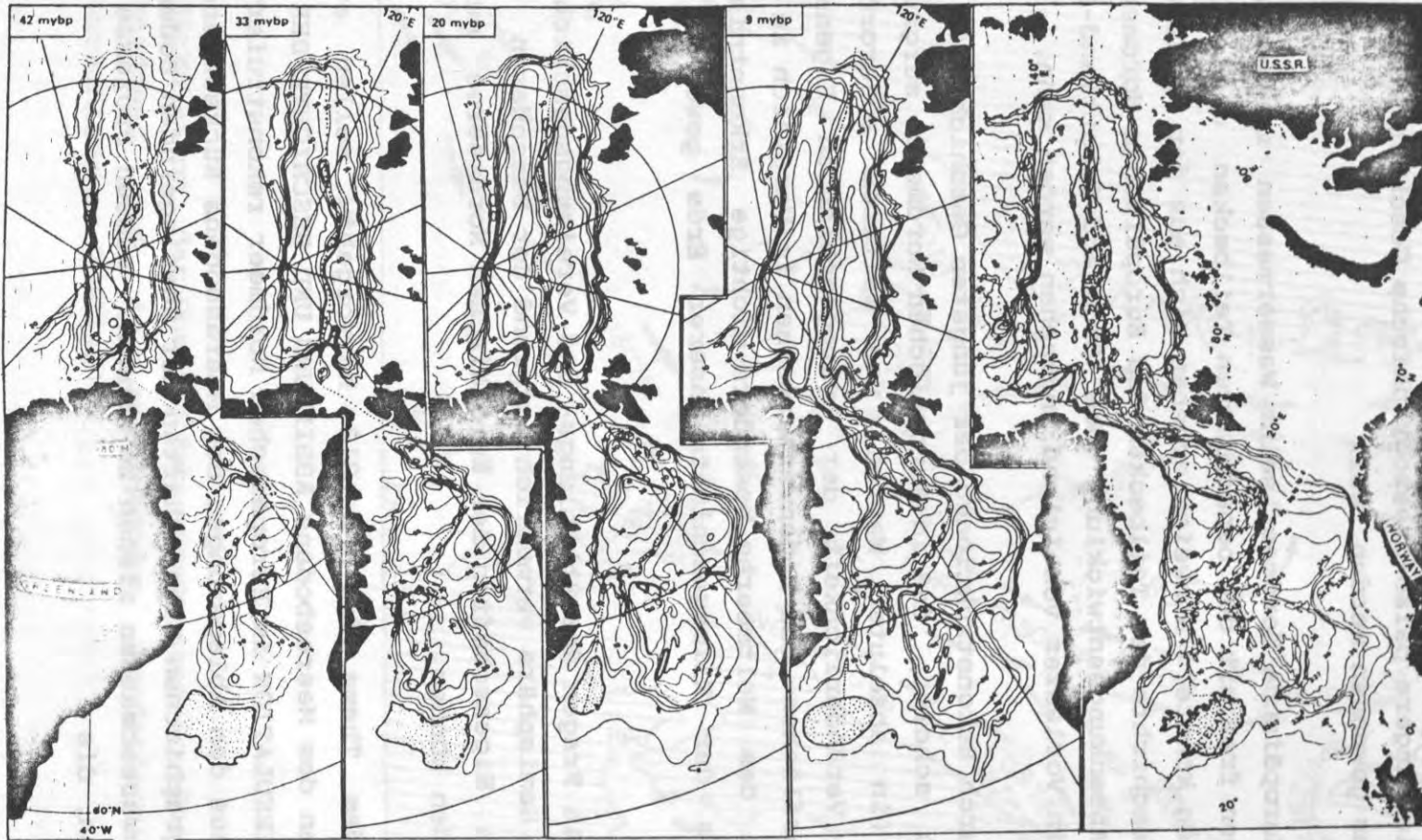


Abb. 2: Rekonstruktion der Paläogeographie und -bathymetrie des Europäischen Nordmeeres im Känozoikum (nach Vogt 1986).



- in der Nähe der Meeresoberfläche und der benthischen Grenze zur Bildung von (hauptsächlich biogenen) Sedimentpartikeln führen oder deren Eintrag (betrifft vor allem terrigene klastische Sedimentkomponenten) in das Europäische Nordmeer kontrollieren.
- zu (meist chemischen und mechanischen) Veränderungen der Zusammensetzung und der Eigenschaften des primären Eintrages an Sedimentpartikeln in das Europäische Nordmeer beitragen.
- die Sedimentationsvorgänge in der ozeanischen Wassersäule bestimmen, d. h. sowohl das Absinken als auch eventuelle horizontale Umlagerungen sedimentierender oder bereits sedimentierter Partikel.
- (meist chemische und biologische) Stoffumsätze des sedimentierten Materials in der Nähe der benthischen Grenze und in den tieferen Sedimentschichten kontrollieren.
- die kurz- und langfristige Veränderlichkeit der Sedimentzusammensetzung und damit der Paläo-Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres beeinflussen.

Um die oben skizzierten langfristigen Forschungsziele zu erreichen, bedarf es der Zusammenstellung einer leistungsfähigen, interdisziplinär zusammengesetzten Forschergruppe, der im weiteren Sinne Geologen, Paläontologen, Physiker, Chemiker, Biologen und Mikrobiologen angehören müssen und die sich mit Ausnahme der Letztgenannten bereits in dem seit 1985 bestehenden SFB 313 zusammengefunden haben. Die chemischen Arbeiten in der Wassersäule und die diagenetischen Arbeiten sollen in der kommenden Phase des SFB's verstärkt werden. Die mikrobiologischen Untersuchungen sollen neu aufgenommen werden; der SFB folgt damit auch Anregungen der letzten Begutachtung. Eine Übersicht der Gliederung des SFB 313 in seine 2 wissenschaftlichen Teilbereiche mit ihren 4 respektive 2 Teilprojekten wird in Tab. 1 gegeben.

Die Arbeiten des SFB 313 waren während der ersten 2 Bewilligungsjahre schwerpunktmäßig darauf ausgerichtet, die vorgeschlagenen Arbeitsgebiete zu beproben (Abb. 3), die saisonal veränderlichen Sedimentflüsse zu allen Jahreszeiten zu erfassen, und die Arbei-

ten der einzelnen Teilprojekte thematisch zusammenzuführen. Mit der Konzentrierung der Expeditionstätigkeit auf das Gebiet des Vöring-Plateaus und entlang eines Profiles vom Vöring-Plateau nach Westen in die Nähe von Jan Mayen wurde, den Vorschlägen der DFG-Kommission folgend, ein besonderer regionaler Schwerpunkt gesetzt. Die erfolgreiche Durchführung der jährlich 2-4 großen Expeditionen, bei denen die Forschungsschiffe POSEIDON, VALDIVIA, POLARSTERN, die neue METEOR, sowie die JOIDES RESOLUTION des Ocean Drilling Programm (ODP) eingesetzt wurden, stellt einen besonderen Erfolg der jungen Arbeitsgruppen des SFB 313 dar.

In der kommenden Antragsphase (1988-1990) werden die Arbeiten des SFB 313, wie im Einzelnen näher weiter unten begründet werden wird, folgendermaßen fortgesetzt werden:

1. Regional: Im Gebiete des Vöring-Plateaus sind Regionen völlig ungestörter pelagischer und hemipelagischer Sedimentation mit zeitlich hochauflösender Stratigraphie gefunden worden; sie werden weiterhin einen besonderen regionalen Schwerpunkt der geplanten Arbeiten bilden. Der regionale Rahmen der Arbeiten der kommenden Antragsphase soll jedoch nach Westen in das Gebiet zwischen Jan Mayen und dem ostgrönländischen Kontinentalrand und nach Norden in das Gebiet vor dem südlichen Barentsschelf erweitert werden (s. Kap. 2.4).

2. Thematisch: Die bisher bestehenden Teilprojekte werden weitergeführt, da in den vergangenen beiden Jahren ein wertvolles und bisher nur wenig genutztes Proben- und Datenmaterial gesammelt worden ist. Sie werden jedoch um ein dringend benötigtes neues Teilprojekt A4 (CHEMISCHE FLÜSSE DURCH DIE BENTHISCHE GRENZFLÄCHE) erweitert, während im Rahmen des Teilprojektes A3 mikrobiologische Arbeiten, die in sehr bescheidenem Rahmen bereits begonnen wurden, aufgenommen werden.

3. Personell: Der junge SFB 313 hat bereits in den ersten beiden Jahren seines Bestehens eine Reihe von zentralen Mitarbeitern durch Berufung an auswärtige Institutionen "verloren", darunter 3 Professoren. Die daraus hervorgegangene Arbeitsgruppe an der Universität Bremen unter Leitung von Prof. Dr. G. Wefer wird ihre

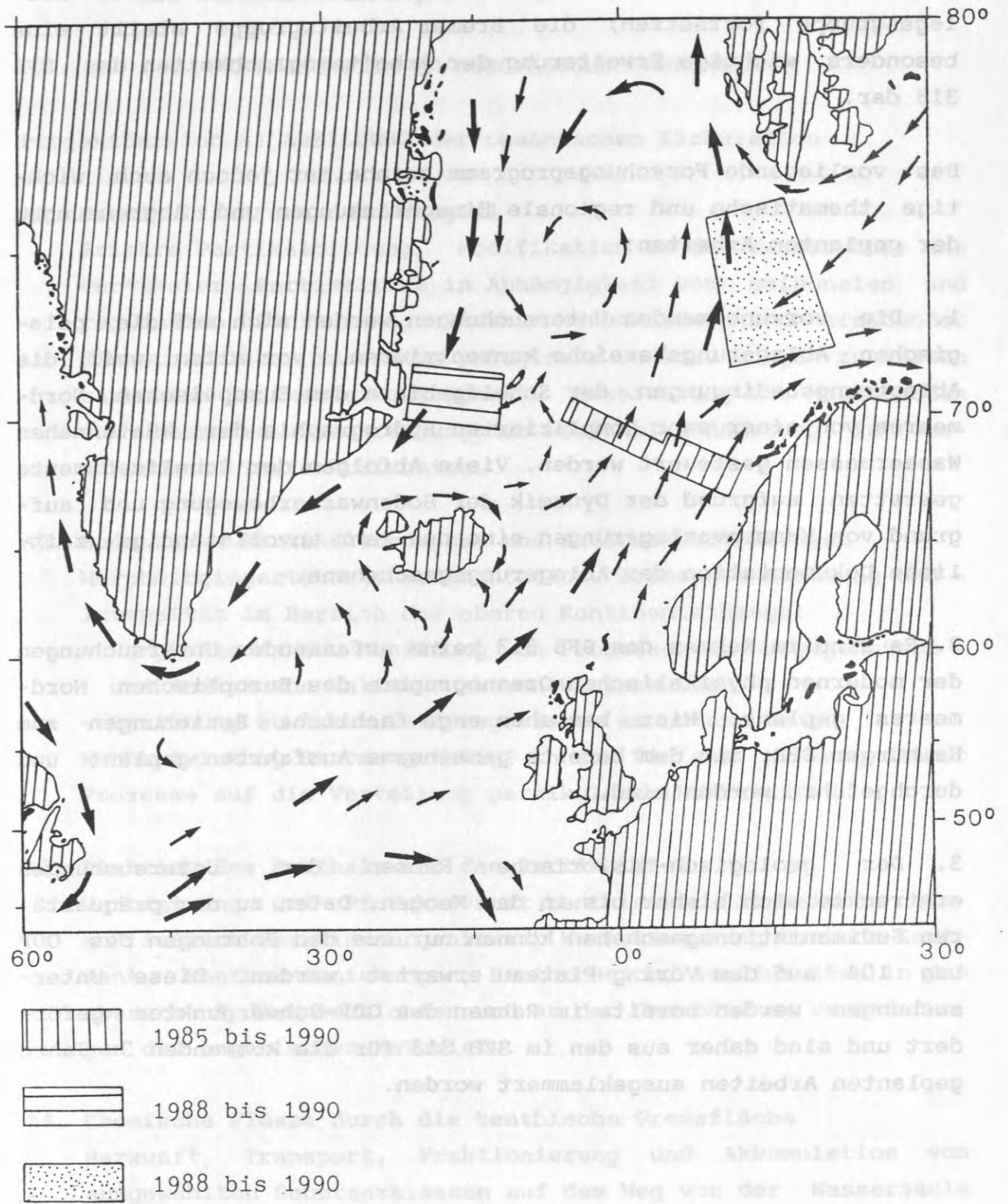


Abb. 3: Lage der ausgewählten Arbeitsgebiete.

Arbeiten an Sedimentfallenmaterial aus dem Europäischen Nordmeer durch ein mit dem SFB 313 assoziiertes Projekt (über Antrag im Normalverfahren) und in enger Abstimmung mit der Kieler Kollegengruppe fortsetzen; die Bremer Arbeitsgruppe stellt eine besonders wichtige Erweiterung der Arbeitsmöglichkeiten des SFB 313 dar.

Das vorliegende Forschungsprogramm beinhaltet jedoch auch wichtige thematische und regionale Einschränkungen und Abgrenzungen der geplanten Arbeiten:

1. Die vorzunehmenden Untersuchungen werden sich auf die pelagischen Ablagerungsbereiche konzentrieren, vor allem weil die Ablagerungsbedingungen der Schelfgebiete des Europäischen Nordmeeres von einer sehr komplizierten Hydrographie der küstennahen Wassermassen gesteuert werden. Viele Abfolgen der Schelfsedimente gestatten aufgrund der Dynamik der Bodenwasserbewegung und aufgrund von Massenverlagerungen eine nur sehr unvollständige zeitliche Dokumentation des Ablagerungsgeschehens.
2. Es sind im Rahmen des SFB 313 keine umfassenden Untersuchungen der modernen physikalischen Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres geplant. Hier bestehen enge fachliche Beziehungen zum Hamburger SFB, mit dem bereits gemeinsame Ausfahrten geplant und durchgeführt worden sind.
3. Der geologisch-historische Rahmen der Untersuchungen erstreckte sich bisher bis in das Neogen. Daten zu dem präquartären Sedimentationsgeschehen können nur aus den Bohrungen des ODP Leg 104 auf dem Vöring-Plateau erwartet werden. Diese Untersuchungen werden bereits im Rahmen des ODP-Schwerpunktes gefördert und sind daher aus den im SFB 313 für die kommenden 3 Jahre geplanten Arbeiten ausgeklammert worden.

Tab. 1. SFB 313 Gliederung in Projektbereiche und Teilprojekte mit Kurzbeschreibungen

SEDIMENTATION IM EUROPÄISCHEN NORDMEER

Projektbereich A: ABBILDUNG der ozeanischen Zirkulation

A1. Partikelfluß aus dem Pelagial

Primäre Partikelbildung, Modifikation in der Wassersäule und vertikaler Partikelfluß in Abhängigkeit von saisonalen und regionalen Einflüssen. Einsatz verankerter und treibender Sinkstofffallen, intensive pelagische Untersuchungen zu Zeiten markanter Sedimentationssignale. Erweiterung der Meßmethoden zur besseren Beschreibung der Partikelveränderung in verschiedenen Tiefenhorizonten.

A2. Bodennaher Partikeltransport und Sedimentverteilungen

Morphologiegesteuerte Sedimentation. Transport-Richtung und -Intensität im Bereich des oberen Kontinentalhangs:

- Hangkantensande. Abbildung von Prozessen im Norwegenstrom und Abfluß von kaltem schweren Winterwasser
- Beziehung zu Akkumulationsgebieten am untern Hang.

Wechselwirkung Strömung-Relief in der Tiefsee. Wirkung dieser Prozesse auf die Verteilung partikulärer Nährstoffe.

A3. Reaktion des Benthals auf den Partikelfluß

Verbreitung und Produktivität benthischer Organismen einschließlich der Mikroorganismen, Wechselwirkung Benthos-Sediment, Benthos-Zonierungen, Bioturbation, Stoffumsätze in den obersten Sedimentschichten und an der Chemokline, Veränderungen des organischen Materials.

A4. Chemische Flüsse durch die benthische Grenzfläche

Herkunft, Transport, Fraktionierung und Akkumulation von ausgewählten Substanzklassen auf dem Weg von der Wassersäule durch die benthische Grenzfläche bis in tiefere Sedimentschichten; Datierungen und benthische Mischungsprozesse; Modellierung frühdiagenetischer Prozesse; Tonmineralneubildungen.



Projektbereich B: GESCHICHTE der ozeanischen Zirkulation

**B1. Seismische Feinschichtung der Sedimente**

Hochauflösende seismische Vermessung der Sedimentstruktur mit frequenzselektiven Signalquellen. Weiterentwicklung und Einsatz eines tiefgeschleppten mehrkanaligen seismischen Systemes, seismostratigraphische Interpretation, Korrelation seismischer und sedimentologischer Parameter.

**B2. Kurz- und langfristige Schwankungen in der ozeanischen Zirkulation: Abbildung in quartären Sedimenten**

Kurzfristige Veränderlichkeit der ozeanischen Stromsysteme. Einfluß der Saisonalität auf die Sedimentation. Veränderlichkeit der Sedimentation entlang von Stromachsen (zeitlich und räumlich). Kurzfristige Veränderlichkeit der Erneuerung des Tiefenwassers. Langfristige Veränderlichkeit der Stromsysteme. Glazial-/interglaziale Schwankungen. Beginn der "glazialen" Stromsysteme. Veränderlichkeit und Reaktion der Faunen und Floren auf die Veränderung der Hydrographie und die Schwankungen des Klimas. Geschichte der ozeanischen Produktivität. Veränderlichkeit der Eisdecke.

### 2.3 Bisherige Arbeiten im Europäischen Nordmeer und Auswahl künftiger Arbeitsgebiete

In Abb. 3 ist die Lage der potentiellen Arbeitsgebiete des SFB 313 im Europäischen Nordmeer dargestellt, wie sie ursprünglich zu Beginn des Vorhabens konzipiert wurden. In den vergangenen ersten 2 Jahren des SFB 313 kam es vor allem darauf an, durch Expeditionen ein umfangreiches Proben- und Datenmaterial sicherzustellen. Dieses gelang durch eine Reihe glücklicher Umstände:

1. Wie in Abb. 4 dargestellt, standen dem SFB 313 in den ersten 2 Jahren seines Bestehens eine Reihe von deutschen Forschungsschiffen für Expeditionen in das Europäische Nordmeer zur Verfügung, die Mitgliedern aller Teilprojekte Gelegenheit gaben, Proben und Daten aus den von ihnen gewünschten Arbeitsgebieten zu gewinnen.

2. Alle Expeditionen konnten auf Forschungsschiffen mit Kapazitäten durchgeführt werden, die fast ausnahmslos die gleichzeitige Teilnahme von Mitgliedern mehrerer Teilprojekte ermöglichten. Damit konnte der SFB eine besonders enge Verflechtung der Arbeiten der einzelnen Teilprojekte erreichen.

3. Es gelang aufgrund der sehr wohlwollenden Behandlung unserer Anträge auf Schiffszeit, die Expeditionen (Abb. 4) zeitlich so zu staffeln, daß bereits heute Proben und Daten aus den wichtigsten Arbeitsgebieten vorliegen, die alle Jahreszeiten abdecken und neben der sorgfältigen räumlichen Konzentration auch eine Behandlung von saisonal stark wechselnden Prozessen ermöglichen.

4. Besonders glücklichen Umständen und einer langjährigen, sorgfältigen Vorplanung verdanken wir die erfolgreiche Durchführung der Bohrungen, die im Rahmen von ODP Leg 104 entlang eines Schnittes über das äußere Vöring-Plateau abgeteuft worden sind (Abb. 5). Ohne diese Bohrungen wäre es unmöglich, Aspekte der langfristigen Veränderlichkeit des Norwegen-Stromes zu erfassen.



	JAN	FEB	M'AR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEPT	OKT	NOV	DEZ
1985	JOIDES - RESOLUTION <u>          </u> <u>B1, B2</u> <u>          </u> <u>A1, A3</u> POSEIDON											
1986	<u>A1, A2, A3</u> POSEIDON A1, A2, A3, <u>          </u> METEOR B1, B2 <u>          </u> VALDIVIA											
1987	<u>A1, A2, A3</u> POSEIDON <u>          </u> <u>A1, A2, A3</u>											
1988	<u>A1, A2, A3</u> POSEIDON <u>          </u> <u>A1, A2, A3, A4</u> <u>          </u> METEOR B1, B2											
1989	<u>          </u> POSEIDON <u>          </u> <u>          </u> POLARSTERN <u>          </u> POSEIDON											
1990	<u>          </u> <u>          </u> POLARSTERN <u>          </u> POSEIDON											

Abb. 4: Durchgeführte und geplante Expeditionen des SFB 313.

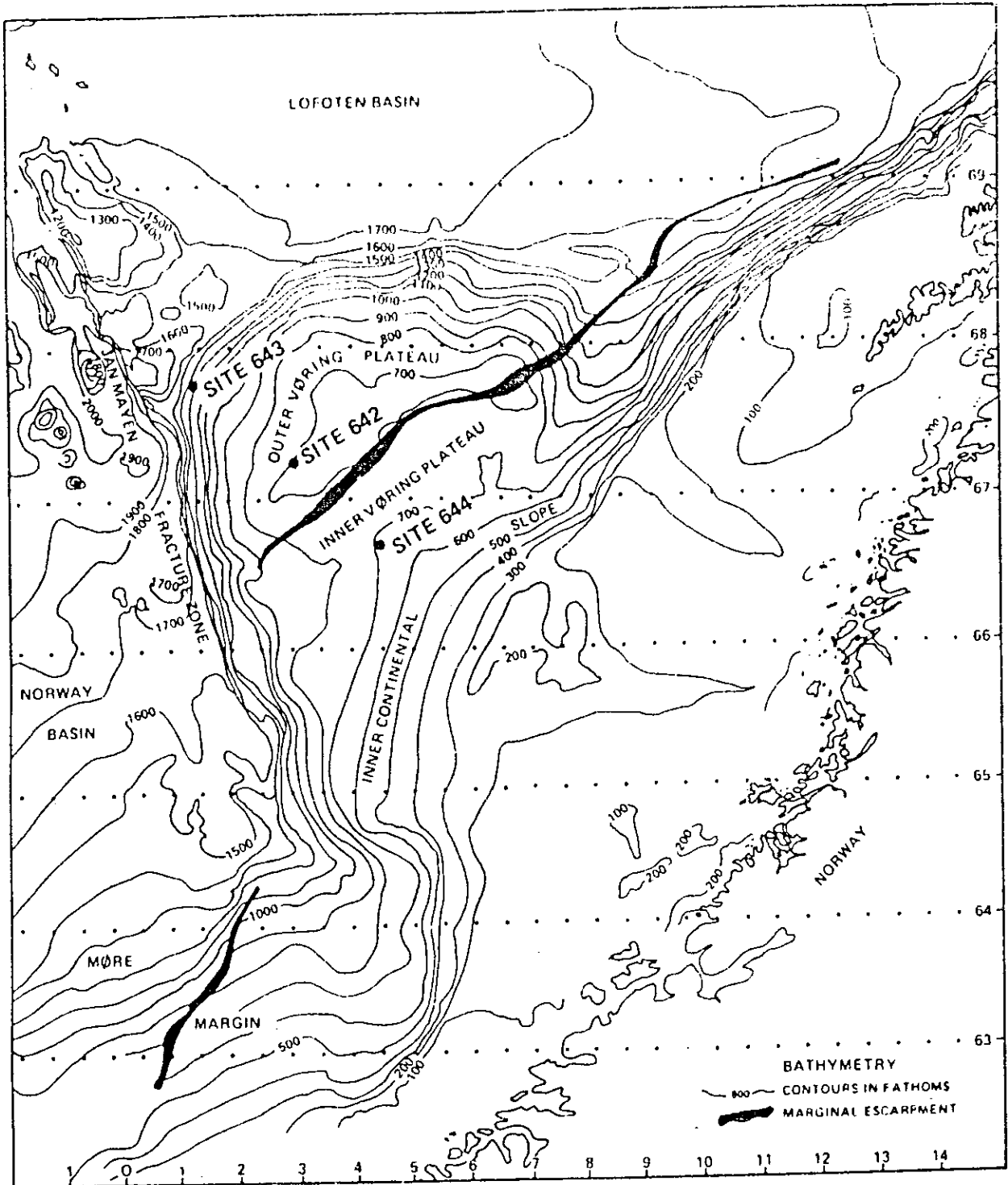


Abb. 5a: Positionen der Bohrungen von Leg 104 (Ocean Drilling Program, Eldholm et al. 1986).

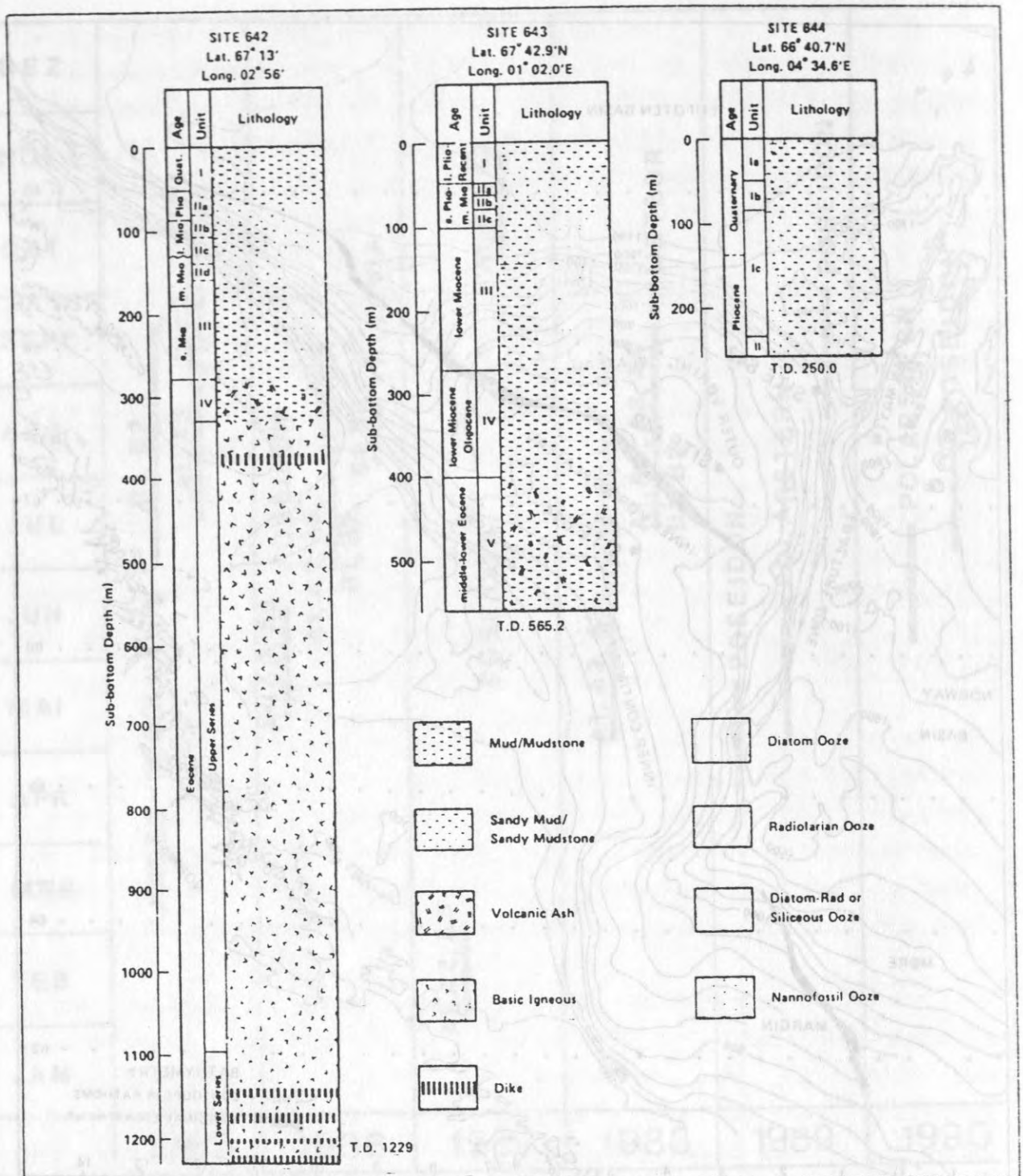


Abb. 5b: Schematische Profile der Bohrungen von Leg 104, Vöring-Plateau (Eldholm et al. 1986).

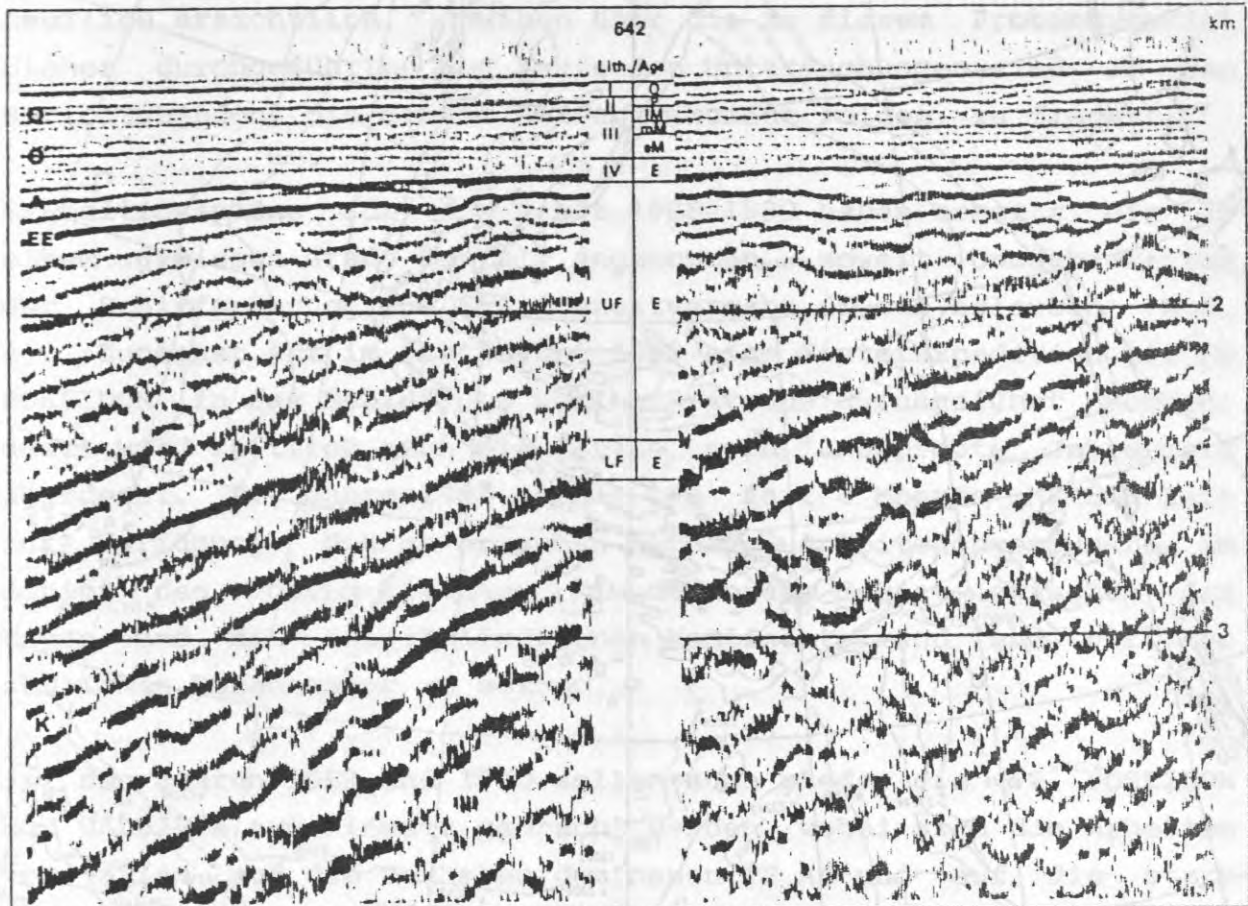


Abb. 5c: Reflektionsseismik von Site 642, Leg 104. Die lithologische Abfolge (vgl. lithostratigraphisches Schema in der Mitte) wurde mit den Reflektoren O, O', A, EE und K korreliert. Q steht für Quartär, P für Pliozän, 1M für das späte Miozän, mM für das mittlere Miozän, eM für das frühe Miozän und E für Eozän (nach Karl Hinz, aus Eldholm et al. 1986).

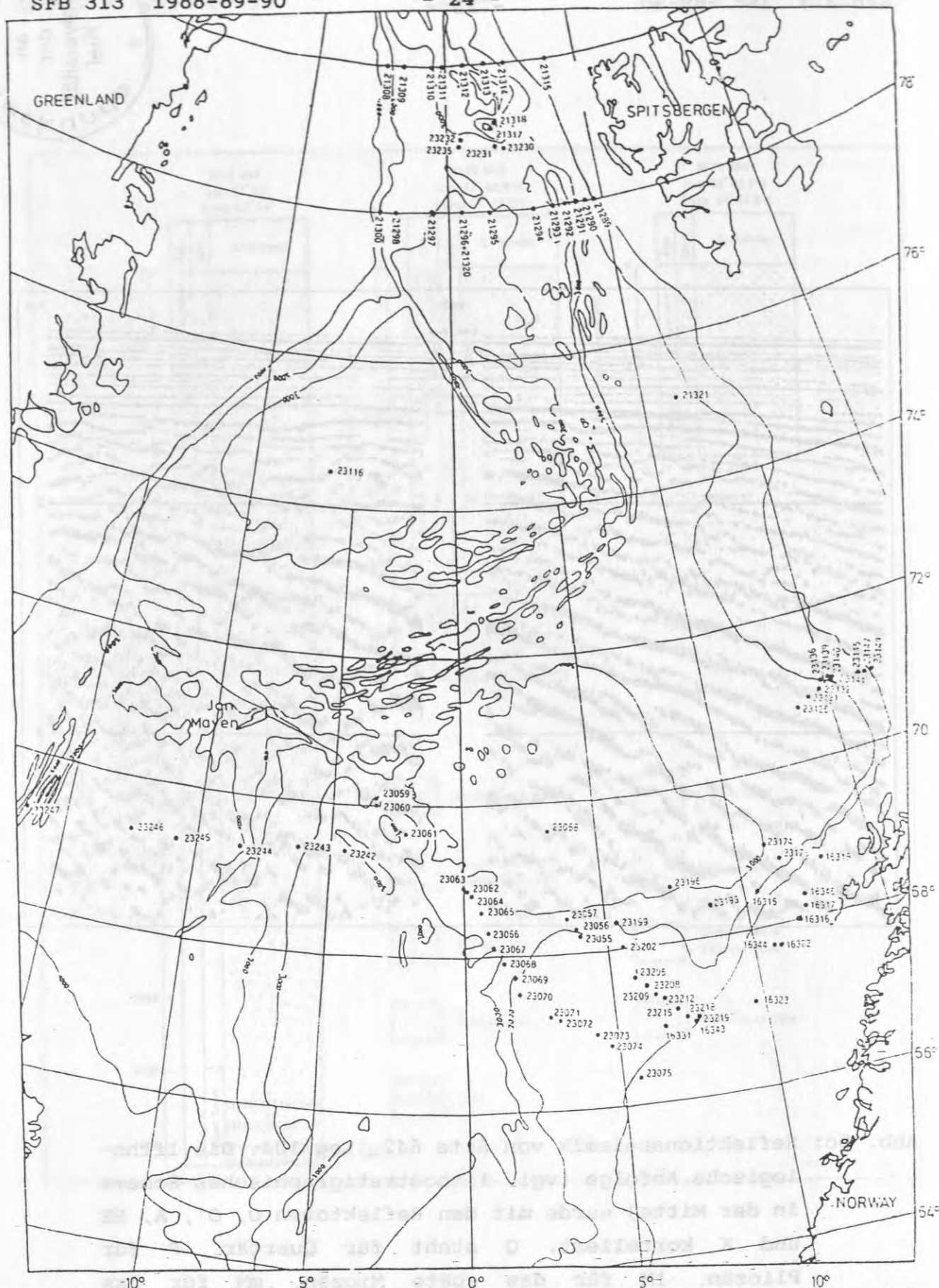


Abb. 6: Positionen der Sedimentkerne, die vom SFB 313 im Bereich des Vöring-Plateaus, und durch die Arbeit der POLARSTERN im Gebiet der Fram-Straße entnommen wurden.



Als eines der Beispiele für die bisher durchgeführte Probennahme sind in Abb. 6 alle Stationen dargestellt, von denen im Rahmen des SFB 313 und der Arbeiten der POLARSTERN im Gebiete der Fram-Straße erfolgreich Sedimentkerne entnommen worden sind. Die Konzentration auf die ungestörten Sedimentationsgebiete des Vöring-Plateaus und entlang des Schnittes vom Vöring-Plateau nach Westen in die Gegend von Jan Mayen ist aus der Stationsverteilung deutlich ersichtlich. Angaben über die an diesem Probenmaterial bisher durchgeführten und laufenden Untersuchungen sind in den Berichtsbänden, die diesem Antragsdokument folgen, zu finden.

Expeditionspläne für die Jahre 1988-1990 haben bereits bis zu einem gewissen Grade Gestalt angenommen, soweit Unwägbarkeiten der Schiffsplanung und Schiffszeitvergabe dieses erlauben (Abb. 4). Zunächst ist im Spätherbst 1987 eine Winterexpedition mit FS POSEIDON in das Gebiet des Vöring-Plateaus durchgeführt worden; damit wird zeitlich auch die letzte, noch "unbeprobte" Jahreszeit abgedeckt. Im Jahre 1988 stehen uns fast 4 Monate METEOR-Zeit zur Verfügung, die es erlauben werden, Arbeitsschwerpunkte im Gebiet des Vöring-Plateaus, in dem neuen Gebiet zwischen Jan Mayen und dem ostgrönländischen Kontinentalrand und vor dem südlichen Barentsmeer zu setzen.

In den Jahren 1989 und 1990 sollen auch wieder die FS POSEIDON und VALDIVIA zum Einsatz gebracht werden, wobei sich die Arbeiten vor allem auf die Vorhaben des neuen TP A4 und auf die stark saisonal wechselnden biologischen und chemischen Messungen konzentrieren werden. Zusätzlich sollen die flächendeckenden, profilierenden Meßmethoden zur Detailaufnahme ausgewählter Teilgebiete in umfassender Weise zum Einsatz gebracht werden. Unsere Vorstellungen über die Expeditionstätigkeit der Jahre 1988-1990 und die voraussichtliche Teilnahme der einzelnen Teilprojekte des SFB 313 sind in Abb. 4 zusammengefaßt.

#### **2.4 Bedeutung des Sonderforschungsbereichs für die Universität**

##### **Kiel**

In Kiel hat die fruchtbare Zusammenarbeit mit skandinavischen Ländern und die intensive Tätigkeit zur Erforschung der Meere eine langjährige Tradition. An der Christian-Albrechts-Universi-

tät ist dies am umfangreichen meereskundlich und Skandinavienbezogenen Lehrangebot zu sehen. Eine vielseitige Beteiligung an nationalen und internationalen Forschungsprojekten hat Kiel den Ruf eines der europäischen Zentren der Meeresforschung gebracht. Die Christian-Albrechts-Universität und die Landesregierung von Schleswig-Holstein sind bestrebt, diesen Ruf zu erhalten. Sie fördern daher sehr zielstrebig eine Reihe meereskundlicher Fachrichtungen als einen der Schwerpunkte der Universität. Diese Förderung dokumentiert sich in den kürzlich erfolgten Gründungen eines Forschungszentrums für Meerestechnik, des Ozeaneums und der angeschlossenen Forschungseinrichtungen in Büsum sowie des neuen GEOMAR-Komplexes in Kiel.

Das Präsidium der CAU hat bereits in seinem Jahresbericht für 1983/84, wie auch früher, die marinen Geowissenschaften, die Meerestechnik und die meereskundlichen Disziplinen als besonders bedeutende und daher zu fördernde Schwerpunkte von Forschung und Technik betont. Meeresgeologische, -biologische und -geophysikalische Fachrichtungen haben sich in Deutschland über viele Jahre hinweg relativ isoliert von der eigentlichen Meereskunde entwickelt, obwohl oft Versuche zu einer engen Zusammenarbeit mit der physikalischen Ozeanographie unternommen worden sind. Im Sonderforschungsbereich "Wechselwirkung Meer-Meeressboden" an der Universität Kiel (Rumohr et al., 1986) hatte man erstmals in größerem Rahmen versucht, Fachrichtungen wie Meeresgeologie, Ozeanographie, Meeresbiologie, Angewandte Physik und Radiometrie in einem integrierend wirkenden, meereskundlichen Forschungsvorhaben zusammenzuführen. In anderen Staaten dagegen hat die Kenntnis der Wichtigkeit der Integration dieser Fachrichtungen schon früh die Struktur und den Aufbau ozeanographischer Forschungsinstitutionen beeinflusst und gesteuert. Die Ergebnisse des Sonderforschungsbereiches 95 "Wechselwirkung Meer-Meeressboden" bei der Bearbeitung komplexer mariner Problemkreise haben gezeigt, daß größere meereskundliche Forschungsvorhaben in der Tat nur von interdisziplinären Forschergruppen bearbeitet werden können.

Mit dem Forschungsprogramm des SFB 313 wird der Versuch fortgesetzt, eine Reihe meereskundlicher Forschergruppen der Universität Kiel im Rahmen eines Sonderforschungsbereiches zu interdis-



ziplinärer Arbeit zusammenzuführen. Der Schwerpunkt des geplanten Forschungsvorhabens hat sich gegenüber dem abgeschlossenen Sonderforschungsbereich, (SFB 95) mehr zu den marinen Geowissenschaften verschoben. Als Arbeitsgebiet ist das Europäische Nordmeer als ein Teilbecken des offenen Weltmeeres gewählt worden. Die große Bedeutung des Europäischen Nordmeeres für die Zirkulation der ozeanischen Wassermassen im Känozoikum sichert ein langfristiges und weitreichendes Interesse in- und ausländischer Forschergruppen, welches der Universität Kiel zugute kommt.

Die Christian-Albrechts-Universität zu Kiel liegt an der Nahtstelle Deutschlands zu den skandinavischen Ländern und versucht daher bewußt, einen engen wissenschaftlichen Austausch zu diesen Ländern zu pflegen. Das geplante Forschungsvorhaben im Europäischen Nordmeer wird im engen Verbund mit norwegischen, dänischen und isländischen Forschergruppen durchgeführt werden. Diese enge Verbindung läßt sich durch die Teilnahme von Vertretern skandinavischer Forschungsinstitutionen auf nahezu allen Ausfahrten des SFB 313 und durch zahlreiche wissenschaftliche Kontakte belegen. Wissenschaftler der Universitäten Kopenhagen, Oslo und Bergen waren bereits längerfristig als Gäste des SFB 313 in Kiel. Studenten der Universität Oslo haben in der ersten Antragsphase zwei Examensarbeiten am Probenmaterial des SFB 313 fertiggestellt. Damit kommt der SFB 313 dem Bemühen der Universität Kiel um enge Kontakte zu den nordischen Ländern besonders entgegen.

Der neue Sonderforschungsbereich SFB 313 ist in einem eigenen Gebäude im Zentrum des Campus der "Neuen" Universität in der Olshausenstraße in Kiel angesiedelt (Abb. 7), welches zur Zeit noch umgebaut wird. Damit soll erreicht werden, daß durch die räumliche Einheit die beteiligten Forscher Gelegenheit zu häufigem und engen fachlichen Austausch haben und somit die fachliche Integration gefördert wird.

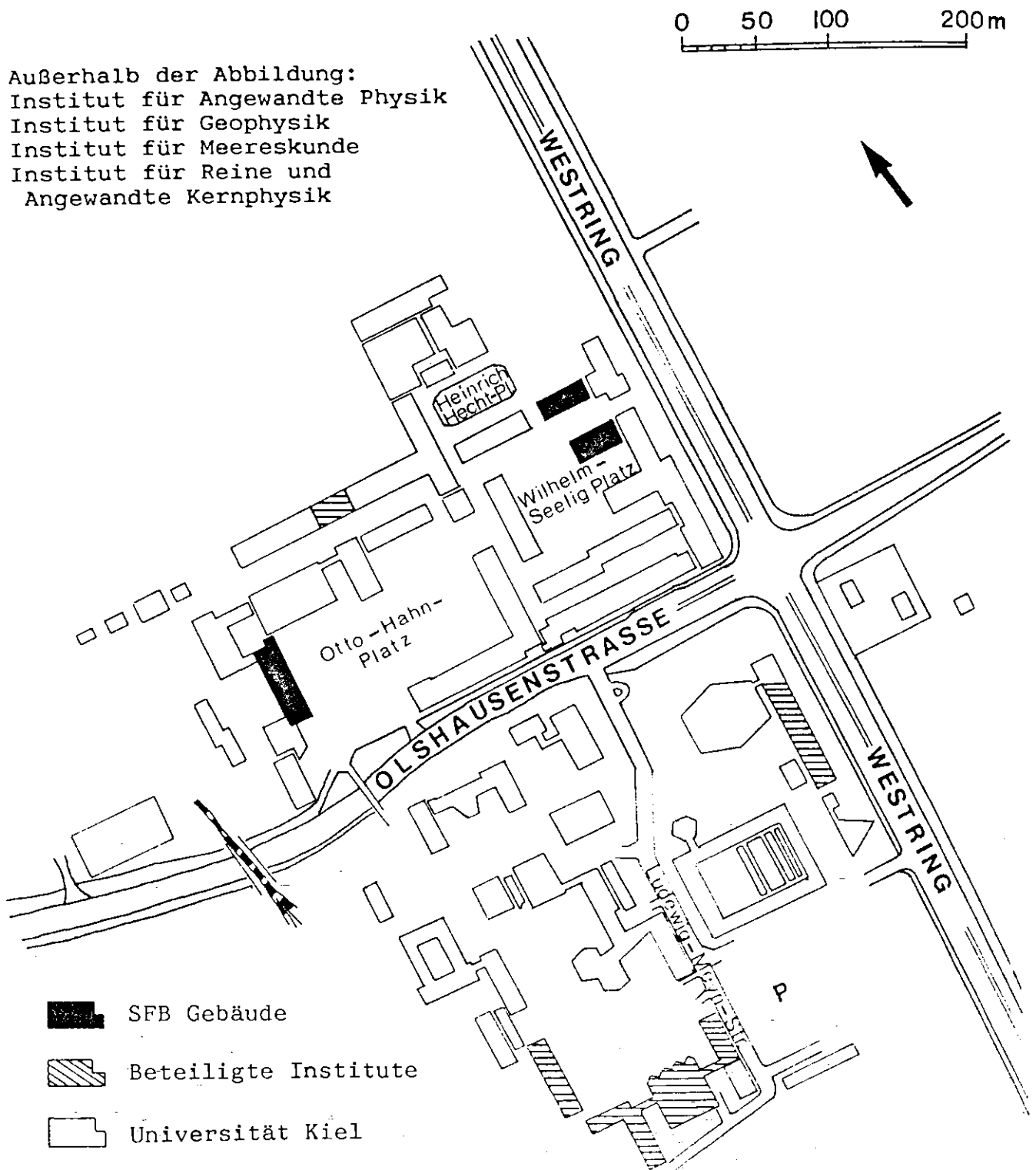


Abb. 7: Lage der Gebäude des neuen SFB 313 in unmittelbarer Nachbarschaft der Universität.

2.5 Verzeichnis der laufenden Dissertationen oder vergleichbarer Arbeiten auf dem Gebiet des Forschungsprogramms (Stand Mitte 1987)

A1:

Grading, Rolf: Nanoplankton in der Arktis und dem Indischen Ozean

Noji, Tom: Zooplankton dynamics in the Norwegian Sea: influences on sedimentation processes

Passow, Uta: Die Beeinflussung vertikaler Verteilung von Phytoplankton: Hydrographie, Wachstum und Sedimentation.

A2:

Bischof, Jens: Eisdriftmaterial in der norwegisch-grönländischen See

Heinrichs, Jean-Pierre: Untersuchung von Sedimentstrukturen mit Hilfe der digitalen Röntgenbildverarbeitung

A3:

Heeger, Thomas: Die Rolle benthischer Foraminiferen in der Nahrungskette

Linke, Peter: Stoffwechsellleistungen benthischer Foraminiferen

Romero-Wetzel, Marina: Struktur und Bioturbation des Makrozoobenthos am Vöring-Hang vor SW-Norwegen

A4:

Mintrop, L.: Aminosäuren in Wassersäule, Sinkstoffen, Sediment und Porenwasser der Norwegischen See.

## B1:

Gimpel, P.: Marine flachseismische Untersuchungen in der Kieler Bucht unter besonderer Berücksichtigung von Scherwellen (Die Arbeit steht vor dem Abschluß).

Huszak, M.: Absorption seismischer Wellen im niederfrequenten Bereich.

Kassens, H.: Ermittlung und Vergleich sedimentologischer und sedimentphysikalischer Parameter unter besonderer Beachtung frühdiagenetischer Zementation.

Philipp, J.: Durchschallungsmessungen an Kastenlotkernen mit Kompressions- und Scherwellen.

Prasad, M.: Untersuchung der Geschwindigkeiten und Absorption von Kompressions- und Scherwellen an ausgewählten Sedimentproben.

Springer, M.: Entwicklung einer pneumatischen seismischen Quelle zum Einsatz in eisbedeckten Gebieten.

Uenzelmann, G.: Sedimentstrukturen auf dem Vöring-Plateau aus hochauflösenden reflexionsseismischen Untersuchungen.

## B2:

Baumann, K.-H.: Coccolithenfloren spätquartärer Sedimente der Norwegischen See.

Birgisdottir, L.: Marine Paläontologie, Biostratigraphie, Sedimentation nördlich von Island.

Vogelsang, E.: Detaillierte Sauerstoff- und Kohlenstoffisotopen-Untersuchungen, Ermittlung der Bioturbation.

## Literatur

- Augstein, E., Hempel, G. und J. Thiede, (1984): Fahrtbericht der "Polarstern"-Reise ARKTIS I, 1983.- Ber. zur Polarforsch. 17, 77 S.
- Augstein, E., Hempel, G., Schwarz, J., Thiede, J. und W. Weigel, (1984): Die Expedition ARKTIS II des FS "Polarstern" 1984, mit Beiträgen des FS "Valdivia" und des Forschungsflugzeuges "Falcon 20" zum Marginal Ice Zone Experiment 1984 (MIZEX).- Ber. zur Polarforsch. 20, 192 S.
- Eldholm, O., Thiede, J. and shipboard scientific party (1986): Reflector identified, glacial onset seen. - Geotimes, 31(3): 12-15
- Gerlach, S.A. und J. Thiede, (1986): Forschungsschiff "Meteor", Reise 2 vom 19. Juni bis 16. Juli 1986.- Ber. Sonderforschungsber. 313, Univ. Kiel, 4-80
- Gersonde, R., (1986): Die Expedition ARKTIS III mit FS "Polarstern" 1985.- Ber. zur Polarforsch. 28, 113 S.
- Graf, G. und F. Werner, (1986): Forschungsschiff Poseidon, Reise 128 vom 7. Mai bis 8. Juni 1986.- Ber. Sonderforschungsber. 313, 81-140
- Rumohr, J., Walger, E. und Zeitzschel, B. (Herausgeber) (1987): Seawater-sediment interactions in coastal waters. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 1987, 338 S.
- Vogt, P.R., (1986): Seafloor topography, sediments and paleoenvironments.- In: B.G. Hurdle (ed.), The Nordic Seas, 237-410, Springer Verlag, New York
- Vogt, P.R., Perry, R.K., Fehden, R.H., Fleming, H.S. und N.Z. Cherkis, (1981): The Greenland-Norwegian Sea and Iceland environment: geology and geophysics.- In: A.E.M. Nairn, M. Churkin & F. Stehli (eds.), The Ocean Basins and Margins - Vol. 5: The Arctic Ocean, 493-598, Plenum Press, New York
- Werner, F., (1983): Report on cruise no. 100 b of the RV "Poseidon", May, 7-20, 1983 - sediments on the Norwegian Continental Margin near the Lofoten Islands.- Ber. Geol.-Pal. Inst. CAU Kiel 1, 32 S.

### 3. Projektbereich A: "Abbildung der ozeanischen Zirkulation"

Aufbauend auf den Ergebnissen der Jahre 1985-87 werden die Untersuchungen im Norwegenstrom zur Saisonalität der biogenen Entstehung und Modifikation pelagischer Partikel, ihrer Sedimentation am Meeresboden, zum bodennahen Partikeltransport, sowie der weiteren Umwandlung der Partikel im Oberflächensediment fortgeführt. Vergleichbare Arbeiten sollen im Ostgrönlandstrom begonnen werden, in dem durch die zeitweilige Eisbedeckung eine extremere Saisonalität erwartet wird. Die bisherigen Arbeiten haben in allen Teilprojekten eine Fokussierung auf ausgewählte Fragestellungen ermöglicht sowie zur Formulierung eines vierten Teilprojektes geführt.

Im Teilprojekt A1: "Partikelfluß aus dem Pelagial" wird die primäre Entstehung von Partikeln in der euphotischen Zone, ihre biologische Modifikation und die pelagische Sedimentation der biogenen Partikel in Abhängigkeit von saisonal und regional unterschiedlichen abiotischen Faktoren verfolgt. Die bisherigen Arbeiten haben gezeigt, daß der Modifikation der primären Partikel durch Zooplanktonaktivitäten in verschiedenen Wasserschichten mehr Aufmerksamkeit als bisher gewidmet werden muß. Die geplanten Arbeiten haben zum Ziel, markante quantitative und qualitative Signale in den Sinkstofffallen den pelagischen Schlüsselprozessen in den Wassermassen des Europäischen Nordmeeres zuzuordnen.

Im Teilprojekt A2: "Bodennaher Partikeltransport und Sedimentverteilung" sollen die Schwerpunkte bei der Untersuchung von Sedimentverteilungsmustern am Kontinentalhang und im Tiefenwasserbereich (einschließlich der Kuppen) liegen. Die bisherigen Arbeiten haben ergeben, daß dem hangabwärts fließenden Winterwasser von Schelfbänken und den stationären Turbulenzen an Tiefseekuppen eine besondere Bedeutung bei der Sedimentverteilung zukommt. Das Ziel ist es, die Wechselwirkung zwischen Strömungen und Relief für die Sedimentverteilung als Folge der großräumigen ozeanischen Zirkulation zu verstehen.

Im Teilprojekt A3: "Reaktionen des Benthals auf den Partikelfluß" werden die Auswirkungen der pelagischen Sedimentation auf die benthischen Organismen bearbeitet. Hierbei werden besonders die benthischen Foraminiferen hinsichtlich ihrer Siedlungsstruktur, Biomasseproduktion und ihrer Rolle in der Nahrungskette untersucht. Es hat sich gezeigt, daß die Reaktionen des Benthals auf den pelagischen Partikelfluß häufig sehr kurzfristig ablaufen. Daher wird für die Verfolgung solcher kurzfristigen Prozesse der Schwerpunkt auf die experimentelle Simulation an Bord gelegt. Das Teilprojekt ist um ein mikrobiologisches Arbeitsprogramm ergänzt worden. Die geplanten Untersuchungen sollen Informationen über die weitere biologische Modifikation des ursprünglichen Sedimentationssignals liefern und schaffen die biologische Grundlage für die Evaluierung der chemischen Flüsse durch die benthische Grenzfläche.

Das neu eingerichtete Teilprojekt A4: "Chemische Flüsse durch die benthische Grenzfläche" umfaßt die bisher im TP A3 angesiedelten Aspekte der Diagenese organischer Substanz. Weiterhin werden mit Hilfe anorganischer, organischer und radio-chemischer Spurenstoffmethoden sowie mineralogischer Analysen ausgewählte Substanzklassen von ihrer Herkunft bis zu ihrer Akkumulation in den tieferen Sedimentschichten verfolgt. Zusätzlich soll im Bereich des mittelozeanischen Rückens in der Norwegischen See untersucht werden, ob ein Einfluß des Hydrothermalismus auf die Sedimentation in der weiteren Umgebung festzustellen ist. Die Untersuchungen dieses Teilprojektes sollen zeigen, inwieweit primäre Spurenstoff-Signale aus Wassersäule und Sedimentoberfläche bis in tiefere Sedimentschichten erhalten bleiben und somit als Indikatoren für Wassermassen genutzt werden können.

Die Zusammenarbeit der Teilprojekte im Projektbereich A mit ihren eigenen Fragestellungen hat zum Ziel, die Abbildung der heutigen Prozesse in verschiedenen Wassermassen des Europäischen Nordmeeres im Sediment zu erkennen. Die Ergebnisse aus diesem Projektbereich liefern eine wichtige Grundlage für die Geschichte der ozeanischen Zirkulation, die im Projektbereich B rekonstruiert werden soll.



#### 4. Teilprojekt A1: "Partikelfluß aus dem Pelagial"

4.11 Fachgebiet und Arbeitsrichtung: Planktologie (Produktionsbiologie, Zooplankton, Sedimentation), Geologie (Mikropaläontologie, Isotopengeologie), Kernphysik, Physik (Meßtechnik), Meereschemie (Spurenelemente)

4.12 Leiter: Dr. Bodo v. Bodungen                      Dr. Christian Samtleben  
 Institut für Meereskunde                      Geol.-Paläont. Institut  
 an der Universität Kiel                      und Museum der Universität  
 Düsterbrookweg 20                      Ludwig Meyn Str. 12  
 2300 Kiel 1                      2300 Kiel 1  
 Tel. (0431) 880 2373                      Tel. (0431) 880 2687

#### 4.13 Personal Anfang 1988

	Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SFB tätig seit
<u>Grundausstattung</u>	1) Balzer, W.	Meereschemie	IFM	beratend	7.85
<u>Wissenschaftler</u>	Dr., Hochschulass.				
	2) Bodungen, B. v.	Planktologie	IFM	15	7.85
	Dr., Hochschulass.				
	3) Duinker, J.	Meereschemie	IFM	beratend	7.85
	Dr., Prof.				
	4) Erlenkeuser, H.	Kernphysik	IKP	5	7.85
	Dr., wiss. Ang.				
	5) Henrich, R.	Geologie	GPI	5	7.85
	Dr., Hochschulass.				
	6) Koske, P.	Meeresmeß.	IAP	beratend	7.85
	Dr., Prof.				
	7) Kroebel, W.	Meeresmeß.	IAP	beratend	7.85
	Dr., Prof.				

	Name, akad.Crad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SFB tätig seit
	8) Lenz, J., Dr., Prof.	Planktologie	IFM	5	7.85
	9) Peinert, R. Dr., Hochschulass.	Planktologie	IFM	15	7.85
	10) Pflaumann, U. Dr., Hochschulass.	Geologie	GPI	beratend	7.85
	11) Samtleben, C. Dr., wiss. Ang.	Geologie	GPI	10	7.85
	12) Stoffers, P. Dr., Prof.	Geochemie	GPI	beratend	7.85
	13) Thiede, J. Dr., Prof.	Geologie	GPI	beratend	7.85
	14) Willkomm, H. Dr., Prof.	Kernphysik	IKP	5	7.85
	15) Zeitzschel, B. Dr., Prof.	Planktologie	IFM	5	7.85
nichtwissensch. Mitarbeiter	16) Bornhöft, I. Büroangestellte		GPI	5	7.85
	17) Cordt, H. Laborant		IKP	10	7.85
	18) Fritsche, P. techn. Ang.		IfM	5	7.85
	19) Reimann, W. techn. Ang.		GPI	10	7.85
	20) Schuldt, M. techn. Ang.		GPI	5	7.85
	21) Vogel, H. Büroangestellte		IFM	5	1.88
	22) Werner, R. techn. Ang.		IFM	5	1.88

	Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SFB tätig seit
<u>Ergänzungs-</u>	23) Bathmann, U.	Planktologie	IFM	40	9.86
<u>ausstattung</u>	Dr., wiss. Ang.				
Wissenschaftler	24) Noji, T.	Planktologie	IFM	20	11.85

#### 4.2 Zusammenfassung

Im Teilprojekt A1 werden die Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen biologischen Prozessen im Pelagial und dem vertikalen Partikelfluß im Norwegenstrom fortgeführt. Zusätzlich sollen entsprechende Studien im Ostgrönlandstrom begonnen werden. In beiden Gebieten sollen mehrere Jahresgänge der Sedimentation mit verankerten Fallen aufgenommen werden. Anhand markanter Sedimentationsereignisse werden Jahreszeiten ausgewählt, in denen pelagische Prozesse einschließlich der Sedimentation mit hoher zeitlicher und vertikaler Auflösung untersucht werden. Neben den hochauflösenden Feldmessungen sind Experimente zur Biologie wichtiger Phyto- und Zooplankter beabsichtigt.

Die quantitativen Beziehungen zwischen Primärproduktion und Sedimentation werden anhand von Umsatzraten, Nährsalzbilanzen und biochemischen Partikelparametern erfaßt. Die Messungen des Chlorophylls und seiner Abbauprodukte liefern Informationen über die Biomodifikation von Partikeln durch Zooplankton. Die Verhältnisse stabiler Isotope im Wasser sowie in suspendierten und sedimentierten Partikeln dienen der besseren Interpretation der Isotopenprofile in Sedimentkernen. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten liegt auf der licht- und elektronenmikroskopischen Auswertung hartteiltragender Partikel aus Wassersäulen- und Sinkstoffproben.

Durch Kombination langfristiger Sedimentationsmessungen mit intensiven, jahreszeitlich orientierten Feldstudien wollen wir zum besseren Verständnis der Abbildung pelagischer Prozesse im Sediment beitragen.

#### 4.3 Stand der Forschung

Maßgebend für die jährliche Menge der pelagischen Sedimentation ist die "neue" Primärproduktion, deren Umfang durch die Zufuhr "neuer" Nährsalze (gemessen am Nitrat) in die euphotische Zone bestimmt wird. Eppley et al. (1983) folgerten hieraus, daß im Jahresverlauf der Aufwärtstransport anorganischer Nährsalze ("neu") durch den abwärts gerichteten Fluß von Partikeln kompensiert wird. Es hat sich jedoch gezeigt, daß diese an sich einfache Beziehung zwischen Primärproduktion und Sedimentation im Ozean nur schwer quantitativ zu erfassen ist (Brewer et al. 1986).

Besonders kontrovers wird zur Zeit die Höhe der "neuen" Primärproduktion und der entsprechenden Flußraten diskutiert (c.f. Platt und Harrison 1986; Reid und Schulenberger 1986). Die Berechnungen der Primärproduktion, die auf der saisonalen Sauerstoffakkumulation unterhalb der sommerlichen Deckschicht beruhen, ergaben wesentlich höhere Produktionswerte als die über konventionelle <sup>14</sup>C - Aufnahmeraten berechneten. Craig und Hayward (1987) haben gezeigt, daß über 70% der Übersättigung im saisonalen Sauerstoffmaximum auf Primärproduktion zurückgeführt werden kann. Diese Messungen scheinen die Richtigkeit der "Sauerstoff-Methode" zu bestätigen, und damit müßte die pelagische Primärproduktion höher sein als bisher angenommen.

Die eingangs beschriebene Beziehung setzt für eine höhere "neue" Produktion einen entsprechend höheren Aufwärtstransport an Nährsalzen voraus. Als einzige Möglichkeit diskutieren Jenkins und Goldman (1985) pulsartige Nährsalzschübe durch die saisonale Temperatursprungschicht in die euphotische Zone. Obwohl solche Mechanismen bisher nicht im einzelnen beschrieben sind, scheinen Produktionsberechnungen aus der saisonalen Nitrat-Abnahme dieses zu bestätigen (Jennings et al. 1984; Kamykowski und Zentara

1986). In Küstengewässern konnten Smetacek et al. (1987) solche Nährsalzschübe durch eine etablierte Schichtung nachweisen, die erhöhte Primärproduktion und kurzfristig entsprechend hohe Sedimentationsraten zur Folge hat. In ozeanischen Gewässern konnte bisher jedoch ein der höheren Primärproduktion entsprechender Partikelfluß aus dem Pelagial nicht nachgewiesen werden. Die Ergebnisse der ausführlichen Studien im Nord-Pazifik zeigten, daß die Umrechnung gemessener Sedimentationsraten organischer Substanz in Produktion zu Werten führte, die den parallel durchgeführten konventionellen <sup>14</sup>C - Messungen vergleichbar waren (Martin et al. 1987).

Ein wesentlicher Grund für diese mangelnde quantitative Übereinstimmung zwischen den einzelnen Flußraten liegt in den verschiedenen methodischen und experimentellen Ansätzen (Brewer et al. 1986). Die aufgenommenen Jahregänge der ozeanischen Sedimentation sind bisher nur unzureichend durch intensive pelagische Untersuchungen begleitet worden. Kurzzeitige parallele Untersuchungen von Sedimentation und Prozessen in der euphotischen Zone werden häufig auf das gesamte Jahr extrapoliert (Pace et al. 1987). Diese Ansätze werden den saisonal bedingten Unterschieden in der zeitlichen und vertikalen Entkopplung zwischen primärer Bildung und Modifikation biogener Partikel nicht gerecht.

Blütenphasen, in denen autotrophe Biomasseakkumulation hartteiltragender Phytoplankter über heterotrophen Abbau dominiert, führen generell zu den deutlichsten saisonalen quantitativen und qualitativen Sedimentationssignalen. Durch die hohe Sinkgeschwindigkeit von Diatomeen und Coccolithophoriden nach solchen Blüten ist deren Modifikation während des Sinkens zum Meeresboden auch bei großen Wassertiefen gering (Cadee 1985; Smetacek 1985; Takahashi 1986). Diese Situation "neuer Produktion gefolgt von hoher Sedimentation" gilt als klassische Anfangsphase der Wachstumsperiode in temperierten und polaren Breiten und ist für Küsten- und Schelfgebiete gut dokumentiert. Für einige ozeanische Gebiete, in denen große Populationen von Copepoden in tieferen Wasserschichten überwintern, scheint dieses Bild jedoch stark verändert zu sein. Der Aufstieg dieser Copepoden zu Beginn der Wachstumsperiode führt zu einer "grazer-gesteuerten neuen Produktion" mit stark verminderter Akkumulation der Phytoplankton-

biomasse (Frost et al. 1983). Eine solche Frühjahrssituation wurde 1986 im Pelagial der Norwegischen See gefunden. Diese Entwicklung fand ihr Abbild in sehr niedrigen Sedimentationsraten und in einer Zusammensetzung der sedimentierten Partikel, die stark von der der suspendierten Partikel im Pelagial abwich (Peinert et al. *subm.*).

Mit zunehmender Koppelung autotropher und heterotropher Prozesse in der euphotischen Zone ("regenerierte Produktion") wird die Menge und Zusammensetzung der sedimentierten Partikel stärker von der Menge der suspendierten Partikel abweichen. In solchen Systemen steigt die Abundanz und die Diversität herbivorer und carnivorer Organismen an. Es können dann Kotballen in den Sinkstofffallen zu einem wichtigen Signalträger für pelagische Prozesse werden. Die Herkunft und der Entstehungsort vieler Kotballen ist jedoch noch weitgehend unbekannt. Gowing und Silver (1985) fanden, daß neben den bisher als wichtig angesehenen Kotballen der Copepoden auch "minipellets" eine große Rolle spielen können. Diese stammen wahrscheinlich von Protozoen. Mikroskopische Beobachtungen haben gezeigt, daß heterotrophe Dinoflagellaten Planktonpartikel extrazellulär einschleimen und verdauen (Jacobson und Anderson 1986). Diese "Kotballen" könnten auf Grund ihrer Schleimhüllen als Nucleus für "marine-snow" Aggregate dienen. Letztere werden als wichtiges Transportvehikel für den vertikalen Fluß betrachtet (Asper 1987).

Die Kotballen vieler Organismen erreichen den Meeresboden nicht direkt. Durch eine hohe vertikale Auflösung bei Untersuchungen mit Sinkstofffallen fanden Knauer et al. (1984) in jeder Tiefenstufe völlig verschiedene Kotballen. Dieses deutet auf unterschiedliche Nahrungsnetze in der Vertikalen hin, die jeweils durch den Partikelfluß aus der nächst höheren Wasserschicht versorgt werden. Small et al. (1987) beschreiben sogar ein Zweischichten-Modell für die euphotische Zone. Diese Untersuchungen zeigen deutlich, daß der vertikale Fluß von Kotballen - und somit auch der von partikulärem Kohlenstoff und Stickstoff - nicht per se eine kontinuierliche Funktion der Wassertiefe ist, wie dieses für alle gängigen Modelle angenommen wird. Grad und Ort der Modifikation der Partikel hängt dabei von der Verweildauer der Partikel in den jeweiligen Wasserschichten ab. Kotbal-

len ohne peritrophe Membranen, wie z.B. die von Pteropoden, werden wahrscheinlich sehr stark modifiziert, da sie beim Absinken leicht zerfallen; dadurch wird ihre Sinkgeschwindigkeit erheblich reduziert (Fowler und Knauer 1986).

In den Sommermonaten wird das Phytoplankton häufig von Arten dominiert, die keine Hartschalen tragen. Es ist daher zu erwarten, daß direkte Signale aus der euphotischen Zone in stärkerem Maße über hartteiltragende Zooplankter (Foraminiferen, Pteropoden) zum Meeresboden gelangen. Die Isotopenzusammensetzung solcher Kalkschaler präsentiert zusätzlich ein zuverlässiges hydrographisches Umweltsignal aus den oberen Wasserschichten (Deuser 1986).

Die bisherigen Arbeiten in der Norwegischen See haben gezeigt, daß auch in diesem Seegebiet der Partikelfluß aus dem Pelagial nicht als kontinuierliche Funktion der Wassertiefe angesehen werden kann. Es erscheint daher zunehmend wichtig, die Aufnahme von Jahresgängen der Sedimentation durch intensive saisonale Untersuchungen zur Entstehung, Verteilung und Modifikation von Partikelgruppen zu ergänzen, die deutliche Signale in den Sinkstofffallen verursachen. Studien dieser Art ermöglichen ein erweitertes Verständnis der pelagischen Flußraten wichtiger an Partikel gebundener Elemente (C,N,P,Si,Ca) und der Abbildung pelagischer Prozesse im Sediment (US-GOFS Report 3, 1986).

#### Literatur

- Asper, V.L. (1987): Measuring the flux and sinking speed of marine snow aggregates. *Deep-Sea Res.* 34: 1-17
- Brewer, P.G., K.W. Bruland, R.W. Eppley und J.J. McCarthy (1986): The global ocean flux study (GOFS): Status of the U.S. GOFS Program. *EOS* 67: 827-832
- Cadee, G.C. (1985) Macroaggregates of Emiliana huxleyi in sediment traps. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 24, 193-196
- Craig, H. und T. Hayward (1987): Oxygen saturation in the Ocean: biological versus physical contributions. *Science* 235: 199-202

- Deuser, W.G. (1986): Seasonal and interannual variations in deep water particle fluxes in the Sargasso Sea and their relation to surface hydrography. *Deep-Sea Res.* 33: 225-246
- Eppley, R.W., E.H. Renger und P.R. Betzer (1983): The residence time of particulate organic carbon in the surface layer of the ocean. *Deep-Sea Res.* 30: 311-323
- Fowler, S.W. und G.A. Knauer (1986): Role of large particles in the transport of elements and organic components through the oceanic water column. *Progr. Oceanogr.* 16: 147-194
- Frost, B.W., M.R. Laury und R.P. Hasset (1983): Feeding behaviour of large calanoid copepods *Neocalanus cristatus* and *N.plumchrus* from the subarctic Pacific Ocean. *Deep-Sea Res.* 30: 1-13
- Gowing, M.M. und M.W. Silver (1985): "Minipellets": A new and abundant size class of marine fecal pellets. *J. Mar. Res.* 43: 395-418
- Jacobson, D.M. und D.M. Anderson (1986): Thecate heterotrophic dinoflagellates: feeding behaviour and mechanisms. *J. Phycol.* 22: 249-258
- Jenkins, W.J. und J.C. Goldman (1985): Seasonal oxygen cycling and primary production in the Sargasso Sea. *J. Mar. Res.* 43: 465-491
- Jennings, J.C.Jr., L.J. Gordon und D.M. Nelson (1984): Nutrient depletion indicates high primary productivity in the Weddell Sea. *Nature* 309: 51-54
- Kamykowski, D. und S.-J. Zentara (1986): Predicting plant nutrient concentrations from temperature and sigma-t in the upper kilometer of the world ocean. *Deep-Sea Res.* 33: 89-105
- Knauer, G.A., J.H. Martin und D.M. Karl (1984): The flux of particulate organic matter out of the euphotic zone. In: *Global Ocean Flux Study. Proceedings of a workshop.* Natl. Acad. Press, 136-150
- Martin, J.H., G.A. Knauer, D.M. Karl und W.W. Broenkow (1987): VERTEX: Carbon cycling in the northeast Pacific. *Deep-Sea Res.* 34: 267-285
- Pace, M.L., G.A. Knauer, D.M. Karl und J.M. Martin (1987): Primary production, new production and vertical flux in the eastern Pacific Ocean. *Nature* 325: 803-804



- Peinert, R., U. Bathmann, B. v. Bodungen und T. Noji (subm.):  
The impact of grazing on spring phytoplankton growth and  
sedimentation in the Norwegian Current. In: E.T. Degens,  
S. Honjo and Izdale, M. (Eds.): Particle flux in the ocean.  
Mitt. Geol.- Pal. Inst. Univ. Hamburg
- Platt, T. und W.G. Harrison (1986): Reconciliation of carbon and  
oxygen fluxes in the upper ocean. Deep-Sea Res. 33: 273-276
- Reid, J.L. und E. Schulenberger (1986): Oxygen saturation and  
carbon uptake near 28°N, 155°W. Deep-Sea Res. 33: 267-271
- Small, L.F., G.A. Knauer und M.D. Tuel (1987): Two-layered  
euphotic zones and new production: The role of sinking fecal  
pellets. Limnol. Oceanogr. (in press)
- Smetacek, V. (1985): Role of sinking in diatom life-history  
cycles: ecological, evolutionary, and geological  
significance. Mar. Biol. 84: 239-251
- Smetacek, V., B. v. Bodungen, K. v. Bröckel, B. Knoppers, P.  
Martens, R. Peinert, F. Pollehne, P. Stegmann und B.  
Zeitzschel (1987): Seasonality of plankton growth and  
sedimentation. In: Rumohr, J., E. Walger und B. Zeitzschel  
(Eds.): Seawater - sediment interactions in coastal waters.  
Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies, Vol 13: 32-56
- Takahashi, K. (1986): Seasonal fluxes of pelagic diatoms in the  
subarctic Pacific, 1982 - 1983. Deep-Sea Res. 33: 1225-1251
- U.S. GOFS Report 3 (1986): U.S. Planning Office at Woods Hole  
Oceanographic. Woods Hole, Massachusetts 02543, U.S.A., 141pp.

#### 4.4 Eigene Vorarbeiten

Im vergangenen Antragszeitraum wurden Ergebnisse aus saisonalen Untersuchungen zur Primärproduktion, Aktivität des Zooplanktons und zur pelagischen Sedimentation aus verschiedenen Meeresgebieten aufgearbeitet. Diese trugen wesentlich zur Planung, Durchführung und Interpretation der ersten Untersuchungen im Norwegenstrom bei.

In der Kieler Bucht wurden zwei unmittelbar aufeinander folgende herbstliche Phytoplanktonblüten ("neue Produktion") von Dinoflagellaten und Diatomeen verfolgt. Es wurde gezeigt, daß das Ende

der Dinoflagellatenblüte sich als ein deutliches, mengenmäßiges Signal in den Sinkstofffallen und am Meeresboden abbildete; jedoch waren die an der Blüte beteiligten Arten nicht mehr zu erkennen. Die Diatomeen der folgenden Blüte konnten dagegen nach einer Massensedimentation in den Sinkstofffallen identifiziert und bis in das Sediment verfolgt werden (Noji et al. 1986; Czytrich et al. 1986). Eine zusammenfassende Darstellung des Jahresganges pelagischer Systeme und der daraus resultierenden Sedimentation wurde für die Kieler Bucht von Smetacek (1985a), v. Bodungen (1986a) und Smetacek et al. (1987) erstellt. Die Beziehungen zwischen der biologischen Karbonatproduktion und der Akkumulation im Sediment wurden vergleichend für ein temperiertes (Kieler Bucht) und ein subtropisches Flachwassersystem (Harrington Sound, Bermuda) dargestellt (Wefer et al. 1987).

In Gebieten mit größeren Wassertiefen (Ostsee, Norwegischer Schelf) konnte gezeigt werden, daß im Frühsommer trotz hoher Primärproduktion die Sedimentationsraten vergleichsweise gering waren (Peinert 1985). Der Bestand und die Freßaktivität des herbivoren Zooplanktons waren hoch (Bathmann 1986) und trugen zur weitgehenden Retention organischen Materials in der euphotischen Zone bei (Peinert 1986). Die wichtige Rolle der Copepoden für den Erhalt von Materie in solchen Systemen konnte anhand von Pigmentanalysen (HPLC-Methode) aus Kotballen beschrieben werden (Bathmann und Liebezeit 1986).

In Küsten- und Schelfgebieten konnte die im Erstantrag zum SFB 313 postulierte saisonale Abfolge von "neuer" Produktion mit Massensedimentation von Phytoplankton zu "regenerierter" Produktion mit stark verminderter Sedimentation in Küsten- und Schelfgebieten belegt werden. Die jahreszeitlichen Veränderungen der physikalischen Umwelt in Verbindung mit der zeitlichen Entkopplung des Auftretens autotropher und heterotropher Organismen zu Beginn (und regional bedingt zu Ende) der Wachstumsperiode prägen dieses Bild (Smetacek 1986).

In ozeanischen Gewässern wurde ein hiervon abweichendes Schema gefunden. Westlich vor Irland begann im Frühjahr 1984 die Wachstumsperiode zwar ebenfalls mit "neuer" Produktion. Die Zusammensetzung der Sinkstoffe wurde jedoch stark durch das

gleichzeitige Auftreten von Zooplankton beeinflusst (Peinert 1985). Salpenfraß beendete eine Diatomeenblüte und diatomeenreiche Salpenkotballen stellten einen Großteil der Sinkstoffe (Bathmann 1986, Bathmann 1988).

In der Antarktis führte das Auftreten von Krillschwärmen während der Frühjahrsentwicklung zu hohen Sedimentationsraten von Kotschnüren (v.Bodungen 1986b). Durch diese wurde fein zermahlene Diatomeenmaterial bis in 500 m Tiefe transportiert. Unterhalb dieser Tiefe zerfiel ein Großteil dieser Kotschnüre. In diesen Tiefen waren die sinkenden Partikel erneutem Fraß durch Zooplankter (wahrscheinlich Gammariden) ausgesetzt, wodurch es zur Bildung neuer, kompakter Kotballen kam. Diese Entwicklung war deutlich in den Sinkstoffängen in verschiedenen Wassertiefen abzulesen. In den oberen Fallen (100-200m, 400m) dominierten Krillkotschnüre das Fallenmaterial. In den tieferen Fallen (600m, 1000m, 1400m) nahm die Zahl der kompakten Kotballen und feines Detritusmaterial aus zerfallenem Krillkot zu. Dieses Bild wurde in drei aufeinander folgenden Jahren während des Frühjahrs in der Bransfield Straße gefunden, wobei der Partikelfluß via Kotschnüre aus der euphotischen Zone unabhängig von der Höhe der Primärproduktion und der Phytoplanktonbiomasse war (v.Bodungen et al. 1987). Der weitere Fluß planktonischen Materials zum Meeresboden konnte mit Hilfe von Photopigmentanalysen und der biochemischen Zusammensetzung der Partikel von dem seitlichen Eintrag von Schelfmaterial differenziert werden (Liebezeit und v. Bodungen 1987).

Wesentlich höhere, kurzfristige Sedimentationsraten als die vom Krill verursachten, wurden in der Bransfield Straße gefunden, wenn der vertikale Fluß von Diatomeen dominiert war (v.Bodungen et al. 1986). Hierbei handelte es sich überwiegend um kettenbildende Formen, die zu großen Aggregaten aufgerollt waren. Smetacek (1985b) diskutiert die Möglichkeit, daß es sich hierbei um eine Reaktion der Diatomeen auf ungünstige Wachstumsbedingungen handeln kann, da in diesen Aggregaten überwiegend Dauersporen gefunden wurden. Der Jahresgang der Sedimentation zeigte ein deutliches Frühjahrssignal, das trotz der kurzfristigen Sedimentation der Diatomeenaggregate in seiner Zusammensetzung mehr von Kotmaterial dominiert wurde (Wefer et al. in press). Die Bestim-

mung der Primärproduktion als Bezugsgröße für die Sedimentation ist in diesen Gewässern wegen der hydrographisch bedingten Variabilität der Phytoplanktonbiomasse schwierig. Es zeigte sich, daß die Abnahme des Nitrats in den oberen 300m der Wassersäule, bei ausreichender Kenntnis der Hydrographie, ein realistisches Maß für die Primärproduktion geben kann (v.Bodungen et al. in press).

Auch der Jahresgang der Sedimentation im Lofotenbecken zeigte ein Bild, das von dem im ersten Antrag postulierten Schema abwich. Zwar setzte im Mai eine dem Winter gegenüber erhöhte Sedimentation ein. Jahreszeitliche Maxima erschienen jedoch erst im August und Oktober. Die Sedimentation von biogenem Silizium war dabei sehr gering. Während des Sommer- und Herbstmaximums waren Foraminiferen beziehungsweise Pteropoden dominante Partikel in den Sinkstoffen (Wefer und Honjo 1985, Honjo et al., submitted).

Während der Frühjahrsuntersuchungen 1986 auf dem Vöring-Plateau ergab sich, daß eine rasche Akkumulation von Phytoplanktonbiomasse trotz ausreichender Nährsalze und flacher hydrographischer Schichtung durch Copepodenfraß verhindert wurde (Peinert et al. 1987). Die Phytoplanktongemeinschaft wurde von nackten Flagellaten und Coccolithophoriden dominiert. Der Freßdruck der Copepoden führte zu sehr geringen Sedimentationsraten. Die im Verhältnis zu den suspendierten Kotballen geringe Zahl der Kotballen, die in den Sinkstoffen gefunden wurden, deutet auf starke heterotrophe Aktivitäten in der euphotischen Zone hin (Bathmann et al., 1987). Die abgesunkenen Kotballen enthielten an elektronenmikroskopisch erkennbarem Material nur wenige Coccolithen der Art *Coccolithus pelagicus*, die aber nur einen geringen Teil der in der euphotischen Zone vorkommenden Arten ausmachte. Diese Art stellt jedoch ein wichtiges paläontologisches Signal in den Sedimenten des Vöring-Plateaus dar (Samtleben, Manusk.).

Dieses Beispiel zeigt deutlich die Diskrepanz zwischen der Bedeutung der Coccolithophoriden als Primärproduzenten und Nahrung für Zooplankton im Pelagial und als paläontologisches Signal im Sediment. Artengemeinschaften der Coccolithophoriden im Sediment können die Verteilung verschiedener Wassermassen widerspie-

geln (Wang und Samtleben 1984). Dieses ist auch in der Norwegischen See möglich, wo die Zonierungen im Sediment im Zusammenhang mit den großen Oberflächenströmungen stehen. Saisonale Zyklen konnten bisher noch nicht aus dem Sediment abgelesen werden (Samtleben, Manusk.).

Ein wichtiger Signalträger waren auch die pelagischen Foraminiferen, die in großen Mengen gegen Ende der Frühjahrsuntersuchungen sedimentierten. In den Fallen in 300m Wassertiefe waren die sedimentierten Foraminiferen noch mit Plasma gefüllt. Unterhalb dieser Tiefe verloren sie offensichtlich ihr gesamtes Plasma, da in den 1000m-Fallen nur noch die Kalkgehäuse gefunden wurden (Peinert et al. 1987).

Eine im Anschluß an die Frühjahrsarbeiten 1986 ausgebrachte Verankerung mit Sinkstofffallen auf dem Vöring-Plateau wurde während einer Winterfahrt im Februar 1987 ausgewechselt. Nach ersten mikroskopischen Ergebnissen zeigt sich das gleiche saisonale Muster wie im Lofotenbecken. Das Maximum der Sedimentation lag zwischen August und November. In den Sammelgläsern wurde eine deutliche zeitliche Abfolge verschiedener Kotballentypen gefunden, die bisher aber noch nicht den entsprechenden Organismen zugeordnet werden konnten. "Minipellets" (ca. 50-100  $\mu\text{m}$  lang) waren besonders im Sommer häufig.

Messungen in der Wassersäule während dieser Winterfahrt zeigten, daß ähnlich wie in den großen ozeanischen Becken zahlreiche Copepoden in einem präadulten Stadium zwischen 500 und 1000m Wassertiefe überwintern. Interessante Aufschlüsse zur Frühjahrsituation ergaben die Messungen der winterlichen Nährsalze. Aus den N:Si-Verhältnissen in den Nährsalzen geht hervor, daß Diatomeen mit dem vorhandenen Silikat nur etwa ein Drittel des Nitrats aufnehmen könnten. Dieses wurde auch durch Tankexperimente bestätigt (Werner et al., 1987).

Faßt man die bisherigen Ergebnisse zusammen, so setzt die Höhe der "neuen" Produktion auch in der Norwegischen See das Maß für die jährliche Gesamtmenge der Sedimentation. Die saisonalen Veränderungen in Primärproduktion und Phytoplanktonzusammensetzung während der Wachstumsperiode waren bisher jedoch nicht

direkt aus den Sinkstoffängen abzulesen. Vielmehr scheint der Jahresgang der Sedimentation im wesentlichen von der wechselnden Abundanz heterotropher Organismen (insbesondere des Zooplanktons) beeinflusst zu werden. Die traditionellen physikalisch-chemischen Betrachtungsweisen pelagischer Ökosysteme allein werden solchen komplexen Systemen nicht gerecht (Smetacek 1985c). Schon in der euphotischen Zone sind die Aktivitätsparameter verschiedener funktioneller Gruppen vertikal entkoppelt, wie mit modernen statistischen Verfahren gezeigt werden konnte (Bölter et al. subm.). Die biologischen Zeit- und Raumskalen solcher Entkopplungsprozesse sind weitgehend unbekannt, und es bedarf der qualitativen Erforschung der Beziehung zwischen den pelagischen Organismen (Smetacek und Pollehne 1986). In diese Richtung zielende Untersuchungen können hilfreich sein, pelagische Schlüsselprozesse zu ermitteln, die entscheidend den jahreszeitlichen Ablauf der Sedimentation prägen.

#### Literatur

- Bathmann, U.V. (1986): Zooplanktonpopulationen dreier nordatlantischer Schelfe. Berichte SFB 313 Nr. 3: 1-93
- Bathmann, U.V. (1988): Mass occurrence of *Salpa fusiformis* in the spring of 1984 off Ireland: implication for sedimentation processes. Mar. Biol. 97: 127-135
- Bathmann, U.V. und G. Liebezeit (1986): Chlorophyll in copepod fecal pellets: changes in pellet numbers and pigment content during a declining Baltic spring bloom. P.S.Z.N. Mar. Ecol. 7: 59-73
- Bathmann, U.V., T.T. Noji, M. Voss und R. Peinert (1987): Copepod fecal pellets: Abundance, sedimentation and content at a permanent station in the Norwegian Sea in May/June 1986. Mar. Ecol. Progr. Ser. 38: 45-51
- Bodungen, B.v. (1986a): Annual cycles of nutrients in a shallow inshore area, Kiel Bight.- Variability and trends. Ophelia 26: 91-107
- Bodungen, B.v. (1986b): Phytoplankton growth and krill grazing during spring in the Bransfield Strait, Antarctica - Implications from sediment trap studies. Polar Biol. 6: 153-160

- Bodungen, B.v., V. Smetacek, M.M. Tilzer und B. Zeitzschel (1986): Primary production and sedimentation during austral spring in the Antarctic peninsula region. *Deep-Sea Res.* 33: 177-194
- Bodungen, B.v., E.-M. Nöthig und Q. Sui: New production of phytoplankton and sedimentation during summer 1985 in the southeastern Weddell Sea. *J. Compar. Biochem. Physiol.* (in press)
- Bodungen, B.v., G. Fischer, E.-M. Nöthig und G. Wefer (1987): Sedimentation of krill faeces during spring development of phytoplankton in Bransfield Strait, Antarctica. In: E.T. Degens, S. Honjo and M. Izdale (Eds.): Particle flux in the ocean. *Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg* 62: 243-257
- Bölter, M., B.v. Bodungen and G. Liebezeit: The pelagic ecosystem of the Bransfield Strait, Antarctica: an analysis of microbiological, planktological and chemical characteristics by ordination techniques. *Proceedings of the IOC-meeting on: Antarctic Ocean Variability.* (in press)
- Czytrich, H., U. Eversberg und G. Graf (1986): Interactions between pelagial and benthic during autumn in Kiel Bight. II. Benthic activity and chemical composition of organic matter. *Ophelia* 26: 123-133
- Honjo, S., J., G. Wefer, Manganini, V.L. Asper, und J. Thiede: Seasonality of oceanic particle fluxes in the Lofoten Basin, Nordic Sea. (submitted)
- Liebezeit, G. und B.v. Bodungen (1987): Biogenic fluxes in the Bransfield Strait: planktonic versus macroalgal sources. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 36: 23-32
- Noji, T., U. Passow und V. Smetacek (1986): Interactions between pelagial and benthic during autumn in Kiel Bight. I. Development and sedimentation of phytoplankton blooms. *Ophelia* 26: 333-349
- Peinert, R. (1985): Saisonale und regionale Aspekte der Produktion und Sedimentation von Partikeln im Meer. *Berichte SFB 313 Nr. 2*: 1-108
- Peinert, R. (1986): Production grazing and sedimentation in the Norwegian Coastal Current. In: Skreslet, S. (Ed.). The role of freshwater outflow in coastal marine ecosystems. *NATO ASI Series Vol. G7*, 361-374

- Peinert, R., U. Bathmann, B. v. Bodungen und T. Noji (1987): The impact of grazing on spring phytoplankton growth and sedimentation in the Norwegian Current. In: E.T. Degens, S. Honjo and M. Izdale (Eds.): Particle flux in the ocean. Mitt. Geol.- Paläont. Inst. Univ. Hamburg 62: 149-164
- Samtleben, C.: Das kalkige Nanoplankton in Sedimentfallenmaterial aus dem Norwegenstrom. (Manuskript)
- Smetacek, V. (1985a): The annual cycle of Kiel Bight plankton: a long-term analysis. Estuaries 8: 145-157
- Smetacek, V. (1985b): Role of sinking in diatom life-history cycles: ecological, evolutionary and geological significance. Mar. Biol. 84: 239-251
- Smetacek, V. (1985c): Die Struktur mariner pelagischer Systeme: Ansätze zu einer Synthese von physiko-chemischen und biologischen Betrachtungsweisen. Habil. Schrift Univ. Kiel, 92pp.
- Smetacek, V. (1986): Impact of freshwater discharge on production and transfer of materials in the marine environment. In: Skreslet, S. (Ed.). The role of freshwater outflow in coastal marine ecosystems. NATO ASI Series Vol. G7: 361-374
- Smetacek, V. und F. Pollehne (1986): Nutrient cycling between water column and sediment: a reappraisal of the conceptual framework. Ophelia 26: 401-428
- Smetacek, V., B.v. Bodungen, K.v. Bröckel, B. Knoppers, P. Martens, R. Peinert, F. Pollehne, P. Stegmann und B. Zeitzschel (1987): Seasonality of plankton growth and sedimentation. In: J. Rumohr, E. Walger und B. Zeitzschel (Eds.). Seawater-sediment interactions in coastal waters. Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies, Vol. 13: 34-56
- Wang, P. und C. Samtleben (1984): Calcareous nanoplankton in surface sediments of the East China Sea. Mar. Micropaleont. 8: 249-259
- Wefer, G. und S. Honjo (1985): Seasonal particle flux in the Lofoten Basin, Norwegian Sea. Terra cognita 5: 90
- Wefer, G., W. Balzer, B.v. Bodungen und E. Suess (1987): Biogenic carbonates in temperate and subtropical environments: production, accumulation, saturation and stable isotope composition. In: J. Rumohr, E. Walger und B. Zeitzschel



(Eds.) Seawater-sediment interactions in coastal waters. Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies. Vol. 13: 261-302

Wefer, G., G. Fischer, D. Fütterer und R. Gersonde: Seasonal particle flux in the Bransfield Strait (Antarctica). Nature Deep Sea Res. (in press)

Werner, F., v.Bodungen, B., Bathmann, B., Linke, P., Mintrop, L., Noji, T. und Segl, M.(1987): Poseidon-Fahrt 137. Ber. SFB 313 d. Univ. Kiel, Nr. 5

#### 4.5 Ziele, Methoden, Arbeitsprogramm und Zeitplan

Basierend auf dem im Antragszeitraum 1985-87 angewendeten und erweiterten Arbeitskonzept liegt der Schwerpunkt beim Teilprojekt A1 in der quantitativen und qualitativen Darstellung der Saisonalität pelagischer Prozesse und der daraus resultierenden Sedimentation. Dazu sollen in den Wassermassen des Norwegen- und Ostgrönlandstromes Jahrgänge der Sedimentation mit verankerten Sinkstofffallen in 2 Wassertiefen und mit einer zeitlichen Auflösung von ca. 2 Wochen über mehrere Jahre aufgenommen werden. Anhand deutlicher saisonaler Signale in Menge und/oder qualitativer Zusammensetzung der Sinkstoffe werden dann Jahreszeiten ausgewählt, in denen pelagische Prozesse einschließlich der Sedimentation (mit treibenden Fallen in bis zu 4 Wassertiefen) mit einer zeitlichen Auflösung im Tagesbereich untersucht werden. Dabei ist es unumgänglich, je nach Jahreszeit und Seegebiet verschiedene Schwerpunkte zu setzen. Während klassischer Frühjahrsblütensituationen (z.B. am Eisrand im Ostgrönlandstrom) werden Untersuchungen zur primären Partikelbildung und -zusammensetzung (Phytoplankton) in Abhängigkeit von Nährsalzmengen im Vordergrund stehen. Beim Auftreten einfacher und komplexer Nahrungsnetze (z.B. vom Frühjahr bis zum Spätsommer im Norwegenstrom) sollen Untersuchungen zur Modifikation der primär gebildeten Partikel durch Mikro- und Makrozooplankter im Vordergrund stehen. Im letzteren Falle müssen die Felduntersuchungen in stärkerem Maße als bisher durch Experimente zur Nahrungsbiologie der wichtigsten Zooplankter ergänzt werden. Dabei werden zunächst qualitative Aspekte, wie z.B. Form und Zusammensetzung der

Kotballen verschiedener Zooplankter in Abhängigkeit vom Nahrungsangebot, vorrangig behandelt. Mit diesem Ansatz hoffen wir, die Herkunft und Umwandlungsgeschichte sedimentierter Partikel und ihren Signalcharakter für pelagische Prozesse besser zu beschreiben.

Die quantitative Beziehung zwischen der jährlichen Primärproduktion und der Sedimentation soll trotz der in Kapitel 3.3 beschriebenen Problematik weiterverfolgt werden. Die "neue" Produktion kann über die jährliche Abnahme "neuer" Nährsalze (gemessen am Nitrat) abgeschätzt werden. Der jährliche Verbrauch an Nitrat wird aus dem Vergleich der Vertikalprofile bis zur Tiefe der winterlich durchmischten Schicht aus Winter, Frühjahr und Spätsommer bestimmt. Auf diese Weise werden mögliche kurzfristige Nährsalzeinschübe in die euphotische Zone während des Sommers in diese integrative Kalkulation mit einbezogen. Aus Tankexperimenten mit natürlichen Phytoplankton-Populationen lassen sich die dem Nitratverbrauch entsprechenden Umwandlungsfaktoren von Nährsalzen in Phytoplanktonbiomasse (ausgedrückt als partikulärer Kohlenstoff, Phosphor und für Diatomeen als Silizium) ermitteln. Mit einem einfachen Vergleich saisonaler Sauerstoffprofile wollen wir versuchen, ein weiteres Maß für die jährliche "neue" Produktion zu erhalten. Zur Erklärung der zu erwartenden Diskrepanzen sollen die saisonalen Felduntersuchungen beitragen, die mit hoher zeitlicher und vertikaler Auflösung durchgeführt werden.

Während der Schiffseinsätze zu verschiedenen Jahreszeiten sollen die Feldmessungen als Zeitserien in unmittelbarer Nähe von Verankerungspositionen und/oder von treibenden Sinkstofffallen durchgeführt werden. Zur größeren räumlichen Zuordnung dieser Dauerstationen dienen mesoskalige Schnitte mit schnell profilierenden Sonden (Temperatur, Salzgehalt, Fluoreszenz). Es ist notwendig, die bisher angewendeten Standardverfahren zur Probennahme und -verarbeitung zu erweitern und in vier methodische Bereiche zu gliedern: 1) Messungen von Umsatzraten und Partikelparametern, 2) Pigmentanalysen 3) Messungen stabiler Isotope und 4) mikroskopische Analysen. So lassen sich Partikel von ihrem Entstehungsort über die verschiedenen Wege des Umbaus bis in die Sinkstoff-Fallen verfolgen und charakterisieren.

### 1) Messungen von Umsatzraten und Partikelparametern

In diesem Bereich wird die Primärproduktion über die  $^{14}\text{C}$  - Aufnahmeraten gemessen und mit der Zunahme autotropher Biomasse verglichen. Dies soll sowohl im Feld wie auch in Tankexperimenten verfolgt werden. Die Bestimmung von partikulärem biogenen Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Silizium und Kalk in verschiedenen Wassertiefen und am Fallenmaterial wird Auskunft darüber geben, in welchen Wasserschichten die partikulären Phasen der einzelnen Elemente ihre größten Verlustraten aufweisen. Die Zuordnung der Partikelparameter zu den autotrophen und heterotrophen Organismen kann über die mikroskopischen Analysen abgeschätzt werden. Bei größeren Organismen, wie z.B. Foraminiferen, Copepoden und Pteropoden, die unter dem Binokular aussortiert werden können, soll die Biomasse einzelner Arten bestimmt werden.

Der Verlust an primär produziertem Kohlenstoff aus der Wassersäule wird über die Messung des Sauerstoffverbrauches abgeschätzt. Hierzu ist die Bestimmung der Gesamtrespiration für die Fraktion kleiner als  $100\ \mu\text{m}$  vorgesehen. An eine weitere Aufschlüsselung der Messung der Respiration einzelner Gruppen (Phytoplankton, Bakterien, Mikrozooplankton) ist für die Antragsphase 1988-90 nicht gedacht.

Es ist geplant, die Rolle des Mikro- und Makrozooplanktons für die Partikelmodifikation über die Kotballenproduktion und -verteilung in der Wassersäule und über die Kotballenzusammensetzung zu beschreiben. Über Experimente zur Nahrungsbiologie von (gemessen an ihrer Abundanz) wichtigen Vertretern des Zooplanktons sind Zuordnungen von Kotballen aus Wassersäule und Sinkstoffen zu ihren entsprechenden Produzenten möglich. Dazu werden auch Zooplankter tieferer Wasserschichten untersucht. An angereicherterem Kotballenmaterial sollen die oben erwähnten Partikelparameter in den Kotballen bestimmt werden.

### 2) Pigmentanalysen

Das Schicksal der autotrophen Biomasse auf dem Weg durch die Wassersäule kann direkt durch Bestimmung von Chlorophyll a und dessen Derivaten mit Hilfe der Hochpräzisionsflüssigkeitschromatographie (HPLC) verfolgt werden. Diese leistungsstarke, im internationalen Rahmen zunehmend angewendete Methode soll in

diesem Teilprojekt zum routinemäßigen Einsatz gebracht werden. In der produktiven Deckschicht bestimmen Art und Menge der Autotrophen und die Abbauaktivität der Heterotrophen die Zusammensetzung der Photopigmente. Unter Produktionsbedingungen dominieren die Chlorophylle. Heterotropher Abbau durch Mikro- und Makrozooplankter führt zur Verschiebung des Pigmentspektrums in Richtung der Phaeopigmente. Pigmentanalysen an den Kotballen können Auskunft über die Verdauungseffizienzen geben und somit ein quantitatives Maß der Modifikation des Phytoplanktons sein.

Während des weiteren Abwärtstransportes durch die Wassersäule sind die absinkenden Partikel vor dem Fang in den Sinkstofffallen dem Fraßdruck der Heterotrophen in den Zwischenwasserschichten ausgesetzt. Wir erwarten, daß sich dies in einer weiteren Verschiebung der Pigmentzusammensetzung in Richtung Phaeopigmente auswirkt. Nach Kenntnis der Umwandlungs- und Abbauprozesse des absinkenden Materials soll es zu einem späteren Zeitpunkt möglich werden, aufgrund der Pigmentzusammensetzung des Fallenmaterials auf die Vorgeschichte sedimentierter pelagischer Partikel zu schließen.

### 3) Messungen stabiler und instabiler Isotope

Die Verteilungen von  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten im Plankton und in den Sinkstoffen sollen gemessen werden. An pelagischen Foraminiferen und Pteropoden werden die Verhältnisse der stabilen Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope bestimmt (Prof. Dr. G. Wefer, Bremen) und zu den Isotopenverhältnissen des Wassers in Beziehung gesetzt. Diese Untersuchungen spiegeln die Beziehungen zwischen physikalischen (Wasserzirkulation) und biologischen Prozessen (Produktion und Abbau organischer Substanz) wider. Ferner soll geklärt werden, wie schnell und auf welche Weise die Radioisotope Th-230, Pa-231 und Be-10 zum Ozeanboden transportiert und dort in das Sediment eingelagert werden. Solche Kenntnisse sind notwendige Voraussetzungen für die Verwendung instabiler Isotope zu Datierung von Sedimenten.

### 4) Mikroskopische Analysen

Die qualitative und quantitative Veränderung in Form, Häufigkeit und Zusammensetzung suspendierter Partikel auf ihrem vertikalen Weg durch die Wassersäule soll mit dem Stereo-, dem Licht- und

dem Rasterelektronenmikroskop analysiert werden. Das Schwergewicht dieser Untersuchungen liegt auf dem Material, das in den Sinkstoffen wiederzufinden ist (z.B.: Coccolithen, Diatomeen, Foraminiferen, Pteropoden, Kotballen). Es wird erwartet, daß diese Formen zeitweise direkt absinken und somit ein direktes Bild der Zusammensetzung der Partikel der Deckschicht widerspiegeln. Zu Zeiten ausgebildeter Nahrungsvernetzung wird das absinkende Material jedoch mehrfach gefressen. Die damit verbundene biologische Partikelmodifikation kann sich z.B. in relativer Anreicherung größerer Coccolithen in Kotballen ausdrücken.

Nur durch die optischen Analysen der Zusammensetzung von suspendiertem und sedimentiertem partikulärem Material ist es möglich, die Ergebnisse der oben dargestellten drei Bereiche chemisch-physikalischer Meßmethoden den entsprechenden Organismen und Partikeln zuzuordnen. Beispielsweise kann eine Abnahme im C:N - Verhältnis und eine gleichzeitige Zunahme des Chl.a : Phaeopigment - Verhältnisses in Sinkstoffen festgestellt werden. Nur durch die mikroskopische Auswertung jedoch ist dies eindeutig der Sedimentation von Kotballen mit eingeschlossenem intaktem Phytoplankton zuzuordnen. Der quantitative Aspekt dieser Aussage wiederum leitet sich nur teilweise aus mikroskopischen Zählungen ab und wird weitgehend durch die biochemischen Analysen erbracht.

Das zuletzt angeführte Beispiel deutet an, daß die Kombination der vier vorgestellten methodischen Ansätze wesentlich zur Aufklärung der Prozesse beiträgt, die zu einer Verschiebung im Spektrum zwischen suspendierten und sedimentierten Partikel führen.

#### Zeitplan

Im beantragten Untersuchungszeitraum soll, wie oben dargestellt, die Aufnahme der Sedimentation im Norwegenstrom (auf dem Vöring-Plateau und entlang eines Profils bis in die Nähe von Jan Mayen) fortgesetzt und im Ostgrönlandstrom begonnen werden. Dazu ist für den Juni 1988 eine Pilotphase zur Aufnahme planktologischer Grundparameter und zum Ausbringen einer Verankerung mit dem FS. "Meteor" im Ostgrönlandstrom vorgesehen. Das Schwergewicht unserer Expeditionsarbeiten soll jedoch im August 1988 bei Kurzzeituntersuchungen pelagischer Prozesse und der Sedimentation im

Tagesbereich auf dem Vöring-Plateau liegen. Auch hierfür ist der Einsatz des FS. "Meteor" geplant. Um Frühjahrsuntersuchungen 1989 am Eisrand im Ostgrönlandstrom durchführen zu können, ist eine Expedition mit dem FS. "Polarstern" wünschenswert. Zur Bewirtschaftung aller Fallen im Europäischen Nordmeer sind zusätzliche Expeditionen in der zweiten Hälfte des beantragten Zeitraumes notwendig. Darüberhinaus werden mehrwöchige Forschungsaufenthalte in norwegischen und britischen Laboratorien für die Durchführung von Experimenten zur Biologie von Planktern sowie zum gegenseitigen Erfahrungsaustausch angestrebt.

#### Geplante Zusammenarbeit mit anderen Institutionen

- 1) Universität Bremen, Geologisches Institut, Prof.Dr.G. Wefer (Verankerungen, Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope in planktischen Foraminiferen und Pteropoden, instabile Isotope in Fallenmaterial)
- 2) Alfred-Wegener Institut, Bremerhaven, Prof.Dr. V. Smetacek, Dr. R. Gersonde, Dr. R. Simonsen (Diatomeen)
- 3) Institute for Marine Biology, Bergen, Prof. Dr. Bamstedt (Zooplankton)
- 4) Department of Aquatic Biology, Tromsø, Prof. Dr. Hopkins (Zooplankton)
- 5) Institute for Ocean Science, Wormley, Dr. Fasham, Dr. Lampitt (Sinkstoffe)
- 6) Universität Trondheim, Biologische Station, Pro Mare-Projekt in der Barents See, Dr.E.Sakshaug, Dr. P.Wassmann (Primärproduktion, Sedimentation)
- 7) Universität Hamburg, Geologisches Institut, Dr. Liebezeit (organische Chemie)
- 8) Universität Plymouth, IOS, Dr. Montoura (Photopigmente)
- 9) Universität Bergen, Geolog. Inst., Prof.Dr. Schrader(Diatomeen)
- 10) Universität Tübingen, Zoologisches Institut, Prof. Dr. Hemleben (Biologie der Foraminiferen)

#### 4.6 Stellung innerhalb des SFB

Vom TP A2 (Bodennaher Partikeltransport und Sedimentverteilung) erwartet das TP A1 Hinweise zur Modifikation des Sedimentationssignals durch den bodennahen Partikeltransport. Das TP A1 arbeitet sehr eng mit dem TP A3 (Reaktionen des Benthals auf den Partikelfluß) zusammen, indem es qualitative und quantitative Informationen zur Sedimentation organischer Substanz erstellt. Diese umfassen detaillierte Aussagen zu sedimentierenden Partikeln und zu den begleitenden Prozessen der Bio-Modifikation in der Wassersäule, und zwar für die verschiedenen Gebiete des Europäischen Nordmeeres und für verschiedene saisonale Sedimentationseignisse. Für das TP A4 (Chemische Flüsse durch die benthische Grenzfläche) werden die dort speziell konstruierten Sedimentfallen in den Verankerungen mitbewirtschaftet. Gemeinsam mit TP A4 wird der vertikale Partikelfluß beschrieben. TP A1 behandelt die biologische Modifikation der Partikel auf ihrem Weg zum Meeresboden, während TP A4 mit Spurenstoff- und mineralogischen Analysen an ausgewählten Substanzklassen den Partikelfluß aus dem Pelagial in das Sediment charakterisiert. Herkunft und Sedimentationsschicksal planktischer Organismen, die im TP B2 (Kurz- und langfristige Schwankungen in der ozeanischen Zirkulation: Abbildung in quartären Sedimenten) als Tracer organischer Komponenten der Sedimentation aus Kernen gewonnen werden, sollen im TP A1 untersucht werden. Das TP B2 liefert dazu die Informationen, welche Organismen hinsichtlich ihres Reagierens auf Temperaturschwankungen und in den Isotopenverhältnissen im Plankton besonderer Aufmerksamkeit bedürfen.

Die Auswahl der Untersuchungsgebiete und der Expeditionszeiten erfolgt in enger Zusammenarbeit mit den anderen Teilprojekten.

## 5. Teilprojekt A2: Bodennaher Partikeltransport und Sedimentverteilung

5.11 Fachgebiet und Arbeitsrichtung: Marine Geologie, Sedimentologie, Flachseismik, Sonographie, Granulometrie, Ozeanographie, Paläoozeanographie, Angewandte Physik: digitale Bildverarbeitung

<p>5.12 Leiter: Prof. Dr. E. Walger          Geol.-Paläont. Institut          und Museum der Universität          Ludewig Meyn Str. 10-12          2300 Kiel          Tel. (0431) 880 2881</p>	<p>Dr. F. Werner          Geol.-Paläont. Institut          und Museum der Univers.          Ludewig Meyn Str. 10-12          2300 Kiel          Tel. (0431) 880 2883</p>
--	--

### 5.13 Personal Anfang 1988

	Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SFB tätig seit
<u>Grundausrüstung</u>	1) Swift, S.A.	Sedimentologie	WHOI/GPI	20	-
Wissenschaftler	Dr. Stipendiat				
	2) Theilen, Fr.	Seismik	IG	beratend	7.85
	Dr. Akad. Rat				
	3) Unsöld, G.	Sedimentologie	GPI	10	7.85
	Dr. wiss. Ang.				
	4) Walger, E.	Sedimentologie	GPI	5	7.85
Dr. Professor					
5) Werner, F.	Sedimentologie	GPI	10	7.85	
Dr. wiss. Dir.					
6) Wolschendorf, K.	Angew. Physik	IAP	5	7.85	
Dr. Priv. Doz.					



	Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SFB tätig seit
nichtwissensch. Mitarbeiter	7) Rehder, W. techn. Ang.		GPI	20	7.85
	8) Reimers, W. techn. Angest.		GPI	10	7.85
<u>Ergänzungsaus-</u> <u>stattung</u>	9) Kachholz, K.-D. Dr. wiss. Ang.	Sedimentologie	GPI	40	7.85
Wissenschaftler	10) Rumohr, J. Dr. wiss. Ang.	Sedimentologie	GPI	40	7.85
	11) Bischof, J. wiss. Ang.	Geologie	GPI	20	8.86
	12) Heinrichs, J.P. wiss. Ang.	Angew. Physik	IAP	20	7.85
nichtwissensch. Mitarbeiter	13) Beese, H. Elektroniker		GPI	40	12.85
	14) Seiss, M.		GPI	40	4.86

## 5.2 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen legen für die Periode 1988-90 eine Konzentration auf wenige Ziele nahe. Sie sind alle innerhalb des übergeordneten Themas "Morphologiegesteuerte Sedimentation" zu sehen.

### 1) Transportwege am oberen Kontinentalhang

Vor Mittelnorwegen zeigen Strömungsmarken spitzwinklig zum Schelfrand hangabwärts gerichteten Sedimenttransport im Bereich des Norwegen- und Norwegischen Küstenstroms an, in untergeordnetem Maße aber auch hangnormal gerichteten Transport.

Die räumliche Differenzierung dieser Prozesse soll durch Kartierungen mit tiefgeschlepptem Seitensichtsonar nachgewiesen und zu möglichen Akkumulationsgebieten weiter unten am Hang in Beziehung gesetzt werden.

### 2) Winterwasserströme

Die Auskartierung eines kleinen Gebiets mit extrem hoher holozäner und spätglazialer Sedimentakkumulation am mittleren Kontinentalhang (950 - 1150 m Tiefe) führte zu einer Hypothese über die Rolle des Abflusses von relativ schwerem auf dem Schelf gebildeten Winterwasser für den Hangabtransport in morphologisch vorbestimmten Gebieten. Diese Hypothese erfordert Nachprüfung durch weitere regionale Beispiele und zusätzliche Bodenstrommessungen. Ein solches Beispiel wird am Kontinentalhang der Barentssee vermutet. Es soll ab 1988 untersucht werden. Ein neuer Aspekt ist die Möglichkeit der geologischen Dokumentation von Tiefwasserbildung nahe der Polarfront. Hierfür soll ein neuer profilierender Bodenstrommesser eingesetzt werden.

### 3) Wechselwirkung Strömung - Relief in der Tiefsee

Die aufgrund von Tiefschleppaufnahmen am Voeringplateau vermuteten Zusammenhänge zwischen (schwachen) Strömungen, Relief und Sedimentverteilung sollen durch Detailkartierung mehrerer kleiner Areale (Boxen) mit dem Tiefschleppsystem und durch anschließende Beprobung näher untersucht werden.

#### 4) Analysen- und Auswertemethoden

Die bisherigen Ansätze zur Kennzeichnung von Transportprozessen aufgrund regionaler Verbreitung von Korngrößenverteilungen bieten innerhalb der oben genannten Vorhaben auszuwählendes Material für die rechnerische Analyse der lognormalen Komponenten von Korngrößenverteilungen im Silt-Tonbereich. Für die Korngrößenanalyse im Silt-Tonbereich müssen daneben methodische Verbesserungen angestrebt werden.

Die densitometrische Bildanalyse von Radiographien soll insbesondere zum faziellen Vergleich von in den Tiefschlepp-Vermessungsboxen genommenen Oberflächenproben dienen und räumlich hochauflösend ( $< 1\text{mm}$ ) eingesetzt werden.

### 5.3 Stand der Forschung

#### 1) Morphologie-gesteuerte Sedimentation.

Im Hinblick auf die Wirkung von Strömungen im Tiefsee-Sedimentationsgebiet und vor allem auf ihre Wechselwirkung mit dem Relief ist eine Reihe von zumeist neuen Ergebnissen für uns interessant.

Seit unserem Erst-Antrag ist ein umfassender Symposiumsband über die Ergebnisse des US-amerikanischen HEBBLE-Projekts zur Erforschung der Sedimentdynamik in einem Konturstrom-beeinflußten Gebiet am nordostamerikanischen Kontinentalhang erschienen (s. McCave und Hollister, 1985; Nowell und Hollister, 1985). Die Bedeutung der Feinsiltfraktion als Anzeiger für die Strömungsgeschwindigkeit, die Reduktion der Sedimentationsrate über einem flachen Rücken und die wichtige Rolle der Korngrößen-Verfügbarkeit, die von McCave (1985) betont werden, stehen in engem Zusammenhang mit den Prozessen, die nach unseren bisherigen Beobachtungen auch in unserem Arbeitsgebiet zu erwarten sind. Möglicherweise spielen dabei Prozesse in der Tiefsee eine wichtige Rolle, indem durch mesoskalige Wirbel und Mäander von der Meeresoberfläche aus über mehrere tausend Meter hinweg die Strömungen am Boden in Richtung und Stärke beeinflußt wurden ("deep sea storms" im HEBBLE-Gebiet: Weatherly und Kelley 1985; zu vergleichendes Beispiel im Gebiet des DHI-Projekts NOAMP,

Iberische Tiefsee: Mittelstedt 1986). Ob diese Prozesse eine ungleiche Verteilung pelagischer Partikel am Meeresboden zur Folge haben können, wenn sie in den Einfluß ortsfester Bodenformen geraten, ist eine offene Frage, jedoch weisen viele Beobachtungen darauf hin.

Dabei setzt sich die Einsicht immer mehr durch, daß Wasserbewegungen unterhalb der Deckschicht bis zum Boden der Tiefsee von z.T. sehr stark variierenden, mesoskaligen Turbulenzbewegungen bestimmt sind (Koltermann 1987), ähnlich denen, die man von der Meeresoberfläche durch Satellitenaufnahmen kennt. Diese Wasserbewegungen sind in Bodennähe Morphologie-geführt und können auch noch bis weit über 1000m über dem Boden in anderen Wassermassen die Bewegung beeinflussen.

So werden z.B. stationäre antizyklonale Wirbel (sogen. "Taylor-Säulen") im geschichteten Wasserkörper über Tiefsee-Kuppen beschrieben (Anton-Dohrn-Kuppe, Rosemarie-Bank: Roberts et al. (1974). Große METEOR-Bank: Meincke (1971). Verschiedene Kuppen im Nordatlantik : Owens und Hogg (1980), Johnson et al. (1971). Iberische Tiefsee: Mittelstedt (1986). Rockall-Bank: Owens und Hogg (1984)). Die kombinierte Wirkung von Anströmung der Kuppe und induziertem Wirbel hat auf dem Gipfel und rechts neben der Kuppe (in Richtung des Anstroms gesehen) erhöhte Akkumulation zur Folge; am Hang und Fuß, besonders links, herrscht Erosion oder geringe Akkumulation vor, so daß sich ein asymmetrischer Ringgraben ("moat") um die Kuppe in geologischer Zeit ausbilden kann. Die Theorie sagt voraus, daß die Stärke dieses Effekts mit dem Abstand vom Äquator zunimmt, so daß mit seiner Wirksamkeit in unserem Arbeitsgebiet in besonderem Maße zu rechnen ist.

Interne Wellen an Dichtegrenzen können, wo sie auf den Kontinentalhang treffen - episodisch oder gezeitengesteuert - zu beträchtlichen Bodenströmungen führen, (Fahrbach und Meincke, 1982). Am oberen Kontinentalhang ist nahe der Schelfkante, an Nischen und Vorsprüngen mit Bänken mit komplexen Prozessen zu rechnen, deren ozeanographische Details heute nur sehr schwer zu interpretieren sind, bei denen darüberhinaus auch noch Kaskaden von dichtem Winterwasser beteiligt sein können. Durch ihre Morphologie-Abhängigkeit sind die Prozesse aber ortstreu und

auch an die rezenten Schichtungs- und Strömungsmuster gebunden. Sie wiederholen sich also in ähnlicher Weise und können somit ein in Episoden gestapeltes geologisches Dokument hinterlassen, das für das heutige ozeanographische Zirkulationsmuster und nicht nur für die Episode selbst typisch ist.

Die Tiefwasserbildung als die Summe einzelner derartiger Ereignisse und anderer Prozesse im freien Wasser im gesamten Europäischen Nordmeer hat eine Intensivierung des Wassermassenaustausches mit dem Nordatlantik im Winter (McCartney und Talley 1984) zur Folge, ist also auch typisch für die Saisonalität.

Vom Norwegischen Schelf wird über die Beobachtung von stationären antizyklonalen Wirbeln (Taylor-Säule über der Haltenbank auf dem mittelnorwegischen Schelf) und ihrem plötzlichen Zusammenbruch durch Bildung von kaltem (dichten) Wasser im Kern berichtet (Eide 1979). Aus der Barents-See wird das Abfließen von dichterem Winterwasser beschrieben (Midttun 1985), wie es bereits Nansen (1913) für die Rockall-Bank annahm. Direkte Strommessungen bei derartigen Hochenergie-Ereignissen am Meeresboden sind aus dem Arbeitsgebiet nicht bekannt, wohl aber aus der Antarktis ( $> 2 \text{ m sec}^{-1}$ : pers. Mitt. A. Elverhoi, Oslo).

Die in unserem Arbeitsgebiet vorkommenden sog. (symmetrischen) Sedimentwellen unterscheiden sich wesentlich von den eindeutig strömungsbezogenen, asymmetrischen Formen der Tiefwasserpassagen und mancher Kontinentalhänge, ihre Entstehung ist jedoch noch ungeklärt (Jacobi 1982, Sarnthein und Mienert 1986). Auf jeden Fall ist für die Sedimentation im Bereich solcher Bodenformen von Bedeutung, daß schon geringe lokale, reliefbedingte Beschleunigungen oder Verlangsamungen der Bodenströmung Auswirkungen auf Verminderung bzw. Erhöhung der Akkumulationsraten haben können (McCave und Swift 1976).

## 2) Analysen- und Auswertemethoden

In den jahrzehntelangen Diskussionen über die Unterscheidbarkeit von Ablagerungsräumen und über die Ableitung von Sedimentationsprozessen aufgrund von Korngrößen-Verteilungen wurden die siltig-tonigen Sedimente weitgehend ausgespart, vor allem die Tiefseesedimente. Die Arbeiten von Oser (1972) und Van Andel (1973)

gehören zu den wenigen Untersuchungen auf diesem Gebiet. Aus der Einsicht heraus, daß Sedimente das Resultat von Mischungs- und Entmischungsprozessen verschiedener Komponenten sind, verfolgten beide Autoren bei der Analyse der Korngrößenverteilungen einen damals neuen Ansatz: anstelle von Verteilungsparametern wurden "Komponenten" diskutiert. Neuerdings hat McCave (1985) im Rahmen des HEBBLE-Projekts anhand von synoptischen Vergleichen durchgehender Kornverteilungskurven auf die relative Rolle von Verfügbarkeit und physikalischen Sortierungsprozessen geschlossen (allerdings ohne Komponentenanalyse). Wir sehen auch darin eine Anregung für unseren Ansatz der Korngrößenkomponentenanalyse (siehe auch TP B2).

In der Röntgenbild-Auswertung führte die Kombination moderner Röntgenbild-verarbeitender Computersysteme (z.B. Computer-Tomographie) mit densitometrischen Meßverfahren in jüngster Zeit zu neuen Ansätzen in der industriellen Forschung (Fourth International Workshop on Bone and Soft Tissue Densitometry Using Computed Tomography, 1984). In der geologischen Forschung ermöglichten erste Anwendungen röntgendensitometrischer Meßverfahren die hochauflösende Untersuchung saisonaler Wachstumszonen an Korallen und Muscheln (Tridacna) (Chalker et al. 1985; Pätzold et al. 1986).

Die heutigen Meß- und Signalverarbeitungstechniken erlauben bei sehr hoher räumlicher Auflösung die Messung von Sedimenteigenschaften wie der Porosität, der spezifischen Masse und des Wassergehalts und darüber hinaus die Einführung eines quantitativen Maßes für das Sedimentgefüge.

#### Literatur

- Chalker, B.; Barnes, D. und Isdale, P. (1985): Calibration of x-ray densitometry for the measurement of coral skeletal density.- Coral Reefs 4: 95-100
- Dooley, H.D. (1984): Aspects of oceanographic variability on Scottish fishing grounds.- Ph.D. thesis, Univ.Aberdeen, 154 pp. (unpubl.).

- Eide, L.A. (1979): Evidence of a topographically trapped vortex on the Norwegian continental shelf.- Deep-Sea Res. 26: 601-621
- Fahrbach, E. und Meincke, J. (1982): High frequency velocity fluctuations on a steep continental slope.- Rapp.P.-v. Reun. Cons. Explor.Mer. 180: 76-77
- FOURTH INTERNATIONAL WORKSHOP ON BONE AND SOFT TISSUE DENSITOMETRY USING COMPUTED TOMOGRAPHY, FONTTEVRAUD, FRANCE, MAY 29 - JUNE 1, 1984(1985): Journal of Computer Assited Tomography 2(3): 602-641
- Jacobi, R.D. (1982): Microphysiography of the southeastern North Atlantic and its implications for the distribution of near-bottom processes and related sedimentary facies.- Bull.Inst.Geol.Bassin d'Aquitaine, 31: 31-46
- Johnson, G.L.; Vogt, P.R. und Schneider, E.D. (1971): Morphology of the Northeastern Atlantic and Labrador Sea.- Dt.Hydrogr.Z. 24: 49-73
- Koltermann, K.P. (1987): Die Tiefenzirkulation der Grönland-See als Folge des thermohalinen Systems des Europäischen Nordmeers.- Dissertation Univ. Hamburg (Geowiss.), 287 pp.
- McCartney, M.S. und Talley, L.D. (1984): Warm-to-cold water conversion in the Northern Atlantic Ocean.- J.Phys.Oceanogr. 14: 922-935
- McCave, I.N. (1985): Sedimentology and stratigraphy of box cores from the HEBBLE site on the Nova Scotian continental rise.- Mar.Geol. 66: 59-89
- McCave, I.N. und Hollister, C.D. (1985): Sedimentation under deep-sea current systems: Pre-HEBBLE ideas.- Mar. Geol. 66, No.1/4: 13-24
- Meincke, J. (1971): Observation of an anticyclonic vortex trapped above a seamount.- J. Geophys. Res. 76: 7432-7440
- Midttun, L. (1985 a): Formation of dense bottom water in the Barents Sea.- Deep-Sea Res. 33: 1233-1241
- Mittelstedt, E. (1986): Ausbreitungsbedingungen für Stoffe in großen Ozeantiefen.- NOAMP-Bericht (BMFT), Deutsches Hydrogr. Inst. Hamburg, 202 pp. (unpubl.).
- Nansen, F. (1913): The waters of the north-eastern North Atlantic.- Int.Rev. Hydrobiol., Suppl. to Bd.4: 139pp.
- Nowell, A.R.M. und Hollister, C.D. (1985): The objectives and rationale of HEBBLE.- Mar.Geol. 66, No.1/4: 1-11

- Owens, W.B. und Hogg, N.G. (1980): Oceanic observations of stratified Taylor columns near a bump.- Deep-Sea Res. 27: 1029-1045
- Pätzold, J.; Paustian, P.; Wolschendorf, K. und Wefer, G. (1986): High resolution temperature registration in Tridacna shells recorded in their O-18, optical and density profiles.- (submitted).
- Roberts, D.G.; Hogg, N.G.; Bishop, D.G. und Flewelling, C.G. (1974): Sediment distribution around moated seamounts in the Rockall Trough.- Deep-Sea Res. 21: 175-184
- Van Andel, T.H. (1973): Texture and dispersal of sediments in the Panama Basin.- J.Geol. 81: 434- 457
- Weatherly, G.L. und Kelley, E.A. (1985): Storms and flow reversals at the HEBBLE site.- Mar. Geol. 66: 205-218

#### 5.4 Eigene Vorarbeiten

Die dargestellten Forschungsziele des Teilprojekts sind erwachsen aus den Arbeiten 1985 - 1987. Deshalb soll hier die Entwicklung unabhängig von den thematischen Darstellungen im Arbeitsbericht kurz geschildert werden. Daraus ergibt sich auch die Begründung dafür, weshalb einige der ursprünglich ins Auge gefaßten Ziele vorläufig nicht weiter verfolgt werden sollen.

Von den 4 Forschungsfahrten, die das Datenmaterial für das Teilprojekt 1985 - 1987 geliefert haben, lag bei zweien der Schwerpunkt am Kontinentalhang (POSEIDON 119/1985 und 137/1987), bei einer teils am Hang, teils auf dem Schelf (POSEIDON 128-1/1986) und bei der METEOR-Fahrt Nr.2 (1986) ausschließlich im Tiefseebereich.

##### 1) Transportwege am oberen Kontinentalhang

Am oberen Kontinentalhang zwischen Voeringplateau und Lofoten wurden sonographische Aufnahmen mit dem Tiefschleppsystem durchgeführt mit dem Ziel, durch Kartierung morphologischer Indizien des Sedimenttransports eine räumliche Differenzierung des hangabwärts gerichteten Sedimenttransports zu erfassen, wie etwa eine möglicherweise vorhandene, mit der Struktur der Wassermassen verknüpfte Tiefenzonierung des Sandtransports.



Dazu mußten lange, lückenlose hangparallele Profile gefahren werden. Wegen des zeitlichen Aufwandes für diese Vermessungen (lange Meßstrecken bei relativ geringer Schiffsgeschwindigkeit) wurde das Ziel eines durchgehenden Profils in dem genannten Gebiet erst mit der POSEIDON-Fahrt 137/1987 (Werner et al. 1987) erreicht.

Die Ergebnisse - kurz zusammengefaßt - sind :

- Als morphologische Indikatoren des Sedimenttransports treten zumeist strömungsparallele Sandstreifen und Sandbänder auf.
- Diese Sohlformen zeigen im allgemeinen spitzwinklig hangabwärts nach Norden gerichteten Transport an. Die ozeanographische Interpretation ist noch nicht möglich, obwohl ein direkter Einfluß des Norwegischen Küstenstroms bzw. Norwegenstroms offensichtlich ist.
- Auf Spuren der Grundfischerei aufgesetzte Sohlformen zeigen, daß dieser Hangabwärtstransport heute noch aktiv ist.
- Seltener werden Anzeichen für hangnormale Transportvorgänge gefunden. Möglicherweise steht ihre Bildung im Zusammenhang mit dem Abfluß von schwerem "Winterwasser".
- In einer Rutschmasse am oberen Kontinentalhang auftretende Strömungs-Sohlformen entstehen offenbar durch eine Wechselwirkung zwischen Strömung und Rutschungs-bedingtem Kleinrelief.

## 2) Winterwasserströme

Im Anschluß an die Vorarbeiten der Pilotstudie, die sich vor allem auf Querprofilen zum Kontinentalhang vor der Barentssee, von den Lofoten und auf dem Voeringplateau bewegten (Airgun, 3.5 kHz-Sedimentecholot, Seabeam-Boxen, Sedimentkerne, Rumohr 1985), lag in der Anfangsphase der Arbeiten zur Sedimentverteilung am Kontinentalhang das Schwergewicht auf hangparallelen Profilen und einer begrenzten, flächenhaften Kartierung am Kontinentalhang mit dem 3.5 kHz-Sedimentecholot und oberflächennahen Sedimentproben. Als Parameter wurden Korngrößen-Prozente (<6, 6-20, 20-63, >63 µm) und die Quotienten benachbarter Klassen, C - und Karbonatgehalt

org

bestimmt und für die Beschreibung der jüngsten Sedimente auf Hang-Querprofilen und in Gebieten mit hoher Akkumulationsrate zur Kartierung benutzt. Dabei zeigte sich deutlich, daß die Physiographie sowie Mächtigkeit und Art der holozänen Sedimente in horizontaler Richtung am Hang mindestens so wechselhaft sind wie in verschiedenen Wassertiefen. Lokale, Morphologie-geführte Prozesse, die sich in ihrer Art wiederholen, in der Intensität aber von Süden nach Norden einen regionalen Trend zeigen, sowie die lokale Verfügbarkeit von Partikeln scheinen am Kontinentalhang sowohl Sediment-Transport und -Sortierung, Erosion und Akkumulation zu bestimmen (Rumohr, Manuskript).

Am oberen Hang wurden holozäne Sedimente nur im Intergranularraum grober spätglazialer Eisdriftsedimente angetroffen, die mit scharfer Grenze ältere glaziomarine Ablagerungen bedecken. Der Durchzug der Polarfront vor ca. 10 000 Jahren, begleitet von starker Eisfracht-Ablagerung, scheint im wesentlichen das Bild der "rezenten" Oberflächensedimente oberhalb von 700 m Wassertiefe am Hang und auf dem äußeren Schelf geprägt zu haben.

Die bisherige Probendichte (vertikal und horizontal) erlaubt bereits an einigen Stellen eine Beschreibung und erste Interpretation solcher Prozesse, die in der Lage sind, am Boden Sedimente zu bewegen: Zeitweilig stationäre Wirbel über Erhebungen (Bänken) an der Schelfkante, die zusammenbrechen, wenn die in ihnen gefangene Wassermasse durch raschere Abkühlung als das Nachbarwasser eine Dichte-Instabilität bewirkt und als Winterwasser hangabwärts fließt. Die Sedimentation kann erfolgen nach Abklingen der Turbulenz, wenn sich die Wassermasse im Niveau ihrer Dichte eingeschichtet hat und sich hangparallel weiterbewegt oder von der allgemeinen Wassermassen-Bewegung aufgenommen wird. Es ist denkbar, daß sich außer Gezeiten noch andere ozeanographische Prozesse, wie interne Wellen am Hang dem vermuteten Ablauf überlagern müssen, damit es bei der heutigen Verteilung der Sedimente zu Erosion und Sedimenttransport kommen kann. Die Bestimmung der rezenten Akkumulationsrate ( $^{210}\text{Pb}$ ) in einem Gebiet mit maximal 7 m Holozän in 1050 m Tiefe ergab für die letzten 150 Jahre etwa die gleiche Rate wie für das gesamte Holozän. Heutige Hangabtransport-Prozesse können also nicht wesentlich von denen abweichen, die für das gesamte Holozän bestimmend waren.

Im Mai 1986 wurden oberhalb eines Hochakkumulationsgebietes 2 Bodenstrom-Jahresverankerungen ausgebracht, die im April 1987 von Prof. Meincke (Hamburg) mit "VALDIVIA" aufgenommen wurden. Da an den Registrierungen ebenso wie an den weiteren Planungen auch ozeanographisches Interesse besteht, werden die Registrierungen (Aanderaa-Strommesser) zunächst in Hamburg ausgewertet.

### 3) Wechselwirkung Strömung-Relief in der Tiefsee

Im Tiefseebereich in ca. 2800 m Tiefe wurden nordwestlich des Vöring-Plateaus Einsätze mit dem Tiefschleppsystem durchgeführt (METEOR 2/1986, Werner et al. 1987), die eine gegenüber früheren Aufnahmen (3.5 kHz) bessere Auflösung lieferten. Dies kann an der Struktur eines für weitere Teile des Vöring-Plateaus ebenso wie wohl für weite Teile des Tiefseebodens überhaupt typischen "Sedimentwellen"-Reliefs gezeigt werden.

Die Aufhebung der in konventionellen Sediment-Echogrammen feinere Strukturen verwischenden "seismischen Maskierung" zeigte in den Tiefschlepp-Aufnahmen an diesen "Sedimentwellen" nicht nur eine zwischen "Berg" und "Tal" differenzierte Sedimentbedeckung, sondern enthüllte auch überraschenderweise ein System von Verwerfungen. Sie durchsetzen die oberste Sedimentdecke und streichen teilweise unter Bildung kleiner "Kliffs" aus. Damit läßt sich also ihre rezente Bildung beweisen (Werner, Manuskript in Vorbereitung).

Im Bereich des nördlichen Voeringplateau-Escarpment wurde mit Seabeam ("POLARSTERN") eine ovale Erhebung von fast 250 m Höhe kartiert. Die Sedimentlot (3,5kHz)-Kartierung zeigt einen deutlichen Zusammenhang zwischen Morphologie und der Mächtigkeit einzelner Lagen. Korngrößenverteilungsunterschiede in Oberflächenproben vom Top und Fuß der Erhebung (max. Distanz 10 km) sind größer als die zwischen einer gleichen Zahl von Proben aus der weiteren Umgebung des Vöring-Plateaus. Hier liegt also der Verdacht nahe, daß die Wirksamkeit eines stationären Wirbels (Taylor-Säule) sich in den Sedimenten abbildet. Untersuchungen an der Meiofauna aus diesem Gebiet (TP A3) haben ebenfalls unerwartete Unterschiede der Nahrungsversorgung und Biomasse gezeigt.

#### 4) Analysen- und Auswertemethoden

Die Beschäftigung mit Fragen der Interpretation von Korngrößenverteilungen in der Arbeitsgruppe reicht weit zurück. Walger untersuchte in mehreren Arbeiten (1962, 1965, 1966) die Art dieser Verteilungen und stellte die Bedeutung der logarithmischen Normalverteilung heraus.

Mit der Unterscheidung von Ablagerungsräumen anhand von Korngrößenverteilungs-Parametern in mehrdimensionalen statistischen Verfahren beschäftigten sich Tabat (1979), Kachholz (1979, 1982, 1984) und Tiniakos und Kachholz (1984). Im wesentlichen sind die Bemühungen als erfolgreich zu betrachten, aber es wurden auf der anderen Seite auch die Grenzen der angewendeten Methodik erreicht (Kachholz 1984). Im Rahmen dieser Untersuchungen entstand ein umfangreiches Paket von Computer-Programmen (Kachholz 1981), das ständig gewartet wird und für die hier geplanten Arbeiten zur Verfügung steht.

Im Laufe der Zeit wurde zunehmend als Nachteil empfunden, daß die statistischen Kennziffern lediglich beschreibende Merkmale sind, die zwar eine ungefähre Kennzeichnung des Kurvenverlaufes zulassen, aber keinerlei Information über den "Inhalt" der Kornverteilung geben. Aus diesem Grunde wurde, anknüpfend an die verteilungstheoretischen Betrachtungen von Walger (1962) und Kachholz (1985), die Entwicklung eines analytischen Computer-Verfahrens betrieben, das es erlaubt, Korngrößenverteilungen in lognormale Komponenten zu zerlegen (Kachholz et al. 1986). Der Algorithmus ist ausgesprochen schnell und erlaubt eine vollautomatische Verarbeitung von Kornverteilungen, wodurch es erstmals möglich geworden ist, große Probenmengen zu verarbeiten. Praktische Anwendung fand dieses Verfahren bereits bei Schröder und Kachholz (1984) und Schröder et al. (1984a, 1984b). Es wird, anknüpfend an die Arbeiten von Van Andel (z.B. 1973, s. 5.3), bei der Untersuchung der Tiefsee-Sedimente als eine der wichtigsten Analysemethoden angesehen.

1985 - 1987 wurde für die Röntgenbilddauswertung eine Meßeinrichtung aufgebaut, die es ermöglicht, Röntgenbilder zu digitalisieren und in einem Rechner mit Methoden der digitalen Bildverarbei-

tung zu analysieren. Nach der Ermittlung von Basisdaten wurde eine Serie von Sedimentproben untersucht (Schwerelot, Großkastengreifer, Kastengreifer vom Schelf und oberen Kontinentalhang westlich Lofoten). Die Auswertung der von den Proben angefertigten Radiographien bezüglich der Parameter Spezifische Masse, Wassergehalt und Porosität konnte mit guter Auflösung (mm-Bereich) durchgeführt werden. Zur Zeit wird daran gearbeitet, die so gewonnenen Meßdaten von Proben, die an verschiedenen Stationen entnommen wurden, miteinander zu vergleichen. Erste Ergebnisse zeigen, daß Kreuzkorrelation der Parameter-Profile über der Kerntiefe ein geeignetes Vergleichskriterium für stratigraphische Aussagen liefert.

Es wurde damit begonnen, aus den Radiographien erkennbare Lebensspuren zu extrahieren und zur Fazies-Beschreibung heranzuziehen.

Auf dem Schelf interessierte uns vor allem die Verteilung von Grobsedimenten im Zusammenhang mit der Verbreitung von Eisbergpflugmarken. Auf dem Rücken zwischen den Furchen dieser Formen finden sich Kies und gröberes Material angereichert, deren Verteilungsmuster mit dem Hochauflösungs-Sidescan in bisher nicht erreichter Detailgenauigkeit erkannt werden konnten. Größenverteilung und Komponentenzusammensetzung dieser Kiesdecken wurden an stichprobenartigen Stationen auf der "POSEIDON"-Fahrt Nr. 137 mit Unterwasserphoto- und Videobeobachtung und mit Kiesgreiferbeprobung untersucht. Das gewonnene Probenmaterial läßt sich jedoch nicht mit Restsediment-Decken vergleichen, die eine Auswertung mit der von Unsöld (Werner et al., 1987, S.210 ff.) durch Experimente im Strömungskanal erarbeiteten Methode ermöglichen würden.

Die Beprobung der in einem Teil der Eisbergpflugmarken vorhandenen Sedimentfüllungen mit Vibrokernen ist nur in wenigen Fällen gelungen. Das Vorhaben erwies sich als sehr aufwendig, z.T. deshalb, weil es nicht gelang, mit unserem Boomer-System die Sedimentfüllungen zu durchdringen, z. T. weil die Positionierung des Schiffes bei der Probennahme über vollständig verfüllten Pflugmarken schwierig ist.

Hinweise auf den Einfluß von Oberflächenwellen auf den tiefliegenden Schelf im Bereich um die Lofoten ergab das Auffinden von Wellenrippeln mit ca. 1 m Kammabstand und Grobsand in 140 m Wassertiefe (Werner und Unsöld, Manuskript, in Vorb.,).

Die Befunde und der Stand der Arbeiten auf dem Schelf veranlaßten uns, im Interesse einer Konzentration unserer Arbeitskapazität auf die in diesem Antrag herausgestellten Ziele die Fortsetzung dieser Untersuchungen auf einen späteren Zeitpunkt zu verschieben.

#### 5) Grobkörniges Eisdriftmaterial im Europäischen Nordmeer

Die Untersuchung eisverdrifteten Materials in Tiefsee-Sedimenten begann im August 1985 und wird sich vorraussichtlich bis zum Sommer 1989, also über die 1. Hälfte des Antragszeitraumes erstrecken.

Der Hauptanteil des Materials wurde während der METEOR-Fahrt 2/2 im Juli 1986 gewonnen und stammt aus einem Querprofil zwischen dem Norwegischen Schelf und der Insel Jan Mayen. Es besteht aus Partikeln der Sand- und Kiesfraktion mit mehr als 500 µm Durchmesser. Bis jetzt wurde ein Teil dieses Materials quantitativ untersucht und die Zusammensetzung der Dropstones an unterschiedlichen Entnahmeorten bestimmt.

#### Literatur

- Gerlach, S., Thiede, J., Graf, G. und Werner, F. (1986): Berichte METEOR-Fahrt Nr.2 (1986) und POSEIDON-Fahrt Nr.128 (1986).- Ber. SFB 313 d. Univ. Kiel, Nr.2.
- Heinrichs, J.-P. und Wolschendorf, K. (1988): Densitometrie von Sedimentradiographien: Anwendungen als Hilfsmittel zur Stratigraphie von Sedimentkernen des norwegischen Kontinentalhangs.- (Manuskript).
- Kachholz, K.-D. (1979): Sedimenttypen der Flachwasserzone im Ostteil der Kieler Außenförde (Schleswig - Holstein). - Meyniana 31: 15 - 24

- Kachholz, K.-D. (1981): VAVOK - Programmpaket zur vielfältigen Auswertung von Korngrößenverteilungen. - Unveröff.Mskr. Geol.-Pal. Inst. Univ. Kiel.
- Kachholz, K.-D. (1982): Statistische Bearbeitung von Probandaten aus Vorstrandbereichen sandiger Brandungsküsten mit verschiedener Intensität der Energieumwandlung. - Unveröff. Diss. Univ. Kiel.
- Kachholz, K.-D. (1984): Vergleich einiger sandiger Brandungsküsten Schleswig-Holsteins. - Meyniana 36: 93 - 119
- Kachholz, K.-D. (1985): Approximation of grain-size distributions by lognormal components. - Terra Cognita 5: 70
- Kachholz, K.-D., Walger E. und Kuhnigk, B.(1986): Aufspaltung von Korngrößenverteilungen in lognormale Einzelkomponenten. - Meyniana 38: 21 - 41
- Rumohr, J. (1985): Holocene sediment dispersal on the Norwegian continental slope ( $67^{\circ}$  -  $74^{\circ}$  N).- Terra cognita 5: 81.
- Rumohr, J. (1988): Sediment transport and accumulation due to winter water run-off on the mid-Norwegian continental slope.- (Manuskript).
- Schröder, J.H. und Kachholz, K.-D. (1984): Eolian Dust in the Coastal Desert of the Sudan: Aggregates cemented by Evaporites. - 1984 SEPM Research Conference: Origin Transport and Deposition of Fine-Grained Sediments: 162 - 165.
- Schröder, J.H., Kachholz, K.-D. und Heuer, M.(1984): Eolian Dust in the Coastal Desert of the Sudan: Aggregates cemented by Evaporites. - Geo-Marine Letters 4: 139 - 144
- Schröder, J.H., Kachholz, K.-D. und Lange, H. (1984): Eolian Dust in Coastal Lagoon and Reef Sediments of the Sudanese Red Sea. - Proc.Symp.Coral Reef Environ. Red Sea, Jeddah: 293 - 325.
- Tiniakos, L. und Kachholz, K.-D.(1984): Transportdifferenzierung von Korngrößenspektren klastischer Sedimente Schleswig-Holsteins. - Meyniana 36: 51 - 92
- Tabat, W. (1979): Sedimentologische Verteilungsmuster in der Nordsee. - Meyniana 31: 83 - 124
- Walger, E. (1962): Die Korngrößenverteilungen von Einzellagen und ihre genetische Bedeutung. - Geol.Rdsch. 51: 494 - 507

- Walger, E. (1965): Zur Darstellung von Korngrößenverteilungen. - Geol.Rdsch. 54: 976 - 1002
- Walger, E. (1966): Untersuchungen zum Vorgang der Transportsonderung von Mineralien am Beispiel von Strandsanden der westlichen Ostsee. - Meyniana 16: 55 - 106
- Werner, F., Bodungen, B. v., Bathmann, U., Linke, P., Noji, T., Mintrop, L., und Segl, M. (1987): POSEIDON-Fahrt Nr.137, Ber.SFB 313 d. Univ. Kiel, Nr.5
- Werner, F.: Deep-Tow Survey Northwest of Vöring-Plateau, Norwegian Sea: fault systems in surface sediments and the question of the region of standing sediment waves.- (Manuskript in Vorb.)
- Werner, F. und Unsöld, G.: Coarse-sand wave ripples in 140 m water depth on the Mid-Norwegian Continental-Shelf. - (Manuskript in Vorb.)
- Werner, F., Erlenkeuser, H., v. Grafenstein, U., McLean, S., Sarnthein, M., Schauer, U., Unsöld, G., Walger, E. und Wittstock, R. (1987): Sedimentary records of benthic processes.- In: Seawater-Sediment Interaction in coastal waters. An interdisciplinary approach.- Rumohr, J., Walger, E. und Zeitzschel, B. (Eds.): Springer Verlag: 162-262.
- Wolschendorf, K. und Heinrichs, J.-P. (1986): Angiographische Gefäßidentifikation mit einem digitalen Bildverarbeitungssystem.- Medizinische Physik 86: 27-33

### 5.5 Ziele, Methoden, Arbeitsprogramme, Zeitplan

Das übergeordnete Ziel aller im folgenden beschriebenen Forschungsvorhaben ist es, die Folgen einer Wechselwirkung zwischen Strömung und Relief in verschiedenen Skalenbereichen ("Morphologie-gesteuerte Strömungseffekte") zu untersuchen.

1) Tiefschlepp-Sonaraufnahmen am oberen Kontinentalhang im Gebiet Vöring-Plateau-Lofoten und vor der Bäreninsel-Rinne (Abb. 8).

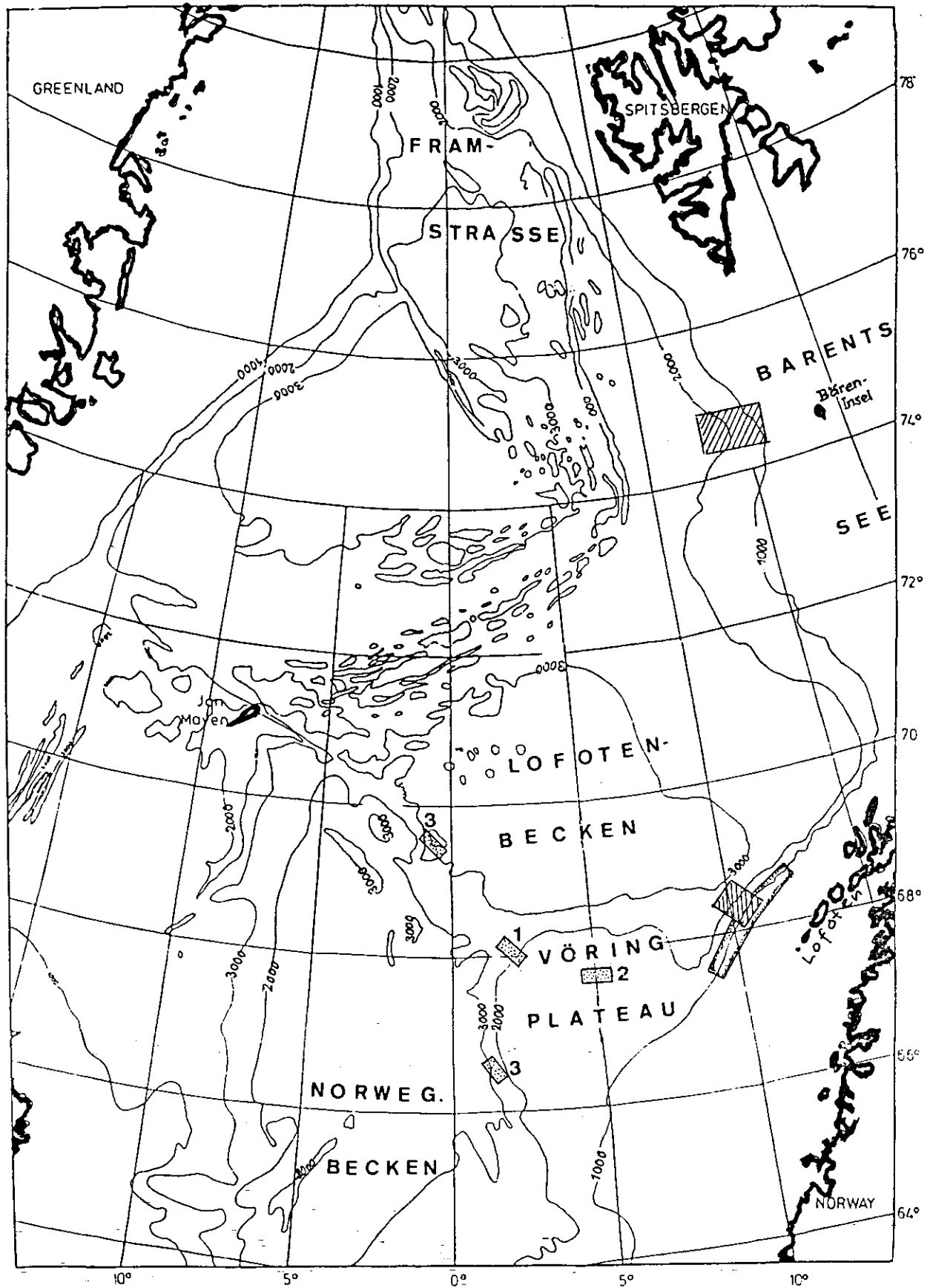
Die bisherigen Ergebnisse beruhen im Wesentlichen auf Beobachtungen an einem langen durchgehenden Profil in 400 - 600 m Wassertiefe.



Im einzelnen ergeben sich aus den Vorarbeiten (s. Kapitel 5.3. - 5.4.) folgende Fragen:

- Bis in welche Wassertiefen lassen sich die am oberen Kontinentalhang vorgefundenen Sandbänderzonen verfolgen?  
Welchen ozeanographischen Prozessen sind sie zuzuschreiben?  
Enden sie in einem Akkumulationsgebiet oder stellen sie lokal überprägte Restsedimente dar?
- Welche Beziehungen zeigt die räumliche Verteilung von Strömungsmarken zur Topographie des Hanges, des äußeren Schelfs?
- Wo und unter welchen Umständen treten Hinweise auf hangnormalen Transport auf?
- Wo gibt es Transportformen, die heute aktiv sind (z.B. Altersbeziehungen zu Fischerei-Schleppspuren)?
- Welcher Art sind die Beziehungen zwischen Strömung und Kleinrelief innerhalb einer Rutschmasse? Wie wirken sich verschiedenskalige Rauigkeiten auf den Verlauf von Bodenströmungen aus?
- Lassen sich rezente von spätpleistozänen Rutschmassen unterscheiden, etwa durch die verschiedene Intensität der Überformung des rutschbedingten Kleinreliefs durch Strömung?

Die Bearbeitung dieser Fragen erfordert Vermessungsarbeiten mit dem tiefgeschleppten Seitensicht-Sonar nach vorausgehender bathymetrischer Vermessung. Die bisher gewonnenen Daten erlauben eine detaillierte Planung der Vermessung in einzelnen Boxen, aus denen z.T. schon Sea-Beam-Karten vorliegen (s. Abb. 8). Daran anschließen sollen sich gezielte Probenentnahme und Unterwasserphotographie bzw. Video-Aufnahmen von Sohlformen. Für diese Arbeiten am mittelnorwegischen und am Barentssee-Schelf werden je 8-10 Tage Schiffszeit veranschlagt, für zusätzliche Arbeiten, die sich aufgrund der Ergebnisse als nötig erweisen können, sowie für Wiederholungsaufnahmen zur Untersuchung der Veränderlichkeit weitere 8-20 Tage. Es ist dafür in erster Linie die Benutzung des






-  Vorhaben "Winterwasser"
-  Vorhaben "Relief /Strömung i. d. Tiefsee", Lage der Verm.-Boxen
-  Vorhaben "Strömungsmärken am Kontinentalhang"

Abb. 8: Lage der Untersuchungsgebiete in Teilprojekt A2

Forschungsschiffes "POSEIDON" vorgesehen. Notwendig ist eine mobile Winde mit einem ca. 5000 m langen Einleiterkabel zum Schleppen des Tiefschlepp-Fisches, die an anderer Stelle erworben wird. Wir hoffen, mit dieser Winde auch andere Schiffe, falls verfügbar - wie z.B. "VALDIVIA" - für unser Programm einsetzen zu können.

Wir rechnen mit mindestens je 1 Ausfahrt von 3 - 4 Wochen Dauer für 1988 und 1989. Für 1990 und vermutlich auch schon für 1989 ist für ergänzende Untersuchungen, vor allem für die Untersuchung der Veränderlichkeit der Strömungsmarken mit weiteren Fahrten zu rechnen, auch mit der Beteiligung an Fahrten anderer Arbeitsgruppen.

## 2) Winterwasserströme

Der laterale Partikeltransport vom norwegischen Schelf und dem oberen Kontinentalhang reicht stellenweise bis weit hinein in den Bereich hemipelagischer Sedimentation. Die heutigen Transport-Prozesse sind - soweit bisher erkennbar - saisonal und episodisch sowie Morphologie-gesteuert, d.h. ortskonstant. Die hieraus resultierenden bisher bekannten Sedimentverteilungsmuster und Mächtigkeits-Verteilungen (Rumohr, in Vorber.) haben horizontale Spannweiten von ca. 2-50 km. Die Ablagerung lateral transportierter Partikel verteilt sich also auch nicht in geologischer Zeit gleichmäßig über den Ablagerungsraum, sondern folgt ozeanographisch und morphologisch vorbestimmten Bahnen. Ähnliches gilt vermutlich auch für organische Partikel und damit für die Nahrungsversorgung des Benthos.

Das zwingt für die zukünftigen Arbeiten zu regionaler Betrachtung und eröffnet zugleich die interessante Möglichkeit, jeweils den gleichen Prozeß in seinem Ausmaß und seiner Zuordnung zu potentiellen Partikel-Liefergebieten sowie in seinem Zusammentreffen mit anderen Tiefwasser-Strömungen am Hang zu verfolgen. Grundlage für die Interpretation der Ablagerungen ist die Kartierung aller morphologischen Merkmale, die über Erosion, Transport am Meeresboden und endgültige Ablagerung Aufschluß geben können (s.o.).

Die auszuwählenden Arbeitsgebiete reichen also von der Schelfkante bis in die Tiefsee: Das erste Gebiet wird sich mit den Ergebnissen der Tiefschleppaufnahmen in Nähe der Röstbank (westlich der Lofoten) genau festlegen lassen.

Als zweite Untersuchung dieser Art ist in einem bislang unbekanntem Gebiet die Vermessung und Beprobung einer großen Einbuchtung am Kontinentalhang vor der Bäreninsel-Rinne, westlich der Bäreninsel vorgesehen (s. Abb. 8). Hier wird der Abfluß sehr dichten Winterwassers aus dem flachen Bereich um die Bäreninsel und aus den benachbarten Bereichen der Barentssee vermutet, wo atlantisches Wasser in flachen Schelfbereichen durch Abkühlung und durch Salinitätserhöhung bei der Meereisbildung stärker an Dichte zunimmt als in anderen Bereichen weiter südlich. In diesem Gebiet soll nach gründlicher Voruntersuchung von Bathymetrie (Flächenecholot "Hydrosweep" auf "Meteor 2"), Mustern von Strömungsmarken am Boden (Tiefschleppsystem) und nach sedimentechographischer Kartierung von Akkumulationsgebieten (mit 3,5 kHz-Sediment-Echolot und mit dem neuen "Parasound"-Lot auf FS "METEOR") zur direkten Messung von Winterwasser-(?Tiefwasser-) Kaskaden auch ein neuartiger, profilierender akustischer Strommesser (ADCP) parallel zu konventionellen Bodenstrommessern eingesetzt werden.

Dieser Strommesser nutzt den Doppler-Effekt und registriert z.B. über 350 m Wassersäule in maximal 128 Tiefensegmenten vom Meeresboden aus den Betrag und die drei Richtungskomponenten (N-, E- und Vertikal-) der Wasserbewegung. Er soll in einer Position unterhalb des Atlantikwassers eingesetzt werden, an der voraussichtlich Winterwasserkaskaden bereits das Niveau ihrer Dichte erreicht haben, mehr oder weniger hoch über dem Meeresboden an Turbulenz verlieren und gegebenenfalls aussedimentieren. Weiter hangauf sollen, wie bisher, konventionelle Aanderaa - Strommesser verankert werden. Die Auswertung und ozeanographische Interpretation wird in Zusammenarbeit mit Professor J. MEINCKE (IfM, Hamburg) wie bisher erfolgen.

Im Rahmen der Arbeiten am westlichen Ausgang der Barentssee besteht von seiten der Hamburger Ozeanographen ein Interesse an der sedimentologischen Dokumentation von kurzfristigen Prozessen,

die sich mit ozeanographischen Methoden allein weder räumlich noch zeitlich für eine Interpretation hinreichend erfassen lassen.

Sollten die Winterwasser-Kaskaden einen Sedimenttransport und Sediment-Akkumulation - also geologische Dokumentation - bewirken, so wäre mit dieser Meßstrategie die Möglichkeit gegeben, einen auch für Ozeanographen interessanten Prozess direkt zu messen und mit interpretierbaren Sedimenten in seiner räumlichen Ausdehnung zu erfassen. Aber auch, wo die meßbaren Abfluß-Ereignisse nicht zum Sedimenttransport ausreichen, wäre dennoch ein Prozeß dokumentiert, der

- den Transport von saisonal verfügbarem Organo-Detritus und
- den unter extremen Verhältnissen möglichen Transport konservativer Partikel im Silt-Ton-Bereich bewirkt.

Die Bodenstrommesser sollen in mehreren Positionen dort am Kontinentalhang eingesetzt werden, wo geologische (bzw. benthologische) Hinweise für derartige Winterwasser-Kaskaden vorhanden sind. An eine dieser Verankerungen soll auch eine zeitgesteuerte Kamera montiert werden, die suspendierte Partikel und Veränderungen am Meeresboden registriert.

Die zu erwartenden Ergebnisse aus Gebieten, in denen sich lateraler Wassermassentransport am Meeresboden unterhalb des warmen Atlantikwassers (Norwegenstrom) durch Aufnahme, Sortierung und lokale Akkumulation geologisch dokumentiert, haben Konsequenzen für die ozeanographischen Vorstellungen über den Beitrag von auf dem Schelf gebildetem Tiefwasser zur Gesamtmenge des im Europäischen Nordmeer gebildeten Tiefwassers. Gebiete mit sehr hohen Akkumulationsraten bieten zudem zeitlich hochauflösende geologische Dokumente über die Intensität und regionale Verbreitung dieser Vorgänge in der geologischen Vergangenheit.

Für die Darstellung der räumlichen Verteilung von Sedimenten sollen wie bisher die Parameter Korngrößen-Prozent, Kornklassen-Quotienten, C - und Karbonatgehalt in getrennten Fraktionen sowie die Mächtigkeit holozäner Sedimente verwendet werden. In

ausgewählten Gebieten soll in Zukunft die Analyse von Kornverteilungs-Komponenten zur besseren Beschreibung und Interpretation der transportwirksamen Bodenströmungen herangezogen werden (s. Abschnitt 4).

### 3) Wechselwirkung Strömung-Relief in der Tiefsee

Das diesem Vorhaben zugrunde liegende Konzept gründet sich auf folgende Beobachtungen und Überlegungen:

- a) Untersuchungen über Biomasse, Bioaktivität, Benthosstrukturen etc. im Teilprojekt A3 an wiederholt beprobten Stationen und/oder an räumlich eng benachbarten Profilen im Gebiet des Vöring-Plateaus haben ebenso wie Sediment-Parameter (TP A2) eine starke räumliche und zeitliche Variabilität ergeben, für die als Ursache eine Wechselwirkung zwischen Strömungen und einem - für das Gebiet typischen - Relief angenommen wird.
- b) Die pauschalen Sedimentationsbedingungen, wie sie sich etwa aus den (konventionellen) 3,5 kHz Sediment-Echogrammen im weiteren Gebiet ableiten lassen, müssen zwar eher als ruhiggleichförmig interpretiert werden ("drapierende Sedimentation", auch sog. Sedimentwellen) im besser auflösenden Tiefschlepp-Sediment-Echogramm gibt es jedoch Anzeichen für reliefabhängige Variabilität in der Sedimentation.
- c) Nach den im Kapitel "Stand der Forschung" geschilderten geologischen und ozeanographischen Hinweisen auf Wechselwirkungen zwischen Strömung und Relief ist auch in unserem Gebiet mit solchen Wirkungen zu rechnen. Deren Konsequenzen betreffen auch die Arbeiten anderer Teilprojekte: Versorgung des Benthos mit Nährstoffen (TP A3), Sedimentations-Akkumulations-Bilanzen (A1/B2).

Bei den Untersuchungen soll so vorgegangen werden, daß mehrere langgestreckte Vermessungs-"Boxen" nach bathymetrischer Vermessung mit dem Tiefschleppsystem engmaschig aufgenommen und anschließend engständig mit dem Kastengreifer beprobt werden.

Die Vermessungsboxen sollen nach bereits vorhandenen Aufzeichnungen ausgewählt werden. Für die Arbeit der nächsten Jahre erscheinen drei solcher Boxen nach Aufwand und Ergebnishöflichkeit angemessen. Ihre Auswahl soll sinnvolle Vergleiche ermöglichen.

Die erste der vorgewählten Vermessungsboxen (s. Abb. 8) liegt im Gebiet des ersten Tiefschleppeinsatzes auf der METEOR-Fahrt 2/1986. Hierbei kann gleichzeitig mehr Information über die Beziehung zwischen der dort festgestellten jungen "Bruchtektonik" und der "Sedimentwellen"-Dynamik gesammelt werden. Zu der im Zusammenhang mit dem gesamten Komplex "Morphologie-gesteuerte Sedimentation" wichtigen Frage nach der Verbreitung von Störungen in den Oberflächensedimenten sollen auch die weiteren Boxen Material liefern.

Die zweite Box umschließt den Bereich der nördlichen Dauerstation des SFB 313 auf dem Voeringplateau. Hier liegt eine topographische Erhebung von viel größerer Dimension als die der dort ebenfalls auftretenden "Sedimentwellen". Morphologie und Verteilung der Mächtigkeit junger Sedimente (3.5 kHz) legen die Vermutung nahe, daß an die ca. 250 m über ihre Umgebung aufragende Erhebung eine stationäre, geschichtete Taylor-Säule gebunden ist, durch welche asymmetrisch auf dem Gipfel und unterhalb des Hangfußes feines Sediment angereichert wurde. Lokaler Hangauftransport feiner Partikel, die zunächst den mittleren Hang erreichten, ist wahrscheinlich. Zusammen mit den Benthos-Biologen (TP A3) soll regional begrenzt der Frage nachgegangen werden, ob parallel zur Sedimentverteilung auch das Nahrungsangebot aus dem Pelagial umverteilt wird, und welche biologischen Folgen das möglicherweise hat. Derartige Effekte könnten auch bei palökologischen Interpretationen zu bedenken sein.

Die Lage der dritten Box soll zunächst noch offen bleiben. Sie könnte entweder auf einer der untersuchten Kuppen in Richtung auf die Insel Jan Mayen liegen, oder auch am Südhang des Vöring-Plateaus (s. Abb. 8).

Für die zu erwartenden, z. T. wahrscheinlich subtilen Unterschiede in der Zusammensetzung der Oberflächenschicht und ihrer Akkumulationsraten wird eine eine sehr detaillierte Bestimmung

verschiedener Sedimentparameter der Kastengreiferproben erforderlich sein. In erster Linie sind dabei Bestimmungen der Korngrößen (zunächst grobe Fraktionierung) und der Porosität, Isotopenuntersuchungen zur Stratigraphie und Gefügeuntersuchungen geplant. (Spezielle Ziele bei der Korngrößen- und Gefüge-Untersuchung s. Abschnitt 4).

Für Vermessung und Beprobung einer Box sind jeweils 4 bis 6 Schiffstage (FS "METEOR") vorzusehen. Die Boxen haben voraussichtlich Größen von 15 bis 30 x 25 bis 50 km. Obwohl sich die Zahl der (Kastengreifer-) Proben im anschließenden Beprobungsprogramm nach dem Ergebnis der Vermessung richten muß, schätzen wir sie in erster Näherung zwischen 10 und 20. Für diese Arbeiten ist ein Transponder-Navigations-System notwendig. Abgesehen von der genauen Kartierung der Daten des Tiefschleppsystems ist nur damit eine gezielte Positionierung der nach den seismisch-sonographischen Schrieben auszuwählenden Proben möglich. Die Mittel für dieses aufwendige System (ca. 0,5 Mill. DM) sollen an anderer Stelle eingeworben werden.

Insgesamt erfordern die geplanten, in den Abschnitten 1)-3) aufgeführten Arbeiten den entsprechenden Anteil an den in Abb. 4 angegebenen Expeditionen. Aller Erfahrung nach können aber insbesondere im Hinblick auf die Tiefschleppaufnahmen neue, unerwartete Fragen auftreten, die weitere Einsätze nach sich ziehen sollten.

#### 4) Analysen- und Auswerte-Methoden

Für die Aufklärung der transportwirksamen Strömungs-Systeme in den verschiedenen Morphologie-bedingten Situationen ist die Korngrößen-Verteilung der Sedimente die grundlegende Information. Für die Analyse von Verteilungs-Komponenten ist eine hochauflösende, möglichst sogar kontinuierliche Korngrößenanalyse nötig, für deren Gewinnung der Laboraufwand weit über das hinausgeht, was für die regionale Kartierung in erster Näherung erforderlich ist.

Die Erfüllung der von Van Andel (s. 5.3) als Voraussetzung für regionale Verfolgung von Verteilungs-Komponenten gestellten Forderung, die Schaffung eines hinreichend dichten und repräsen-



tativen Probennetzes, ist aufgrund der in den letzten Jahren durch TP A2 erfolgten und jetzt geplanten Kartierung und Vermessung möglich.

Damit sind günstige Voraussetzungen gegeben, ausgewählte hemipelagische Regionen sowohl räumlich als auch methodisch detailliert granulometrisch zu untersuchen und damit zugleich das "Komponenten-Modell" einer Bewährungsprobe auszusetzen. Diese Aufgabe erscheint uns für die weitere Entwicklung von Vorstellungen über die Mechanismen des Sedimenttransports als unumgänglich.

Zur Analyse der Feinfraktion sind einige methodische Vorarbeiten zu leisten. Während zur regionalen Analyse der Tonfraktion (mit Bestimmung weniger Teilfraktionen) in unserem Teilprojekt bisher ein verbessertes Atterberg-Verfahren verwendet wurde (s. 5.4), muß für die Gewinnung kontinuierlicher Verteilungskurven zur Komponentenanalyse zwischen mehreren Verfahren gewählt werden. Bei modernen Schnellverfahren, die kontinuierlich messen (Sedigraph, Coulter Counter) sind Artefakte impliziert, deren Einfluß noch nicht eindeutig geklärt ist. Die verlässliche Pipette-Methode andererseits ist sehr aufwendig, vor allem, wenn wie für unsere Ziele, Bestimmungen in engen Intervallen erforderlich sind. Durch vergleichende Untersuchungen an Probenmaterial aus dem Arbeitsgebiet soll versucht werden, zu einer dem Problem angemessenen Optimierung zu kommen. Trotzdem soll aber daneben bereits die rationelle Sedigraph-Methode (Röntgenstrahlungsmessung der Suspensionsdichte in einem kleinen Fallrohr) eingesetzt werden, um rechtzeitig zu Daten für die Komponentenanalyse zu kommen.

Die röntgendensitometrischen Messungen sollen mit der gleichen Zielsetzung fortgeführt werden, wie sie bereits im Erst-Antrag formuliert wurde: Quantitative Strukturanalyse von Sediment-Radiographien. Der bisher erreichte Stand der Entwicklung ermöglicht die Messung der Sediment-Parameter Spezifische Masse, Wassergehalt und Porosität im mm-Bereich. Über eine Kreuz-Korrelation dieser Parameter ist eine feinstratigraphische Auswertung ungestörter Proben möglich (s. Abschn. 5.4). Diese Methoden sollen in der routinemäßigen Anwendung optimiert werden.

Die ersten Versuche zur Extraktion von Lebensspuren sollen in enger Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern und Biologen zu einer praktikablen Methode für die Analyse von Bioturbations-Strukturen entwickelt werden.

Es wird angestrebt, diese röntgendensitometrischen Methoden ab 1989 für die geplanten regionalen Untersuchungen verfügbar zu haben.

#### 5) Eisdrift-Material

Die Untersuchungen an Eisdrift-Material zur Rekonstruktion der Oberflächenzirkulation im Spätpleistozän/Frühholozän wurde weitergeführt. Allerdings wurde das Thema durch den Eintritt von Dipl.-Geol. J.Bischof (nach Ausscheiden von Dipl.-Geol. R.Hübenthal) durch Einbeziehung auf der METEOR-Fahrt 2 gesammelten Materials aus der Norwegischen See großräumiger definiert. Im weiteren Verlauf der Arbeit soll mit Hilfe spezieller Bestimmungsmethoden eine Definition der Herkunftsgebiete und somit eine Rekonstruktion der Bewegungsrichtung spätpleistozäner Eisberge im Europäischen Nordmeer erfolgen. Die Ergebnisse sollen abschließend auch zur Interpretation von Ablagerungen quartärer Vereisungsphasen herangezogen werden. Im jetzigen Konzept des Teilprojekts hat dieses Thema allerdings einen engeren Bezug zum TP B2. Die Arbeit soll aber trotzdem bis zu ihrem Abschluß (1989) im TP A2 weitergeführt werden.

#### 5.6 Stellung innerhalb des SFB

Die bis jetzt nachgewiesenen engräumigen Sedimentationsunterschiede am Kontinentalhang und in der Tiefsee haben Konsequenzen für die Teilprojekte A1 und ganz besonders A3 und A4. Zunächst ist es die lokale Verteilung der Partikel, die Auswirkungen auf eine flächenhafte benthische Produktion und auf Unterschiede im Porenwasser-bezogenen chemischen Stoffkreislauf haben sollte. Diesen Aspekten wurde durch die Konzentration des Programms auf wenige Gebiete am Kontinentalhang und in der Tiefsee sowie durch Abstimmen von gemeinsamen Detail-Untersuchungsgebieten Rechnung getragen.

Beziehungen zu den Teilprojekten A3, A4 und B2 ergeben sich außerdem auch durch das Untersuchungsmaterial: in diesen Teilprojekten wird Oberflächensediment in Kastengreiferproben untersucht; die Methoden in TP A2 ergeben dabei ergänzende Parameter, die für die anderen Teilprojekte von Bedeutung sind und umgekehrt. Besonders hervorzuheben sind die verschiedenen, sich ergänzenden Ansätze zu dem Komplex der Bioturbation: im TP A3 der zoologisch-ökologische, im TP B2 der chronostratigraphische Aspekt der bioturbaten Sedimentmischung, gegenüber dem gefügeanalytisch-ichnologischen im TP A2. Die im Teilprojekt A4 geplanten <sup>210</sup>Pb Isotopenuntersuchungen sowie die Spurenmetalluntersuchungen sollen unserem Teilprojekt als wichtige Parameter der Fein-, Litho- und Chronostratigraphie bei der Untersuchung der Vermesungsboxen dienen. Mit dem Teilprojekt B1 verbinden uns die Stellung der wechselseitigen seismischen Apparaturen innerhalb eines "seismischen" Systems. Für die Frage der Entstehung von Sedimentwellen und für die Kartierung von Störungen in den Oberflächenschichten ist uns die Fortsetzung der Strukturen im tieferen Untergrund wichtig.

6. Teilprojekt A3: Reaktionen des Benthals auf den  
Partikelfluß

6.11 Fachgebiete und Arbeitsrichtung: Benthosökologie,  
Zoologie, Mikropaläontologie und Mikrobiologie.

6.12 Leiter:	Prof. Dr. G.F. Lutze	Prof. Dr. S.A. Gerlach
	Geol.- Paläont.-	Institut für Meereskunde
	Institut und Museum	an der
	der Universität Kiel	Universität Kiel
	Ludewig Meyn Str. 12	Düsternbrooker Weg 20
	2300 Kiel	2300 Kiel
	Tel. (0431) 880 2924	Tel. (0431) 597 4451

6.13 Personal Anfang 1988

	Name.akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunde Woche	im SFB tätig seit
<u>Grundausrüstung</u>	1.)Altenbach,A.	Mikropaläont.	GPI	15	7.85
<u>Wissenschaftler</u>	Dr.Hochschulass.				
	2.)Gerlach,S.A.,	Benthos- ökologie	IFM	10	7.85
	Dr. Professor				
	3.)Graf, G., Dr.	Benthos- ökologie	IFM	15	7.85
	Hochschulass.				
	4.)Lutze, G.F.,	Mikropaläont.	GPI	10	7.85
	Dr. Professor				
	5.)Meyer-Reil,	Mikrobiologie	IFM	15	1.88
	L.-A., Dr.				
	Hochschulass.				
	6.)Rheinheimer,	Mikrobiologie	IFM	5	1.88
	G., Dr.Professor				

	Name, akad.Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SFB tätig seit
nichtwissensch. Mitarbeiter	7.)Beumelburg,H. Büroangestellte		IfM	5	7.85
	8.)Hecht, B. Fotografin		GPI	3	7.85
	9.)Martens,V. Techniker		IfM	10	7.85
	10.)Salomon,B. techn. Angest.		GPI	10	7.85
	11.)Schmidtman, C..Büroangest.		GPI	5	7.85
	12.)Sell, H. Techniker		IfM	2	1.88
<u>Ergänzungsaus-</u> <u>stattung</u>	13.)Heeger, T. Doktorand	Benthos- ökologie	IfM	20	4.87
Wissenschaftler	14.)Linke, P. Doktorand	Benthos- ökologie	IfM	20	5.86
	15.)Romero- Wetzel, M. Doktorandin	Benthos- ökologie	IfM	20	7.85
	16.)Thies, A. Doktorandin	Mikropaläont.	GPI	20	7.87
nichtwissens. Mitarbeiter	17.)v.Brevern,B. techn. Angest.		GPI	20	11.85
	18.)Scheltz, A. techn. Angest.		IfM	20	7.85

## 6.2 Zusammenfassung

Das Teilprojekt A3 wird seine Untersuchungen zur Reaktion des Benthals auf die Saisonalität des Partikelflusses fortsetzen. Hierzu soll die begonnene Aufnahme eines Jahresganges auf dem Vöring-Plateau vervollständigt und soll im Bereich des Ostgrönlandstromes die Untersuchung eines Jahresganges im Frühling begonnen werden. In diesem Kaltwasser Ausstrom aus dem Nordpolarmeer wird eine noch ausgeprägtere Saisonalität als auf dem Vöring-Plateau erwartet. Für die Verfolgung kurzfristiger Prozesse am Meeresboden ist beabsichtigt, den Schwerpunkt auf die experimentelle Simulation an Bord zu legen. Neben Tracer-Untersuchungen zur Bioturbation werden bei diesen Experimenten benthische Foraminiferen eine zentrale Rolle spielen. Geplant sind Untersuchungen zur Biomasseproduktion, über die Rolle in der Nahrungskette, die Wechselbeziehungen mit Bakterien und die Bedeutung von Mikrohabitaten. Zur besseren Interpretation von Isotopenverhältnissen in Sedimentkernen ist beabsichtigt, den Vitaleffekt bei Foraminiferen zu bestimmen.

Der besondere Lebensraum der Tiefseekuppen soll an je einem Beispiel im Norwegen- und im Ostgrönlandstrom untersucht werden, denn es kann mit erhöhter Sedimentation auf den Kuppen gerechnet werden. Das sollte zu einer deutlicheren Erhaltung pelagischer und benthischer Marker im Sediment führen. Ein mikrobiologisch orientiertes Arbeitsprogramm soll die biologische Grundlage geochemisch bestimmbarer Gradienten untersuchen, insbesondere im Bereich der Sulfat/Sulfid-Chemokline.

## 6.3 Stand der Forschung

Trotz umfangreicher internationaler Programme zur Erforschung des Partikelflusses in den Ozeanen wie VERTEX (Vertical Transport and Exchange, Pace et al., 1987) und GOFs (Global Ocean Flux Study, Brewer et al., 1986) sind nur wenige quantitative Daten veröffentlicht, welche die Saisonalität des Eintrages organischer Substanz zum Meeresboden der Tiefsee belegen (Deuser, 1986). Nach wie vor werden Flußraten für den Tiefseeboden auf Jahresbasis bezogen und entsprechend bilanziert (Rowe und Deming, 1985; Gardener et al., 1985). Qualitativ zeigte sich jedoch, daß

besonders nach Frühjahrsplanktonblüten intakte Diatomeenzellen in der nepheloiden Grenzschicht am Meeresboden erscheinen (Billet et al., 1983, Pfannkuche 1985), und in mehr als 4000 m Wassertiefe wurden intakte Planktonzellen in Polychaetenröhren gefunden (Aller und Aller, 1985).

Der Abbau dieser sedimentierten organischen Substanz erfolgt überwiegend aerob (> 90%). Übereinstimmung ergibt sich dabei zwischen der in situ Respirationsmessung mit Glockensystemen und der Berechnung der Sauerstoffflußraten über die Messung von O<sub>2</sub>-Mikroprofilen im Sediment (Reimers und Smith, 1986; Reimers et al., 1986). Demnach findet der überwiegende Abbau im obersten Zentimeter des Sedimentes statt. Erstaunlicherweise unterscheiden sich auch die bordseitig bestimmten Mikroprofile nur unwesentlich von den in situ Messungen, so daß Sauerstoffmessungen an Bord vielversprechender sind als in der Literatur angegeben. Über profilierende Aktivitätsmessungen in situ mit gelösten Tracern wurde bisher nur von Wirsen und Jannasch (1986) berichtet.

Sedimentierendes partikuläres organisches Material wird überwiegend durch autochthone Mikroorganismen abgebaut, welche an die in der Tiefsee herrschenden Druckverhältnisse adaptiert sind (Karl et al. 1984; Silver et al. 1984; Deming 1985). Bis heute konnten nur wenige barophile Bakterienstämme isoliert werden; sie stammen zumeist von sehr speziellen, nährstoffangereicherten Habitaten, wie dem Darm von Invertebraten (Deming et al. 1981; Deming und Colwell 1982) oder von sich zersetzenden Krebspanzern (Yayanos et al. 1979; Yayanos et al. 1982). Untersuchungen mit natürlichen benthischen Bakterienpopulationen zeigen, daß ihr Stoffwechsel durch den Druck eher negativ beeinflusst wird. Inkubationen nach Anreicherung mit radioaktiven Substraten führten zu einer Reduktion der bakteriellen Umsatzraten unter in situ Druckverhältnissen (Schwarz und Colwell 1975; Jannasch 1979; Tabor et al. 1982; Jannasch und Taylor 1984). Hingegen konnten Deming und Colwell (1985) zeigen, daß der Umsatz radioaktiv markierter Glutaminsäure in Tiefseesedimenten unter in situ Druck höher als bei Normaldruck war. Es sollte jedoch berücksichtigt werden, daß selbst unter der Annahme von linearen Aufnahmezeiten die Unterschiede in der bakteriellen Aktivität zwischen den bei Normaldruck und bei 400 bar inkubierten Proben als gering bezeichnet werden müssen.

Die Autoren schreiben die gemessenen Aktivitäten der autochthonen, barophilen Bakterienpopulation zu und betonen den essentiellen Charakter von kurzen Inkubationszeiten (Bereich: wenige Tage) und geringen Substratkonzentrationen ( $<10 \mu\text{g pro l}$ ) für derartige Experimente. Der hohe Prozentsatz, zu dem die dem Sediment zugesetzte Glutaminsäure veratmet wurde (ca. 90%), deutet auf eine geringe bakterielle Biomasseproduktion hin. Die bakterielle Generationszeit ist offenbar in Wochen oder Monaten zu messen (Deming 1984). Durch Untersuchungen in anderen Meeresgebieten konnten diese Ergebnisse bestätigt werden, und es konnten nach Angabe der Autoren auch Reinkulturen barophiler Bakterienstämme isoliert werden (Rowe und Deming 1985). Neben der Konzentration spielt offenbar auch die Art der zugesetzten Kohlenstoffquelle eine bedeutende Rolle für die Stimulation der autochthonen Bakterienpopulationen. So führte z.B. die Anreicherung partikulären Materials mit Chitin zu meßbaren Bakterien-Generationszeiten (Deming 1985). Aus den vorhandenen Literaturdaten wird deutlich, daß die Frage der Stimulation bakterieller Aktivitäten durch in situ Druckverhältnisse noch nicht ausdiskutiert ist.

Die Verfügbarkeit von Energie stellt ein Schlüsselproblem für die benthischen Bakterienpopulationen in größeren Wassertiefen dar. Ein Teil der Bakterien mag mit höheren Organismen direkt oder indirekt vergesellschaftet sein und somit einen erweiterten Zugang zu Nährstoffen besitzen. Der Großteil der Sedimentbakterien ist hingegen an geringe Nährstoffkonzentrationen angepaßt (Morita 1979a) und hat Mechanismen entwickelt, in Zeiten mit Nährstoffmangel den Stoffwechsel zu reduzieren, eine Strategie, die das völlige Erschöpfen der Nährstoffe verhindert und somit das Überleben der Arten sichert (Morita 1979b). Es ist davon auszugehen, daß bei Nährstoffmangel die Bakterien ihre Biomasse reduzieren und als Hungerformen überdauern (Novitzky und Morita 1976). Da die in der Literatur angegebenen Daten ausschließlich Einzelbeobachtungen darstellen, ist über die Reaktion benthischer Bakterien auf den Eintrag von Nährstoffen in das Sediment nichts bekannt. Das sedimentierende Material ist ausschließlich partikulärer Natur, und es ist anzunehmen, daß extrazelluläre Enzyme eine bedeutende Rolle im bakteriellen Stoffwechsel spielen. Auch



eine chemolithotrophe Ernährung der Bakterien durch Oxidation anorganischer Verbindungen in größeren Wassertiefen wäre denkbar (Nealson 1982).

Im Gegensatz zu den Aktivitätsmessungen mit Maxima an der Sedimentoberfläche wurden unterhalb der Sedimentoberfläche Maxima bei Bakterienzahlen und ATP-Biomasse beobachtet (Aller und Aller, 1985; Rowe und Deming, 1985; Craven et al., 1986). Insbesondere bei benthischen Foraminiferen zeigte sich, daß kleine agglutinierende Formen maximale Verbreitungen in einigen Zentimetern Sedimenttiefe aufweisen können (Corliss, 1985; Godday, 1986). Diese Ergebnisse belegen, daß sich auch in der Tiefsee spezielle Mikrohabitate bilden, die zu erhöhter Diversität der Foraminiferen-Fauna führen. Aller und Aller (1985) wiesen erhöhte ATP-Biomasse-Werte in Gangwänden von Polychaetenröhren nach. Die Wohnröhren beeinflussten ihre Sedimentumgebung bis zu 3 cm Entfernung und auf der ganzen Länge ihrer Tiefenerstreckung.

Über Bauten und Gänge kann die Makrofauna also zu einer schnellen Tiefenwirkung sedimentierten Materials beitragen. Auch über Partikelumlagerungen können Tracer, die den Meeresboden erreichen, schnell eingegraben werden. Ein in-situ Experiment an Echiuriden-Hügeln zeigte, daß Glasperlen mit einer Geschwindigkeit von 2 cm pro Monat eingegraben wurden (Smith et al., 1986).

Ein besonderer Lebensraum der Tiefsee scheinen Tiefseekuppen zu sein. Sie zeichnen sich durch erhöhte bzw. verringerte Sedimentation in bestimmten morphologischen Bereichen der Erhebung aus (Roberts et al., 1974), ein Effekt, der sich teilweise durch ihre Wirkung auf die Strömung in einem geschichteten Wasserkörper erklärt (Taylor-Säule, Owens und Hogg, 1980). Wahrscheinlich spielt auch eine Konzentrierung des Partikelflusses durch laterale Advektion an topographisch prädestinierten Stellen, wie z.B. am Fuß der Tiefseekuppe, oder an einem Knick im Hang der Kuppe eine Rolle (siehe TP A2). Tiefseekuppen erscheinen deshalb besonders geeignet, die Reaktionen des Benthals auf den vom Kontinentalhang unabhängigen Partikelfluß zu studieren.

Die Untersuchungen an lebenden benthischen Foraminiferen haben in den letzten Jahren wesentliche Impulse durch biologische Arbeiten und Untersuchungsmethoden erhalten. Nach der Einführung von Vitalfärbetechniken zu Beginn der 50er Jahre wurde, vornehmlich von Paläontologen, eine Vielzahl von Einzelergebnissen und regionalen Artenverteilungen beschrieben (s. Zusammenfassung in Boltovskoy und Wright, 1976). Für die Interpretation fossiler Vergesellschaftungen wurden solche Untersuchungen generell als wichtige Zusatzinformationen betrachtet (Murray 1984); aber erst die Einbindung dieser Artenverteilungen in die komplexen ökologischen Rahmenbedingungen, in die Nahrungsketten und die Biomasseverteilungen hat in jüngerer Zeit die überragende Bedeutung der Benthosforaminiferen für die gesamte Struktur des Meiobenthos der Tiefsee aufgezeigt (Smith et al. 1976, Snider et al. 1984, DeLaca 1986).

#### Literatur:

- Aller, J.Y. und Aller, R.C. (1985): Evidence for localized enhancement of biological activity associated with tube and burrow structures in deep-sea sediments of the HEBBLE site, western North Atlantic. - Deep-Sea Res. 33: 755-790
- Billet, D.S.M., Lampitt, R.S., Rice, A.L. und Montoura, R.F.C. (1983): Seasonal sedimentation of phytoplankton to the deep-sea benthos. - Nature 302: 520-522
- Boltovskoy, E. & Wright, R. (1976): Recent Foraminifera. - Dr. W. Junk Publ., The Hague, 515 p.
- Brewer, P.G., Bruland, K.W., Eppley, R.W. und McCarthy, J.J. (1986): The Global Ocean Flux Study (GOFS): Status of the U.S. GOFS PROGRAMM. EOS 67: 827-832
- Corliss, B.H. (1985): Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments. - Nature 314: 435-438
- Craven, D.B., Jahnke, R.A. und Carlucci, A.F. (1986): Fine-scaled vertical distributions of microbial biomass and activity in California Borderland sediments. - Deep-Sea Res. 33: 379-390
- Deming, J.W. (1985): Bacterial growth in deep-sea sediment trap and boxcore samples. - Prog. Ecol. Prog. Ser. 25: 305-312

- Deming, J.W., Tabor, P.S. und Colwell, R.R.: Barophilic growth of bacteria from intestinal tracts of deep-sea invertebrates. - *Microb. Ecol.* 7: 85-94
- Deming, J.W. und Colwell, R.R. (1982): Barophilic bacteria associated with digestive tracts of abyssal holothurians. - *Appl. Environ. Microbiol.* 44: 1222-1230
- Deming, J.W. und Colwell, R.R. (1985): Observations of barophilic microbial activity in samples of sediment and intercepted particulates from the Demerara abyssal plain. - *Appl. Environ. Microbiol.* 50: 1002-1006
- Deuser, W.G. (1986): Seasonal and interannual variations in deep water particle fluxes in the Sargasso Sea and their relation to surface hydrography. *Deep-Sea Res.* 33: 225-246
- Gooday, A.J. (1986): Meiofaunal foraminiferans from the bathyal Porcupine Seabight (northeast Atlantic): size structure, standing stock, taxonomic composition, species diversity and vertical distribution in the sediment. - *Deep-Sea Res.* 33: 1345-1373
- Jannasch, H.W. (1979): Microbial turnover of organic matter in the deep-sea. - *Bioscience* 29: 228-232
- Jannasch, H.W. und Taylor, C.D. (1984): Deep-sea microbiology. - *Ann. Rev. Microbiol.* 38: 487-514
- Karl, D.M., Knauer, G.A., Martin, J.H. und Ward, B.B. (1984): Bacterial chemolithotrophy in the Ocean is associated with sinking particles. - *Nature* 309: 54-56
- Morita, R.Y. (1979a): Deep-sea microbial energetics. - *Sarsia* 64: 1-12
- Morita, R.Y. (1979b): Current status of the microbiology of the deep sea. - *Ambio Special Report* 6: 33-36
- Murray, J. W. (1984): Benthic Foraminifera : Some relationships between ecological observations and palaeoecological interpretations. - *Benthos 83'*, 2nd Int. Symp. Benthic Foraminifera (Pau, April 1983): 465-469.
- Nealson, K.H. (1982): Bacterial ecology of the deep sea. In: Ernst, W.G. & Morin, J.G., (eds.). *The environment of the deep sea.* - Vol. II, pp. 179-200. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New York.

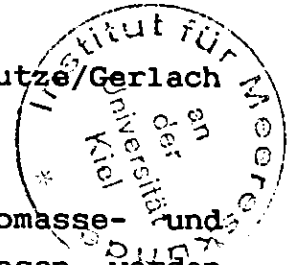
- Novitzky, J.A. und Morita R.Y. (1976): Morphological characterization of small cells resulting from nutrient starvation of a psychrophilic marine vibrio. - Appl. Environ. Microbiol. 32: 617-622
- Owens, B.W. und Hogg, N.G. (1980): Oceanic observations of stratified Taylor columns near a bump. - Deep-Sea Res. 27: 1029-1045
- Pace, M.L., Knauer, G.A., Karl, D.M. und Martin, J.H. (1987): Primary production, new production and vertical flux in the Eastern Pacific Ocean. - Nature 325: 803-804
- Pfannkuche, O. (1985): The deep sea meiofauna of the Porcupine sea-bight and abyssal plain (NE-Atlantik). Population structure, distribution, standing stocks. - Oceanologica Acta 8: 343-353
- Reimers, C.E. und Smith, K.L.jr. (1986): Reconciling measured and predicted fluxes of oxygen across the deep sea sediment-water interface. - Limnol. Oceanogr. 31: 305-318
- Reimers, C.E., Fischer, K.M., Merewether, R., Smith, K.L.jr. und Jahnke, R.A. (1986): Oxygen microprofiles measured in situ in deep ocean sediments. - Nature 320: 741-744
- Roberts, D.G., Hogg, N.G., Bishop, D.G. und Flewelling, C.G. (1974): Sediment distribution around moated seamounts in the Rockall Trough. - Deep-Sea Res. 21: 175-184
- Rowe, G.T. und Deming, J.W. (1985): The role of bacteria in the turnover of organic carbon in deep-sea sediments. - J. Mar. Res. 43: 925-950
- Schwarz, J.R. und Colwell, R.R. (1975): Heterotrophic activity of deep-sea sediment bacteria. - Appl. Microbiol. 30: 639-649
- Silver, M.W., Gowing, M.M., Brownlee und D.C. Corliss (1984): Ciliated protozoa associated with oceanic sinking detritus. - Nature 309: 246-248
- Smith, C. R., Jumars, P.A. und DeMaster, D.J. (1986): In situ studies of megafaunal mounds indicate rapid sediment turnover and community response at the deep-sea floor. - Nature 323: 251-253
- Smith, K. L., Jr., Clifford, C. H., Ellison, A. H., Walden, B., Rowe, G. T. und Teal, J. M. (1976): A free vehicle for measuring benthic community metabolism. - Limn. Oceanogr., 21: 164-170

- Snider, L. J., Burnett, R. R. und Hessler, R. R. (1984): The composition and distribution of meiofauna and nanobiota in a central North Pacific deep-sea area. - *Deep Sea Res.*, 31: 1225-1249
- Tabor, P.S., Deming, J.W., Ohwada, K. und Colwell, R.R. (1982): Activity and growth of microbial populations in pressurized deep-sea sediment and animal gut samples. - *Appl. Environ. Microbiol.* 44: 413-422
- Wirsen, C.O. und Jannasch, H.W. (1986): Microbial transformations in deep-sea sediments: free-vehicle studies. - *Mar. Biol.* 91: 277-284
- Yayanos, A.A., Dietz, A.S. und Van Boxtel, R. (1979): Isolation of a deep-sea barophilic bacterium and some of its growth characteristics. - *Science* 205: 808-810
- Yayanos, A.A., Dietz, A.S. und Van Boxtel (1982): Dependence of reproduction rate on pressure as a hallmark of deep-sea bacteria. - *Appl. Environ. Microbiol.* 44: 1356-1361

#### 6.4 Eigene Vorarbeiten

Es existieren bereits Untersuchungen zur Reaktion des Benthals auf den Partikelfluß im Flachwasser der Kieler Bucht. Hierbei konnten wesentliche Prozesse der benthisch-pelagischen Kopplung zu einem Modell zusammengesetzt und im Laborversuch simuliert werden (Graf 1987a; Graf, 1987b). Erstmals war es möglich, zwischen den Auswirkungen frisch sedimentierter und refraktärer organischer Substanz auf das Benthos zu differenzieren (Czytrich et al. 1986). Einzelne Organismengruppen reagieren unmittelbar auf die Anreicherung von organischer Substanz im Sediment. Bakterien zeigen zunächst Biomasseproduktion und anschließend Zellteilung (Meyer-Reil 1983; 1984; 1986b; Meyer-Reil und Graf 1986).

Foraminiferen reproduzieren bevorzugt nach der Sedimentation von Planktonblüten (Altenbach, 1985). Durch Untersuchung der Nahrungsvakuolen in den Tiefsee-Foraminiferen konnte die Aufnahme frisch sedimentierter Kleindiatomeen, die in großer Zahl auch in den Sedimentfallen (TP A1) auftraten, beobachtet werden. In Auftriebsgebieten konnte eine enge Korrelation zwischen der



Primärproduktion in der euphotischen Zone und der Biomasse- und Artenverteilung benthischer Foraminiferen nachgewiesen werden (Lutze et al., 1986; Altenbach, 1987a).

Im Hinblick auf die Untersuchungen zur benthisch-pelagischen Kopplung im Europäischen Nordmeer wurden umfangreiche methodische Entwicklungen durchgeführt: Verfahren zur Biomassebestimmung einzelner benthischer Foraminiferen (Altenbach, 1988), der Bau eines an Bord betriebenen und mit Druckkammern ausgestatteten Mehrfachkalorimeters (Graf et al., 1988, Altenbach und Weinholz 1987), die Entwicklung einer Tracer-Methode, wobei der Partikeltransport im Sediment mit Luminophoren verfolgt werden kann (Mahaut und Graf, 1987), Methoden zur Bestimmung des exoenzymatischen Abbaus höher molekularen Materials und Methoden für die Analyse der mikrobiellen Aufnahme gelöster organischer Substrate in ungestörten marinen Sedimenten (Meyer-Reil 1986a; Meyer-Reil, 1987).

1985 - 1987 konnte an zwei Stationen auf dem Vöring-Plateau eine Zeitreihe von Anfang Mai bis Ende Juli auf den Expeditionen "POSEIDON" 119, 128 sowie "METEOR" 2/1+2 bearbeitet werden. Eine Station am Fuße des Kontinentalhanges (960 m) zeigte einen Anstieg der  $O_2$ -Zehrung um den Faktor 4. In diesem Sediment war schon Anfang Mai frisches Chlorophyll a nachzuweisen. Auf dem zentralen Vöring-Plateau (1426 m) verdoppelte sich die  $O_2$ -Zehrung des Sedimentes unmittelbar nach der Sedimentation des ersten Phytoplanktons Ende Juni. Innerhalb weniger Tage wurde das Chlorophyll a mehrere Zentimeter ins Sediment eingearbeitet. Ein vergleichbares Ergebnis ergab ein Laborversuch an Bord. Dieses Resultat weist darauf hin, daß Druckeffekte bei dieser Wassertiefe noch zu vernachlässigen sind. Eine schnelle Tiefenwirkung der frisch sedimentierten organischen Substanz läßt sich auch aus den Ergebnissen der Wärmeproduktionsmessung und der exoenzymatischen Abbauversuche ableiten, bei denen wiederholt Maxima unterhalb der Sedimentoberfläche angetroffen wurden. Dieser schnelle Transport ins Sediment ist nicht durch eine generelle Partikelumlagerung zu erklären, sondern erfolgt höchstwahrscheinlich durch Gänge und Bauten der Makrofauna. Von besonderer Bedeutung dürften die < 1 mm dünnen, aber sehr tiefreichenden Gänge der Sipunculiden (Gattung Nephrosoma) sein, von denen bis zu

11000 Gänge pro Quadratmeter nachgewiesen wurden (Romero-Wetzel, 1987). Die Gänge dieses Sipunculiden wurden als "Lebensspuren" ähnlich *Trichichnus* identifiziert.

Spezielle Mikrohabitats wurden an den Gangwänden von Enteropneusten und Echiuriden untersucht (Romero-Wetzel, submitted; Jensen, 1988a, 1988b und Manuskript). Während die Gangwände der Enteropneusten faunafrei waren, was bei vergleichbaren Flachwasser-Arten auf die Ausscheidung von Bromphenol zurückzuführen ist, wurde an den Gangwänden des Echiuriden eine hohe Meiofauna-Individuendichte angetroffen, die auch in der Artenzusammensetzung mit der Sedimentoberflächen-Fauna vergleichbar war. Besonders häufig waren kleine agglutinierte Foraminiferen ( $< 63 \mu\text{m}$ ); die Nematoden zeichnen sich durch eine extreme Diversität aus (Jensen, 1988b). An den Gangwänden wurde eine beträchtlich höhere bakterielle Biomasse als im umgebenden Sediment beobachtet.

Bei der Untersuchung des sekundären Hartsubstrates (Polychaeten-Röhren, Crinoidenstiele, Crustaceen) bewährte sich der Ansatz, benthische Foraminiferen lebend zu beobachten. Auf diesem Substrat wurden lebende *Cibicidoides wuellerstorfi* in so großer Anzahl gefunden, daß das weit verbreitete Vorkommen ihrer fossilen Gehäuse im Sediment allein über diese Populationen erklärt werden kann. Im oder auf dem Sediment traten keine lebenden Tiere auf. Da sie ihre Nahrung aus dem bodennahen Wasser beziehen, kann auch ihr artspezifisches, dem Equilibrium der Bodenwassermasse sehr nahes Isotopenverhältnis ( $\delta^{13}\text{C}$ ) begründet werden (Altenbach et al., Manuskript; Lutze und Thiel, 1987). Derartige Beobachtungen sind für die Auswertung von Isotopen-Kurven an fossilen Benthosforaminiferen von großer Bedeutung (TP B2, Zahn et al. 1986). Die Tiefenverteilung der Benthosforaminiferen im Sediment zeigt eine deutliche Tiefenstaffelung, die ebenfalls im Hinblick auf mikropaläontologische/isotopische Bearbeitungen von Kernmaterial weitreichende Konsequenzen hat. Um den Einfluß saisonaler Wanderungen einzelner Arten abzuklären, wurde eine Beprobungsserie zu unterschiedlichen Jahreszeiten begonnen.

Bei den Arbeiten mit dem Großkastengreifer wurde der Biocontainer mit seinen speziellen Einrichtungen für die Beobachtung, Dokumentation und Probennahme intensiv genutzt. Wichtige Informationen

zur Verteilung der Meiofauna im Sediment und der Struktur und Besiedlung von Mikrohabitaten basieren auf dem Einsatz dieses Gerätes, das vom SFB 313 entwickelt wurde und sich bisher sehr bewährt hat.

Die Übertragung der Ergebnisse über rezente Foraminiferen auf die Interpretation fossiler Artengemeinschaften (Altenbach, 1985) wurde weiter entwickelt, und entsprechende Computerprogramme sind einsatzfähig. Die bereits erwähnte Station am Fuß des Kontinentaltanges ist durch intensive laterale Advektion beeinflusst (siehe TP A2). In einer Tiefe zwischen 900 und 1200 m wurde ein Maximum an Chlorophyll a und Protein im Sediment gefunden, das mit einem Maximum an benthischen Foraminiferen und Nematoden korreliert (Jensen, Manuskript). Dieser laterale Transport der auf dem Schelf produzierten organischen Substanz scheint auch Nahrungsgrundlage filtrierender benthischer Foraminiferen (hauptsächlich *Rupertina stabilis*) zu sein (vgl. Lutze und Altenbach, 1987), die in einem "Suspensionsfresser-Gürtel" zwischen 600 und 800 m Wassertiefe hohe Biomasse aufbauen (Lutze 1984; Linke 1986; Lutze und Altenbach, 1987).

#### Literatur:

- Altenbach, A. V. (1985): Die Biomasse der benthischen Foraminiferen. Auswertungen von "Meteor"-Expeditionen im östlichen Nordatlantik. - Dissertation, Universität Kiel.
- Altenbach, A. V. (1987a): The measurement of organic carbon in Foraminifera. - J. Foram. Res. 17(2): 106-109
- Altenbach, A. V. (1988): Deep sea benthic foraminifera and flux rates of organic carbon. - Benthos '86; 3rd Int. Symp. Benthic Foraminifera / Geneve, (in press).
- Altenbach, A. V., Linke, P. und Romero-Wetzel, M.: Observations on live habitats of *Cibicidoides wuellerstorfi* in the Norwegian Sea. (Manuskript in Vorbereitung).
- Altenbach, A. V., Unsöld, G. und Walger, E. (1987): The hydrodynamic environment of *Saccorhiza ramosa*. Ber. Sonderforschungsbereich 313 6, 47-68
- Altenbach, A. V. und Weinholz, P. (1987): GEM im Labor. - ST-Computer, 5: 75-78



- Czytrich, H., Eversberg, U. und Graf, G. (1986): Interaction between Pelagial and Benthic during autumn in Kiel Bight. II. Benthic activity and chemical composition of organic matter. - *Ophelia*, 26: 123-133
- Graf, G. (1987a): Benthic response to the Annual Sedimentation Patterns. In: Rumohr, J., Walger, E. and Zeitzschel, B., Seawater-Sediment Interactions in Coastal Waters. An Interdisciplinary Approach. - Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies, 13: 84-92
- Graf, G. (1987b): Benthic energy flow during a simulated autumn bloom sedimentation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 39: 23-29
- Graf, G., Martens, V., Queisser, W., Weinholz, P. und Altenbach, A. (1988): A multicalorimeter for the study of biological activity production in marine sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* (in press)
- Jensen, P.: Meiofauna in the burrows of deep-living macrofauna and a concept of water-sediment interfaces. (Manuskript).
- Jensen, P. (1988a): Nematode community structure in the deep sea of the Norwegian-Greenland Sea. *Deep-Sea Research* (submitted)
- Jensen, P. (1988b): Four new nematode species, abundant in the deep sea benthos of the Norwegian Sea. *Sarsia* (submitted)
- Linke, P. (1986): Biomasse und Stoffwechsellistung benthischer Foraminiferen. - Diplomarbeit, Universität Kiel.
- Lutze, G. F. (1984): "In vivo" - Untersuchungen an Benthosforaminiferen. In: Augstein, E., Hempel, G., Schwarz, J., Thiede, J. und Weigel, W., Die Expedition ARKTIS II des FS "Polarstern" 1984. - *Ber. Polarforsch.*, 20: 125-125
- Lutze, G.F. und Altenbach, A. (1987): *Rupertina stabilis* (WALLICH), eine hochangepasste, filtrierende Benthos-Foraminifere. *Ber. Sonderforschungsbereich 313* 6, 31-46
- Lutze, G. F., Pflaumann, U. und Weinholz, P. (1986): Jungquartäre Fluktuationen der benthischen Foraminiferenfaunen in Tiefsee-Sedimenten vor NW-Afrika. - Eine Reaktion auf Produktivitätsänderungen im Oberflächenwasser. - "Meteor" Forsch.-Ergebnisse, Reihe C, 40: 163-180
- Lutze, G.F. und Thiel, H. (1987): *Cibicidoides wuellerstorfi* and *Planulina ariminensis*, elevated epibenthic Foraminifera. *Ber. Sonderforschungsbereich 313* 6, 17-30

- Mahaut, M.-L. und Graf, G. (1987): A luminophore tracer technique for bioturbation studies. *Oceanol. Acta* 10: 323-328
- Meyer-Reil, L.-A. (1983): Benthic response to sedimentation events during autumn to spring at a shallow water station in the Western Kiel Bight. II. Analysis of benthic bacterial populations. - *Mar. Biol.* 77: 247-256
- Meyer-Reil, L.-A. (1984): Seasonal variations in bacterial biomass and decomposition of particulate organic material in marine sediments. - *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 19: 201-206
- Meyer-Reil, L.-A. (1986a): Measurement of hydrolytic activity and incorporation of dissolved organic substrates by microorganisms in marine sediments. - *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 31: 143-149
- Meyer-Reil, L.-A. (1986b): Spatial and temporal distribution of bacterial populations in marine shallow water surface sediments. In: Lasserre, P. & Martin, J.-M., eds., *Biogeochemical processes at the land-sea boundary*. Elsevier, Amsterdam: pp. 141-160.
- Meyer-Reil, L.-A. und Graf, G. (1986): Seasonal development of bacterial communities in a coastal marine sediment as related to the input of organic material. *Ifremer, Actes de Colloques*, 3: 55-59
- Meyer-Reil; L.-A. (1987): Seasonal and spatial distribution of extracellular enzymatic activities and microbial incorporation of dissolved organic substrates in marine sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 53: 1748-1755
- Romero-Wetzel, M. (1987): Sipunculans as inhabitants of very deep, narrow burrows in deep-sea sediments. *Mar. Biol.* 96, 87-91
- Romero-Wetzel, M.: Branched burrow-systems of the Enteropneust *Stereobalanus canadensis* in deep-sea sediments, Vöringplateau, Norway. *Deep Sea Res.* (submitted)
- Zahn, R., Winn, K. und Sarnthein, M. (1986): Benthic foraminiferal <sup>13</sup>C and accumulation rates of organic carbon: *Uvigerina peregrina* and *Cibicidoides wuellerstorfi*. - *Paleoceanography*, 1: 27-42

## 6.5 Ziele, Methoden, Arbeitsprogramm, Zeitplan

1. Jahresgänge im Bereich des Norwegen- und Ostgrönlandstromes  
Bisher wurde die Abhängigkeit der benthischen Organismen von der saisonalen aus dem Pelagial stammenden Partikelsedimentation für den Zeitraum Ende Winter bis Mitte Sommer bearbeitet. Die noch zur Vervollständigung eines Jahresganges fehlenden Meßpunkte an der Zentralstation auf dem zentralen Vöring-Plateau und an einer Station am Norwegischen Kontinentalhang können auf der geplanten METEOR-Reise 1988 (August bis Oktober) gewonnen werden.

Eine durch die Eisbedeckung noch ausgeprägtere Saisonalität ist im Bereich des Ostgrönlandstromes zu vermuten. Hier soll ebenfalls ein Jahresgang begonnen werden und zunächst der Frühjahrsaspekt im Mittelpunkt stehen. Durch die spezielle Flora und Fauna unter der Eisbedeckung, von der man vermutet, daß sie beim Abschmelzen des Eises sedimentiert, ist ein sehr kurzfristiger zusätzlicher Eintrag organischen Materials zu erwarten. Zunächst soll ein Profil in Höhe Scoresby Sund bearbeitet werden, um eine geeignete Dauerstation zu finden, die dann in den Jahren 1989/90 zu einem vollständigen Jahresgang ausgebaut werden kann. Für dieses Vorhaben bemühen wir uns im Frühjahr 1989 und im Herbst 1990 um den Einsatz von FS "POLARSTERN" und im Sommer 1989 um den Einsatz von FS "POSEIDON". Zur Vervollständigung der Jahresgänge und für die im Weiteren beschriebenen bordseitigen Experimente sind nur jeweils wenige Tage im Untersuchungsgebiet erforderlich, so daß diese Vorhaben leicht in andere Expeditionen eingegliedert werden können.

### 2. Simulation von Sedimentationsereignissen an Bord

Zur Laborsimulation der Reaktion benthischer Organismen auf einen Nahrungseintrag sollen 3 Hälterungsanlagen mit jeweils 30 Sedimentkernen (10 cm Durchmesser) an Bord eingerichtet werden. Diese hohe Anzahl ist erforderlich, um eine Zeitspanne von 4-6 Wochen, einschließlich der erforderlichen Parallelen und Kontrollen an 5 Meßterminen bearbeiten zu können.

Während dieser Experimente soll die Lebendbeobachtung an benthischen Foraminiferen fortgesetzt werden, dabei soll ihr Energiestoffwechsel mit ETS-(electron transport system)-Messungen und

Mikrokalorimetrie untersucht und durch elektronenmikroskopische Analysen der Nahrungsvakuolen ihre Rolle in der Nahrungskette analysiert werden. Es soll geklärt werden, welche StoffwechsellLeistungen von Foraminiferen selbst erbracht werden, und inwieweit sie auf die Leistungen von Bakterien angewiesen sind. Hierzu sind enzymatisch- mikrobiologische Methoden auf Foraminiferen zu übertragen. Dabei soll schrittweise zunächst die Ökologie derjenigen Benthosforaminiferen näher untersucht werden, die in fossilen Artengemeinschaften dominieren oder markante Wechsel aufweisen.

Die vorhandene Anlage zur Messung der Biomasse einzelner Foraminiferen (C org.) soll ausgebaut werden. Bisher wurde bei den Messungen der Kohlenstoff der Gehäuse und des Plasmas isoliert in CO<sub>2</sub> überführt und abgeblasen bzw. neutralisiert. Dieses CO<sub>2</sub> soll über ein System von Kältefallen gereinigt und isoliert und dann der Isotopenmessung zugeführt werden. Aus der Relation zwischen organischem Kohlenstoff (Plasma) und anorganischem Kohlenstoff (Gehäuse) soll ermittelt werden, wie weit biologische Prozesse die Isotopenzusammensetzung der Gehäuse beeinflussen. Als Ziel wird eine Interpretation von Kohlenstoffisotopen angestrebt, von ähnlicher Bedeutung für Paläoproduktionsmessungen, wie sie heute Sauerstoffisotope für paläoklimatologische Untersuchungen besitzen. In Zusammenarbeit mit den biologischen Fütterungsexperimenten besteht zusätzlich die Möglichkeit, diesen "Vitaleffekt" unter Laborbedingungen zu verfolgen (Tracer).

Die Tiefenwirkung der simulierten Sedimentationsereignisse kann anhand der ATP-Biomasse, der Wärmeproduktion, der exoenzymatischen Aktivitäten und der mikrobiellen Aufnahme gelöster organischer Substrate schichtweise bis zu 20cm Sedimenttiefe verfolgt werden. Untersuchungen an Bakterien und Meiofauna sollen eine Aufschlüsselung der Gesamtparameter ermöglichen. Die Geschwindigkeit des Partikeltransportes im Sediment wird als gesonderte Fragestellung mit Hilfe der Luminophoren-Technik und mit Pigmentanalysen bearbeitet werden.

Bei der Hälterung an Bord zeigte sich in Vorversuchen, daß bereits nach wenigen Stunden tierische Bauten und Gänge, die durch die Probennahme "verschüttet" wurden, wieder an der Sedi-

mentoberfläche sichtbar werden. Das Mikromilieu, welches durch das entsprechende Tier geschaffen wird, kann in geeigneten Fällen kleinskalig beprobt und mit den oben beschriebenen Methoden untersucht werden.

Die Sedimente für diese Experimente sollen an den Dauerstationen flacher als 1500m genommen werden, so daß die Druckeffekte gering sein sollten und die beobachteten Reaktionen mit den in situ ablaufenden Prozessen verglichen werden können. Die Kontrollen bieten die Möglichkeit, den Hälterungseffekt abzuschätzen. Der Druckeffekt wird in Druckkammern des Mehrfachkalorimeters überprüft werden.

Für September 1988 ist die Simulation eines Herbst-Sedimentationsereignisses an Bord von FS "METEOR" geplant und für 1989 die Simulation der Frühjahrssituation. Gegebenenfalls könnte dieses Experiment auch an Land durchgeführt werden, so daß für die Probennahme nur wenige Schiffstage beansprucht werden.

3. Lebens- und Sedimentationsverhältnisse auf Tiefseekuppen  
Tiefseekuppen können eine erhöhte Sedimentauflage haben (s. TP A2), so daß Aktivitäts- und Biomasseprofile sich hier sehr stark von solchen in ebenen Meeresböden unterscheiden müßten. Die Erhaltung benthischer und pelagischer Marker sollte hier ausgeprägter sein, da die Akkumulationsraten höher sind. Um diesen Effekt zu untersuchen, sind je eine Tiefseekuppe im Bereich des Norwegenstromes (1989) und im Bereich des Ostgrönlandstromes (1990) in Zusammenarbeit mit TP A2 kleinskalig (Abstand wenige 100m) zu beproben. Eine solche Station wurde bereits vergleichend auf dem Vöring-Plateau mit zwei Proben bearbeitet (Zentralstation). Das Profil soll auf 10 Stationen erweitert werden. Das Gebiet ist mit Seabeam vermessen und es existieren 3,5 KHz-Echolotaufzeichnungen. Die Orientierung eines solchen Profils muß mit den existierenden Echogrammen abgestimmt sein und kann so auch eine Aussage über laterale Advektion zulassen. Eine entsprechende Tiefseekuppe vor Grönland muß zunächst erkundet werden. Südwestlich von Jan-Mayen scheinen vergleichbare Kuppen zu existieren.

#### 4. Untersuchung der Chemokline

Eine Chemokline in marinen Sedimenten ist durch das Auftreten von freiem Schwefelwasserstoff gegeben. An dieser Grenzfläche werden alle Marker, die im Sediment erhalten werden könnten, einem stark veränderten chemischen Milieu ausgesetzt. Um die biologische Grundlage dieser Grenzschicht, die in den zu untersuchenden Sedimenten tiefer als 50cm liegt, zu analysieren, soll das Kastenlot für biologische Probenahmen eingesetzt werden. In Zusammenarbeit mit TP A4 sollen geochemische Gradienten (Sulfat/Sulfid) und das Redoxpotential bestimmt werden. Parallel dazu sollen die mikrobiologischen Grundlagen, d.h. Verteilung und Aktivität der Mikroorganismen untersucht werden. Von besonderem Interesse ist hierbei die Nahrungsgrundlage dieser Organismen. Im Rahmen der kleinskaligen (Zentimeterbereich) Beprobung der Chemokline kann die Veränderung benthischer Foraminiferen-Gehäuse detailliert untersucht werden.

#### 6.6 Stellung innerhalb des SFB

Im TP A3 werden von TP A1 Informationen über Saisonalität, Quantität und Qualität des vertikalen Partikel fluxes benötigt. Entsprechende Daten über die laterale Komponente sind von TP A2 zu erwarten. Unser Vorhaben befaßt sich mit der Frage, welche der angelieferten Partikel in welcher Form zur geologischen Abbildung kommen, und welche benthischen Marker produziert werden. Die Ergebnisse sind von Bedeutung für das TP B2, da nur über das Verständnis, wie Marker rezent erhalten werden, Rückschlüsse aus fossilen Markern gezogen werden können.

Das TP A4 bearbeitet teilweise parallele Fragestellungen mit TP A3, aber auf rein chemischer Basis. Bei geochemischen Profilen im Sediment ist davon auszugehen, daß ein großer Teil der Effekte durch die von uns zu untersuchenden biologischen Prozesse verursacht oder beeinflußt ist. Dies wird insbesondere bei der Untersuchung der Chemoklinen zu einer engen Zusammenarbeit führen.

## 7. Teilprojekt A4: Chemische Flüsse durch die benthische Grenzfläche

7.11 Fachgebiet und Arbeitsrichtung: Meeresgeologie, Geochemie, Meereschemie, Mineralogie

7.12 Leiter: Prof. Dr. P. Stoffers	Dr. W. Balzer
Geol.-Paläont. Institut	Institut für Meereskunde
und Museum der Universität	an der Universität Kiel
Ludewig Meyn Str. 10	Düsternbrooker Weg 20
2300 Kiel	2300 Kiel
Tel. (0431) 880 2850	Tel. (0431) 597 3958

### 7.13 Personal Anfang 1988

	Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SFB tätig seit
<u>Grundausrüstung</u> Wissenschaftler	1) Balzer, W. Dr. Hochschulass.	Meereschemie	IfM	20	7.85
	2) Botz, R., Dr. wiss. Angst.	Geochemie	GPI	20	3.87
	3) Duinker, J.C. Dr. Professor	Meereschemie	IfM	10	7.85
	4) Erlenkeuser, H. Dr. wiss. Angst.	Kernphysik	IKP	10	7.85
	5) Hartmann, M. Dr. wiss. Angst.	Geochemie	GPI	10	7.85
	6) Lange, H. Dr. wiss. Angst.	Tonmineralogie	GPI	20	7.85
	7) Puteanus, D. Dr. wiss. Angst.	Geochemie	GPI	40	1.88

	Name, akad. Grad Dienststellung *	Fachrichtung	Instituion	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SFB tätig seit
	8) Stoffers, P. Dr. Professor	Sedimentologie	GPI	10	10.86
	9) Henrich, R. Dr. Hochsch. ass.	Geologie	GPI		7.85
nichtwissensch. Mitarbeiter	10) Bornhöft, I. Sekretärin		GPI	10	7.85
	11) Dold, I. Techn. Angest.		GPI	10	6.87
	12) Suwald, G. Büroangest.		IfM	10	7.85
	13) Wallenburg, P. Techn. Angest.		GPI	10	7.85
<u>Ergänzungsaus-</u> <u>stattung</u> Wissenschaftler	14) Mintrop, L. Doktorand	Meereschemie	IfM	20	7.85
nichtwissensch. Mitarbeiter	15) Körner, T. tech. Ang.	Meereschemie	IfM	40	7.85

## 7.2 Zusammenfassung

Durch organische-, anorganische- und radio-chemische Spurenstoff-  
Methoden sowie mineralogische Analysen an Sinkstoffen und Sedi-  
menten sollen Herkunft, Transport, Fraktionierung und Akkumula-  
tion von ausgewählten Substanzklassen auf dem Weg von der  
Wassersäule bis in tiefere Sedimentschichten verfolgt werden.  
Nach bereits erfolgter Untersuchung des diagenetischen Milieus  
und der Abbauprozesse sowie - in Ansätzen - der Transportprozesse  
am Boden der Norwegischen See sollen die jetzigen Untersuchungen



zeigen, inwieweit bestimmte primäre Spurenstoff-Signale aus Wassersäule und Sedimentoberfläche erhalten bleiben oder durch selektive Abbau- und Transformierungsprozesse verändert werden.

Dazu sollen ausgewählte Klassen von Spurenstoffen (Spurenmetalle, chlorierte Kohlenwasserstoffe, Radionuklide:  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ) mit Hilfe von kontaminationsfreien Sedimentfallen in Zusammenarbeit mit dem TP A1 untersucht werden. Hier werden insbesondere die physiko-chemisch sehr unterschiedlichen PCB- Einzelkomponenten interessante Aufschlüsse über Partikel-Seewasser-Wechselwirkung liefern. Für die Interpretation geochemischer Sedimentdaten und eine Erfassung der Zeitkonstanten diagenetischer Prozesse sollen aus der Verteilung der Radioisotope  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{230}\text{Th}$  folgende Informationen gewonnen werden: a) die Absolut-Datierung und die Bestimmung von Sedimentakkumulationsraten; insbesondere sollen auch die Datierungsmethoden ( $\delta^{18}\text{O}$  und  $^{230}\text{Th}$ ) aufeinander abgestimmt werden, um für hohe Breiten, wo die Sedimente nur wenig Karbonat enthalten und daher eine  $\delta^{18}\text{O}$  - Stratigraphie nicht oder nur beschränkt aufgestellt werden kann, eine verlässliche Datierungsmethode zu erhalten. b) die Ermittlung von Erosion und Bodentransport-Ereignissen aus der Datierung und der Stoffbilanz von  $^{230}\text{Th}$  und  $^{210}\text{Pb}$  im Sediment, sowie c) den Mischungskoeffizienten an der Grenzschicht Wasser-Sediment. Diese bioturbate Mischungsrate soll daneben auch mit Hilfe von Tschernobyl-Caesium und chlorierten Kohlenwasserstoffen ermittelt werden.

Nach der Charakterisierung des diagenetischen Milieus im Arbeitsgebiet und der Untersuchung von Spurenmetallen in der Wassersäule soll jetzt besonderer Augenmerk auf die Verteilung von Spurenmetallen in Porenwasser und oberflächennaher, fester Sedimentphase gelegt werden, weil der hier beobachtbare (rezente) Zusammenhang mit dem Abbau organischer Substanz den Schlüssel zum Verständnis der Spurenmetallverteilung in tieferen Sedimentschichten enthält (z.B. für den Übergang zum Holozän). Die Sedimentationsraten für Spurenmetalle sollen daneben Carrier-Phasen aufzeigen und durch Vergleich mit Akkumulationsraten den jeweiligen Umfang der Rückführung vom Boden liefern.

Um die Erkenntnisse aus Sinkstoffen und Oberflächen-Sedimenten für die Interpretation des sedimentären "records" nutzen zu können, sollen labile und resistente Fraktionen der organischen Substanz charakterisiert werden: der Pool der Aminosäuren und ihrer Abbauprodukte sowie Kohlenhydrate und Fettsäuren sollen mit HPLC-Methoden bis in den sedimentären "record" verfolgt werden; für die resistenten Fraktionen liefert die Rock-Eval-Technik eine schnelle Charakterisierung von (Proto-)Kerogenen aufgrund der H/C-O/C-Verhältnisse. Diese Hinweise auf den Ursprung der organischen Substanz sind von großer Wichtigkeit für paläozeo-graphische Fragestellungen (Paläoproduktivität, Detritus-Zufuhr, reduzierende Bodenwässer etc).

Sauerstoffisotopenmessungen an kieseligem Material (Diatomeen) sind nach Reaktion mit BrF<sub>5</sub> massenspektrometrisch zugänglich. Unter Anwendung der Temperatur-Beziehung für die Fraktionierungen Karbonat/Silikat und Wasser soll die Bildungstemperatur der Kiesel-Schalen bestimmt werden.

### 7.3 Stand der Forschung

Die Untersuchung von vertikalen Materialflüssen mit Hilfe von Sinkstoff-Fallen bildet nicht nur den Ausgangspunkt für das Studium diagenetischer Prozesse im Sediment, sondern liefert vor allem Informationen über Partikelbildung und -modifikation (die im Teilprojekt A1 behandelt wird), über Aufnahme von Spurenstoffen in biogenes Material, sowie deren Adsorption und Lösungsprozesse in der Wassersäule. Während für die Verteilung und den Transport vieler Spurenmetalle im Meer ein enger Zusammenhang zum Kreislauf organischer Substanz als unabweisbar gilt (vergl. die Reviews von Bruland, 1983 und Wangersky, 1986), gibt es - vermutlich aufgrund von technischen und Kontaminationsproblemen - doch nur relativ wenige direkte Messungen dieser Stoffe in Sedimentfallen (z.B. Brewer et al. 1980; Noriki et al. 1985; Fischer et al. 1986).

Aufgrund ihres ubiquitären Auftretens, ihres hydrophoben Charakters und ihrer Persistenz können polychlorierte Biphenyle (PCB's) genutzt werden, um Transport-Mechanismen und -Prozesse im Meer zu studieren. Bei Untersuchungen verschiedener Tiefseegebiete fanden

Tanabe und Tatsukawa (1983), daß die Residenzzeit dieser Komponenten in der euphotischen Schicht mit zunehmender Primärproduktion, d.h. vor allem Partikeldichte, abnimmt; dies würde - ähnlich wie bei "Nährstoff-ähnlichen" Spurenmetallen eine Konzentrationszunahme im Tiefenwasser der Ozeane implizieren. Dabei können hohe PCB-Konzentrationen sehr wohl auch bei niedrigen Gehalten an suspendiertem Material auftreten, weil in solchen Wasserkörpern häufig Partikel kleiner Größen das Spektrum dominieren (Duinker, 1986). Da PCB's erst seit kurzem in der Umwelt existieren, könnten sie bei langsam akkumulierenden Sedimenten zur Ermittlung der biogenen Mischungsrate bzw. -tiefe im Sediment dienen. Die bisherigen Untersuchungen von PCB's im Sediment beschäftigen sich zumeist mit Sorptionsstudien oder mit der Wechselwirkung zwischen Sediment-Partikeln und bodenlebenden Organismen (z.B. Elder *et al.*, 1979). Eine kürzlich erschienene Studie beschäftigt sich mit der Verteilung von PCB's zwischen Porenwasser und fester Phase eines küstennahen Sediments (Brownawell und Farrington, 1986): danach sind erstens die Verteilungskoeffizienten auch abhängig vom Gehalt an DOC und zweitens die PCB's vermutlich an organische Kolloide sorbiert.

Nach Abbauprozessen für die organische Substanz in der Wassersäule (Suess, 1980) findet die wesentliche Remineralisierungsleistung im Bereich der Sediment/Wasser-Grenzfläche statt, wobei aufeinanderfolgend verschiedene Oxidationsmittel ( $O$ ,  $NO_3^-$ ,  $MnO_2$ ,  $FeO_2$ ,  $SO_4^{2-}$ ) genutzt werden (Froelich *et al.*, 1979). Während man sich zur Bestimmung der Sauerstoffzufuhrsrates nun auch in der Tiefsee erfolgreich der in-situ-Inkubation (Smith und Hinga, 1983) und der Gradientenmessung mit  $O_2$ -Mikroelektroden (Reimers *et al.*, 1984) bedient, werden Denitrifikation und Sulfatreduktion zumeist indirekt aus Porenwasserkonzentrationsprofilen berechnet. Ebenso wie die C-org-Akkumulation im Sediment (Müller und Suess, 1979) ist die relative Bedeutung der verschiedenen Oxidationsmittel in erster Linie von der Sedimentationsrate abhängig und müßte daher auch saisonale Effekte aufweisen. In der Tiefsee wird der überwiegende Teil der organischen Substanz durch  $O_2$  oxidiert, wie erste Modellrechnungen zeigen (Bender und Heggie, 1984). Der Einfluß der saisonal abhängigen Gesamtumsatzrate (Smith und Baldwin, 1984) auf das Porenwassermilieu ist bislang nicht

dokumentiert: neben direkten Messungen ist die Hypothese zu prüfen, inwieweit die saisonal oszillierende Position der Redoxcline zu Mobilisierung und Anreicherung von Spurenelementen führt.

Für die - auch bei unseren Untersuchungen - übergeordnete Fragestellung nach der Material- und Spurenstoffbilanz des Ozeans und der diagenetischen Veränderungen des abgelagerten Sedimentmaterials ist eine zweifelsfreie zeitliche Zuordnung von räumlich weit auseinanderliegenden Sedimenten (oder gar synchronen Ereignissen auf dem Kontinent und im Ozean) notwendig und läßt radiometrische Datierungen unabdingbar erscheinen. An radiometrischen Datierungsmethoden werden  $^{230}\text{Th}$  und die  $^{231}\text{Pa}$ -Methode eingesetzt, mit denen die Sedimentationsrate und deren Änderungen während der Zeitspanne von ca. 10.000 bis 300.000 Jahren vor heute bestimmt werden können. Bis vor kurzem waren diese Ungleichgewichtsmethoden auf geringe Sedimentationsraten (10-20 mm/1000 J) beschränkt, wie sie in weiten Gebieten des Ozeans vorliegen. Sie konnten jedoch neuerdings auf etwa die 5-fache Akkumulationsrate erweitert werden. Sedimente mit höheren Akkumulationsraten können ohnehin weitgehend mit der  $\delta^{14}\text{C}$  Methode (Reichweite < 40.000 J) datiert werden. Zur Datierung von Sedimenten, die eine um Größenordnungen höhere Sedimentationsrate (mm/J) aufweisen, kann man die  $^{210}\text{Pb}$  Methode im Zeitabschnitt der letzten 100 Jahre einsetzen. Zusammenfassend läßt sich also feststellen, daß die radiometrischen Methoden  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{231}\text{Pa}$ ,  $^{14}\text{C}$  und  $^{210}\text{Pb}$  eine Absolut-Datierung von Zeitabschnitten von rezent bis zu 300.000 Jahren vor heute ermöglichen.

Ist die Akkumulationsrate der Sedimente bekannt (entweder aus dem  $^{230}\text{Th}$  Tiefenprofil, aus  $^{14}\text{C}$  Daten, aus der  $\delta^{18}\text{O}$ -Stratigraphie oder aus biostratigraphischen Daten), so kann der Fluß an  $^{230}\text{Th}$  abgeleitet werden. Der Vergleich dieses Flusses, dessen rezente Komponente durch Messungen an Sinkstoffen zugänglich ist, mit dem erwarteten Produktionsfluß ( $2,6 \text{ dpm } ^{230}\text{Th}/\text{cm}^2$  pro 1000 Jahre und km Wassersäule) ist sehr aufschlußreich, weil man daraus Informationen bezüglich Bodentransport von Sediment (Erosion, bevorzugte Sedimentakkumulation) gewinnen kann. Dies beruht darauf, daß insbesondere das  $^{230}\text{Th}$  sehr schnell nach seiner Produktion in

der Wassersäule (aus dem radioaktiven Zerfall von gelöstem Uran) in die Sedimente transportiert wird. Die Verweilzeit von  $^{230}\text{Th}$  in der Wassersäule ist kleiner als 26 Jahre, so daß der Produktionsfluß recht genau berechnet werden kann.

Die mechanische Durchmischung der oberflächennahen Sedimentschichten vor allem durch benthische Organismen hat bedeutenden Einfluß auf die verbleibende biogeochemische Qualität der abgelagerten Feststoffe (und auch auf die relative Bedeutung von Nitrat- und Sulfatreduktion) und stellt somit ein wichtiges Element der Abbildung pelagischer Prozesse im Sediment dar (z.B. Christensen und Bhunia, 1986; Robbins, 1986). Die Mischungsrate an der Oberfläche von Sedimenten kann mit Hilfe von radioaktiven Tracern bestimmt werden. Dabei werden natürliche Radioisotope verwendet wie das  $^{210}\text{Pb}$  und das  $^{230}\text{Th}$ , die in der Wassersäule an Teilchen angelagert werden und in den obersten Schichten der Sedimente eingebaut werden. Während aus der Tiefenverteilung der längerlebigen Isotope wie des  $^{230}\text{Th}$  (und auch des  $\delta^{14}\text{C}$ ) die Tiefe der Mischungszone abgeleitet werden kann, liefern die kürzerlebigen Isotope wie das  $^{210}\text{Pb}$  (und auch  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) den Mischungskoeffizienten. Für das Hebble-Gebiet (Nova Scotia Kontinentalabhang) wurde kürzlich mit Hilfe von  $^{210}\text{Pb}$  gezeigt, daß Oberflächensedimente in Zeiträumen von ca. 30 Jahren bis in Tiefen von 1-12 cm gemischt werden (Demaster et al., 1985). Diese Mischungskoeffizienten werden abgeleitet unter der vereinfachenden Annahme, daß die Mischung mit der Tiefe einem Diffusionsprozess entspricht. Die Modell-Mischungskoeffizienten haben daher die Dimension einer Diffusion ( $\text{cm}^2/\text{sec}$ ). Die ermittelten Mischungskoeffizienten für pelagische Sedimente liegen im Bereich zwischen  $1 \times 10^{-11}$  und  $2 \times 10^{-9} \text{cm}^2/\text{sec}$ . In flacheren, küstennahen Gewässern, mit sehr viel höherer benthischer Aktivität wurden Mischungskoeffizienten bis  $1,2 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{sec}$  gemessen (Berner, 1980, Guinasso und Schink, 1975). Die durchmischte Zone im Sediment weist eine durchschnittliche Mächtigkeit von einigen cm (meist bis zu etwa 10 cm) auf. Die Tiefenverteilung der partikulären Substanz in den Sedimenten wird im wesentlichen von der chemischen Reaktionsrate, von dem Mischungskoeffizienten und von der Sedimentationsrate beeinflusst. Um die Reaktionsrate zu bestimmen, sind daher die Kenntnis des Mischungskoeffizienten und der Sedimentationsrate erforderlich. An Lokalitäten mit einer

sehr niedrigen Sedimentationsrate, im Bereich von nur einigen mm/1000 J, spielt die Mischung durch Bioturbation die wichtigere Rolle. Erstmals konnten mit Hilfe von Cs-Nukliden aus Tschernobyl in der Tiefsee unseres Arbeitsgebietes Mischungsdaten für partikuläres Material bestimmt werden (Erlenkeuser und Balzer, 1987).

In zunehmendem Maße hat man in den letzten Jahren die Analyse der Zusammensetzung organischer Substanz genutzt, um Aussagen über deren Herkunft und Schicksal im Sediment zu gewinnen: vor allem hinsichtlich der Regeneration von Nährstoffen kommt der Untersuchung von Hauptkomponenten (Aminosäuren, Zucker) der organischen Substanz in Sediment und Porenwasser besondere Bedeutung zu (Henrichs *et al.*, 1984; Degens und Mopper, 1976; Wakeham *et al.*, 1984). Als wichtige Teilgruppe des Pools an gelöster organischer Substanz sind insbesondere Aminosäuren für die Untersuchung dieser Prozesse geeignet, da sie als Stoffwechselprodukte und Zellinhaltsstoffe, Proteinabbauprodukte und Huminsäurebausteine sowie Metallkomplex-Bildner in eine Vielzahl von Reaktionen eingebunden sind (Poulet und Martin-Jezequel, 1983). Von besonderer Sensibilität ist der Pool freier gelöster Aminosäuren (DFAA). Bestimmte Aminosäure-Muster sind charakteristisch für bestimmte Spezies ("chemical print"); so lassen sich aus der Konzentration von Mureinsäure bakterielle Biomassen bestimmen (Mimura und Delmas, 1983; Alberic und Khripounoff, 1984), Diaminopimelinsäure ist charakteristisch für Algenzellen (Siezen und Mague, 1978), und Diatomeen enthalten einen Protein-Silica Komplex reich an Serin, Threonin und Glycin (Hecky *et al.*, 1973). Unterschiedliche Abbauprodukte entstehen bei der mikrobiellen Zersetzung, z.B. Ornithin aus Arginin, und bei der Diagenese durch physiko-chemische Prozesse, wie D,L-Alanin aus Serin, Alloisoleucin aus Isoleucin (Sigleo *et al.*, 1983). Weitere chemische Ab- und Umbauprozesse dokumentieren sich im Auftreten von Abbauprodukten (z.B. alpha-Ketosäuren), Umbauprodukten (z.B. beta-Isomerisierung) und Kondensationsprodukten (Oligopeptide). Von Interesse sind aber auch die gelösten kombinierten Aminosäuren (CFAA); die Fraktion der gesamt-hydrolysierbaren Aminosäuren (THAA) schließlich stellt die Lagerform der diagenetischen "End"-Produkte dar und konserviert außerdem die Information des Teils des organischen Eintrags, der einem schnellen Abbau nicht zugäng-

lich war (Henrichs et al., 1984). Die Analyse von Aminosäuren in marinen Proben erfolgt heute meist mittels der Hochleistungsflüssigchromatographie (HPLC) nach Derivatisierung mit o-Phthaldialdehyd (OPA). Vielversprechend ist eine neuere Methode zur Derivatisierung mit 9-Fluorenyl-methyl-chloroformiat (Fmoc) (Einarsson et al., 1986): die Derivate lassen sich sofort nach der Probennahme an Bord herstellen und sind dann stabil lagerfähig; sekundäre Aminosäuren werden ebenfalls erfaßt. Eine Variante dieses Verfahrens erlaubt die Auftrennung optischer Isomere. Ebenfalls zugänglich über die Flüssigkeitschromatographie sind die Zucker, aus deren Verteilungsmuster infolge ihrer vielfältigen Funktionen als Nahrungs-, Lager- und Gerüstsubstanzen ebenfalls auf Herkunft und Geschichte des organischen Materials geschlossen werden kann, sowie aus Carbonsäuren als Aminosäureabbauprodukte und Aminosucker (Degens und Mopper, 1976; Cowie und Hedges, 1984; Ittekkot et al., 1984).

Weiterer Aufschluß, insbesondere über die Herkunft des organischen Materials, kann durch Analyse der resistenten Fraktionen erhalten werden. Sog. Kerogene können in Hinblick auf ihre Zusammensetzung in drei Typen (I, II, III) eingeteilt werden. Die Zusammensetzung eines Kerogens hängt dabei von der Art des Ausgangsmaterials wie vom Reifegrad ab.

- Typ I : Wasserstoff-reich, Sauerstoff-arm  
zwei mögliche Entstehungsarten  
- Anreicherung von Algen  
- mikrobielle Aufarbeitung von org. Materie
- Typ II : Wasserstoff-reich, aber Sauerstoff-reicher als Typ I.  
Entstanden durch Ablagerung von Plankton unter  
reduzierenden Bedingungen.
- Typ III : Wasserstoff-arm und Sauerstoff-reiche Kerogene, die  
sich hauptsächlich von den Überresten höherer  
Landpflanzen ableiten.

Die Rock-Eval Analyse erlaubt eine Charakterisierung des Kerogens; dies geschieht durch die Bestimmung des Kerogentyps (I, II, III). Bei unreifem organischen Material können Aussagen über die Herkunft des organischen Materials (marin oder terrestrisch) gemacht werden, d.h. inwieweit C - reiche Horizonte in Sedimen-  
org

ten zurückzuführen sind auf eine erhöhte Bioproduktion im Ablagerungsraum (verbunden mit guter Erhaltung infolge sauerstoffarmen Bodenwassers) oder aber detritischen Ursprungs sind. Diese Aussagen sind von großer Bedeutung für die Fragen der Paläozeanographie (z.B. Vereisungsgeschichte, Bodenwasserverhältnisse etc.) im Gebiet der Norwegisch-Grönländischen See und angrenzender Seegebiete.

Sehr wenig ist bisher bekannt über die fröhdiagenetischen Prozesse der Mobilisierung, Diffusion, Fällung und Rückführung von Spurenelementen (mit Ausnahme von Fe, Mn) im Bereich der Sediment/Wasser-Grenzfläche von Tiefseesedimenten. Ergebnisse, die aus dem Vergleich der Raten von Partikelzufuhr zum Boden und von Sedimentakkumulation gewonnen wurden, waren unterschiedlich für verschiedene Gebiete: während Landing und Feely (1981) im Golf von Alaska keine wesentlichen Unterschiede in den Gesamtraten fanden für Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Zn, erhielten Cobler und Dymond (1980) im Äquatorialen Pazifik nur für Fe, Al und Ba identische Flüsse; Cu und Zn werden teilweise ins Bodenwasser freigesetzt. Für zwei Stellen in letzterem Gebiet zeigte Klinkhammer (1980) anhand von Porenwasseruntersuchungen, daß die Profile von Mn, Fe, Ni, Cu durch die Verhältnisse bei der Oxidation von organischer Substanz gesteuert werden. Graybeal und Heath (1984) fanden bei einer genaueren Untersuchung der Sedimente von der oben genannten Porenwasserarbeit, daß Co, Ni, Cu und Zn im Sediment remobilisiert werden, wenn Mangan und Eisen (Oxhydroxide) beim Abbau organischer Substanz ins Porenwasser freigesetzt werden; während Fe, Mn und Zn in der oxischen Oberflächenschicht ausgefällt werden, erfordert die erneute Festlegung von Co und Ni nur geeignete Materialien für die Re-Adsorption. Bei der separaten Analyse der Oxhydroxide machten diese Autoren erfolgreich Gebrauch von einem Leaching-Verfahren, ähnlich wie von Förstner und Stoffers (1981) beschrieben. Aus den Porenwasseruntersuchungen von Klinkhammer et al. (1982) ergäbe sich bei Ni, Mn, Cd ein ins Bodenwasser gerichteter Transport auch für oxische Sedimente, da gegenüber dem Bodenwasser leicht erhöhte Konzentrationen für diese Metalle gemessen wurden (für Kupfer betrug der Gehalt im Porenwasser sogar das 10-40-fache des Bodenwassers). Bei Analysen von Porenwasser und festem Sediment auf Mn und Fe fanden Pedersen et al. (1986) eine Nicht-Entsprechung von Mobilisierungs- und



Ablagerungszonen, aus der i.E. auf einen rezenten Rückgang der Produktivität geschlossen werden könnte. Überhaupt haben sich kombinierte Untersuchungen von redoxabhängigen Metallen in Porenwasser und fester Sedimentphase als sehr nützlich erwiesen bei der Untersuchung von langen Kernen, die mehrere Klimastadien und auch mehrere Turbidite enthielten: Mangan wandert von reduktiven Lösungszonen zu oxischen Gebieten über das Porenwasser und kann + starke Anreicherungszonen produzieren, deren Signaturen auch nach Zehntausenden von Jahren noch erhalten sind (Thomson et al., 1986); ähnliches wurde für Uran gefunden, das direkt unter der Oxidationsfront eine Anreicherungsschicht bildet, die bei anschließender Bedeckung durch Turbidite erhalten bleibt (Colley und Thomson, 1985).

Stabile Isotopenuntersuchungen sind wichtig, um verschiedene Mineralgenerationen zu differenzieren und Informationen zu liefern über Ablagerungsbedingungen (wie Temperatur und Zeit der Mineralbildung), sowie der primären oder sekundären (Poren) Wasserzusammensetzung. Zum Beispiel wurde es durch die Isotopenanalyse von primärem karbonatischen und kieseligen Schalenmaterial möglich, Informationen über die Schalenbildungstemperatur sowie auch die Isotopenzusammensetzung (und somit die Salinität) des Wassers zu erhalten. Diese Untersuchungen sind von größter Wichtigkeit in Hinblick auf paläozeanographische und paläoklimatologische Fragestellungen. Wegen Karbonatmangels (Produktionsarmut oder diagenetische Auflösung von Karbonat) kann jedoch oft keine lückenlose  $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve erstellt werden. Hier könnte die  $\delta^{18}\text{O}$ -Analyse an kieseligem Material die paläozeanographische (und -klimatologische) Fragestellung beantworten.

#### Literatur:

- Alberic, P. und A. Khripounoff (1984): Relations entre les compositions en acides aminés des particules en voie de sédimentation, du contenu intestinal des holothuries abyssales et du sédiment environnant. - Mar. Chem., 14: 379-394
- Bender, M.L. und D.T. Heggie (1984): The fate of organic carbon reaching the deep-sea floor: a status report. - Geochim. Cosmochim. Acta, 48: 977-986

- Berner, R.A. (1980): Early diagenesis. A theoretical approach. Princeton Univ. Press, 241 pp.
- Brewer, P.G., Y. Nozaki, D.W. Spencer und A.P. Flier (1980): Sediment trap experiments in the deep North-Atlantic: isotopic and element fluxes.- J. Mar. Res., 38: 703-728
- Brounawell, B.J. und J.W. Farrington (1986): Biochemistry of PCB's in interstitial waters of a coastal marine sediment.- Geochim. Cosmochim. Acta, 50: 157-176
- Bruland, K.W. (1983): Trace Elements in Sea-water. In: Chemical Oceanography, Vol.8 (J.P. Riley & R. Chester, eds.), Academic Press, London, pp. 157-221.
- Christensen, E.R. und P.K. Bhunia (1986): Modelling radiotracers in sediments: comparison with observations in Lakes Huron and Michigan.- J. Geophys. Res., 91: 8559-8571
- Cobler, R. und J. Dymond (1980): Sediment trap experiment on the Galapagos spreading center, equatorial Pacific.- Science, 209: 801-803
- Colley, S. und J. Thomson (1985): Recurrent uranium relocations in distal turbidites emplaced in pelagic conditions.- Geochim. Cosmochim. Acta, 49: 2239-2348
- Cowie, G.L. und J.I. Hedges (1984): Carbohydrate sources in the coastal marine environment.- Geochim. Cosmochim. Acta, 48: 2075-2087
- Degens, E.T. und K. Mopper (1976): Factors controlling the distribution and early diagenesis of organic material in marine sediments. In: Chemical Oceanography, Vol.6 (J.P. Riley & R. Chester, eds.), Academic Press, London, pp. 59-113.
- Demaster, D.J., B.A. McKee, C.A. Nittrouer, D.C. Brewster und P.E. Biscaye (1985): Rates of sediment reworking at the HEBBLE site (Nova Scotia continental rise) based on measurements of 234-Th, 137-Cs and 210-Pb.- Mar. Geol., 66: 133-148
- Duinker, J.C. (1986): The role of small, low density particles on the partition of selected PCB congeners between water and suspended matter (North Sea area).- Neth. J. Sea Res., 20: 229-238
- Einarsson S., S. Folestad, B. Josefsson und S. Lagerkvist (1986): High resolution reversed-phase liquid chromatography system for the analysis of complex solutions of primary and secondary amino acids.- Anal. Chem., 58: 1636-1643.

- Elder, D.L., S.W. Fowler und G.G. Polikarpov (1979): Remobilisation of sediment-associated PCB's by the worm *Nereis diversicolor*.- *Bull. environ. Contam. Toxicol.*, 21: 448-452
- Erlenkeuser, H. und W. Balzer (1987): Tschernobyl radiocesium in the deep Norwegian Sea sediments.- (eingereicht)
- Fischer, K., J. Dymond, M. Lyle, A. Soutar und S. Rau (1986): The benthic cycle of copper: evidence from sediment trap experiments in the Eastern Tropical North Pacific Ocean.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 50: 1535-1544
- Förstner, U. und P. Stoffers (1981): Chemical fractionation of transition elements in Pacific pelagic sediments.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 45: 1141-1146
- Froelich, P.N., G.P. Klinkhammer, M.L. Bender, N.A. Luedke, G.R. Heath, D. Cullen, P. Dauphin, D. Hammond, B. Hartmann und V. Maynard (1979): Early oxidation of organic matter in pelagic sediments of the Eastern Equatorial Atlantic: suboxic diagenesis.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 43: 1075-1090
- Graybeal, A.L. und G.R. Heath (1984): Reemobilisation of transition metals in surficial pelagic sediments from the Eastern Pacific.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48: 965-975
- Guinasso, N.L. und D.R. Schink (1975): Quantitative estimates of biological mixing rates in abyssal sediments.- *J. Geophys. Res.*, 80: 3032-3043
- Hecky, R.E., K. Mopper, P. Kilham und E.T. Degens (1973): The amino acid and sugar composition of diatom cell-walls.- *Mar. Biol.*, 19: 323-331
- Henrichs, S.M.; J.W. Farrington und C. Lee (1984): Peru upwelling region sediments near 15 S. 2. Dissolved free and total hydrolyzable amino acids.- *Limnol. Oceanogr.*, 29: 20-34
- Ittekkot, V.; E.T. Degens und S. Honjo (1984): Seasonality in the fluxes of sugars, amino acids and amino sugars to deep ocean. Panama Basin.- *Deep-Sea Res.*, 31A, 1071-1084.
- Klinkhammer, G.P. (1980): Early diagenesis in sediments from the Eastern Equatorial Pacific. II. Pore water metal results.- *Earth Planet. Sci. Lett.*, 49: 81-101
- Klinkhammer, G.P.; D.T. Heggie und D.W. Graham (1982): Metal diagenesis in oxic marine sediments.- *Earth Planet. Sci. Lett.*, 61: 211-219

- Landing, W.M. und R.A. Feely (1981): The chemistry and vertical flux of particles in the northeastern Gulf of Alaska.- *Deep-Sea Res.*, 28: 19-38
- Mikkelsen, N.; L. Labeyrie und W.H. Berger (1978): Silica oxygen isotopes in diatoms: a 20.000 yr record in deep-sea sediments.- *Nature*, 271: 536-538
- Mimura, T. und D. Delmas (1983): Rapid and sensitive method for muramic acid determination by high-performance liquid-chromatography with precolumn fluorescence derivatisation.- *J. Chromatogr.*, 280: 91-98
- Müller, P.J. und E. Suess (1979): Productivity, sedimentation rate and sedimentary organic matter in the oceans. I. Organic carbon preservation.- *Deep-Sea Res.*, 26: 1347-1362
- Noriki, S., N. Ishimori, K. Harada und S. Tsunogai (1985): Removal of trace metals from seawater during a phytoplankton bloom as studied with sediment traps in Funaka Bay, Japan.- *Mar. Chem.*, 17: 75-89
- Pedersen, T.F.; J.S. Vogel und J.R. Southon (1986): Copper and manganese in hemipelagic sediments at 21 N, East Pacific Rise: diagenetic contrasts.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 50: 2019-2032
- Poulet, S.A. und V. Martin-Jezequel (1983): Relationships between dissolved free amino acids, chemical composition and growth of the marine diatom *Chaetoceros debile*.- *Paps. Meteorol. Geophys.(Japan)*, 34: 267-289
- Reimers, C.E., S. Kalhorn, S.R. Emerson und K.H. Nealson (1984): Oxygen consumption rates in pelagic sediments from the central Pacific: First estimates from microelectrode profiles.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48, 903-910
- Robbins, J.A. (1986): A model for particle-selective transport of tracers in sediments with conveyor belt deposit feeders.- *J. Geophys. Res.*, 91: 8542-8558
- Siezen, R.J. und T.H. Mague (1978): Amino acids in suspended particulate matter from oceanic and coastal waters of the Pacific.- *Mar. Chem.*, 6: 215-231
- Sigleo, A.C.; P.E. Hare und G.R. Helz (1983): The amino acid composition of estuarine colloidal material.- *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 17: 87-96

- Smith, K.L. und R.J. Baldwin (1984): Seasonal fluctuations in deep-sea sediment community oxygen consumption: Central and eastern North Pacific.- *Nature*, 307: 624-626
- Smith, K.L. und K. Hinga (1983): Sediment community respiration in the deep sea. In: Rowe, G. (ed.), *The Sea*, Vol.8, John Wiley & Sons, N.Y., pp. 331-370.
- Suess, E. (1980): Particulate organic carbon flux in the oceans. Surface productivity and oxygen utilization.- *Nature*, 288: 260-263
- Tanabe, S. und R. Tatsukawa (1983): Vertical transport and residence time of chlorinated hydrocarbons in the open ocean water column.- *J. Oceanogr. Soc. Japan.*, 39: 53-62
- Thomson, J., N.C. Higgs, I. Jarvis, D.J. Hydes, S. Colley und T.R.S. Wilson (1986): The behaviour of manganese in Atlantic carbonate sediments.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 50: 1807-1818
- Wakeham, S.G., C. Lee, J.W. Farrington und R.B. Gagosian (1984): Biogeochemistry of particulate organic matter in the oceans: Results from sediment trap experiments.- *Deep-Sea Res.*, 31: 509-520
- Wangersky, P.J. (1986): Biological control of trace metal residence time and speciation: A review and synthesis.- *Mar. Chem.*, 18: 269-297

#### 7.4 Eigene Vorarbeiten

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Umweltphysik in Heidelberg werden Radioisotopenuntersuchungen seit 1978 durchgeführt. Wir haben die  $^{230}\text{Th}$  und  $^{231}\text{Pa}$  Methoden zum Teil vereinfacht und erfolgreich zur Datierung von Sedimenten aus dem Mittelmeer und aus dem Pazifik angewandt.

Bei unseren Untersuchungen im Mittelmeer ging es vor allem um die Zusammensetzung und zeitliche Einordnung der Sapropel, sowie um die Untersuchung ihres Entstehungsmechanismus (Dominik und Stoffers, 1979; Mangini und Dominik, 1978, 1979; Dominik und Mangini, 1979). Die  $^{230}\text{Th}$  Daten lieferten eine Korrelation zwischen paläoklimatischen Daten aus dem östlichen Mittelmeer mit der Klimakurve aus den  $\delta^{18}\text{O}$  Isotopen. Die Sapropel sind offenbar während warm-feuchter Klimaperioden entstanden, als das östliche Mittelmeer stärker als heute geschichtet war.

Bei den Sedimenten aus dem Zentral- und Südpazifik richtete sich das wissenschaftliche Interesse in den letzten 10 Jahren auf die obersten Sedimentschichten, da in diesen jüngeren Sedimentlagen offenbar die stärksten geochemischen Umwandlungen im Zuge des chemischen Abbaus organischer Substanz zu beobachten sind. Die  $^{230}\text{Th}$  und  $^{231}\text{Pa}$  Datierungen aus mehr als 20 Sedimentkernen aus der Aitutaki Passage, dem Peru-Becken und dem S.W. Pazifischen Becken ergaben extrem niedrige Sedimentationsraten im Bereich von mm/1000 Jahren. Unsere Ergebnisse ergaben deutliche Hinweise für Fluktuationen der Tiefenwassergeschwindigkeit während des Pleistozäns, die das Sedimentationsregime erheblich beeinflussten (Glasby et al. 1981; Mangini et al. 1982; Stoffers et al. 1984; Schmitz et al. 1986).

An allen bisher untersuchten Lokalitäten konnten wir feststellen, daß vor 70000 Jahren ein Ereignis eintrat, durch das Sedimentumlagerung erfolgte. Dieses Ereignis ist insofern besonders interessant, weil es mit dem Übergang vom klimatisch wärmeren Stadium 5 zum sehr kalten Stadium 4 zusammenfällt. Ausführliche Untersuchungen im Zentralpazifik zeigen auch an den anderen klimatischen Übergängen von Warm- zu Kaltzeiten des Pleistozäns Abfolgen von Phasen erhöhten Sedimenttransports.

Zur Beantwortung der Frage der Umweltbelastung von küstennahen Sedimenten und limnischen Ablagerungen haben wir die  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{137}\text{Cs}$  Methoden eingesetzt (u.a. Dominik et al., 1979; Dominik et al., 1984).

In jüngster Zeit haben wir uns in Zusammenarbeit mit dem Institut für Umweltp Physik Heidelberg und der ETH-Zürich an  $^{10}\text{Be}$  Datierungen an Sedimenten und Mn-Knollen beteiligt. Mit dieser neuartigen Methode konnte erstmals gezeigt werden, daß die Änderung der inneren Struktur und des Chemismus von Mn-Konkretionen zeitlich mit den Änderungen der ozeanischen Zirkulation zusammenfallen.

Im Zeitraum von August 1985 bis August 1986 wurden vier ca. 4-8 m lange Kolbenlot-/Schwerelotkerne aus der Framstraße (zwischen  $78^{\circ}\text{N}$  und  $80^{\circ}\text{N}$ ) sedimentpetrographisch und geochemisch detailliert (Probenabstand ca. 5-10 cm) untersucht. Die angewandten sedi-

mentpetrographischen Methoden sind Röntgendiffraktometrie (Pulveraufnahmen zur Feststellung des Gesamtmineralinhaltes und Texturaufnahmen aus der Tonfraktion ( $< 2\mu\text{m}$ ) zur Tonmineralanalyse) sowie Korngrößenbestimmungen. Ferner sind detaillierte Untersuchungen an der Grobfraktion ( $> 63\mu\text{m}$ ) vorgesehen. Die geochemischen Methoden erstrecken sich auf die Bestimmung der Gehalte an organischem Kohlenstoff, Karbonat und der Haupt- und Spurenelemente. Die Datierung der Kerne 23235-2 und 21310-3 aus der Framstraße geschah mit Hilfe von  $^{230}\text{Th}$  Konzentrations-Tiefenprofilen. Die mineralogischen Untersuchungen ergaben, daß die Sedimente der Framstraße im wesentlichen aus detritischem Quarz, Feldspat und Tonmineralien (Illit  $>$  Kaolinit  $>$  Montmorillonit  $>$  Chlorit) sowie bis zu 24 % Karbonat (Calcit mit etwas Dolomit) bestehen. Ferner weisen die Sedimentkerne eine charakteristische und korrelierbare Korngrößenverteilung auf.

Durch Voruntersuchungen mit der Rock-Eval-Technik an 6 Proben von Kern 23235-2 aus der Framstraße (Wehner, BGR) hat sich gezeigt, daß bei der Pyrolyse des organischen Materials nur sehr geringe Ausbeuten an KW ( $S = 24-81 \text{ mg KW/g C-org}$ ) erzielt wurden. Ferner waren die Produktionsindizes ( $S_2 / (S_1 + S_2)$ ) äußerst gering (zwischen 0.04 und 0.3). Die Ergebnisse lassen darauf schließen, daß das organische Material in den untersuchten Proben terrigenen (detritischen) Ursprungs ist. Insbesondere sind die relativ hohen organischen Gehalte (um ca. 1 % C<sup>org</sup>) in Glazialsedimenten des Kernes 23235-2 auf eine verstärkte Zufuhr von Braunkohledetritus (Spitzbergen) zurückzuführen (Koch, BGR) und nicht das Ergebnis einer verstärkten Bioproduktion.

Die Haupt- und Spurenelementverteilung in den Sedimentkernen der Framstraße weist deutliche Variationen auf. Zum Teil sind die Veränderungen der Elementkonzentrationen auf die Veränderung der primären Sedimentfracht (z.B. bei Si, Ca, Al, Fe) zurückzuführen. Allerdings werden auch Anzeichen für diagenetische Prozesse wie die Remobilisierung von Mn und Mo in reduzierenden Sedimenten mit anschließender Wiederausfällung in oxidischen Sedimenteinheiten beobachtet. Die Datierungsarbeiten an den Kernen 23235-2 und 21310-3 mit Hilfe des Radionuklids  $^{230}\text{Th}$  zeigten, daß die Variationen in der Korngröße sowie der (Ton) Mineralogie und Geochemie der Framstraßen-Kerne wahrscheinlich auf paläozeanogra-

phische Veränderungen im Zuge der glazialen und interglazialen Wechsel zurückzuführen sind. Ferner deuten sich relativ kleinräumige Unterschiede in den Sedimentationsraten (1.5 bis 3.4 cm/1000 yr) im Gebiet der Framstraße an.

Erst in jüngster Zeit ist es durch neue Methoden der Kapillargaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) möglich geworden, chlorierte Kohlenwasserstoffe in verschiedenen Matrices umfassend zu charakterisieren und in geeigneter Weise abbaubare und persistente Spezies zu unterscheiden (Duinker und Hillebrand, 1983a). Bei Anwendung dieser Techniken auf Seewasserextrakte, partikuläres Material und Homogenisate mariner Organismen aus dem Wattenmeer zeigten sich deutlich Unterschiede in der relativen Zusammensetzung dieser organischen Klasse (Duinker und Hillebrand, 1983b), die auf verschiedenes physikochemisches Verhalten der Einzelkomponenten zurückzuführen sind. Ebenfalls möglich geworden ist die Differenzierung von Einzelkomponenten, die vorwiegend über partikuläres Material oder vorwiegend in gelöster Form transportiert werden: Da pentachlor- und höher chlorierte Biphenyle in Lösung nur in Spuren auftreten, müssen ihre Gehalte in *Macoma balthica* und *Arenicola marina* durch Aufnahme aus dem Sediment, beziehungsweise aus Nahrungspartikeln erklärt werden (Duinker et al., 1983). Bei Studien zur Aufnahme- und Abgabekinetik von PCB's aus juvenilen Seezungen zeigte sich, daß PCB's nicht einfach aufgenommen und zunehmend in körpereigenen Lipiden "abgelagert" werden, sondern daß ihre Gehalte durch Gleichgewichtsverteilung bestimmt werden (Boon et al., 1984).

Der Abbau organischer Substanz und die Freisetzung von Nährstoffen von vorwiegend anoxischen Sedimenten der Kieler Bucht wurde in Abhängigkeit von verschiedenen Umweltparametern untersucht (Balzer et al., 1983). Unter Einbeziehung von saisonal abhängigen Sedimentations- und Freisetzungsraten sowie Sediment- und Porenwasseranalysen beschreibt Balzer (1984) die Kreisläufe der C, N, P - Komponenten organischer Substanz. Die Bedeutung horizontalen Transportes biogener Substanzen an einem Hangsystem der Kieler Bucht wird von Balzer et al. (1986) abzuschätzen versucht. Mit der Bedeutung von Bioturbation auf die Rückführung von Porenwasserkomponenten aus dem Bodenwasser beschäftigt sich Dicke (1986). Eine umfassende Darstellung der meeres-, geo- und radiochemischen



Arbeiten am Boden der Kieler Bucht ist in der Synopse des SFB 95 enthalten (Balzer et al., 1987). Suboxische Sedimente, d.h. solche, in denen die Denitrifikation das vorherrschende Abbaumilieu in den oberen Schichten darstellt, wurden neben anoxischen Sedimenten (Suess et al., 1982) in der nördlichen Wedell- und Scotia-See untersucht.

Zu diesem suboxischen Sediment-Typ, dessen Milieu und dessen Erhaltungsgrad organischer Substanz durch eine relativ niedrige Sedimentationsrate bestimmt wird, gehören auch nahezu ausnahmslos die Sedimente des Norwegischen Kontinentalhanges und des Lofoten-Beckens, wie sich auch in den bisherigen Expeditionen in die Norwegische See zeigte (Balzer, Fahrtberichte). Um das Abbaumilieu im geplanten Untersuchungsgebiet, insbesondere an den Übergängen von Schelf bzw. Voering-Plateau ins Lofotenbecken möglichst umfassend zu dokumentieren, wurden von allen Kastengreifern die Porenwasserprofile von Nitrat und gebildeten Nährstoffen bestimmt. Dabei zeigte sich eine unerwartet geringe Abhängigkeit der Abbauaktivität von Wassertiefe bzw. Schelfrandentfernung: bei der Auswertung eines Transects vom Norwegischen Schelf über das Vöring-Plateau zeigten sich Maxima in der Sauerstoffzehrung (aus an Bord inkubierten Kernen), in der Denitrifikation und Sulfatreduktion (letzte aus Porenwasser-Modellrechnungen) bei 900 - 1200m Wassertiefe, die zusammenfielen mit leicht erhöhten C<sub>org</sub> Werten; dies ist eine Folge der bevorzugten Ablagerung von Feinmaterial unterhalb der turbulenten Zone am Kontinentalrand (Balzer 1988a). Durch Untersuchungen zu verschiedenen Jahreszeiten (1986/87) wurde geprüft, inwieweit auch das Porenwassermilieu jahreszeitlichen, durch Zufuhr frischer organischer Substanz gesteuerten Oszillationen unterliegt. Mit Hilfe eines numerischen Modells wurden die beobachteten Porenwasserkonzentrationsprofile verknüpft mit unabhängigen Messungen des Porenwasseraustausches, der Konsumptionsrate von Nitrat und der Sauerstoffzehrung. Dabei zeigte sich für die "Zentralstation" auf dem Vöring-Plateau eine geringe Variation in der Abbauintensität während des Frühsommers (1986), eine erhöhte Aktivität im Spätsommer (1983) und nur leicht erniedrigte Raten im Winter (1987) (Balzer 1988b).

Erste Ergebnisse über biogene Mischungsraten für Partikel im Arbeitsgebiet vor Norwegen wurden durch Analysen der aus Tschernobyl stammenden Nuklide <sup>134</sup>Cs und <sup>137</sup>Cs (Erlenkeuser und Balzer, 1987) in Kernen vom Sommer 1986 erhalten: am Hang bei 950 m, wo auch sonst erhöhte benthische Aktivität festgestellt wurde, ergab sich eine dreimal höhere Mischungsrate als an der Schelf-fernen "Zentralstation". Die biogene Mischungsrate für gelöste Komponenten wurde durch Inkubation mit einem Tracer an Bord und durch Rechner-gestützte Simulation der Transportprozesse in Abhängigkeit von Jahreszeit und Wassertiefe der Sedimente bestimmt: die generell wesentlich über den entsprechenden Raten für das partikuläre Material liegenden Mischungskoeffizienten für gelöste Komponenten waren nur 1-1.9 mal höher als die molekularen Diffusionskoeffizienten (Balzer, 1988c).

Für Spurenmetalle sind auf den Expeditionen des Sommers 1986 mehrere Stationen zur Gewinnung von Wasserproben nebst den Porenwässern der darunterliegenden Sedimente zwischen Norwegischem Schelf und der Tiefsee Nähe Jan Mayen bearbeitet worden (konserviert, aber noch nicht analysiert) (Balzer und Westerlund, Fahrtbericht METEOR II/1). Dies soll einerseits die Bedeutung von Schelfrand-Mobilisierungen auf die Verteilung in der Wassersäule klären und andererseits die Kenntnisse rezenter Wechselwirkungen von gelösten und teilweise im festen Sediment angereicherten Spurenmetallen verbessern; dieses Verständnis bildet die Grundlage für die Interpretation von (partikulären) Spurenmetall-Abfolgen in tieferen Sedimentschichten, deren Porenwassermilieu nicht mehr die Ablagerungsbedingungen widerspiegelt. Auf ausgewählte Kerne aus Kastengreifern wurde ein sequentielles Extraktionsschema für Mangan, Eisen und Phosphor angewandt, das zwar eine deutliche oxidische Anreicherungsschicht im oberen Teil und karbonat-gebundenes Mn im unteren Bereich zeigte, das dazugehörige Porenwasserprofil ist jedoch entgegen den Erwartungen tiefenmäßig versetzt (Balzer, unveröff. Ergebnisse). Hilfreich sind bei diesen Untersuchungen Erfahrungen, die diesbezüglich in der Kieler Bucht (größtenteils anoxische Sedimente) gewonnen worden sind (Balzer, 1982). Proben für die Analyse von Aminosäuren wurden aus Wasser, Sediment, Porenwasser und Sedimentfallen der SFB-Expeditionen POSEIDON 128/1 und 128/2 sowie METEOR II/1 gewonnen (Mintrop, Fahrtberichte), und werden zur Zeit mit dem

für diese Proben entsprechend modifizierten HPLC-Verfahren (OPA) untersucht. Gleichzeitig erfolgt die Methodenentwicklung für den Einsatz des FMOC-Verfahrens für diese Proben. Die bisher gemessenen Porenwasserproben vom Schelfrand bis zur Tiefsee zeigen sehr deutlich die Veränderung von Konzentration und relativer Zusammensetzung der Aminosäuren mit der Sedimenttiefe: von ähnlich hohen Konzentrationen im obersten cm auf allen Stationen sinken die Gesamtmengen an AA um 45-75% bis ca. 30cm Sedimenttiefe, wobei die größten Differenzen im schelfnahen Bereich auftreten; während jedoch die relative Bedeutung der sauren AA mit dem diagenetischen Alter drastisch zugunsten der neutralen AA abnimmt, zeigen die basischen AA kaum Fraktionierungserscheinungen.

#### Literatur

- Balzer, W. (1982): On the distribution of iron and manganese at the sediment/water interface: Thermodynamic versus kinetic control.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46: 1153-1161
- Balzer, W. (1984): Organic matter degradation and biogenic element cycling in a nearshore sediment (Kiel Bight).- *Limnol. Oceanogr.*, 29: 1231-1246
- Balzer, W., K. Grasshoff, P. Dieckmann, H. Haardt und U. Petersohn (1983): Redox turnover at the sediment-water interface studied in a large bell jar system. - *Oceanol. Acta*, 6: 337-344
- Balzer, W.; F. Pollehne ; H. Erlenkeuser (1986): Cycling of organic carbon in a coastal marine system. In: *Sediment and water interactions.* (P.G. Sly ed.) Springer, New York, p. 323-328.
- Balzer, W., H. Erlenkeuser, M. Hartmann, P.J. Müller und F. Pollehne (1987): Diagenesis and exchange processes at the benthic boundary. - In: *Seawater-Sediment Interactions in coastal waters* (J. Rumohr, E. Walger und B. Zeitschel, Herausgeber), Ch. 5, Springer Verlag Berlin, pp. 111-161.
- Balzer, W. (1988a): Variation of benthic degradation across the Norwegian continental margin.- (Manuskript).
- Balzer, W. (1988b): Seasonality of benthic processes in the deep sea as inferred from pore water diagenetic modelling.- (Manuskript).

- Balzer, W. (1988c): Particle and solute mixing in the deep sea (Voering-Plateau).- (Manuskript)
- Boon, J.P., R.C.H.M. Oudejans und J.C. Duinker (1984): Kinetics of individual biphenyl (PCB) components in juvenile sole (*Solea solea*) in relation to their concentrations in food and to lipid metabolism.- *Comp. Biochem. Physiol.*, 79C: 131-142
- Dicke, M. (1986): Vertikale Austauschoeffizienten und Porenwasserfluß an der Sediment/Wasser- Grenzfläche.- Dissertation an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Dominik, J., U. Förstner, A. Mangini und H.E. Reineck (1979): Pb-210 and Cs-137 chronology on heavy metal pollution in a sediment core from the German Bight (North Sea).- *Senckenbergiana Maritima*, 10: 213-223
- Dominik, J. und A. Mangini (1979): Late Quaternary sedimentation rate variations on the Mediterranean ridge as results from the Th-230 excess method.- *Sedim. Geol.*, 23: 95-113
- Dominik, J. und P. Stoffers (1979): The influence of late Quaternary stagnations on clay sedimentation in the eastern Mediterranean Sea.- *Geol. Rundsch.*, 68: 302-317
- Dominik, J.; A. Mangini und F. Prosi (1984): Sedimentation rate variations and anthropogenic fluxes into Lake Constance sediments.- *Environ. Geol.*, 5: 151-157
- Duinker, J.C. und M.T.J. Hillebrand (1983a): Composition of PCB mixtures in biotic and abiotic marine compartments (Dutch Wadden Sea).- *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 31: 25-32
- Duinker, J.C. und M.T.J. Hillebrand (1983b): Characterisation of PCB components in Clophen formulations by capillary GC-MS and GC-ECD techniques.- *Environ. Sci. Technol.*, 17: 449-456
- Duinker, J.C., M.T.J. Hillebrand und J.P. Boon (1983): Organochlorines in benthic invertebrates and sediments from the Dutch Wadden Sea: Identification of individual PCB components.- *Neth. J. Sea Res.*, 17: 19-38
- Erlenkeuser, H. und W. Balzer : Chernobyl radiocesium in the deep Norwegian Sea sediments.- *Oceanol. Acta* (submitted)
- Glasby, G.P., T. Thijssen, W.L. Klueger, G. Friedrich, A. Mangini, P. Stoffers, J. Dominik, G. Frenzel, J.E. Andrews, und G.S. Roonwal (1983): Manganese nodule distribution,

- mineralogy and geochemistry and relation to type in the Aitutaki Pasage, S.W. Pacific.- Hawaii Institute of Geophysics, Technical Reports HIG-83-1.
- Mangini, A. und J. Dominik (1978): Th-230 excess extraction: A modification of the Ionium method for high accumulation rate determination.- Meteor Forsch. Ergeb., Reihe C, 29: 6-13
- Mangini, A., J. Dominik, P.J. Müller, und P.Stoffers (1982): Deep Pacific circulation: A velocity increase at the end of interglacial stage 5?.- Deep- Sea Res., 29: 1517-1530
- Stoffers, P., A. Sioulas, G.P. Glasby, W. Schmitz und A. Mangini (1984): Sediments and micronodules in the northern and central Peru Basin. - Geol. Rundsch., 73: 1055-1080
- Suess, E., W. Balzer, K.F. Hesse, P.J. Müller, C.A. Ungerer und G. Wefer (1982): Calcium carbonate hexahydrate from organic rich sediments of the Antarctic shelf: Precursors of Glendonites.- Science, 216: 1128-1131

## 7.5 Ziele, Methoden und Arbeitsprogramm

Durch Vergleich der Zusammensetzung und Transportraten von Sinkstoffen (siehe TP A1) und Sedimenten soll mit Hilfe anorganischer, organischer und isotoopen-chemischer Methoden die Fraktionierung biogener und abiogener Spurenkomponenten in der Wassersäule, am Meeresboden und im Sediment verfolgt werden. Übergeordnetes Ziel dabei ist, die Eignung bestimmter chemischer Informationsträger für paläo-ozeanographische Rekonstruktionen borealer Ablagerungsräume zu untersuchen und ihre Modifikation als Teil der organischen Substanz bzw. in Abhängigkeit von deren Abbau am Boden zu bestimmen. Der hier beobachtbare Zusammenhang von Transportraten zum Boden und (vorläufig endgültiger) Ablagerung bildet die Grundlage für die von uns beabsichtigte Untersuchung des chemischen "records" von klimatischen Übergängen im Sediment, insbesondere zunächst des Übergangs zum Holozän.

Für die Untersuchung geochemischer Informationsträger in unserem Arbeitsgebiet setzen wir uns 3 Schwerpunkte:

- a) Die Analyse von natürlichen und anthropogenen Spurenkomponenten in Sinkstoffen und Oberflächensedimenten; nach Datierung und

Kenntnis der Mischungsrate sind die Materialflüsse vergleichbar; b) Modifikation der Spurenmetallverteilung in Oberflächensedimenten; c) Charakterisierung labiler und resistenter Fraktionen der organischen Substanz.

a) Für die in unserem Teilprojekt konzentrierten Untersuchungen von Sinkstoffen auf anorganische und organische Spurenstoffe (Nuklide, Spurenmetalle, PCB's u.a.) müssen dem Untersuchungszweck angepaßte, kontaminationsfreie Sedimentfallen eingesetzt werden. Während bislang durch mangelnde technische Lösungen und finanzielle Begrenzungen dem SFB 313 im TP A1 solche Fallen nicht zur Verfügung standen, haben Entwicklungen am IfM Kiel zu geeigneten, käuflichen Systemen geführt. Es werden daher in Zusammenarbeit mit dem TP A1 solche Fallen für Spurenmetalle, Radiotracer und Aminosäuren/Zucker/Fettsäuren beantragt; daneben möchten wir (A4) Spezial-Fallen für die Substanzklasse der PCB's einwerben, welche fast nur für diesen Zweck genutzt werden können. Auf Grund der sehr unterschiedlichen physiko-chemischen Eigenschaften der PCB-Einzelkomponenten sind interessante Aufschlüsse über die Wechselwirkung zwischen partikulärer und gelöster Phase in der Wassersäule zu erwarten. In 1988 sollen die für die Untersuchung solchen Sinkstoffmaterials notwendigen Methoden entwickelt bzw. adaptiert werden, so daß der aufwendige Einsatz von Sedimentfallen von adäquaten Analysemethoden begleitet werden kann.

Am Geologischen-Paläontologischen Institut Kiel werden im Laufe des Jahres 1987 Alpha-Spektrometer-Meßplätze eingerichtet, die es erlauben, die für das Arbeitsprogramm notwendigen umfangreichen radiometrischen Datierungen durchzuführen: unsere geplanten <sup>230</sup>Th, <sup>231</sup>Pa und <sup>210</sup>Pb Messungen an bereits vorhandenen und auf den für 1988 geplanten Fahrten zu gewinnenden Tiefseesedimenten sollen den sedimentologischen und nachfolgend genannten geochemischen Untersuchungen an diesem Material den benötigten absoluten zeitlichen Bezug geben und damit insbesondere zur

konzentrieren, die mit der  $\delta^{18}\text{O}$ -Stratigraphie nicht eindeutig zeitlich eingeordnet werden können. Mit Hilfe der Bilanzen von  $^{230}\text{Th}$  und  $^{210}\text{Pb}$  sollen auch Aussagen zum Bodentransport von Sedimenten (Erosion, verstärkte Sedimentakkumulation) gewonnen werden (--> Teilprojekt A2).

Im Bereich des äußeren Voering-Plateaus zeigen einige Kerne (Oberflächen-)Sedimentationsraten von  $>6$  cm/kyr (aus  $\delta^{18}\text{O}$ -Messungen - TP B2); es ist nicht klar, ob diese höheren Raten tatsächlich durch einen verstärkten Sedimenteintrag hervorgerufen sind oder ob die homogene  $\delta^{18}\text{O}$ -Verteilung in den Oberflächensedimenten infolge von Durchmischung (Bioturbation) eine hohe Sedimentationsrate vortäuscht. Radiometrische Datierungsmethoden (in diesem Falle vor allem  $^{210}\text{Pb}$  Messungen) sollen Aufschluß über die Fragen der verstärkten Sedimentakkumulation bzw. der -durchmischung geben. Für die Bestimmung der integrierten biogenen Mischungsrate (Bioturbationsrate) sollen neben  $^{210}\text{Pb}$  auch die seit dem Unfall von Tschernobyl im Sediment vorhandenen  $^{134/137}\text{Cs}$  Gehalte genutzt werden.

Die relative Verteilung der Einzelkomponenten innerhalb der Klasse der chlorierten Kohlenwasserstoffe soll zunächst in Sedimentkernen und in Sinkstoffallenmaterial untersucht werden, um Rückschlüsse auf Transportmedien, Fraktionierungs- und Abbauprozesse ziehen zu können. An einigen Kernen soll die Eignung einzelner persistenter chlorierter Kohlenwasserstoffe als anthropogene Tracer für die Bestimmung der biogenen Mischungsrate getestet werden; aufgrund ihres ubiquitären und zeitlich genau einzuordnenden Auftretens erscheinen die PCB's dafür besonders geeignet.

b) Die Untersuchung der Frühdiagenese von sedimentären Spurenmetallen und ihrer Nutzung als anorganische Tracer für die Paläo-Verhältnisse in Bodenwasser und Oberflächensedimenten soll auf mehreren Wegen angegangen werden. Zunächst soll an einigen datierten Sedimentkernen, und zwar dort, wo Sedimentfallen ausgebracht werden, eine möglichst umfassende Aufnahme der partikulären vertikalen Spurenelementverteilung geleistet werden: zum einen, um durch Vergleich der Materialflüsse Hinweise auf Mobilisierung und Rückführung zu gewinnen und um andererseits even-

tuelle klimatisch bedingte Schwankungen in der Sedimentsäule aufzufinden; bei dieser Gesamtanalyse soll ein ähnlicher Bezug auf Leitkomponenten erfolgen wie bei dem Material aus den Sedimentfallen. Zweitens sollen die Konzentrationen ausgewählter Spurenmetalle in verschiedenen (teilweise bereits als Proben vorliegenden) Porenwasserhorizonten bestimmt werden, um Aufschlüsse über diagenetische Transport- und Anreicherungsprozesse zu erhalten. An Kastengreifer- sowie an Kastenlot-Kernen, die an den vermuteten Glazial/Interglazial- sowie Turbidit-Übergängen engständig beprobt werden, soll mit Hilfe der Totalreflektionsröntgenfluoreszenz und der Atomabsorption eine möglichst umfassende Spurenanalyse erzielt werden. Für die Analyse von Spurenmetallen in kleinen Probenvolumina (Porenwässer) ist die Atomabsorptions-Spektrometrie besonders geeignet. In 1987/88 sollen mit einem neuen Gerät teilweise vorhandene und von einem O-W-Profil ins Grönland-Becken zu gewinnende Proben gemessen und Methoden für weitere Elemente entwickelt werden, um die dem SFB 313 für 1988 in Aussicht gestellte 3-monatige Schiffszeit effektiv nutzen zu können.

Frühdiaenetischen Prozesse sind verantwortlich dafür, daß sich marine Sinkstoffe und Sediment so deutlich in ihrer Zusammensetzung unterscheiden. Die Untersuchung der relativen Bedeutung der verschiedenen Abbauarten bzw. beim Abbau organischer Substanz genutzten Oxidationsmittel soll nach Auswertung der bislang gewonnenen Proben abgeschlossen werden und in einem diagenetischen Modell verarbeitet werden. Die derart bestimmten diagenetischen Verhältnisse dienen einerseits der Berechnung von Rückführungsraten und bestimmen andererseits den Rahmen für Mobilisierungs- und Anreicherungsprozesse von Spurenelementen sowie für die Modifikation organischer Komponenten (z.B. Aminosäuren).

c) Bei der Untersuchung von Informationsträgern in der organischen Substanz wollen wir uns zunächst auf die labilen und resistenten Hauptkomponenten beschränken. Zum Verständnis der Rolle der Aminosäuren als Indikatoren für biologische und diagenetische Prozesse im Sediment soll bei der Analyse der Proben den "ungewöhnlichen" Aminosäuren, wie nicht-proteinogene Aminosäuren, beta-Isomere und optische Enantiomere (D-Aminosäuren), besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Hierzu sollen die existierenden,



z.T. für andere Matrices (z.B. physiologische Flüssigkeiten) entwickelten HPLC-Analysenverfahren (OPA-Methode, FMOC-Methode) adaptiert und optimiert werden. Insbesondere soll eine Probenfixierung sofort nach der Probennahme (an Bord) angestrebt werden (bislang zur unzureichend möglich). Für die Trennung von D- und L-enantiomeren Aminosäuren soll später ein chirales Reagenz eingesetzt werden, das sich mit dem FMOC-Verfahren anstelle des achiralen Reagenzes verwenden läßt. Hiermit sollen sowohl Porenwasserproben auf das Auftreten von D-Enantiomeren aus mikrobiologischen Abbauprozessen wie auch Kastenlotproben auf Enantiomere durch paläogene Racemisierung untersucht werden. Ebenfalls zugänglich über die Flüssigkeitschromatographie sind die Zucker, aus deren Verteilungsmuster infolge ihrer vielfältigen Funktionen als Nahrungs-, Lager- und Gerüstsubstanzen ebenfalls auf Herkunft und Geschichte des organischen Materials geschlossen werden kann, sowie Carbonsäuren als Aminosäureabbauprodukte und Amino Zucker als Reaktionsprodukte von Aminosäuren und Zuckern.

An mehreren Sedimentkernen im Bereich der Norwegisch-Grönländischen See (zunächst eines O-W-Profiles im Einflußbereich der verschiedenen Wassermassen) sollen die Gehalte an organischem Kohlenstoff gemessen und die vertikale und laterale Verteilung organisch-reicher Sedimente im untersuchten Profil festgestellt werden; dann soll die resistente (Rock-Eval-Technik) Fraktion des organischen Materials hinsichtlich Zusammensetzung und Herkunft untersucht werden, um Näheres über die Bildungsbedingungen der relativ organisch-reichen Sedimente im Europäischen Nordmeer während der Glazial-Interglazial Zyklen zu erfahren.

d) Die Untersuchung der Tonmineralverteilung und ihre Nutzung als Tracer soll an Sinkstoffen und Oberflächensedimenten (zusammen mit Al) geleistet werden.

Die Tonmineralzusammensetzung von Oberflächensedimenten ist wahrscheinlich abhängig von dem Strömungsmuster der Oberflächengewässern. Da dieses Strömungsmuster in der Vergangenheit Veränderungen unterworfen war, sollten Variationen der Tonmineralogie in Sedimentkernen auch Rückschlüsse auf die paläoozeographischen Verhältnisse erlauben.

Durch die Karbonatarmut des Ablagerungsraums bedingt, werden Isotopenanalysen an kieseligem Schalenmaterial (Diatomeen) benötigt. Die Aufbereitung von Silikaten für die  $\delta^{18}\text{O}$ -Analyse beruht im wesentlichen auf dem quantitativen Ersatz von Silikat-Sauerstoff durch Fluor (Reaktionsmittel  $\text{BrF}_5$ ) bei Temperaturen um  $600^\circ\text{C}$ . Der entwickelte Sauerstoff wird mit Hilfe von Graphit-Kohlenstoff bei höherer Temperatur quantitativ in  $\text{CO}$  umgewandelt und dieses  $\text{CO}$  wird in Glasabschmelzröhrchen umgefroren und für die Massenspektrometrie bereitgestellt.

## 7.6 Stellung innerhalb des SFB

Zum Teilprojekt A1 besteht eine enge Verknüpfung durch gemeinsame Konzeption und Einsatz von Sediment-Fallen: die dort beantragten kontaminationsfreien Sediment-Fallen sollen gemeinsam bearbeitet werden. Während in A1 neben der Untersuchung der Transportformen die biogenen Hauptkomponenten, Hartteile, stabilen Isotope und Tonmineralien (diese nur in Sinkstoffen und Oberflächensedimenten) im Vordergrund des Interesses stehen, will das TP A4 sich auf Spurenanalysen von Metallen, PCB's, Aminosäuren und Radionuklidkonzentrieren und die dazu nötigen Methoden in 1987/88 ausarbeiten. Die von uns durchzuführenden Analysen lassen interessante Aufschlüsse über Herkunft und Modifikation organischer Substanz erwarten, die in A1 benötigt werden.

Für die Untersuchung horizontalen Sedimenttransportes in TP A2 werden wir durch Materialbilanzen der Radionuklide  $^{230}\text{Th}$  und  $^{210}\text{Pb}$  Beiträge liefern, da sich die vertikale Komponente des Inputs zum Boden für diese Stoffe berechnen läßt.

Mit dem biologisch-orientierten Teilprojekt A3 gemeinsam - wenn auch mit unterschiedlichen Methoden - wird die Quantifizierung der benthischen Umsatzprozesse bearbeitet. Während in A3 dieses Ziel vor allem über kalorimetrische Analysen der Gesamt-Wärmeproduktion angegangen wird, werden wir hier über Porenwasseranalysen von verbrauchten Oxidationsmitteln und Reaktionsprodukten und deren Verarbeitung in einem diagenetischen Modell den Abbau organischer Substanz erfassen. Die von uns durchzuführende Ermittlung der integrierten Sediment-Mischungsrate mit Hilfe von

radiochemischen und anthropogenen (PCB's) Tracern steht in engem Zusammenhang mit der in A3 betriebenen Untersuchung der bioturbierenden Organismen und läßt wertvolle Aufschlüsse über dieses schwierige Kapitel in der Meeresforschung erwarten. Bei der Analyse des Aminosäure-Spektrums in Porenwasser und Sediment sind Kenntnisse über die dortigen Organismengruppen nützlich, zum einen, um das Ausmaß der Überprägung primärer Signale durch benthische Organismen zu verstehen, zum anderen um den Beitrag der Zellinhalte dieser Organismen zum Aminosäure-Pool einschätzen zu können. Umgekehrt sind unsere Analysen notwendig, um bei Interpretation der enzymatischen Untersuchungen in A3 das natürliche Angebot an Aminosäuren miteinbeziehen zu können.

An der Untersuchung der im TP B2 gewonnenen langen Kerne, die mehrere Klima-Perioden überdecken, werden wir uns mit radiologischen Datierungen und der Analyse von klima-typischen Spurenmetallmustern bzw. Akkumulationsraten beteiligen. Die von uns geplanten Datierungen sind vor allem dort nützlich, wo Karbonatmangel andere, sonst bewährte Methoden obsolet macht. Die Spurenmetalluntersuchungen sollen - zunächst an einem Kern - klären, inwieweit sich Eigenschaften des Bodenwassers in der Verteilung redox-abhängiger und anderer Spurenmetalle abbilden. Erhaltungsfähigkeit und Modifikation von organisch-chemischen Tracern, wobei wir uns zunächst auf gebundene Aminosäuren konzentrieren wollen, wollen wir auch an langen Kernen untersuchen, um die Nutzung von Aminosäuren als Zeitmarker durch Analyse der Racemisierung (an ausgewählten Foraminiferen-Spezies) zu testen.



## 8. Projektbereich B: "Geschichte der ozeanischen Zirkulation"

Die Eigenschaften und Auswirkungen der ozeanischen Zirkulation im Europäischen Nordmeer sind heute von einzigartiger Bedeutung für das Klima in Nordwesteuropa und für die Hydrographie des Weltozeans. Zu erkennen und zu verstehen, wie sich die Eigenschaften der Hauptwassermassen des Europäischen Nordmeeres auf dem Meeresboden abbilden, ist das Forschungsziel des ersten Projektbereiches dieses Sonderforschungsbereiches. In dem zweiten Projektbereich wollen wir versuchen, mit einer Vielzahl von marin-geowissenschaftlichen Methoden, der GESCHICHTE DER OZEANISCHEN ZIRKULATION im Europäischen Nordmeer nachzugehen. Diese Geschichte kann in eine Reihe von charakteristischen Stadien oder Zustände unterteilt werden:

1. Die prä-"glaziale" ozeanische Zirkulation.
2. Der Beginn eines "glazialen" Klimas auf der nördlichen Hemisphäre im Känozoikum und seine Konsequenzen für die ozeanische Zirkulation.
3. Kurz- und langfristige sowie saisonale Veränderlichkeit der ozeanischen Zirkulation als Reaktion auf die spät-tertiären und quartären Klimaschwankungen.
4. Entwicklung von quantitativen Modellen zur Berechnung der Zirkulation im "Fossilen".
5. Evolution der pelagischen Floren und Faunen als Reaktion auf die ozeanischen und klimatischen Veränderungen.
6. Darstellung der paläomorphologischen Entwicklung in ausgewählten Gebieten des norwegischen Kontinentalrandes aus hochauflösenden reflexionssesismischen Messungen unter Nutzung theoretischer Modelle.

Die geplanten Untersuchungen sollen in enger Verzahnung mit den Teilprojekten des ersten Projektbereiches durchgeführt und innerhalb dieses zweiten Projektbereiches in zwei Teilprojekte gegliedert werden: B1: Seismische Feinschichtung der Sedimente, und B2: Kurz- und langfristige Schwankungen in der ozeanischen Zirkulation: Abbildung in quartären und tertiären Sedimenten.

Beide Teilprojekte gehen Fragestellungen nach, indem sie versuchen, mit Hilfe der ihnen eigenen Meßmethoden Sedimenteigenschaften zu erfassen, um diese zur Rekonstruktion der Geschichte der ozeanischen Zirkulation im Europäischen Nordmeer heranzuziehen. Dabei konzentriert sich das TP B1 vor allem auf die Entwicklung und Anwendung kontinuierlich registrierender flachseismischer Methoden um Sedimentverteilungen zu charakterisieren und in ihrer regionalen Verbreitung zu erfassen. Das TP B2 wird dagegen vornehmlich meeresgeologische und paläontologische Methoden anwenden, um punktförmig an ausgewählten Proben Daten zu erarbeiten; diese Daten sollen dann benutzt werden um entweder "synoptische" Zeitschnitte und Bilanzen für ausgewählte historische Zustände, oder Zeitserien für die Beschreibung der Veränderlichkeit der Ozeanographie und des Klimas an einem gewählten Ort zu gewinnen. Beide TP sollen sich auf die Ergebnisse der Arbeiten des ersten Projektbereiches stützen, sie anwenden, aber auch u.U. für den ersten Projektbereich neue Fragen formulieren.

Eine gute Koordination der Arbeiten beider Projektbereiche wird auf vielen Ebenen versucht werden, wird aber auch schon durch die gemeinsamen Expeditionen erzwungen, da die Untersuchungen auf See und die Beprobungsprogramme gemeinsam geplant und durchgeführt werden müssen.

## 9. Teilprojekt B1: Seismische Feinschichtung der Sedimente

## 9.11 Fachgebiet und Arbeitsrichtung: Marine Geophysik

9.12	Leiter: Prof. Dr. R. Meißner	Dr. Fr. Theilen
	Institut für Geophysik	Institut für Geophysik
	der Universität Kiel	der Universität Kiel
	Olshausenstr. 40	Olshausenstr. 40
	2300 Kiel	2300 Kiel
	Tel. (0431) 880 3914	Tel. (0431) 880 3912

## 9.13 Personal Anfang 1988

	Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SFB tätig seit
<u>Grundausrüstung</u>	1) Meißner, R. Dr.	Geophysik	IG	10	7.85
Wissenschaftler	Professor				
	2) Theilen, Fr. Dr.	Geophysik	IG	20	7.85
	Akad. Rat.				
	3) Kögler, F. C.	Geologie	GPI	10	7.85
	wiss. Ang.				
nichtwissensch. Mitarbeiter	4) Becker	Geophysik	IG	10	1.86
	Werkstattleiter				
	5) Reim, U.	Geophysik	IG	10	1.86
	Zeichnerin				
	6) Mühlhan, N.		GPI	10	7.85
	Techniker				

	Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SFB tätig seit
<u>Ergänzungsaus-</u> <u>stattung</u>	7) Philipp, J. Doktorand	Geophysik	IG	20	12.85
Wissenschaftler	8) Uenzelmann, G. Doktorandin	Geophysik	IG	20	2.86
	9) Kassens, H. Doktorandin	Geologie	GPI	20	12.85
nichtwissensch. Mitarbeiter	10) Grahl, W.D. Ing.	Geophysik	IG	40	7.85

## 9.2 Zusammenfassung

Ziel der im Projekt "Seismische Feinschichtung der Sedimente" geplanten Vorhaben ist die Rekonstruktion der känozoischen Entwicklung und der Sedimentationsgeschichte des norwegischen Kontinentalrandes aus geophysikalischer Sicht. Die vorgesehenen Arbeiten konzentrieren sich im Wesentlichen auf die sedimentären Strukturen, die mit hochauflösenden seismischen Verfahren aufgenommen werden. Die seismostratigraphische Interpretation dieser Daten in Verbindung mit den Ergebnissen vorliegender DSDP-/ODP-Bohrungen ergibt zunächst einen regionalen Überblick über die Verbreitung und Mächtigkeit der sedimentären Schichten. Für die Rekonstruktion der Paläomorphologie ausgewählter, zeitlich gut einzuordnender Horizonte müssen Kompaktion von Sedimenten und tektonische Störungen in Rechnung gestellt werden. Auch großräumige Prozesse wie die Absenkungen der Kontinentalränder im Zuge der Öffnung des Europäischen Nordmeeres sind hier zu berücksichtigen.

Zur Weiterentwicklung der seismostratigraphischen Interpretation sollen die vergleichenden Untersuchungen zwischen den sedimentphysikalischen Kenngrößen und den Schalleigenschaften fortgesetzt

werden. Diese Untersuchungen beschränken sich bezüglich der Eindringung auf oberflächennahe Bereiche, die noch durch Kernentnahmen erfaßt werden können. Aus der allgemeinen Themenstellung des Teilprojekts lassen sich drei wesentliche Arbeitsrichtungen ableiten:

1. Die Klärung der känozoischen Entwicklung des norwegischen Schelfrandes setzt die Fortführung der mehrkanaligen reflexionsseismischen Vermessung des nördlichen Vöring-Plateaus und einiger Profile im Tiefseegebiet zwischen dem äußeren Plateau und Jan Mayen voraus. In Anschluß daran soll ein weiteres Meßprogramm am Ausgang der Barents-See in Angriff genommen werden (s. Abb. 9).
2. Die seismostratigraphische Interpretation der seismischen Daten ermöglichte zunächst eine Darstellung der Mächtigkeit und Tiefenlagen der Schichten. Die zeitliche Einordnung kann an DSDP- und ODP-Bohrungen erfolgen. Zur Beurteilung der dynamischen Entwicklung ist jedoch die paläomorphologische Situation für definierte geologische Altersstufen durchzuführen. Dies setzt eine Abschätzung der Kompaktion und die Berücksichtigung der jüngeren tektonischen Aktivitäten voraus, die sich in den Seismogrammen abzeichnen. Gleichzeitig sind aber auch die großräumigen Absenkungsprozesse aufgrund der plattentektonischen Entwicklung in den Untersuchungsgebieten in diese Untersuchung einzubeziehen.
3. Die Labormessungen befassen sich gezielt mit der Korrelation zwischen Sedimentparametern und den seismischen Geschwindigkeiten mit dem Ziel einer Verbesserung der Interpretation seismischer Aufzeichnungen. Hier stellt sich insbesondere die Frage, welchen Einfluß Zementationshorizonte auf Schallgeschwindigkeit und Absorption haben, und ob sie Reflektoren ausbilden können und damit ihre weiträumige Kartierung möglich ist, um Einflüsse drastischer kurzfristiger Klimaschwankungen auf die Sedimentation in einer Schichtabfolge seismisch zu erfassen. Gleichzeitig sollen Kernproben im Hinblick auf Anisotropie-Effekte hinsichtlich ihrer Schallgeschwindigkeit



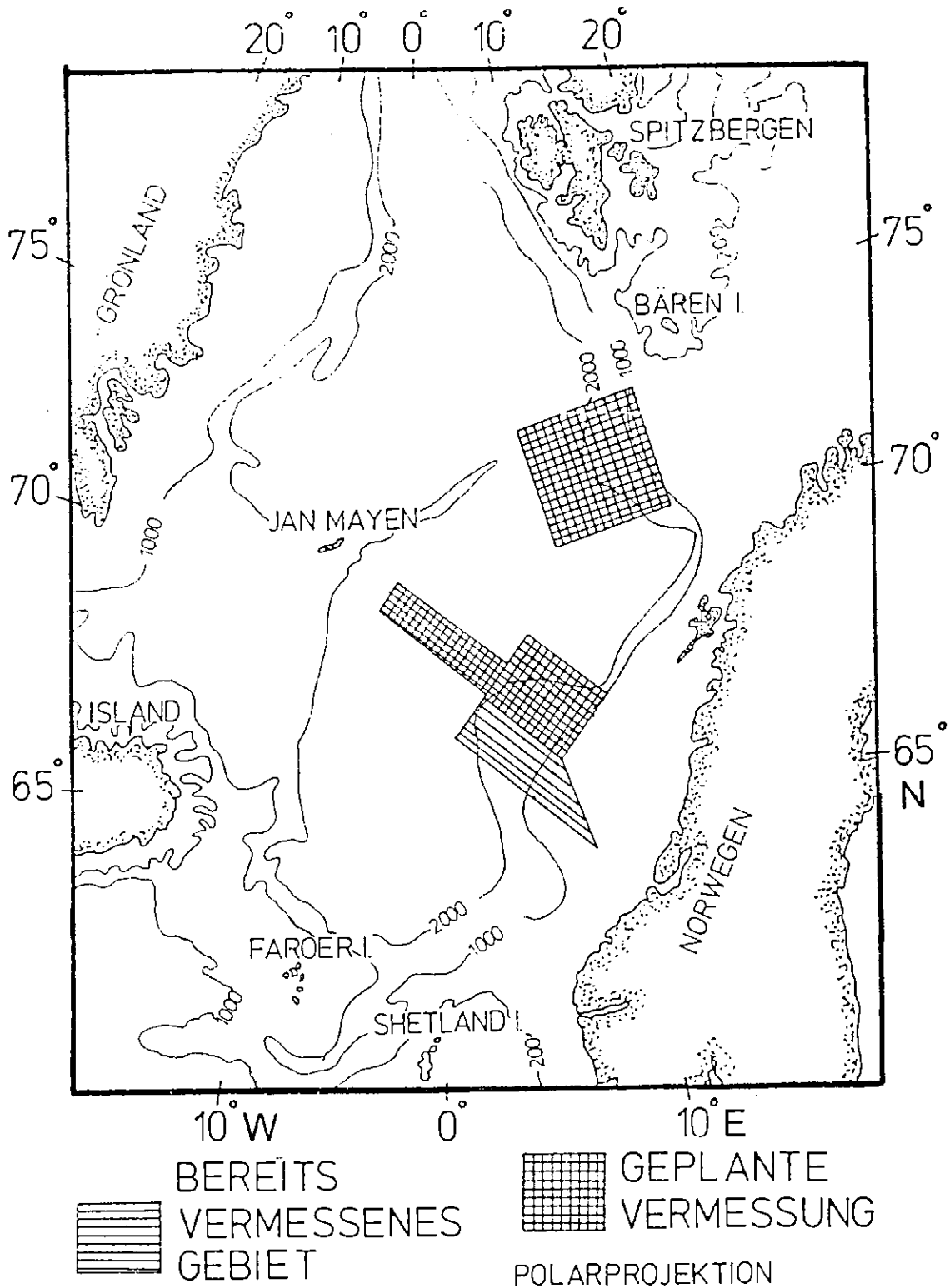


Abb.9: Hochauflösende reflexionsseismische Vermessung des Instituts für Geophysik im Nordmeer

und ihres Gefüges untersucht werden. Mit diesen Untersuchungen soll der Frage nachgegangen werden, ob Strömungsrichtungen sich aus der Anisotropie und dem Gefüge rekonstruieren lassen. Die bisherigen Untersuchungen mit Kompressionswellen werden durch Scherwellen und elektrische Leitfähigkeitsmessungen erweitert. Geschwindigkeiten und Absorption beider Wellenarten und die elektrische Leitfähigkeit als Funktion der Frequenz hängen vom Sedimentgefüge und von der Art der Porenfüllung ab. Die Natur der Beziehungen zwischen den strukturellen und den physikalischen Parametern ist noch wenig bekannt, und ihre Untersuchung soll daher vorangetrieben werden.

### 9.3 Stand der Forschung

#### Geophysikalische Untersuchungen im Nordatlantik

Die Norwegische See ist zur Zeit Gegenstand intensiver geophysikalischer Untersuchungen sowohl im Hinblick auf die Grundlagenforschung als auch auf die Kohlenwasserstoffexploration. Aus diesem Grunde werden hier nur die neueren Arbeiten aufgeführt, die von Bedeutung für die geplanten Arbeiten sind. Hier sind zunächst zwei Arbeiten von Ziegler et al. (1986) und Gage et al. (1986) zu erwähnen. Die erste Arbeit befaßt sich mit der Ausbildung von Kohlenwasserstoff-Lagerstätten in der Nordsee (Viking-Graben), vor der mittel-norwegischen Küste und der Barents-See im Zusammenhang mit der geologischen Entwicklung dieser Seegebiete. Von Bedeutung sind hier die dargestellten Absenkungsprofile für verschiedene Gebiete, die den Zeitraum vom Jura bis zum Neogen erfassen. Hier werden zwar größere Tiefenbereiche erfaßt als die in diesem Vorhaben geplanten seismischen Untersuchungen im oberflächennahen Bereich, ebenso sind lokale Unterschiede zu erwarten, aber tiefgreifende tektonische Prozesse sollten sich auch in der Sedimentationsgeschichte abzeichnen.

Von ebenso grundlegender Bedeutung ist die zweite Arbeit von Gage et al. (1986). Sie vermittelt eine Übersicht über die plattentektonische Entwicklung des Europäischen Nordmeeres für verschiedene Epochen vom Paläozoikum bis zum Tertiär. Hanisch (1984) stellt einen großräumigen Zusammenhang zwischen der Absenkung des Rockall-Grabens und dem Möre- und Vöring-Becken her. Wesentliche

Arbeiten zur Öffnung der Europäischen Nordmeeres und besonders zur Ausbildung des norwegischen Kontinentalrandes liegen von Hinz et al. (1984) und Eldholm (1986) vor.

Berglund et al. (1986) geben eine Übersicht über die Entwicklung des Hammerfestbeckens im Bereich der Barents-See seit der Trias und während der Kreide. Ein weiterer Artikel von Bergsager (1986) beschreibt die plattentektonische Entwicklung und das Kohlenwasserstoff-Potential im westlichen Teil der Barents-See. Dieses Gebiet (östlich von 15° E gelegen) ist extrem dicht mit seismischen Profilen belegt und sollte daher nicht Gegenstand eigener Messungen sein. Wie in Abb. 9 dargestellt, liegt das vorgesehene Meßgebiet westlich 15° E und erfaßt den tieferen Teil eines Sediment Fans südlich der Bären-Insel vor dem eigentlichen Barents-Schelf.

Neben den regionalen Untersuchungen sind aber auch theoretische Modelle wie von Jarvais et al. (1980) und McKenzie (1978) in die Betrachtungen über die Entwicklung von Sedimentbecken und Kontinentalränder einzubeziehen.

Die hier genannten Publikationen beziehen sich auf die Untersuchung der Erdkruste, während die geplanten Arbeiten sich auf den oberflächennahen Bereich mit Eindringtiefen von etwa 500-1000 Metern beschränken. Dennoch ist davon auszugehen, daß die Tektonik neben früheren Strömungsverhältnissen Einfluß auf die Paläomorphologie gehabt hat und daher berücksichtigt werden muß.

Im Bereich der Labormessungen liegen Untersuchungen von Schultheiss (1985) vor, der ebenfalls eine Längsdurchschallung von Kernen durchgeführt hat. Dabei liegen die Abstände jedoch im Dezimeterbereich. Bei Feinschichtung ist dieses Intervall zu groß, so daß in unserem Vorhaben eine Auflösung von einigen Zentimetern angestrebt wird. Diese Auflösung ist erforderlich, um zementierte Lagen mit einer Mächtigkeit von 5 bis 15 Zentimetern noch sicher zu erfassen. Eine wichtige Arbeit von Carlsen et al. (1984) belegt die transversale Anisotropie von karbonatreichen Tiefsee-Sedimenten. Die Anisotropie ist gering bei ungeschichteten Lagen, kann aber bei geschichteten Lagen Werte bis 13% annehmen, wobei dieser Effekt mit der Tiefe zunimmt. Eine

Anisotropie wurde auch von Kim et al. (1985) an Tiefsee-Bohrproben nachgewiesen. Die Effekte zeigen sich sowohl in den Geschwindigkeiten als auch in der Absorption von Kompressions- und Scherwellen. Die Autoren erklären ihre Ergebnisse mit der Poren-Ausrichtung, die sich aus der Sedimentauflast und diagenetischen Prozessen in größeren Tiefen ergibt. Kernorientierung und Feinschichtung können ebenfalls zu diesem Effekt beitragen.

Schlanger et al. (1974) stellen den Zusammenhang zwischen Klimaschwankungen und Diagenese dar und weisen auf die Möglichkeiten zur Ausbildung seismischer Reflexionshorizonte hin, die ihre Kartierbarkeit ermöglichen. Diese Untersuchungen erfolgen jedoch an DSDP-Proben aus größeren Tiefen, während im vorliegenden Vorhaben ähnliche Prozesse an oberflächennahen Sedimenten untersucht werden sollen.

#### Methode der Untersuchungen

Die vorgesehenen mehrkanaligen seismischen Messungen werden mit einer neu aufgebauten Anlage durchgeführt. Dazu wurde aus HFBG-Mitteln ein 600 Meter langer, 24 kanaliger Streamer mit einem Gruppenabstand von 25 Metern beschafft, der sich bisher gut bewährt hat. Die Signalanregung erfolgt mit einem Array aus 5 Luftpulsern mit Kammervolumina von 0,3 bis 2 Litern, die ein wesentlich hochfrequenteres Signal anregen als es mit den in der Explorationsseismik üblichen Arrays der Fall ist. Die Signalaufzeichnung erfolgt digital für alle Kanäle und analog für den ersten Kanal. Das Air Gun Array und die digitale Datenerfassungsanlage wurden ebenfalls neu konzipiert und sind mit vollem Erfolg eingesetzt worden. Im Vergleich mit Arbeiten anderer Institute hat es sich jedoch gezeigt, daß die Wasserkanone, die keine Bubble-Signale als Ghost erzeugt, für die Auflösung der Feinstruktur unter stark ausgeprägten Reflexionshorizonten besser geeignet ist. Aus diesem Grund ist vorgesehen, dieses Gerät in Zukunft mit einzusetzen. Für hochauflösende seismische Vermessungen der oberen Schichten wurde im Rahmen eines anderen Vorhabens ein mehrkanaliges Deep-Tow -System entwickelt. Es besteht aus einer breitbandigen Schallquelle mit einem Frequenzbereich von 1-3,2 kHz und einem 12 kanaligen, 50 Meter langen Streamer. Die Digitalisierung der Daten erfolgt im Tiefschleppkörper, von wo aus sie über ein Einleiterkabel einer an Bord befindlichen Registriereinheit zuge-

führt werden. Das Gerät wird 50 bis 100 Meter oberhalb des Meeresbodens betrieben und kann bis zu Wassertiefen von 6000 Metern eingesetzt werden. Es befindet sich zur Zeit noch im Teststadium, soll aber für spezielle Fragestellungen, die eine hochauflösende Struktur nach Geschwindigkeitsbestimmungen erfordern, benutzt werden.

Für die Labormessungen wurde ein Gerät zur Längsdurchschallung mit Kompressionswellen gebaut. Dazu wird eine Schallquelle auf das Ende des Kerns gesetzt und die Laufzeit der Signale entlang seiner Oberfläche in Abständen von wenigen Zentimetern gemessen. Diese Anlage soll durch drei Parameter erweitert werden:

Die Kompressionswellengeschwindigkeit soll zusätzlich in zwei Richtungen quer zur Längsachse des Kerns gemessen werden, um der Frage nachzugehen, ob eine Geschwindigkeitsanisotropie vorliegt und, wenn das der Fall ist, ob diese mit der Sedimentstruktur korreliert. Damit soll der Frage nachgegangen werden, ob frühere Strömungsrichtungen über die Anisotropie ermittelt werden können.

Zweitens soll die Anlage für Scherwellenmessungen erweitert werden. Dazu wird die Schallquelle für Kompressionswellen durch eine Scherwellenquelle ersetzt, während der Signalabgriff in der vorliegenden Form erhalten bleibt.

Zusätzlich sollen elektrische Leitfähigkeitsmessungen an Kastenlotkernen durchgeführt werden. Dabei handelt es sich sowohl um ein Gleichstrom- als auch um ein Wechselstromverfahren mit variabler Frequenz. Besonders die Frequenzabhängigkeit der Leitfähigkeit ermöglicht Aussagen über die innere Struktur des Sediments.

Alle Messungen sollen an Bord direkt nach der Öffnung des Kerns durchgeführt werden. Die Datenerfassung erfolgt in digitaler Form auf einem Rechner, so daß auch die Auswertung in schneller Form an Bord durchführbar ist.

Von geologischer Seite werden die Untersuchungen durch sedimentologische Analysen ergänzt. Hierbei handelt es sich um folgende Parameter: Scherfestigkeit im natürlichen und homogenisiertem Zustand, Wassergehalt, Porosität, Permeabilität, Sättigungsgrad, Feuchtraumgewicht, spez. Gewicht, Kompressibilität, Korngrößenzusammensetzung, CaCO<sub>3</sub> und C<sup>org</sup>-Gehalt, Mikrogefügeanalysen mit dem Rasterelektronenmikroskop sowie die Bestimmung der Elementarzusammensetzung mit dem EDAX (Energy Dispersive Analysis of X-Rays) und der Mikrosonde.

Die geophysikalischen und geologischen Labormessungen sollen untereinander korreliert werden im Hinblick auf die Möglichkeit, wichtige sedimentologische Parameter mit Methoden der Feldmessung zu bestimmen. In diesem Zusammenhang sind Horizonte mit einer frühdiagenetischen Zementation zu beachten, die eine erhöhte Impedanz aufweisen und damit gut korrelierbare Reflexionshorizonte aufweisen können.

#### Literatur

- Berglund, L.T., Augustson, J., Färseth, R., Gjelberg, J. und H. Ramberg-Moe (1986): The Evolution of the Hammerfest Basin. eds. A.M. Spencer, 319-338 pp., Habitat of Hydrocarbons on the Norwegian Continental Shelf, Graham and Trotman, London
- Bergsager, E. (1986): Future Petroleum Potential of the Barents Sea, pp. 339-354, Habitat of Hydrocarbons of the Norwegian Continental Shelf, Graham and Trotman, London
- Carlsen, R.L., Schaftenaar, C.H. und R.P. Moore (1984): Causes of Compressional-Wave Anisotropie in Carbonate Bearing. Deep Sea Sediments, 49, No 5: 525-532
- Eldholm, O. und J. Skosgeid (1986): The Vøring Plateau Marginal High: ODP LEG 104 Drilling Results And Early Cenozoic Resolution. EGS Meeting 1986, Terra Cognita, 6, No. 3
- Gage, M.S. und A.G. Dore (1986): A Regional Geological Perspective of the Norwegian Offshore Exploration Provinces. Norwegian Petroleum Society, 21-38 pp., Habit of Hydrocarbons of the Norwegian Continental Shelf, Graham and Trotman, London
- Hanisch, J., (1984): The Cretaceous Opening of the Northeast Atlantic, Tectonophysics., 101: 1-23

- Hinz, K., Dostmann, H.J. und J. Hanisch (1984): Structural Elements of the Norwegian Continental Margin. Geol. Jb., A 75: 193-211
- Jarvais, G. T. und D.P. McKenzie (1980): Sedimentary Basin Formation with Finite Extension Rates. Earth and Planetary Science Letters, 48: 42-52
- Kim, D.C., Manghnani, M. und S.O. Schlanger (1985): The Role of Diagenesis in the Development of Physical Properties of Deep Sea Carbonate Sediments. Marine Geology, 69: 69-91
- McKenzie, D. (1978): Some Remarks on Development of Sedimentary Basins. Earth and Planetary Science Letter, 40: 25-32
- Schlanger, S.O. und R.G. Douglas (1974): The Pelagic Ooze-Chalk-Limestone Transition and its Implications for Marine Stratigraphy. In: Pelagic Sediments: On Land and under the Sea. Special Publication Number 1, International Ass. of Sedimentologists edited by J. Hsü and H.C. Jenkyns, Blackwell Scientific Publications Oxford, London, Edinburgh, Melbourne
- Schultheiss, P.J. (1985): Physical and Geotechnical Properties of Sediments from the North West Pacific. Deep Sea Drilling Project, Leg 86. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 86: 701-777
- Vail, P. R. und M. Mitchum (1977): A Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level; part 1-5, AAPG Memoir 26: 51-116
- Ziegler, W.H., Doery, R. und J. Scott (1986): Tectonic Habitat of Norwegian Oil and Gas. Norwegian Petroleum Society, pp. 3-19, Habitat of Hydrocarbons of the Norwegian Continental Shelf, Graham and Trotman, London

#### 9.4 Eigene Vorarbeiten

Seitens des Instituts für Geophysik sind tiefenseismische Untersuchungen der Krustenstruktur auf dem "Blue Norma" - Profil durchgeführt worden, das sich als kombiniertes See-Land Profil quer durch Skandinavien bis in die Norwegische See erstreckt (Meißner, 1979; Theilen und Meißner, 1979; Weinrebe, 1981; Avedik et al., 1984).

Hochauflösende kontinuierliche reflexionsseismische Messungen wurden in verschiedenen Seegebieten durchgeführt. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Sedimentologie der Universität in Perpignan wurden Untersuchungen der plioquartären Ablagerungen und die Entwicklung und Ausbildung von Canyons am Schelfrand untersucht. Ein mehrjähriges Vorhaben befaßte sich mit der Entwicklung des Wattschelfes und der Priele vor der nordfriesischen Küste (Tietze, 1983; Tietze, 1984).

Inzwischen wurde im Rahmen des SFB 313 eine 24-kanalige reflexionsseismische Anlage aufgebaut. Das zugehörige Datenerfassungssystem wurde selbst konzipiert. Das Gerät konnte mit Erfolg in der Norwegischen See eingesetzt werden. In Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Koske, Institut für Angewandte Physik, Abt. Meerestechnik, wurde ein Tiefschlepp-System für hochauflösende Untersuchungen des Meeresbodens entwickelt und gebaut. Es besteht aus einer seismischen Quelle, einem 12-kanaligen Streamer, den Stromversorgungseinheiten und der Datenerfassungseinheit, die in einem Schleppkörper untergebracht sind. Gleichzeitig ist ein Tiefseemagnetometer in das System integriert. Das Gerät wird in der Tiefsee etwa 50 bis 100 Meter über dem Boden geschleppt, wobei die Einzelkomponenten bis zu einer maximalen Einsatztiefe von 6000 Metern ausgelegt sind. Das Gerät befindet sich zur Zeit im Erprobungsstadium und soll für spezielle Untersuchungen auch im Rahmen des SFB 313 eingesetzt werden.

Die Entwicklung von Schallquellen wird in Zusammenarbeit mit dem Institut für Angewandte Physik der Universität Kiel und dem Max-Planck-Institut für Strömungsforschung vorangetrieben. Hierbei handelt es sich um eine Kompressions- und Scherwellenquelle, wobei die letztere für den Einsatz in relativ geringen Wassertiefen konzipiert wird. Generell hat sich die bisher gebaute Quelle für Flachwasseruntersuchungen gut bewährt (Gehrmann et al., 1984). Besonders aussagekräftige Ergebnisse können mit dem kombinierten Einsatz von Kompressions- und Scherwellen hinsichtlich der Feinstruktur erzielt werden, wobei die Scherwellen in Flachwassersedimenten der Ostsee empfindlicher auf elastische Änderungen reagieren als Kompressionswellen (Gimpel, 1987). Die Scherwellenseismogramme sind feiner strukturiert als vergleichbare Aufzeichnungen mit Kompressionswellen. Sie haben darüber hinaus



den Vorteil, daß sie im Gegensatz zu hochfrequenten Kompressionswellen gashaltige Schichten zu durchdringen vermögen. Untersuchungen über die Intensität der Meeresbodenreflexion haben ergeben, daß eine Korrelation des Reflexionskoeffizienten und der Korngröße des Sedimentes besteht (Winn et al., 1983).

Für die Laboruntersuchungen wurde im Rahmen der ersten Phase des SFB 313 eine Durchschallungsanlage für Kastenlotkerne entwickelt. Als Vorarbeit zu diesem Programm sind Untersuchungen über Geschwindigkeiten und Absorption an Sandproben und Tonen zu nennen, wobei ein effektiver hydrostatischer Druck auf die Proben angewendet wird (Meißner und Theilen, 1983; Muckelmann, 1982, 1985; Theilen, 1982). Einzelproben aus den Kernen werden auch in dieser Anlage untersucht, um die bei der Kernentnahme auftretende Druckentlastung zu kompensieren. Generell ist die an entlasteten Kernen gemessene Geschwindigkeit niedriger im Vergleich zur *in situ* Geschwindigkeit. Die unter erhöhtem effektiven Druck gemessenen Geschwindigkeiten entsprechen eher den in situ Geschwindigkeiten. Im Rahmen der Absorptionsuntersuchungen wurden besonders auch die Verfahren zur Bestimmung der Absorption aus marinseismischen Messungen entwickelt (Jannsen et al., 1985). Dabei hat sich gezeigt, daß die seismische Güte  $Q$  als sedimentphysikalischer Parameter nur in Sedimentschichten ermittelt werden kann, die eine Mächtigkeit von mehreren Wellenlängen aufweisen. Bei Vorliegen einer Feinstruktur ergibt sich eine effektive seismische Güte, die von der Schichtgeometrie, aber auch durch Scattering-Effekte beeinträchtigt werden kann. Verfahren zur Bestimmung der seismischen Güte  $Q$  aus Bohrlochmessungen wurden von Wiederhold (1986) vorgenommen. Diese Verfahren sollen mit in das vorliegende Vorhaben einfließen.

#### Literatur

- Avedik, F., Fucke, H., Goldflam, S., Hirschleber, H., Meißner, R., Sellevoll, M. und W. Weinrebe (1984): Seismic Investigations along a Scandinavian Blue Road Profile, *Annales Geophysicae*, 2, No. 5: 571-578

- Gehrmann, T., Gimpel, P. und F. Theilen (1984): Marine Shear Wave Profiling. Technical Programme Abstracts and Biographies 54th Meeting of the Society of Exploration Geophysicists, Atlanta, USA
- Gimpel, P. (1987): Marine flachseismische Untersuchungen in der Kieler Bucht unter besonderer Berücksichtigung von Scherwellen. Dissertation, Institut für Geophysik der Universität Kiel
- Got, H., Aloisi, J.-C., Leenardt, O., Menaco, A., Serra Raventos, J. und F. Theilen (1979): Structures sedimentaires sur les marges du Golfe du Lion et de Catalogue. Revue de Geologic dynamic et de Geographie physique, 21, Fase 4: 281-291
- Janssen, D., Voß, J. und F. Theilen (1985): Comparison of Methods to Determine Q in Shallow Marine Sediments from Vertical Reflection Seismograms. Geophysical Prospecting, 33: 479-497
- Meißner, R. (1979): Fennoscandia - A short Outline of its Geodynamic Development. Geojournal 3.3: 227-233
- Meißner, R. und F. Theilen (1983): Attenuation Properties of Sediments. 11th World Petroleum Congress - Special Paper No. 3: 363-379, London
- Muckelmann, R. (1982): Dependence of Seismic Properties of Sands on the Degree of Water Saturation obtained from Pulse Transmission Experiments. Technical Programme Abstract and Biographies 52nd Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists. Dallas, USA
- Muckelmann, R. (1985): Theoretische und experimentelle Untersuchung von P- und S-Wellen an Sanden unter besonderer Berücksichtigung ihrer Dämpfungseigenschaften. Dissertation, Institut für Geophysik der Universität Kiel
- Theilen, F. und R. Meißner (1979): A Comparison of Crustal Features in Fennoscandia and the Rhenish Shield, Two Areas of Recent Uplift. Tectonophysics, 61: 227-242
- Theilen, F. (1982): Anelastic Properties of Sediments. Technical Programme Abstracts and Biographies 52nd Annual Meeting of the Society of Exploration of Geophysics, Dallas, USA
- Tietze, G. (1983): Das Jungpleistozän und Marine Holozän nach seismischen Messungen nordwestlich Eiderstedt/Schleswig-Holstein. Dissertation, Institut für Geophysik der Universität Kiel
- Tietze, G. (1984): Das Jungpleistozän und Marine Holozän nach

- seismischen Messungen nordwestlich Eiderstedt/Schleswig-Holstein. N.J.B. Geol. Pal. Abh. 167, Heft 1: 102-125
- Weinrebe, H. (1981): Joint Interpretation of Earthquake Traveltime Residuals and Seismic Measurement along the "Blue Norma"-Profile in Northern Scandinavia. Pageoph., 119: 1107-1115
- Winn, K., Becker, G. und F. Theilen (1983): The Relationship between Sediment Parameters and the Acoustic Reflectivity of the Sea Bed. In: Acoustics and the Sea-Bed, Bath University Press
- Wiederhold, H. (1986): Bestimmung der Absorption seismischer Wellen aus vertikalen seismischen Profilen. Dissertation, Institut für Geophysik der Universität Kiel

## 9.5 Ziele, Methoden, Arbeitsprogramm und Zeitplan

### Regionale Untersuchungen

Ziel der regionalen geophysikalischen Untersuchungen ist die Rekonstruktion der paläomorphologischen Entwicklung und der Sedimentverteilung des norwegischen Kontinentalrandes in ausgewählten Testgebieten. Dies setzt eine engräumige reflektionsseismische Vermessung voraus, die sich hinsichtlich der Eindringung auf den sedimentären Bereich beschränkt, dafür aber eine wesentlich höhere Auflösung aufweist als die herkömmliche Prospektionsseismik. Die Profilnetze werden, wo immer es möglich ist, an vorhandene Bohrungen angeschlossen, um zu einer eindeutigen Interpretation zu gelangen. Die Messungen wurden hinsichtlich ihrer Feinstruktur nach seismostratigraphischen Gesichtspunkten ausgewertet. Die bisherigen Untersuchungen am Vöring-Plateau haben gezeigt, daß die wesentlichen Reflexionshorizonte stetig über lange Profilabschnitte verfolgt werden können. Durch den Anschluß an vorhandene ODP-/DSDP-Bohrungen ist ihre Altersstellung bekannt. Das Äußere Vöring-Plateau war zu Beginn des Tertiärs zum Teil noch Festland oder von Flachwasser bedeckt. Nach der Methode von Vail et al. (1977) ist es möglich, die relative Änderung des Meeresspiegels zum Festland zu bestimmen. Mit Hilfe weltweiter Meeresspiegelschwankungen kann eine Ab-

schätzung der Absenkung des Kontinentalrandes vorgenommen werden. Gleichzeitig erhält man Aussagen über relative Absenkungsunterschiede innerhalb des Meßgebiets. Diese Ergebnisse sind in Übereinstimmung mit den Erkenntnissen aus tiefer reichenden Krustenuntersuchungen zu bringen.

Für die Rekonstruktion der Paläomorphologie sind weiter die Kompaktion der Sedimentschichten unter Auflast und kleinräumige tektonische Störungen zu berücksichtigen. Diese Störungen treten vor allem im westlichen Bereich des Äußeren Vöring-Plateaus auf und erstrecken sich vom Meeresboden ausgehend auf Tiefen von mehreren hundert Metern. Sie belegen, daß diese Tektonik in der Gegenwart noch aktiv ist (Werner, 1986). Während die Verschiebungen an den Störungen aus den Seismogrammen abgeschätzt werden können, sind für die Kompaktion theoretische Modelle (Biot, 1956) oder Erfahrungswerte aus anderen Seegebieten heranzuziehen. Die Bearbeitung dieses Fragenkomplexes steht während des Antragszeitraums im Vordergrund.

Auf dem südlichen Bereich des Vöring-Plateaus liegt ein hinreichend dichtes Profilnetz vor. Dieses soll nach Norden hin ergänzt werden. Die bisherigen Messungen haben gezeigt, daß eine Erweiterung des Profilnetzes über den äußeren Schelfhang hinaus in die Tiefsee erforderlich ist (Abb. 9). Diese Arbeiten sind für das Jahr 1988 vorgesehen. Danach soll das zweite Testfeld am Ausgang der Barents-See südlich der Bären Insel in Angriff genommen werden (Abb. 9). Das Meßgebiet wird nach Osten hin an der geographischen Länge von  $15^{\circ} \text{E}$  begrenzt, um nicht sensitive Zonen erhöhter Prospektionsaktivitäten in Bezug auf Kohlenwasserstoffe auf dem Barents-See Schelf zu berühren. Für seismische Messungen wird pro Jahr ein Zeitraum von 3-4 Wochen veranschlagt.

#### Laboruntersuchungen

Die Laboruntersuchungen stellen einen wesentlichen Beitrag zur Interpretierbarkeit hochauflösender seismischer Messungen dar. Hier werden zwei Ziele verfolgt:

1. Welche Beziehungen bestehen zwischen den seismischen und elektrischen Parametern einerseits und den sedimentologischen Parametern andererseits? Hier soll der Frage nachgegangen

werden, ob es Korrelationen zwischen Geschwindigkeitsanisotropien und der Sedimentstruktur gibt. Wenn einerseits Beziehungen zwischen der Struktur und der Strömungsrichtung während der Ablagerung bestehen, andererseits die Struktur das seismische Anisotropieverhalten des Sediments beeinflusst, könnte man mit seismischen Methoden Informationen über Paläoströmungen auch aus Tiefen gewinnen, die mit Kernen nicht mehr zu erreichen sind. Voraussetzung ist dabei, daß die Sedimentstruktur nicht vollständig zerstört wurde.

2. Eine zweite wesentliche Fragestellung befaßt sich mit frühgenetischen Zementationszonen, die an Kernen aus dem Bereich des Vöring-Plateaus angetroffen wurden. Diese belegen kurzfristige drastische Klimaschwankungen. Die bisherigen Laboruntersuchungen an Kernen haben gezeigt, daß sich diese Zonen auch im Geschwindigkeitsprofil und im Feuchtraumgewicht durch hohe Werte abzeichnen, die zu einer Erhöhung der seismischen Impedanz führen. Allerdings sind diese Bereiche nur von geringer Mächtigkeit. Hier stellt sich die Frage nach ihrer Abbildung im Seismogramm. Wenn es möglich ist, die Zementationszonen seismisch flächenhaft zu erfassen, können Fortschritte in der Interpretierbarkeit von Seismogrammen erreicht werden. Allerdings können solche Reflexionseinsätze in der Aufzeichnung kaum von anderen Reflektoren unterschieden werden, so daß sie immer an eine Kernstation oder eine Bohrung angeschlossen werden müssen.

Weitere charakteristische Unterschiede ergeben sich aus dem Vergleich von Kompressions- und Scherwellengeschwindigkeiten. Generell werden die Eigenschaften von Kompressionswellen durch die Eigenschaften des Sedimentgerüsts und der Porenfüllung bestimmt, während die Scherwellen nur vom Sedimentgerüst beeinflusst werden. Dies zeichnet sich besonders bei geringen Gasgehalten im Sediment ab, wo die Kompressionswellengeschwindigkeit auf Werte unter 1000 m/s absinkt. Bei allen seismischen Messungen an Kernen tritt das Problem auf, daß die gemessenen Geschwindigkeiten wegen der Druckentlastung bei der Kernentnahme im Vergleich zu den in situ Geschwindigkeiten zu klein sind. Der bestimmende Parameter ist hier der effektive Druck. Aus Messungen an Sand- und Tonproben ist bekannt, daß bei Drucken bis zu 20 MPa die Geschwindigkeiten

bis zu 20% erhöht werden können. Aus diesem Grund sollen den Kernen Proben entnommen werden, um sie in einem Autoklaven bei höheren Drucken hinsichtlich ihrer Schalleigenschaften zu untersuchen, wobei die in situ Bedingungen nahezu wieder hergestellt werden.

Die Untersuchung ist wichtig für die Erstellung eines geoakustischen Modells (Impedanzabfolge in Abhängigkeit von der Tiefe) für den oberflächennahen Bereich. Dabei werden synthetische Seismogramme unter Vorgabe der Reflektivitätsabfolge der Geschwindigkeiten und Absorptionswerte gerechnet und den gemessenen Seismogrammen angepaßt. Dazu sind nach Möglichkeit Geschwindigkeiten zu verwenden, die den in situ Werten entsprechen.

Die bisherigen Messung haben gezeigt, daß sowohl allgemein an Tiefsee-Sedimenten gewonnene empirische Geschwindigkeits-Tiefenfunktionen (Hamilton, 1971) als auch theoretische Sedimentmodelle (Stoll, 1977) nur begrenzt anwendbar sind. Bei hoher Auflösung, wie sie im vorliegenden Vorhaben zur Anwendung kommt, sind Einflüsse durch frühdiagenetische Zementationsprozesse individuell zu ermitteln.

Ergänzt werden sollen die schallphysikalischen Untersuchungen durch elektrische Messungen an Proben. Arbeiten von Will et al. (1983) haben gezeigt, daß gerade die frequenzabhängige Impedanz und Polstellen in den Cole-Cole-Kurven Rückschlüsse auf die Permeabilität und Porosität zulassen. Diese Messungen werden an Testgesteinen durchgeführt. Hier soll untersucht werden, ob ähnliche Ergebnisse an Kernen erzielt werden können und in welchem Frequenzbereich ein solches Experiment optimal durchgeführt werden kann. In einer späteren Phase kann dies dann zur Entwicklung eines in situ Meßgerätes führen, das vom Meeresboden aus einzusetzen ist.

Generell sollen, die geophysikalischen Messungen im Bereich des Instituts für Geophysik angesiedelt werden, während die sedimentologischen Untersuchungen von im Teilprojekt mitarbeitenden Geologen durchgeführt werden. Die Zusammenarbeit hat sich gut

bewährt. Da die Kerne im frischen Zustand an Bord gemessen werden müssen, sind die Ausfahrten in enger Zusammenarbeit mit den geologischen Arbeitsprogrammen durchzuführen.

#### Literatur

- Biot, M.A. (1956): Theory of Propagation of Elastic Waves in a Fluid-Saturated Porous Solid, I. Low Frequency Range. J. Acoust. Soc. Am., 28: 168-178
- Hamilton, E. (1971): Elastic Properties of Marine Sediments. Journal Geoph. Res., 76: 576-604
- Stoll, R.D. (1977): Acoustic Waves in Ocean Sediments. Geophysics, 42: 715-725
- Vail, P.R., Mitchum, R.M., Todd, R.G., Widmeier, J.M., Thomson, S., Sangree, J.B., Bubb, J.N. und V.G. Høtelelid (1977): Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. in Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration, C. Payton (eds.), AAPG Memoir 26: 49-211 Tulsa
- Werner, F. (1986): Fahrtbericht Meteor 2. Berichtsheft 4 des SFB 313, Kiel
- Will, G., Hinze, E. und G. Nover (1983): Porosity, Electrical Conductivity and Permeability of Rocks from the Deep Drilling Urach 3 and the Hot Dry Rock Project of Falkenberg (West Germany). J. Geomag. Geoelectr., Vol. 35: 787-804

#### 9.6 Stellung innerhalb des SFB

Das Teilprojekt B1 steht in enger Beziehung zum Teilprojekt A2, das vor allem die dynamischen Prozesse des Sedimenttransports und der Ablagerung behandelt. Für das Verständnis der seismisch gefundenen Ablagerungsformen in größeren Tiefen ist die Kenntnis der an der Oberfläche stattfindenden Vorgänge von Bedeutung.

Eine enge Beziehung besteht ebenfalls zum Teilprojekt B2. Die seismische Vermessung der Sedimentabfolge mit der seismostratigraphischen Interpretation ist eine Voraussetzung für die Klärung

der Frage nach der Sedimentationsgeschichte. Über die Untersuchung der seismischen Anisotropie soll versucht werden, eine seismische Methode zur Abschätzung von Paläoströmungsrichtungen zu erarbeiten.



10. Teilprojekt B2: Kurz- und langfristige Schwankungen der  
ozeanischen Zirkulation:  
Abbildung in quartären Sedimenten

10.11 Fachgebiete und Arbeitsrichtung:

- Marine Geowissenschaften mit Paläontologie (aller wichtigen Mikrofossilgruppen), Sedimentologie, Geochemie, Mineralogie, Stratigraphie;
- Geologie / Chemie / Physik leichter stabiler Isotopen;
- radiometrische Altersbestimmungen;
- Paläo-Ozeanographie;
- Paläoklima.

10.12 Leiter:

Prof. Dr. Michael Sarnthein  
Geol.-Paläont. Institut  
und Museum der Universität  
Ludewig Meyn Str. 10  
2300 Kiel

Prof. Dr. Jörn Thiede  
Geol.-Paläont. Institut  
und Museum der Universität  
Ludewig Meyn Str. 10  
2300 Kiel

Tel. (0431) 880 2882/2851

Tel. (0431) 880 2855/2862

## 10.13 Personal Anfang 1988

	Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SPB tätig seit
<u>Grundausrüstung</u>	1) Botz, R.	Geochemie	GPI		1.88
Wissenschaftler	Dr., wiss. Ang.				
	2) Erlenkeuser, H.	Kernphysik	IKP	10	7.85
	Dr., wiss. Ang.				
	3) Fenner, J.	Paläontologie	GPI		1.88
	Dr., wiss. Ang.				
	4) Haake, F.	Paläontologie	GPI	15	7.85
	Dr., wiss. Ang.				
	5) Henrich, R.	Sedimentolog.	GPI	10	7.85
	Dr. Hochschulass.				
	6) Pfirmann, S.	Meeresgeologie	GPI	5	8.86
	Dr., wiss. Ang.				
	7) Pflaumann, U.	Paläontologie	GPI	10	7.85
	Dr., wiss. Ang.				
	8) Samtleben, C.	Paläontologie	GPI		7.85
	Dr., wiss. Ang.				
	9) Sarnthein, M.	Sedimentolog.	GPI	15	7.85
	Dr., Prof.				
	10) Stabell, B.	Paläontologie	GPI/IGO		7.85
	Dr., wiss. Ang.				
	11) Stoffers, P.	Geochemie	GPI		10.86
	Dr., Prof.				
	12) Theilen, F.	Geophysik	IG		7.85
	Dr., akad. Rat				
	13) Thiede, J.	Paläontologie	GPI	15	7.85
	Dr., Prof.				
	14) Werner, F.	Geologie	GPI		7.85
	Dr., wiss. Dir.				
	15) Willkomm, H.	Kernphysik	IKP	10	7.85
	Dr., Prof.				

	Name, akad.Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SFB tätig seit
nichtwissensch. Mitarbeiter	16) Cordt, N. techn. Ang.		IKP	20	7.85
	17) Gunz, M. techn. Ang.		IKP	10	7.85
	18) Mühlhan, N. techn. Ang.		GPI	10	7.85
	19) Reimers, W. techn. Ang.		GPI	10	7.85
	20) Runze, O. techn. Ang.		GPI	10	7.85
	21) Rheder, W. techn. Ang.		GPI	10	7.85
<u>Ergänzungsaus-</u> <u>stattung</u>	22) Baumann, K.H. Doktorand	kalk. Nannopl. Strati./Ökol.	SFB 313	20	7.86
	23) Birgiadottir, L., Doktorand.	Stratigraphie E.-Grönl. Strom	SFB 313	20	7.85
	24) Vogelsang, E. Doktorandin	Pl. Foram. Isot. Strat./Biotur	SFB 313	20	12.85
nichtwissensch. Mitarbeiter	25) Drechsler, U. techn. Ang.		SFB 313	40	11.85
	26) Münter, P. techn. Ang.	Radiometrie	SFB 313	40	2.86
	27) Stahlberg, M. techn. Ang.		SFB 313	20	7.85
	28) Steen, E. techn. Ang.		SFB 313	40	7.85



## 10.2 Zusammenfassung

Die Eigenschaften der ozeanischen Wassermassen im Europäischen Nordmeer in der geologischen Vorzeit und die lang- und kurzfristigen Schwankungen ihres regionalen horizontalen und vertikalen Zirkulationsmusters zu erfassen, ist das zentrale Forschungsziel des Teilprojektes B2.

Aufbauend auf den Ergebnissen und methodischen Ansätzen der TP A1-4 und B1 sollen die verschiedensten Sedimenteigenschaften dazu verwandt werden, die räumlichen Gradienten der Oberflächen- und Bodenwasserverteilung sowie ihre zeitliche Veränderlichkeit zu erfassen. Die Arbeiten der ersten Antragsphase haben sich darauf konzentriert,

1. Verteilungen der verschiedensten Sedimentparameter in den Oberflächensedimenten mit Eigenschaften der überlagernden Wassermassen in Beziehung zu setzen (z. B. Artenverteilungen planktischer Foraminiferen und Sauerstoffisotopenverhältnisse in den Gehäusen planktischer Foraminiferen aus Oberflächensedimenten);
2. detailliert die Stratigraphie der Ablagerungen der letzten Eiszeit-Terminationen zu untersuchen (Isotopenstratigraphie, radiometrische Altersbestimmungen, Sedimentstrukturen, Verteilungen eistransportierter grober Klastika, Verteilungen einzelner Mikrofossilgruppen, etc.);
3. die stratigraphische Verteilung einer Reihe wichtiger Sedimentparameter und Fossilgruppen in Sedimentkernen grösserer zeitlicher Reichweite zu bestimmen (z. B. Diatomeenstratigraphie, Geschichte des Karbonateintrages auf dem Vöring-Plateau, stratigraphische Voruntersuchungen an Kernmaterial aus dem Gebiet westlich von Jan Mayen, etc.);
4. teilweise die Bohrungen von ODP-Leg 104 zu bearbeiten, um die langfristige Veränderlichkeit von Eigenschaften und Strömungsmustern der Wassermassen des östlichen Europäischen Nordmeeres zu erfassen;

5. 6 große Expeditionen auf den Forschungsschiffen POSEIDON, VALDIVIA, neue METEOR, und JOIDES RESOLUTION vorzubereiten, zu organisieren und durchzuführen, zum großen Teil in enger Zusammenarbeit mit den anderen Teilprojekten des SFB 313.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Arbeiten der ersten beiden Jahre des SFB 313 wird sich das TP B2 in der kommenden Antragsphase ähnlichen, in ihren regionalen und zeitlichen Schwerpunkten aber deutlich unterschiedlichen Aufgaben zuwenden:

1. Die Arbeiten sollen sich ausschließlich auf Sedimente des allerjüngsten Pliozän und des Quartärs beschränken, die unter dem Einfluß der zwar zeitlich wechselnden, aber doch immer beobachtbaren Wechsel von glazialen und interglazialen Verhältnissen abgelagert worden sind. Die stratigraphisch älteren Abschnitte der ODP Leg 104 Bohrungen auf dem Vöring-Plateau, die ein präglaziales Europäisches Nordmeer dokumentieren, sollen hingegen weiterhin im Rahmen des ODP-Schwerpunktes der DFG bearbeitet werden.

2. Das zum größten Teil hervorragende Kernmaterial, das während der Expeditionen der ersten Antragsphase gewonnen worden ist, soll zu umfassenden Untersuchungen der stratigraphischen Verteilungsmuster eines diversen Satzes von Sedimentparametern verwandt werden. Besonderes Schwergewicht wird dabei auf die möglichst vollständige Erfassung und Bearbeitung aller Fossilgruppen gelegt, da sie alle etwas verschieden auf Veränderungen der Wassermassen reagieren. Ein zweiter Schwerpunkt soll bei der Untersuchung der isotopischen Zusammensetzung von Benthos- und Planktonforaminiferen sowie jener der organischen Substanz im Sediment liegen.

3. Das bewährte Arbeitsgebiet des Vöring-Plateaus mit seinen ungestörten hemipelagischen Sedimentabfolgen hoher stratigraphischer Auflösung und den gut dokumentierbaren horizontalen und vertikalen Gradienten, die auch mit Hilfe der im Rahmen von TP B1 gewonnenen seismischen Daten regional gut verfolgt werden können, wird auch weiterhin einen Schwerpunkt der systematischen Auswertung darstellen. Aus der regionalen Verknüpfung

bereits vorliegender Ergebnisse vom Vöring-Plateau mit denen anderer Teilarbeitsgebiete wird eine umfassende Beschreibung der Geschichte des Norwegenstromes mit seiner intensiven glazial-interglazialen Veränderlichkeit erwartet.

4. Neben dem Norwegenstrom stellt der Ostgrönlandstrom eines der wichtigsten Elemente der Oberflächenzirkulation des Europäischen Nordmeeres dar, durch den kaltes, arktisches Oberflächenwasser entlang des ostgrönländischen Kontinentalrandes in den nordwestlichen Nordatlantik transportiert wird. Durch Untersuchungen in der ersten Antragsphase gelang es, Gebiete anscheinend relativ ungestörter Sedimentation nachzuweisen. Diese sollen entlang eines Profilstreifens von Jan Mayen nach Westen bis zum ostgrönländischen Kontinentalrand systematisch in ihrer Verteilung erfaßt und beprobt werden.

5. In der Verlängerung des Stromstriches des Norwegenstromes befindet sich vor der südlichen Barents-See ein Gebiet hohen Sedimenteintrages, in dem der SFB 313 bereits Vorarbeiten geleistet hat. Es soll nun weiter untersucht werden, um Fragen der Veränderlichkeit in der Zusammensetzung pelagischer Faunen und Floren und ihrer isotopischen Zusammensetzung entlang des Stromstriches des Norwegenstromes nachzugehen. Solche lateralen Gradienten bieten möglicherweise ein geeignetes Werkzeug, um die (Paläo-) Advektion von Temperatur und gelösten Stoffen (Salinität und Nährstoffe) im Norwegenstrom abzuschätzen, die zur bekannten Klima-Anomalie der Nordhemisphäre beiträgt.

6. Besonderer Wert soll bei den angestrebten Rekonstruktionen der Paläo-Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres auf eine gute, dreidimensionale Erfassung der wichtigsten Wassermassen gelegt werden. Für diesen Zweck sollen vor allem vertikale und horizontale Transekte von Benthos- und Plankton-Isotopen-Profilen angelegt werden.

7. Nach ersten ermutigenden Versuchen mit dem Gesamtatlantik wird es in der kommenden Antragsphase hoffentlich gelingen, erste umfassende paläoozeanographische Modelle auch für das Becken der Norwegisch-Grönländischen See aufzustellen. Sie

sollen in enger Zusammenarbeit mit physikalischen Ozeanographen (voraussichtlich Hamburger Kollegen) getestet, durchgerechnet und durch unsere Sedimentdaten als Randbedingungen schließlich überprüft werden.

### 10.3 Stand der Forschung

Die spätkänozoische Paläo-Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres wurde in den vergangenen Jahren aufgrund der einzigartigen Eigenschaften dieses relativ kleinen nordatlantischen Tiefseebeckens zum Gegenstand intensiver Forschungsarbeiten von norwegischen, amerikanischen, französischen, englischen und in den vergangenen 5 Jahren auch deutschen Forschergruppen. Ausgehend von den Ergebnissen des unter starker europäischer Beteiligung durchgeführten amerikanischen CLIMAP-Projektes (CLIMAP, 1981) war es erstmals gelungen, die Paläo-Ozeanographie der Boden- wie auch der Oberflächenwassermassen des Europäischen Nordmeeres größenordnungsmäßig während der letzten 500 000 Jahre in groben Zügen zu erfassen. Es gelang, mit neu entwickelten stratigraphischen Hilfsmitteln eine Reihe von Sedimentkernen zu datieren. Die langen "glazialen" Klimazustände, die während dieses Zeitraumes nur selten von relativ kurzen "interglazialen" Intervallen unterbrochen wurden, stellen einige der erstaunlichsten Beobachtungen dar, wobei viele Fragen nach dem Detail des Klimageschehens, der Natur, Herkunft und Dauer der sicher zeitweise vorhandenen Eisbedeckung bis heute offen geblieben sind.

Erste Ergebnisse zur langfristigen Veränderlichkeit und zum Wechsel vom "präglazialen" zum "glazialen" Szenario des Europäischen Nordmeeres wurden vor allem aus Untersuchungen der Bohrungen des DSDP-Leg 38 (Talwani, Udintsev et al. 1976) gewonnen. Proben einer Reihe von z. T. sehr ungünstig platzierten Bohrungen hatten gezeigt, daß die "glaziale" Geschichte des Europäischen Nordmeeres und damit der gesamten nördlichen Hemisphäre möglicherweise bis weit in das Neogen zurückreicht (Warnke und Hansen 1977); die damals angewandte Technik erlaubte jedoch nicht den Gewinn ungestörter Bohrkerne und eine genaue Datierung sowie die stratigraphische Auflösung der langfristigen Veränder-

lichkeit der Paläo-Ozeanographie des Norwegen-Stromes. Sie wurde erst durch die Ergebnisse des ODP-Leg 104 (Eldholm, Thiede et al. 1987) ermöglicht.

Zur Rekonstruktion der kurzfristigen und jüngeren Veränderlichkeit der Paläo-Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres standen vor Beginn des SFB 313 eine relativ große Anzahl von Sedimentkernen zur Verfügung, die von den verschiedensten Institutionen geborgen worden waren. Sie waren jedoch meist stratigraphisch relativ kurz und reichten zeitlich in den wenigsten Fällen über das O-Isotopenstadium 5e hinaus; zudem deckten sie nur den SE-Sektor des Untersuchungsgebietes ab (Thiede et al. 1986).

Zum Stand der Forschung der in diesem Teilprojekt gebündelten Arbeiten des SFB 313 wird ausführlich in den Einzelbeiträgen des Berichtsbandes, der diesem Antragsdokument folgt, Stellung genommen. Hier sollen daher vor allem Grundlagen für die finanziell aufwendigen Teilaspekte der in den Jahren 1988-1990 neu geplanten Arbeiten vorgelegt werden. Drei Arbeitsrichtungen sollen hierbei besonders betont werden, nämlich

- 1) mikropaläontologische Einzeluntersuchungen,
- 2) Arbeiten mit Hilfe (leichter) stabiler Isotope, und
- 3) sedimentologische Untersuchungen.

#### Mikropaläontologische Einzeluntersuchungen

Mikrofossilien in pelagischen und hemipelagischen Sedimenten spiegeln in ihren Verbreitungs- und Erhaltungsmustern wichtige hydrographische Eigenschaften der ozeanischen Oberflächen- und Bodenwassermassen wider, wie auch durch die Arbeiten der TP A1 und A3 gezeigt wird. Diese Abhängigkeit von Wassermasseneigenschaften kann - für Planktonfossilien - relativ leicht in der Form von Transferfunktionen quantifiziert werden (Imbrie und Kipp 1971). Pelagische Mikrofossilien stellen daher für paläoozeanographische Rekonstruktionen außerordentlich gut geeignete, präzise Meßwerkzeuge dar.

Für die Klärung der Paläo-Ozeanographie im Europäischen Nordmeer wurden bisher vor allem planktische (Kellogg 1980) und benthische (Streeter und Belanger 1983) Foraminiferen, in weit geringerem Maße auch Coccolithen, Diatomeen und Radiolarien untersucht. An



den neogenen und paläogenen Kernen von DSDP Leg 38 (Talwani, Udintsev et al. 1976) wurden zusätzlich noch eine Reihe anderer Mikrofossilgruppen untersucht.

Trotz der umfangreichen Vorarbeiten, die auch im Rahmen des SFB 313 weitergeführt worden sind, fehlen jedoch bis heute noch wesentliche Bausteine für den Einsatz des Potentials, das die Mikrofossilgruppen der Tiefseesedimente des Europäischen Nordmeeres für paläoozeanographische Rekonstruktionen bieten. Das liegt z.T. an folgenden Defiziten unseres Kenntnisstandes :

- Mit Ausnahme der planktischen Foraminiferen und Radiolarien, und auch für diese nur mit Einschränkungen, wissen wir nur sehr wenig über Verbreitung und Reproduktion der heute lebenden Organismengruppen, welche Schalen- und Skelettmaterial zur Einbettung in die Sedimente der Tiefseeböden des Europäischen Nordmeeres bereitstellen. Obwohl die meisten Formen taxonomisch relativ gut beschrieben sind, ist über ihre Verbreitung an der Sedimentoberfläche nur wenig bekannt. Ihre stratigraphische Abfolge ist bisher nur in Ausnahmefällen und punktweise erfaßt worden.

- Sowohl kieselige wie kalkige Mikrofossilien setzen in bestimmten Teilen der quartären und neogenen Sedimentabfolgen des Europäischen Nordmeeres aus. In den meisten Fällen ist bisher nicht bekannt, ob dieses Aussetzen ein Signal des primären Inputs oder der sekundären Lösung ist.

- Der westliche Teil des Europäischen Nordmeeres war bisher so spärlich beprobt, daß wichtige Einblicke in die Verteilungsmuster der pelagischen Mikrofossilien fehlen. Dies gilt vor allem für die saisonal eisbedeckten Gebiete des Ostgrönlandstromes.

- Die Palynomorphenfloren pelagischer Tiefseesedimente bestehen aus einer Mischung mariner Dinoflagellaten und terrestrischer Pollen und Sporen (Manum 1976). Sie bieten daher neue Möglichkeiten, zur Veränderlichkeit einerseits der Paläo-Ozeanographie, andererseits aber auch des Paläoklimas der benachbarten Landgebiete Stellung zu nehmen. Das Potential dieser Fossilgruppen im Europäischen Nordmeer ist bisher im Wesentlichen ungenutzt geblieben.

- Die zeitliche und räumliche Verteilung der saisonal stark schwankenden Produktivität der ozeanischen Wassermassen des Europäischen Nordmeeres ist bisher nur wenig bekannt und in ihren geologischen Auswirkungen auch nicht verstanden worden. Akkumulationsraten bestimmter kieseliger Diatomeenarten versprechen hier nach Fallen - Messungen von Takahashi (1986) im Pazifik wichtige neue Erkenntnisse.

#### Leichte stabile Isotope

Die Grundzüge der stratigraphischen Verbreitung der verschiedenen jungen Sedimenttypen des Europäischen Nordmeeres können heute mit Hilfe der O-Isotopenstratigraphie ohne wesentliche Schwierigkeiten mit der quartären Chronostratigraphie korreliert werden (Duplessy et al. 1981). Viel eindeutiger als einige sedimentologische und paläontologische Parameter stellt die O-Isotopenstratigraphie von karbonatischen Foraminiferenschalen die einzige verlässliche Datierungsmethode dar, die eine zeitliche Zuordnung der einzelnen paläoozeanographischen Ereignisse in genügendem Detail und mit ausreichender Präzision zuläßt. Über die stratigraphische Anwendung hinaus ist das Potential von isotopengeologischen Untersuchungen an Sedimenten des Europäischen Nordmeeres jedoch bisher - im Vergleich zu anderen Seegebieten (u.a. Zahn 1986) nur wenig genutzt worden und verspricht wichtige Aussagen über das Temperatur-Salinitäts-Regime der verschiedenen Wasserkörper.

Auch die stabilen Kohlenstoffisotope werden als paläoozeanographisch aufschlußreiche Größen genutzt, die, von Nebeneinflüssen abgesehen, den Austausch von Bodenwasser und die Konzentration organogenem CO<sub>2</sub> im Wasser widerspiegeln und damit eine Beziehung zwischen physikalischen (Wasserzirkulation) und biologischen Prozessen (Produktion organischer Substanz nebst Abbau) protokollieren.

Im Gegensatz zu zahlreichen Isotopenarbeiten an Kalkschalen sind systematische Isotopenanalysen an der organischen Fraktion spätquartärer Sedimente selten, obwohl sie, nach den wenigen bisher durchgeführten Untersuchungen zu urteilen, interessante neue Aspekte erwarten lassen, die von den herkömmlichen Isotopenanaly-

sen an Foraminiferen nicht erbracht werden. Dies sind u.a. biologisch relevante Aspekte der euphotischen Zone wie Temperatur, Lichtverhältnisse (allgemeiner: Photosyntheserate) und der Aktivität von NO und PO<sub>4</sub>-Abbau. Gerade in schmelz- oder süßwasserbeeinflussten<sup>3</sup> Meeren<sup>4</sup> wie dem Europäischen Nordmeer bildet sich in den Isotopenwerten der organischen Substanz die Oberflächenschicht der Wassersäule ab, die von den planktischen Foraminiferen nicht unbedingt erfaßt wird. Die Sedimente der kontinentnahen Tiefsee zeigen einen - mit den Klimaphasen variierenden - Einfluß terrigener organischer Substanz und bieten damit eine neue, vielleicht auch hinsichtlich einer möglichen Düngung des Meeres durch das Land interessante Stratigraphie. Ferner ist zu erwähnen, daß die Isotopenstratigraphie an der organischen Fraktion nicht von den Perioden der Karbonatlösung abhängig ist, die eine Isotopenstratigraphie an Foraminiferen oft stark beeinträchtigen.

Im Detail bedarf es allerdings noch erheblicher Arbeit, um die relative Bedeutung der verschiedenen Einflüsse auf die  $\delta^{13}\text{C}$ - und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte mariner organischer Substanz zu quantifizieren und die teils widersprüchlich scheinenden Ergebnisse im Schrifttum zu verstehen. Die Literatur zeigt etwa folgendes Bild:

Die Kohlenstoff-Isotopenzusammensetzung mariner Planktonfänge ist sehr variabel, scheint aber im Mittel spezifische Unterschiede zwischen den größeren, ozeanographisch definierten Wasserkörpern aufzuweisen (Fontugne und Duplessy 1978). Von den äußeren Einflüssen scheint die Wassertemperatur eine wichtige Rolle zu spielen (Fontugne und Duplessy 1981). Wefer und Killingley (1986) weisen in ihren Untersuchungen an Großalgen auf die Bedeutung des Lichtklimas hin. Die unterschiedliche biochemische Zusammensetzung des Planktons (Degens et al. 1968), unterschiedliche chemische Pfade der Photosynthese bei verschiedenen Planktongruppen (Fontugne und Duplessy, 1981) und die Mehrfachnutzung organischer Stoffe im Nahrungsnetz (z. B. Mills et al. 1982) könnten in Verbindung mit Diversitätsvariationen weiter Anlaß für Isotopenvariationen sein.

Descolas-Gros und Fontugne (1985) zeigen erstmals an Diatomeenkulturen im Labor, daß die  $\delta^{13}\text{C}$ -Anteile der organischen Substanz von der primär-exponentiellen zur sekundär-stationären Wachstumsphase hin deutlich zunehmen. Dies könnte man vielleicht entweder auf schlechtere Lichtverhältnisse, u.U. aber auch (mittelbar, über unterschiedliche chemische Pfade verschieden anspruchsvoller Pflanzengruppen) auf zunehmenden Mangel von  $\text{CO}_2$  und/oder der Nährstoffe P und N im Wasser zurückführen. Der ganze Fragenkomplex, der in die grundlegendsten Probleme der (Paläo-) Meereschemie und Biochemie hineinreicht, ist eben noch weitgehend Neuland. Der subarktische Raum der Norwegisch-Grönländischen See mit seinen extrem schwankenden Lichtverhältnissen bietet somit ideale Verhältnisse für einen Test der alternativen Erklärungsmodelle.

Untersuchungen der N-Isotope an marinem organischen Material sind trotz der lebenswichtigen Funktion des Stickstoffs vergleichsweise selten (Kaplan 1983). Interessant in Hinblick auf die Geschichte eines Wasserkörpers sind vor allem die durch Denitrifikation geprägten  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im gelösten  $\text{NO}_3$  als Basis für die Isotopenzusammensetzung des organisch gebundenen Stickstoffs im Plankton (Kaplan 1983).

Die organische Fraktion der Sedimente spiegelt die Isotopenzusammensetzung des Planktons wider, wobei die Mischungsprozesse, denen die partikuläre Substanz am Boden und im Sediment unterliegt, über die kurzfristige Isotopenvariabilität des Planktons sehr wirksam mitteln. Das marine  $\delta^{13}\text{C}$ -Signal des sedimentären organischen Kohlenstoffs wird je nach Abstand zur Küste durch den Eintrag terrigener organischer Substanz modifiziert. Es wird vor allem diesem terrigenen Einfluß zugeschrieben, daß sich in einigen Regionen des Ozeans die glazial-interglazialen Kontraste der Landvegetation und ihr Einfluß auf den Export terrestrischen organischen Materials so ausgeprägt in den  $\delta^{13}\text{C}$ -Profilen einiger Tiefseekernen widerspiegeln (Northam et al. 1981, Fontugne und Duplessy 1986). An den N-Isotopen ist der Eintrag terrigenen organischen Materials noch ausgeprägter zu sehen (Kaplan 1983).

### Sedimentologische Untersuchungen

Neben mikropaläontologischen und isotopengeologischen Daten bieten die sedimentologischen Eigenschaften der jungkänozoischen Ablagerungen des Europäischen Nordmeeres wichtige Möglichkeiten, Hinweise auf die Veränderlichkeit der paläoozeanographischen Zustände zu gewinnen. Dies kann bereits aus einer Durchsicht der 3,5 kHz-Profilen abgeleitet werden, die sich in diesem Seegebiet seit Anfang der 70iger Jahre (Damuth 1978) angesammelt haben und nun von uns zusammen mit den neuen eigenen Daten (Abb. 10) in enger Zusammenarbeit mit den TP A2 und TP B1 neu interpretiert werden. Die auf diesen Profilen sichtbare seismische Feinschichtung läßt deutliche Unterschiede der jüngsten sedimentären Abfolgen der einzelnen Teilbecken des Europäischen Nordmeeres erkennen, die nur durch unterschiedliche paläoozeanographische Bedingungen zu erklären sind.

Der häufige Wechsel zwischen "glazialen" und "interglazialen" Zuständen, den das Europäische Nordmeer seit dem Spätneogen erlebt hat, hat zu schnellen und bereits makroskopisch sowie radiographisch leicht zu erfassenden Wechseln der Sedimentzusammensetzung geführt. Unter den zu beobachtenden und sich durch eine deutliche Schichtung bemerkbar machenden Wechseln fallen besonders die relativ scharf abgegrenzten Horizonte mit Anreicherungen groben, eistransportierten, klastischen Schuttes auf, die sich im Zuge der großräumigen Abschmelzvorgänge der glazialen Eisschilde auf den benachbarten Kontinenten bildeten. Obwohl viele stratigraphische Aspekte der spätquartären Ablagerungsgeschichte des Europäischen Nordmeeres bereits geklärt sind, müssen doch noch zahlreiche regionale Details und die präzise datierte, genaue zeitliche und damit vielleicht ursächliche Abfolge der einzelnen Events erst geklärt werden.

Neben den Horizonten mit eistransportierten Grobklastika sind die jungkänozoischen Sedimente des Europäischen Nordmeeres durch zahlreiche und schnelle Wechsel der normalen Korngrößen gekennzeichnet. Es wird erwartet, daß diese Wechsel der textuellen Eigenschaften der Sedimente wichtige Ableitungen über die Prozesse, welche Sedimenteintrag und -verteilung am Meeresboden kontrollieren, zulassen. Nach unserer Überzeugung sollte diesen Phänomenen am zweckmäßigsten im Korngrößenbereich  $> 0,45\mu\text{m}$  durch

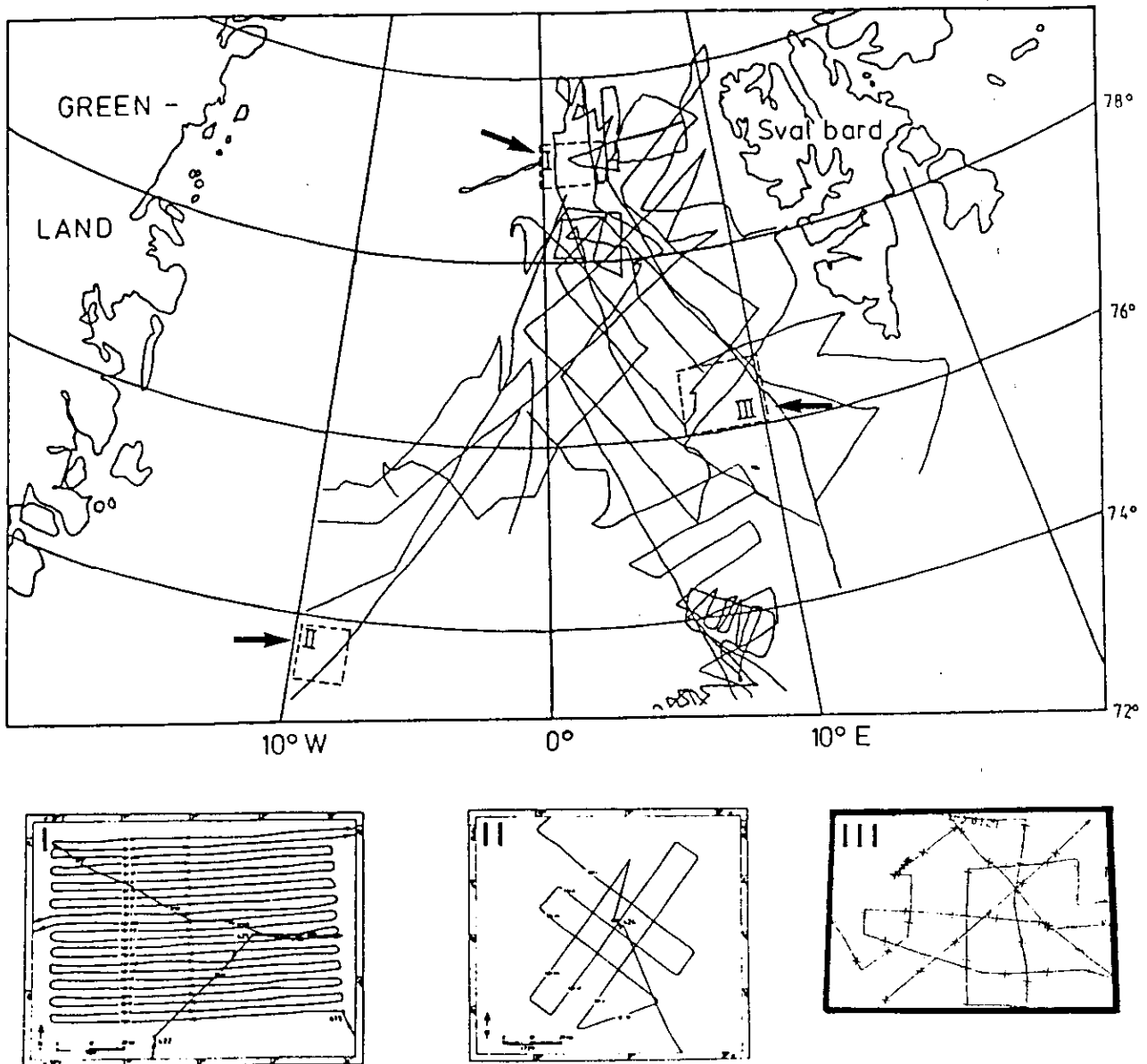


Abb. 10: Regionale Abdeckung mit 3,5 kHz Profilen, hier am Gebiete der nördlichen Teilbecken des Europäischen Nordmeeres beispielhaft dargestellt (Pfirman, frdl. mdl. Mttlg. 1987).  
 Datenquelle: 1984 Arktis II/4 POLARSTERN, 1973/74 HAYES (courtesy US Naval Research Laboratory), 1969 (2704), 1970 (2802), 1973 (3010) VEMA (courtesy Lamont Doherty Geological Observatory).

Untersuchungen an einer Sedimentationswaage nachgegangen werden. Außer konventionellen Messungen von Korngrößenverteilungen liegen dazu aus den pelagischen und hemipelagischen Sedimenten im Europäischen Nordmeer bisher keine Daten vor.

Die hydrographischen Eigenschaften der Bodenwassermassen üben wichtige Einflüsse auf die Bewahrung der biogenen kalkigen und kieseligen Sedimentkomponenten aus. Die Geschichte der ACD (=Aragonit-Kompensationstiefe), der Kalzit-Lysokline und der CCD (=Kalzit-Kompensationstiefe) scheint sich im Europäischen Nordmeer jedoch deutlich von der weiter südlich gelegener Teilbecken des Atlantiks (Crowley 1983, Diester-Haass 1985, Curry und Lohmann 1984) abzuheben. Für die Norwegische See wurde Karbonatlösung bisher für unbedeutend erachtet (Kellogg 1976, 1980). Speziell zu testen wäre das Modell von Berger und Vincent (1986), nach dem es während der Eiszeit-Terminationen zu einer völligen Unterbrechung der Tiefwasserbildung im Europäischen Nordmeer und im Nordatlantik generell gekommen wäre.

Der  $CO_2$ -Gehalt des Nordatlantischen Tiefenwassers mit seiner globalen<sup>2</sup> Ausbreitung hängt zu einem Teil maßgeblich von der ozeanischen Produktivität und der Konzentration von präformierter Nährstoffe in seinem Bildungsgebiet ab, d.h. von der Oberflächenwasserozeanographie im Europäischen Nordmeer. Die Paläoproduktivität einer Ozeanregion kann nunmehr verlässlich aus pelagischen Sedimenten mit Hilfe einer Gleichung errechnet werden, welche die Akkumulationsraten von organischem Kohlenstoff und die Wassertiefe der Sedimente berücksichtigt und mit ihrer Datengrundlage an einem globalen Probenetz geeicht wurde (Sarnthein et al. 1987).

#### Literatur

- Berger, W.H. und E. Vincent (1986): Sporadic shutdown of North Atlantic deep water production during the Glacial-Holocene transition? *Nature*, 324: 53-55
- CLIMAP (1981): Maps of northern and southern hemisphere continental ice, sea ice, and sea surface temperatures in August for the modern and the last glacial maximum. *Geol. Soc. Am. Map and Chart Ser. MC-36*

- Crowley, T.J. (1983): Calcium carbonate preservation patterns in the Central North Atlantic during the last 150000 years. *Marine Geol.*, 51: 1-14
- Curry, W. und P. Lohmann (1984): Late Quaternary carbonate sedimentation at the Sierra Leone Rise (Eastern Equatorial Atlantic Ocean). WHOI Wang Doc. No. 1586G.
- Damuth, J.E. (1978): Echo character of the Norwegian-Greenland Sea: Relationship to Quaternary sedimentation. *Marine Geol.*, 28: 1-36
- Descolas-Gros, C. und M.R. Fontugne (1985): Carbon fixation in marine phytoplankton: carboxylase activities and stable isotope ratios; physiological and paleoclimatological aspects. *Marine Biology*, 87: 1-6
- Degens, E.T., Dehrendt, M., Gotthardt, B. und E. Reppmann (1986): Metabolic fractionation of carbon isotopes in marine phytoplankton. II: Data on samples collected off the coasts of Peru and Ecuador. *Deep-Sea Res.*, 15: 11-20
- Diester-Haass, L. (1985): Late Quaternary sedimentation on the eastern Walvis Ridge, SE-Atlantic (HPC 532 and four piston cores). *Marine Geol.*, 65: 145-178
- Duplessy, J.C., Delibrias, G., Turon, J.L., Pujol, C. und J. Duprat (1981): Deglacial warming of the northeastern Atlantic Ocean: correlation with the paleoclimatic evolution of the European continent. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 35: 121-144
- Eldholm, O., Thiede, J. et al. (1987): Proc. Ocean Drilling Program, Vol. 104 A 53-771
- Fontugne, M.R. und J.C. Duplessy (1978): Carbon isotope ratio of marine plankton related to surface water masses. *Earth and Planet. Science Letters*, 41: 365-371
- Fontugne, M.R. und J.C. Duplessy (1981): Organic carbon isotopic fractionation by marine plankton in the temperature range -1 to 31 C. *Oceanol. Acta*, 4: 85-90
- Fontugne, M.R. und J.C. Duplessy (1986): Variations in the Monsoon regime during the Upper Quaternary: evidence from carbon isotope record of organic matter in north Indian ocean sediment cores. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 56: 69-88



- Imbrie, J. und N.G. Kipp (1971): A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology: Application to a late Pleistocene Caribbean core. In: K.K. Turekian (ed.): The Late Cenozoic glacial ages. (Yale Univ. Press), 71-181
- Kaplan, I.R. (1983): Stable isotopes of sulfur, nitrogen, and deuterium in recent marine environments. - In: M.A. Arthur (ed.), Isotopes in Sedimentary Geology. SEPM Short Course No. 10, Dallas, 2.1-2.108
- Kellogg, T.B. (1976): Late Quaternary climatic changes: Evidence from deep-sea cores of the Norwegian and Greenland Seas. Geol. Soc. Amer. Mem., 145: 77-110
- Kellogg, T.B. (1980): Paleoclimatology and paleo-oceanography of the Norwegian and Greenland Seas: glacial-interglacial contrasts. Boreas, 9: 115-137
- Manum, S.B. (1976): Dinocysts in Tertiary Norwegian-Greenland Sea sediments (DSDP Leg 38), with observations on palynomorphs and palynodebris in relation to environment. Init. Rep. Deep-Sea Drill. Proj., 38: 897-919
- Mills, E.L., Pittman, K. und F.C. Tan (1982): Food web structure on the Scotian shelf, eastern Canada. A study using <sup>13</sup>C as a food chain tracer. Paper No. 28, Symp. Biol. Product. of Continental Shelves in the Temperate Zone of the North Atlantic, Kiel, 2-5 March 1982
- Northam, M.A., Curry, D.C., Scalan, R.S. und P.L. Parker (1981): Stable carbon isotope ratio variations of organic matter in Orca Basin sediments. Geochim. Cosmochim. Acta, 45: 257-260
- Sarnthein, M., Winn, K. und R. Zahn (1987): Paleoproductivity of oceanic upwelling and the effect on atmospheric CO<sub>2</sub> and climatic change during deglaciation times. in: <sup>2</sup>Abrupt Climatic Change, W.H. Berger und L.D. Labeyrie (eds) Proc. NATO Conference Grenoble 1985 (D.Reidel, Dordrecht), 1-27.
- Streeter, S.S. und P.E. Belanger (1982): Late Pleistocene Paleo-Oceanography of the Norwegian-Greenland Sea: Benthic Foraminiferal Evidence. Quat. Res., 18: 72-90
- Talwani, M., Udintsev, G. et al. (1976): Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project, 38: 1256 pp.
- Thiede, J., Diesen, G.W., Knudsen, B.-E. und T. Snare (1986): Patterns of Cenozoic sedimentation in the Norwegian-Greenland Sea. Marine Geol., 69: 323-352

- Warnke, D.A. und M.E. Hansen (1977): Sediments of glacial origin in the area of operations of DSDP Leg 38 (Norwegian-Greenland Sea): Preliminary results from Sites 336-344. Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg i. Br., 67: 371-392
- Wefer, G. und J.S. Killingley (1986): Carbon isotopes in organic matter from a benthic alga *Halimeda incrassata* (Bermuda): Effects of light intensity. Chem. Geol. (Isotope Geoscience Section), 59: 321-326
- Zahn-Knoll, R. (1986): Spätquartäre Entwicklung von Küstenauftrieb und Tiefenwasserzirkulation im Nordostatlantik. Rekonstruktion anhand stabiler Isotope kalkschaliger Foraminiferen. Dissertation Univ. Kiel, 111 S.

#### 10.4 Eigene Vorarbeiten

Die Vorarbeiten dieses Teilprojektes lassen sich bis in die Zeit der in Vorbereitung auf diesen SFB durchgeführten Pilotstudie zurückverfolgen und umfassen ein weites Spektrum von Aktivitäten. Ein großer Teil der verfügbaren Kapazität wurde 1985 - 1987 für die Vorbereitung und Durchführung der Expeditionen eingesetzt, welche zwar die im Rahmen des SFB 313 wirkenden Arbeitsgruppen bis an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit belastet haben, die aber insgesamt für den jungen SFB 313 einen großen Erfolg darstellen.

Neben den wissenschaftlichen Vorarbeiten wurden die Jahre 1985 - 1987 auch dazu benutzt, die vorhandenen guten Beziehungen zu skandinavischen Institutionen auszubauen und den Austausch mit einzelnen Forschergruppen zu verbessern. Neben den bereits weiter oben erwähnten Gastwissenschaftlern haben wir sehr gezielt skandinavische Gäste auf die Expeditionen der im Rahmen des SFB 313 eingesetzten deutschen Forschungsschiffe eingeladen. Studenten und Mitarbeiter der Universität Oslo, die auf dem Gebiete der Geowissenschaften mit der CAU durch einen besonderen Kooperationsvertrag verbunden ist, haben an vom SFB 313 gesammeltem Probenmaterial Examensarbeiten ausgeführt, die z. T. von Kieler Kollegen betreut und inzwischen erfolgreich abgeschlossen worden sind (Ramm 1986, Pedersen 1987, Markussen 1987). Als ein Resultat der erfolgreichen Zusammenarbeit sind auch eine Reihe gemeinsamer

Arbeiten publiziert worden (Stabell und Thiede 1986, Eldholm et al. 1987, Thiede et al. 1986, Jansen et al. 1988 subm.). Weitere für den SFB 313 relevante Arbeiten aus der Berichtsperiode sind in der Literaturliste gesammelt.

Die Antragsteller und die Mitarbeiter aus der Grundausrüstung bringen in das Teilprojekt eine breite Vielfalt von modernen, am Institut installierten, wissenschaftlichen Methoden zur Analyse langer paläoozeanographischer Zeitreihen mit ein. Sie verfügen über langjährige Erfahrungen zur meeresgeologisch-paläoozeanographischen Bearbeitung von Kontinentalrändern in niederen und hohen Breiten sowie speziell zu den Verhältnissen im Europäischen Nordmeer und haben über ihre bisherigen Veröffentlichungen sowie als Mitglieder zahlreicher internationaler Arbeitsgruppen die nötigen intensiven wissenschaftlichen Verbindungen zum Ausland, besonders nach Norwegen und den USA aufgebaut (u.a. ein Kooperationsabkommen mit der Univ. Oslo und dem norweg. Polarinstitut).

### Mikropaläontologische Untersuchungen

#### Kalkige Mikrofossilien

Im Zentrum der Arbeiten des Teilprojektes B2 standen während der letzten zwei Jahre zwei große Ausfahrten. Es sind dies die Bohrkampagne von Leg 104 des ODP mit der JOIDES RESOLUTION, die die Bohrungen 642, 643 und 644 im Juli 1985 am Vöring-Plateau abteufte, sowie der zweite Abschnitt der zweiten Erprobungsfahrt der neuen METEOR im Juli 1986.

Die Bearbeitung des einmaligen Kernmaterials von beiden Ausfahrten wird die Mitarbeiter des Teilprojektes noch über Jahre beschäftigen. Während der METEOR 2/2 Reise wurden insgesamt 24 Kerne entlang eines Transekts vom Vöring-Plateau nach Jan Mayen gewonnen, welche die letzten 400000 Jahre in einzigartiger Weise dokumentieren. Ergänzt wird dieser Transekt durch Kerne der POLARSTERN Reise 1983, deren Bearbeitung (planktische Foraminiferen, Stratigraphie, Sedimentologie, s. Abb. 11) in Form einer Diplomarbeit (Ramm, 1986) vorangetrieben wurde.

Bei der Untersuchung benthischer Foraminiferen in Kernen vom Vöring-Plateau wurde die Art *Pullenia bulloides* in größerer Häufigkeit im späten Isotopen-Stadium 5 gefunden. Da auch Streeter et al. (1982) in ihren Kernen aus der Norwegischen See diese Art immer angetroffen haben, wurde der *Pullenia bulloides*-Horizont an drei Kernen aus der Norwegischen See in cm-Abständen untersucht. Der Horizont ist 20 - 30 cm mächtig und hat stets ein eindeutiges Häufigkeits-Maximum (bis zu 500 Expl./10 cm<sup>3</sup>). Dem *Pullenia bulloides*-Maximum läuft ein Maximum von *Cibicidoides wuellerstorfi* und *Oridorsalis umbonatus* voraus. Begleitet wird das Vorkommen von *Pullenia* auch von Miliolinen der Gattungen *Quinqueloculina* und *Miliolinella*. Dieser *Pullenia bulloides*-Horizont wurde - außer in den erwähnten Kernen - auch in Kernen anderer Seegebiete gefunden, etwa in der Fram-Straße und in der Dänemark-Straße. Bei zwei von drei untersuchten Kernen aus 2283 bzw. 2299 m Wassertiefe trat zusätzlich an der Basis des Horizontes eine Pteropoden-Lage von 2 cm Mächtigkeit auf, beim dritten Kern aus 2800 m Wassertiefe ist sie nicht vorhanden. Aus diesen Befunden läßt sich ableiten, daß die ACD in der Norwegischen See während des späteren Stadiums 5 zwischen einer Wassertiefe von 2300 und 2800 m lag.

Isotopen-Messungen an benthischen Foraminiferen aus diesen Proben - ebenfalls im cm-Bereich - liegen z.Zt. noch nicht vor. Die vorhandenen  $\delta^{18}\text{O}$ - und  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte für *Neogloboquadrina pachyderma* und *Cibicidoides wuellerstorfi* vom Vöring Plateau lassen folgendes erkennen:

Der Abschnitt mit extrem leichten  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten von *N. pachyderma* kennzeichnet den Wärmeanstieg des Oberflächenwassers im Stadium 5e (Abb. 12). Die Maximal-Werte von  $\delta^{13}\text{C}$  werden für *N. pachyderma* gerade dann erreicht, wenn die  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopen bereits wieder schwerer geworden sind (etwa Stadium 5d). Als letztes folgt das  $\delta^{13}\text{C}$  Maximum von *C. wuellerstorfi* (? Stadium 5a oder 5b) und parallel dazu die erwähnten Häufigkeitsmaxima der benthischen Foraminiferen, einschließlich dessen von *P. bulloides*.

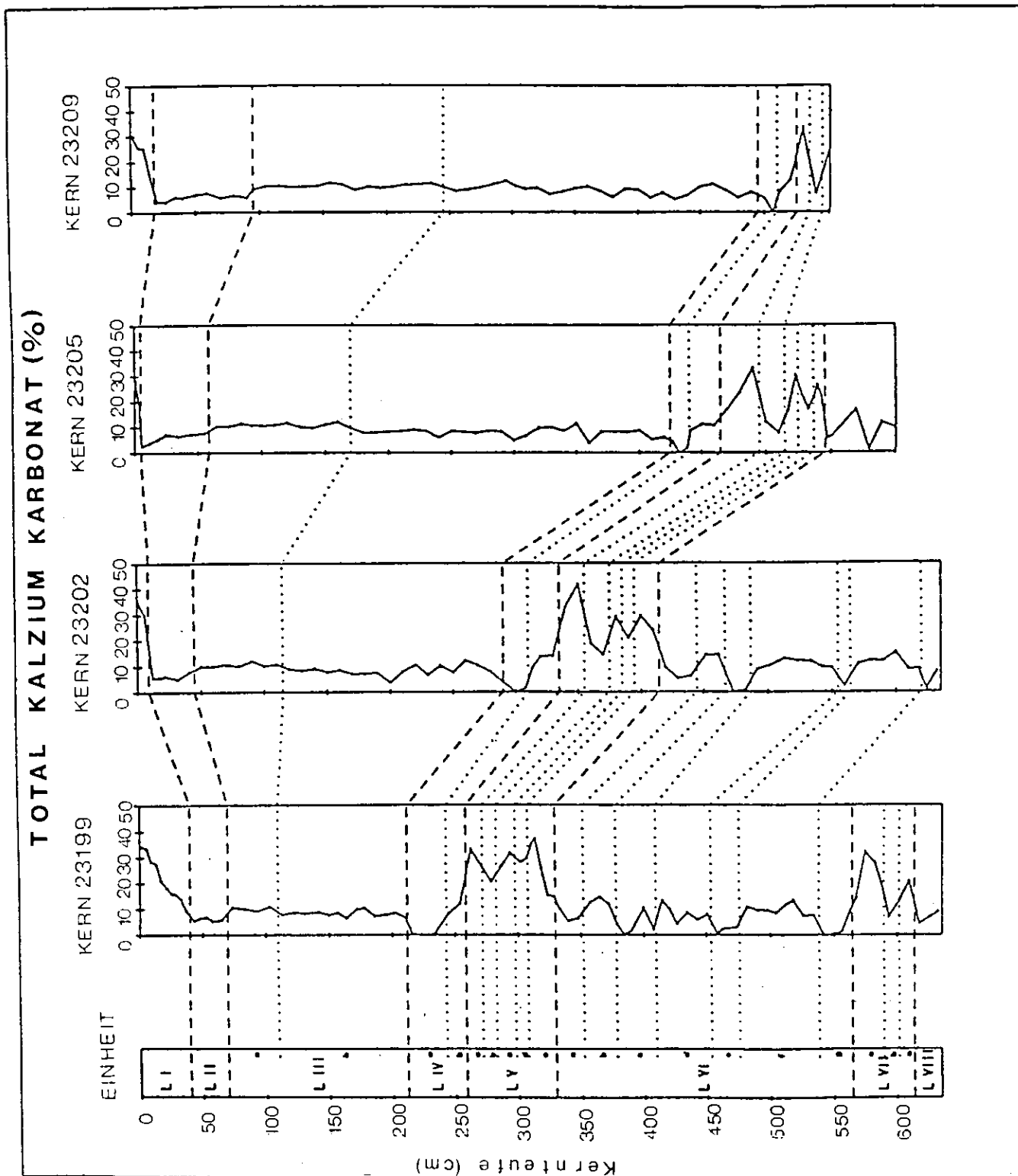


Abb. 11: Korrelation von Sedimentkernen vom äußeren Vöring-Plateau (aus Ramm 1986). Die Korrelation beruht auf einer Reihe sedimentologischer (z.B. CaCO<sub>3</sub>-Gehalt) und paläontologischer Parameter

# Kern 23199, Vøring-Plateau, 1968 m Wassertiefe

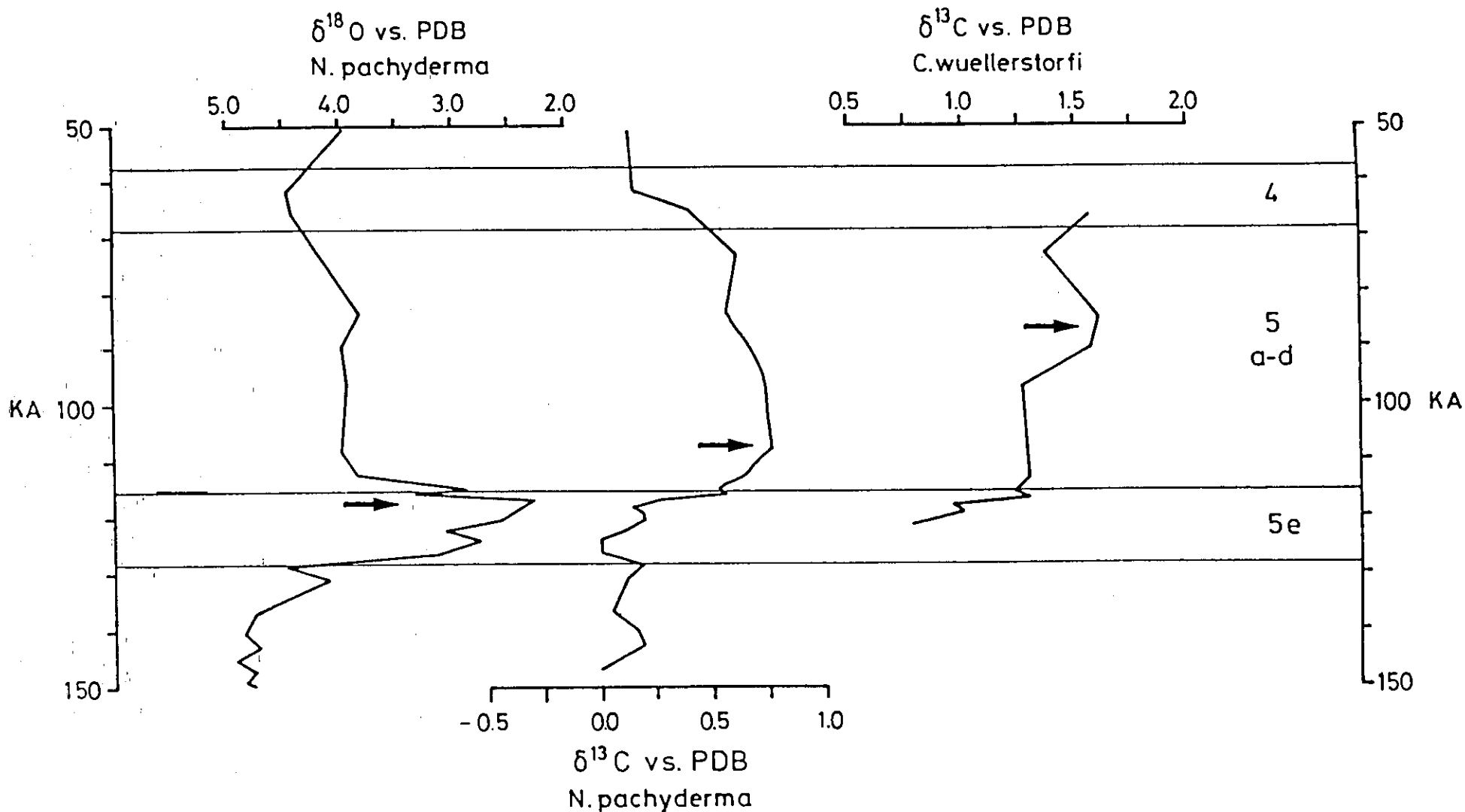


Abb. 12: Hochauflösende Isotopenmessungen an planktischen und benthischen Foraminiferen im Stadium 5 des Kernes GIK 23199 vom nördlichen Vøring-Plateau. Weitere Erläuterungen im Text.

Für Kern 23199 vom Vöring-Plateau wurden nach der Cartune-Zeitskala von Herterich und Sarnthein (1984, modifiziert) folgende Alter ermittelt:

<u>Ereignis</u>	<u>Isotopen-Stadium</u>	<u>Alter (ka)</u>
Maximale Erwärmung	5e	120-118
Höchstwert im $\delta^{13}\text{C}$ -Signal		
<i>N. pachyderma</i>	5d	110
Höchstwert im $\delta^{13}\text{C}$ -Signal		
<i>C. wuellerstorfi</i>	(5a oder) b	92 (-83)

Die geringe Diversität der Coccolithenfloren hoher Breiten dokumentiert sich in den entsprechenden Ablagerungen der Norwegisch-Grönländischen See. Das Artenspektrum in diesen Sedimenten wird zudem noch stark durch Lösungsvorgänge - in der Wassersäule und wahrscheinlich auch im Sediment - beeinflusst. Es ist jedoch auffällig, daß sich die Artengemeinschaft im Europäischen Nordmeer, besonders auch in ihren Häufigkeiten, während des Spätquartärs stark verändert hat. Voruntersuchungen (K.H. Baumann) an Material des Sedimentkernes 23199 ergaben eine deutliche Dominanz von *Gephyrocapsa* sp. im Isotopenstadium 5e, die einer solchen von *Coccolithus pelagicus* im Holozän gegenübersteht (Abb. 13).

Der "Artenpool" des kalkigem Nannoplanktons insgesamt ist dagegen seit ca. 270000 Jahren, während der *Emiliana huxleyi* -Zone (NN 21), in etwa unverändert geblieben. Während der langen Vereisungsphasen war höchstwahrscheinlich die Entwicklung von Coccolithenblüten im Seegebiet zwischen Norwegen und Grönland unmöglich. Die eigentliche Entwicklung der Coccolithen findet in Bereichen optimaler Lebensbedingungen, also in tropischen bis subtropischen Breiten statt. Nur während Interglazialzeiten konnte es also von dort aus zu adaptiven Radiationen in ökologische Randbereiche, wie es das Europäische Nordmeer darstellt, kommen. Die Evolution einer Art im Randbereich ihres Vorkommens unter den ökologisch begrenzenden Faktoren einer "Auslesesituation" führt eventuell leicht zur Herausbildung von morphologisch unterschiedlichen Formen (Subspezies?).

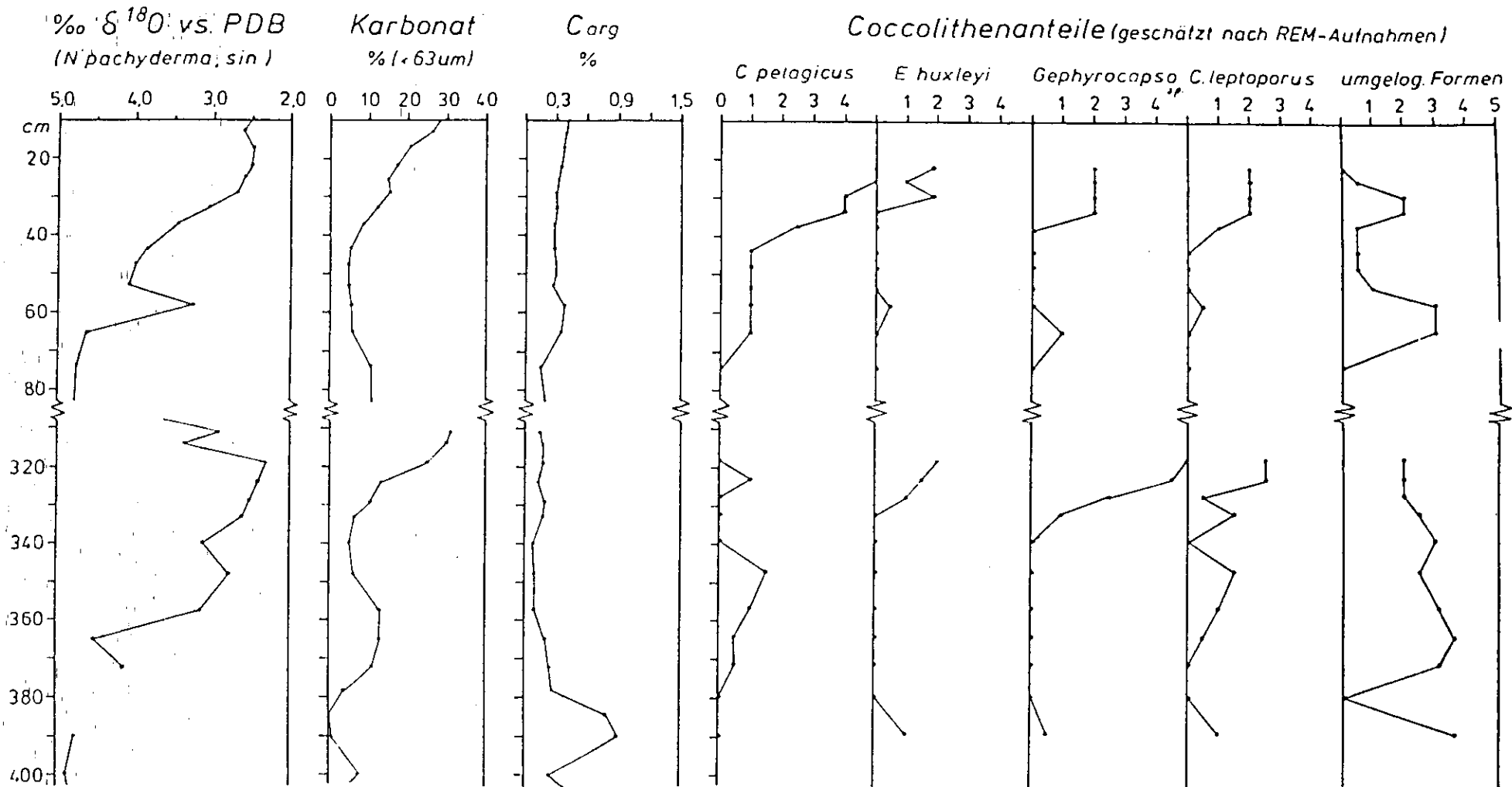


Abb. 13: Karbonatgehalt der Fraktion unter 63  $\mu\text{m}$ ,  $C_{org}$  - Gehalt und Anteil einzelner Coccolithenarten in den Terminationen I und II.



Im Rahmen der Bearbeitung der ODP-Bohrlöcher 642-644 sind zusätzlich umfangreiche Untersuchungen an nahezu allen kalkigen Mikrofossilgruppen durchgeführt worden, z. T. in enger Zusammenarbeit mit Kollegen anderer Kieler Arbeitsgruppen. Für eine detaillierte Darstellung dieser Arbeiten wird auf Eldholm et al. 1987 verwiesen.

#### Kieselige Mikrofossilien

Aus dem uns zur Verfügung stehenden Probenmaterial wurden bisher die kieseligen Fossilien nur in sehr bescheidenem Maße untersucht. Neben den Arbeiten an den ODP-Bohrlöchern auf dem Vöring-Plateau sei vor allem auf die Arbeiten von Stabell (1986) und Pedersen (1987) verwiesen, die sich mit sehr markanten, diatomeenreichen Sedimentlagen in der Nähe der Deglaziationshorizonte beschäftigt haben. Hierbei zeigte sich, daß diese Diatomeenlagen aus der Termination I kein Analogon in den heutigen Sedimentationsabläufen finden. Radiolarien und Silicoflagellaten sind im Rahmen des SFB 313 bisher noch nicht systematisch bearbeitet worden; hier besteht ein besonders großer Nachholbedarf.

#### Organische Mikrofossilien

Aus Kapazitätsgründen sind organische Mikrofossilien im Rahmen des SFB 313 bisher nicht untersucht worden. Nach Auffinden der C<sup>ORG</sup>-reichen Sedimentlagen und einer im Rahmen von Untersuchungen am ODP-Kernmaterial vom Vöring-Plateau nachgewiesenen Korrelation hoher C<sup>ORG</sup>-Gehalte mit hohen Palynomorphenkonzentrationen wird jedoch klar, daß auch diese Mikrofossilgruppe in unsere Untersuchungen aufgenommen werden muß, um den Kreislauf des Kohlenstoffs richtig einschätzen zu können.

#### Leichte stabile Isotopen

Die paläoozeanographischen Aussagen der stabilen C- und O-Isotope von Planktonforaminiferen rezenter Sedimente wurde an den Isotopen-Verbreitungsmustern der vier häufigsten Arten im Europäischen Nordmeer systematisch geeicht (Diplomarbeit HORWEGE, 1987). Demnach zeigen die O-Isotopen von *G.pachyderma* rechts und *G.quinqueloba* relativ genau die Höhe der Sommertemperaturen an (Abb. 14), die von *G.pachyderma* links und *G.bulloides* liegen etwa

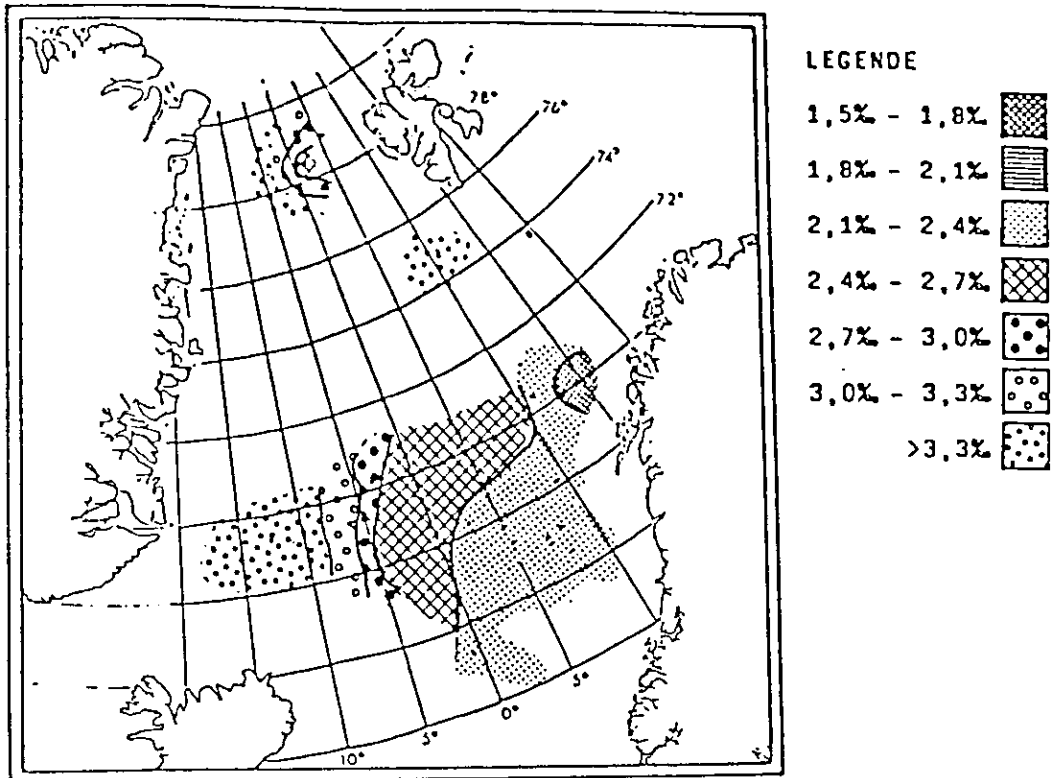
um 2° bzw. 1°C niedriger, was sowohl mit Saisonalitätseffekten als auch mit verschiedenen Wassertiefen beim Schalenbau zusammenhängen könnte.

Die  $\delta^{13}\text{C}$  - Werte der nicht-spinosen, also symbionten-freien *N. pachyderma* dokumentieren klar das Gleichgewicht von  $\text{CO}_2$  zwischen Oberflächenwasser und Atmosphäre. Schwere Werte um 0.9‰ deuten z.B. im Grönlandstrom auf relativ "junges" Wasser, dessen  $\text{CO}_2$  Gehalt überwiegend durch den Austausch mit der Atmosphäre gesteuert wird, im Gegensatz zu dem der Wassermassen vor Norwegen mit ihren viel niedrigeren  $\delta^{13}\text{C}$  Werte, die zu einem guten Teil aus der Remineralisation organischer Substanz stammen (Abb. 15).

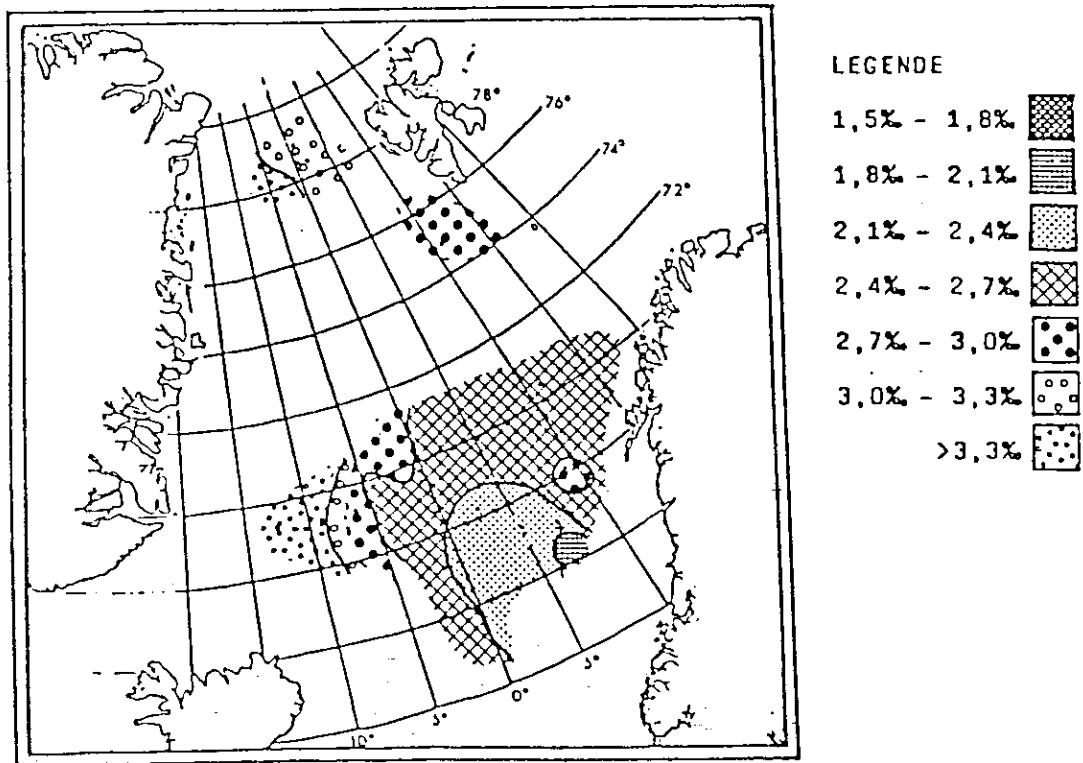
Besonderes Augenmerk wurde auch auf die Messung der Dämpfung des Isotopensignals durch bioturbate Mischung der Sedimente gelegt. Für diesen Zweck wurde unter Nutzung der in Kiel einmaligen Mess-Möglichkeiten von Karbonat-Kleinstmengen (bis ca. 10 µg) begonnen, die Streuung der Meßwerte aus einzelnen Foraminiferengehäuse zu studieren. Die Varianz der Meßwerte "rezenter" Planktonforaminiferen beträgt demnach +/- 0.4‰, während der Klimaumschwünge steigt sie auf mehr als das Doppelte.

Auch für die Isotopenanalyse organischer Substanzen gibt es in Kiel langjährige Erfahrungen zur Methodik auf dem Gebiet der Isotopenanalytik, der dazugehörigen Gerätetechnik und der Präparation organischer Proben (z. B. Deprie 1982).

Untersuchungen zur Beziehung von Lichtklima (allgemeiner: Photosyntheserate) und  $\text{CO}_2$ -Verfügbarkeit zum  $\delta^{13}\text{C}$  (Erlenkeuser 1976) wurden von Stoffers (1976) an Großalgen begonnen (s. TP A4). Schmidt (1981) fand die im Zuge der Industrialisierung auftretende Isotopenänderung des atmosphärischen  $\text{CO}_2$  der letzten 120 Jahre in Kernen aus der Kieler Bucht dokumentiert. Müller et al. (1983) fanden ausgeprägte glazial-interglaziale  $\delta^{13}\text{C}$ -Kontraste, die den C:N-Verhältnissen nach nicht auf Zumischung terrigener Komponenten beruhen. Sarnthein et al. (in prep.) beobachteten weltweit in Auftriebszonen gleichlaufende Parallelen zwischen Paläoproduktivitätsschwankungen und dem  $\delta^{13}\text{C}$ -Anteil der organischen Substanz.



$\delta^{18}O$  - Verteilungsmuster von *N. pachyderma*  
(links, 125-250  $\mu m$ )



$\delta^{18}O$  - Verteilungsmuster von *N. pachyderma*  
(links, 250-315  $\mu m$ )

Abb. 14:  $\delta^{18}O$  - Verteilungsmuster von *N. pachyderma*

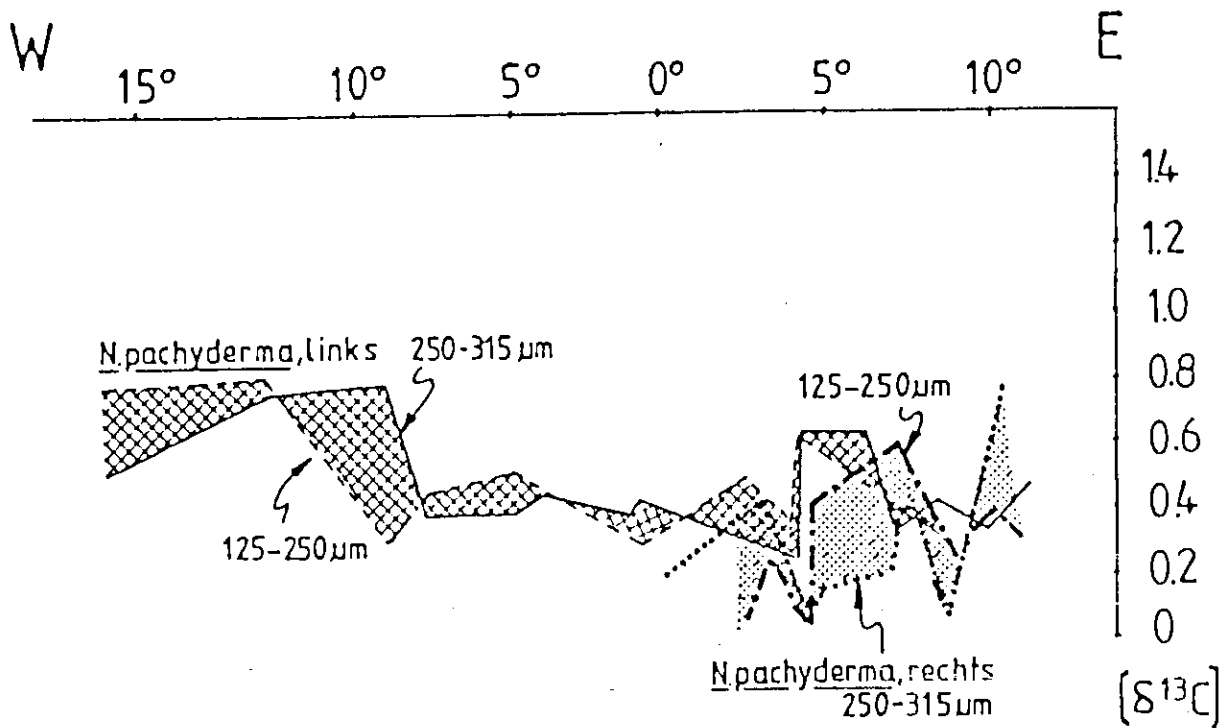


Abb. 15:  $\delta^{13}\text{C}$  - Profil aus Meßwerten von *N. pachyderma* links und rechts, bei 60°N.

### Sedimentologische Untersuchungen

Die sedimentologischen Untersuchungen haben sich in der ersten Antragsphase auf 3 wesentliche Methoden und Ziele beschränkt, die auf die Dauer alle dazu dienen, räumliche und zeitliche Veränderungen der Sedimenteigenschaften paläoozeanographisch zu interpretieren. Zu ihnen gehören 1) detaillierte Beschreibungen der Sedimentstrukturen, 2) Untersuchungen zum Karbonathaushalt (Eintrag und Lösung), und 3) Bestimmungen textueller Eigenschaften verschiedener Sedimentkomponenten. Während sich die beiden ersten relativ problemlos darstellen und bald zu einer Vielzahl wichtiger Beobachtungen führten, bedürfen die Untersuchungen zu den textuellen Eigenschaften der Sedimente und der hydromechanischen Eigenschaften der einzelnen Sedimentkomponenten weiterer vorbereitender Experimente.

Die großen ungestörten Sedimentprofile (900 cm<sup>2</sup> Grundfläche) von acht langen Kastenloten ermöglichen erstmals eine vollständige Erfassung und Kartierung verschiedener glazialer und interglazialer Lithofaziestypen. Von besonderer Bedeutung sind spezifische Sedimenthorizonte, die die Abschmelzphasen am Ende der Eiszeiten dokumentieren und die einschneidende Veränderungen in der Bodenwasserzirkulation nachzeichnen. Diese Horizonte lassen sich über weite Strecken verfolgen und zeichnen breite Loben, die den Kontouren des Schelfes folgen, nach (Henrich et al. 1988).

Die Bodenwasserzirkulation und -erneuerung über dem Vöring-Plateau war damals infolge von "Verbrackung" des Oberflächenwassers durch Schmelzwassereintrag (Modell Berger und Vincent 1986) deutlich schwächer. Eine starke laterale Zufuhr von C<sub>org</sub>-reichen Schelfsedimenten führte zu erhöhter Karbonatlösung und ließ im Sediment rasch anoxische Bedingungen entstehen, die mit weniger anoxischen Bedingungen im W des Europäischen Nordmeers kontrastieren (Henrich 1986, Jansen et al. 1988 submitt., Henrich 1988, submitt.). Die zeitliche Korrelation der Lithofaziesverteilung wurde mittlerweile durch Karbonat- und Isotopenstratigraphie bestätigt.

Im Unterschied zu früheren Beobachtungen (u.a. Kellogg 1980) zeichnen sich somit während des letzten großen Klimaumschwungs in der Norwegisch-Grönländischen See auch noch bemerkenswerte

regionale Gradienten ab. Eine genaue Erfassung der Auf- und Abbauphasen der glazialen Eisverhältnisse erscheint nunmehr möglich, desgleichen eine genaue Rekonstruktion des Klimaablaufs der letzten 400 000 Jahre.

Die kurzfristigen Sonderverhältnisse der Bodenwasserstagnation während der Termination I wirkten sich auch in einem besonderen frühdiagenetischen Zementationshorizont aus, der über Scherfestigkeitsmaxima zu seismischen Reflektoren führt, die über große Entfernungen hinweg verfolgt werden können (vgl. TP B1).

Im Rahmen des TP B2 wurden in großem Umfang Grobkornanalysen durchgeführt, um wichtige Sedimenteigenschaften zu bestimmen. Da Trocken- oder Naßsiegung sehr künstliche Korngruppengrenzen erzeugen, die wenig mit den hydromechanischen Eigenschaften der einzelnen Körner zu tun haben, versuchten wir in Anlehnung an frühere Versuche, eine Sedimentationswaage zu entwickeln, die gleichzeitig die Trennung der Grobfraktion in Kornfamilien ähnlicher hydromechanischer Eigenschaften zuläßt. Bisher (Stand April 1987) ist es uns gelungen, den ersten Teil des neu entwickelten Systems aufzustellen und zur Zufriedenheit in Betrieb zu nehmen (Abb. 16); dieser Teil des Systems besteht aus einer über 2 m hohen, vollautomatischen Sedimentationswaage mit einem voll integrierten Computersystem. Der 2. Teil der Anlage, ein in Zusammenarbeit mit der Fa. GRANULOMETRICS neu zu entwickelnder Kornseparator, soll im Mai 1987 aufgestellt und direkt anschließend getestet werden. Wir erwarten, daß die Testphase bald und erfolgreich abgeschlossen werden kann, damit die geplanten systematischen Untersuchungen der stratigraphischen und regionalen Verteilung hydromechanischer Korneigenschaften, die in enger Zusammenarbeit mit dem TP A2 durchgeführt werden, umgehend aufgenommen werden können.

#### Modelling:

Durch Kollegen Suendermann, Hamburg, wurde gemeinsam mit uns in ersten Ansätzen erfolgreich ein dynamisches Modell für die Tiefenzirkulation des Atlantischen Ozeans zum Laufen gebracht. Es berücksichtigt bereits die unterschiedlichen Aus- und Einströme aus dem Europäischen Nordmeer heute und während des Höhepunkts der letzten Eiszeit vor 18.000 Jahren und kommt zum Schluß, daß

vor 18.000 Jahren der Nordatlantik südlich von Island bis hinunter zum Boden durch Tiefwasserbildung weitgehend homogenisiert gewesen sein muß.

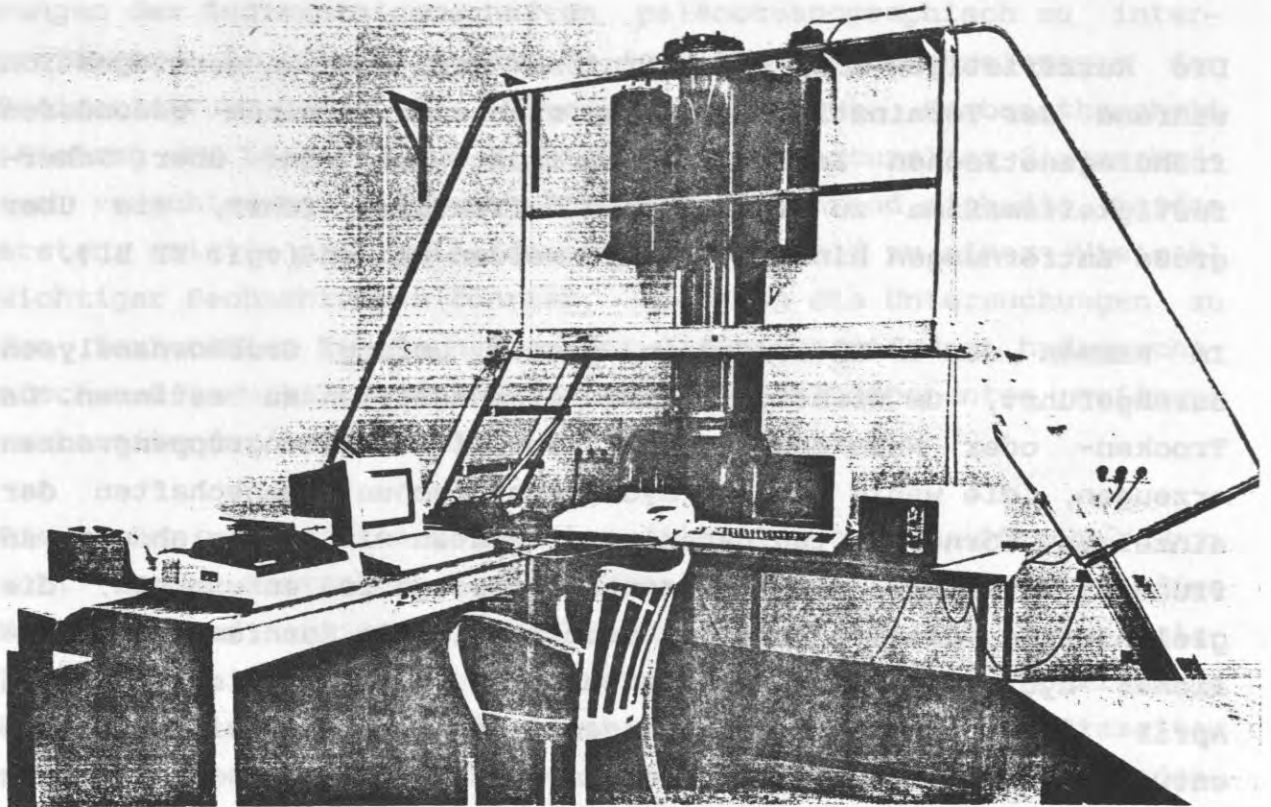


Abb. 16: Neu entwickelte Sedimentationswaage des SFB 313  
(Stand April 1987).

#### Literatur:

- Deprie, E. (1983): Aufbau und Erprobung einer Kleinverbrennungsanlage zur Untersuchung der stabilen Kohlenstoffisotope in organischem Material. Staatsexamensarbeit Kiel, 85 S.
- Eldholm, O., Thiede, J. et al. (1987): ODP Leg 104. Proc. Ocean Drilling Program, Vol. 104 A, 53-771
- Erlenkeuser, H. (1978): Stable carbon isotope characteristics of organic sedimentary source materials entering the estuarine zone.- In: The biogeochemistry of estuarine sediments. Proc. Unesco/SCOR workshop, Melreux, Belgium, 1976, 199-206, Unesco, Paris 1978

- Haake, F.W. und U. Pflaumann (1987): Late Pleistocene stratigraphy and chronology in the Norwegian Sea by foraminifera. (submitted) Quarternary Res.
- Henrich, R. (1986): A calcite dissolution pulse in the Norwegian-Greenland Sea during the last deglaciation. Geol. Rdsch., 75/3: 805-827
- Henrich, R. (1987): Glacial-interglacial cycles in the Norwegian Sea: Sedimentology, paleoceanography and evolution of the Late Pliocene to Quaternary northern hemisphere climate.- In: Eldholm, O. und J. Thiede et al., ODP-Leg 104.- Proc. Ocean Drilling Project, Vol 104 B, (in press)
- Henrich, R., Kassens, H., Vogelsang, E. und J. Thiede (1988): Glacial/interglacial sedimentation cycles in the Norwegian Sea: Implications of spatial and temporal distribution patterns on paleoceanography and paleoclimate during the last 400 ka. (submitted)
- Herterich, K. und M. Sarnthein (1984): Brunhes time scale: Tuning birates of calcium carbonate dissolution and cross spectral analyses with solar insolation. - In: A.L.Berger et al. (eds.) Milankovitch and climate, Part I: 447-466.
- Horwege, S. (1987): Oberflächentemperaturen (und -Strömungen) der Norwegisch-Grönländischen See im Abbild stabiler Kohlenstoff- und Sauerstoff-Isotope rezenter planktischer Foraminiferen. Unveröff. Dipl.Arb. Geol.Pal.Inst.Univ.Kiel, 43 pp.
- Jansen, E., Henrich, R., Bleil, U., Kringstad, L. und B. Stettermark (1988): Paleoenvironmental changes in the Norwegian Sea and the northeast Atlantic during the last 2,8 ma.: ODP/DSDP Sites 610, 642, 643 and 644. Paleoceanogr. (submitt.)
- Kellogg, T.B. (1980): Paleoclimatology and paleo-oceanography of the Norwegian and Greenland Seas: glacial-interglacial contrasts. Boreas, 9: 115-137
- Markussen, B. (1987): Late Quaternary sedimentation and paleoceanography in the Eastern Arctic Ocean. Unpubl. Dr. scient. thesis, University Oslo.
- Müller, P.J., Erlenkeuser, H. und R. v. Grafenstein (1983): Glacial-interglacial cycles in oceanic productivity inferred from organic carbon contents in eastern north Atlantic sediment cores. - In: Thiede, J. und E. Suess (eds.), Coastal Upwelling, Its Sediment Record - Part B: Sedimentary Records of Ancient Coastal Upwelling, 365-398, Plenum Press, New York



- Pedersen, J. (1987): Oseanografiske forandringer i Norske-Grønlandshavet ved overgangen Pleistocen/Holocen belyst ved diatomeanalytiske metoder. Dipl.-Arb., Institutt for geologi, Universitetet i Oslo, 71 pp.
- Ramm, M. (1986): Karbonatsedimentasjon og Senkvartær Paleo-Oseanografi i det østlige Norskehavet: (siste 250000 ar). Dipl.-Arb., Institutt for geologi, Universitetet i Oslo, 161 pp.
- Sarnthein, M., Winn, K., Duplessy, J.-C., und M.R. Fontugne (1987): Global variations of surface ocean productivity in low and mid latitudes: influence on CO<sub>2</sub> reservoirs of the deep ocean and the atmosphere during the last 21,000 years. *Paleoceanography* (in press).
- Schmidt, D. (1981): Isotopenverhältnis des organischen Kohlenstoffs in marinen Sedimenten. Staatsexamensarbeit Kiel, 125 pp.
- Stabell, B. (1986): A diatom maximum horizon in upper Quaternary deposits. *Geol. Rdsch.*, 75: 175-184
- Stabell, B. und J. Thiede (1986): Paleobathymetry and paleogeography of southern Scandinavia in the Late Quaternary. *Meyniana*, 38: 43-59
- Stoffers, H. (1976): Untersuchungen zum Isotopenverhältnis des Kohlenstoffs bei Rotalgen aus der Kieler Bucht. Staatsexamensarbeit Kiel, 117 pp.
- Streeter, S.S., Belanger, P.E., Kellogg, T.B. und J.C. Duplessy (1982): Late Pleistocene paleoceanography of the Norwegian-Greenland Sea: Benthic foraminiferal evidence. *Quat. Res.*, 21: 74-84
- Thiede, J., Diesen, G.W., Knudsen, B.-E. und T. Snare (1986): Patterns of Cenozoic sedimentation in the Norwegian-Greenland Sea. *Marine Geol.*, 69: 323-352

## 10.5 Ziele, Methoden, Arbeitsprogramm und Zeitplan

### Ziele

Die wesentlichen Ziele dieses Teilprojektes sind ausführlich für die erste Antragsphase des SFB 313 zusammengestellt worden, sodaß sie hier nur noch einmal in Stichworten wiederholt werden sollen. Es werden paläoozeanographischen Rekonstruktionen geplant, die auf mikropaläontologischen, isotopengeologischen und sedimentolo-

gischen Daten aufbauen. Sie sollen zu einem Abbild der Wassermassen im Sediment führen und damit erlauben, die Veränderlichkeit des Ozeans in der geologischen Vergangenheit sowohl in Zeitreihen wie in (quasisynoptischen) Zeitscheiben darzustellen. Dabei kommt es vor allem darauf an,

1. regional und vertikal, in der Wassersäule, die wesentlichen (Paläo-)Wassermassen im Becken des Europäischen Nordmeeres abzugrenzen und in ihrer Veränderlichkeit zu erfassen; besonderes Interesse gilt dabei der Advektion warmer, höhersaliner Wassermassen in hohe Breiten, die zur bekannten Klimaverzerrung auf der Nordhalbkugel führt, und der Bildung von O<sub>2</sub>-reichen Tiefenwassermassen, die heute wesentlich die Durchlüftung des Weltozeans mitsteuern.
2. diese Veränderlichkeit der ozeanographischen Zustände anhand von engständigen Probenserien stratigraphisch genau aufzulösen, die resultierenden Zeitserien zur Beschreibung der unterschiedlichen Frequenzen der offensichtlich meist zyklisch sich wiederholenden Wechsel in der Paläo-Ozeanographie einzusetzen und damit kürzer- und längerfristige Typen der Veränderlichkeit zu unterscheiden;
3. die paläoozeanographischen Rekonstruktionen strikt als quantitative ozeanographische Denkmodelle zu fassen, die rechnerisch simulierten Zirkulationsmodellen als historische Analoga zur Überprüfung gegenübergestellt werden können;
4. die paläoozeanographischen Zustände in Beziehung mit der Paläoklima-Entwicklung der umliegenden Landgebiete zu setzen; dabei möchten wir vor allem die terrestrischen Eisvorstöße mit der räumlichen und zeitlichen Verbreitung eistransportierten Materials in den Tiefseesedimenten vergleichen;
5. die biologische Reaktion auf die nachweisbar schnellen Veränderungen des Pelagials und des Benthals zu erfassen, insbesondere die damit verbundenen Schwankungen der Nettoprimärproduktivität und der Wechsel im Austausch von CO<sub>2</sub> zwischen Meeresoberfläche und ozeanischem Tiefenwasser.

### Methoden, Arbeitsplan und Zeitplan

Die genannten Forschungsziele des Teilprojektes B2 erfordern eine wesentliche Erweiterung seiner Arbeiten. Diese Erweiterung betrifft sowohl den regionalen Rahmen der Arbeiten als den Umfang der einzusetzenden Methoden. Das Teilprojekt B2 ist sich dieser Situation bewußt und hat versucht, den Umfang der im Rahmen des SFB 313 durchzuführenden Arbeiten durch eine stratigraphische Eingrenzung des zu betrachtenden Zeitabschnittes und durch eine sorgfältige Auswahl und Abgrenzung der Arbeitsgebiete auf ein personell und finanziell erträgliches Maß zurückzufahren.

Das Teilprojekt hat sich nach ausführlichen Diskussionen dafür entschieden, die Arbeiten der kommenden Antragsphase auf 3 wissenschaftliche Arbeitsgebiete zu konzentrieren, nämlich auf mikropaläontologische, isotopengeologische und sedimentologische Untersuchungen von Kernmaterial aus dem Gebiet des Vöring-Plateaus (Norwegenstrom) und aus dem Seegebiet zwischen Jan Mayen und dem Ostgrönlandschelf (Ostgrönlandstrom). Stratigraphisch begrenzen wir die Arbeiten dabei auf die oberpliozänen und quartären Ablagerungen, also auf jenen Teil der Sedimentabfolge, der durch schnelle und häufige Wechsel eiszeitlicher und zwischeneiszeitlicher Zustände geprägt wurde; nach den Ergebnissen der ODP Leg 104 Bohrungen auf dem Vöring-Plateau ist dieses mindestens 26 mal in den letzten 2,4-2,6 Mio. J. geschehen. Zusätzlich, aber mit deutlich geringerer Intensität, sollen auch Kerne aus dem Sedimentationsgebiet vor der südlichen Barents-See untersucht werden, um die lateralen Gradienten und damit die Paläo-Advektion im Norwegen-Strom in den Griff zu bekommen.

In der kommenden Antragsphase wird beabsichtigt, das Kernmaterial mit einem wesentlich breiteren Spektrum von sedimentologischen und mikropaläontologischen Methoden als bisher zu untersuchen. Dies bedeutet, integrierend alle quantitativ wichtigen Sedimentkomponenten, deren Ablagerung von klimatischen bzw. ozeanographischen Prozessen gesteuert wird, mit in Spezialuntersuchungen hinein zu nehmen. Gerade bei den Mikrofossilien ist dieser Ansatz außerordentlich erfolgversprechend, da jede Organismengruppe auf etwas andere hydrographische Eigenschaften der Wassermassen spezifisch reagiert.

Beispielsweise sollen bei Coccolithen und planktischen Foraminiferen, die beide nur durch relativ artenarme Faunen bzw. Floren im Europäischen Nordmeer vertreten sind, alle Morphotypen in großem Detail beschrieben und zu den hydrographischen Eigenschaften der Wassermassen, die sie beleben oder belebt haben, in Beziehung gesetzt werden. Besonderer Wert wird dabei auf die Abhängigkeit von den glazial-interglazialen Wechseln gelegt. Ebenso soll das Lösungsverhalten der beiden Fossilgruppen weiterhin in großem Detail untersucht werden, weil erste Befunde darüber (Henrich, 1986) bereits wichtige Hinweise auf einen Wechsel des  $\text{CO}_2$ -Haushaltes der Tiefenwässer des Europäischen Nordmeeres geben konnten.

Entsprechende Untersuchungen sind an benthischen Foraminiferen und, schwerpunktmäßig, vor allem an den kieseligen Mikrofossilgruppen geplant. Neben neuen Einblicken in die "physikalische" Paläo-Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres werden von ihnen vor allem Informationen zur Geschichte der (Plankton-) Produktivität der einzelnen ozeanischen Wassermassen dieses Meeresgebietes erwartet. In dieser Hinsicht wird auch den Verteilungsmustern der organischen Mikrofossilien besondere Bedeutung zugemessen.

Die mikropaläontologischen und sedimentologischen Arbeiten sollen stets mit der Analyse der isotopischen Zusammensetzung von Foraminiferen und organischer Substanz ( $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{15}\text{N}$ ) parallelgehen. Diese Analysen bieten eine entscheidende Möglichkeit

- \* zur absoluten Altersdatierung (in Zusammenarbeit mit TP A4),
- \* zur Definition von einzelnen Wasserkörpern; für diesen Zweck werden vertikale und horizontale Profil-Transekte mit Benthos- und Plankton-Isotopendaten quer durch das Europäische Nordmeer angestrebt;
- \* zur Messung von Paläoproduktivität,  $\text{CO}_2$ - "Stress" und/oder (Paläo-) Lichtverhältnissen (Vergleich von Proben aus verschiedenen Jahreszeiten und Breiten nördlich und südlich des Polarkreises),

- \* zur Abgrenzung der (Pack-)Eisbedeckung,
- \* zur Abtrennung von umgelagertem und autochthonem Material, und
- \* zur Unterscheidung terrestrischer und mariner organischer Substanz.

Dabei sollen gezielt die Isotopen-Verhältnisse von Planktonpartikeln aus Fallen (in Zusammenarbeit mit dem TP A1) mit Sedimentpartikeln und Porenwasser der gleichen Probenstationen verglichen werden ( $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{15}\text{N}$ ). Vom Eintrag von  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{137}\text{Cs}$  erwarten wir uns Rückschlüsse auf die Intensität der Bioturbation (Querbezüge zu TP A3/A4).

Von besonderer Bedeutung ist dabei die jeweilige Ankoppelung unserer Zeitskalen an die ACM-C-14-Zeitskala. Dafür wurde eine Zusammenarbeit mit dem ACM-Labor in Gif-sur-Yvette bei Paris (Direktor J.C. Duplessy) bereits vereinbart und eingeleitet (Sarnthein et al., in press).

Schließlich ist es das Europäische Nordmeer, das sich global vor allen anderen Teilen des Weltmeeres durch seine schnellen und extremen zeitlichen Wechsel der Paläo-Ozeanographie im Quartär auszeichnet. Es erscheint daher auch prädestiniert, das ozeanische Geschehen mit der Paläoklima-Entwicklung in den benachbarten Landgebieten zu korrelieren. So können z.B. die interglazialen Verhältnisse im heutigen Skandinavien mit den gleichzeitig glazialen Verhältnissen im heutigen Grönland verglichen und ihr Einfluß auf die Sedimentation auf den benachbarten Tiefseeböden auf einfache Weise untersucht werden.

Die sedimentologischen Untersuchungen sollen sich stark auf eine genaue Aufnahme und Rekonstruktion der Abschmelzvorgänge (=Deglaziationen) konzentrieren, da diese Ereignisse sich sehr deutlich als klar abgegrenzte Horizonte in den Sedimentkernen verfolgen lassen; regionale Unterschiede ihrer Feinstratigraphie, z. B. zwischen den östlichen und westlichen Teilbecken des Europäischen Nordmeeres lassen bereits jetzt vermuten, daß diese Teilbecken des Nordatlantiks, trotz ihrer Kleinräumigkeit, wichtige Einblicke in die Dynamik der quartären Wassermassen und der terrestrischen wie kontinentalen Eisdecken vermitteln können.

Außer der terrigen-klastischen Komponente werden den Kohlenstoff-Akkumulationsraten eine besondere Bedeutung beigemessen, da wir mit ihrer Hilfe glauben, die Paläoproduktivitäts-Muster des Europäischen Nordmeeres erfassen zu können.

#### 10.6 Stellung innerhalb des SFB

Das TP B2, das sich mit der "historischen" Entwicklung der modernen Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres, mit seiner zeitlichen und räumlichen Veränderlichkeit in der geologischen Vorzeit auseinandersetzt, ist mit vielen Aspekten seiner Untersuchungen und seiner Betrachtungsweise von den Erkenntnissen der anderen Teilprojekte abhängig. Auf diese Querbeziehungen ist im Text dieses Antrages, vor allem bei der Diskussion der durchgeführten und für die Zukunft geplanten Expeditionen immer wieder hingewiesen worden, sodaß sie hier nur noch einmal beispielhaft beleuchtet werden sollen:

- Das TP B1 erlaubt es uns, die punktuellen Beobachtungen an einzelnen Kernen in einen größeren regionalen Rahmen zu stellen.
- Das TP A4 hilft uns, die untersuchten Sedimentschichten zu datieren, es widmet sich den mineralogischen Untersuchungen, aus denen ebenfalls wichtige paläoklimatische Informationen gewonnen werden können, es geht dem diagenetischen Schicksal einzelner Sedimentkomponenten nach, es untersucht die chemischen Flüsse durch die benthische Grenzfläche.
- Das TP A3 arbeitet uns in wichtigen Aspekten des Verständnisses benthischer Verbreitungsmuster, des biologischen Stoffumsatzes am Meeresboden, des mikrobiellen Abbaus einzelner Sedimentkomponenten, der Eigenschaften der Bodenwassermassen und des Einflusses der Bioturbation zu und erforscht die Verbreitung rezenter Foraminiferen.

- Das TP A2 schafft die Voraussetzungen für das Verständnis von Verbreitungsmustern umgelagerter Sedimentpartikel, es ordnet die Eigenschaften der Sedimentoberflächen in Abhängigkeit von den Bodenströmungen.

- Das TP A1 quantifiziert die hauptsächlich biogenen, sehr stark saisonal gesteuerten Sedimentflüsse aus dem Pelagial und den Stoffumsatz solcher Partikel, die bereits in der Wassersäule remineralisiert werden, und es bestimmt biogeographische Verbreitungen der wichtigsten Planktonten.

11. Teilprojekt V: Koordination, Verwaltung und  
Allgemeine Einrichtungen

11.11 Leiter: Professor Dr. Jörn Thiede  
(Sprecher SFB 313)

Dienstanschrift: Geologisch-Paläontologisches Institut  
Ludewig Meyn Str. 12, 2300 Kiel 1

Telefon: (0431) 880 2855

11.12 Personal Anfang 1988

	Name, akad.Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für das Teilprojekt in Stunden/ Woche	im SFB tätig seit
<u>Grundausstattung</u>	1) Thiede, J.	Sprecher	GPI	10	7.85
<u>Wissenschaftler</u>	Dr. Professor				
	2) Gerlach, S.A.	stellv. Sprecher	IfM		7.85
	Dr. Professor				
	3) Peinert, R.	wiss. Sekretär	IfM	10	7.85
	Dr.HS Ass.				
	4) Altenbach, A.	stellv.wiss. Sekretär	GPI	-	7.85
	Dr. HS Ass.				
<u>Ergänzungsaus- stattung</u>	5) Thiel, G.			40	9.85
nichtwissensch. Mitarbeiter	Büroangestellte				



## 11.2 Zusammenfassung

Die Aufgaben der Leitung, Koordination und Verwaltung sind in der Ordnung dieses Sonderforschungsbereichs (s. Kapitel 12) festgelegt und organisatorisch in Teilprojekt V zusammengefaßt. Hierzu gehört vor allem die Verwaltung der dem gesamten SFB zur Verfügung stehenden Mittel für die Durchführung von Expeditionen sowie Personalmittel für 1 Gastforscher, 1,5 Büroangestellte und 1 studentische Hilfskraft.

## 12. Ordnung des SFB 313

### § 1 - Allgemeines

Der Sonderforschungsbereich 313 "Sedimentation im Europäischen Nordmeer: Abbildung und Geschichte der ozeanischen Zirkulation" ist ein Zusammenschluß von Wissenschaftlern der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und deren angegliederten Einrichtungen sowie anderer, entsprechender Institutionen im nord-deutschen Küstenraum.

Sitz des SFB 313 ist Kiel. Die Universität Kiel ist Sprecher-Hochschule.

### § 2 - Aufgaben

Der SFB 313 hat insbesondere folgende Aufgaben:

1. Grundlagenforschung und angewandte Forschung zu betreiben, die auf die Abbildung und die Geschichte der ozeanischen Zirkulation im Europäischen Nordmeer gerichtet ist, unter besonderer Berücksichtigung interdisziplinärer Integration biologischer, chemischer, geologischer, ozeanographischer und physikalischer Forschungen;
2. Anregung und Koordinierung von gemeinsamen Forschungsprojekten einzelner Mitglieder, die Zusammenarbeit mit anderen in- und ausländischen Wissenschaftlern der genannten Forschungsrichtungen sowie die Beschaffung und Verteilung von Mitteln, die diesen Aufgaben dienen;
3. Jährliche Berichterstattung in öffentlichen Kolloquien über die Tätigkeit und die Forschungsergebnisse des SFB 313.

### § 3 - Projektbereiche und Teilprojekte

- (1) Das Gesamtvorhaben des SFB 313 wird in Projektbereiche und Teilprojekte gegliedert. In diesen ist eine mehrfache Mitgliedschaft möglich.
- (2) Leiter von Teilprojekten (zwei gleichberechtigte Leiter) und für dessen Durchführung verantwortlich sind in der Regel diejenigen Wissenschaftler, die das Forschungsvorhaben maßgeblich konzipiert haben.

### § 4 - Mitgliedschaft

- (1) Mitglieder des SFB 313 sind:
  - die Hochschullehrer, die in Teilprojekten aktiv mitarbeiten,
  - die Teilprojektleiter,
  - die promovierten Wissenschaftler mit erfolgreicher wissenschaftlicher Tätigkeit, die im Rahmen des SFB 313 eine übergreifende Funktion für die Teilprojekte ausüben.
- (2) Ferner kann in begründeten Ausnahmefällen die Mitgliedschaft erwerben, wer als selbständig arbeitender Wissenschaftler mit abgeschlossenem Hochschulstudium eine wissenschaftliche Aufgabenstellung bearbeitet, die den interdisziplinären Zielen des SFB 313 förderlich ist und dessen Arbeitsmöglichkeiten einen Erfolg des Vorhabens erwarten lassen.
- (3) Ein Antrag auf Mitgliedschaft nach § 4, Absatz 2 ist in schriftlicher Form an den Sprecher des SFB 313 zu richten; er wird durch die Mitgliederversammlung in geheimer Abstimmung mit den Stimmen der Mehrheit der Mitglieder entschieden. Der Antragsteller ist vor der Entscheidung von der Mitgliederversammlung anzuhören.

- (4) Die Mitgliedschaft wird für einen Zeitraum von 3 Jahren festgestellt. Eine Verlängerung der Mitgliedschaft ist unbeschränkt zulässig; die Entscheidung hierüber trifft die Mitgliederversammlung. Wird ein Aufnahme- oder Wiederaufnahmeantrag von der Mitgliederversammlung abgelehnt, so kann dieser frühestens nach einem Jahr wiederholt werden.
- (5) Die Mitgliedschaft erlischt
- durch Ausscheiden eines Mitgliedes auf eigenen Wunsch; es verzichtet dabei auf die weitere Nutzung der im SFB 313 zur Verfügung gestellten Forschungsmittel. Die Mitgliederversammlung entscheidet in diesem Falle mit einer Stimmenmehrheit von 2/3 der anwesenden Mitglieder darüber, ob das Ausscheiden an die Erfüllung von Auflagen für den Abschluß der vom Antragsteller übernommenen Arbeiten gebunden werden muß;
  - durch Ausschluß aufgrund eines Beschlusses der Mitgliederversammlung, der einer Stimmenmehrheit von 2/3 der Mitglieder bedarf. Die vom SFB 313 zur Verfügung gestellten restlichen Forschungsmittel gehen in diesem Falle an den SFB 313 zurück; die Mitgliederversammlung kann mit einer Stimmenmehrheit von 2/3 der anwesenden Mitglieder Ausnahmen beschließen.
- (6) Die Mitglieder des SFB 313 sind verpflichtet, einmal jährlich schriftlich der Mitgliederversammlung über ihre Arbeiten im SFB 313 zu berichten. Diese Berichte sind wesentliche Grundlage sowohl für die weitere Planung des SFB als auch für die Verlängerung der Mitgliedschaft.

## § 5 - Mitgliederversammlung

- (1) Die Mitgliederversammlung des SFB 313 entscheidet über die Fragen der Organisation und der Aufgabenstellung des SFB 313, insbesondere über
  - die Genehmigung des Gesamtantrages und des Berichtes an die DFG;
  - die Genehmigung neuer Teilprojekte,
  - die Genehmigung des Jahresberichtes des Sprechers,
  - die Einsetzung und Besetzung von Ausschüssen,
  - die Ordnung des SFB und ihre Änderung.
- (2) Die Mitgliederversammlung wird vom Sprecher mindestens einmal im Jahr schriftlich einberufen. Auf Antrag von mindestens 5 Mitgliedern muß der Sprecher binnen 4 Wochen die Mitgliederversammlung einberufen.
- (3) Die vorläufige Tagesordnung wird vom Sprecher des SFB 313 bestimmt; sie muß spätestens am 7. Tage vor dem Sitzungstermin versandt werden. Anträge auf Aufnahme weiterer Tagesordnungspunkte müssen dem Sprecher spätestens am 2. Tage vor dem Sitzungstermin vorliegen.
- (4) Die Mitgliederversammlung ist beschlußfähig, wenn alle Mitglieder ordnungsgemäß geladen sind und mehr als die Hälfte der Mitglieder anwesend ist.
- (5) Beschlüsse der Mitgliederversammlung bedürfen der einfachen Mehrheit der anwesenden Mitglieder, es sei denn, daß in dieser Ordnung im Einzelfall etwas anderes bestimmt ist. Auf Verlangen von mindestens 3 Mitgliedern ist geheim abzustimmen.
- (6) Über jede Mitgliederversammlung ist ein Protokoll anzufertigen, das den Mitgliedern binnen 4 Wochen zuzuleiten ist.

## § 6 - Vorstand

- (1) Der Vorstand setzt sich zusammen aus dem Sprecher als Vorsitzendem, dem Stellvertretendem Sprecher, dem Wissenschaftlichen Sekretär und je einem Vertreter der Teilprojekte.
- (2) Der Vorstand hat insbesondere folgende Aufgaben:
  - er bereitet die Beratung der Mitgliederversammlung vor und führt deren Beschlüsse aus
  - er legt den Rahmen für das Forschungsprogramm im zu planenden Antragszeitraum fest;
  - er koordiniert die SFB-Aktivitäten im Rahmen der nationalen und internationalen Zusammenarbeit einschließlich des Genehmigungsverfahrens für Arbeiten außerhalb der Hoheitsgewässer der Bundesrepublik Deutschland;
  - er nimmt Vorschläge für neue Teilprojekte von Mitgliedern des SFB 313 entgegen und stellt sie im Planungsausschuß zur Diskussion;
  - er plant die Beteiligung des SFB 313 an internationalen Symposien sowie die Durchführung regelmäßiger SFB-Kontrollen.
  - Verteilung nichtzweckgebundener Restmittel bei Einzelzuwendungen unter 3000,- DM.
- (3) Der Sprecher soll den Vorstand mindestens einmal pro Semester einberufen. Bei unaufschiebbaren Angelegenheiten entscheidet der Sprecher anstelle des Vorstandes. Er hat in diesen Fällen die übrigen Mitglieder des Vorstandes unverzüglich zu unterrichten. Der Vorstand kann die Entscheidung aufheben, soweit durch ihre Ausführung nicht Rechte Dritter entstanden sind.
- (4) Der Vorstand ist beschlußfähig, wenn mindestens 4 Vorstandsmitglieder anwesend sind.

- (5) Der Vorstand faßt seine Beschlüsse mit einfacher Stimmenmehrheit der anwesenden Mitglieder. Er soll alle Möglichkeiten ausschöpfen, Entscheidungen einvernehmlich zu treffen. Im Falle von Stimmengleichheit gibt die Stimme des Vorsitzenden den Ausschlag. Über die erfolgte Beschlußfassung ist ein Protokoll anzufertigen.

#### § 7 - Sprecher

- (1) Der Sprecher vertritt die Belange des SFB 313 nach außen. Er leitet die Mitgliederversammlung und ist berechtigt, an allen Sitzungen der Ausschüsse und Teilprojekte des SFB 313 teilzunehmen.
- (2) Der Sprecher ist an die Beschlüsse der Mitgliederversammlung gebunden und für seine den SFB 313 betreffenden Entscheidungen der Mitgliederversammlung rechenschaftspflichtig. Er berichtet der Mitgliederversammlung über die Arbeit des Vorstandes.
- (3) Der Sprecher ist den im SFB 313 angestellten Mitarbeitern (Ergänzungsausstattung) gegenüber weisungsbefugt. Er kann diese Befugnis an andere SFB-Mitglieder delegieren. Mindestens einmal pro Jahr beruft er eine Versammlung der SFB - Mitglieder ein.
- (4) Der Sprecher ist Vorsitzender des Vorstandes. Er wird im Verhinderungsfall durch ein von ihm benanntes Vorstandsmitglied (in der Regel der Stellvertretende Sprecher) vertreten.
- (5) Die Amtszeit des Sprechers entspricht dem Antragszeitraum; Wiederwahl ist zulässig. Näheres über die Wahl des Sprechers wird in der Wahlordnung geregelt.
- (6) Der Sprecher kann nach dreimonatiger Vorankündigung vorzeitig zurücktreten. Er kann nach Anhörung auf einer Mitgliederversammlung durch Votum von mindestens 3/4 der Mitglieder vorzeitig abberufen werden.

## § 8 - Wissenschaftlicher Sekretär

- (1) Der Wissenschaftliche Sekretär fördert in enger Zusammenarbeit mit dem Vorstand des SFB 313 die Zusammenarbeit unter den einzelnen Arbeitsgruppen und deren Zusammenarbeit mit der Verwaltung. Er ist Mitglied des Vorstandes.
- (2) Der Wissenschaftliche Sekretär hat insbesondere folgende Aufgaben:
- Vorbereitung von Anträgen und Berichten an die DFG,
  - Öffentlichkeitsarbeit,
  - Verteilung der nichtzweckgebundenen Restmittel bei Einzelzuwendungen unter 3000 DM im Einvernehmen mit dem Sprecher,
  - Organisation von Begutachtungen, Ausstellungen und SFB - Veranstaltungen.

## § 9 - Ausschüsse

Die Mitgliederversammlung kann zur Vorbereitung ihrer Beschlüsse Ausschüsse einsetzen. Die Ausschüsse sind beschlußfähig, wenn alle Mitglieder ordnungsgemäß geladen sind. Die Beschlußfassung erfolgt mit einfacher Stimmenmehrheit der Anwesenden, soweit in dieser Ordnung für den Einzelfall nichts anderes bestimmt ist.

## § 10 - Schlichtungsausschuß

Erhebt ein Mitglied Einspruch gegen einen Beschluß der Mitgliederversammlung oder des Vorstandes, welcher dieses Mitglied unmittelbar betrifft, wird von der Mitgliederversammlung ein Schlichtungsausschuß eingesetzt. Der Schlichtungsausschuß unterbreitet der Mitgliederversammlung innerhalb eines Monats erneut einen Vorschlag zur Beschlußfassung.



### § 11 - Publikationstätigkeit

Die durch die wissenschaftliche Forschung von SFB-Angehörigen gewonnenen Erkenntnisse werden in geeigneter Form veröffentlicht. Solche Veröffentlichungen müssen einen den Bewilligungsrichtlinien der DFG entsprechenden Vermerk tragen, daß die zugrundeliegenden Arbeiten im Rahmen des SFB 313 durchgeführt und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert wurden. Eine regelmäßige Berichterstattung über die wissenschaftliche Arbeit des SFB 313 erfolgt außerdem gemäß den Bestimmungen des Hochschulgesetzes in der Christiana Albertina.

### § 12 - Schlußbestimmungen

- (1) Änderungen dieser Ordnung bedürfen einer Stimmenmehrheit von  $\frac{2}{3}$  der Mitglieder der Mitgliederversammlung. Änderungsanträge sind der Mitgliederversammlung zusammen mit der Einladung schriftlich vorzulegen.
- (2) Diese Ordnung tritt am Tage nach ihrer Annahme durch die Mitgliederversammlung in Kraft.

## Anhang

Wahlordnung für die Wahl von Sprecher, Stellvertretendem Sprecher und Wissenschaftlichem Sekretär durch die Mitgliederversammlung.

### § 1 - Allgemeines

- (1) Sprecher, Stellvertretender Sprecher und Wissenschaftlicher Sekretär werden in getrennten Wahlgängen in geheimer Wahl gewählt.
- (2) Es wird zunächst der Sprecher des SFB, danach Stellvertretender Sprecher und der Wissenschaftliche Sekretär gewählt.

### § 2 - Wahlrecht

Das Wahlrecht steht allen Mitgliedern des SFB 313 zu.

### § 3 - Wahlvorstand

Für die Durchführung der Wahl wird ein Wahlvorstand gebildet. Er besteht aus drei von der Mitgliederversammlung gewählten Mitgliedern.

§ 4 - Wahl des Sprechers, Stellvertretenden Sprechers und  
Wissenschaftlichen Sekretärs

- (1) Zunächst wird eine Kandidatenliste erstellt. Jedes Mitglied kann hierzu in geheimer Abstimmung einen Kandidaten aus dem Kreise der Mitglieder des SFB neu vorschlagen. Die vier meistgenannten Namen werden der Mitgliederversammlung ohne Nennung der Stimmenzahl als Kandidaten benannt. Enthält eine Kandidatenliste weniger als vier Namen, so können zusätzlich Kandidaten durch Zuruf nominiert werden.
- (2) Die Kandidaten sind vor der Wahl zu befragen, ob sie die Kandidatur annehmen.
- (3) Jedes Mitglied hat in einem Wahlgang nur eine Stimme.
- (4) Gewählt ist der Kandidat, der die Stimme der Mehrheit der anwesenden Stimmberechtigten erhält. Wird diese Mehrheit im 1. Wahlgang nicht erreicht, so ist die Wahl zu wiederholen. Erreicht auch im 2. Wahlgang kein Kandidat die erforderliche Mehrheit, so wird in einem 3. Wahlgang mit einfacher Stimmenmehrheit zwischen den beiden Kandidaten entschieden, die im 2. Wahlgang die meisten Stimmen erhielten. Bei Stimmgleichheit entscheidet das Los.

### 13. Veröffentlichungen 1985 - 1987

Der Tätigkeitsbericht des SFB 313 1985 - 1987 ist veröffentlicht worden unter dem Titel:

"SFB 313" Sedimentation im Europäischen Nordmeer: Abbildung und Geschichte der ozeanischen Zirkulation (J. Thiede et. al., Christiana Albertina, Heft 26, im Druck).

Folgende Hefte der "Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313" Sedimentation im Europäischen Nordmeer sind erschienen:

- 1) Sedimentation im Europäischen Nordmeer, Organisation und Forschungsprogramm des Sonderforschungsbereichs 313 für den Zeitraum 1985-1987. Thiede, J., Gerlach, S.A., Wefer G. Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, Nr. 1, 1-110, 1985
- 2) Peinert, R.: Saisonale und regionale Aspekte der Produktion und Sedimentation von Partikeln im Meer. Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, Nr. 2, 1-108, 1986
- 3) Bathmann, U.V.: Zooplanktonpopulationen dreier nordatlantischer Schelfe: Auswirkungen abiotischer und biotischer Faktoren. Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, Nr. 3, 1-93, 1986
- 4) Gerlach, S.A., Thiede, J., Graf, G., Werner F.: Forschungsschiff Meteor, Reise 2 vom 19. Juni bis 16. Juli 1986; Forschungsschiff Poseidon, Reise 128 vom 7. Mai bis 8. Juni 1986. Berichte der Fahrtleiter. Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, Nr. 4, 1-140, 1986
- 5) Gerlach, S.A., Theilen, F., Werner, F.: Forschungsschiff Poseidon, Reise 119 vom 16. Juli bis 1. August 1985, Forschungsschiff Poseidon, Reise 120 vom 4. August bis 20. August 1985, Forschungsschiff Valdivia, Reise 201-48A vom 17. Juli bis 31. Juli 1986, Forschungsschiff Poseidon, Reise 137 vom 3. Februar bis 20. Februar 1987. Berichte der Fahrtleiter. Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, Nr. 5, 1-94, 1987
- 6) Altenbach, A.V., Lutze, G.F., Weinholz, P.: Beobachtungen an Benthos-Foraminiferen (Teilprojekt A3). Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, Nr. 6, 1-86, 1987

Verzeichnis der SFB-Publikationen

- 1) Thiede, J.,  
S. Gerlach &  
G. Wefer \*Sedimentation im Europäischen Nordmeer,  
Organisation und Forschungsprogramm  
des SFB 313 für den Zeitraum 1985-1987.  
Berichte Sonderforschungsbereich 313,  
Univ. Kiel, Nr. 1, 1-110, 1985
- 2) Peinert, R. \*Saisonale und regionale Aspekte der  
Produktion und Sedimentation von  
Partikeln im Meer.  
Berichte Sonderforschungsbereich 313,  
Univ. Kiel, Nr. 2, 1-108, 1986
- 3) Bathmann, U. \*Zooplanktonpopulationen dreier nord-  
atlantischer Schelfe: Auswirkungen  
abiotischer und biotischer Faktoren.  
Berichte Sonderforschungsbereich 313,  
Univ. Kiel, Nr. 3, 1-93, 1986
- 4) Thiede, J.,  
G.W. Diesen,  
B.-E. Knudsen  
& T. Snare \*Patterns of cenozoic sedimentation in  
the Norwegian-Greenland Sea.  
Marine Geology 69, 323-352, 1986
- 5) Peinert, R. \*Production, grazing and sedimentation  
in the Norwegian Coastal Current.  
NATO ASI Series, Vol. G 7. The role of  
freshwater outflow in coastal marine  
ecosystems. Ed. by S. Skreslet.  
Springer-Verlag Berlin, Heidelberg  
1986, 361-374
- 6) Smetacek, V. \*Impact on freshwater discharge on  
production and transfer of materials  
in the marine environment.  
NATO ASI Series, Vol. G7. The role of  
freshwater outflow in coastal marine  
ecosystems. Ed. by S. Skreslet.  
Springer-Verlag Berlin, Heidelberg  
1986, 85-106
- 7) Henrich, R. \*A calcite dissolution pulse in the  
Norwegian-Greenland Sea during the  
last deglaciation.  
Geologische Rundschau 75/3,  
805-827, 1986

- 8) Noji, T., U. Passow & V. Smetacek \*Interaction between pelagial and benthal during autumn in Kiel Bight. I. Development and sedimentation of phytoplankton blooms. *Ophelia* 26, 333-349, 1986
- 9) Czytrich, H., U. Eversberg & G. Graf \*Interaction between pelagial and benthal during autumn in Kiel Bight. II. Benthic activity and chemical composition of organic matter. *Ophelia* 26, 123-133, 1986
- 10) Altenbach, A. \*The measurement of organic carbon in Foraminifera. *Journal of Foraminifera Research* 17, 106-109, 1987
- 11) Peinert, R., U. Bathmann, B. v. Bodungen & T. Noji \*The impact of grazing on spring phytoplankton growth and sedimentation in the Norwegian Current. *Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, SCOPE/UNEP Sonderbd., Heft 62*, 149-164, 1987
- 12) Smetacek, V. & F. Pollehne \*Nutrient cycling in pelagic systems: A reappraisal of the conceptual framework. *Ophelia* 26, 401-428, 1986
- 13) v. Bodungen, B. \*Phytoplankton growth and krill grazing during spring in the Bransfield Strait, Antarctica - Implications from sediment trap collections. *Polar Biol.* 6, 153-160, 1986
- 14) Stegmann, P., R. Peinert, U. Bathmann & B. v. Bodungen Pelagic system structure in early summer in the open Baltic Sea.
- 15) Mahaut, M.-L. & G. Graf \*A luminophore tracer technique for bioturbation studies. *Oceanologica Acta* 10/3, 323-328, 1987
- 16) Bathmann, U., T. Noji, M. Voß & R. Peinert \*Copepod fecal pellets. Abundance, sedimentation and content at a permanent station in the Norwegian Sea in May/June 1986. *Marine Ecology Progress Series* 38, 45-51, 1987
- 17) Bathmann, U. \*Mass-occurrence of *Salpa fusiformis* in spring 1984 off Ireland: Consequenses for sedimentation processes. *Marine Biology* 97, 127-135, 1988

- 18) Altenbach, A. Deep-Sea benthic foraminifera and flux-rates of organic carbon. Benthos 86
- 19) Bodungen, B.v., E.-M. Nöthig & Q. Sui New production of phytoplankton and sedimentation during summer 1985 in the southeastern Weddell Sea. J. Comp. Biochem. Phys.
- 20) Bodungen, B.v., G. Fischer, E.-M. Nöthig & G. Wefer \*Sedimentation of krill faeces during spring development of phytoplankton in Bransfield Strait, Antarctica. Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg. SCOPE/UNEP Sonderbd. Heft 62, 243-257, 1987
- 21) Gerlach, S.-A. \*Plastic and seaweeds in the offshore Norwegian Sea. Marine Pollution Bulletin 18/5, 246, 1987
- 22) Gerlach, S., J. Thiede, G. Graf & F. Werner \*Forschungsschiff Meteor, Reise 2 vom 19. Juni bis 16. Juli 1986. Forschungsschiff Poseidon, Reise 128 vom 7. Mai bis 8. Juni 1986. Berichte Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, Nr. 4, 1-140, 1986
- 23) Jansen, E., U. Bleil, R. Henrich, L. Kringstad & B. Slettemark Paleoenvironmental changes in the Norwegian Sea and the North-East Atlantik during the last 2.8 Ma. DSTP/ODP-Sites 610, 642, 643 and 644. Paleoceanography 1987
- 24) Jensen, P. Four new nematode species, abundant in the deep-sea benthos of the Norwegian Sea. Sarsia
- 25) Jensen, P. Nematode community structure in the deep-sea benthos of the Norwegian Sea. Deep-Sea Research
- 26) Erlenkeuser, H. & W. Balzer Chernobyl radiocesium in the deep Norwegian Sea sediments. subm. to Oceanologica Acta
- 27) Gerlach, S., F. Theilen & F. Werner \*Forschungsschiff Poseidon, Reise 119, Forschungsschiff Poseidon, Reise 120, Forschungsschiff Valdivia, Reise 201-48A, Forschungsschiff Poseidon, Reise 137. Berichte der Fahrtleiter. Berichte Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, Nr. 5, 1-94, 1987
- 28) Henrich, R. Glacial/interglacial cycles in the Norwegian Sea: sedimentology, paleoceanography, and evolution of Late Pliocene Quaternary north hemisphere climate. Proc. ODP 104 b

- 30) Henrich, R.,  
H. Kassens,  
E. Vogelsang  
& J. Thiede  
glacial/interglacial sedimentary cycles  
in the Norwegian Sea: Implications of  
spatial and temporal distribution  
patterns on paleoceanography and paleo-  
climate. To be subm. Marine Geology
- 31) Romero-Wetzel, M. \*Sipunculans as inhabitants of very  
deep, narrow burrows in deep-sea  
sediments.  
Marine Biology 96, 87-91, 1987
- 32) Romero-Wetzel, M. Branched burrow-systems of the  
enteropneust Stereobalanus canadensis  
in deep sea sediments, Vöring-Plateau,  
Norwegian Sea.  
subm. Deep Sea Res.
- 33) Altenbach, A.V. \*GEM im Labor. ST Computer-Zeitschrift  
& P. Weinholz 5, 75-78, 1987
- 34) Altenbach, A.V., The hydro-dynamic environment of  
G. Unsöld & Saccorhiza ramosa.  
E. Walger Deep Sea Res.
- 35) Haake, F.W. & Late Pleistocene stratigraphy in  
U. Pflaumann the Norwegian Sea by foraminifera.
- 36) Balzer, W. Particle mixing processes in deep  
Norwegian Sea sediments: evidence  
for seasonal effects.
- 37) Meissner, R. & Structure and evolution of passive  
M. Köpnick margins: the plume model again.  
Journal of Geodynamics.
- 38) Theilen, F., Sediment distribution at the outer  
G. Uenzelmann Vöring Plateau from reflection  
& P. Gimpel seismic investigations. Marine  
Geophysical Research.
- 39) Jansen, E., Oxygen and carbon isotope strati-  
B. Slettemark, graphy and magnetostratigraphy of  
U. Bleil, the last 2.8 Ma: Paleoclimatic  
R. Henrich, comparisons between the Norwegian  
L. Kringstad & Sea and the North Atlantic.  
S. Rolfsen submitted ODP 104 B
- 40) Sarnthein, M. No-analog paleoceanography during  
Kassens, H. termination I: 4-strings maxima and  
an early diagenetic cementation spike  
in North and Aquatorial Atlantic  
deep sea sediment.
- 41) Eldholm, O \*Proceedings, Initial Reports (Part A),  
Thiede, J. of the Ocean Drilling Program.  
Taylor, E. et al. Vol. 104, 53-771, 1987



- 42) Kachholz, K.-D.  
Henrich, R. \*Verschiedene Experimente mit der Sedimentationswaage. Broschüre des SFB 313, 1987
- 43) Thiede, J. \*The Seas around Norway and their geophysical history.- p. 32-42 in "Norden - Man and Environment" (U. Varjo & W. Tietze, eds., Gebr. Borntraeger, Stuttgart).
- 44) Kögler, F. \*Fahrtbericht Poseidon-Fahrt 139/1 vom 3.8.-9.8.87, Broschüre des SFB 313
- 45) Altenbach, A.V.  
Lutze, G.F.  
Weinholz, P.  
(Hrsg.) \*Beobachtungen an Benthos-Foraminiferen (Teilprojekt A3). Berichte Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, Nr. 6, 1-86, 1987:
- 46) Henrich, R.  
Wolf, T.C.W.  
Bohrmann, G.  
Thiede, J. Paleoclimatic and paleoceanographic changes in northern hemisphere revealed by variability of cores fraction components in sediments from Vöring Plateau.- LEG 104 drill sites. Prosed. ODP 104b submitted.
- 47) Honjo, S.  
Wefer, G.  
Manganini, S.J.  
Asper, V.L.  
Thiede, J. Seasonality of oceanic particle fluxes in the Lofoten Basin, Nordic Sea. submitted
- 48) Honjo, S.  
Manganini, S.J.  
Wefer, G. Annual particle flux and a winter outburst of sedimentation in the Northern Norwegian Sea. Deep Sea Res. submitted
- 49) Graf, G.  
Martens, V.  
Queisser, W.  
Weinholz, P.  
Altenbach, A. A multicalorimeter for the study of biological activity in marine sediments. Mar. Ecol. Prog. Ser. in press
- 50) Peinert, R.  
B. v. Bodungen  
V. Smetacek Food web structure and loss rates. sub. Dahlem Konferenzen
- 51) \*Fahrtbericht Poseidon-Fahrt 144 vom 12.2. - 17.2.1988, Kattegat, Broschüre des SFB 313
- 52) Heeger, T. Virus-like particles and cytopathological effects in *Elphidium excavatum clavatum*, a benthic foraminifer. Diseases of Aquatic Organisms.

- 53) Weinholz, P. \*FOCOS, eine Methode zum Zählen von Mikrofossilien mit Hilfe eines Personal-Computers. Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, Nr. 6, S. 5-16, 1987
- 54) Lutze, G.F. \*Cibicidoides wuellerstorfi and Thiel, H. Planulina ariminensis, elevated epibenthic Foraminifera. s.o., S. 17-30
- 55) Lutze, G.F. \*Rupertina stabilis (WALLICH), eine Altenbach, A.V. hochangepasste, filtrierende Benthos-Foraminifere. s.o., S. 31-46
- 56) Altenbach, A.V. \*The hydrodynamic environment of Unsöld, G. Saccorhiza ramosa (BRADY). Walger, E. s.o., S. 47-68
- 57) Lutze, G.F. \*Foraminiferen-Verbreitung zwischen Salomon, B. Norwegen und Grönland: ein West-Ost Profil. s.o., S. 69-78
- 58) Lutze, G.F. \*Benthische Foraminiferen: Vertikale Verteilung in den obersten Sedimentlagen und Probleme bei der Entnahme von Standard-Proben. s.o., S. 79-87

\* bereits erschienen