

Z 945

66b

BERICHTE
aus dem
SONDERFORSCHUNGSBEREICH 313
"SEDIMENTATION IM EUROPÄISCHEN NORDMEER"



Nr. 1

Sedimentation im europäischen Nordmeer
Organisation und Forschungsprogramm des
Sonderforschungsbereichs für den Zeitraum 1985 — 1987

von

THIEDE, J. · GERLACH, S. A · WEFER, G.

(Herausgeber)

CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL · 1985



... NORDMEER, ORGANISATION UND
... FORSCHUNGSBEREICH 313 FÜR
... 1985 - 1987

VON

... Barlach, S.A.; Wefer, G. (Herausgeber)

Der SFB 313 veröffentlicht hiermit den Text des Antrages an die DFG vom November 1984 (mit kleinen Korrekturen und ohne das Zahlenwerk), als Arbeitsgrundlage für die Mitglieder und zur Information für die wissenschaftlichen Kontakte des SFB.

SEDIMENTATION IM EUROPÄISCHEN NORDMEER, ORGANISATION UND
FORSCHUNGSPROGRAMM DES SONDERFORSCHUNGSBEREICHS 313 FÜR
DEN ZEITRAUM 1985 - 1987

von

Thiede, J.; Gerlach, S.A.; Wefer, G. (Herausgeber) *)

*) Prof. Dr. J. Thiede und Prof. Dr. G. Wefer: Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Kiel, Olshausenstr. 40, 2300 Kiel
Prof. Dr. S. Gerlach: Institut für Meereskunde der Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 2300 Kiel

1. Inhaltsverzeichnis	1
2. Allgemeine Angaben zum Sonderforschungsbereich	3
2.1 Alphabetische Liste der am Sonderforschungsbereich beteiligten Wissenschaftler	3
2.2 In der Ordnung des Sonderforschungsbereichs vorgesehene Gremien und ihre personelle Zusammensetzung	6
2.3 Forschungsprogramm	7
2.4 Bisherige Arbeiten im europäischen Nordmeer: Auswahl möglicher Arbeitsgebiete	12
2.5 Übersicht über die Teilprojekte, gegliedert nach Projektbereichen	18
2.6 Stellung an der Universität	19
2.7 Verzeichnis der zur Zeit der Antragstellung laufenden Dissertationen oder vergleichbaren Arbeiten des Forschungsprogrammes (nach Teilprojekten)	20
3. Projektbereich A, Abbildung der ozeanischen Zirkulation	21
4. Teilprojekt A 1, Partikelfluß aus dem Pelagial	22
5. Teilprojekt A 2, Bodennaher Partikeltransport und Sedimentverteilung	34
6. Teilprojekt A 3, Reaktionen des Benthals auf den Partikelfluß	54
7. Projektbereich B, Geschichte der ozeanischen Zirkulation	70
8. Teilprojekt B 1, Seismische Feinschichtung der Sedimente	71
9. Teilprojekt B 2, Kurz- und langfristige Schwankungen in der ozeanischen Zirkulation: Abbildung in quartären und tertiären Sedimenten	83
10. Teilprojekt V, Koordination, Verwaltung und allgemeine Einrichtungen	105
11. Vorläufige Ordnung des SFB 313	106

2. Allgemeine Angaben zum Sonderforschungsbereich

- 2.1. Alphabetische Liste der am Sonderforschungsbereich beteiligten Wissenschaftler zum Zeitpunkt der Antragstellung, November 1984. Mitglieder im Sinne der Ordnung des Sonderforschungsbereiches sind durch x vor dem Namen gekennzeichnet. GA = Grundausrüstung, EA = für den Sonderforschungsbereich vorgesehene Ergänzungsausrüstung

Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institut	Zuordnung	Teilprojekt
Altenbach, A Dipl.-Geol. Doktorand	Paläontologie	GPI	EA	A3
x Balzer, W. Dr., Hochschulass.	Meereschemie	IfM	GA	A1,A3
x Bock, M. Dipl.-Oz., wiss. Ang.	Ozeanographie	IfM	GA	B2
x Bodungen, B. von Dr., Hochschulass.	Planktologie	IfM	GA	A1
Chough, S.K. Dr., Professor	Sedimentologie	GPI	Stipen- diat	A2
x Duinker, J. Dr., Professor	Meereschemie	IfM	GA	A1,A3
x Erlenkeuser, H. Dr., wiss. Ang.	Kernphysik	IKP	GA	A1,B2
x Gerlach, S. Dr., Professor	Meeresbotanik	IfM	GA	A3
Gimpel, P. Dipl.-Geophys. Doktorand	Geophysik	IG	EA	B1
x Graf, G. Dr., Hochschulass.	Benthosökologie	IfM	GA	A3
x Haake, F. Dr., wiss. Ang.	Paläontologie	GPI	GA	B2
x Hartmann, M. Dr., wiss. Ang.	Geochemie	GPI	GA	A3
Healy, T. Dr., Professor	Sedimentologie	GPI	Stipen- diat	A2
x Henrich, R. Dr., Hochschulass.	Geologie	GPI	GA	A1,B2
x Kachholz, K. Dr., wiss. Ang.	Sedimentologie	GPI	GA/EA	A2
x Kögler, F.C. Dr., wiss. Ang.	Geologie	GPI	GA	B1

Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institut	Zuordnung	Teilprojekt
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.	Geologie	GPI	GA	B2
x Lenz, J. Dr., Professor	Planktologie	IfM	GA	A1
x Lutze, G.F. Dr., Professor	Paläontologie	GPI	GA	A3
Peinert, R. Dipl.-Biol. Doktorand	Planktologie	IfM	EA	A1
x Meißner, R. Dr., Professor	Geophysik	IG	GA	B1
x Pflaumann, U. Dr., wiss. Ang.	Paläontologie	GPI	GA	A1
x Qvale, G. Dr., wiss. Ang.	Paläontologie	GPI/IGO	GA	B2
Romero-Wetzel, M. Dipl.-Biol. Doktorand	Benthosökologie	IfM	EA	A3
x Rumohr, J. Dr., wiss. Ang.	Geologie	GPI	EA	A2
x Samtleben, C. Dr., wiss. Ang.	Paläontologie	GPI	GA	A1, B2
x Sarnthein, M. Dr., Professor	Sedimentologie	GPI	GA	B2
Schreiber, R. Dipl.-Geophys., Doktorand	Geophysik	IG	EA	B1
Schulz, H.D. Dr., Professor	Geochemie	GPI	GA	A1
x Smetacek, V. Dr., Hochschulass.	Planktologie	IfM	GA	A1
x Stabell, B. Dr., wiss. Ang.	Paläontologie	GPI/IGO	GA	B2
x Theilen, F. Dr., Hochschulass.	Geophysik	IG	GA	B1, B2

Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institut	Zuordnung	Teilprojekt
x Thiede, J. Dr., Professor	Paläontologie	GPI	GA	A1,A2, B1,B2
x Unsöld, G. Dr., wiss. Ang.	Geologie	GPI	GA	A2
x Walger, E. Dr., Professor	Geologie	GPI	GA	A2
x Wefer, G. Dr., Professor	Paläontologie	GPI	GA	A1,B2
x Werner, F. Dr., wiss. Dir.	Sedimentologie	GPI	GA	A2,B1
Wiederhold, H. Dipl.-Geophys., Doktorand	Geophysik	IG	EA	B1
x Willkomm, H. Dr., Professor	Kernphysik	IKP	GA	A1,B2
x Wittstock, R. Dr., wiss. Ang.	Angew. Physik	IAP	EA	A1
x Wolschendorf, K.	Angew. Physik	IAP	GA	A2
x Zeitzschel, B. Dr., Professor	Planktologie	IfM	GA	A1

Am Sonderforschungsbereich beteiligte Institute
(und ihre Abkürzungen)

- GPI - Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum (Kiel)
- IfM - Institut für Meereskunde (Kiel)
- IG - Institut für Geophysik (Kiel)
- IAP - Institut für Angewandte Physik (Kiel)
- IKP - Institut für Reine und Angewandte Kernphysik (Kiel)
- IGO - Institut für Geologie Oslo

2.2. In der Ordnung des Sonderforschungsbereiches vorgesehene Gremien und ihre personelle Zusammensetzung (vorläufige Ordnung des SFB s. Abschnitt 11)

Direktor	Dr. P. Koske
Stellv. Direktor	Dr. J. Thiede

- Sprecher: Prof. Dr. J. Thiede
 Stellv. Sprecher: Prof. Dr. S. Gerlach
 Wiss. Sekretär: Prof. Dr. G. Wefer
 Vorstand: Sprecher, Stellvertretender Sprecher, Wissenschaftlicher Sekretär, sowie die Leiter der Teilprojekte

Teilprojektleiter

- Dr. V. Smetacek/Prof. Dr. G. Wefer (A1)
- Prof. Dr. E. Walger/Dr. F. Werner (A2)
- Prof. Dr. S. Gerlach/Prof. Dr. G. Lutze (A3)
- Prof. Dr. R. Meißner/Dr. F. Theilen (B1)
- Prof. Dr. M. Sarnthein/Prof. Dr. J. Thiede (B2)

100	Institut für Geologie	Prof. Dr. J. Thiede
101	Institut für Meereskunde (Kiel)	Prof. Dr. S. Gerlach
102	Institut für Geochemie (Kiel)	Prof. Dr. G. Lutze
103	Institut für Angewandte Petrologie (Kiel)	Prof. Dr. R. Meißner
104	Institut für Meereskunde (Kiel)	Prof. Dr. F. Werner
105	Institut für Meereskunde (Kiel)	Prof. Dr. E. Walger
106	Institut für Meereskunde (Kiel)	Prof. Dr. V. Smetacek

2.3 Forschungsprogramm

SEDIMENTATION IM EUROPÄISCHEN NORDMEER:

Zum wissenschaftlichen Konzept

Die Eigenschaften und Geschichte der Ablagerungsgräume des Nordpolarmeeres und des Europäischen Nordmeeres umfassen große meereskundliche Problemkreise, die noch weitgehend ungelöst sind. Die Problemkreise berühren die verschiedensten naturwissenschaftlichen Disziplinen und sollten am erfolgversprechendsten durch interdisziplinäre Zusammenarbeit bearbeitet werden.

Das Europäische Nordmeer und Eigenschaften seiner ozeanischen Wassermassen üben einen entscheidenden Einfluss auf das Klima Nordwesteuropas und damit unsere wichtigsten Lebens- und Umweltbedingungen aus. Dieses Meeresgebiet hat schneller und extremer als die übrigen Teile der Weltmeere auf die quartären Klimawechsel reagiert; durch die intensive Tiefwasserbildung und die Ausbreitung des Tiefwassers in entfernte ozeanische Becken beeinflusst es die Hydrographie fast des gesamten Weltmeeres. Die wichtigsten Prozesse, die neben der Plattentektonik die Geschichte dieses Ablagerungsraumes beeinflussen, sind der "Import" relativ warmer Wassermassen in die arktisch-subarktischen Tiefsee-Becken und der "Export" sehr kalter Oberflächen- und Bodenwassermassen in die temperierten Zonen des Weltmeeres. Dieser Wasseraustausch ist das Resultat der Wechselwirkung der klimatischen Zonierung auf der nördlichen Hemisphäre mit dem Ozean und hat weitreichende Konsequenzen für biologische, chemische und physikalische Prozesse in den Teilbecken des Europäischen Nordmeeres, die nicht nur von regionaler, sondern von globaler Bedeutung sind und die zur Definition langfristiger und groß-skaliger Forschungsprojekte einladen.

- Das Europäische Nordmeer stellt als Untersuchungsgebiet ein einzigartiges Meeresgebiet - auch im globalen Rahmen - dar, weil es wie kein anderes geeignet ist,
- den biologisch-chemisch-physikalischen Prozessen nachzugehen, die über die stark ausgeprägten ozeanischen Fronten hinweg die Bildung von Sedimentpartikeln kontrollieren und die Partikelflüsse aus der Wassersäule bestimmen;
 - die paläo-ozeanographische Geschichte der beteiligten Meeresströmungen zu untersuchen;
 - die langfristige wie kurzfristige Variabilität dieses ozeanographischen "Systems" und ihre Abbildung im Sediment zu erfassen.

Um Abbildung und Geschichte der ozeanischen Zirkulation (Abb.1) im Europäischen Nordmeer zu beschreiben und verstehen zu lernen, müssen die Prozesse untersucht werden, die in der Wassersäule zur Sedimentbildung und -verteilung führen und dafür sorgen, daß ein "lesbares" Signal im Laufe der Sedimentation am Meeresboden ankommt. Zusammensetzung und Flußraten der partikulären, sedimentierbaren Materie, die durch die ozeanischen Wassermassen absinkt, müssen bestimmt sowie die regionale Verteilung dieser Parameter und ihre Abhängigkeit von Eigenschaften der Wassermassen erfaßt werden. Dieser Schritt erfordert eine enge Zusammenarbeit von Planktologen, Geowissenschaftlern, Physikern und Ozeanographen.

Dazu kommen Prozesse in der Nähe der Bodenwasser-Grenze, die zu Veränderungen des Signals führen können, das den Meeresboden aus der Wassersäule erreicht. Die obersten Sedimentschichten müssen daher mit sedimentologischen, geochemischen, paläontologischen und geophysikalischen Methoden genau untersucht werden, um ihre Verteilungsmuster mit den darüberliegenden Wassermassen in Beziehung zu setzen und daraus abzuleiten, wie sie die Eigenschaften und Strömungen der überlagernden Wassermassen dokumentieren. Daß ozeanische Sedimentverteilungen Wassermasseneigenschaften der überlagernden Wassersäule "registrieren"

und zur quantitativen Rekonstruktion solcher Eigenschaften herangezogen werden können, ist nach den Untersuchungen von CLIMAP (1976) und zahlreichen nachfolgenden Studien bekannt und auch für das Europäische Nordmeer in groben Zügen nachgewiesen worden (KELLOGG, 1976).

Das Europäische Nordmeer lag während des Quartärs in der klimatischen Zone, die global den raschesten und extremsten Veränderungen des Klimas unterworfen war. Wir wollen der kurz- und langfristigen Veränderlichkeit der ozeanischen Zirkulation im Europäischen Nordmeer nachgehen, um zu untersuchen, wie das Europäische Nordmeer auf die paläoklimatische Entwicklung im Tertiär (Beginn der Vereisungs-Geschichte der nördlichen Hemisphäre), auf die Klimaschwankungen des Quartärs (Glazial-Interglazial, Lage der marinen Vereisungszonen) und schließlich des Holozäns (z.B. kleine Eiszeit) reagiert hat und wie sich die Geschichte des Wasseraustausches zwischen dem Europäischen Nordmeer, dem Nordpolarmeer und dem Hauptbecken des Nordatlantiks während des Känozoikums gestaltet hat. Diese Untersuchungen erfordern eine enge Zusammenarbeit von Mikropaläontologen, Sedimentologen und Geophysikern, da Sedimentverteilungen in den gewählten Untersuchungsgebieten und die zeitliche Veränderlichkeit ihrer Eigenschaften bestimmt werden müssen.

Um den oben genannten Problemen nachgehen zu können, die nur von einer interdisziplinär ausgewogen zusammengesetzten Arbeitsgruppe gelöst werden können, wird vorgeschlagen, einen neuen Sonderforschungsbereich unter dem Thema "Sedimentation im Europäischen Nordmeer: Abbildung und Geschichte der ozeanischen Zirkulation" an der Christian - Albrechts - Universität in Kiel (CAU) einzurichten.

Die Themen der vorgesehenen Teilprojekte (Tab.1) und potentielle Teilprojektleiter sind auf den folgenden Seiten aufgeführt; die Mitarbeiter der Grundausrüstung stammen z.Zt. aus 5 Instituten der mathematisch - naturwissenschaftlichen Fakultät der CAU (Tab.2). Eine enge Zusammenarbeit ist geplant mit mehreren norwegischen und deutschen geologischen und ozeanographischen Instituten sowie mit dem Woods Hole Oceanographic Institute (USA).

Es ist bewußt darauf verzichtet worden, physikalisch - ozeanographischen Fachdisziplinen im Rahmen des hier geplanten SFBs ein großes Gewicht einzuräumen, um einerseits einen überschaubaren Rahmen nicht zu überschreiten, andererseits aber in der Hoffnung, mit dem in naher Zukunft an der Universität Hamburg einzurichtenden ozeanographisch - meteorologisch orientierten SFB eng und vertrauensvoll zusammenzuarbeiten. Erste Kontakte in dieser Sache wurden mit Herrn Prof. Sündermann von der Universität Hamburg hergestellt. Dabei hat sich ergeben, daß sich diese beiden geplanten SFBs sowohl von der wissenschaftlichen Fragestellung als auch von der Logistik her ausgezeichnet ergänzen könnten.

Wie aus der Übersicht in Tabelle 1 ersichtlich, ist geplant, daß sich zunächst 3 Teilprojekte im Projektbereich A mit Prozessen beschäftigen werden, die verschiedene Aspekte der ABBILDUNG der ozeanischen Zirkulation beleuchten sollen, während sich 2 Teilprojekte im Projektbereich B mit der GESCHICHTE der ozeanischen Zirkulation im Europäischen Nordmeer beschäftigen werden. Die 5 Teilprojekte werden von Kollegen aus mehreren Instituten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Kieler Universität geleitet werden, die in Tabelle 2 aufgeführt sind.

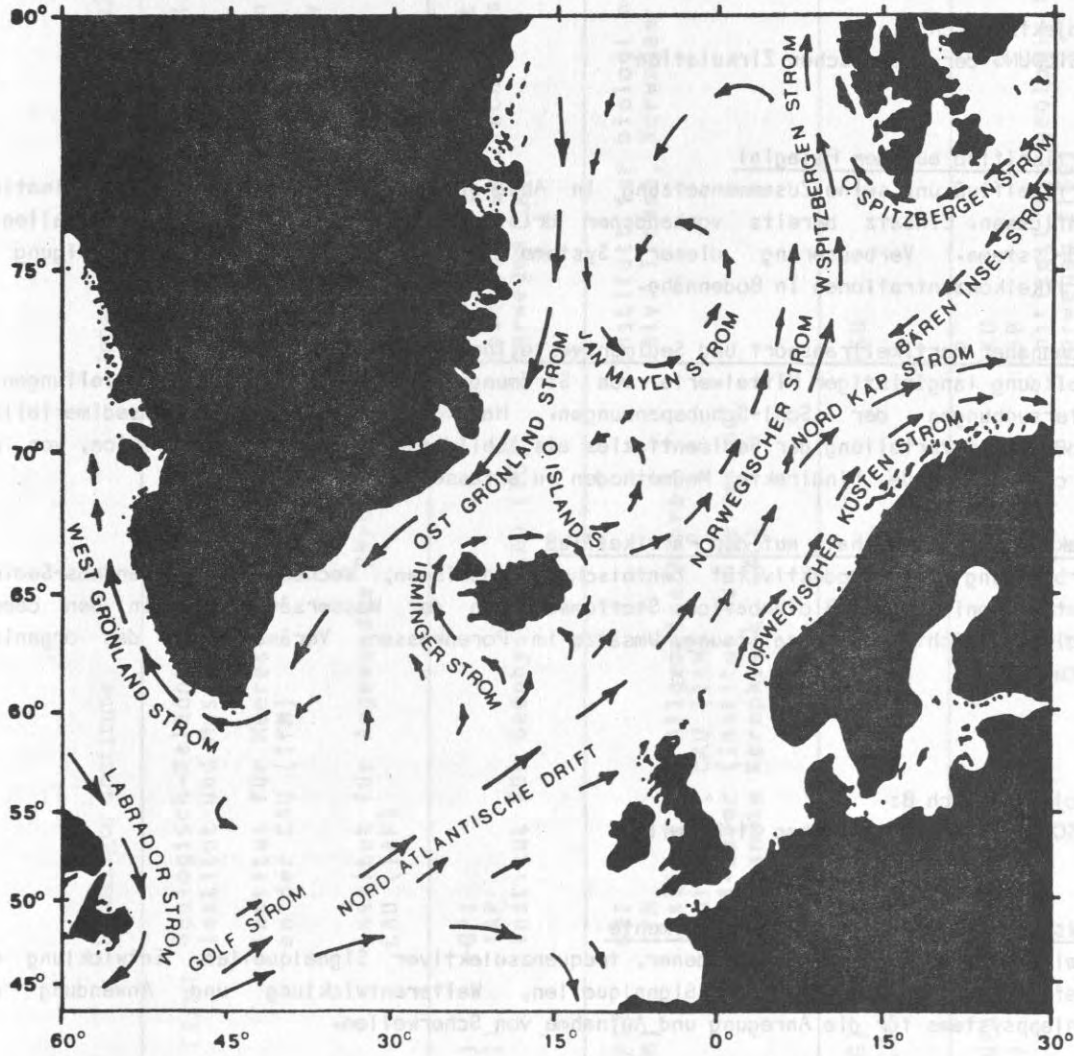


Abb. 1 Zirkulation der Oberflächenwassermassen im Europäischen Nordmeer

Tab. 1: SEDIMENTATION IM EUROPÄISCHEN NORDMEER:

Abbildung und Geschichte der ozeanischen Zirkulation.

Gliederung der wissenschaftlichen Projektbereiche und Teilprojekte.

Projektbereich A:

ABBILDUNG der Ozeanischen Zirkulation

A 1. Partikelfluß aus dem Pelagial

Partikelfluß und seine Zusammensetzung in Abhängigkeit von saisonalen und klimatischen Einflüssen. Einsatz bereits vorhandener driftender und verankerter Sedimentfallen und Meß-Systeme. Verbesserung dieser Systeme unter besonderer Berücksichtigung der Partikelkonzentrationen in Bodennähe.

A 2. Bodennaher Partikeltransport und Sedimentverteilungen

Abbildung langfristiger Mittelwerte von Strömungsbedingungen. Korngrößenverteilungen und Untersuchungen der Sohl-Schubspannungen. Hangkanten-Sande und Restsedimentbildung. Grobräumige Verteilung der Sedimentfazies als Abbild der ozeanischen Zirkulation, vor allem durch kartierende, "indirekte" Meßmethoden zu erfassen.

A 3. Reaktionen des Benthals auf den Partikelfluß

Verbreitung und Produktivität benthischer Organismen, Wechselwirkung Benthos-Sediment, Benthos-Zonierungen, Bioturbation, Stoffumsätze in der Wassersäule und in den obersten Sedimentschichten, Karbonatlösung, Umsätze im Porenwasser, Veränderungen des organischen Materials.

Projektbereich B:

GESCHICHTE der ozeanischen Zirkulation

B 1. Seismische Feinschichtung der Sedimente

Gleichzeitiger Einsatz verschiedener, frequenzselektiver Signalquellen, Entwicklung eines tiefgeschleppten Systems für Signalquellen, Weiterentwicklung und Anwendung eines Schleppsystems für die Anregung und Aufnahme von Scherwellen.

B 2. Kurz- und langfristige Schwankungen in der ozeanischen Zirkulation: Abbildung in quartären und tertiären 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 Tiefwassers. Langfristige Veränderlichkeit der Stromsysteme. Glazial-/interglaziale Schwankungen. Beginn der "glazialen" Stromsysteme. Veränderlichkeit und Reaktion der Faunen und Floren auf die Schwankungen der Hydrographie und des Klimas. Geschichte der ozeanischen Produktivität. Veränderlichkeit der Eisdecke.

<u>Tabelle 2</u>			
Teilprojektleiter		Beteiligte Institute	Internationale Zusammenarbeitspartner
TP A1	Dr. V. Smetacek, Hochs.-Ass. (IfM) Dr. G. Wefer, Professor (FGB)	Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum, CAU (GPI)	Woods Hole Oceanographic Institute, USA (WHOI)
		Institut für Meereskunde an der CAU (IfM)	Geologisk institutt, Univ. Bergen, Norwegen (GIB)
		Institut für Angewandte Physik, CAU (IAP)	Biologisk stasjon, Univ. Bergen, Norwegen (BSB)
TP A2	Dr. E. Walger, Professor (GPI) Dr. F. Werner, Wiss. Dir. (GPI)	GPI	Institutt for kontinentalsokkel- undersökelse, Trondheim Norwegen (IKU)
		IAP Institut für Geophysik, CAU (IG)	
TP A3	Dr. G. F. Lutze, Professor (GPI) Dr. S. Gerlach, Professor (IfM)	GPI	Institutt for biologi og geologi, Univ. Tromsö, Norwegen (IBGT)
		IfM	
		Institut für Allgemeine Mikro- biologie, CAU (IAM) C-14-Labor (Institut für Reine und Angewandte Kernphysik, CAU)	
TP B1	Dr. R. Meissner, Professor (IG) Dr. F. Theilen, Hochs.-Ass. (IG)	IG	IKU
		GPI	
		IAP	
TP B2	Dr. M. Sarnthein, Professor (GPI) Dr. J. Thiede, Professor (GPI)	GPI	IKU GIB Institutt for geologi, Univ. Oslo, Norwegen (IGO) IGBT
		C-14-Labor	
		IfM	

2.4. Bisherige Arbeiten im Europäischen Nordmeer: Auswahl möglicher Arbeitsgebiete

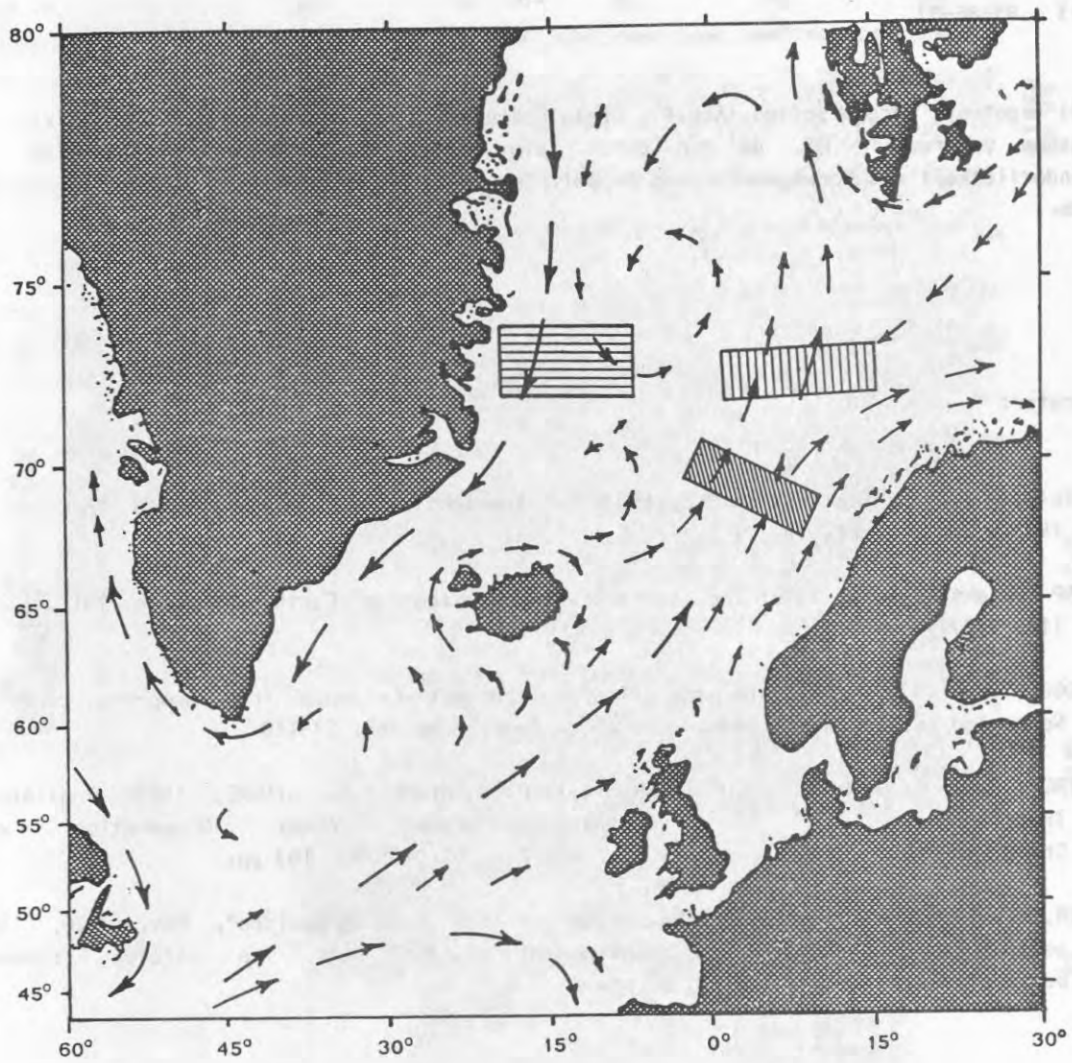
Die Beschreibungen der fünf Teilprojekte und des Untersuchungsplanes sind nicht ohne weiteres verständlich ohne eine nähere Definition von potentiellen Arbeitsgebieten. Die hier vorgeschlagenen Untersuchungen sollen sich der ozeanischen Zirkulation im Europäischen Nordmeer widmen. Der Norwegen- und Ostgrönland-Strom (Abb.1) sind die beiden wichtigsten Elemente der Oberflächenzirkulation, die es zu charakterisieren und in ihrer Auswirkung auf die Sedimentation abzugrenzen gilt. Kieler Arbeitsgruppen haben sich daher in den beiden vergangenen Jahren im Rahmen eines von der DFG geförderten Programmes (SEDIMENTE NORWEGEN) mit Voruntersuchungen zu dieser Problematik befaßt, und man ist - aufbauend auf den Ergebnissen dieser Voruntersuchungen - zu dem Schluß gekommen, die vorgesehenen Arbeiten im wesentlichen auf zwei (möglicherweise drei) engbegrenzte Gebiete zu konzentrieren (Abb. 2), um die Gebiete unter dem Einstrom relativ warmer Wassermassen (NORWEGEN-STROM) aus dem Nordatlantik und relativ kalter, z.T. eisbedeckter Wassermassen (OSTGRÖNLAND-STROM) aus dem Nordpolarmeer zu erfassen.

Die Untersuchungen sollen zeitlich so gestaffelt werden, daß sich die Arbeiten der ersten 4-6 Jahre mit Gebieten unter dem Norwegen-Strom befassen, die der folgenden Jahre mit der Problematik des Ostgrönland-Stromes. Daraus ergibt sich ebenfalls eine Arbeitsteilung für die Schiffe, die für diese Untersuchungen einzusetzen sind: POSEIDON, VALDIVIA und die neue METEOR für die eisfreien Teile des Europäischen Nordmeeres während der ersten Jahre, POLARSTERN, eventuell norwegische eisgehende Schiffe, während der 2. Phase der geplanten Untersuchungen. Kontakte über die Verfügbarkeit der Schiffe bestehen bereits. Voruntersuchungen für beide Gebiete sind entweder bereits durchgeführt worden (Arbeitsgebiete vor Mittel- und Nordnorwegen), oder sie werden z.Zt. im Rahmen von Dissertationen (BOCK, BIRGISDOTTIR) und eigenen Untersuchungen (POLARSTERN-Reise Arktis II im Sommer 1984) in Angriff genommen.

Für die Auswahl der Untersuchungsgebiete unter dem Norwegen-Strom waren zwei Vorbedingungen zu erfüllen: 1. Wir suchten ein Gebiet, in dem der Strom charakteristischer Parameter relativ eng gebündelt ist und durch relativ steile Gradienten von den Eigenschaften benachbarter Wassermassen getrennt wird; 2. Wegen der wichtigen paläo-ozeanographischen Aspekte unserer Untersuchungen mußten wir Gebiete auswählen, in denen die kurz- bis langfristige Veränderlichkeit dieser Stromsysteme wirklich belegt werden kann, und zwar durch eine Sedimentabfolge, die mit vergleichbaren Eigenschaften über ein größeres Gebiet verfolgt werden kann. Solche Gebiete konnten im Rahmen der Pilotstudie SEDIMENTE NORWEGEN 1983 im Gebiet des nördlichen Vöring-Plateaus und vor der südlichen Barents-See (Abb.13) nachgewiesen werden, wobei das Arbeitsgebiet auf dem nördlichen Vöring-Plateau einschließlich des angrenzenden Kontinentalrandes mit der Grenze zum norwegischen Küstenstrom wegen seiner morphologischen Ebenmäßigkeit und der sehr schönen pelagisch - hemipelagischen Sedimentabfolge (Abb. 3a) eindeutig die erste Priorität erhielt. Das zweite von uns ausgewählte Gebiet vor der südlichen Barents-See soll zu Vergleichszwecken dienen und zur Untersuchung der Veränderlichkeit der verschiedenen Signale entlang der Stromachse aufgesucht werden.

Die Arbeiten, die bisher im Rahmen der Pilotstudie durchgeführt wurden, sind in den Fahrtberichten der POSEIDON (WERNER, 1983), der LITTORINA (WITTSTOCK, pers. Mitt., 1983) und der POLARSTERN (AUGSTEIN et al., 1984) dokumentiert. Kontakte zu norwegischen Wissenschaftlern wurden geknüpft (SÖRSTRÖM et al., 1983).

Die Auswahl des Arbeitsgebietes auf dem Vöring-Plateau wird besonders dadurch gestützt, daß dort im Sommer 1985 Tiefsee-Bohrungen des neuen, von der DFG unterstützten Ocean Drilling Program (ODP) entsprechend dem Bohrvorschlag des ODP-ARP Norwegian-Sea-Working Group, Oslo






-  1. Prior. 1985-1989
 -  2. Prior. 1985-1989
 -  1989-1995
- Norwegen-Strom
Grönland-Strom

Abb. 2 Lage der ausgewählten Arbeitsgebiete

1984) abgeteuft werden sollen (Abb.4). Diese Bohrungen sind außerordentlich wichtig für die Aufgaben unseres TP B2, da nur durch sie eine langfristige Dokumentation der Veränderlichkeit des Norwegen-Stromes in Zeit-Skalen von 10 - 10 Jahren ermöglicht würde.

Literatur:

AUGSTEIN, E., G. HEMPEL & J. THIEDE, 1984: Fahrtbericht der "Polarstern-Reise "Arktis I", 1983.- Ber. Polarf. 17, 77 S.

CLIMAP Projekt Members, 1976: The surface of the Ice-Age Earth.- Science 191 (4232), 1131-1137.

KELLOGG, T.B., 1976: Late Quaternary climatic changes: Evidence from deep-sea cores of Norwegian and Greenland Seas.- Geol.Soc. Amer. Mem. 145, 77-110.

SÖRSTROM, S.E., B. BOWLER, S. CHRISTIANIDIS, J.P. MATHISEN & E. SINDRE, 1983: Preliminary investigations in the Traenabanken-Lofoten area. Cooperation with Christian-Albrechts-Universität, Kiel IKU Rep. 02.0108/83, 187 pp.

WERNER, F., 1983: Report on cruise no. 100B of the R.V. "Poseidon", May, 7-20, 1983, sediments on the Norwegian Continental Margin near the Lofoten Islands.- Ber.Geol.-Pal.Inst.CAU Kiel 1, 32 pp.

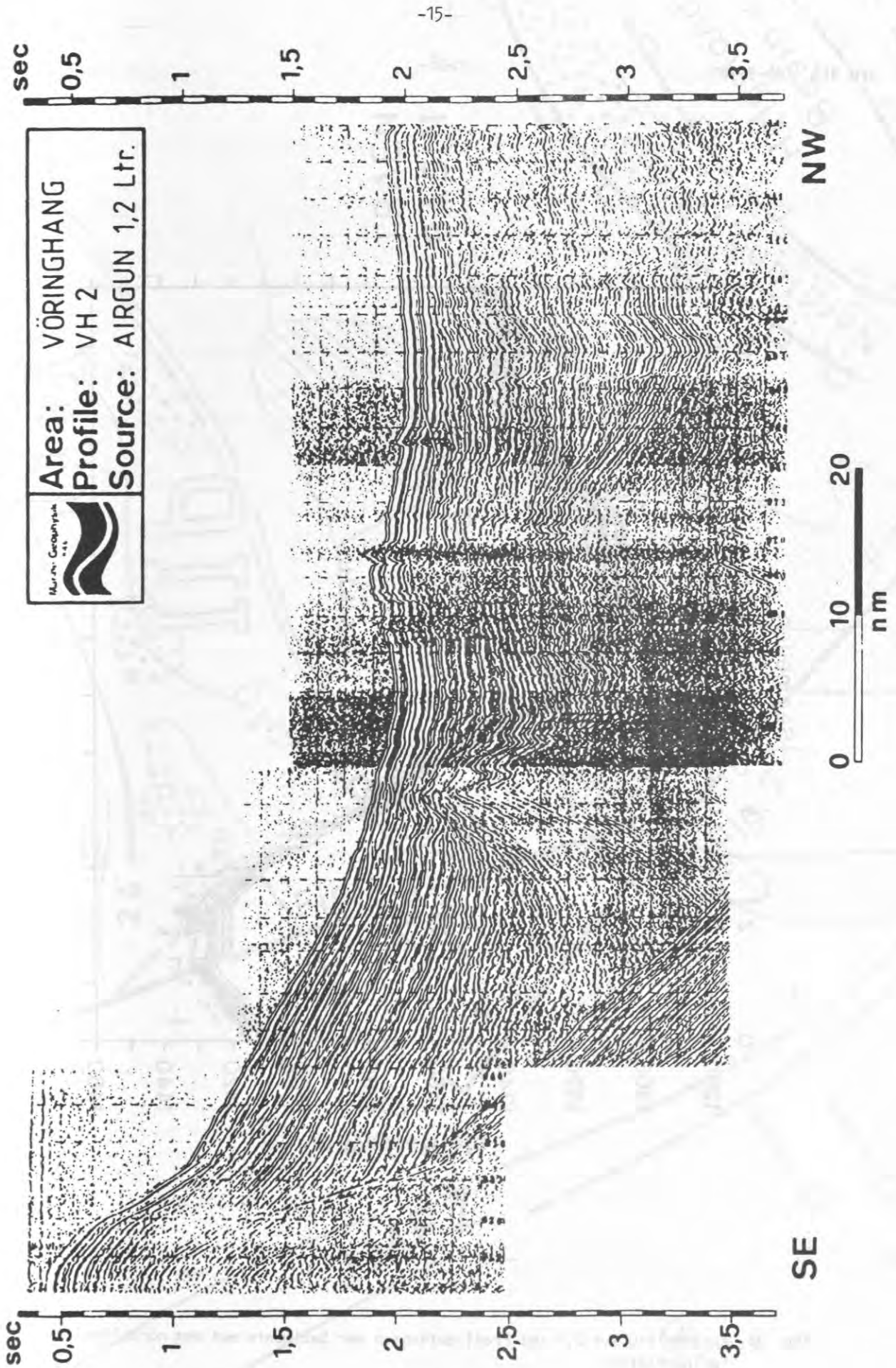


Abb. 3a Ausschnitte aus Airgun-Profilaufnahmen der Sedimente auf dem nördlichen

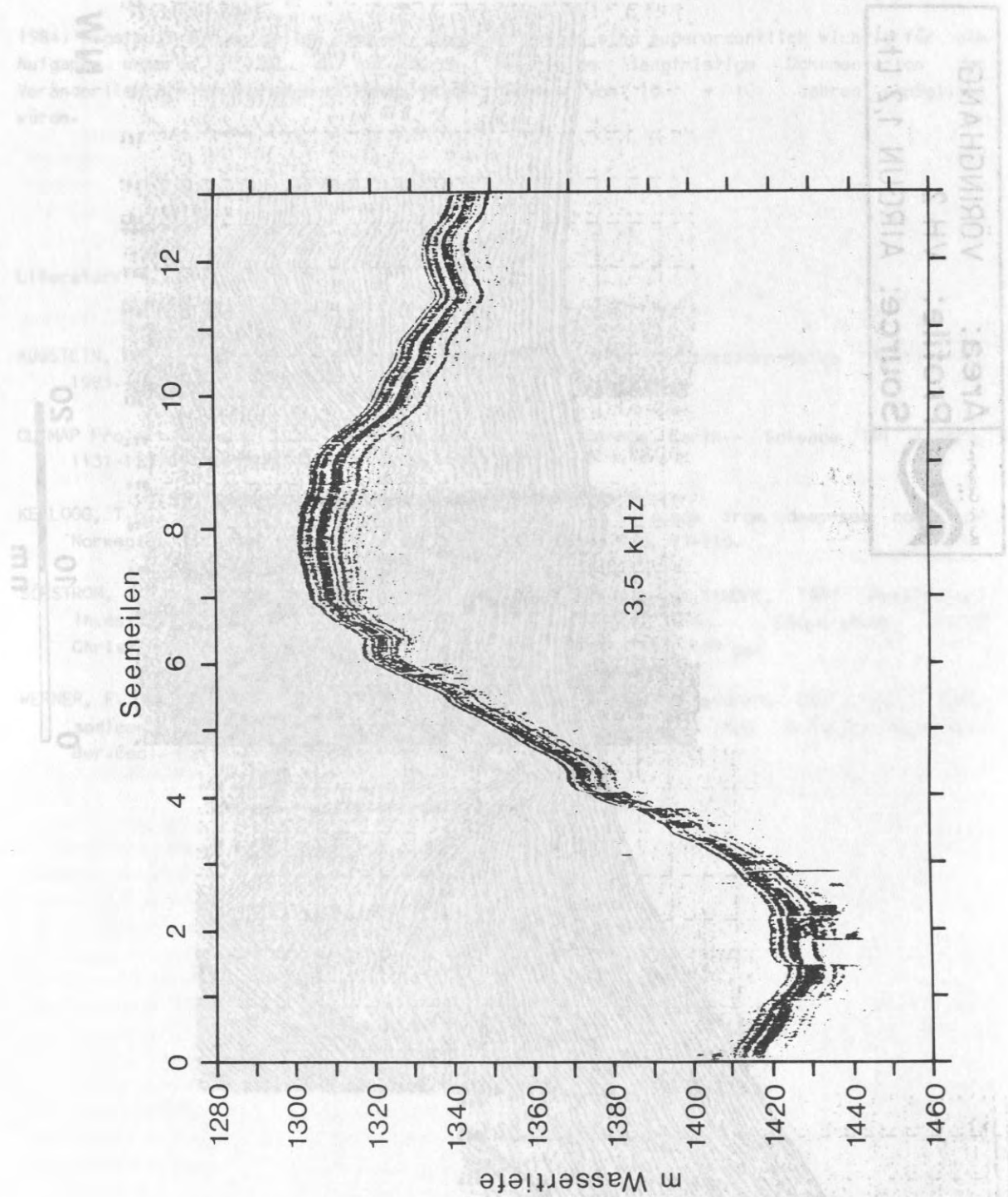


Abb. 3b Ausschnitte aus 3,5 kHz Profilaufnahmen der Sedimente auf dem nördlichen Voring-Plateau

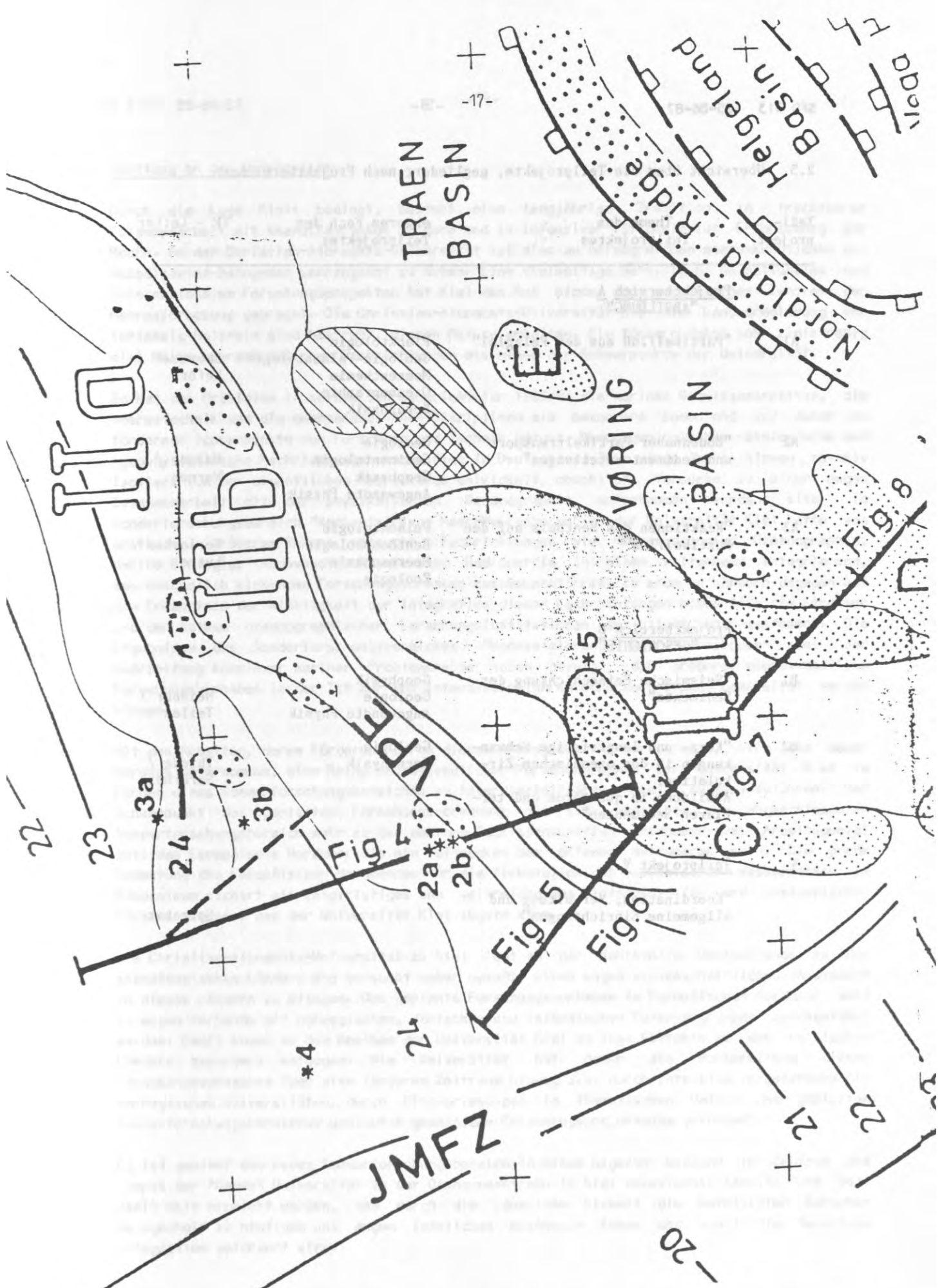


Abb. 4 Ausschnitt einer geologischen Karte des zentralen Vøring-Plateaus (Hinz, pers. Mittlg.) mit den Positionen der geplanten ODP-Bohrungen.

2.5. Übersicht über die Teilprojekte, gegliedert nach Projektbereichen

Teil- projekt	Thema des Teilprojektes	engeres Fach des Teilprojektes	TP - Leiter
<u>Projektbereich A</u> "ABBILDUNG"			
A1	"Partikelfluß aus dem Pelagial"	Planktologie Geologie-Paläontologie Meereschemie Ozeanographie Kernphysik	Smetacek / Wefer
A2	"Bodennaher Partikeltransport und Sedimentverteilungen"	Geologie Sedimentologie Geophysik Angewandte Physik	Walger / Werner
A3	"Reaktionen des Benthals auf den Partikelfluß"	Paläontologie Benthosökologie Meereschemie Zoologie	Gerlach / Lutze
<u>Projektbereich B</u> "GESCHICHTE"			
B1	"Seismische Feinschichtung der Sedimente"	Geophysik Geologie Angewandte Physik	Meißner / Teilen
B2	"Kurz- und langfristige Schwan- kungen in der ozeanischen Zir- kulation: Abbildung in quartären und ter- tiären Sedimenten"	Geologie Kernphysik	Thiede / Sarnthein
V	<u>Teilprojekt V</u> "Koordination, Verwaltung und allgemeine Einrichtungen"		Sprecher

2.6. Stellung an der Universität

Durch die Lage Kiels bedingt, besteht eine langjährige Tradition in fruchtbarer Zusammenarbeit mit skandinavischen Ländern und in intensiver Tätigkeit zur Erforschung der Meere. An der Christian-Albrechts-Universität ist dies am umfangreichen meereskundlichen und Skandinavien-bezogenen 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.

So hat das Präsidium in seinem Jahresbericht für 1983/84 die marinen Geowissenschaften, die Meerestechnik und die meereskundlichen Disziplinen als besonders bedeutend 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 hatte man erstmals in größerem Rahmen versucht, Fachrichtungen wie Meeresgeologie, Ozeanographie, Marine Biologie, Angewandte Physik und Radiometrie in einem weitgehend integrierend, meereskundlich wirkenden Forschungsvorhaben zusammenzuführen. In anderen Ländern dagegen hat die Erkenntnis der Wichtigkeit der Integration dieser Fachrichtungen schon früh die Struktur und den Aufbau ozeanographischer Forschungsinstitutionen beeinflusst und gesteuert. Die Ergebnisse des Sonderforschungsbereiches "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 den Arbeiten, deren Förderung durch diesen Antrag bewirkt werden soll, wird ein neuer Versuch unternommen, eine Reihe meereskundlicher Forschergruppen der Universität Kiel im Rahmen eines Sonderforschungsbereiches zu interdisziplinärer Arbeit zusammenzuführen. Der Schwerpunkt des geplanten Forschungsvorhabens hat sich gegenüber dem abgeschlossenen Sonderforschungsbereich mehr zu den marinen Geowissenschaften verschoben. Das Arbeitsgebiet soll das Europäische Nordmeer als ein Teilbecken des offenen Weltmeeres sein. Die große Bedeutung des Europäischen Nordmeeres für die Zirkulation der ozeanischen Wassermassen im Känozoikum sichert ein langfristiges und weitreichendes Interesse in- und ausländischer Forschergruppen, das der Universität Kiel zugute käme.

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 soll in engem Verbunde mit norwegischen, dänischen und isländischen Forschergruppen durchgeführt werden. Damit kommt es dem Bemühen der Universität Kiel um enge Kontakte zu den nordischen Ländern besonders entgegen. Die Universität hat daher die Vorbereitung dieses Forschungsvorhabens über einen längeren Zeitraum hinweg u.a. durch intensive Vorgespräche mit norwegischen Universitäten, durch Ringvorlesungen im thematischen Umfeld des geplanten Sonderforschungsbereiches und durch gemeinsame Forschungsprojektende gefördert.

Es ist geplant den neuen Sonderforschungsbereich in einem eigenen Gebäude im Zentrum des Campus der "Neuen" Universität in der Olshausenstraße in Kiel anzusiedeln (Abb. 5a und 5b). Damit soll erreicht werden, daß durch die räumliche Einheit die beteiligten Forscher Gelegenheit zu häufigem und engem fachlichen Austausch haben und somit die fachliche Integration gefördert wird.

2.7. Verzeichnis der laufenden Dissertationen oder vergleichbarer Arbeiten des Forschungsprogrammes (nach Teilprojekten)

A1 BARTHEL, K.-G.: Die Stellung dominanter Copepoden-Arten im pelagischen Ökosystem der Framstraße

FISCHER, G.: Partikelfluß in antarktischen Gewässern

PÄTZHOLD, J.: Die Speicherung von saisonalen Temperaturvariationen in stabilen Isotopen hermatyper Korallen

PEINERT, R.: Sedimentation und pelagische Ökosystemstruktur in verschiedenen Meeresgebieten

A3 ALTENBACH, A.: Die Biomasse der benthischen Foraminiferen vor NW-Afrika

DICKE, M.: Vertikale Austauschkoefizienten und Porenwasserfluß an der Sediment/Wasser-Grenzfläche

ROMERO-WETZEL, M.: Struktur und Bioturbation des Makrobenthos am Vöring-Hang vor SW-Norwegen

MACKENSEN, A.: Verbreitung und Umwelt benthischer Foraminiferen in der Norwegischen See

B1 GIMPEL, P.: Experimente mit horizontal polarisierten Scherwellen am Meeresboden.

HOLLER, P.: Zur Entstehung und Auslösung von Rutschmassen in der Tiefsee.

MUCKELMANN, R.: Laborexperimente zur Bestimmung der seismischen Güte Q an Lockersedimenten.

SPRINGER, M.: Entwicklung einer pneumatischen Schallquelle zum Einsatz in eisbedeckten Gebieten (Antarktis).

SCHREIBER, R.: Kontinuierliche hochauflösende Geschwindigkeitsbestimmungen am Meeresboden.

WIEDERHOLD, H.: Bestimmung der seismischen Güte Q an Bohrlöchern.

B2 BIRGISDOTTIR, L.: Marine Paläontologie, Biostratigraphie, Sedimentation nördlich von Island.

BOHRMANN, G.: Tiefsee-Sedimentation (Biogener Opal) im Nordatlantik.

QVALE, G.: Benthische Foraminiferen auf dem Norwegischen Kontinentalrand.

ZAHN, R.: Entwicklung des ozeanischen Auftrieb im Ostatlantik nach stabilen C- und O-Isotopen im Sediment.

3. Projektbereich A, Abbildung der ozeanischen Zirkulation

Im Projektbereich "Abbildung der ozeanischen Zirkulation" werden Bildung und Verteilung von Partikeln in der Wassersäule, deren bodennaher Transport sowie ihr weiteres Schicksal am Boden untersucht. Der Saisonalität dieser Prozesse und ihre Abhängigkeit von der Wasserzirkulation werden besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die Ergebnisse dieses Projektbereiches liefern die Interpretationsgrundlage für den Projektbereich B: Geschichte der ozeanischen Zirkulation. Der Projektbereich A wird entsprechend der räumlichen und thematischen Gesichtspunkte in 3 Teilprojekte gegliedert.

Das TP A1: "Partikelfluß aus dem Pelagial" beginnt mit dem Komplex der Sedimentbildung mit Untersuchungen zur Partikel-Produktion in der euphotischen Zone in Abhängigkeit von den klimatischen Umweltbedingungen und deren saisonalen Effekten. Die Arbeiten haben zum Ziel, die Wassermassen des Europäischen Nordmeeres und die dort herrschende extreme Saisonalität anhand des Sedimentationssignals zu charakterisieren. Dazu sollen Verbreitung, Zusammensetzung und Fluß der Partikel mit strukturellen und funktionellen Aspekten pelagischer Systeme in Beziehung gebracht werden.

Im Bereich der Wasser-Meeresboden-Grenzschicht ist das TP A2: "Bodennaher Partikeltransport und Sedimentverteilung" angesiedelt. Dort sollen die räumliche Verteilung, die Kleinmorphologie und die Korngrößenverteilung von Oberflächensedimenten untersucht werden. Das Ziel ist es, zu möglichst genauen Vorstellungen über die wirksamen bodennahen Transportvorgänge vom Schelf über den Kontinentalhang bis zur anschließenden Tiefsee zu gelangen und diese als Folge der großräumigen ozeanischen Zirkulation zu verstehen.

In der nepheloiden Schicht begegnen sich die Untersuchungen der TP A1 "Partikelfluß aus dem Pelagial" und TP A3: "Reaktionen im Benthos auf den Partikelfluß". Während im TP A1 das Absinken organischer Substanz in der Wassersäule sowie deren Umwandlung durch chemische Prozesse und Einwirkung durch Organismen behandelt wird, werden im TP A3 die Auswirkungen der Zufuhr organischer Substanz auf benthische Organismen sowie die Diagenese der organischen Substanz und ihr endgültiger Verbleib behandelt. In diesem TP werden Verbreitung und Produktivität benthischer Organismen mit ihren Wechselwirkungen mit dem Sediment, vor allem bezüglich Bioturbationsphänomenen und Stoffumsätzen zwischen Wassersäule und obersten Sedimentschichten untersucht. Weitere Untersuchungsthemen sind die Karbonatlösung sowie qualitative und quantitative Veränderungen des organischen Materials am Boden und im Sediment.

Alle drei TP des Projektbereiches A haben eigenständige, in sich abgeschlossene Fragestellungen, die jedoch thematisch und räumlich miteinander verzahnt sind, so daß eine lückenlose Untersuchungskette zur Erforschung der Abbildung der ozeanischen Zirkulation in den Sedimenten entsteht. Dabei sind im TP A1 die Prozesse in der Wassersäule, im TP A2 die Transportvorgänge in der Wasser-Boden-Grenzschicht und im TP A3 Reaktionen des Benthos auf die Partikel-Sedimentation sowie die Einbettung der Partikel im Sediment angesiedelt.

4.1 Teilprojekt A1, Partikelfluß aus dem Palagial

4.11 Fachgebiet und Arbeitsrichtung:

Geologie-Paläontologie, Planktologie, Ozeanographie, Angewandte Physik, Kernphysik,
Mikropaläontologie, Isotopengeologie, Geochemie, Meereschemie, Meßtechnik,
Radioaktivitätsmessungen, Radiochemie, Protozoologie, Ökologie

4.12 Leiter:

Prof. Dr. Gerold Wefer	Dr. Victor Smetacek
Geologisch-Paläontologisches Institut für Meereskunde an der Universität Kiel	Universität Kiel
Olshausenstraße 40	Düsternbrooker Weg 20
2300 Kiel 1	2300 Kiel 1
0431 - 880/2939	0431 - 880/2372

4.13 Personal zur Zeit der Antragstellung

	Name, akad. Grad, Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für SFB (Wochenstd.)
<u>Grundausrüstung</u>				
Wissenschaftler	1) Balzer, W. Dr., Hochschulass.	Meereschemie	IfM	5
	2) Bodungen, B.v. Dr., Hochschulass.	Planktologie	IfM	10
	3) Duinker, J. Dr., Professor	Meereschemie	IfM	beratend
	4) Erlenkeuser Dr., wiss. Ang.	Kernphysik	IKP	beratend
	5) Henrich, R. Dr., Hochschulass.	Geologie	GPI	10
	6) Koske, P. Dr., Professor	Meeresmeßtechnik	IAP	beratend
	7) Kroebel, W. Dr., Professor	Meeresmeßtechnik	IAP	beratend
	8) Lenz, J. Dr., Professor	Planktologie	IfM	5
	9) Pflaumann, U. Dr., wiss. Ang.	Mikropaläontologie	GPI	beratend
	10) Samtleben, C. Dr., wiss. Ang.	Paläontologie	GPI	10

	Name, akad. Grad, Dienststellung	Fachrichtung	Institution	Arbeitszeit für SFB (Wochenstd.)
<u>Grundausstattung</u>				
Wissenschaftler	11) Schulz, H.D. Dr., Professor	Geochemie	GPI	beratend
	12) Smetacek, V. Dr., Hochschulass.	Planktologie	IfM	15
	13) Thiede, J. Dr., Professor	Paläontologie	GPI	beratend
	14) Wefer, G. Dr., Professor	Geologie	GPI	15
	15) Willkomm, H. Dr., Professor	Kernphysik	IKP	5
	16) Wittstock, R. Dr. wiss. Ang.	Meerestechnik	IAP	beratend
	17) Zeitzschel, B. Dr., Professor	Planktologie	IfM	5
nichtwiss. Mitarbeiter	18) Bornhöft, I. Büroangestellte		GPI	5
	19) Cordt, H. Laborant		IKP	10
	20) Reimann, W. techn. Ang.		GPI	10
	21) Schmidtman, C. Büroangestellte		GPI	2
	22) Schuldt, M. techn. Ang.		GPI	8
<u>Ergänzungsausstattung</u>				
Wissenschaftler	23) Peinert, R. Dr., wiss. Ang.		IfM	40
nichtwissenschaftl. Mitarbeiter	24) Stahlberg, M. techn. Ang.		GPI	20

4.2 Zusammenfassung

Die Arbeiten dieses Projektes haben zum Ziel, die Wassermassen des Europäischen Nordmeeres und die dort herrschende extreme Saisonalität anhand des Sedimentationssignals zu charakterisieren. Dazu sollen die Verbreitung, Qualität und der Fluß der organischen Substanz, der kalkigen und kieseligen Schalen (vor allem planktischer Foraminiferen, Coccolithophoriden, Diatomeen und Radiolarien) und die Zusammensetzung ihrer stabilen Isotope mit strukturellen und funktionellen Aspekten pelagischer Systeme in Beziehung gebracht werden. Ferner sollen Transport und Fraktionierung von ausgewählten Schwermetallen, isotopischen Tracern sowie organisch-chemischen Spurenstoffen als Zufuhr zum Boden analysiert und auf ihre Verwendbarkeit als Informationsträger bestimmter Umweltparameter geprüft werden.

Bestimmt werden soll der Partikelfluß zwischen Oberflächenwasser und Meeresboden mit Hilfe z.T. bereits entwickelter driftender und verankerter Sedimentfallen und durch den Einsatz planktologischer Probennahme- und Meßgeräte wie Wasserschöpfer, Schließnetze, Sonden/Schöpferkombinationen und Partikelsammler. Diese Systeme müssen jedoch weiterentwickelt werden, vor allem um die Partikelkonzentrationen in Bodennähe zu erfassen. Für die Erkennung und Bewertung von Umweltsignalen ist die beabsichtigte ganzheitliche Betrachtung der Prozeßfolge notwendig. Wichtige Beiträge zum Gesamtprojekt des SFB sind Aussagen über Sedimentationsraten und deren Saisonalität, z.B. für die Nahrungszufuhr zum Benthos.

4.3 Stand der Forschung

Die in den letzten Jahren durchgeführten Untersuchungen mit Sinkstoffallen haben gezeigt, daß selbst in tropischen Tiefsee-Regionen mit schwacher Saisonalität der vertikale Partikelfluß einen deutlichen Jahresgang aufweist. (DEUSER & ROSS 1980; HONJO 1980; ANGEL 1984). Das Sedimentationsmaximum folgt unmittelbar auf das Produktionsmaximum des Planktons an der Oberfläche. Partikel verschiedenster Herkunft scheinen gleichzeitig aus der Wassersäule abzusinken (HONJO et al. 1982). Die offensichtlich hohe Sinkgeschwindigkeit (100 - 1000 m/Tag) läßt auf große Partikel schließen. Eine weitverbreitete Ansicht ist, daß es sich hierbei um Kotballen von herbivorem Zooplankton handelt (ANGEL 1984).

Neuere Untersuchungen bestätigen diese These nur teilweise. Wegen ihrer hohen Sinkgeschwindigkeit können Kotballen schwarmbildenden Makrozooplanktons, wie Salpen und Euphausiaceen, relativ schnell bis in größere Tiefen gelangen (ANGEL 1984). Als Normalfall wird jedoch angenommen, daß der Partikelfluß aus der Oberflächenschicht nach Planktonblüten zu schnell erfolgt, als daß die Kotballenproduktion von Herbivoren dafür verantwortlich sein könnte (EPPLEY et al. 1983). Mit Hilfe einer am Meeresboden in 2000 m Tiefe aufgestellten Kamera beobachteten BILLET et al. (1983), daß innerhalb eines 36-stündigen Intervalls eine deutlich sichtbare Schicht von Partikeln auf den Meeresboden gelangte. Dieses Material bestand weitgehend aus heilen Diatomeenzellen, die in Schleimaggregaten miteinander verfilzt waren.

HONJO et al. (1982) berichten, daß die Partikelzufuhr zum Tiefseeboden hauptsächlich aus kleinen Partikeln besteht, wobei Kotballen nur von geringerer Bedeutung sind. Sie vermuten, daß diese kleinen Partikel in Form von losen Aggregaten - dem sogenannten "marine snow" - aus der Wassersäule heraussinken. Über die Herkunft und Entstehung dieses "marine snow" ist bisher nur wenig bekannt (ANGEL, 1984). Ein weiteres Indiz ist das zeitliche Zusammenfallen des saisonalen Sedimentationsmaximums biogener Partikel mit dem von terrigenen und

anthropogenen Partikeln, wie z.B. Tonmineralen und Flugasche (HONJO 1982; DEUSER et al. 1983). Wahrscheinlich werden diese Partikel zusammen mit den Aggregaten zum Tiefseeboden transportiert.

In hohen Breiten wird der Jahresgang des Planktons durch zwei aufeinanderfolgende Phasen charakterisiert: große Biomasse und hohe Produktion während der Frühjahrsblüte und niedrige Biomasse und etwas geringere Produktion im geschichteten Sommer danach. Die erste Phase beruht auf "neuer Produktion" (Nährsalze durch Wasserbewegung zur Wasseroberfläche transportiert) und die zweite auf "regenerierter Produktion" (Nährsalze durch Heterotrophen-Aktivität innerhalb der Deckschicht freigesetzt). EPPLEY et al. (1983) zeigen, daß der Partikelverlust aus der Deckschicht während Phasen neuer Produktion am höchsten ist. WALSH (1983) führt die hohe Sedimentation als Folge von Phytoplanktonblüten auf Massenmortalität der Algen zurück und vermutet, daß der Kohlenstoff- und Stickstoffeintrag ins Sediment durch absinkende Diatomeenblüten für den globalen Kreislauf dieser Elemente von Bedeutung ist.

Im Europäischen Nordmeer bestimmen eine extreme Saisonalität vor allem im Lichtangebot und das Nebeneinander unterschiedlicher Wassermassen (warmer und salzreicher Norwegenstrom, kaltes arktisches Mischwasser) Wachstum und Verteilung des Phytoplanktons und somit das gesamte pelagische Nahrungsnetz. Zusammen mit dem hydrographischen Regime wird dadurch auch der Partikelfluß durch die Wassersäule zum Meeresboden gesteuert, der wiederum die chemische Struktur der Wassersäule beeinflußt, das Benthos mit Nahrung versorgt und Umweltsignale zum Boden transportiert. Auf dem Wege zum Boden und am Meeresboden können die Signale modifiziert, in das Sediment eingelagert und über Jahrmillionen gespeichert werden. Mit diesen Signalen, die biologischer, mechanischer und chemischer Natur sind, lassen sich frühere Ablagerungsräume mit ihren klimatologischen und ozeanographischen Umweltbedingungen rekonstruieren.

Für viele Spurenelemente konnte erst seit Ende der siebziger Jahre ein konsistenter Zusammenhang zwischen ihrer Konzentration und biologischen, physikalischen und/oder geochemischen Prozessen etabliert werden. Dies hat zu einem Schema ihrer typischen Verteilungsmuster im Ozean geführt (BRULAND 1983). Neben den hauptsächlichen Formen des Spurenelement-Eintrags in den Ozean durch Atmosphäre oder Flüsse sind hydrothermaler Input durch Basalt/ Seewasser-Wechselwirkung (EDMOND et al. 1979) und Mobilisierung von Kontinentalrand-Sedimenten (KREMLING 1983) zu nennen.

Die Untersuchung vertikaler Flüsse mit Hilfe von Sinkstoff-Fallen bildet nicht nur die Basis für das Studium diagenetischer Prozesse im Sediment, sondern liefert auch Informationen über Aufnahme in biogenes Material, Adsorption und Lösungsprozesse in der Wassersäule (z.B. BREWER et al. 1980). Mit wenigen Ausnahmen fanden die Spurenmetalluntersuchungen, vor allem solche an Sinkstoffen, in niederen Breiten statt. Untersuchungen aus dem nördlichen Nord-Atlantik und insbesondere solche der verschiedenen Wasserkörper in der Norwegischen See sind nicht bekannt.

Für das Untersuchungsgebiet Europäisches Nordmeer liegt bereits ein umfangreiches Datenmaterial über Artenzusammensetzung und Verteilung von Phytoplankton und Zooplankton vor (WIBORG, 1978; SMAYDA, 1980). Sinkstoff-Fallen sind erst seit 1983 in einem gemeinsamen Projekt zwischen S. Honjo (Woods Hole) und der Kieler Universität in der Norwegischen See im Einsatz. Eine Tiefseeverankerung mit Sedimentfallen wurde im August 1984 aus dem Lofoten Becken erfolgreich geborgen. Das Material ist in Bearbeitung.

Das hartteiltragende Plankton wurde anhand von Schöpferproben, Planktonfängen und Sedimentproben bereits in einer Reihe von Arbeiten untersucht (z.B. PETRUSCHEVSKAYA &

BJÖRKLUND, 1974; BE & TOLDERLUND, 1971; BRAARUD et al. 1958; OKADA & McINTYRE, 1979). Dabei interessieren sowohl die großräumigen Verhaltensmuster wie die längerfristigen Fluktuationen in Abhängigkeit von der jüngeren Klimageschichte. Allerdings fehlt noch eine gezielte Untersuchung der Kennzeichnung des Zirkulationssystems des Europäischen Nordmeeres. Zusammenhängende Untersuchungen von Produktion und Sedimentationsrate des Planktons sind bislang nur selten durchgeführt worden (BETZER et al. 1984). Untersuchungen dieser Art werden jedoch erst ein Verständnis der Beziehungen zwischen den pelagischen Prozessen, jahreszeitlichem Muster der Sedimentation und deren Abbildung im Sediment ermöglichen.

Die Untersuchung vertikaler Flüsse im Ozean ist ein zentrales Problem der Ozeanographie. In der letzten Zeit haben sich zwei Hauptansätze entwickelt. Der erste ist die Beobachtung der vertikalen Bewegung von Wasserpartikeln durch die Analyse von Tracerisotopen (z.B. ^{137}Cs , ^{222}Rn) und dem Vergleich der Konzentrationen in verschiedenen Schichten. Der zweite Ansatz ist die Messung der vertikalen Geschwindigkeit durch die Analyse der vertikalen Bewegung von Wasserpartikeln durch die Analyse von Tracerisotopen (z.B. ^{137}Cs , ^{222}Rn) und dem Vergleich der Konzentrationen in verschiedenen Schichten.

Die Untersuchung vertikaler Flüsse im Ozean ist ein zentrales Problem der Ozeanographie. In der letzten Zeit haben sich zwei Hauptansätze entwickelt. Der erste ist die Beobachtung der vertikalen Bewegung von Wasserpartikeln durch die Analyse von Tracerisotopen (z.B. ^{137}Cs , ^{222}Rn) und dem Vergleich der Konzentrationen in verschiedenen Schichten. Der zweite Ansatz ist die Messung der vertikalen Geschwindigkeit durch die Analyse der vertikalen Bewegung von Wasserpartikeln durch die Analyse von Tracerisotopen (z.B. ^{137}Cs , ^{222}Rn) und dem Vergleich der Konzentrationen in verschiedenen Schichten.

Die Untersuchung vertikaler Flüsse im Ozean ist ein zentrales Problem der Ozeanographie. In der letzten Zeit haben sich zwei Hauptansätze entwickelt. Der erste ist die Beobachtung der vertikalen Bewegung von Wasserpartikeln durch die Analyse von Tracerisotopen (z.B. ^{137}Cs , ^{222}Rn) und dem Vergleich der Konzentrationen in verschiedenen Schichten. Der zweite Ansatz ist die Messung der vertikalen Geschwindigkeit durch die Analyse der vertikalen Bewegung von Wasserpartikeln durch die Analyse von Tracerisotopen (z.B. ^{137}Cs , ^{222}Rn) und dem Vergleich der Konzentrationen in verschiedenen Schichten.

Die Untersuchung vertikaler Flüsse im Ozean ist ein zentrales Problem der Ozeanographie. In der letzten Zeit haben sich zwei Hauptansätze entwickelt. Der erste ist die Beobachtung der vertikalen Bewegung von Wasserpartikeln durch die Analyse von Tracerisotopen (z.B. ^{137}Cs , ^{222}Rn) und dem Vergleich der Konzentrationen in verschiedenen Schichten. Der zweite Ansatz ist die Messung der vertikalen Geschwindigkeit durch die Analyse der vertikalen Bewegung von Wasserpartikeln durch die Analyse von Tracerisotopen (z.B. ^{137}Cs , ^{222}Rn) und dem Vergleich der Konzentrationen in verschiedenen Schichten.

Die Untersuchung vertikaler Flüsse im Ozean ist ein zentrales Problem der Ozeanographie. In der letzten Zeit haben sich zwei Hauptansätze entwickelt. Der erste ist die Beobachtung der vertikalen Bewegung von Wasserpartikeln durch die Analyse von Tracerisotopen (z.B. ^{137}Cs , ^{222}Rn) und dem Vergleich der Konzentrationen in verschiedenen Schichten. Der zweite Ansatz ist die Messung der vertikalen Geschwindigkeit durch die Analyse der vertikalen Bewegung von Wasserpartikeln durch die Analyse von Tracerisotopen (z.B. ^{137}Cs , ^{222}Rn) und dem Vergleich der Konzentrationen in verschiedenen Schichten.

Literatur

- ANGEL, M.V. 1984: Detrital organic fluxes through pelagic ecosystems. In: Fasham (Ed.). Flows of energy and material in marine ecosystems.- Plenum Press, New York, 475-516.
- BE, A.H.W. & D.S. TOLDERLUND, 1971: Distribution of living planktonic Foraminifera in surface waters of the Atlantic and Indian Ocean.- In: B.M. Funnel and W.R. Riedel (Eds.).- Micropaleontology of oceans. Cambridge Press, 105-149.
- BETZER, P.R., W.J. SHOWERS, E.A. LAWS, C.D. WINN, G.R. DILTULLIO & P.M. KROOPNICK, 1984: Primary production and particle fluxes on a transect of the equator at 153°W in the Pacific Ocean.- Deep-Sea Res. 31, 1-11.
- BREWER, P.G., NOZAKI, Y. SPENCER, D.W. & A.P. FLEER, 1980: Sediment trap experiments in the deep North-Atlantic: isotopic and elemental fluxes.- J. Mar. Res. 38, 703-728.
- BRULAND, K.W. 1983: Trace elements in sea-water.- In: Chemical Oceanography, Vol.8 (J.P. Riley & R. Chester, Eds.) 157-221.
- BILLETT, D.S.M., R.S. LAMPITT, A.L. RICE & R.F.C. MONTOURA, 1983: Seasonal sedimentation of phytoplankton to the deep-sea benthos.- Nature 302, 520-522.
- DEUSER, W.G. & E.H. ROSS, 1980: Seasonal change in the flux of organic carbon to the deep Sargasso Sea. Nature 283, 364-365.
- DEUSER, W.G., P.G. BREWER, T.D. JICKELLS & R.D. COMMEAU, 1983: Biological control of the removal of biogenic particles from the ocean.- Science 219, 388-399.
- EDMOND, J.M., S.S. JACOBS, A.L. GORDON, A.W. MANTYLA, & R.W. WEISS, 1979: Water column anomalies in dissolved silica over opaline pelagic sediments and the origin of the deep silica maximum.- J. Geophys. Res. 84(C12), 7809-7826.
- EPPLEY, R.W., E.H. RENGER & P.R. BETZER, 1983: The residence time of particulate organic carbon in the surface layer of the ocean.- Deep-Sea Res. 30, 311-323.
- HONJO, S., 1980: Material fluxes and modes of sedimentation in the mesopelagic and bathypelagic zones.- J. Mar. Res. 38, 53-97.
- HONJO, S., 1982: Seasonality and interaction of biogenic and lithogenic particulate flux at the Panama Basin.- Science 218, 883-884.
- HONJO, S., S.J. MANGANINI & J.J. COLE, 1982: Sedimentation of biogenic matter in the deep ocean.- Deep-Sea Res. 29, 609-625.
- KREMLING, K. 1983: Trace metal fronts in European shelf waters.- Nature 303, 225-227.
- PETRUSCHEWSKAYA, M.G. & K.R. BJÖRKLUND, 1974: Radiolarians in Holocene sediments of the Norwegian-Greenland Seas.- Sarsia 57, 33-46.
- SMAYDA, T.J., 1980: Phytoplankton species succession. In: I. Morris (Ed.). The physiological ecology of phytoplankton.- Blackwell Scientific Publ., Oxford, 493570.

- WALSH, J.J., 1983: Death in the sea: enigmatic phytoplankton losses.- Progr. Oceanogr.12, 1-86.
- WIBORG, K.F., 1978: Variations in zooplankton volumes at the permanent oceanographic stations along the Norwegian coast and at weather ship station M(Ike) in the Norwegian Sea during the years 1949-1972. Fisk. Dir. Skr. Ser. Havunders. 16, 465-487.

4.4 Eigene Vorarbeiten

Basierend auf einem im Rahmen des SFB 95 entwickelten Methodenpaket wurden im Flachwasserökosystem der Kieler Bucht umfangreiche Langzeituntersuchungen u.a. zur Saisonalität der Umweltbedingungen und ihrer Speicherung in biogenen Karbonaten, der Planktonzusammensetzung und der Partikel-Sedimentation durchgeführt. Die anhand dieser Untersuchungen entwickelten Konzepte, zusammengefaßt bei PEINERT et al. (1982), SMETACEK et al. (1984), SMETACEK et al. (im Druck) und Wefer et al. (im Druck) waren Grundlage für Arbeiten in antarktischen Gewässern (im Rahmen des SFB 95), auf dem nordnorwegischen Schelf und vor Irland (im Rahmen der Pilotstudie der DFG). Hier zeigte sich, daß nur die gleichzeitige Messung von Biomassen der wichtigsten Komponenten, vom Primärproduktions- und Sedimentationsraten sowie der Umweltbedingungen die nötige Datenbasis zum Verständnis der Wechselbeziehung zwischen Pelagial und Sediment liefert.

Auf dem antarktischen Schelf wurden während einer Expedition am Packeisrand Zonen unterschiedlicher Hydrographie, Biomassen- und Artenverteilung und Sedimentation angetroffen. Die eingesetzten treibenden Sinkstoff-Fallen sammelten in einer Zone überwiegend Euphausiaceen-Kotballen, während in einer anderen vor allem Phytoplanktonzellen aus einer seneszenten Diatomeen-Population sedimentierten. Hier wurde in der Wassersäule die Bildung gallertiger Aggregate von Diatomeenketten bestimmter Arten in unterschiedlicher Kompaktheit beobachtet. Die Bildung dieser Schleimaggregate wurde von SMETACEK (1984) - kontrovers zur bisher vorherrschenden Meinung - als Mechanismus zur Erhöhung der Sinkgeschwindigkeit gedeutet. Das häufig beobachtete schnelle Absinken von Diatomeen nach beendetem Blütenwachstum wird hier als Übergang von einem Wachstumsstadium in oberflächennahen Schichten zu einem Ruhestadium in tieferen Wasserkörpern oder auf der Sedimentoberfläche gesehen. Eine solche Lebensstrategie ist mit hoher Mortalität verbunden und deshalb für geologische Prozesse von Bedeutung. Sinkende Schleimaggregate können auch andere suspendierte Partikel wie Ton und Flugasche während des Absinkens sammeln.

Die Ergebnisse einer in der Drake Passage verankerten Sinkstoff-Fallenkette zeigten (WEFER et al., 1982), daß beim Herabsinken der Partikel zum Meeresboden große biogeochemische Fraktionierungen stattfinden, die vor allem die Anteile von organischem Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor verändern, aber auch wesentlich die kieselig und kalkigen Skelette und Aluminiumsilikate betreffen.

Das Fallenmaterial aus 5 Tiefenstufen einer dreiwöchigen Verankerung in der Bransfield Straße (Antarktis) zeigte große quantitative Unterschiede zwischen den oberflächennahen 1000 m und den bodennahen 1000 m der Wassersäule (GERSONDE und WEFER, 1984; DUNBAR et al. 1984). Während das oberflächennahe Material fast ausschließlich aus Krill-Kotballen bestand, traten in Bodennähe andere Kotballen - wahrscheinlich von Copepoden - und ein höherer Tonmineralanteil auf. Die Krill-Kotballen bestanden zum überwiegenden Teil aus feinzerbrochenen Diatomeen-Schalen. Daraus folgt, daß vollständig erhaltene Diatomeen-Schalen nur dann ins Sediment gelangen können, wenn sie nicht vom Krill gefressen werden.

Auf dem Schelf vor den Lofoten (Nordnorwegen) wurde während des Frühjahres eine starke, an die komplexe Hydrographie gekoppelte Fleckenhaftigkeit der Biomassen sowie anderer, für die Sedimentation wichtiger Steuerparameter beobachtet. Obwohl hier keine massiven Sedimentationsereignisse erfaßt wurden, konnten mittels treibender Fallen Unterschiede in der Sedimentation zwischen räumlich nahe beieinander liegenden Wasserkörpern festgestellt werden. Im Frühjahr dominierte amorpher Detritus die Sinkstoffe, aber auch Phytoplanktonzellen sedimentierten. Während des Sommers hingegen waren - bei niedrigen autotrophen Biomassen, deren Verteilung nicht so eng an die der Wassermassen gekoppelt war - Euphausiaceen-Kotballen von großer Bedeutung. Auch Pteropoden wurden hier in größerer Anzahl von den Fallen gesammelt.

In den Gewässern westlich Irlands konnte ein Ausschnitt der Frühjahrsentwicklung unter ozeanisch geprägten Bedingungen bei großem Einfluß von Salpen auf das Sedimentationsgeschehen verfolgt werden. Ein Ergebnis dieser Untersuchungen war, daß die Saisonalität des Partikelflusses mit verankerten, zeitgeschalteten Sinkstoff-Fallen erfaßt werden kann, die Kurzzeitdynamik der Sedimentation in diskreten Wasserkörpern aber, wegen der großen Fleckenhaftigkeit der Planktonbiomassen, nur mit driftenden Fallen zu verfolgen ist.

Taxonomische Grundkenntnisse liegen für alle wichtigen Planktonarten vor. Coccolithophoriden hat z.B. SAMTLEBEN (1980) unter systematischen Gesichtspunkten untersucht und dabei phylogenetische Beziehungen unter den Arten der Gattung *Gephyrocapsa* geklärt. Planktische Foraminiferen und andere Kalkskelette produzierende Organismen - z.T. nur deren Larvenstadien - wurden von THIEDE (1983) untersucht. Für alle wichtigen nichthartteil-tragenden Phyto- und Zooplanktongruppen ist die Systematik im Groben bekannt. Taxonomische Detailuntersuchungen sind aber nicht geplant, können jedoch durch in der Nähe arbeitende Kollegen erlangt werden (z.B. Diatomeen: Gersonde, Bremerhaven; Radiolarien: Björklund, Bergen).

Literatur:

- BODUNGEN, B.v., V. SMETACEK, H. HAARDT, R. MAABEN, M. TILZER, B. ZEITSCHEL & W.ZENK (Manuskript): Zonation in phytoplankton biomass and production in the region of the Antarctic peninsula.-
- DUNBAR, R.B., A.J. MACPHERSON, G. WEFER & D.C. BIGGS, 1984: Biogenic fluxes from sediment trap experiments on the Antarctic margin.- Am. Geol. Union, Fall Meeting, Abstract Volume.
- GERSONDE, R. & G. WEFER, 1984: Diatoms and foraminifera in sediment trap material from Drake Passage and Bransfield Strait.- Geol. Soc. Am., Annual Meeting, Abstract Volume.
- PEINERT, R., A. SAURE, P. STEGMANN, C. STIENEN, H. HAARDT & V. SMETACEK, 1982: Dynamics of primary production and sedimentation in a coastal ecosystem.- Neth. J. Sea Res. 16, 276-289.
- PEINERT, R. in Vorb. Plankton dynamics and sedimentation off Norway and Ireland.
- SAMTLEBEN, C., 1980: Die Evolution der Coccolithophoriden - Gattung *Gephyrocapsa* nach Befunden im Atlantik.- Paläont. Z. 54, 91-127.

SMETACEK, V. im Druck: Role of sinking in diatom life-history cycles: ecological, evolutionary and geological significance.- Mar. Biol.

SMETACEK, V., B.v. BODUNGEN, B. KNOPPERS, R. PEINERT, F. POLLEHNE, P. STEGMANN & B. ZEITZSCHEL, 1984: Seasonal stages characterizing the annual cycle of an inshore pelagic system.- Rapp. P. v. Reun. Cons. int. Explor. Mer. 183, 126-135.

SMETACEK, V., B.v. BODUNGEN, K.v. BRÖCKEL, B. KNOPPERS, P. MARTENS, R. PEINERT, F. POLLEHNE, P. STEGMANN & B. ZEITZSCHEL, Manuskript: The pelagic system (SFB 95-Synopse).

THIEDE, J., 1983: Skeletal plankton and nekton in upwelling water masses off northwest South America and northwest Africa.- In: Coastal upwelling. Its sediment record (Eds. E. Suess & J. Thiede), Plenum Press, New York, p. 183-207.

WEFER, G., E. SUESS, W. BALZER, G. LIEBEZEIT, P.J. MÜLLER, C.A. UNGERER & W. ZENK, 1982: Fluxes of biogenic components from sediment trap deployment in circumpolar waters of the Drake Passage.- Nature 299, 145-147.

WEFER, G., W. BALZER, B. v. BODUNGEN & E. SUESS, Manuskript: Biogenic Carbonates in temperate and subtropical environments: production and accumulation, saturation state and stable isotope composition (SFB 95-Synopse).-

4.5 Ziele, Methoden, Arbeitsprogramm und Zeitplan

In diesem Teilprojekt sollen die Merkmale eines Meeresgebietes hoher Breite, die sich aus der Saisonalität der Umweltbedingungen ableiten lassen und die Planktongemeinschaft bestimmen, im zeitlichen Muster der Sedimentation von Partikel aus dem Pelagial dokumentiert werden. Die unterschiedlichen Produktionsregimes bei unterschiedlichen Umweltbedingungen müssen sich in qualitativ und quantitativ unterschiedlicher Sedimentation aus dem Pelagial widerspiegeln, wie schematisch in Abb.5 dargestellt.

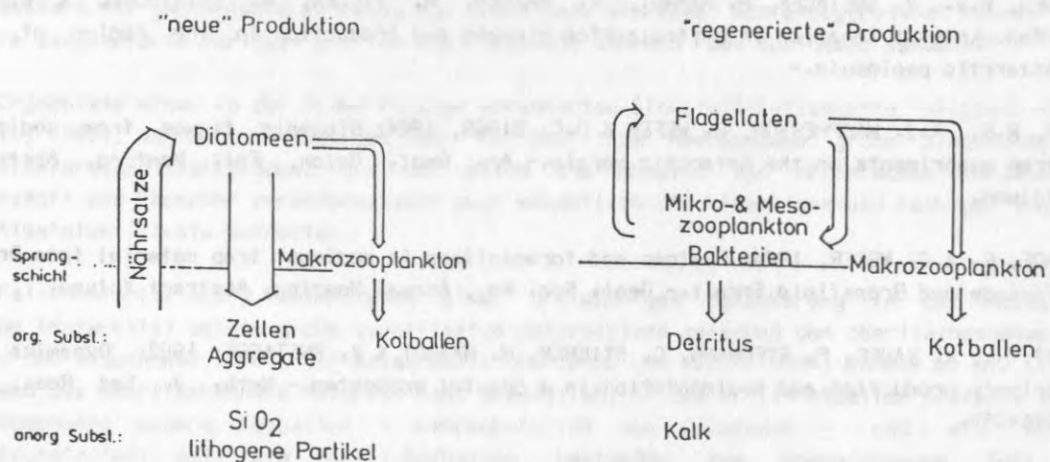


Abb.5 Schematische Darstellung der im Untersuchungsgebiet zu erwartenden Produktionsregime.

Bei "neuer" Produktion im Frühjahr durch Diatomeen als Primärproduzenten findet demnach ein Verlust von Phytoplanktonzellen, frischem Phytodetritus und Opal bei gering ausgeprägtem pelagischen Nahrungsnetz statt. Beim Ende von Phytoplanktonblüten wird eine verstärkte Bildung von Aggregaten erwartet, die beim Absinken zum Boden lithogene Partikel aufsammeln und dadurch die Wassersäule reinigen können.

Bei "regenerierter" Produktion im Sommer hingegen wäre der Zooplankton-Einfluß auf die Bildung von Sinkstoffen größer und kalkhaltige Anteile, z.B. Coccolithophoriden, planktische Foraminiferen und Pteropoden hätten hier größere Bedeutung. Zwischen beiden Extremformen von Produktionsregimes sind alle Mischformen zu erwarten.

Diese saisonale Steuerung der Sedimentation wird durch den Einfluß langlebiger, schwarmbildender Makrozooplankter (Euphausiaceen, Salpen), die schnell sinkende Kotballen produzieren, überlagert. Durch diese Makrozooplankter werden dem Pelagial essentielle Elemente (N und P) durch Sedimentation entzogen, während andere Zooplankter (Meso- und Mikrozooplankton) diese Elemente wegen der geringeren Sinkgeschwindigkeit ihrer Stoffwechselprodukte besonders lange im Pelagial zurückhalten.

Diese Hypothesen sollen im Rahmen des TP A1 überprüft werden, wobei die grundlegenden saisonalen Muster der Sedimentation ebenso zu untersuchen sind wie die kurzfristigen Sedimentations-Ereignisse. Erstere sind mit langzeitverankerten Sinkstoff-Fällen mit einer zeitlichen Auflösung im Wochenbereich zu verfolgen. Deren Messungen sollen zu verschiedenen Jahreszeiten auf Expeditionen punktuell mit den jeweilig im Pelagial vorherrschenden Produktionsregimes in Beziehung gesetzt werden. Veränderungen der biogenen Hartteile und organischen Substanzen durch Abbau und Auflösung sollen durch Fallenfänge in unterschiedlichen Wassertiefen erfaßt werden.

Die Kurzzeiddynamik der Sedimentation im Stunden- bis Tagesbereich hingegen soll mit zeitlich hochauflösenden frei treibenden Sinkstoff-Fallen und einer begleitenden Erfassung der Planktongemeinschaft während der Expeditionen verfolgt werden. Eine detaillierte Klassifizierung sowohl der sedimentierten als auch der in Suspension befindlichen Partikel soll nach folgenden Charakteristika durchgeführt werden:

Herkunft:

Phytoplankton (Diatomeen, Flagellaten): v. BODUNGEN, GERSONDE (Bremerhaven), PEINERT, SAMTLEBEN, SMETACEK, ZEITZSCHEL, NN

Zooplankton: LENZ, NN, PFLAUMANN, THIEDE, WEFER

terrigenen Eintrag, resuspendiertes Material: WEFER, NN, BALZER

Inhalt:

Opal, Kalk: GERSONDE (Bremerhaven), WEFER, NN

Anteile organischer Substanz: ITTEKOT, LIEBEZEIT (Hamburg)

Mineralien: WEFER, NN

Zusammensetzung stabiler Isotope (^{13}C , ^{18}O): ERLKENKUSER, WEFER, NN

Instabile Isotope (^{14}C , ^{210}Pb , ^{10}Be): WILLKOMM

Schwermetalle: BALZER, Woods Hole Oceanographic Institution

Organisch-chemische Spurenstoffe: BALZER, DUINKER

Transportformen:

Aggregate: PEINERT, SMETACEK, u.a.

Kotballen (schnell-langsamsinkend): PEINERT, v.BODUNGEN, SMETACEK, GERSONDE

Detritus (fein-grob): WEFER, SAMTLEBEN, NN

Neben den planktologischen Standardverfahren (groß- und kleinvolumige Wasserschöpfer, Schließnetze, Sonden/ Schöpferkombinationen) sollen in besonderem Maße verankerte (langfristige) und treibende (kurzfristige) Sinkstoff-Fallen eingesetzt werden. Sie werden unterhalb der durchmischten Schicht bzw. anderer Gradienten ausgebracht, um die Ausgangsgrößen für den Sedimentationsprozeß mit den Verlusten an organischer Materie aus den verschiedenen Wasserschichten zu erfassen. Um langfristige Fluktuationen der Sedimentation zu erfassen, sollen zunächst gemeinsam mit S. Honjo (Woods Hole Oceanographic Institution) Tiefsee-Fallen mit zeitgeschaltetem Probenwechsler eingesetzt werden. In den folgenden Jahren ist zudem an Eigenentwicklungen von Treibfallen mit Sendern gedacht.

Um den Lateraltransport im Arbeitsgebiet abschätzen zu können, sollen unter jede Sedimentfalle Strömungsmesser gehängt werden, die in stündlichen Abständen Strömungsrichtung und -Intensität messen. Daten über den Lateraltransport in Bodennähe werden vom TP A2 geliefert. Hinweise über Dauer und Zeitpunkt bestimmter Sedimentationsereignisse sollen über kontinuierliche Trübungsmessungen gewonnen werden.

Die Untersuchung der stabilen C- und O-Isotope soll an Schalen ausgewählter Planktonarten in definierten Korngrößenklassen zur Abgrenzung verschiedener Oberflächen- und Bodenwasserkörper sowie von Süßwassereinfluß durchgeführt werden. Die Ergebnisse hieraus werden zur isotopischen Zusammensetzung des Wassers in Beziehung gesetzt. Für die Probenaufbereitung stehen Routineverfahren des GPI zur Verfügung.

Mit Hilfe der Neutronen-Aktivierungs-Analyse und der Totalreflektionsröntgenfluoreszenz, die eine Multi-Elementbestimmung bei geringem Materialverbrauch erlauben, sowie der Atomabsorption soll eine möglichst umfassende Spurenanalyse der Sinkstoffe erzielt werden. Durch Bezug einzelner Elemente auf bestimmte Leitkomponenten (Al, SiO₂, CaCO₃, C-org) soll eine grobe Unterteilung in terrigene, biogene und in der Wassersäule eingefangene Elemente versucht werden. Untersuchungen der Spurenelement-Gehalte von biogenen Hartteilen (möglichst von dominanten Einzelarten) und organischer Substanz aus der Deckschicht in Abhängigkeit von Umwelt- und Bildungsparameter sowie der Analyse bestimmter Sinkstoff-Fraktionen soll die Eignung verschiedener Spurenelemente als anorganische Träger von Umweltsignalen klären helfen (siehe auch TP A3).

Die Bestimmung des Karbonat-Sättigungszustandes der Wassersäule gegenüber unterschiedlichen Karbonatmineralien soll durch in situ-Experimente zur Karbonatlösung (Ausbringen von natürlichen biogenen Karbonaten in Gazebeuteln in Verbindung mit den Verankerungen) erfolgen.

Für die Bestimmung der meisten Parameter werden Standardmethoden eingesetzt (physikalische Parameter, gelöste Nährsalze, partikuläre organische Komponenten, Artenanalyse und Analyse der Verteilung stabiler C- und O-Isotope). Andere Methoden wurden im SFB 95 neu oder weiterentwickelt und werden eingesetzt für gelöste organische Substanz mittels chemischer und optischer Verfahren.

4.6 Stellung innerhalb des Programms des Sonderforschungsbereiches

Das TP A1 arbeitet sehr eng zusammen mit dem TP A3 (Reaktion im Benthos auf den Partikelfluß) und B2 (kurz- und langfristige Schwankungen in der ozeanischen Zirkulation: Abbildung in quartären und tertiären Sedimenten). Es liefert quantitative Daten zur Sedimentation organischer Substanz, von Karbonat und Kieselsäure für das TP A3. Dort werden diese Daten für die Bestimmung von Umsatz, Austausch- und Bioturbationsprozessen sowie Diagenesevorgängen am Meeresboden benötigt. Für das TP B2 werden die Ausgangsdaten für die Bestimmung kurzfristiger

und langfristiger Klimaschwankungen durch die Eichung von Planktongemeinschaften sowie der stabilen Isotopen-Verhältnisse geschaffen. Vom TP A2 (bodennaher Partikeltransport und Sedimentverteilung) werden Hinweise zur Modifikation des ursprünglichen Umweltsignals durch den partikulären Sedimenttransport erwartet. Auch wird sich durch die Ergebnisse dieses Teilprojektes ein möglicher Horizontaltransport abschätzen lassen.

Alle Untersuchungen sollen in enger Zusammenarbeit mit den anderen TP durchgeführt werden. Sie ergibt sich aus logistischen Gründen durch die gemeinsamen Expeditionen.

Langfristige Perspektiven des Teilprojektes

Im vorliegenden Antragszeitraum und bis 1989 sollen die hier skizzierten Fragestellungen in den beiden Untersuchungsgebieten im Norwegenstrom verfolgt werden. In einer zweiten Phase (1989 - 1995) ist eine Ausdehnung des Projektes auf das Grönlandbecken vorgesehen, um Erkenntnisse über einen Wasserkörper anderer Herkunft zu gewinnen. Grundlegende Unterschiede des Ostgrönlandstromes im Vergleich zum Norwegenstrom müssen sich auf den Jahreszyklus der Sedimentation auswirken:

- Eisbedeckung im Winter
- Beeinflussung der Hydrographie zu Beginn der Wachstumsperiode des Planktons (Frühjahr) durch Eisschmelze
- Besiedelung des Wasserkörpers durch andere Phyto- und Zooplanktongemeinschaften mit vermutlich anderen Lebensstrategien
- Markierung der Sinkstoffe durch bei der Eisschmelze freigesetzte Eisalgen.

Methodische Aspekte

Neben der Verbesserung herkömmlicher Methoden zur Partikel Erfassung soll die ereignisgesteuerte optische Beobachtung suspendierter/sedimentierender Partikel zu einem in situ-Einsatz gebracht werden. Da die Partikelmorphologie bei einer Probennahme verändert wird (Schöpfer, Pumpen), kann die ursprüngliche Transportform, z.B. Aggregate, später nicht mehr rekonstruiert werden. Deswegen sollen größere Partikel in ihrer ursprünglichen Form mit einem Tiefseekamerasystem, das von Attenuations- und Streuungssonden ausgelöst wird, abgebildet werden. Solche Systeme, die zur Zeit zur Einsatzreife entwickelt werden, können wertvolle Informationen über in situ-Partikelbeschaffenheit und Partikelfluß liefern.

5. Teilprojekt A2, Bodennaher Partikeltransport und Sedimentverteilung

5.1 Allgemeine Angaben zum Teilprojekt A2

5.11 Fachgebiet und Arbeitsrichtung: Marine Geologie, Sedimentologie, Flachseismik

5.12 Leiter

Prof. Dr. E. Walger	Dr. F. Werner
Geologisch-Paläontologisches	Geologisch-Paläontologisches
Inst. d. Univ. Kiel	Inst. der Univ. Kiel
Olshausenstr. 40	Olshausenstr. 40
2300 Kiel	2300 Kiel
0431-880/2881	0431-880/2883

5.13 Personal zur Zeit der Antragstellung

	Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institut	Arbeitszeit für SFB (Wochenstd.)
Grundausrüstung	1) Kachholz, K.-D. Dr., wiss. Ang.	Sedimentologie	GPI	20
	2) Unsöld, G., Dr., wiss. Ang.	Sedimentologie	GPI	10
	3) Theilen, F. Dr., akad. Rat	Seismik	IG	5
	4) Walger, E. Dr., Professor	Sedimentologie	GPI	10
	5) Werner, F. Dr., wiss. Direktor	Sedimentologie	GPI	15
	6) Wolchendorf, K. Dr., Priv.-Doz.	Angew. Physik	IAP	5
5.132 nichtwissen- schaftl. Mit- arbeiter	7) Rheder, W. techn. Ang.		GPI	20
	8) Reimers, W. techn. Ang.		GPI	10

5.2 Zusammenfassung

Im Gesamtprogramm des SFB befaßt sich das Teilprojekt A2 mit der Untersuchung der advektiven Komponente im Sediment, also dem lateralen Partikeltransport. Dabei wird versucht, Aussagen über die Sedimentdynamik in Abhängigkeit von der regionalen Zirkulation soweit als möglich aus der Physiographie des Kleinreliefs, aus der Korngrößenverteilung und -zusammensetzung und der Internstruktur der obersten Sedimentdecke abzuleiten. Transportvorgängen, die vom Kontinentalschelf zur Tiefsee reichen, soll dabei besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Die regionalen Ziele sollen mit Hilfe von Übersichtsaufnahmen, vorhandener Daten sowie von kleinräumigen Kartierungen besonders auszuwählender Schlüsselgebiete erreicht werden. Ein modernes Deeptow-System und das "Sea Beam" sollen dabei als wesentliche Hilfsmittel eingesetzt werden.

Über die regionalen Ergebnisse hinaus, die auch den benachbarten Teilprojekten dienen, werden allgemeine Erkenntnisse vor allem zu folgenden Problemen erwartet:

- Interpretation strömungsgeprägter Bodenformen,
- Interpretation von Korngrößenverteilungen als Ergebnisse von Transportvorgängen, u.a. als Beitrag zum "Contourit-Problem" und dem Hangabtransport anorganischer und organischer Partikel,
- Aussagekraft des Sedimentgefüges, insbesondere von biogenen Strukturen, in Abhängigkeit von Umweltfaktoren.

5.3 Stand der Forschung

1) Sedimentdynamik

Der Frage nach der Größenordnung, der Richtungsverteilung und der zeitlichen Fluktuation von Vorgängen des bodennahen Sedimenttransports und der Erosion im Ozean wurde in den letzten Jahren zunehmend Aufmerksamkeit geschenkt. Das Spektrum der damit zusammenhängenden Probleme reicht von der globalen Klimaentwicklung bis zu angewandten Aufgaben.

Der auch in diesem Vorhaben verfolgte geologische Ansatz bei diesen Fragestellungen, d.h. die Rekonstruktion der Prozesse aus der Analyse des Meeresbodens, vermag viele Antworten zu liefern, die beim umgekehrten Weg - der Ableitung aus ozeanographischen Daten - aus theoretischen wie aus praktisch-meßtechnischen Gründen nicht oder nur unvollkommen gegeben werden können. Bei den geologischen Ansätzen werden Untersuchungen der Sedimentdynamik mit seismisch und sonographisch kartierenden und mit granulometrischen Methoden durchgeführt. Dabei gewinnen moderne akustische Techniken, wie Sea Beam und Deeptow-System, zunehmend an Bedeutung. Diese sind zwar technisch aufwendig, bringen aber durch ihre hohe Auflösung enorme Gewinne an Information gegenüber herkömmlichen Methoden.

An Forschergruppen, deren Ansätze besonders enge Verwandtschaft zu unserer Thematik haben, seien genannt:

- HEBBLE-Projekt (WHOI): Sedimentdynamik der Tiefsee (LONSDALE, 1982; HOLLISTER & McCAVE, 1984)

- Menlo-Park-Gruppe (U.S. Geol. Survey): Arktis Projekt Bering/Beaufort-See; Zusammenhänge zwischen Zirkulation und Morphologie/Sedimentstrukturen (NELSON & NIO, 1982).
- Atlantic Ocean Meteorol. Lab. (Miami): Untersuchungen zur Wechselwirkung von Bodenformen ("ridges") und Strömung (SWIFT et al., 1982);
- Geol. Institute du Bassin d Aquitaine (Bordeaux): Tiefseezirkulation und Sedimentakkumulation, insbesondere: Sediment-Drifts im Nordatlantik (FAUGERES et al., 1982).
- Vor allem engen regionalen Bezug haben die Arbeiten der norwegischen Geologischen Universitäts-Institute Bergen und Tromsø (HOLTEDAHL & BJERKLI, 1982; VORREN et al., 1983) und des Instituts für Kontinentalschelf-Untersuchungen in Trondheim (IKU).

Die Deep-tow-Arbeiten zur Sedimentdynamik haben in den vergangenen Jahren zunehmend ergeben, daß weite Teile der Tiefsee, besonders am Kontinentalfuß und auf den großen Sediment-Drifts, Spuren von Erosion und Umlagerung zeigen. In Verbindung damit treten z.T. spezifische Sohlformen, z.B. Erosionsfurchen, und die in ihrer Genese noch weithin unverständlichen "Sedimentwellen" auf (LONSDALE, 1983). Gerade in bezug auf die Entstehung dieser Formen sind als weiteres Ergebnis dieser Ansätze, hier besonders des HEBBLE-Projekts, die starken Fluktuationen der Bodenströmungen von Bedeutung, deren Peaks als "Stürme" bezeichnet wurden und als Einzelereignisse mehrere cm dicke Lagen zu erodieren oder abzulagern vermögen (HOLLISTER & McCAVE, 1984).

Fragen hieraus für die zukünftige Forschung sind: welche Zeit-, Raum- und Energieskalen sind in verschiedenen Bereichen in Abhängigkeit von den Zirkulationssystemen maßgeblich? Wie können solche Ereignisse in den Sedimenten erkannt werden? Wie wirken sie sich - in verschiedenen "environments" - auf die Anlieferung von Nahrung und damit auf die Entfaltung des Benthos aus? Welches sind die Antriebsmotoren der Fluktuationen?

Vom Blickwinkel des Sedimentaufbaus, des geologischen Profils her, wird man die genannten Phänomene mehr im Rahmen des "Contourit-Problems" betrachten. Einen neueren Review-Artikel über Definition von Contouriten und deren Abgrenzung zu Turbiditen nach verschiedenen sedimentologischen Parametern geben STOW & LOVELL (1979). Viele der darin aufgeworfenen Fragen der Erkennung und Entstehung von "Contouriten" (strömungsbeeinflussten, nicht-turbiditischen -Tiefseesedimenten), können nur durch kleinräumige Untersuchungen von experimentellem Charakter, z.B. wie im HEBBLE-Projekt, unternommen (HOLLISTER & McCAVE, 1984), einer Lösung nähergebracht werden. Wie wichtig dabei eine gründliche statistische Analyse von Korngrößenverteilungen in Raum und Zeit engständiger Probenentnahmen ist, zeigt gerade diese Arbeit.

2) Regionale Aspekte der Norwegischen See.

a) Ozeanographische Aspekte des bodennahen Transports.

Umfangreiche Kenntnisse existieren über die Variabilität der Verhältnisse an der Meeresoberfläche und in der Deckschicht der Norwegischen See sowie über die sie bestimmenden Gesetzmäßigkeiten. Prozesse der Tiefwasserbildung sind dagegen bislang wenig bekannt und deshalb vorwiegend Gegenstand von Vermutungen. Seit jüngster Zeit steht die Frage der Tiefwasserbildung zusammen mit anderen Prozessen an der Eisgrenze des Ostgrönlandstroms allerdings im Zentrum internationaler Forschungsvorhaben (z.B. Projekt MIZEX).

An der Westgrenze des Norwegenstroms wird seit langem die Bildung von Tiefenwasser vermutet, das sich entsprechend seiner Dichte im Bereich des Mohns-Ridge in 1.500 - 2000 m Wassertiefe einschichten soll (MOSBY, 1972). Die winterliche Durchmischung des Norwegenstroms reicht

regelmäßig mehrere 100 m tief, in manchen Jahren bis in die homohaline Schicht (NSDW) darunter. Dementsprechend liegt die Untergrenze des Atlantikwassers (mit 35 ‰) im Süden bei ca. 500 m, im Norden bei ca. 700 m Wassertiefe (MOSBY, 1972). Darunter nimmt dann die Temperatur mit der Tiefe stetig ab, die Salinität nur geringfügig. In ca. 2000 m Tiefe wird das Norwegische See-Bodenwasser (NSBW) mit der -1° Isothermenfläche vom Wasserkörper darüber abgegrenzt.

Von der Ostgrenze des Norwegenstroms, also dem Frontbereich zum Norwegischen Küstenstrom (NCC), wird dagegen keine Tiefwasserbildung berichtet. Sie ist allerdings vorstellbar vor dem Hintergrund der Tatsache, daß 10-15 Grad weiter südlich in relativ kalten Wintern das saisonal nicht mehr beeinflusste Tiefenwasser des Skagerrak von stark abgekühlten Wassermassen, die aus der nördlichen Nordsee abfließen, bis zum Boden durchmischt und um 1-3 Grad abgekühlt wurde (LJOEN 1965, SVANSSON 1975, Fig.34). Die winterliche Durchmischung wirkt im Norwegenstrom bis in Tiefen von 500 m im Süden, bis 700 m im Norden, in extremen Wintern vermutlich auch noch tiefer.

In der Barents-See und auf dem äußeren Norwegischen Schelf, wo die Wassersäule in weiten Bereichen nur 150 - 250 m tief reicht, können - in Analogie zur Nordsee - in der gleichen Zeit aufgrund der geringeren abzukühlenden Wassermasse sicherlich tiefere Temperaturen als im landfernen Ozean erreicht werden (CANNON & LAGERLOEF, 1983). Spielt sich dieser Prozess über einer geneigten Fläche ab, wie am anschließenden Kontinentalhang, so muß man sich vorstellen, daß die kälteren und dichteren Wassermassen ("Winterwasser") solange den Hang abwärts fließen, bis sie sich mit dem angrenzenden Wasser vermischt und ihren Dichteunterschied verloren haben, oder bis sie sich in das ihrer Dichte entsprechende Niveau einschichten, so wie es von der Polarfront beschrieben wird.

Möglicherweise wird diese Art der Tiefwasserbildung im Bereich der Front zwischen Norwegenstrom und Norwegischem Küstenstrom auch begünstigt durch Mischungsprozesse mit dem Wasser des Norwegischen Küstenstroms. Nördlich des Vöring-Plateaus befindet sich die Front häufig im Bereich der Schelfkante.

Die Temperaturgrenze zwischen dem NSDW (Norwegische See Tiefenwasser) und NSBW (Norwegische See Bodenwasser) hat über das ganze Jahr eine hangaufwärts gerichtete Tendenz. Bei darunterliegenden Isothermenflächen ist diese Tendenz teilweise noch verstärkt. Flächen gleicher Salinität zeigen entsprechend einer stabilen Dichteschichtung eine entgegengesetzte Tendenz. Auch diese Beobachtung spricht für Tiefwasserbildung im Osten.

Als weiterer Faktor für episodische Bodenwirksamkeit kommen interne Wellen in Frage. Von der Untergrenze des Norwegenstrom wird über Beobachtungen von Eigenschwingungen mit Amplituden von 100 m und einer Schwingungsdauer von 2 Std. berichtet (MOSBY 1972). An ihrer Schnittlinie mit dem Kontinentalhang ist daher lokal und zeitlich begrenzt mit besonderen Wasserbewegungen und erhöhter Turbulenz am Meeresboden zu rechnen (GRANT, 1982).

Solche Prozesse des morphologisch gesteuerten up- und downwelling spielen vermutlich eine wichtige Rolle für zeitliche Fluktuationen der Tiefwasserzirkulation (PETRIE, 1983).

Zusammenfassend ergeben sich aus diesen Verhältnissen folgende Möglichkeiten für bodenwirksame Prozesse in unserem Arbeitsgebiet:

Während der Norwegenstrom und der Norwegische Küstenstrom sowie Gezeiten allein heute vermutlich kaum mehr stärkere Sedimentbewegung auf dem offenen Schelf und Hang bewirken (VORREN et al. 1984), könnten folgende durch topographische Gegebenheiten ausgelöste, ozeanographische Prozesse von episodischem Charakter in der Lage sein, Sediment vom Boden aufzunehmen und zu verfrachten:

- Oszillationen an Wassermassengrenzen, wo sie den Meeresboden berühren: NAW/NCC (Nordatlantik-Wasser/Norwegischer Küstenstrom) auf dem äußeren Schelf und NAW/Tiefenwasser in ca. 500-800 m Wassertiefe am Hang;
- Episodisch hangab fließende Wassermassen, die im Winter auf Bänken des Norwegischen Schelfs schneller abkühlen als ihre Umgebung ("Winterwasser"; pers. Mitteilung MEINCKE);

b) Sedimentverteilung und -dynamik.

Eine Übersicht über die Bodenverhältnisse im Tiefseebereich der Norwegischen See gibt DAMUTH (1978) hauptsächlich aufgrund der Analyse von 3,5 kHz-Sedimentechogrammen, gestützt von Bodenphotos und Sedimentkernen. Im Gegensatz zu den Verhältnissen am westatlantischen Kontinentalfluß findet DAMUTH wenig Indizien für Contourströmungen, wobei allerdings recht schematische Kriterien angewandt werden und z.B. auskeilende Sedimentlagen, auch an der Oberfläche, und Bodenphotos nach seinen Angaben durchaus Einflüsse von Strömungen erkennen lassen. Ferner weist er auf die Bedeutung von hangabwärts gerichteten Prozessen einschließlich Turbiditen und Rutschungen hin.

Am Kontinentalhang und -fuß sind Rutschmassen weit verbreitet. Der obere Hang weist im allgemeinen nur geringmächtige holozäne Sedimente auf und zeigt hierdurch sowie durch stellenweise beobachtete Strömungsmarken nahe der Schelfkante (IKU, unveröff. Material) die Einwirkung starker Strömungen an. Am unteren Hang sind erhebliche Unterschiede in der Sedimentverteilung beobachtet worden (HOLTEDAHL & BJERKLI, 1982; DAMUTH, 1978). Die im Zirkulationssystem liegenden Ursachen sind jedoch noch wenig bekannt.

Das in der vergangenen Dekade stark gestiegene Interesse an den für Schelfmeere hoher Breiten spezifischen geologischen Prozessen findet Ausdruck in dem Symposiumsband von BORNHOLD & GUILCHER (1984). Zur Sedimentverteilung auf dem norwegischen Kontinentalschelf liegen eine Reihe neuerer Arbeiten von norwegischer Seite vor (z.B. HOLTEDAHL & BJERKLI, 1982, VORREN et al., 1984). Wesentliche Züge sind folgende:

- Große Flächen sind praktisch frei von rezenten Sedimenten; sie sind von Restsedimenten bedeckt, die aufgearbeitetes Material des pleistozänen Untergrundes darstellen, und möglicherweise heute noch als episodisch wirksame Sedimentquellen zu betrachten sind,
- Eispflugmarken (Ice plough marks), die weite Flächen des Schelfs bedecken (LIEN, 1983) und deren Vorkommen eine Fülle von Konsequenzen für das Sedimentationsgeschehen und seine Untersuchung hat,
- gutsortierte Sande entlang der Schelfkante weisen auf Transportvorgänge hin, die auch mit Hangabwärtstransport zusammenhängen dürften,
- Senken auf dem Schelf enthalten Sedimentabfolgen, an denen die holozäne Sedimentationsgeschichte studiert werden kann.

3) Interpretation von Korngrößenverteilungen

Für die Rekonstruktion der Strömungsvektoren aus dem Sedimentbefund spielt die Interpretation von Korngrößenverteilungen eine vorrangige Rolle. Auf dem Norwegischen Schelf können die dort weitverbreiteten Restsedimente dafür aufschlußreich sein, weil die im Ausgangsmaterial verfügbaren und als ausgewaschenes Restsediment zurückbleibenden

Grobkornanteile die Grenzen der Transportkraft von Bodenströmungen widerspiegeln und damit prinzipiell die maximalen Strömungsereignisse erfassen lassen. Da es sich bei den Zusammenhängen zwischen der Häufigkeitsverteilung bestimmter Bodenschubspannungen und dem "Auswaschungsdefizit" der Korngrößenverteilung aber um höchst verwickelte stochastische Prozesse handelt, sind der Interpretation hier derzeit noch relativ enge Grenzen gesetzt, weshalb grundlegende Versuche im Strömungskanal über die Untersuchung dieser Prozesse fortgesetzt werden müssen.

Aus der Flut von Arbeiten, die sich mit der statistischen Analyse von Korngrößenverteilungen befassen und den Versuchen, hieraus den Bildungsraum zu erschließen, sei hier nur kurz folgendes Resümee gegeben.

Nach anfänglich optimistischen Versuchen, in der Nachfolge von FOLK & WARD (1957) und FRIEDMAN (1961) aus der Auswertung statistischer Korngrößenverteilungsparameter empirisch die Ablagerungsräume zu bestimmen, stellte sich zunehmend Skepsis ein (z.B. FRIEDMAN, 1979), ob dieser Weg gangbar sei. Mit Sicherheit sind die zweidimensionalen Verfahren der Analyse zu grob und damit nicht in der Lage, die in der Natur häufigen Überschneidungen und Konvergenzen von Prozessen und Sedimenten verschiedener Bildungsräume zu entschlüsseln. Mehr versprechen multivariate statistische Verfahren (Clusteranalyse, Diskriminanzanalyse) (GREENWOOD, 1969; TABAT, 1979). Die Methode der Trennung von Summenkurven nach "truncation points" von VISHNER (1969), die sehr weite Verbreitung gefunden hat, beruht hingegen auf falschen Grundannahmen und stößt deshalb mit Recht zunehmend auf Kritik.

Es scheint heute eine gewisse Stagnation in der environment-bezogenen Korngrößeninterpretation eingetreten zu sein, die unseres Erachtens nur überwunden werden kann über eine Kombination von anspruchsvollen, multivariaten statistischen Verfahren zur Trennung von Faziestypen einerseits sowie durch statistisch einwandfreie Trennung der Einzelkomponenten und der Untersuchung ihrer genetischen Bedeutung andererseits.

Solche Methoden müssen auch angewandt werden, um an Hand von Korngrößenverteilungen über Transportwege und -mechanismen am Kontinentallhang etwas auszusagen, wo Aufarbeitung und Transportsonderung im Feinsand-Silt-Bereich liegen. Hier liegen noch erstaunlich wenige Untersuchungen vor. BEIN & FÜTTERER (1977) zeigen einen Ansatz, wie durch Veränderung der Modalhäufigkeiten Hangabwärts-Transport am Kontinentallhang nachgewiesen werden kann (s. auch unter 3.5 d) für die Norwegische See).

Literatur

- BEIN, A. & D. FÜTTERER, 1977: Texture and composition of continental shelf to rise sediments off the northwestern coast of Africa: An indication of downslope transportation.- "Meteor" Forsch.-Erg., C, 27:46-74.
- BORNHOLD, B.D. & A. GUILCHER (eds.), 1984: Sedimentation on high-latitude continental shelves.- Mar. Geol. 57, 359 pp.
- CANNON, G.A. & G.S.E. LAGERLOEF, 1983: Topographic influence on coastal circulation: a review. In: GADE, H.G. EDWARDS, E., SVENDSEN, H. (eds.). Coastal Oceanography.- Nato Confer. Ser., 11, 235-252.
- DAMUTH, J.E. 1978: Echo character of the Norwegian - Greenland Sea: relationship to Quaternary sedimentation.- Mar. Geol., 28, 1-36.

- FOLK, R.L. & W. WARD, 1957: Brazos River Bar: A study in the significance of grain-size parameters.- *J. Sed. Petrol.*, 27: 3-26.
- FAUGERES, S.J.C.; J. GAYET, E. GONTHIER, J. POUTIERS, & I. NIANG, 1982: La dorsale medio-atlantique entre 43 et 56 N, facies et dynamique sedimentaire dans plusieurs types d'environnements au Quaternaire recent.- *Bull. Geol. Inst. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux*, 31: 195-215.
- FRIEDMAN, G.M., 1961: Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics.- *J.Sed. Petrol.*, 31: 514-529.
- FRIEDMAN, G.M., 1979: Address of the retiring president of the IAS: Differences in size distribution of populations of particles among sands of various origins.- *Sedimentology*, 26: 3-32.
- GRANT, W.D., 1982: The influence of internal waves on near bottom velocity profiles measured on the continental shelf: stress roughness estimates.- *EOS*, 63, 45: 987 (abstract).
- GREENWOOD, B., 1978: Sediment parameters and environment discrimination: An application of multivariate statistics.- *Canad. J. Earth Sc.*, 6: 1348-1358.
- HOLLISTER, C.D. & I.N. McCAYE, 1984: Sedimentation under deep-sea stroms.- *Nature*, 309: 220-225.
- HOLTEDAHL, H. & K. BJERKKLI. 1982: Late Quaternary sediments and stratigraphy on the continental shelf off More-Trondelag, W. Norway.- *Mar. Geol.*, 45: 179-226.
- LIEN, R., 1983: Iceberg scouring on the Norwegian Continental Shelf.- *Offshore Technology Conf.*, OTC, 4585: 41-45.
- LJOEN, R., 1965: On the exchange of deep waters in the Skagerrak.- *ICES, Hydrogr. Comm.*, 157.
- LONSDALE, P., 1982: Sediment drifts of the Northeast Atlantic and their relationship to observed abyssal currents.- *Bull. Inst. Geol. d'Aquitaine, Bordeaux*, 31: 141-149.
- MOSBY, H., 1972: Basic problems in the Norwegian Sea.- *Ambio, Spec. Rep.* 2: 7-10.
- NELSON, H. & D. NIO, 1982: The Northeastern Bering Shelf: new perspectives of epicontinental shelf processes and depositional products-an introduction.- *Geol. en Mijnbouw*, 61: 2-4.
- PETRIE, B.D. 1983: Wind-forced shelf break upwelling. In: GADE, H.G., EDWARDS, E. & H. SVENDSEN (eds.).- *Coastal Oceanography. Nato Confer. Ser.*, 11: 235-252.
- STOW, D.A.V. & LOVELL, J.P.B., 1979: Contourites: Their recognition in modern and ancient sediments.- *Earth-Science Rev.*, 14: 251-291.
- SVANSSON, A. 1975: Physical and chemical oceanography of the Skagerrak and the Kattegat.- *Inst. Mar. Res. Rep.* 1: 1-88.
- SWIFT, D.J.P., R.A. YOUNG, T.L. CLARKE, C.E. VINCENT, A. NIEDORODA & B. LESHT, 1982:

Sediment transport in the Middle Atlantic Bight of North America: Synopsis of recent observations.- Spec. Publs. Int. Ass. Sediment 5, 361-383.

SWIFT, J.A. 1982: Barents Sea Water components in NSDW!- EOS, 63, 45: 992.

TABAT, W., 1979: Sedimentologische Verteilungsmuster in der Nordsee.- Meyniana, 31: 83-124.

VISHER, G.S., 1969: Grain-size distribution and depositional processes.- J. Sed. Petrol., 39: 1074-1106.

VORREN, T.O.; HALD, M. & THOMSEN, E., 1984: Quaternary sediments and environments on the continental shelf of Northern Norway.- Mar. Geol., 57: 229-257.

WALGER, E. 1962: Korngrößenverteilungen von Einzellagen sandiger Sedimente und ihrer genetischen Bedeutung.- Geol. Rundsch., 51: 494-507.

5.4 Eigene Vorarbeiten

Vorarbeiten der Arbeitsgruppe liegen hinsichtlich der im Projekt vorgeschlagenen Methoden sowie einschlägiger wissenschaftlicher Ergebnisse zu den angeschnittenen Problembereichen vor. Hinzu kommen die regionalen Ergebnisse aus der "Pilotstudie".

Als Planungsgrundlagen für diese Untersuchungen sowie als Teil der hier gegebenen Übersicht dienten uns umfangreiches, unveröffentlichtes wissenschaftliches Material vom norwegischen Schelf, vor allem sonographische und flachseismische Profilaufnahmen, in das uns das Institut für Kontinentalschelfuntersuchungen (IKU, Trondheim) in großzügiger Weise Einsicht gewährte.

Diese Erfahrungen setzen uns in den Stand,

- die vorgeschlagenen Ansätze auf eine realistische Basis zu stellen,
- bereits jetzt aufgrund der vorhandenen Daten einen Teil der in Kap. 3.5 angesprochenen Spezialarbeitsgebiete auszuwählen,
- in der Anlaufphase des neuen SFB bis zur ersten Expedition 1986 durch Auswertung des umfangreichen Datenmaterials aus der Pilotstudie zu ersten Ergebnissen und damit zu sehr eingehender Vorbereitung dieser ersten Feldunternehmungen zu kommen.

a) Profilaufnahmen

Das Sidescan-Sonar wurde am Geologischen Institut seit 1971 in einer Vielzahl von Forschungsprojekten eingesetzt. Dabei bot sich Gelegenheit, entsprechend vielfältiger Erfahrungen bezüglich der Interpretation verschiedenartigster Meeresböden und Bodenstrukturen auch in größeren Wassertiefen zu sammeln.

Außer mit der "konventionellen" 100 kHz-Schallquelle wurde auch mit dem modernen Hochauflösungs-Sonar (500 kHz) gearbeitet, mit dem beispielsweise Oszillationsrippeln bis 15 cm Kammabstand registriert werden können (GRAFENSTEIN 1984, WERNER et al. 1984).

Diese sonographischen Kartierungen, die im Normalfall ergänzt wurden durch diverse Probenentnahme (Vibrokerne!) und Fernseh- oder Tauchbeobachtungen, dienten im

Sonderforschungsbereich 95 für Fragestellungen wie

- Typen der Faziesverteilung in Abhängigkeit von geologischen und Umweltfaktoren (WERNER 1979, WERNER et al. 1985, WINN et al. 1982).
- Ausbildung von Sohlformen in Abhängigkeit vom regionalen Strömungsregime. Die Arbeiten zeigten u.a., wie weitverbreitet sogenannte sekundäre Sohlformen (bedforms) sind, d.h. solche, deren Existenz durch eine Wechselwirkung von präexistendem Relief und Strömungsregime bedingt ist. Sie entstehen auch unter Strömungsbedingungen, deren Energie nicht ausreicht für die Bildung von primären (großskaligen) Sohlformen (McLEAN 1980, WERNER 1979, WERNER et al. 1980, WERNER et al. 1984).

Mit simultanen und damit dreidimensional koordinierbaren sonographischen Flächen- und Vertikalprofilaufnahmen wurde in der westlichen Ostsee, der Nordsee, einem Korallenriffgebiet der Philippinen und im Gelben Meer gearbeitet. Dabei wurden bis zu 4 verschiedene Schallquellen gleichzeitig eingesetzt. Neben regionalgeologischen Fragestellungen (z.B. Fortsetzung glazialgeologischer Verhältnisse jenseits der Küsten) wurden hierbei Fragen bearbeitet, wie die Auffindung langfristiger Akkumulations- bzw. Erosionsgebiete, die fazielle Entwicklung von Schelfmeergebieten in Abhängigkeit der jüngsten quartären Meeresspiegelschwankungen, die Wechselwirkung zwischen Untergrundbau und Strömungsregime, oder Probleme der Sedimentbilanzierung (WERNER & WEFER 1984, WERNER et al. 1985, WERNER et al. 1984, WINN et al. 1982, WINN & WERNER 1984).

Als Boomer-System wurde der "Uniboom" (Fa. EG & G, USA) eingesetzt, der sich insbesondere in akustisch harten Sedimenten, wie Sanden und Geschiebemergel, aber auch im jungen Weichsediment hinsichtlich der Auflösung anderer Systeme als überlegen erwies. Im Vergleich zu den höherfrequenten Sedimentecholoten (30 kHz, 18 kHz, 12 kHz, selbst 3.5 kHz) liefert er bis zu ca. 30 m Eindringung in solchen härteren Sedimentarten, die für diese Schallquellen nicht zu durchdringen sind. Die Möglichkeit, ein einphasiges Signal (ohne Geisterreflexionen) zu erhalten, und die Auflösung bis herab zu ca. 30 cm bringen wesentliche Vorteile gegenüber den meisten anderen seismischen "Hochauflösungssystemen", wie Sparker u.a. (WERNER et al. 1984, WINN et al. 1980, WINN et al. 1982, WERNER et al. 1985, WINN & WERNER 1984).

Im Rahmen der Pilotstudie wurde auf dem norwegischen Schelf mit dem Hochauflösungs-Sidescan in Wassertiefen bis 300 m und Schlepptiefen von wenigen Metern über Grund gearbeitet. Vorvermessung der Topographie und sorgfältige Überwachung von Echogramm, Sonogramm und Schleppwinde ermöglichten, dies ohne Risiko für das Gerät durchzuführen (WERNER 1983).

In der Tiefsee konnten seit 1982 Erfahrungen mit dem "Sea Beam-System" (F.S. "Polarstern") und einem schiffsseitig installierten 3.5 kHz-Sedimentecholot ("Polarstern", "Meteor") gesammelt werden. Mit beiden Systemen wurden im Rahmen der Pilotstudie für das Projekt relevante Ergebnisse erzielt (s.u.). Im Projekt "GEOTROPEX" des GPI (tropischer Atlantik) wurde mit diesen Methoden die Frage nach Verbreitung und Ursache von Schichtlücken bearbeitet. Der eminente Fortschritt, den diese Methoden in Kombination mit den Aufzeichnungen gezielter Kernentnahme in der Tiefsee bedeuten, wurde bei beiden der genannten Projekte deutlich (SARNTHEIN et al. 1983).

b) Interpretation von Korngrößenverteilungen

Die Befassung mit Korngrößenverteilungen innerhalb der Arbeitsgruppe bewegte sich in den vergangenen Jahren in folgenden Problemkreisen:

1) Ableitung des Bildungsraumes aus der Korngrößenverteilung (KACHHOLZ 1979, 1982, 1984). Die Untersuchungen erfolgten an einem Probenmaterial aus dem Küstenraum von Ost- und Nordsee mit außergewöhnlich hohen Belegungsdichten. Dabei wurden vor allem multivariate Methoden und eigens entwickelte EDV-Methoden zur Trennung polymodaler Verteilungen angewandt. Dazu liegt ein Programmpaket vor (KACHHOLZ 1981). Die Anwendung auf die genannten Gebiete zeigte grundsätzlich, daß verschiedene Faziestypen zwar nur innerhalb eines geologisch einheitlichen Bildungsraumes (d.h. gleicher Vorgeschichte) getrennt werden können, darin aber durch ihre "Handschrift" klar erkennbar sind (KACHHOLZ 1984, TINIAKOS & KACHHOLZ 1984).

2) Ableitung von maximalen Strömungszuständen aus Restsediment-Korngrößenverteilungen. Experimente im Strömungskanal zur Restsedimentbildung, die noch fortgesetzt werden, haben in Verbindung mit hochauflösenden Messungen von Strömungs-Geschwindigkeiten mit der Laser-Doppler-Anometrie gezeigt, daß die Obergrenze der tatsächlich vorhandenen Bodenschubspannungsverteilungen mit kritischen Erosionsgeschwindigkeiten, wie sie aus der Lage der Korngrößenranke der Restsedimente (= Untergrenze der nicht transportierten Fraktionen) abzuleiten ist, in gutem Einklang zu stehen scheint. Daraus ist prinzipiell die Möglichkeit einer Ableitung von Bodenschubspannungen aus Korngrößenverteilungen eröffnet (UNSÖLD 1982, WERNER et al. 1984). Die Strömungskanalexperimente werden fortgesetzt.

3) Modalkorngrößen als Kriterien des Hangabwärtstransports (s. "Pilotstudie").

c) Untersuchung von Sedimentgefügen

In den vergangenen Jahren wurden in einigen speziellen Arbeiten am Geologischen Institut Sedimentgefüge von Tiefseesedimenten ausgewertet. Dabei spielte vor allem die Interpretation von Radiographien eine Rolle, die beispielsweise mit Hilfe der ichnologischen Analyse von Bioturbationsgefügen neue Ansätze zur Rekonstruktion von Umweltbedingungen erbrachte. Hierzu gehört vor allem das "Stockwerksmodell", d.h. die Spurentyp-spezifische vertikale Zonierung der Zirkulation, deren Beziehung zu Umweltfaktoren aufgezeigt wurde (JÖRGENSEN et al. 1981, WERNER 1985, WERNER & WETZEL 1982). Zur Verbesserung der Interpretation von Radiographien können densitometrische Verfahren dienen, die am IAP mit Hilfe von digitalen Bildaufnahmegegeräten weiterentwickelt wurden (WOLSCHELDORF et al. 1983). Qualitative Schwärzungsunterschiede können damit z.B. in Meßgrößen der Porosität verwandelt werden. Diese Verfahren wurden bereits mit Erfolg in einer am GPI laufenden Arbeit über saisonale Wachstumszonen an rezenten Korallen angewandt. Die Methode ermöglicht einen quantitativen Vergleich mit O-Isotopenkurven.

d) Pilotstudie

Wesentliche Ergebnisse im Schelfbereich im W bis SW der Lofoten, also dort, von wo Sedimentzufuhr in das vorgesehene Arbeitsgebiet im Bereich des Vöring-Plateaus erwartet werden kann, betreffen

- die Rolle von Senken als natürliche Sedimentfallen, die mehrere Meter holozänes Weichsediment enthalten können;
- das Vorhandensein von Strömungsmarken (erkennbar nur mit Hochauflösungs-Sonar) als Hinweise auf Sedimenttransportrichtungen;
- die Häufung von Feinsanden an der Schelfkante, die über weite Strecken scharf ausgebildet ist;

- die außerordentlich unruhige Kleinmorphologie aufgrund der dichten Besetzung mit Eispflugmarken, die Strömungsrichtungen im Pleistozän und frühen Holozän anzeigen.

Der Hangbereich ist durch eine Vielzahl von Rutschungen geprägt, die durch ihr rauhes Relief im Detail - ähnlich wie die Eispflugmarken auf dem Schelf - Anlaß zu asymmetrischer Sedimentanlagerung als Strömungsindiz geben können. Insgesamt zeigt jedoch die recht gleichmäßig mit der Tiefe mächtiger werdende Sedimentdecke die Inaktivität vieler Rutschungen zumindest seit der letzten Vereisung an. Lediglich ein großer Rutschungsbereich nördlich des Vöring-Plateaus scheint noch nicht endgültig zur Ruhe gekommen zu sein.

Auffallend sind Häufungen von schmalen und wenig tief eingeschnittenen, hangnormalen Tälern in manchen Bereichen, so am Kontinentalhang vor der Barents-See. Die Talböden sind z.T. deutlich frei von der in der Nachbarschaft erkennbaren Sedimentakkumulation. Hier vermuten wir Bahnen für episodischen Hangab-Transport unter nicht-turbiditischen Bedingungen.

Die Bearbeitung von Oberflächensedimenten aus Großkastengreiferproben (40 - 50 cm Eindringung), die im cm-Abstand beprobt wurden, ergab bislang (RUMOHR, in Vorber.):

- Der obere Hang ist im Bereich der Profilschnitte von einer dünnen Schicht holozäner Sedimente bedeckt (10 - 25 cm). Vertikale Gradienten der Korngrößenzusammensetzung und des Karbonatgehaltes zeigen, daß es sich immer um Abfolgen handelt, die durch Bioturbation nicht gelöscht wurden.
- Diese Abfolgen deuten somit auf eine signifikante Änderung im Sedimenttransport während des Holozän hin. Typisch ist dabei, daß die Modal-Korngrößenwerte erhalten bleiben und sich nur ihre Gewichtsanteile, z.B. hangabwärts, ändern.
- Restsedimentbildung an der Oberfläche überschreitet am Hang nicht den Siltbereich. Hingegen gibt es Hinweise darauf, daß Ton und Silt biogen in Sand- und Kies-Sedimente eingearbeitet wird.
- Eistransport war auch im Holozän nicht unbedeutend; im Norden stärker als im Süden.
- Unterhalb einer gewissen Wassertiefe (ca. 1000 m) nehmen die Akkumulationsraten im Holozän zunächst stark zu, mit größerer Wassertiefe dagegen wieder ab. Im Norden liegt diese Zone tiefer als im Süden.
- Wechselnde, z.T. hohe Dolomitgehalte im Karbonat der Siltfraktion zeigen, daß der Karbonatgehalt von vorwiegend pelagisch geprägten Sedimenten unterhalb 1 000 m durch vom Schelf und Hang zugeführtes Material nicht nur verdünnt, sondern auch erhöht und dadurch auch isotopisch verändert werden kann.
- Der Sandgehalt nimmt in allen Profilen unterhalb der Oberfläche ab.

Literatur

ERGENZINGER, P., K. GÖRLER, H. IBBEKEN, P. OBENHAUF & J. RUMOHR, 1978: Calabrian Arc and Ionian Sea: Vertical movements, erosional and sedimentary balance. In: A. CLOSS, D. ROEDER & K. SCHMIDT (ed.).- Alps. Apennines, Hellenides, (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung), Stuttgart, pp. 359-373.

GRAFENSTEIN, U.v., 1984: Zur Aussagekraft von Oszillationsrippeln: Ereignisbezogene sedimentologische Untersuchungen in Gebieten mit unterschiedlichen Seegangsspektren In

- Nord- und Ostsee.- Diss. Univ. Kiel, Berichte/Reports Geol.-Paläontol. Inst., Univ. Kiel, 7.
- HILLE, P., R. VEHRINKAMP & E.O. SCHULZ-DUBOIS, 1982: Measurements of small secondary flow components by photon correlation velocimetry.- *Optica Acta*.
- JÖRGENSEN, P., H. ERLKENKUSER, H. LANGE, J. NAGY, J. RUMOHR and F. WERNER, 1981: Sedimentological and stratigraphical studies of two cores from Skagerrak.- *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment.*, 5, 397-414.
- KACHHOLZ, K.-D., 1979: Sedimenttypen der Flachwasserzone im Ostteil der Kieler Außenförde (Schleswig-Holstein).- *Meyniana*, 31, 15-24.
- KACHHOLZ, K.-D., 1981: Programmpaket zur vielfältigen Auswertung von Korngrößenverteilungen mit Schnittstellen zu statistischen Software-Paketen sowie zu Plottern.- Unveröff. Mskr. Geol.-Pal. Inst. Univ. Kiel.
- KACHHOLZ, K.-D., 1982: Statistische Bearbeitung von Probandaten aus Vorstrandbereichen sandiger Brandungsküsten mit verschiedener Intensität der Energieumwandlung. Unveröffentl. Diss. Univ. Kiel, 380 S.
- KACHHOLZ, K.-D., 1984: Vergleich sandiger Brandungsküsten Schleswig-Holsteins.- *Meyniana*, 36, 93-119.
- LINDNER, J., 1984: Bildaufnehmer mit einem Halbleiter-Zeilensensor.- Diplomarbeit Inst. Aug. Phys. Univ. Kiel., unveröff. Ms., 116+235.
- McLEAN, St., 1980: The role of non-uniform roughness in the formation of sand ribbons and Langmuir circulations.- *Mar. Geol.*, 42, 49-74.
- SARNTHEIN, M., F.-C. KÖGLER & F. WERNER, 1983: Forschungsschiff Meteor, Reise Nr. 65-Geotropex 83, Nordäquatorialer Atlantik Juni-August 1983. *Berichte Geol.-Paläontol. Inst. Univ. Kiel*, Nr. 2.
- TINIAKOS, L. & K.-D. KACHHOLZ, 1984: Transportdifferenzierung von Korngrößenspektren klastischer Sedimente Schleswig-Holstein.- *Meyniana*, 36, 51-92.
- UNSÖLD, G., 1982: Der Transportbeginn rolligen Sohlmaterials in gleichförmigen, turbulenten Strömungen: eine kritische Überprüfung der SHIELDS-Funktion und ihre experimentelle Erweiterung auf feinstkörnige, nichtbindige Sedimente.- *Diss. Kiel*, 1-145, Rep. SFB 95, Univ. Kiel, Nr. 70.
- WERNER, F., 1979: Die Sedimentverteilung außerhalb der Riffzone vor der Probstei aufgrund von Sidescan-Sonar-Aufnahmen.- *Mitt. Leichtweiß-Inst., T.U. Braunschweig*, 65, 140-163.
- WERNER, F., 1981: Nearshore bedform patterns along Rhode Island from sidescan sonar surveys - discussion.- *Jour. Sed. Petrol.* 52, 674-677.
- WERNER, F., 1983: Report on cruise no. 100 b of R.V. "Poseidon", May 7-20, 1983 - sediments on the Norwegian Continental Margin near the Lofoten Islands. -*Berichte Geol.-Paläontol. Inst. Univ. Kiel*, Nr. 1.
- WERNER, F., 1985: Sedimentary and biogenic structures in Upper Quarternary marine Skagerrak

deposits.- Norg. Geol. Tidsskr. (in press).

WERNER, F. & WEFER, G., 1984: Sediment accumulation in channels of the double barrier reef off Bohol (Philippines).- Philippine Scientist (im Druck).

WERNER, F. & WETZEL, A., 1982: Interpretation of biogenic structures in oceanic sediments.- Bull. Inst. Geol. Bassin d Aquitaine, Bordeaux, 31, 275-288.

WERNER, F., G. UNSÖLD, B. KOOPMANN and A. STEFANON, 1980: Field observations and flume experiments on the nature of comet marks.- Sedimentary Geology 26, 233-262.

WERNER, F.; Y.A. PARK; C.S.KIM & J.S. CHOI, 1985: The impact of Late Quaternary sea-level-fluctuations on shelf sediments off SW Korea. In: O.H. PILKEY & Y.A. PARK (eds.): Symposium on Marine Geology and Geophysics of the Yellow Sea. (im Druck).

WERNER, F., H. ERLKENKUSER, U. v. GRAFENSTEIN, S. McLEAN, M. SARNTHEIN, U. SCHAUER, E. WALGER & G. UNSÖLD, 1984: Sedimentary Record of Benthic Processes. In: WALGER et al. (eds.).- Pelagic - Benthic Interaction. Synopse SFB 95 (im Druck).

WINN, K., F.-C. KÖGLER & F. WERNER, 1980: Simultaneous application of reflection strength recorder, sidescan sonar and sub-bottom profiler in seafloor sediment mapping. In: A. KUPERMANN & B. JENSEN (Eds.).- Bottom-interacting ocean acoustics, 85-98.

WINN, K., F. AVERDIECK and F. WERNER, 1982: Spät- und postglaziale Entwicklung des Vejsnaes-Gebietes (Westliche Ostsee).- Meyniana 34, 1-28.

WINN, K. & WERNER, F., 1984: Ein integriertes akustisches Fernmeßsystem (IAMS) zur Typisierung von Schichtfolgen im Meeresboden und Bestimmung ihrer Raumlage.- Ber. Geol.-Pal. Inst. d. Univ. Kiel, 5, 1-132.

WOLSCHELDORF, K., VASELOW, K., MÖLLER, W.-D. & H. SCHULZ, 1983: A quantitative determination of ariticonvulsant - induced bone demineralization by an improved x-ray densitometry technique.- Neuroradiology, 25, 315-318.

5.5 Ziele, Methoden und Arbeitsprogramm

5.5.1 Ziele und Methoden

a) Übersicht

Das Teilprojekt A2 widmet sich im Rahmen des Gesamtthemas der Untersuchung des horizontalen Partikeltransportes. Das Ziel ist dabei, die Richtung, relative Intensität sowie die räumliche und zeitliche Variabilität der Sedimentbewegung soweit als möglich aus den Befunden in den Oberflächensedimenten und aus ergänzenden Strommessungen in Bodennähe abzuleiten und sie als Abbild des ozeanischen Zirkulationssystems zu verstehen. Die mit seismo-sonographischen Schlepssystemen aufzunehmende Kleinmorphologie der Sedimentoberfläche, Verteilungsmuster sowie Korngrößenverteilung und -zusammensetzung der Oberflächensedimente müssen hierfür unter dem Aspekt ihrer Beziehung zu Struktur und Dynamik der Wasserkörper ausgewertet werden. Der Untersuchungsraum ist der Kontinentalrand der Norwegischen See zwischen Vöring-Plateau und Barents See, mit Schwerpunkten in 2 Transects bei diesen

Gebieten. Innerhalb derselben werden dann einzelne engere Arbeitsgebiete nach verschiedenen Gesichtspunkten für detaillierte Untersuchungen (z.B. Deep-tow-Einsätze) auszuwählen sein.

Im folgenden werden die einzelnen wissenschaftliche Teilziele im Zusammenhang mit der vorgesehenen Methodik diskutiert.

b) Morphologische Kriterien des Sedimenttransports

Anhand der durchzuführenden Detailkartierungen wird nach den Vorkenntnissen ein umfangreiches Material über Morphologie und Aufbau von Bodenformen zu erwarten sein, die entweder primär oder sekundär durch Strömungseinfluß entstanden sind. Als primäre Formen bezeichnen wir Sohlformen wie Rippeln, Sandbänder, Erosionsfurchen, als sekundäre solche, die aus einem präexistenten Relief durch Wechselwirkung mit der Strömung entstanden sind. Als Beispiel solcher sekundären Formen seien leeseitige Sedimentation oder Erosion an Reliefformen, wie z.B. an den weit verbreiteten Eisflugmarken auf dem Schelf, von Rutschmassen oder von sonstigen, als denkbare Strömungshindernisse wirkende Formen unterschiedlichster Größenordnungen genannt. In bezug auf das morphologische Inventar sind im Schelfbereich und in der Tiefsee kennzeichnende Unterschiede zu erwarten. Im Schelfbereich und am oberen Hang werden wir es - wie auch die vorhandenen Daten bestätigen - vorwiegend mit Großrippeln, Sandbändern und Kometenmarken zu tun haben. Dazu ist mit symmetrischen Verfüllungen an Reliefformen zu rechnen, insbesondere den weitverbreiteten Eisflugmarken, für deren Nachweis unser hochauflösendes seismo-sonographisches System Voraussetzung ist. Am unteren Hang und am Kontinentalfuß werden nach den oben genannten Untersuchungen relativ selten Böden mit hohe Strömungsenergien anzeigenden Strömungsmarken, wie longitudinale Rippeln und Erosionsfurchen, zu erwarten sein, sondern viel eher wiederum mit Relief verknüpfte, ungleichförmige Sedimentbedeckungen, die vorwiegend Wechsel zwischen Sedimentation und Nicht-Sedimentation anzeigen. Um mit Hilfe des Tiefschleppsystems solche Formen zur Richtungsangabe kartieren zu können, wird es erforderlich sein, die Einsatzgebiete sorgfältig nach Vorvermessungen auszuwählen. Günstig dafür werden Gebiete sein, die bei wenig schwankendem Tiefenniveau ein relativ rauhes Kleinrelief mit wechselnder Sedimentbedeckung zeigen.

Das Teilziel lautet also, das gesamte kleinmorphologische Inventar bezüglich möglicher Beziehungen zum Strömungssystem zu prüfen. Im einzelnen werden dabei Antworten auf folgende, z.T. als Arbeitshypothesen formulierte Fragen gesucht:

- Welche Bodenformen kommen in welchem physiographischen Bereich vor?
- Sind Transportanzeichen zwischen Schelf und Tiefsee in ein zusammenhängendes System zu bringen (z.B. Hangabwärts-Transport)?
- Gibt es Zonen im Hangbereich, die durch Ihre Strömungsbeeinflussung periodische bzw. episodische Prozesse, wie unter 3.3 beschrieben, also etwa hangabwärtsgerichtetes "Winterwasser" oder die Wirkung interne Wellen dokumentieren?
- Gibt es aus den morphologischen Kriterien Hinweise auf eine zeitliche Fluktuation der Strömungsbeeinflussung, z.B. durch Zusammenhänge mit der Besiedlung/Bioturbation, d.h. die relative "Frische" der Formen?

Da hinsichtlich der Entstehung "sekundärer Sohlform" ersuchen, können von dem Ansatz, sie als Indikatoren für Bodenwirksamkeit von Strömungen zu verwenden, gleichzeitig allgemeinere Ergebnisse zu ihrer Interpretation erwartet werden.

c) Sedimentverteilungsarten als Abbild von Transportvorgängen

Die Kenntnis der räumlichen Verteilungen der Oberflächensedimente ist wichtig für die Ableitung des heute wirksamen dynamischen Zustands am Kontinentalhang und -fuß. Methodisch kommt es dabei vor allem darauf an, die alleroberste Sedimentschicht (z.B. 5 - 10 mm)

sorgfältig abzutrennen, was mit Hilfe der 50 x 50 cm großen Kastengreiferproben möglich ist. Ferner müssen die geeigneten Korngrößenverteilungsparameter gewählt werden, die sensitiv auf verschiedene Transportbedingungen reagieren, z.B. Modalkorngrößen und ihre Gewichtsanteile innerhalb einzelner Verteilungen. Als Integrationshilfen dienen vor allem Sedimentechogramme. Da vollständige Netzkartierungen über das gesamte Arbeitsgebiet wegen des viel zu hohen zeitlichen Aufwands nicht in Frage kommen, wird man sich auf einzelne Transects über den Kontinentalhang und auf engständige Beprobung in den Detail-Arbeitsgebieten für die DeepTow-Einsätze beschränken müssen. Auf dem Schelf dagegen werden wir keine kartenmäßige Darstellung der Sedimentverteilung anstreben.

d) Korngrößenverteilungen als Abbild von Transportvorgängen und Verfügbarkeit

Ohne Zweifel spiegeln vertikale Korngrößenabfolgen in den Oberflächensedimenten, wie in der "Pilotstudie" vorgefunden, charakteristische Mechanismen und Bahnen des lateralen Sedimenttransportes wider. Wie auch die - variierende - Komponentenzusammensetzung sind diese räumlichen und zeitlichen Muster von zwei Faktorengruppen abhängig, die die Verfügbarkeit von Partikeln nach ihren Korngrößen in unterschiedlichen Liefergebieten einerseits und die Wirksamkeit verschiedener Bodenstromsituationen andererseits steuern. Diese werden nach Intensität, Richtung und Häufigkeit am Ort der Beobachtung konkurrieren und sich im Laufe des Holozän sicher auch verändert haben.

Als rezente Liefergebiete kommen in Frage:

- 1) Für Ton/Silt/Sand: Erosionsgebiete (incl. Restsedimentflächen) auf dem Schelf und oberen Hang,
- 2) Für Silt/Sand/org. Detritus: Brandungsexponierte Küsten (z.B. Lofoten),
- 3) Für Sand/Kies (eisverdriftet): Eisexponierte Küsten.

Dazu können absedimentierte Partikel aus der Luft, dem Pelagial und der benthischen Produktion resuspendiert und weiter verfrachtet werden. Eisdriftmaterial wird dagegen unabhängig von Bodenströmungen angeliefert.

Ziel dieser Untersuchungen ist nun, die räumlich-zeitliche Verteilung der vertikalen Korngrößenabfolge am Kontinentalhang und -fuß zu ermitteln und sie auf ihre Aussagekraft hinsichtlich des advektiven Transportes, also der genannten Möglichkeiten für Sedimentquellen, Transportwege und -prozesse, für verschiedene Korngrößenfraktionen zu prüfen.

Die methodischen Grundlagen sind Korngrößenanalysen aus engständig (cm-weise) entnommenen Detailproben aus Großkastengreiferproben, die nach den seismischen (und z.T. sonographischen) Voruntersuchungen gezielt anzusetzen sind. Außer den Korngrößen werden Wassergehalt sowie Gesamtkarbonat und Dolomitanteil (dieser als Maß für den abiogenen Anteil) an verschiedenen Fraktionen bestimmt. ¹⁴C- und O-Isotopendatierung (zus. mit TP B2) sollen ermöglichen, die Korngrößenfluktuationen in Zeitscheiben zu betrachten.

Als wesentliche Grundlage der Interpretation der Korngrößenverteilungen ist die statistische Behandlung mit den unter 3.4 genannten EDV-Methoden unerlässlich. Zunächst ist die Aufspaltung der polymodalen Verteilungen in die Einzelkomponenten durchzuführen, während mit multivariaten Methoden eine räumliche Trennung in Faziestypen versucht werden soll.

Eine gesonderte Bearbeitung verlangt das eisverdriftete Material. Sein Vorhandensein in

hohen Breiten, auch in Warmzeiten, eröffnet eine einzigartige Möglichkeit, die Abbildung der Oberflächenzirkulation im Sediment zu untersuchen. Dazu kommt, daß die Grobheit der Körner dieser Transportart (über 2 mm) methodisch eine petrographische Identifizierung erlaubt. Die Rekonstruktion und Fluktuation der Transportwege während der jüngsten erdgeschichtlichen Abschnitte aufgrund der Kornartenanalyse dieses Materials soll deshalb in einem gesonderten Ansatz (Dissertation) nachgegangen werden.

e) Restsediment als Abbild maximaler Strömungsbedingungen

Die unter 5.3 geschilderte Möglichkeit, durch die Analyse (grobkörniger) Restsedimente Maximalwerte der Bodenschubspannung von Strömungen abzuleiten, soll im Untersuchungsgebiet verfolgt werden. Da die Restsedimentbildung auch durch zusätzliche Einwirkung von Oberflächenwellen geschehen kann, müssen Gebiete ausgewählt werden, die hinreichend tief liegen (300 bis 500 m), um den heutigen Welleneinfluß vernachlässigbar zu machen. Außerdem sollen solche Gebiete ausgewählt werden, die im Einzugsbereich der für den Hangabwärtstransport relevanten Transportbahnen (z.B. SW der Lofoten) liegen.

Wiederum sollen geeignete Stellen nach Aufnahmen mit dem seismo-sonographischen Flachsleppsystem ausgewählt und dann mit einem speziellen Grobsedimentgreifer (s. Investitionen) beprobt werden. Außerdem sollen parallel dazu Korngrößenbestimmungen der Kieskomponenten mit Hilfe von Unterwasserphotos vorgenommen werden, um die Korngrößenunterschiede der Deckschicht statistisch zu erfassen.

f) Gefüge der Oberflächensedimente

Hand in Hand mit der Korngrößenanalyse des Oberflächenprofils muß eine Gefügeanalyse gehen. Davon sind Informationen zu folgenden Fragen zu erwarten:

- Spiegeln sich KorngröÙeneigenschaften im Schichtungsgefüge wider? (z.B. Verwischung durch Bioturbation!)?
- Stehen "KorngröÙeneignisse" in erkennbarem Zusammenhang mit Gefügeereignissen (z.B. Grobkornlagen) und sagt das entsprechende Gefüge etwas aus über die Art des zugehörigen Sedimentationsprozesses?
- Steht eine - nach den Vorstudien zu erwartende - vertikale und regionale Differenzierung des Bioturbationsgefüges in Zusammenhang mit der Dynamik des Wasserkörpers oder sonstigen Umweltfaktoren (Beziehung zu TB A3!)?
- Steht der Anteil von Eisdriftmaterial im Zusammenhang mit diskreten Lagen, die eine Ereignisstratigraphie ermöglichen?

Ferner werden bei der Analyse der Bioturbation nach paläontologischen Kriterien Ergebnisse zur Paläo-Ökologie anfallen, die in enger Beziehung zu dem Ansatz (von TP A3) der Nährstoffabhängigkeit benthischer Populationsmuster stehen.

Die Untersuchungen werden an großformatigen Radiographien aus den Großkastengreiferproben (bis 70 cm Querschnitt!) und an Dünnschliffen des gehärteten Sediments vorgenommen. Zum Teil werden die Profile an Hand von Kernen des TP B2 auch nach unten verlängert werden.

Die Gefügeanalyse der Radiographien soll unterstützt werden durch Methoden der Densitometrie und der digitalen Bildanalyse. Durch Eichaufnahmen soll damit das Röntgenbild statt durch qualitative Schwärzungsgrade Meßwerte der Porosität oder wenigstens einer funktionellen

Bezugsgröße hiervon repräsentiert werden.

Als Vorteile gegenüber einer herkömmlichen, rein qualitativen Auswertung lassen sich nennen:

- Überführung des Lagenbaus eines Profils in Meßwerte, die mit der Porosität (Wassergehalt) in Beziehung stehen und mit anderen Parametern einer Kernanalyse korreliert werden können,
- Beurteilung der Konsistenz von Lebensspuren, z.B. ob Gänge hohl oder etwa mit wässrigem Sediment gefüllt sind,
- Einführung neuer Meßgrößen, wie Orientierung (z.B. von Lebensspuren), Fleckigkeit u.a. zur Charakterisierung von Sedimenttypen.

Die methodischen Grundlagen (Aufnahmetechnik, Eichmessungen mit verschiedenen Röntgenquellen, Auswertprogramme) sollen im Rahmen einer Dissertation verbessert bzw. entwickelt werden.

g) Bodenstrommessungen

An Stellen, wo wir auf Grund der bisherigen oder bei den ersten Forschungsfahrten des jetzigen Projektes erhöhte Bodenwirksamkeit von Strömungen vermuten, solle langfristige Bodenstrommessungen durchgeführt werden, um einen Nachweis zu führen, inwieweit die geologischen Abbilder meßbare Bodenstromsituationen dokumentieren.

Wir hoffen, dadurch,

- die zeitliche Fluktuation von Strömungsereignissen und damit saisonale Schwankungen und mögliche Extremereignisse zu erfassen, um sie mit dem geologischen Befund vergleichen zu können,
- dynamische Prozesse an Wassermassengrenzen (z.B. Untergrenze Norwegenstrom) und hangab gerichtete Bodenströmungen zu erkennen.

Die Strommesser sollen paarweise 2-3 m über Grund möglichst langfristig (ca. 1 Jahr) verankert werden: ein Strommesser in die Untergrenze Norwegenstrom, der andere im potentiellen Einflußbereich hangab gerichteter Bodenströmungen. Für die Auswertung stehen Routinemethoden im IFM und IAP zur Verfügung.

5.52 Schiffsexpeditionen und einzusetzende Geräte (Arbeitsprogramm)

Grundlage der Untersuchungen sind Schiffsexpeditionen, die mit anderen Teilprojekten gemeinsam durchgeführt werden. Eine Übersicht mit Zeitplan nach dem jetzigen Stand gibt Tab.3. Zu den darin enthaltenen Techniken dienen folgende Erläuterungen.

1) Sea Beam-System, vorhanden auf F.S. "Polarstern", für Nachfolgebau "Meteor" entsprechender "Fächerechograph" vorgesehen. Dient zur großflächigen Aufnahme bathymetrischer Streifen "on line" in variablem Maßstab (typisch: 1:10.000), die zur sofortigen Übersicht dienen und in späterer Datenverarbeitung (post-processing, mit Korrekturverfahren zur Satellitennavigation) zu integrierten Tiefenkarten verarbeitet werden. Das System ist nur in tieferem Wasser (größer 1000 m) einsetzbar.

2) Seismo-sonographische Tiefschlepp-Systeme

Für die Fragestellung "morphologische Kriterien des Sedimenttransports" sollen Oberflächenformen wie Internstruktur der Sedimente mit einem Tiefschlepp-System aufgenommen werden. Je nach den Tiefen- und Sedimentverhältnissen werden die Verfahren etwas variiert. Auf dem Schelf werden seismische und sonographische Schallquelle parallel geschleppt. Als seismische Quelle dient ein "Boomer" mit breitbandiger Frequenz, der - im Gegensatz zum 3,5 kHz-Gerät - in der Lage ist, akustisch härtere Sedimente wie Geschiebemergel und Sande zu durchdringen. Im Seitensicht-Sonar-Teil können wahlweise 100 oder 500 kHz (hohe Auflösung!)-Schleppfische eingesetzt werden. Das System kann auf verschiedenen Schiffen incl. "Poseidon" gefahren werden. In der Tiefsee müssen Seismik- und Sonarteil in einen Schleppkörper vereinigt werden. Hierzu soll der neu beschaffte "Tow Fish 990" (Firma EG & G) dienen, der zusätzlich mit einem 3,5 kHz-Pinger ausgerüstet werden muß.

Das vorhandene (bzw. in der Beschaffung (HFBG) befindliche) Gerätesystem besteht i. w. aus:

- EG & G - Sidescan Sonar 100 kHz + Recorder 260
- EG & G - Sidescan Tow Fish 990 Coaxkabel + Modem 996
(Digital Interface)
- KLEIN - Sidescan Sonar 521T(Recorder) + 500 kHz - Fisch
- EPC - Recorder Modell 4800
- Boomer "Geopulse" (O.R.E./USA)
- Amplifier/Processor 5210 (O.R.E.)
- Power Supply 5420A (O.R.E.)

Für die im Projekt vorgesehenen Tiefseeaufnahmen ist der als Investition beantragte Ausbau dieses Systems notwendig.

3) 3.5 kHz-Sedimentecholot

Im Gegensatz zu den Schleppsystemen ist dieses Gerät am Schiff installiert und damit (normale Fahrtgeschwindigkeit!) für Übersichtsvermessungen in erster Linie geeignet. Es dient sowohl zur Kartierung von Bodenformen und ihrer Internstruktur als auch zur gezielten Kernentnahme und zur Auswahl von "Schlüsselgebieten" für die Tiefschlepp-Kartierung.

4) Unterwasserphotographie und -fernsehen

Zur Direktbeobachtung und Dokumentation sind Photographie und z.T. Fernsehbeobachtung bestimmter Oberflächensedimente erforderlich. Sie dienen bei kleinräumigem Sedimentwechsel auf dem Schelf zur Bestimmung sonographisch erfaßter Strukturen, zur Unterstützung der Korngrößenanalyse von Restsedimenten und im tieferen Wasser zur punktuellen Beobachtung im Zusammenhang mit der Kastengreiferbeprobung. Zur Beobachtung bei treibendem Schiff sind geeignete Geräte vorhanden, während eine am Kastengreifer zu montierende Kamera als Investition beantragt werden muß.

Tabelle 3 Übersicht über Methoden auf Forschungsfahrten im TP A 2

Methode	Schiff	Untersuchungsphasen	Gebiet	Quantitative Vorstellungen	Bezug Kostenplan	Bearbeiter	Sonstiges
Tiefschlepp-System (SMARTFISH)	Meteor II	1986	Vöring-Plateau/ K'-Hang	3 Arbeitsgeb. à ca. 40 sm ²	2 I, V G	Werner, Unsöld, Rumohr	ausschließlich kleine Areale werden vermessen (Schleppgeschwindigkeit 1 - 2 kn)
	Polarstern	1987	Barentssee- K'-Hang	2 Arbeitsgeb. à ca. 30 sm ²			
Flachschlepp-System (IAMS)	Poseidon	1983 ¹⁾	Lofoten/Traena- Banken	je ca. 200 sm	G V	Werner, Unsöld, N.N. (Doktorand)	vorwiegend ausgewählte kleinere Areale werden vermessen (Schleppgeschwindigkeit 2 - 3 kn)
	Meteor II	1986					
	Polarstern	1987					
	Polarstern	1986	Barentssee- K'-Hang	ca. 50 sm			
Sea-Beam-(o.ä.) Vermessung	Polarstern	1983 ¹⁾	K'-Hang Barentssee bis Vöring-Plateau	1.770 sm	S V	Rumohr, Werner	sowohl engräumige Arbeitsgebiete (Matratzen-Vermessung) als Einzelprofile (z.B. hangnormal)
		1987		1.700 sm			
	Meteor II	1986		1.000 sm			
3.5 kHz- Sediment- Echolot	Polarstern	1983 ¹⁾	K'-Hang Barentssee bis Vöring-Plateau	1.770 sm	V	Rumohr, Werner, Chough	
	Meteor II	1986		1.200 sm			
	Polarstern	1987		1.200 sm			
Kastengreifer- Beprobung	Poseidon	1983 ¹⁾	Lofoten-Schelf Barentssee/V.-Pl. (K'-Hang)	47 Proben	G V S	Rumohr, Kachholz, Werner	detaillierte Korngrößenvariation im Profil; + Unterwasserphotos der Oberflächen
	Polarstern	1983 ¹⁾		37 Proben			
	Meteor II	1986	Barentssee/V.-Pl. (K'-Hang)	80 Proben			
	Polarstern	1987		80 Proben			
Poseidon	1986 + 87	Schelf	80 Proben				
Restsediment- Beprobung	Poseidon	1986 + 87	Schelf	40 Proben	I V	Unsöld, Rumohr, Kachholz	Unterwasserphotos zur Bestimmung der Korngrößenverteilung
Bodenstrom- Messungen	Meteor II Polarstern	1986 1987	Vöring-Plateau Barentssee oder Vöring-Plateau	2 Verankerung. 2-4 Verankerung.	I V	Rumohr, Werner, Unsöld	langfristige Messungen (bis 1 Jahr) 2 je Hangprofil (beidseitig von Wassermassengrenzen)

1) Pilotstudie,
zum Vergleich mit aufgeführt

I = Investitionen
G = Geräte
V = Verbrauchsmaterial
S = Sonstiges

5.6 Stellung innerhalb des Programms des Sonderforschungsbereichs

Die vielfältigen Querbeziehungen zu anderen Teilprojekten werden hauptsächlich aus dem vorangegangenen Abschnitt ersichtlich. Einige Punkte seien hervorgehoben:

- 1) Die seismischen Aufnahmen im Teilprojekt B1 und die Arbeiten zur physikalischen Interpretation der Reflektoren werden der Auswertung der seismo-sonographischen Registrierungen zugute kommen.
- 2) Die Befunde bei der Untersuchung der Sedimentgefüge von Kastengreiferproben (insbesondere der bioturbaten Strukturen) des Kontinentalhangs und -fußes, werden sich mit Hilfe der Ergebnisse des TP A3 über die Verteilung der Makrofauna besser interpretieren lassen. Umgekehrt sind Ergebnisse über laterale Sedimentzufuhr für dieses Teilprojekt wichtig, da die Transportwege von Silt und Feinsand vermutlich auch die Bahnen sind, auf denen partikulär organische Substanz zugeführt wird.
- 3) Die Ergebnisse zur Chronostratigraphie von langen Kernen im TP B2 werden benötigt zur Interpretation der Seismogramme. Die Profile der Oberfläche (A2) und von längeren Sedimentkernen müssen sich gegenseitig ergänzen. Ergebnisse über die Rolle der lateralen Sedimentzufuhr vom Schelf sind für dieses TP wichtig für die Interpretation von Isotopenverhältnissen und generell für Ableitungen zur Paläozeanographie.

Ergänzende Bemerkung:

Im Verlauf der Diskussionen zum vorgelegten Konzept wurde überlegt, experimentelle Arbeiten am Strömungskanal des GPI mit einzubeziehen. Die Feldbefunde in der Norwegischen See haben jedoch gezeigt, daß derzeit noch keine unmittelbare "Nutzanwendung" bezüglich der Deutung von Restsedimenten erwartet werden kann. Die gegenwärtig laufenden, langwierigen Experimente zu diesen Fragen sollen außerhalb eines SFB weitergeführt werden. Es wird für möglich gehalten, zu einem späteren Zeitpunkt eine direkte Verknüpfung herzustellen.



6. Teilprojekt A3, Reaktion des Benthals auf den Partikelfluß

6.1 Allgemeine Angaben zum Teilprojekt A3

5.11 Fachgebiet und Arbeitsrichtung: Benthosökologie, Zoologie, Meereschemie, Mikropaläontologie

6.12 Prof. Dr. G.F. Lutze	Prof. Dr. S.A. Gerlach
Geologisch-Paläontologisches Institut	Institut für Meereskunde an der Universität Kiel
der Universität Kiel	
Olshausenstr. 40	Düsternbrooker Weg 20
2300 Kiel	2300 Kiel
0431 - 880/2924	0431 - 597/4451

6.13 Personal zur Zeit der Antragstellung

Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institut	Arbeitszeit f. SFB (Wochenstd.)
Grundausrüstung			
1) Balzer, W., Dr. Hochschulass.	Meereschemie	IfM	15
2) Duinker, J., Dr. Professor	Meereschemie	IfM	7
3) Gerlach, S., Dr. Professor	Benthosökologie	IfM	10
4) Graf, G., Dr. Hochschulass.	Benthosökologie	IfM	15
5) Hartmann, M., Dr. wiss. Ang.	Geochemie	GPI	beratend
6) Lutze, G.F., Dr. Professor	Mikropaläontologie	GPI	10
7) Beumelburg, H. Büroangestellte		IfM	5
8) Johannsen, H. Techniker		IfM	7
9) Martens, V. Techniker		IfM	10
10) Salomon, B. techn. Ang.		GPI	10
11) Schmidtman, C. Büroangestellte		GPI	5
12) Suwald, G. Büroangestellte		IfM	5
13) Hecht, B. Fotografin		GPI	3



6.2 Zusammenfassung

Die ausgeprägte Saisonalität des Partikelflusses in borealen und arktischen Meeren dürfte Konsequenzen für ökologische und geochemische Prozesse am Meeresboden haben und damit das Geschehen am Meeresboden bestimmen.

Ausgehend von einem saisonalen Nahrungsangebot soll überprüft werden, wie Organismen auf kurzfristige Überflußphasen und lange Hungerperioden reagieren. Von besonderem Interesse sind dabei einerseits die Makrofauna, die durch ihre Bioturbationsleistung Einfluß auf die Inkorporation der organischen Substanz in das Sediment nimmt, andererseits die Bakterien, die das Potential zu besonders schneller Reaktion auf Sedimentationsereignisse besitzen. Von fachübergreifendem Interesse sind die benthischen Foraminiferen. Aus ökologischer Sicht ist zu klären, warum sie in diesem Lebensraum so erfolgreich sind. Aus mikropaläontologischer Sicht sind Untersuchungen an rezenten Foraminiferen erforderlich, um aktuopaläontologische Grundlagen für die Bearbeitung von Sedimentkernen zu schaffen. Aus geochemischer Sicht interessant ist, daß Foraminiferen in ihren Hartschalen Informationen über Spurenmetall-Gehalte ihrer Umgebung speichern können.

Durch Untersuchung der organischen Substanz, Nährstoff- und Spurenmetallanalysen an Sedimenten soll die Fraktionierung biogener und abogener Substanzen am Meeresboden und im Sediment verfolgt werden. Diese Untersuchungen sollen zeigen, inwieweit Menge und Zusammensetzung der im Meere produzierten organischen Substanz sowie eingetragener Komponenten durch selektive Abbau- und Rückführungsprozesse verändert werden. Auf dem Wege bis zur Ablagerung in tieferen Sedimentschichten finden die deutlichsten Abbau- und Fraktionierungsprozesse im Bereich der Sediment/Wasser-Grenzfläche statt; daher soll die Untersuchung der vertikal aufeinander folgenden Abbaumilieus für organische Substanz (Sauerstoffzehrung, Denitrifikation, Oxidreduktion, Sulfatreduktion) verbunden werden mit der Analyse von partikulären und im Porenwasser gelösten Spurenmetallen, sowie der Bestimmung der Hauptkomponenten organischer Substanz und ihrer Zwischen- und Endprodukte beim Abbau. Eine gesonderte Studie soll prüfen, inwieweit die Gehalte "nährstoffähnlicher" Spurenmetalle in biogenen Hartschalen (Foraminiferen) zur Rekonstruktion borealer Ablagerungsräume geeignet sind.

6.3 Stand der Forschung

In einem borealen oder arktischen Meer erfolgt der größte Teil des Partikelflusses vom Pelagial ins Benthal innerhalb kurzfristiger, intensiver Sedimentationsereignisse. Dies gilt besonders für den auf pelagische Produktion zurückgehenden organischen Anteil, der aus benthischer Sicht als Nahrungsfluß anzusehen ist. Auch in großen Wassertiefen führt diese ungleiche Verteilung des Partikelflusses zu Phasen kurzfristigen Überangebotes von Nahrung und zu langen Hungerphasen (BILLET et al., 1983).

In Flachwassersystemen, wie der Kieler Bucht, führen solche Ereignisse zu einem kurzfristigen (2 - 4 Wochen), intensivierten Stoffumsatz, der überwiegend von Mikroorganismen (Bakterien und Protozoen) getragen wird (MEYER-REIL, 1983).

Ob dieser Prozeß am Kontinentalhang ähnlich verlaufen wird, ist offen und bisher nicht untersucht. Allerdings deuten Untersuchungen von SMITH und BALDWIN (1984) an, daß selbst in der Tiefsee (Nord-Pazifik) eine saisonale Sauerstoffzehrung des Sedimentes vorliegt. Aufgrund der potentiell schnellen Reproduktionsleistung im Vergleich zu Meio- und Makrofauna muß den Bakterien und Protozoen allerdings auch in diesem System die wichtigste Rolle beim

Abbau organischer Substanz während der Überflußphasen zugetraut werden. Die Biomasse der Benthos-Foraminiferen stellt auch in der Tiefsee der arktischen Meere einen wesentlichen Teil der Biomasse (PAUL & MENZIES, 1973; DOUGLAS & WOODRUFF, 1981). ZENKEWICH (1967) weist diesen Formen grundlegende Bedeutung in der benthischen Nahrungskette zu.

Während der langen Hungerphasen ist das Stoffwechselliveau benthischer Eukaryonten von der Bakterienproduktion abhängig; diese ist mit der Ausnutzung schwer abbaubarer Stoffe verbunden, also insgesamt sehr niedrig. Es ist deshalb mit den unterschiedlichsten Strategien zu rechnen, solche Hungerphasen zu überstehen, z.B. Ruhestadien, anaerober Stoffwechsel und Betäubungsschlaf (SMITH & BALDWIN, 1982).

Die bisher verwendete Methode, den Verbrauch organischer Substanz am Meeresboden zu bestimmen, ist die Messung der Sauerstoffzehrung des Sedimentes (cf. SMITH & BALDWIN, 1984). Sie ist die bisher einzige in-situ arbeitende Methode. Allerdings konnte sie z. B. am nordwest-atlantischen Kontinentalhang nur 1/3 der Kohlenstoffbilanz erklären (WALSH, 1981) und die biologische Bedeutung der Sauerstoffzehrung ist derzeit stark umstritten. So soll z.B. die Eindringtiefe von Sauerstoff in sogenannte oxidierte Sedimente nur wenige Millimeter betragen (REVSBECH et al. 1980). Eine Methode, die unabhängig von der Art der Elektronenakzeptoren den Verbrauch organischer Substanz abschätzen kann, ist die direkte Mikrokalorimetrie (PAMATMAT, 1982).

Die Arbeit mit dekomprimierten Proben an Bord ist in flachen Meeresgebieten üblich. Ab ca. 1000 m Wassertiefe ist mit stärkeren, druckbedingten biochemischen Effekten zu rechnen, welche die normalen physiologischen Prozesse und damit das natürliche Verhalten beeinflussen. Besonders einige Enzyme des zentralen Energiestoffwechsels sind druckabhängig (SOMERO et al., 1982). Hoher Druck beeinflußt die Quartärstruktur der Proteinanteile von Enzymen. Die Wirkung scheint jedoch reversibel zu sein, so daß eine erneute Kompression an Bord erfolversprechend ist.

Die Rolle der Makrofauna beim Abbau organischer Substanz ist quantitativ von geringer Bedeutung. Die Makrofauna spielt jedoch durch ihre mechanische Wirkung auf das Sediment (Bioturbation) eine entscheidende Rolle bei den zu untersuchenden Prozessen. Hier ist als erstes der Transport von Partikeln durch die Sedimentoberfläche nach unten und nach oben zu nennen. Dieser Prozess kann zu einer Anreicherung organischen Materials im Sediment führen, die über die rein vertikalen Sedimentationsraten hinausgeht. Ein weiterer Effekt liegt in der Stimulation der kleinen Organismen. Winkerkrabben bewirken durch ihre Grabtätigkeit eine Verdoppelung des Umsatzes organischer Substanz (MONTAGUE, 1982). Einzelne Foraminiferen zeigen hohe Anpassung an die jeweilige Nahrungssituation (DELACA et al. 1980, 1981). Auch bestehen auch Korrelationen zwischen spezialisierten Makrobenthos-Gemeinschaften und bestimmten Benthos-Foraminiferen (BERNSTEIN et al. 1978).

Als letztes sei die Schaffung von Mikrohabitaten innerhalb tierischer Bauten genannt, die spezielle Abbaubedingungen für organische Substanz schaffen. Ob Bioturbation in den Überschußphasen besonders intensiv ist, ist unbekannt. Die von SMITH & BALDWIN (1982) postulierten Strategien für den Nahrungserwerb von Tiefseebewohnern lassen dies allerdings vermuten.

Im Anschluß an Abbauprozesse in der Wassersäule (SUESS, 1980) findet die wesentliche Remineralisierung der organischen Substanz im Bereich der Sediment/Wasser-Grenzfläche statt, wobei aufeinanderfolgend verschiedene Oxidationsmittel (O_2 , NO_3 , MnO_2 , Fe_2O_3 , SO_4) genutzt werden (FROELICH et al., 1979). Während man sich zur Bestimmung der Sauerstoffzehrungsrate nun auch in der Tiefsee erfolgreich der in-situ - Inkubation (SMITH & HINGA, 1983) und der Gradientenmessung mit O_2 -Mikroelektroden (REIMERS et al., 1984) bedient, werden

Denitrifikation und Sulfatreduktion zumelst indirekt aus Porenwasser - Konzentrationsprofilen berechnet. Ebenso wie die Rate der org.-C - Akkumulation im Sediment (MUELLER & 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 O₂ oxidiert, wie erste Modellrechnungen zeigen (BENDER & HEGGIE, 1984). Der Einfluß der saisonal abhängigen Gesamtumsatzrate (SMITH & 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.

Die mechanische Durchmischung der oberflächennahen Sedimentschichten vor allem durch benthische Organismen hat bedeutenden Einfluß auf die biogeochemische Qualität der verbleibenden 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, 1982). Die Rückführung von Abbauprodukten an die Wassersäule findet sowohl von der Grenzfläche wie vom Sediment aus statt, wobei die relative Bedeutung der verschiedenen Prozesse wie molekulare Diffusion, bioturbater Transport, Resuspension, Dichteverdrängung und eventuell aufsteigende Gasbläschen noch ungeklärt ist (KLUMP & MARTENS, 1981; ALLER & BENNINGER, 1981). 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 (vgl. Übersichtsartikel in SIMONEIT, 1978; SEIFERT, 1980). Hinsichtlich der Regeneration von Nährstoffen kommt der Untersuchung der Hauptkomponenten organischer Substanz im Sediment und im Porenwasser besondere Bedeutung zu (z.B. HENRICHS et al., 1984; VOLKMAN et al., 1980).

Sehr wenig ist bislang bekannt über die frühdiagenetischen 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 & FEELY (1981) im Golf von Alaska keine wesentlichen Unterschiede in den Gesamtraten fanden für Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Zn, erhielten COBLER & DYMOND (1980) im äquatorialen Pazifik nur für Fe, Al und Ba identische Flüsse; Cu und Zn werden teilweise ins Bodenwasser freigesetzt, wohingegen Mn und Ni eine höhere Akkumulation in den obersten Sedimentschichten aufweisen als der vertikalen Zufuhr zum Boden entspräche, was durch Remobilisierung und Transport im Sediment (sowie evtl. hydrothermale Zufuhr) erklärt wurde. Für zwei Stellen im letztgenannten Gebiet zeigte KLINKHAMMER (1980) anhand von Porenwasser-Untersuchungen, daß die Profile von Mn, Fe, Ni, Cu durch die Verhältnisse bei der Oxidation von organischer Substanz kontrolliert werden, wobei sich nur für Cu ein beträchtlicher Fluss ins Bodenwasser ergab, wie bereits von BOYLE et al. (1977) aus Wassersäulenprofilen abgeleitet und vorhergesagt worden war; Ni und Mn hingegen werden in der oxischen Deckschicht fixiert. GRAYBEAL & HEATH (1984) fanden bei einer genaueren Untersuchung der Sediment-Kuchen, daß Co, Ni, Cu und Zn im Sediment remobilisiert werden, wenn Mangan- und Eisenoxohydroxide 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 Readsorption. 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 (bei Cu betrug der Gehalt im Porenwasser sogar das 10- bis 40-fache des Bodenwassers). Der Austausch zwischen Porenlösung und Bodenwasser von Mangan, Nickel und einigen weiteren Elementen wurde von WEDEPOHL (1979) untersucht.

Ein vielversprechender Parameter für die Rekonstruktion paläoozeanographischer Verhältnisse von Produktivität und Strömung bzw. Wasserkörper - Unterscheidungen (vgl. TP B2) besteht in der kürzlich entwickelten Bestimmung des Spurenelementgehaltes (vor allem Cd) von Foraminiferenschalen (BOYLE, 1977). Da sich sogenannte "nährstoffähnliche" Spurenelemente (z.B. Cd) ähnlich wie Phosphat oder Silikat im Ozean verhalten, ließen sich über die Cd/Ca - Verhältnisse in bestimmten benthischen Foraminiferenarten Rückschlüsse auf die Chemie des Bodenwassers in den letzten 200.000 Jahren ziehen (BOYLE & KEIGWIN, 1982). Da die Analysen messtechnisch außerordentlich schwierig sind und einige Fragen der Bildung dieser Parameter noch nicht befriedigend gelöst sind, existieren erst wenige Anwendungen.

Literatur

- ALLER, R.C. & L.K. BENNINGER 1981: Spatial and temporal patterns of dissolved ammonium, manganese and silica fluxes from bottom sediments of Long Island Sound, USA. - *J. Mar. Res.*, 39, 295-314.
- BENDER, M.L. & D.T. HEGGIE 1984: The fate of organic carbon reaching the deep sea floor: a status report. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48, 977-986.
- BERNSTEIN, B.B., R.R. HESSLER & R. SMITH 1978: Spatial dispersion of benthic Foraminifera in the abyssal central North Pacific. - *Limnol. Oceanogr.*, 23, 401-416.
- BILLET, D.S.M., R.S. LAMPITT, A.L. RICE & R.F.C. MANTOURA 1983: Seasonal sedimentation of phytoplankton to the deep-sea benthos. - *Nature*, 302, 520-523.
- BOYLE, E.A. 1981: Cadmium, zinc, copper and barium in foraminifera tests. - *Earth Planet. Sci. Lett.*, 53, 11-35.
- BOYLE, E.A. & L.D. KEIGWIN 1982: Deep circulation of the North Atlantic over the last 200.000 years: geochemical evidence. - *Science*, 218: 784-787.
- BOYLE, E.A., F.R. SCLATER & J.M. EDMOND 1977: The distribution of dissolved copper in the Pacific. - *Earth Planet. Sci. Lett.*, 37, 38-54.
- CHRISTENSEN, E.R. 1982: A model for radionuclides in sediments influenced by mixing and compaction. - *J. Geophys. Res.*, 87, 566-572.
- COBLER, R. & J. DYMOND 1980: Sediment trap experiment on the Galapagos spreading center, equatorial Pacific. - *Science*, 209, 801-803.
- DELACA, T. E., J.H. LIPPS & R.R. HESSLER 1980: The morphology and ecology of a new larger agglutinated Antarctic foraminifer (*Textulariina*: *Notodendroidae* nov.). - *Zoological J. of the Linnean Soc.*, 69, 205-224.
- DELACA, T. E., D.M. KARL & J.H. LIPPS 1981: Direct use of dissolved organic carbon by agglutinated benthic Foraminifera. - *Nature*, 289, 287-289.
- DOUGLAS, R. & F. WOODRUFF 1981: Deep Sea benthic Foraminifera. - In: Emiliani, C. (Hrsg.), *The Sea*, Bd. 7, S. 1233-1327, New York.
- FROELICH, P.N. et al. 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. & G.R. HEATH 1984: Remobilisation of transition metals in surficial pelagic sediments from the eastern Pacific. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48: 965-975.
- HENRICH, S.M., J.W. FARRINGTON & C. LEEC 1984: Peru upwelling region sediments near 15° S. 2. Dissolved free and total hydrolyzable amino acids. - *Limnol. Oceanogr.*, 29: 20-34.
- 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 & D.W. GRAHAM 1982: Metal diagenesis in oxic marine sediments. - *Earth Planet. Sci. Lett.*, 61: 211-219.
- KLUMP, J.V. & L.S. MARTENS 1981: Biogeochemical cycling in an organic rich coastal marine basin. II. Nutrient sediment - water exchange processes. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 45: 101-121.
- LANDING, W.M. & R.A. FEELY 1981: The chemistry and vertical flux of particles in the northeastern Gulf of Alaska. - *Deep-Sea Res.*, 28: 19-38.
- 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.
- MONTAGUE, C.L. 1982: The influence of fiddler crab burrows and burrowing on metabolic processes in salt marsh sediments. In: *Estuarine comparisons*, Ed.: V.S. Kennedy, Academic Press, N.Y., p. 283-301.
- MÜLLER, P.J. & E. SUESS 1979: Productivity, sedimentation rate and sedimentary organic matter in the oceans. I. Organic carbon preservation. - *Deep-Sea Res.*, 26, 1347-1362.
- PAMATMAT, M.M. 1982: Heat production by sediment: Ecological significance. - *Science*, 215, 395-397.
- PAUL, A.Z. & R.J. MENZIES 1973: Benthic ecology of the high Arctic Deep-Sea. - ONR Report, Florida State University, Tallahassee.
- REIMERS, C.E., S.K. KALHORN, S.R. EMERSON & 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.
- REVSBECH, N.P., B.B. JØRGENSEN & T.H. BLACKBURN 1980: Oxygen in the sea bottom measured with a microelectrode. - *Science*, 207, 1355-1356.
- SEIFERT, W.K. 1980: Biological marker organic geochemistry. In: Prashnowsky, A.A. (ed.), *The impact of the Treibs Porphyrin concept on the modern organic geochemistry*. - Univ. Würzburg, 35p.
- SIMONEIT, B.R.T. 1978: The organic chemistry of marine sediments. In: Riley, J.P. & Chester, R. (eds.), *Chemical Oceanography*, Vol. 7, Academic Press, p. 233-311.

- SMITH, K.L. & R.J. BALDWIN 1982: Scavenging deep-sea Amphipods: Effects of food odor on oxygen consumption and a proposed metabolic strategy.- *Mar. Biol.* 68, 287-298.
- SMITH, K.L. & 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. & K. HINGA 1983: Sediment community respiration in the deep sea. In: Rowe, G. (ed.), *The Sea*, Vol. 8, Wiley, p. 331-370.
- SOMERO, G.N., J.F. SIEBENALLER & P.W. HOCHACHKA 1983: Biochemical and physical adaptations of deep-sea animals. In: *Deep-sea biology*, Ed. G.T. Rowe, John Wiley & Sons, N.Y., p. 261-330.
- VOLKMAN, J.K. et al. 1980: Microbial lipids of an intertidal sediment. I. Fatty acids and hydrocarbons. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44, 1133-1143.
- WALSH, J.J. 1981: Shelf-sea ecosystems. In: *Analysis of marine ecosystems*, Ed. A.R. Longhurst, Acad. Press, N.Y., p. 159-196.
- WEDEPOHL, K.H. 1979: Geochemische Aspekte der Diagenese von marinen Ton- und Karbonatsedimenten. - *Geol. Rundsch.*, 68, 833-847.
- ZENKEVICH, L.A. (1967): *Tridhat derjatyj rejs*. - *Priroda*, 2, 12-26, Moskau.

6.4 Eigene Vorarbeiten

Die Reaktion benthischer Organismen auf den Partikelfluß aus dem Pelagial wurde in den letzten Jahren in der Kieler Bucht intensiv untersucht. Es zeigte sich, daß sedimentierende Phytoplanktonblüten ohne jede Zeitverzögerung genutzt werden und daß Stoffwechselintensität und Biomasse sprunghaft erhöht werden (GRAF et al., 1982). Während der Überschußphasen, d.h. unmittelbar nach einem Sedimentationsereignis, traten Phasen mit anaerobem Stoffwechsel auf.

Mit einfachen organischen Analysen im Sediment, z.B. Protein, ließ sich die Qualität des organischen Materials und der Zeitpunkt der Inkorporation in das Sediment bestimmen (GRAF et al., 1983). Bei der Bilanzierung dieser Transportprozesse zeigten sich starke Differenzen zu den Transportraten, die durch Sinkstofffallen ermittelt wurden. Die Differenz erklärte sich durch "horizontale" bodennahe Transportprozesse, die insbesondere an Hanglagen eine große Rolle spielen (GRAF et al., 1983, 1984). Ein horizontaler Advektionsfaktor von 4 - 7 wurde ermittelt, d.h. in einer bestimmten Region am Hang reicherte sich organisches Material bis zum 7-fachen des vertikal gerichteten, organischen Partikelflusses an. Auswirkungen des Hangtransportes auf die Biomasse der benthischen Foraminiferen sind am westafrikanischen Kontinentalhang bekannt. Unterhalb der Areale, in denen nur geringe Biomassewerte auftreten und wo durch umgelagerte Schelfformen (Schelf-Bolivinen) auch hoher Vertikaltransport nachgewiesen werden kann, treten höhere Biomassewerte dann wieder in größeren Wassertiefen (1000m - 2500m) auf (LUTZE, 1980; ALTENBACH, 1985).

Die bisher eingesetzten Methoden zur Biomasse- und Aktivitätsbestimmung im Sediment haben sich auch bei Feldeinsätzen bewährt (GRAF & BENGSSON, in press) und können zum größten Teil auch an Bord durchgeführt werden. Außerdem ließen sich die ursprünglich für das Sediment entwickelten biochemischen Methoden ohne Probleme auf isolierte Tiere, wie z.B. tropische Großforaminiferen, übertragen (BÖLTER et al., in press). Allerdings zeigte sich, daß Nukleotid-Messungen bei Tiefseesedimenten wenig sinnvoll sind, da ihre Auf- und

Abbaumechanismen besonders stark auf Dekompression reagieren. Die chemische Bestimmung von Biomasse sollte deshalb durch DNS-Analysen ersetzt werden, für die ein einfaches fluorometrisches Verfahren entwickelt wurde (WITZEL & GRAF, in press). Dieses Verfahren erweitert auch die in den letzten Jahren entwickelte Methode zur Direktmessung der Biomasse (org. C) von Foraminiferen. Durch Probenahme in zeitlichen Abständen sind damit auch Berechnungen der Zuwachsraten erfolgt (ALTENBACH, 1985).

Die Zusammensetzung der benthischen Foraminiferen-Gesellschaften in dem in Aussicht genommenen Untersuchungsgebiet wurde bereits untersucht (MACKENSEN et al. 1984). Statistische Analyseverfahren zur Interpretation großräumiger Verteilungsmuster der benthischen Foraminiferen können routinemäßig eingesetzt werden (LUTZE & COULBOURN, 1984; MACKENSEN, 1984). Erkenntnisse zur Funktionsmorphologie agglutinierter Benthos-Foraminiferen beim Nahrungserwerb werden Anfang 1986 vorgestellt (ALTENBACH & WALGER, in Vorb.).

Im Rahmen der Pilotstudie sind an Bord der "Polarstern" an einigen Formen Lebendbeobachtungen mit Erfolg durchgeführt worden. Rupertina stabilis baut mit Schwammstacheln ein mehrere Millimeter weit reichendes Filtergestell, das einer Tentakelkrone recht ähnlich ist. Die mit einer Fußscheibe festgewachsene Foraminifere besiedelt jeweils möglichst hoch gelegene Punkte auf Steinen oder Hydrozoen. Eine losgebrochene Form heftete sich mit der Mündung erneut fest und zeigte einige Tage später Pseudopodien im Bereich der ehemaligen Fußscheibe (LUTZE & ALTENBACH, s. Fahrtbericht "Arktis 11/5").

Sedimente aus den zu untersuchenden Gebieten, die während der "Polarstern"-Fahrten 1/3 und 11/5 entnommen wurden, wurden bereits auf den Makrofaunabestand untersucht. Für die Bioturbation am Vöring-Hang sind demnach insbesondere Polychaeten der Familien Spionidae, Maldanidae, Ampharetidae und Sabellidae verantwortlich. Diese Familien sind auch im Flachwasser weit verbreitet. Es erscheint aussichtsreich, mit solchen Arten Aquarienexperimente durchzuführen und ihr Verhalten als Bioturbatoren im Laboratorium zu beobachten.

Schwerpunkt der meeres- und geochemischen Untersuchungen der vergangenen Jahre waren Porenwasser und Sedimentuntersuchungen an Flachwassersystemen wie Kieler Bucht und Harrington Sound, sowie Schelf-, Kontinentalhang- und Tiefseesedimenten verschiedener ozeanischer Regionen: Ostsee, Norwegische See, Nordwestafrika, Zentraler Pazifik sowie Scotia - und Weddell-See.

Der Abbau organischer Substanz und die Freisetzung von Nährstoffen von vorwiegend anoxischen Sedimenten der Kieler Bucht wurden in Abhängigkeit von verschiedenen Umweltparametern untersucht (BALZER, 1980; 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 des horizontalen Transportes biogener Substanzen an einem Hangsystem der Kieler Bucht wird von BALZER et al. (1984a) versucht zu quantifizieren. Der Zusammenhang in der Saisonalität von Sedimentation, sedimentärem Abbau und Rückführungsprozessen wird von POLLEHNE (1981) analysiert. Hinsichtlich der Bedeutung der Bioturbation für die Rückführung von Porenwasserkomponenten in das Bodenwasser werden Abbauprozesse am Boden und ihre Auswirkungen auf die Lösung biogener Karbonate von BALZER (1982b) und BALZER & WEFER (1981) beschrieben. 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., 1984b).

Suboxische Sedimente, d.h. solche, in denen die Denitrifikation das vorherrschende Abbaumilieu in den obersten Schichten darstellt, wurden neben anoxischen Sedimenten (SUESS

et al. 1982) in der nördlichen Weddell- und Scotia-See untersucht. Bei diesem Sedimenttyp werden Milieu und der Erhaltungsgrad organischer Substanz durch eine relativ niedrige Sedimentationsrate bestimmt (MUELLER & SUESS, 1979). Dazu gehören auch nahezu ausnahmslos die Sedimente des Norwegischen Kontinentalhanges und des Lofotenbeckens, wie sich während der Pilot-Studie 1983 zeigte (BALZER, unveröffentlichter Fahrtbericht). Um das Abbaumilieu im geplanten Untersuchungsgebiet, insbesondere an den Übergängen vom Schelf bzw. Vöring-Plateau ins Lofotenbecken möglichst umfassend zu dokumentieren und geeignete Stellen für das hier beantragte Projekt auszuwählen, wurden von allen Kastengreifern die Porenwasserprofile von Nitrat und gebildeten Nährstoffen bestimmt. Dabei zeigte sich eine unerwartet geringe Abhängigkeit der Abbauaktivität von Wassertiefe bzw. der Schelfrandentfernung. Die Analyse der dort häufig auftretenden vermutlich oxidreichen Schicht am Fuße der Denitrifikationszone befindet sich gegenwärtig in der Bearbeitung. Ein durchweg oxisches Porenwassermilieu mit geringen org.-C - Gehalten (extrem niedrige Sedimentationsrate) weisen die pelagischen Tiefseesedimente des Manganknollengürtels in zentralen Pazifik auf (MUELLER et al., 1981), so daß redox-abhängige Schwermetalle nur aus oberflächennahen Sedimentschichten mobilisiert werden (HARTMANN & MUELLER, 1982).

Mit dem Verhalten redox-abhängiger Schwermetalle im Grenzbereich Sediment/Wasser befaßten sich mehrere Arbeiten: während DJAFARI (1977) den Zusammenhang von erhöhter Mangankonzentration und erniedrigter Sauerstoffkonzentration als Redoxkontrolle deutet, führt BALZER (1982a) die hohen Mangangehalte oxischen Bodenwassers auf den Diffusionsfluß des metastabil existierenden Mangan(II) aus anoxischen Schichten zurück; dies hat Bedeutung für die Separierung von Eisen und Mangan bei der Konkretionsbildung, die von HEUSER (1984) im Detail untersucht wird. Spurenmetalle in Porenwässern oxischer Sedimente des Zentralen Pazifik wurden von HARTMANN & MUELLER (1982) analysiert, wobei sich zeigte, daß Mobilisierung nur in den obersten Sedimentschichten stattfindet und daß die Anreicherung von Mn, Cu, Zn und Ni im Porenwasser ausreicht, um als Quelle für Manganknollen-Wachstum zu fungieren.

Erst in jüngster Zeit ist es durch neue Methoden der Kapillar-Gaschromatographie - Massenspektrometrie (GC-MS) möglich geworden, chlorierte Kohlenwasserstoffe in verschiedenen Matrices umfassend zu charakterisieren und in geeigneter Weise abbaubare und persistente Spezies zu unterscheiden (DUINKER & HILLEBRAND 1983a). Bei Anwendung dieser Techniken auf Seewasserextrakte, partikuläres Material und Homogenisate mariner Organismen aus dem Wattenmeer zeigten sich deutliche Unterschiede in der relativen Zusammensetzung dieser organischen Klasse (DUINKER & 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 PCBs aus juvenilen Seezungen zeigte sich, daß PCBs nicht einfach aufgenommen und zunehmend in körpereigenen Lipiden "abgelagert" werden, sondern daß ihre Gehalte durch Gleichgewichtsverteilung bestimmt werden (BOON et al. 1984).

Methoden für die detaillierte Analyse der Hauptkomponenten von organischer Substanz wurden im SFB 95 entwickelt (DAWSON & LIEBEZEIT, 1981; LIEBEZEIT 1981). Die Verteilung verschiedener organischer Komponenten im marinen System werden von LIEBEZEIT et al. (1980), BÖHM et al. (1980) und BALZER (1981) analysiert.

Literatur

- ALTENBACH, A. 1985: Die Biomasse der benthischen Foraminiferen. - Dissertation an der Christian Albrechts Universität in Kiel.
- ALTENBACH A. & E. WALGER (in präp.): The hydrodynamic environment of *Saccorhiza ramosa* (Brady).
- BALZER, W. 1980: Redox dependent processes in the transition from oxic to anoxic conditions. In: Freeland, H.J. (ed.), *Fjord Oceanography*. Plenum Press, p. 659-665.
- BALZER, W. 1981: Organic sulfur in the marine environment. In: Duursma, E.K. & Dawson, K. (eds.), *Marine organic chemistry*. Elsevier, p. 395-414.
- BALZER, W. 1982a: On the distribution of iron and manganese at the sediment/water interface : thermodynamic versus kinetic control. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46, 1153-1161.
- BALZER, W. 1982b: Nutrient release from the bottom of Devils Hole, Bermuda. (Manuskript).
- BALZER, W. 1984: Organic matter degradation and biogenic element cycling in a nearshore sediment (Kiel Bight). - *Limnol. Oceanogr.*, 29, 1231-1246.
- BALZER, W. & G. WEFER 1981: Dissolution of carbonate minerals in a subtropical shallow water environment. - *Mar. Chem.*, 10, 545-558.
- BALZER, W., K. GRASSHOFF, P. DIECKMANN, H. HAARDT & 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. ERLKENKEUSER 1984a: Degradation and accumulation of organic matter along a transect from sandy to organic rich sediments. - Third International Symposium on "Interaction between sediments and water", Geneve, p. 327-331.
- BALZER, W., H. ERLKENKEUSER, M. HARTMANN, P.J. MÜLLER, F. POLLEHNE 1984b: Diagenesis and exchange processes at the benthic boundary. - Synopsis of the SFB 95, Chapter 5.
- BÖLTER, M., G. GRAF & G. WEFER (in press): Autotrophic and heterotrophic carbon area off Cebu, Philippines.- *Philippine Scientist* (in press).
- BÖHM, E.L., R. DAWSON, G. LIEBEZEIT & G. WEFER 1980: Suitability of monosaccharides as markers for particle identification in carbonate sediments. - *Sedimentology*, 27, 167-177.
- BOON, J.P., R.C.H.M. OUDEJANS & 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.* (im Druck)
- DICKE, M. 1984: Vertikale Austauschoeffizienten und Porenwasserfluß an der Sediment/Wasser - Grenzfläche. Dissertation an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (in Vorb.).
- DAWSON, R. & G. LIEBEZEIT 1981: The analytical methods for the characterisation of organics in sea water. In: Duursma, E.K. & Dawson, R. (eds.), *Marine organic chemistry*.

- Elsevier, p. 445-496.
- DJAFARI, D. 1977: Mangan-Eisen-Akkumulate in der Kieler Bucht. - *Meyniana*, 29, 1-9.
- DUINKER, J.C. & 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. & 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 & 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.
- GRAF, G., W. BENGTSOON, U. DIESNER, R. SCHULZ & H. THEEDE 1982: Benthic response to sedimentation of a spring phytoplankton bloom: process and budget.- *Mar. Biol.* 67, 201-208.
- GRAF, G., R. SCHULZ, R. PEINERT & L.-A. MEYER-REIL 1983: Benthic response to sedimentation events during autumn to spring at a shallow-water station in the Western Kiel Bight. I. Analysis of processes on a community level.- *Mar. Biol.*, 77, 235-246.
- GRAF, G., W. BENGTSOON, A. FAUBEL, L.-A. MEYER-REIL, H. THEEDE & H. THIEL 1984: The importance of the spring phytoplankton bloom for the benthic system of Kiel Bight.- *Papp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer.*, 183, 136-143.
- GRAF, G. & W. BENGTSOON 1984: Heat production activity of the electron-transport-system (ETS) the ratio heat production/ETS-activity and ATP-turnover as useful tools in benthic ecological field studies.- *Ergebn. Limnol.* (in press).
- HARTMANN, M. & P.J. MÜLLER 1982: Trace metals in interstitial waters from Central Pacific Ocean sediments. In: FANNING, K.A. & MANHEIM, F.T. (eds.), *The dynamic environment of the ocean floor*. Heath & Co., Lexington, p. 285-301.
- HEUSER, H. 1984: In situ experimentelle Untersuchungen zum Wachstum von Manganknollen in der Kieler Bucht. Dissertation an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (in Vorb.).
- LIEBEZEIT, G. 1981: Aminosäuren und Zucker im marinen Milieu - neuere Analytische Methoden und ihre Anwendung. - Dissertation an der Christian Albrechts Universität in Kiel, 195 S.
- LIEBEZEIT, G., M. BÖLTER, J.F. BROWN & R. DAWSON 1980: Dissolved free amino acids and carbohydrates at pycnocline boundaries in the Sargasso Sea and related microbial processes. - *Oceanol. Acta*, 3, 357-362.
- LUTZE, G.F. 1980: Depth distribution of the benthic Foraminifera on the continental margin of NW-Africa. - *"Meteor" Forsch. Ergebnisse, Reihe C*, 32, 31-80.
- LUTZE, G. F. & W. COULBOURN 1984: Recent benthic Foraminifera from the continental margin of Northwest Africa: community structure and distribution. - *Marine Micropaleontology*, 8, 361-401.

- MACKENSEN, A., H.P. SEJRUP & E. JANSEN 1984: The distribution of living benthic foraminifera on the continental slope and rise off Southwest Norway. - Marine Micropaleontology (in press.).
- MACKENSEN, A. 1984: Die Verteilung der benthischen Foraminiferen vor Südwest-Norwegen. - Dissertation an der Christian Albrechts Universität in Kiel, (in Präp.).
- MÜLLER, P.J. & E. SUESS 1979: Productivity, sedimentation rate and sedimentary organic matter in the oceans. I. Organic carbon preservation. - Deep-Sea Res., 26A, 1347-1362.
- MÜLLER, P.J., M. HARTMANN & E. SUESS 1981: The chemical environment of pelagic sediments. In: Halbach, P. & Friederich, G. (eds.), The manganese nodule belt of the Pacific Ocean (im Druck).
- POLLEHNE, F. 1981: Die Sedimentation organischer Substanz, Remineralisation und Nährsalzrückführung in einem marinen Flachwasserökosystem. - Dissertation an der Christian Albrechts Universität in Kiel, SFB-Report Nr. 57.
- SUESS, E., W. BALZER, K.F. HESSE, P.J. MÜLLER, C.A. UNGERER & G. WEFER 1982: Calcium carbonate hexahydrate from organic rich sediments of the Antarctic shelf: precursors of Glendonites. - Science, 216, 1128-1131.
- WITZEL, K.-P. & G. GRAF 1984: On the use of different nucleic acid precursors for the measurement of microbial nucleic acid turnover. - Ergeb. Limnol. (in press.).

6.5 Ziele, Methoden und Arbeitsprogramm

Die Aktivität benthischer Organismen ist im wesentlichen vom Nahrungsangebot gesteuert. Aus diesem Grund soll überprüft werden, ob die saisonale Produktion im Pelagial nach ihrer Sedimentation auch im Benthos nachweisbar ist. Mit organischen Analysen (Protein, Lipid, Kohlehydrat, Chlorophyll a) und mit HPLC - Analysen anderer Pflanzenpigmente, die Rückschlüsse auf die Herkunft der organischen Substanz ermöglichen, soll deshalb in der Sedimentoberfläche selbst überprüft werden, ob sich Quantität und Qualität der für Organismen verwertbaren Substanzen in Abhängigkeit von Sedimentationsereignissen verändern. Ein Vergleich der Zuwachsraten der Stoffe im Sediment nach bestimmten Sedimentations-Ereignissen mit den in TP A1 gemessenen Raten aus Sinkstofffallen soll darüber Aufschluß geben, ob neben vertikaler Sedimentation bodennahe Transport- und Anreicherungsprozesse für ein bestimmtes Areal von Bedeutung sind. Ein hangabwärtsgerichtetes Profil soll klären, ob es Import- und Exportgebiete für organische Substanz gibt und wie die Zusammensetzung der Foraminiferen-Gesellschaften darauf reagiert.

Durch Aktivitätsmessung (Wärmeproduktion und Sauerstoffzehrung) und Biomasseanalysen (DNS, C) sowie der gesamten Sedimentlebensgemeinschaft als auch der Einzelkomponenten Bakterien und Foraminiferen soll überprüft werden, ob einzelne Sedimentationsereignisse sprungartige Aktivitäts- und Wachstumsschübe auslösen, oder ob dieser im Flachwasser beobachtete Prozess in tieferen Meeresgebieten kontrollierter und gedämpfter verläuft.

Eine wichtige methodische Grundlage für die Bearbeitung der obigen Frage ist die Druckabhängigkeit von Stoffwechselprozessen. Die Abschätzung soll zunächst für den Gesamtstoffwechsel in Kalorimeterkammern erfolgen, in denen mit einfachen Methoden, die aus der HPLC-Technik zur Verfügung stehen, komprimiert und gemessen werden kann. In den gleichen Kammern können auch isolierte Foraminiferen untersucht werden, wobei durch Fütterung ein Sedimentationsereignis simuliert werden kann.

Die besondere biologische Rolle der Foraminiferen in dem zu untersuchenden Meeresgebiet soll durch die Bestimmung von Stoffwechsellleistungen lebender Foraminiferen berücksichtigt werden. Von besonderem Interesse ist dabei die Frage, ob Foraminiferen bzw. bestimmte Foraminiferen-Arten auch während der Hungerphasen Aktivstoffwechsel betreiben und ob sie selbst über Enzyme verfügen, die schwer abbaubare Substanzen aufschließen, oder ob sie auf die Leistung von Bakterien angewiesen sind. Ziel der Untersuchungen ist, zu verstehen, warum benthische Foraminiferen in diesem Lebensraum eine derart erfolgreiche Rolle spielen können und wie die Zusammensetzung der Foraminiferen-Populationen darauf reagiert.

Dazu soll auch die flächige Verteilung der Biomasse der wichtigsten Benthos-Foraminiferen ermittelt und mit den Konzentrationen von organischem Kohlenstoff, mit den Abbauprodukten von Pflanzenpigmenten im Sediment und mit den ermittelten Bakterienzahlen verglichen werden. Die Anpassung an bestimmte Formen des Nahrungserwerbes (Suspensionsfiltrierer, Abweiden der Sedimentoberfläche, Wühlen im Sediment) und die eventuell ableitbare funktionsmorphologische Bedeutung bestimmter Gehäusemerkmale soll durch Lebendbeobachtungen an einzelnen Formen untersucht werden. Die geplanten Untersuchungen zielen auf die Abgrenzung von Faunengruppen mit speziellen Nahrungsansprüchen, die insbesondere aus dem Faunenbild der Benthos-Foraminiferen eine Definition von "Ökozonen" erlauben soll. Aus geologischer Sicht liegt dabei das Interesse besonders bei Häufigkeiten und Zonierungen, die auf klimabedingte Änderungen der Faunen in Sedimentkernen übertragen werden können.

Die Bedeutung der tierischen Bauten im Sediment muß zunächst deskriptiv bearbeitet werden. Radiographische Methoden und Ausgußtechnik sollen quantitativ beschreiben, wie tief Bioturbation das Sediment beeinflusst und wie groß die Oberflächenvergrößerung durch

Gangsysteme ist. In der unmittelbaren Umgebung solcher Röhren und Gänge soll überprüft werden, ob sich eine spezielle Meiofauna und Foraminiferenfauna, die in Beziehung zu diesen Bauten steht, finden läßt. Zur Problematik des Partikeltransportes durch die Sedimentoberfläche sollen Polychaeten, die mit verwandten Arten auch im Flachwasser verbreitet sind, dort entnommen und in Aquarien gehalten werden. Die Beobachtung dieser Stellvertreter-Tiere soll Aufschluß über ihre Transportleistungen geben. Außerdem soll ein simuliertes Sedimentationsereignis zeigen, ob die Bioturbationsrate dieser Tiere in solchen Phasen ansteigt.

Zusammensetzung und Transportraten des Materials aus der ozeanischen Deckschicht und aus Sinkstoffen sollen mit Hilfe anorganischer, organischer und isotochemischer Methoden (siehe TP A1) mit der Akkumulation biogener und abiotischer Komponenten am Meeresboden und im Sediment verglichen werden. Dabei soll die Eignung bestimmter chemischer Informationsträger für die paläoozeanographische Rekonstruktion borealer Ablagerungsräume untersucht werden.

Die deutlichsten Fraktionierungsprozesse für das partikuläre Material finden nach Durchsinken der Wassersäule im Bereich der Sediment/Wasser-Grenzfläche statt, worunter hier der Bereich von der unteren Nepheloid-Layer bis zur Untergrenze nennenswerter Bioturbation verstanden werden soll; die frühdiaogenetischen Prozesse sind verantwortlich dafür, daß sich marine Sinkstoffe und Sedimente so deutlich in ihrer Zusammensetzung unterscheiden.

In Abhängigkeit von Menge und Qualität der zugeführten organischen Substanz soll die relative Bedeutung der verschiedenen Abbauarten bzw. Oxidationsmittel untersucht werden. Die Sauerstoffzehrungsrate soll durch Sauerstoffmessungen im Porenwasser, die Denitrifikation aus der Nitratverteilung bzw. N_2O und N_2 -Messungen nach Inkubation bestimmt werden. Für die sehr niedrige Sulfatreduktionsrate müssen radiochemische Verfahren auf ihre Eignung hin getestet werden; mit der Quantifizierung reduzierbarer Eisen- und Manganoxide in verschiedenen datierten Sedimenthorizonten schließlich ergibt sich ein vollständiges Bild des oxidativen Potentials des Sediments für den Abbau organischer Substanz. Diese Größen sollen zusammen mit den im Porenwasser gemessenen Konzentrationen der anorganischen Abbauprodukte in einem diaogenetischen Modell verarbeitet werden. Das derart bestimmte diaogenetische Milieu dient einerseits als Ausgangspunkt für die Berechnung von Rückführungsraten und bestimmt andererseits den Rahmen für Mobilisierungs- und Anreicherungsprozesse von Spurenelementen sowie für die Modifikation organischer Tracer. Zu letzteren soll versucht werden, in den durch HPLC Techniken zugänglichen Klassen der Lipide, Zucker und eventuell Aminosäuren quellen- beziehungsweise milieuspezifischen Verteilungsmuster im Sediment aufzufinden. Ein eventueller Großalgeintrag aus küstennahen Gebieten in Schelf- und Kontinentalrandsedimente soll über phenolische Inhaltsstoffe erkannt werden. Die relative Verteilung der Einzelkomponenten innerhalb der Klasse der chlorierten Kohlenwasserstoffe soll in Sinkstoffallenmaterial und Sediment untersucht werden, um Rückschlüsse auf Transportmedien, Fraktionierungs- und Abbauprozesse ziehen zu können. An ausgewählten, typischen Kernen soll die integrierte biogene Mischungsrate für Partikel durch engständige Messung der Verteilung von ^{210}Pb gemessen und die Eignung einzelner persistenter chlorierter Kohlenwasserstoffe als anthropogene Tracer für die Bestimmung der biogenen Mischungsrate getestet werden. Als Tracer besonders geeignet scheinen hier die Abbauprodukte von pflanzlichen Pigmenten, insbesondere der Carotinoide zu sein.

Die Untersuchung der Frühdiaogenese von sedimentären Spurenelementen und ihrer Nutzung als anorganische Tracer soll auf mehreren Wegen angegangen werden. Zunächst soll an einigen datierten Sedimentkernen, und zwar dort, wo Sediment-Fallen ausgebracht werden (siehe TP A1), eine möglichst umfassende Aufnahme der partikulären vertikalen Spurenelementverteilung geleistet werden, um zum einen durch Vergleich der Materialflüsse Hinweise auf Mobilisierung und Rückführung zu gewinnen und um andererseits eventuelle klimatisch bedingte Schwankungen

In der Sedimentsäule aufzufinden; bei dieser Gesamtanalyse soll ein ähnlicher Bezug auf Leitkomponenten erfolgen wie bei dem Material aus den Sedimentfallen (siehe TP A1). Zweitens sollen die Konzentrationen ausgewählter Schwermetalle (zunächst: Mn, Fe, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd) in verschiedenen Porenwasserhorizonten bestimmt werden, um Aufschlüsse über diagenetische Transport- und Anreicherungsprozesse zu erhalten. Insbesondere wird dabei zu klären sein, welche Zusammensetzung die häufig im Untersuchungsgebiet gefundene braune Anreicherungsschicht hat und ob ihre Ursache eher in gleichmäßig wirkender Diagenese oder in klimatisch bedingter unregelmäßiger Sedimentation liegt. Diese Porenwasserstudien sollen begleitet werden von einem sequentiellen Extraktionsverfahren, das - obwohl operational bedingt - gewisse Aufschlüsse über Assoziation mit bestimmten Phasen erlaubt.

In einer gesonderten Studie sollen an einzelnen ausgewählten Foraminiferenarten die Cadmium- und nachfolgend weitere Spurenelementgehalte bestimmt werden, um zu testen, ob erstgenannte und andere "nährstoffähnliche" Elemente (z.B. Ba, Ni, Cu, Ge, As, Se, J) genutzt werden können, um im Untersuchungsgebiet nährstoffarme und nährstoffreiche Wasserkörper zu unterscheiden. Dieses Vorhaben ist zwar schwierig in Material-Gewinnung und -Vorbehandlung und erfordert eine aufwendige Analytik, es erscheint aber - nach dokumentierten Erfolgen mit Cadmium - erfolgversprechend in einem Gebiet, wo Foraminiferen einen so hohen Anteil an der benthischen Biomasse haben.

6.6 Stellung innerhalb des Programmes des SFB

Es besteht eine enge Verknüpfung mit dem Teilprojekt A1, in dem der vertikale Partikelfluß untersucht wird. Menge, Zusammensetzung und Saisonalität dieser Zufuhr "von oben" bestimmen weitgehend die Gestaltung der Benthos-Biozöosen und deren Biomasse, die in den biologischen Arbeitsgruppen untersucht werden sollen. Überdies bilden sie die Grundlage für chemische Fraktionierungsprozesse im Sediment. Die Analyse von Spurenelementen in den Sinkstoffen, im Sediment und im Porenwasser soll daher vom Teilprojekt A3 (chemische Arbeitsgruppe) geleistet werden, während die Untersuchungen von Kohlenhydraten, Aminosäuren und Fettsäuren im Sediment von der meereschemischen Arbeitsgruppe in Zusammenarbeit mit Kollegen des Teilprojektes A1 an die dortigen Sinkstoff-Bestimmungen angeschlossen werden soll.

Im Teilprojekt A2 soll der laterale Partikel-Transport, insbesondere vom Schelf in die Kontinentalrand-nahen Bereiche untersucht werden. Wir erhoffen uns daher aus der Zusammenarbeit mit den Kollegen dieses Projektes die Abgrenzung exemplarischer Gebiete, in denen durch solche "zeitliche" Zufuhr von Nahrungspartikeln eine gesteigerte benthale Biomasse-Produktion erfolgt (etwa vor den Lofoten und am Vöringplateau). Ebenso werden Abgrenzungen und Daten von Auswaschungsgebieten benötigt, in denen die Bodenströmung eine Wegnahme oder Nichtsedimentation von Nahrungspartikeln verursacht. In diesem Fall sollen die besonderen Anpassungen der Biozönose an diese Mangel-Situation bearbeitet werden.

Da im Teilprojekt A3 die Auswirkungen von unterschiedlicher Partikelzufuhr insbesondere auf Hartschalen-erzeugende Organismen (Foraminiferen) untersucht werden, können wichtige Interpretationshilfen zur Deutung der Befunde des Teilprojektes B2 erwartet werden. Wir hoffen, die erhaltungsbedingten postmortalen Veränderungen der Gehäuse-Gemeinschaften erfassen und so weitgehend berücksichtigen zu können, daß aus den an Kernen ermittelten Faunenschwankungen des Teilprojektes B2 die Palaeobiomasse-Produktion in erster Annäherung errechnet werden kann. Dabei ist es besonders wichtig, daß in unserem Teilprojekt erstmals die Beziehung zwischen den nicht erhaltungsfähigen Organismen (Meiofauna, Makrofauna) und den Foraminiferen hergestellt werden soll, da die ersteren ja in den Kernen meistens nicht quantitativ untersucht werden können. Eine weitere Verflechtung mit B2 ergibt sich aus der vorgesehenen Untersuchung "nährstoffähnlicher" Spurenelemente in den biogenen Hartschalen,

die im Vergleich mit den Isotopen-Kurven zeitlich geeicht und gleichfalls produktionsbiologisch interpretiert werden sollen.

In der gegenwärtigen Antragsphase sollen die Voraussetzungen dafür erarbeitet werden, damit in der folgenden Antragsphase mikrobielle Prozesse und Experimente in situ stärker in den Vordergrund gestellt werden können. Ebenfalls in der folgenden Antragsphase soll das Biomarker-Konzept auf andere organische Substanzklassen ausgeweitet werden. Es soll dann auch versucht werden, das Tiefsee-Glockensystem von Dr. Ray Weiss (Scripps Institution of Oceanography) für Einsätze im Untersuchungsgebiet zu gewinnen. Schließlich besteht die Absicht, das in Planung befindliche aufwendige Fernseh-Beobachtungs-System des Westdeutschen Rundfunks in die Arbeiten des TP zu integrieren.

1. Die prä-glaziale "ozeanische Zirkulation" ist ein zentraler Bestandteil der globalen Zirkulation. Der Beginn eines "glazialen" Klimas auf der nördlichen Hemisphäre im Känozoikum (ca. 35 Mio. Jahre vor heute) ist mit einer Umwälzung der ozeanischen Zirkulation verbunden, die zu einer globalen Abkühlung führte.
2. Kurz- und langfristige sowie saisonale Veränderungen der ozeanischen Zirkulation sind Reaktionen auf die Erdrotation und die Veränderung der Erdoberfläche.
3. Entwicklung von quantitativen Modellen zur Beschreibung der Zirkulation im "Pozän".
4. Evolution der pelagischen Fauna und Flora als Reaktion auf die Zirkulation im "Pozän".

Die geologischen Untersuchungen sollen in enger Verbindung mit den geophysikalischen und geochimischen Untersuchungen durchgeführt werden und sollen folgende Ziele verfolgen: 1. Klärung der regionalen Verteilung der Sedimentverteilung im Känozoikum. 2. Klärung der regionalen Verteilung der Sedimentverteilung im Känozoikum. 3. Klärung der regionalen Verteilung der Sedimentverteilung im Känozoikum.

Die geologischen Untersuchungen sollen in enger Verbindung mit den geophysikalischen und geochimischen Untersuchungen durchgeführt werden und sollen folgende Ziele verfolgen: 1. Klärung der regionalen Verteilung der Sedimentverteilung im Känozoikum. 2. Klärung der regionalen Verteilung der Sedimentverteilung im Känozoikum. 3. Klärung der regionalen Verteilung der Sedimentverteilung im Känozoikum.

Eine gute Koordination der Arbeiten der Teilnehmer ist erforderlich, um die Ziele des TP zu erreichen. Die geologischen Untersuchungen sollen in enger Verbindung mit den geophysikalischen und geochimischen Untersuchungen durchgeführt werden und sollen folgende Ziele verfolgen: 1. Klärung der regionalen Verteilung der Sedimentverteilung im Känozoikum. 2. Klärung der regionalen Verteilung der Sedimentverteilung im Känozoikum. 3. Klärung der regionalen Verteilung der Sedimentverteilung im Känozoikum.

7.0 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 Zuständen 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 "Fossilien".
5. Evolution der pelagischen Floren und Faunen als Reaktion auf die ozeanischen und klimatischen Veränderungen.

Die geplanten Untersuchungen sollen in enger Verzahnung mit den Teilprojekten des ersten Projektbereiches durchgeführt werden und sollen innerhalb dieses zweiten Projektbereiches in zwei Teilprojekte gegliedert werden: B1: Seismische Feinschichtung der Sedimente (Scherwellenuntersuchungen), 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 dazu benutzt werden, um entweder "synoptische" Zeitschnitte und Bilanzen für ausgewählte historische Zustände zu gewinnen, oder Zeitserien für die Beschreibung der Veränderlichkeit der Ozeanographie und des Klimas an einem gewählten Ort. 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.

8.1 Teilprojekt B 1, Seismische Feinschichtung der Sedimente

8.1 Allgemeine Angaben zum Teilprojekt B1

8.11 Fachgebiet und Arbeitsrichtung: Geophysik, Seeseismik.

8.12 Leiter

Prof. Dr. Rudolf Meißner	Dr. Friedrich Theilen
Institut für Geophysik	Institut für Geophysik
der Universität Kiel	der Universität Kiel
Olshausenstraße 40	Olshausenstraße 40
D-2300 Kiel	D-2300 Kiel
Teil.: 0431-880(1)3914	Teil.: 0431-880(1)3914

8.13 Personal zur Zeit der Antragstellung

	Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institut	Arbeitszeit f. SFB (Wochenstd.)
<u>Grundausrüstung</u>				
8.131 Wissenschaftler	1) Meißner, R., Dr. Professor	Geophysik	IG	10
	2) Kögler, F.C., Dr. wiss. Ang.	Geologie	GPI	10
	3) Theilen, F., Dr. akad. Rat	Geophysik	IG	20
8.132 nichtwissen- schaftl. Mit- arbeiter	4) Dombrowski, G. Techniker	Geophysik	IG	15
	5) Gabeler, A. techn. Zeichnerin	Geophysik	IG	10
	6) Mühlhan, N. techn. Ang.	Geologie	GPI	10
	7) Mühlhan, S. techn. Ang.	Geologie	GPI	10

8.2 Zusammenfassung

Das Teilprojekt "Seismische Feinschichtung der Sedimente" befaßt sich mit der hochauflösenden seismischen Behandlung von Schichtstrukturen und den zugehörigen seismischen Parametern. Sowohl die allgemeine Themenstellung des SFB als auch spezielle Fragestellungen fachlich benachbarter Teilprojekte erfordern den Einsatz unterschiedlicher Verfahren im Hinblick auf Eindringtiefe und Auflösung der Sedimentschichtung. Für die Untersuchung der känozoischen Entwicklung des Schelfrandes sind Eindringtiefen von etwa 500 - 1000 Metern erforderlich, während Fragestellungen rezenter Sedimentationsvorgänge eine möglichst genaue Abbildung der Sedimentstrukturen im Tiefenbereich weniger Kernlängen verlangen. Gleichzeitig sollen die seismischen Geschwindigkeiten sowie die Absorptionseigenschaften und Sedimentparameter für lithologische Betrachtungen mit erfaßt werden. Daraus lassen sich für das vorliegende Teilprojekt vier relevante Arbeitsrichtungen ableiten:

- (1) Die känozoische Entwicklung des Schelfrandes in den Untersuchungsgebieten setzt eine engräumige mehrkanalige reflexions-seismische Vermessung voraus. Diese muß sich an vorhandenem und verfügbarem Datenmaterial anderer Institute und an DSDP-Bohrungen bzw. an geplanten ODP-Bohrungen orientieren. Die sich anschließende seismostratigraphische Interpretation soll zur eigentlichen Beurteilung der dynamischen Entwicklung des Schelfrandes beitragen. Diese Arbeiten stehen in enger Beziehung zum Teilprojekt B2.
- (2) Für die Erkundung oberflächennaher Strukturen mit Eindringtiefen, die in der Größenordnung einiger Kernlängen liegen, sind hochauflösende Schallquellen wie BOOMER und ein 3.5 kHz-Lot einzusetzen. Mit diesen einkanaligen Verfahren kann die Struktur des Meeresbodens in vielen Fällen von der Meeresoberfläche her erkundet werden. Eine entsprechende Bestimmung der Intervallgeschwindigkeiten mit hoher Auflösung ist dagegen so nicht möglich. Dazu sollen Messungen mit einem Tiefschlepp-System durchgeführt werden, das mit einer Schallquelle und einem kurzen, 24-kanaligen Streamer ausgerüstet ist. Neben den Geschwindigkeiten sind vor allem deren Gradienten von Bedeutung. Nach neueren Arbeiten sind diese charakteristisch für bestimmte Seegebiete und stehen in enger Beziehung zur Sedimentations- und Kompaktionsrate.
- (3) In einer späteren Phase soll die oberflächennahe Untersuchung des Meeresbodens durch ein neues Verfahren zur Anregung und Aufzeichnung von horizontal polarisierten Scherwellen ergänzt werden. Die Kenntnis der Geschwindigkeiten von Kompressions- und Scherwellen ermöglicht bei einer unabhängigen Abschätzung der Dichte die Bestimmung der elastischen Moduli als Schichtparameter. Diese stehen in enger Beziehung zu den sedimentologischen Kenngrößen wie der Porosität und der Korngröße. Hier schließen sich Untersuchungen über die Absorption an, deren Frequenzabhängigkeit Aussagen über die Permeabilität ermöglichen.
- (4) Die geologische Einordnung der oberflächennahen Reflexionshorizonte und die Untersuchung der Beziehungen zwischen den seismischen und sedimentologischen Eigenschaften, deren Kenntnis für eine in-situ-Abschätzung von Sedimentparametern Voraussetzung ist, sollen experimentell an Bohrkernen und an Proben erfolgen. Während die Bestimmungen der schalphysikalischen und der sedimentologischen Parameter an realen Proben aus Bohrkernen das anstehende Sediment beschreiben, können an synthetischen Proben ausgewählte Parameter wie die Korngröße, der Sättigungsgrad, der effektive Druck oder die lithologische Zusammensetzung unter kontrollierten Bedingungen variiert und somit gesetzmäßige Zusammenhänge zwischen schalphysikalischen und sedimentologischen Eigenschaften erfaßt werden. Mit Hilfe von Impedanz- und Absorptionsbestimmungen entlang von Kernen lassen sich geoakustische Modelle für oberflächennahe Schichtabfolgen erstellen, welche die Grundlage für das seismische Modellieren mit synthetischen

Seismogrammen darstellen. Dies führt zu einem besseren Verständnis und einer umfassenderen Interpretation hochauflösender seismischer Profile.

8.3 Stand der Forschung

8.3.1 Geophysikalische Untersuchungen im Nordatlantik.

Der norwegische Kontinentalrand war bisher Gegenstand zahlreicher geophysikalischer Untersuchungen, die sich vor allem mit der Ausbildung eines passiven Kontinentalrandes und der Öffnung des nordatlantischen Beckens befassen. Viele Untersuchungen wurden auch hinsichtlich des Kohlenwasserstoff-Potentials unter dem Schelf vorgenommen, die zum Teil in neu erschienenen Veröffentlichungen dargestellt sind.

Eine erste Übersicht über die Struktur des Schelfrandes und des nordatlantischen Beckens wurde von TALWANI und ELDHOLM (1972, 1977) aufgrund von seismischen, gravimetrischen und magnetischen Messungen vorgestellt. Hier schließen sich die Untersuchungen von HINZ und WEBER (1976), HINZ und SCHLÜTER (1978 a und b), HINZ (1981) sowie HINZ et al. (1982) an, in denen mit Hilfe hocheindringender reflexionsseismischer Messungen der geologische Aufbau des norwegischen Kontinentalrandes erfaßt wurde. In diesem Zusammenhang seien vor allem die Arbeiten über das Vöring Plateau genannt, in denen erstmalig die "dipping layers" dargestellt wurden, deren Kenntnis wesentlich zum Verständnis der Rift-Prozesse bei der Öffnung des Nordatlantiks beigetragen haben. Mit diesen Fragestellungen befassen sich auch MUTTER, TALWANI & STOFFA (1982, 1984), die ebenfalls ein neues Rift-Modell vorstellen.

Die bisher genannten Arbeiten beziehen sich hinsichtlich ihrer Zielsetzung und Methodik auf die Untersuchung der oberen Erdkruste und der großräumigen tektonischen Strukturen. Das vorliegende Vorhaben hat dagegen die Erkundung der oberflächennahen Ablagerungen zum Ziel. Hierfür ist allerdings auch die Kenntnis über die Lagerungsform tiefergelegener Schichtkomplexe von Bedeutung, die sich unter Umständen auch in der Meeresboden-Morphologie abzeichnen kann.

Der innere Schelfbereich vor der norwegischen Küste ist flachseismisch bereits sehr engräumig vermessen. Hier seien vor allem die Arbeiten von BUGGE (1983) und BUGGE et al. (1984) hervorgehoben. Die zweite der genannten Veröffentlichungen enthält eine lückenlose geologische Einordnung der präquartären seismischen Schichteinheiten, die für weite Bereiche des Schelfs gültig ist.

Zwei weitere Arbeiten (LARSEN und SKARPNES 1984, GOWERS und LUNDE 1984), die sich mit der Struktur und der tektonischen Entwicklung der Traenabanken befassen, sind wegen der geographischen Lage dieses Gebietes relativ zum ersten der vorgesehenen Testfelder des SFB von Bedeutung. Die hier dargestellten Seismogramm-Profile enthalten bereits eine detaillierte stratigraphische Zuordnung der wesentlichen Reflexionshorizonte. Sie ermöglichen den Anschluß und die einfachere Interpretation eigener zusätzlicher Messungen.

Die Struktur des Untergrundes unter der westlichen Barents-See und ihres Schelfs wird in zwei Arbeiten von RÖNNEVIK und JACOBSEN (1984) und SPENCER et al. (1984) dokumentiert. Die letztere der beiden Publikationen enthält auf Bohrungen beruhende stratigraphische Einordnungen der wichtigsten Reflexionshorizonte. Hier ergeben sich gute Anschlußmöglichkeiten für das 2. Testfeld, auch wenn eine flachseismische Vermessung bisher nicht bekannt ist.

Aus dem Bereich des dritten Testfeldes vor der ostgrönländischen Küste liegen

reflexionsseismische Untersuchungen der oberen Krustenstrukturen vor. Stellvertretend seien hier die Arbeiten von HINZ und SCHLÜTER (1980) sowie von LARSEN und SKORPNES (1984) erwähnt. Dagegen sind keine hochauflösende seismische Messungen aus diesem Gebiet bekannt.

Die im Rahmen des SFB vorgesehenen reflexionsseismischen Messungen sind auf die Untersuchung sedimentärer Ablagerungen ausgerichtet, wobei einer hohen Auflösung gegenüber einer größeren Eindringtiefe der Vorzug gegeben wird. Soweit es möglich ist, sollen sie anhand vorhandener Messungen und vor allem unter Berücksichtigung bekannter Bohrungen interpretiert werden.

8.3.2 Methodik der Untersuchungen

Die geplanten reflexionsseismischen Messungen sollen zunächst mit herkömmlichen Methoden betrieben werden, die keine Neuentwicklungen enthalten.

Als Weiterentwicklung ist das DeepTow-System zu sehen, welches im Rahmen eines anderen Vorhabens entwickelt, aber danach in den SFB eingebracht werden soll. Vorgesehen ist ein Tiefschleppkörper, der eine seismische Schallquelle mit einer Hauptfrequenz von etwa 1 kHz enthält. Die Signale sollen von einem 100 Meter langen Streamer aufgenommen werden, der mit 24 Kanälen versehen ist. Das System wird zusammen mit dem Streamer etwa 100 Meter oberhalb des Meeresbodens geschleppt, so daß eine hochauflösende Geschwindigkeitsanalyse möglich ist.

Grundsätzlich stellen Tiefschlepp-Systeme keine Neuigkeit dar. Ein derartiges System ohne Streamer wird zur Zeit von der Preussag AG, Hannover, betrieben. Neuere Entwicklungen, die mit einem Streamer ausgerüstet sind, wurden von BOWEN (1984) und von FAGOT et al. (1982) vorgestellt, wobei das letztere am weitesten entwickelt ist. Es erzielt im Frequenzbereich von 25 - 600 Hz bei einer Tauchtiefe von 6000 Metern eine Eindringung von 500 Metern. Es ist mit einem 1000 Meter langen, 24 kanaligen Streamer versehen.

Für die geplanten Scherwellenmessungen können keine Fremdarbeiten zitiert werden. Die Scherwellenquelle wurde erstmalig am Institut für Geophysik der Universität Kiel entwickelt und wird im Dezember dieses Jahres auf der SEG-Tagung in Atlanta vorgestellt.

Literatur

BOWEN, A.N. 1984: A high resolution seismic profiling system using a deep-towed horizontal hydrophone streamer.- Mar. Geoph. Res. 6, No.3

BUGGE, T. 1983: Submarine slides in the Norwegian continental margin, with special emphasis on the Storegga area.- Publ. No.110 of Continental Shelf Institute, Trondheim, Norway.

BUGGE, T., R. KNARUD, & A. MÖRK, 1984: Bedrock geology of the North European Margin. Petroleum Geology of the North European Margin, Norwegian Petroleum Society.- (Graham & Trotman), pp. 271-283.

FAGOT, M.G., SPYCHALSKI, S.E. & N.H. GHOLSON, 1982: Deep - Towed Seismic System: A Hardware Description. Technical Program Abstracts.- 52nd SEG-Meeting, Dallas 1982.

GOWERS, M. & G. LUNDE, 1984: The geological history of Traenabanken. Petroleum Geology of the North European Margin, Norwegian Petroleum Society.- (Graham & Trotman), pp. 237-251.

- HINZ, K. & J. WEBER, 1976: Zum geologischen Aufbau des Norwegischen Kontinentalrandes und der Barents-See nach reflexionsseismischen Messungen.- Erdöl, Kohle, Erdgas, Petrochemie, Compendium 75/76, 3-29.
- HINZ, K. & H.-U. SCHLÜTER, 1978a: Der Nordatlantik - Ergebnisse geophysikalischer Untersuchungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe an nordatlantischen Kontinentalrändern.- Erdöl - Erdgas - Z., 94, 271-280.
- HINZ, K. & H.-U. SCHLÜTER, 1978b: The geological structure of the western Barents Sea.- Marine Geology, 26., 199-230.
- HINZ, K., 1981: An hypothesis on terrestrial catastrophes. Wedges of very thick oceanward dipping layers beneath passive continental margins - their origin and paleoenvironmental significance.- Geol. Jahrbuch, E22, 3-28.
- HINZ, K., DOSTMANN, H.-J. & J. Hanisch, 1982: Structural Framework of the Norwegian Sea.- Norwegian Petroleum Society, ONS 82.
- HINZ, K. & H.-U. SCHLÜTER, 1980: Continental Margin off East Greenland. Proc. 10th World Petroleum Congress, Vol.2, Exploration, Supply and Demand. Buckarest, Heyden, London, pp. 405-418.
- LARSEN, R.-M. & O. SKARPNES, 1984: Regional interpretation and hydrocarbon potential of the Traenabanken area.- Petroleum Geology of the North European Margin, Norwegian Petroleum Society (Graham & Trotman), pp 217-236.
- MUTTER, J.C., M. TALWANI & P.L. STOFFA, 1984: Origin of seaward dipping reflectors in oceanic crust off the norwegian margin by "Subaerial sea floor spreading".- Geology, 10, 353-357.
- MUTTER, J.C., M. TALWANI & P.L. STOFFA, : Evidence for a thick oceanic crust adjacent to the Norwegian Margin. Journal of Geophysical Research, 89, 483-502.
- RÖNNEVIK, H. & H.-P. JACOBSEN, 1984: Structural highs and basins in the western Barents Sea.- Petroleum Geology of the North European Margin, Norwegian Petroleum Society, (Graham & Trotman), pp. 19-32.
- SPENCER, A.M., P.C. HOME & L.T. BERGLUND, 1984: Tertiary Structural development of the western Barents Shelf: Troms to Svalbard.- Petroleum Geology of the North European Margin, Norwegian Petroleum Society, (Graham & Trotman), pp. 199-209.
- TALWANI, M. & O. ELDHOLM, 1972: The continental margin off Norway: A geophysical study.- Geol.Soc.Am.Bull. 83, pp. 3575-3608.
- TALWANI, M. & O. ELDHOLM, 1977: Evolution of the Norwegian-Greenland Sea.- Geol.Soc.Am.Bull. 88, pp. 969-999.

8.4 Eigene Vorarbeiten

Seitens des Instituts für Geophysik der Universität Kiel sind vor allem tiefenseismische Untersuchungen der Krustenstruktur im skandinavischen Raum durchgeführt worden. Insbesondere

Ist hier die Vermessung des "Blue Norma" Profils durch Skandinavien mit seiner Verlängerung in den Nordatlantik zu erwähnen, wo neben großen Sprengungen auch kombinierte see-landsseismische Verfahren zur Anwendung kamen. Die Ergebnisse sind in verschiedenen Publikationen dokumentiert. (MEIBNER, 1979, THEILEN und MEIBNER, 1979; WEINREBE, 1981; AVEDIK et al., 1984). Hochauflösende kontinuierliche reflexionsseismische Messungen wurden in verschiedenen Seegebieten durchgeführt. So befaßte sich ein Vorhaben, das in Zusammenarbeit mit dem Institut für Sedimentologie der Universität in Perpignan erfolgte, mit der Untersuchung der plioquartären Ablagerungen im Golf von Lion und der Entwicklung der Canyons am Schelfrand (GOT et al. 1979). Weitere Untersuchungen wurden in der Ost- und Nordsee vorgenommen. In der Ostsee erfolgte die engräumige Vermessung eines Salzstocks (TIETZE, 1977). Ein mehrjähriges Projekt befaßte sich mit der Entwicklung des Wattengebietes vor der nordfriesischen Küste, das auf eine engräumige kontinuierliche reflexionsseismische Vermessung des Küstenvorfeldes und der Hever beruhten (TIETZE, 1983).

Neben den kontinuierlichen Verfahren wurde in den letzten Jahren eine mehrkanalige reflexionsseismische Apparatur mit digitaler Datenerfassungsanlage zusammengestellt. Sie wurde mit Erfolg im Skagerrak, in der Antarktis und auf zwei Reisen mit FS "Polarstern" in die arktischen Gewässer eingesetzt. Der Streamer ist 400 Meter lang und mit 10 Kanälen versehen. Zur digitalen Datenerfassung dient eine selbst konzipierte Anlage, die in der Lage ist, seismische Signale im kHz-Bereich aufzuzeichnen. Die für die Datenerfassung und für die Auswertung erforderlichen Programm-Pakete wurden am Institut entwickelt.

Neben der herkömmlichen Reflexionsseismik mit Kompressionswellen wurde ein neues Verfahren zur Anregung und Aufnahme horizontal polarisierter Scherwellen am Meeresboden entwickelt. Sie werden in der Landseismik in zunehmenden Maß eingesetzt; auf See ist dies dagegen erstmalig der Fall. Scherwellen haben gegenüber Kompressionswellen verschiedene Vorteile:

1. Sie haben eine kürzere Wellenlänge und somit eine höhere Auflösung.
2. Scherwellen erfahren beim Durchlaufen gashaltiger Sedimente keine erhöhte Dämpfung.
3. Aus der Kenntnis der Kompressions- und Scherwellengeschwindigkeit lassen sich die Poisson'sche Konstante berechnen und bei Bestimmung der Dichte mit anderen Mitteln die elastischen Moduln abschätzen.

Die Entwicklung der Scherwellenquelle wurde von der DFG gefördert und ist für den Einsatz in der Flachsee mit Tiefen bis 50 Metern abgeschlossen. Sie wird zur Zeit auf verschiedenen Meeresböden getestet (GEHRMANN et al. 1984).

Ein weiteres Arbeitsgebiet ist die Absorption seismischer Wellen. Dieses Vorhaben wird vom BMFT gefördert und befaßt sich mit den nachstehend aufgeführten Teilaspekten.

1. Entwicklung von Verfahren zur Bestimmung der Absorption seismischer Wellen aus reflexionsseismischen Messungen.
2. Auswertung von Bohrlochmessungen.
3. Labormessungen zur Bestimmung der Geschwindigkeiten und Absorptionseigenschaften an Lockersedimenten bei variablem effektivem Druck bis 200 bar und unterschiedlichen Sättigungsgraden für Kompressions- und Scherwellen.
4. Theoretische Berechnungen über die Beziehungen zwischen sedimentologischen Parametern (Korngröße, Porosität, Permeabilität, Sättigungsgrad) und den Geschwindigkeits- und

Absorptionseigenschaften.

Nach den bisherigen Ergebnissen lassen sich aus den Geschwindigkeiten und den seismischen Gütefaktoren beider Wellenarten Aussagen über den Sättigungszustand und den Sedimenttyp treffen. Die Frequenzabhängigkeit der seismischen Güte Q gibt Hinweise auf die Permeabilität (MEISSNER und THEILEN, 1983; THEILEN, 1982; MUCKELMANN, 1982).

Neben den Geschwindigkeiten ist der Reflexionskoeffizient des Meeresbodens eine wichtige Kenngröße zur Kartierung des Sedimenttyps. Hierfür wurden Programme für die kontinuierliche Bestimmung dieses Parameters erstellt.

Gemeinsame Untersuchungen mit dem Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Kiel haben ergeben, daß eine Korrelation des Reflexionskoeffizienten und der Korngröße besteht (WINN, BECKER, THEILEN, 1983).

Die hier dargestellten Einzelverfahren sollen im Rahmen des SFB methodisch kombiniert in den jeweiligen Testgebieten angewendet werden.

Literatur

- AVEDIK, F., FUCKE, H., GOLDFLAM, S., HIRSCHLEBER, H., MEISSNER, R.-O., SELLEVOLL, M. & W. WEINREBE, 1984: Seismic Investigations along the Scandinavian Blue Normal Profile.- *Annales Geophysicae* Vol 2, Nr. 5, pp 571-578.
- GEHRMANN, T., GIMPEL, P. & F. THEILEN, 1984: Marine Shear Wave Profiling. Expanded Abstract for the 54th Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists, Atlanta (In press).
- GOT, H., ALOISI, J.-C., LEENHARDT, O., MONACO, A., SERRA RAVENTOS, J. & F. THEILEN, 1979: Structures sédimentaires sur les marges du Golfe du Lion et de Catalogne.- *Revue de Géologie dynamique et de Géographie physique*. Vol. 21, Fasc.4, pp. 281-293.
- MEISSNER, R.-O., 1979: Fennoscandia - A Short Outline of its Geodynamical Development. *Geojournal* 3.3, pp. 227-233.
- MEISSNER, R.-O. & F. Theilen, 1983: Attenuation Properties of Sediments. 11th World Petroleum Congress.- Special Paper No.3, London, 363-379.
- MUCKELMANN, R., 1982: Dependence of Seismic Properties of Sands on the Degree of Water Saturation Obtained from Pulse Transmission Experiments.- Technical Program Abstracts & Biographies 52nd Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists, Dallas, Tx.
- THEILEN, F. & R.-O. MEISSNER, 1979: A Comparison of Crustal Features in Fennoscandia and the Rhenish Shield, two Areas of Recent Uplift.- *Tectonophysics*, 61, pp. 227-242.
- THEILEN, F. 1982: Unelastic Properties of Sediments.- Technical Program Abstracts & Biographies 52nd Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists, Dallas, Tx.
- TIETZE, G. 1977: Flachseismische Untersuchung einer Salzstruktur in der westlichen Kieler Bucht.- *Schriften des Naturwissenschaftl. Vereins Schl.-Holst.*, Band 51, S. 1-24.

TIETZE, G. 1983: Das Jungpleistozän und marine Holozän nach seismischen Messungen nordwestlich Eiderstedt/Schleswig-Holstein.- Dissertation, Institut für Geophysik der Universität Kiel.

WEINREBE, W. 1981: Joint Interpretation of Earthquake Travel-Time Residuals and Seismic Measurement along the "Blue-Norma" - Profile in Northern Scandinavia.- Pageoph. Vol. 119, 1107-1115.

WINN, K., BECKER, G. & 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.

8.5 Ziele, Methoden, Arbeitsprogramm und Zeitplan

Ziel der geophysikalischen Untersuchungen ist zunächst eine detaillierte Aufnahme der Sedimentstrukturen unterhalb des Meeresbodens mit hochauflösenden reflexionsseismischen Verfahren in den jeweiligen Testgebieten. Diese Messungen sollen den durch direkte Beprobung zugänglichen oberflächennahen Bereich zu größeren Tiefen hin ergänzen, zumal bodenmorphologische Formen häufig in Zusammenhang mit tiefer gelegenen Ablagerungen zu sehen sind. Darüber hinaus trägt eine derartige Kartierung zum besseren Verständnis langfristiger Sedimentationsprozesse bei. Diese Untersuchungen sollen nicht die gesamte obere Kruste und ihre großräumigeren tektonischen Elemente erfassen, die aus den unter Absatz 8.3 genannten Arbeiten hinreichend bekannt sind, sondern sich vor allem auf die Lockersedimente beschränken, wobei die hohe Auflösung hinsichtlich der Schichtmächtigkeit und der lateralen Erstreckung von Strukturen im Vordergrund steht. Die Messungen sollen mit einem hochfrequent abgestimmten Air-Gun-Array und einem 600 Meter langen Streamer erfolgen.

Für den oberflächennahen Bereich ist die Aufnahme eines geoakustischen Modells vorgesehen. Sie verlangt eine wesentlich höhere Auflösung, als mit einem Air-Gun-Array zu erreichen ist. Dieses Programm beinhaltet neben der Durchführung hochfrequenter seismischer Messungen auch die Bestimmung der drei seismischen Parameter Geschwindigkeit, Geschwindigkeitsgradient und Absorption als Funktion der Tiefe. An besonders kritischen Lokationen sollen diese Untersuchungen durch Scherwellenmessungen ergänzt werden, wobei im günstigen Fall alle drei Größen auch für Scherwellen ermittelt werden sollen. Die so bestimmten seismischen Parameter sollen mit den an Kernen gewonnenen lithofaziellen Eigenschaften korreliert werden. Diese Arbeiten werden im Hinblick auf drei Zielsetzungen geplant:

1. Verbesserung der Interpretation von Seismogrammen bei Feinschichtung und kleinräumigen Strukturen. Dazu sollen die gemessenen Seismogramme mit synthetischen verglichen werden. Die Berechnung der synthetischen Seismogramme beruht dabei auf den an den Kernen gemessenen Geschwindigkeiten und Absorptionseigenschaften unter Berücksichtigung eines geeigneten Signals für die verwendete Schallquelle.
2. Die Korrelation von seismischen und lithologischen Parametern an Bohrkernen soll auf die Seismik übertragen werden, um so die Methoden der seismostratigraphischen Erkundung zu verbessern.
3. Es soll versucht werden, eine Korrelation der lithologischen und seismischen Parameter mit dem Sedimentationsmilieu herzustellen. Wie BACHMANN et al. (1983) nachgewiesen haben, besteht eine besonders enge Beziehung zwischen dem Geschwindigkeitsgradienten und der Sedimentations- und Kompaktionsgeschwindigkeit. Dies wirkt sich mit Sicherheit auf die

Porosität und Permeabilität und somit auf die seismischen Parameter aus.

Die hier dargestellten Zielsetzungen können nicht von einer Fachrichtung alleine in Angriff genommen werden, sondern sind nur im Verbund mit den geologischen Untersuchungen zu lösen.

Die erforderlichen hochauflösenden seismischen Messungen könnten in erster Näherung schon mit einem 3.5 kHz-Lot von der Meeresoberfläche her erfolgen, wobei allerdings die laterale Auflösung kleinräumiger Strukturen in größeren Wassertiefen abnimmt (Fresnel'sche Zonen). Dieser Nachteil kann durch den Einsatz eines Tiefschlepp-Systems umgangen werden. Ein derartiges System, das eine hochfrequente Schallquelle und ein Side-Scan-Sonar enthält, wird im Rahmen des Teilprojekts A2 beantragt. Dieses einkanalige System vermittelt jedoch keine Information über die Geschwindigkeitsstruktur. Aus diesem Grunde ist die Entwicklung eines abgeänderten Tiefschlepp-Systems geplant, das mit einer Schallquelle und einem 100 Meter langen, 24-kanaligen Streamer versehen ist. Bei einer Schlepptiefe von 100 Metern oberhalb des Meeresbodens sind die Move-out-Zeiten von Reflexionseinsätzen ausreichend für eine Geschwindigkeitsbestimmung.

Dieses System soll im Rahmen eines gesonderten Vorhabens, das nicht Teil des geplanten SFB ist, beim BMFT beantragt und entwickelt werden. Dies geschieht in einer Arbeitsgruppe, die aus

Prof. Dr. Koske, Institut für Angew. Physik

Prof. Dr. R. Meißner, Inst. für Geophysik

Dr. Fr. Theilen, Inst. für Geophysik

Dr. Fr. Kögler, Geol.-Pal. Institut

besteht. Eine enge Verbindung besteht zum IFREMER in Brest, wo an ähnlichen Projekten gearbeitet wird.

Das System soll nach seiner Fertigstellung und Erprobung in den geplanten SFB eingebracht werden, was allerdings nicht vor 1987, wahrscheinlich erst in der zweiten Phase des SFB, zu realisieren ist. Mit diesem Gerät sollen profilmäßig neben den Schichtstrukturen die Geschwindigkeits-Tiefenfunktionen in ausgewählten Gebieten bestimmt werden.

Als zweites wichtiges Verfahren ist die Vermessung mit horizontal polarisierten Scherwellen anzusehen. Diese sprechen zum Teil andere Reflexionshorizonte an als Kompressionswellen und tragen somit zu einer Verbesserung der stratigraphischen Erkundung bei. Von Bedeutung ist vor allem die Möglichkeit zur Bestimmung der Kompressions- und Schermodul aus den Geschwindigkeiten beider Wellenarten. Wie HAMILTON (1971) und MUCKELMANN (1982) gezeigt haben, besteht eine gute Korrelation zwischen der Porosität und dem Schermodul. Auch hier sind empirische Beziehungen zur Sedimentations- und Kompaktionsrate aufzustellen.

Eine Scherwellenquelle für den Meeresboden wurde erstmalig mit Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft am Institut für Geophysik in Kiel entwickelt und wird zur Zeit auf verschiedenen Meeresböden getestet. Sie besteht aus einer auf einem Schlitten montierten Luftkanone, die einseitig, horizontal gerichtet abbläst. Der so entstehende Rückstoß wird durch den Schlitten auf den Meeresboden übertragen. Die Signalaufzeichnung erfolgt mit einem 3-Komponenten-Geophon, das ebenfalls auf einem Schlitten montiert am Meeresboden abgesetzt wird. Während das Schiff die Quelle mit konstanter Geschwindigkeit über den Meeresboden schleppt, bleibt der Geophonschlitten unter Fieren des Meßkabels an seinem Ort, bis die Maximalauslage erreicht ist. Danach wird das Geophon bis an die Position der Quelle gehievt, dort am Meeresboden abgesetzt und die nächste Auslage vermessen. Die Länge des Meßkabels beträgt zur Zeit 1000 Meter. Aus den so entstehenden Weltwinkelsektionen können die

Reflektortiefen und die Scherwellengeschwindigkeiten ermittelt werden (GEHRMANN et al. 1984).

Die vorhandene Anlage wurde für Flachwasserbedingungen wie in der Ostsee konzipiert. Für den Einsatz im Rahmen des geplanten SFB soll sie für Schelfrandtiefen (300 Meter) weiterentwickelt werden. Dies ist für die zweite Phase des SFB vorgesehen.

Den seismischen Messungen sind die Untersuchungen an den Kernen gegenüberzustellen. Diese werden überwiegend von Dr. F.C. Kögler am Geologisch-Paläontologischen Institut vorgenommen. Sie beinhalten sowohl die Bestimmung der lithologischen Parameter (Korngrößenverteilung, Feuchtraumdichte, Porosität, Permeabilität) als auch der Geschwindigkeitsverteilung und der Absorption entlang des Kernes. Hierzu gehört auch die Scherfestigkeit, die nicht mit dem Schermodul identisch ist. Zwischen beiden Kenngrößen gibt es jedoch empirische Beziehungen. Aus den an Kernen gewonnenen Daten läßt sich ein geoakustisches Sedimentmodell ableiten, das als Grundlage für die Berechnungen der synthetischen Seismogramme dient. Unter Berücksichtigung der Impedanzabfolge, der Absorption und eines Wavelets, das dem der verwendeten Quelle ähnlich ist, werden synthetische Seismogramme berechnet und mit den gemessenen Seismogrammen verglichen. Eine derart an Kernen geeichte Seismik läßt wesentlich einfacher laterale Änderungen in der Feinstruktur erkennen als die herkömmlichen Methoden.

Darüber hinaus sollen die an Kernen gewonnenen lithologischen Kenngrößen direkt mit den seismischen Parametern korreliert werden. Geringe Gasanteile verringern die Kompressionswellengeschwindigkeiten, während Tonanteile im Sediment die Absorption von Scherwellen erhöhen. Diese wechselseitigen Beziehungen sind bisher erst im Ansatz bekannt. Die bisherigen Untersuchungen lassen jedoch erwarten, daß hier Fortschritte in der seismischen Interpretation im Hinblick auf lithologische Fragestellungen zu erzielen sind.

Die Untersuchungen an Kernen sollen ergänzt werden durch Laborversuche, die sowohl an natürlichen als auch an synthetischen Proben vorzunehmen sind. Wenn es auch schwierig ist, ein natürliches Sediment synthetisch nachzubilden, erlauben solche Messungen jedoch in einfacherer Weise, Gesetzmäßigkeiten durch Variation ausgewählter Parameter zu modellieren. Für diese Untersuchungen stehen am Institut für Geophysik zwei Meßplätze zur Verfügung. Eine dieser Versuchsanordnungen ist eine Durchschallungsanlage für Messungen im Ultraschallbereich. Sie zeichnet sich dadurch aus, daß effektive Drücke bis 200 bar simuliert und der Gasgehalt im Porenwasser mit einer Genauigkeit bis 1% eingestellt werden können. Sie arbeitet mit Kompressions- und Scherwellen. Die zweite Anlage erfaßt den niederfrequenten seismischen Bereich von 0,1-10 Hz und ist nur für Kompressionswellen ausgelegt. Beide Anlagen wurden im Rahmen eines Vorhabens zur Bestimmung der Absorption seismischer Wellen konzipiert, sollen aber auch für Projekte des SFB eingesetzt werden.

Der Zeitplan sieht für 1985 die Vorbereitung der geplanten Untersuchungen vor. In diesem Rahmen soll ein Mitarbeiter alle verfügbaren seismischen Daten zusammenstellen und die vorgesehenen Messungen darauf abstimmen. Dazu ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Continental Shelf Institute in Trondheim und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover notwendig. Hierfür wurde je eine Reise nach Trondheim und nach Hannover eingeplant.

Für das zweite Jahr sind die Durchführung der mehrkanaligen reflexionsseismischen Messungen im ersten Testfeld sowie parallele Aufzeichnungen mit einer digitalen Datenerfassungsanlage an dem Tiefschlepp-System vorgesehen, welches im Teilprojekt A2 eingesetzt wird. Für die hochfrequenten Messungen sollen geeignete Testprofile ausgewählt werden, auf denen auch

Kerne entnommen werden. Die Untersuchungen an den Kernen und die hochfrequenten seismischen Daten bilden dann die Grundlage für die zu erstellenden geakustischen Modelle. In diesem Zeitraum soll gleichzeitig eine Meßsonde für die Bestimmung der seismischen Parameter am frischen Kern konstruiert werden.

Im dritten Jahr sollen die mehrkanaligen reflexionsseismischen Messungen fortgesetzt werden. Weitere Messungen sind mit dem einkanaligen Tiefschlepp-System vorgesehen, wobei auch erste Testversuche mit dem mehrkanaligen System durchgeführt werden sollen, wenn es zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung steht. Diese Arbeiten sollen durch Untersuchungen an Kernen ergänzt werden.

Im vierten Jahr sollen diese Arbeiten unter Hinzunahme und Austesten des Scherwellen-Generators für größere Tiefen fortgesetzt werden.

Literatur

- BACHMANN, O., E. HAMILTON. & J. CURRAY, 1983: Sediment Sound Velocities from Sonobuoys: Sunda Trench and Forearc Basins, Nicobar and Central Bengal Fans and Adam Sea Basins.- Journal of Geophysical Res. 88, No. B 11.
- GEHRMANN, T. et al. 1984: Marine Shear Wave Profiling. Expanded Abstract for the 54th Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists, Atlanta (In press).
- HAMILTON, E. 1971: Elastic Properties of Marine Sediments.- Journal Geoph. Res. Vol. 76, pp. 579-604.
- MUCKELMANN, R., 1982: Dependence of Seismic Properties of Sands on the Degree of Water Saturation Obtained from Pulse Transmission Experiments.- Technical Program Abstract & Biographies 52nd Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists, Dallas, Tx.

8.6 Stellung Innerhalb des Programms des Sonderforschungsbereichs

Das Teilprogramm B1 steht in enger Beziehung zum Teilprogramm A2, in dem vor allem die dynamischen Prozesse des Transports und die Ablagerung von Sedimenten im Vordergrund stehen. Diese Untersuchungen werden durch die reflexionsseismischen Messungen zu größeren Tiefen hin erweitert. Gleichzeitig soll darüber hinaus mit den Untersuchungen über die Beziehungen zwischen den lithologischen und seismischen Parametern versucht werden, Aussagen über Sedimentations- und Kompaktionsraten für charakteristische Sedimenttypen zu erhalten.

Eine enge Beziehung zum Teilprojekt B2 ergibt sich aus der Notwendigkeit, Schichtstrukturen, ihre Ausdehnung und Mächtigkeit zu kartieren und sie im Sinne der Seismostratigraphie zu interpretieren.

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

9.1 Allgemeine Angaben zum Teilprojekt B2

- 9.11 Fachgebiet und Arbeitsrichtung: Geologie mit Sedimentologie, Geochemie, Tonmineralogie, Stratigraphie; (Mikro-)Paläontologie speziell der Foraminiferen, Ostracoden, Radiolarien, Silicoflagellaten und des Nannoplanktons; Isotopengeologie und Kernphysik der stabilen Isotopen, C-14-Analyse, Paläoklimakunde, Regionale Ozeanographie, Paläoozeanographie.

9.12 Leiter

Prof.Dr.Michael Sarnthein	Prof.Dr.Jörn Thiede
Geol.Paläontol. Institut	Geol.Paläontol. Institut
der Universität	der Universität
Olshausenstr. 40	Olshausenstr. 40
D 2300 Kiel	D 2300 Kiel
Tel.: 0431-880/2882/2851	Tel.: 0431-880-2855/2862

9.13 Personal zur Zeit der Antragstellung

	Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institut	Arbeitszeit f. SFB (Wochenstd.)
<u>Grundausstattung</u>	1) Bock, M.	Ozeanographie	IfM	10
9.131 Wissenschaftler	Dipl.-Oz., wiss.Ang.			
	2) Cough, S.K.	Sedimentologie	GPI	10
	Dr., Professor			
	3) Erlenkeuser, H.	Kernphysik	IKP	10
	Dr., wiss. Ang.			
	4) Haake, F.	Paläontologie	GPI	15
	Dr., wiss. Ang.			
	5) Henrich, R.	Geologie	GPI	10
	Dr., Hochschulass.			

	Name, akad. Grad Dienststellung	Fachrichtung	Institut	Arbeitszeit f. SFB (Wochenstd.)
<u>Grundausstattung</u>				
9.131 Wissenschaftler	6) Lange, H. Dr., wiss. Ang.	Geologie	GPI	15
	7) Qvale, G. Dr., wiss. Ang.	Paläontologie	GPI / IGO	10
	8) Samtleben, C. Dr., wiss. Ang.	Paläontologie	GPI	5
	9) Sarnthein, M. Dr., Professor	Sedimentologie	GPI	15
	10) Stabell, B. Dr., wiss. Ang.	Paläontologie	GPI / IGO	10
	11) Thiede, J. Dr., Professor	Paläontologie	GPI	15
	12) Wefer, G. Dr., Professor	Geologie	GPI	5
	13) Willkomm, H. Dr., Professor	Kernphysik	IKP	5
9.132 nichtwissen- schaftl. Mit- arbeiter	14) Cordt, N. techn. Ang.		IKP	20
	15) Gumz, M. techn. Ang.		IKP	10
	16) Reimers, W. techn. Ang.		GPI	15
	17) Runze, D. techn. Ang.		GPI	20
	18) Wallenburg, P. techn. Ang.		GPI	15

9.2 Zusammenfassung

Die Arbeiten des TP B2 stehen unter dem Thema "lang- und kurzfristige Schwankungen der ozeanischen Zirkulation im Europäischen Nordmeer". Sie sollen die Paläoozeanographie der wichtigsten Wassermassen in ihrer zeitlichen Variabilität in den Zeiträumen von größenordnungsmäßig zwischen 100 Jahren und 10 Millionen Jahren erforschen. Hauptvariablen sind dabei die Advektion von ozeanischen Wassermassen und Wärme in Richtung Arktis und der Export extrem kalter Wassermassen in Richtung Nordatlantik.

Als Datenquelle dienen hauptsächlich Sedimentuntersuchungen. Die Reaktion der pelagischen Fossilgemeinschaften auf die Veränderlichkeit der ozeanographischen Verhältnisse bildet eine weitere zentrale Frage.

Während der ersten 3 Jahre des SFBs sollen schwerpunktmäßig Gebiete unter dem Norwegenstrom untersucht werden. Zum Verständnis der in diesem TP zu messenden Sediment-Parameter sollen die Arbeiten eng verzahnt auf den Erkenntnissen von A1 bis A3 aufbauen. Die Ergebnisse von TP B2 sollten erlauben, die seismischen Daten von TP B1 in den Rahmen einer Ereignisstratigraphie zu stellen.

Ozeanographie, Klima und Sedimentationsprozesse sind im Europäischen Nordmeer im Vergleich zu anderen Ozeanen kurz- wie langfristig äußerst starken Änderungen unterworfen, ein grundsätzliches Phänomen der ungewöhnlich hohen geographischen Breite dieses Meeres. Umschwünge im globalen Klima werden hier im Sediment besonders deutlich registriert. Dies zeigt sich z.B. an

- dem sehr ausgeprägten Jahreszyklus und den darauffolgenden Fluktuationen im Partikelfluß;
- den kurzfristigen Klimaschwankungen des Holozäns, die sich vermutlich bereits während weniger Jahrhunderte im Sedimentfluß massiv auswirken konnten;
- den Eiszeitzyklen, welche die Sedimentationsverhältnisse viele Male im Quartär grundlegend verändert haben, und schließlich an der vermutlich stark variablen Paläoozeanographie und Sedimentfolge des Tertiärs. Eine zentrale Frage ist hier der eigentliche Beginn der Vereisung der Nordhemisphäre.

Das Europäische Nordmeer besitzt seither eine Schlüsselfunktion für viele Klimafaktoren und dürfte die Intensität der globalen Klimaschwankungen mitsteuern ein weiterer Grund, seine Sedimentationsgeschichte besser kennenzulernen.

Die gesuchten Signale für die Variabilität der ozeanischen Zirkulation werden einer umfassenden und gezielten Analyse der isotopischen, chemisch-mineralogischen, arten-, Korngrößen- und altersmäßigen sowie mikroskopischen Zusammensetzung der Sedimente und ihrer biogenen/organischen Fraktionen entnommen. Wir können uns dabei auf ein umfangreiches Ausgangsmaterial an Daten stützen, das z.T. aus ausländischen, vor allem norwegischen und amerikanischen, z.T. aus eigenen Untersuchungen ("Sedimente Norwegen") stammt.

9.3 Stand der Forschung

Die Paläoozeanographie ist eine junge geowissenschaftliche Arbeitsrichtung, die in den vergangenen 14 Jahren einen gewaltigen Aufschwung nahm, besonders für einige Zeitintervalle des Jungquartärs, also für die Frage nach den Auswirkungen und Mechanismen der Eiszeiten. Die Arbeiten des CLIMAP-Projektes setzten hier in vieler Hinsicht neue Maßstäbe (CLINE & DITTMAYS 1976, CLIMAP 1981), die Daten des Internationalen Tiefsee-Bohrprojektes legten Grundlagen für erste lange paläoozeanographische Zeitreihen aus dem Tertiär (siehe unten). Beide Projekte erfaßten auch das Europäische Nordmeer. Insgesamt haben amerikanische, sowjetische, norwegische, französische und deutsche Schiffe hier bisher fast 300

Tiefseekerne gewonnen. Hinzu kommen über 1000 Sedimentproben, die von norwegischen Instituten am norwegischen Kontinentalrand gewonnen wurden (BJÖRKLUND & GOLL 1979), zuletzt auch von Kiel aus. Trotz seiner Schlüsselstellung für entscheidende Fragen der paläoozeanischen Zirkulation blieb jedoch die Kenntnis über diesen Raum im Vergleich zu anderen, leichter zugänglichen Teilen des Ozeans in niederen Breiten noch deutlich zurück. Dies resultiert u.a. aus örtlichen Problemen mit der Stratigraphie wegen andersartiger, stratigraphisch schwerer einzuordnender Artengruppen in hohen Breiten und wegen zeitweisem Aussetzen jeglicher kalk- und kieselschaliger Organismenreste in mächtigen klastischen Sedimentfolgen (TALWANI et al. 1978, BJÖRKLUND & GOLL 1979).

KELLOGG (1975, 1976, 1980, sowie KELLOGG et al. 1978) erstellten als erste mit Hilfe der Transfer-Funktions-Technik (IMBRIE & KIPP, 1971) flächendeckende Karten der Paläotemperaturen des Oberflächenwassers während verschiedener Zeitintervalle des Jungquartärs. Sie zogen daraus wichtige Schlüsse über die Advektion von warmem Oberflächenwasser durch den Nordatlantik- und Norwegen-Strom sowie über das wechselnde Ausmaß der Eisdecken im Europäischen Nordmeer. Über die Art dieser Eisdecken - Packeis oder Schelfeis - bestehen allerdings noch eine Reihe von Widersprüchen (BJÖRKLUND & GOLL 1978). WOHLFEIL (1983) versucht, aufgrund der Dropstone-Verbreitung eiszeitliche Eisströme aus der Nordsee von solchen aus Island zu unterscheiden.

Der große Klima-Umschwung nach der letzten Eiszeit (0-Isotopenstadiengrenze 2-1; Termination 1) zog besonderes Interesse auf sich. Ihn behandeln eine Reihe von Arbeiten vom Norwegischen Schelf und Kontinentalrand, wo örtlich hohe Sedimentakkumulationsraten zu einer höheren zeitlichen Auflösung der Ereignisfolge führten (HOLTEDAHL, zahlreiche Arbeiten seit 1959, HOLTEDAHL & BJERKLI 1982, JANSEN et al. 1983, SEJRUP et al. 1984a und b, JANSEN 1984, STABELL 1982, CEPM-CNEXO 1977). Den Mechanismus des großen Umschwungs im Nordatlantik diskutierten RUDDIMAN & McINTYRE (1981a), allerdings ohne Daten aus der Norwegischen See selbst.

Der Umschwung zu Beginn der letzten Eiszeit (Stadiengrenze 5/4) wurde von BELANGER (1982) dargestellt und, was seinen Mechanismus betrifft, von RUDDIMAN & McINTYRE (1981b) diskutiert, die auf eine verspätete Abkühlung des europäischen Kontinentalrandes hinweisen.

KELLOGG (1977) veröffentlichte auch die ersten modernen längeren Klima-Zeitreihen nach Kolbenlotkernen (inklusive Delta 18 O-Stratigraphie) für die letzten 450tausend Jahre. Ähnlich wie bei SANCETTA et al. (1973) konnte er Verbindungen zur kontinentalen Quartärstratigraphie herstellen, die aber noch einiger Überprüfungen bedürfen. Wichtige Hinweise dazu ergeben sich auch aus Arbeiten über Tiefseekerne aus dem benachbarten Arktischen Ozean, wo allerdings die Stratigraphie noch viel umstrittener ist (z.B. CLARK et al. 1980, MINICUCCI & CLARK 1983, HERMAN 1983).

Die jüngste Entwicklung der ozeanischen Zirkulation im jüngeren Holozän und speziell im letzten Jahrtausend wurde bisher kaum beschrieben. Spärliche Angaben aus Fjordsedimenten (AARSETH et al. 1974), litoralen Mollusken-Vorkommen des Atlantikums auf Spitzbergen (FEYLING-HANSSEN 1955) und einem Sedimentkern vom mittelnorwegischen Kontinentalrand (BJÖRKLUND & GOLL 1979, BJÖRKLUND et al. 1979) zeigen eine Verstärkung des warmen Norwegen Stroms von 8000 bis 5000 J.vh. und danach eine Verstärkung des Norwegischen Küstenstroms, die sich in Diatomeenblüten äußert. Einen über 10 m langen Sedimentkern aus dem Skagerrak mit hoher zeitlicher Auflösung des 0-Stadiums 1 beschreiben STABELL & THIEDE (in press) zusammen mit norwegischen, deutschen und dänischen Kollegen. LAMB (1968) zeigte die ungewöhnlich weite Expansion der Packeisdecke während der kleinen Eiszeit. KELLY & JONES (1981) zeigten anhand von 100 Jahren Herbstlufttemperaturen das Wärmeoptimum in der Mitte dieses Jahrhunderts.

Die (Paläo-)Saisonalität, ein besonderer Aspekt der Paläo-Ozeanographie des Oberflächenwassers, blieb bisher noch unzureichend erforscht, obwohl sie in hohen Breiten durch die extreme Verteilung von Licht und Temperatur den biogenen und nichtbiogenen Sediment-Flux ganz wesentlich steuert, wie z.B. CODISPOTI et al. (1982) am Analogfall Bering-See sowie BRAARUD et al. (1958) und OKADA & McINTYRE (1979) an Coccolithen des Nordatlantiks beschreiben. KELLOGG (1975, 1976 und 1980) zeigte, daß selbst im glazialen Maximum die (Transfer-) Oberflächentemperaturen im August bis +5°C erreichen konnten. Dieser Wert stimmt mit rezenten Werten vom (arktischen) Polarwasser beachtenswert überein, das nach GAMMELSRÖD & RUDELS (1982) in der Framstraße, trotz Drifteis, ähnliche Sommertemperaturen erreichen kann. SEJRUP et al. (1984) vermuten, daß sich während der Termination I die Eisdecke in der südlichen Norwegischen See auf die Winterzeit beschränkt habe.

Die tertiäre Paläo-Ozeanographie des Europäischen Nordmeers blieb bisher weitgehend unbekannt, weil bei DSDP-Leg 38 (TALWANI et al. 1978) die Position der meisten Sites nicht für diese Fragestellung ausgesucht, die gekernten Sedimentfolgen vom Bohrverfahren stark gestört waren und eine genauere Stratigraphie noch große Schwierigkeiten bereitete (BJÖRKLUND & GOLL, 1979).

Es ist jedoch aus vorläufigen stratigraphischen Untersuchungen aus dem Nordpolarmeer (CLARK et al. 1982) und aus dem nördlichen Teil des europäischen Nordmeeres (WARNCKE 1977) wahrscheinlich, daß die Vereisungsgeschichte dieser Meeresgebiete bis mindestens in das Obermiozän zurückverfolgt werden kann. Daten, die Untersuchungen älterer tertiärer Sedimente entstammen (z.B. Spitzbergen), sind bisher noch nicht eindeutig interpretierbar, scheinen jedoch auch auf das Auftreten noch älterer kalter Klimaphasen auf der nördlichen Hemisphäre hinzuweisen. Im Gegensatz dazu steht die hoch auflösende Zeitserie von DSDP-Site 552 südlich von Island (SHACKLETON et al. 1983). Sie datiert die ältesten Eisdriftsedimente im Irminger Wirbel klar auf 2.8 Mio J.v.h. Ihr erstes Auftreten fällt damit direkt zusammen mit einer massiven Zunahme der O-Isotopen-Werte, d.h. mit einem Zuwachs des globalen, wohl zur Hauptsache arktischen Eisvolumens. Diese Befunde bedürfen einer dringenden Überprüfung an künftigen Tiefseebohrungen in der Norwegischen See, da aus Festland-Profilen mehrere Hinweise auch für ältere Vereisungsphasen auf der Nordhemisphäre vorliegen (MUDIE & HELGASSON 1983, NORRIS 1982). Die Paläoozeanographie des Bodenwassers (s. unten) könnte ebenfalls dem Eiszuwachsmodell von Site 552 widersprechen und eine viel länger bereits anhaltende Abkühlung der Nordhemisphäre erfordern. Einschlägige Ergebnisse aus Messungen des Sedimentflux im Tertiär stehen noch aus.

Die Probleme der Tiefwasser - Paläo-Ozeanographie sind erst in den letzten 10 Jahren ins allgemeine Bewußtsein gerückt. Die Norwegische See mit ihrer starken Tiefwasser-Neubildung stellt eine Art Lunge der ozeanischen Tiefenzirkulation dar, der naturgemäß besondere Beachtung zukommt. Die meisten Daten unterstützen z. Zt. die Vorstellung, nach dem die Tiefwasserbildung hier während der letzten Eiszeit fast völlig zum Stillstand kam und der O₂-Gehalt des Bodenwassers deutlich zurückging, das Weltmeer insgesamt somit eine deutliche Reduzierung des O₂-Gehalts im Tiefenwasser erfuhr (u.a. nach DUPLESSY 1982, JANSEN et al. 1983, SEJRUP et al. 1984b, STREETER et al. 1982). Bereits relativ früh, mit dem ersten Aufbrechen der Eisdecke während der Termination I vor 16000 Jahren, kam es allerdings wieder zur durchgreifenden Umwälzung des Tiefenwassers. Die Mechanismen für diese Frühphase der Tiefenwasserumwälzung sind nach SEJRUP et al. 1984 zur Zeit noch nicht geklärt. - Grundsätzlich läßt sich die "Ausfuhr" kalten Tiefenwassers zum Atlantik bereits bis in das frühe Oligozän zurückverfolgen (MILLER & TUCHOLKE, 1983). Sie dürfte während des gesamten Zeitraums die Advektion von warmem Oberflächenwasser in hohe Breiten auszugleichen gehabt haben. Vor 2.8 Mio. Jahren kam es dann zur bereits erwähnten O-Isotopenanreicherung des Tiefenwassers bei Site 552 (SHACKLETON, BACKMAN et al. 1983). Dieser Umschlag wird außer auf einen Zuwachs des globalen Eisvolumens auch zu einem Teil auf eine deutliche Abkühlung des

Nordatlantischen und Norwegischen See-Tiefenwassers zurückgehen. Ausmaß (2 bis zu 3°C Unterschied) und Ursachen sind hierfür wohl noch weitgehend ungeklärt. Die tektonisch - bathymetrisch - strukturellen Grundlagen für die tertiäre Entwicklung der ozeanischen Zirkulation im Nordatlantik wurden zuletzt in BOTT et al. (1983) zusammengefaßt.

Eine völlig neue Art von Signalen für die Rekonstruktion paläoozeanographischer (Tiefwasser-) Verhältnisse konnte entwickelt werden, seitdem im letzten Jahrzehnt für eine Reihe von u.a. "nährstoffähnlichen" Spurenmetallen geochemisch, konsistente Bilder für deren Verteilung im Ozean gewonnen werden konnten. Und zwar stiegen die Cd- und Zn-Gehalte in Foraminiferen-Schalen mit abnehmender isotopischer Temperatur, in Übereinstimmung mit den Konzentrationen der gelösten Metalle (und auch der Nährstoffe) in den Wasserkörpern, wo die Kalzifizierung stattfindet (BOYLE 1981). Erfolgreich angewendet wurde die Bestimmung des Cd/Ca-Verhältnisses in Schalen benthischer Foraminiferen bei Analyse der Versorgung mit nährstoffarmem Tiefenwasser im Nordatlantik während der letzten 200.000 Jahre (BOYLE & KEIGWIN 1982; vgl. auch: BOYLE 1984).

In summa ergibt sich, daß eine breite Informationsgrundlage für den Beginn unserer Forschungsarbeiten existiert. Neue Perspektiven und Erkenntnisse erwarten wir jedoch vor allem aus quantitativen Ansätzen über die Advektion warmer und salzreicher Wassermassen und die gleichzeitige Tiefenwasser-Bildung und -Ausfuhr, aus Einsichten über die Saisonalität fossiler Sedimentationsprozesse und über die Produktion organischer/biogener Sedimente mit all ihren Implikationen für den fossilen chemischen Kreislauf im Meer.

Literatur

- AARSETH, I., J. MAWGERUD, 1974: Younger Dryas and morains between Hardangerfjorden and Sognefjorden, Western Norway.- *Boreas* 3(1), 3-22.
- BELANGER, P.E., 1982: Paleo-oceanography of the Norwegian Sea during the past 130.000 Years: coccolithophorid and foraminiferal data.- *Boreas* 11, 29-36.
- BJÖRKLUND, K.R. & R.M. GOLL, 1979: Ice Age Climates of the Norwegian-Greenland Sea.- *Geo Journal* 3(3), 273-286.
- BOTT, M.H.P., S. SAXOV, M. TALWANI & J. THIEDE, 1983: Structure and development of the Greenland - Scotland Ridge. *New Methods and Concepts*. Plenum Press New York - London. Nato Conference Series: Mar. Scien., IV:8, 685 pp.
- BOYLE, E.A., 1981: Cadmium, zinc, copper and barium in foraminifera tests.- *Earth Planet. Sci. Lett.*, 53, 11-35.
- BOYLE, E.A. & L.D. KEIGWIN, 1982: Deep circulation of the North Atlantic over the last 200.000 years: geochemical evidence.- *Science*, 218, 784-787.
- BRAARUD, T., K.R. GAARDNER & O. NORDLI, 1958: Seasonal changes in the phytoplankton at various points off the Norwegian west coast.- *Fisk. Dir. Skr.* 12/3, 1-77.
- CEPM-CNEXO, 1977: Orgon I: Mer de Norvege. *Geochimie organique des sediments marines profonds*.- Edit. CNRS Paris, 296 S.
- CLARK, D.L. et al., 1980: Stratigraphy and Glacial-Marine Sediments of the Amerasian Basin, Central Arctic Ocean.- *Geol. Soc. Am., Spec. Pap.* (181), 57 p.

- CLIMAP Project Members, 1981: Geol. Soc. Am. Map and Chart Series, MG 36.
- CLINE, R.M. & J. DITTAYS (eds.), 1976: Investigation of Late Quaternary Paleoceanography and Paleoclimatology.- GSA. Mem. 145, 464 S.
- CODISPOTI, L.A., G.E. FRIEDERICH, R.L. IVERSON & D.W. HOOD, 1982: Temporal changes in the Inorganic carbon system of the south-eastern Bering Sea during spring 1980.- Nature, 296, 242-245.
- DUPLESSY, 1982: North Atlantic Deep Water circulation during the past climatic cycle.- Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, 31, 379-391.
- FEYLING-HANSEN, R.W., 1958: Mikropaleontologices.- N. ges Geologik Undersöcelse 203, 35-48.
- GAMMELSDROD, T. & B. RUDELS, 1983: Hydrographic and current measurements in the Fram Strait, August 1981.- Polar Res. 1 u.s., 115-126.
- HERMAN, Y., 1983: Arctic paleoceanography in Late, Cenozoic time and its relation to global climate.- Okeanologiya, 23 (1), 112-119. Moskau.
- HOLTEDAHL, H. & K. BJERKLI, 1982: Late Quaternary sediments and stratigraphy on the continental shelf off More-Trondelag, W. Norway.- Marine Geology 45, 179-226.
- IMBRIE, J. & 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.
- JANSEN, E., H.P. SEJRUP et al., 1983: Late Weichselian paleoceanography of the southeastern Norwegian Sea.- Norsk Geol. Tidsskrift, 63, 117-146.
- JANSEN, E., 1984: Late Quaternary paleoceanography of the Norwegian Sea. A study based on microfossils, stable isotopes, and sedimentology. Dr. scient. thesis, Dept. of Geology, Univ. of Bergen.
- KELLOGG, T.B., 1975: Late Quaternary Climatic Changes in the Norwegian and Greenland Seas.- Climate of the Arctic, 3-36.
- KELLOGG, T.B., 1976: Late Quaternary Climatic Changes: Evidence from Deep-Sea Cores of Norwegian and Greenland Seas.- Geol. Soc. America Mem. 145, 77-110.
- KELLOGG, T.B., 1977: Paleoclimatology and paleo-oceanography of the Norwegian and Greenland Seas: The last 450.000 Years.- Marine Micropal. 2, 235-249.
- KELLOGG, T.B., I.C. DUPLESSY, & N.I. SHACKLETON, 1978: Planktonic foraminiferal and oxygen isotopic stratigraphy and paleoclimatology of Norwegian Sea deep-sea cores.- Boreas 7 (1), 61-73.
- KELLOGG, T.B., 1980: Paleoclimatology and paleo-oceanography of the Norwegian and Greenland Seas: glacial-interglacial contrasts.- Boreas 9, 115-137.
- KELLY, P.M. & P.D. JONES, 1981: Autumn temperatures in the Arctic, 1881-1981.- Climate Monitor, 10 (4), 94-95.

- LAMB, H.H., 1968: Mapping methods applied to the study of climatic variations and vicissitudes.- In: Lamb, H.H.: The Changing Climate (Methmen & Co Ltd. London), p. 113-139.
- MILLER, K.G. & B.E. TUCHOLKE, 1983: Development of Cenozoic abyssal circulation south of the Greenland-Scotland Ridge.- In: Bott, M.H.P., Saxov, S., Talwani, M. & J. Thiede (eds.): Structure and Development of the Greenland-Scotland Ridge. (Plenum Press, New York - London) 549-590.
- MÜLLER, P.J. & E. SUESS, 1979: Productivity, sedimentation rate and sedimentary organic matter in the oceans. I. Organic carbon preservation.- Deep-Sea Res. 26A, 1347-1362.
- MÜLLER, P.J., ERLLENKEUSER, H. & R. VON GRAFENSTEIN, 1983: Glacial - Interglacial cycles in oceanic productivity inferred from organic carbon contents in eastern North Atlantic sediment cores.- In: J. Thiede & E. Suess (eds.) Coastal Upwelling: Its Sediment Record, Part B (Plenum Press) 365-398.
- MINICUCCI, D.A. & D.L. CLARK, 1983: A late Cenozoic stratigraphy for glacial - marine sediments of the eastern Alpha Cordillera, Central Arctic. Ocean.- In: Glacialmarine sediments, Plenum Press, 331-365.
- MUDIE, P.J. & J. HELGASON, 1983: Palynological evidence for Miocene climatic cooling in eastern Iceland about 9.8 Myr ago.- Nature 303, 689-692.
- NORRIS, G., 1982: Spore-pollen evidence for early Oligocene high-latitude cool climatic episode in northern Canada.- Nature, 297, 387-389.
- OKADA, H. & A. McINTYRE, 1977: Modern coccolithophorides of the Pacific and North Atlantic Oceans.- Micropal. 23 (1), 1-55.
- RUDDIMAN, W.F. & A. McINTYRE, 1981a: The North Atlantic Ocean during the last deglaciation. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 35 (2-4), 145-214.
- RUDDIMAN, W.F. & A. McINTYRE, 1981b: Oceanic mechanisms for amplification of the 23.000-year ice-volume cycle.- Science 212 (4495), 617-627.
- SANCETTA, C., I. IMBRIE & N.G. KIPP, 1973: Climatic record of the Past 130.000 Years in North Atlantic Deep Sea Core V23-82: Correlation with the Terrestrial Record.- Quat. Res. 3 (1), 110-116.
- SARNTHEIN, M., THIEDE, J., PFLAUMANN, U., ERLLENKEUSER, H., FÜTTERER, D., KOOPMANN, B., LANGE, H. & E. SEIBOLD, 1982a: Atmospheric and Oceanic Circulation Patterns off Northwest Africa During the Past 25 Million Years.- In: von Rad, U. et al. eds.: Geology of the Northwest African Continental Margin (Springer Verlag, Heidelberg) 545-604.
- SARNTHEIN, M., ERLLENKEUSER, H. & R. ZAHN, 1982b: Termination I: The response of continental climate in the subtropics as recorded in deep-sea sediments.- Bull. Inst. Geol. du Bassin d'Aquitaine, 31, 393-407.
- SEJRUP, H.P. et al., 1984: New Faunal and Isotopic Evidence on the Late Weichselian - Holocene Oceanographic Changes in the Norwegian Sea.- Quat. Res., 21, 74-84.

- SHACKLETON, N.J., BACKMAN, J., ZIMMERMANN, H., KENT, D.V. & M.A. HALL, 1984: Oxygen isotope calibration of the onset of ice-rafting and history of glaciation in the North Atlantic region.- *Nature*, 307, 620-623.
- STABELL, B., 1982: The Response of Diatom Floras During Late Quaternary Shore Line Displacement in Southern and Western Norway.- Dr. scient. Thesis, Univ. Oslo, 323 pp.
- STABELL, B. & J. THIEDE (eds.), in press: Upper Quaternary marine Skagerrak (W.E. North Sea) deposits: Stratigraphy and depositional environment.- *Norsh Geol. Tidsskr.*
- STREETER, S.S., & P.E. BELANGER, 1982: Late Pleistocene Paleo-Oceanography of the Norwegian-Greenland Sea: Benthic Foraminiferal Evidence.- *Quat. Res.*, 18, 72-90.
- THIEDE, J., SUESS, E. & P.J. MÜLLER, 1982: Late Quaternary fluxes of major sediment components to the seafloor at the northwest African continental slope.- In: U. v. Rad, et al. (eds.): *Geology of the northwest African continental margin* (Springer Verlag Heidelberg) 605-631.
- WARNKE, D.A. & M.E. HANSEN, 1977: Sediments of Glacial origin in the area of operations of D.S.D.P. Leg 38 (Norwegian-Greenland Seas): preliminary results from Sites 336 and 344.- *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. - Pfannenstiel Gedenkband - 67*, 371-392.
- WEFER, G., R.B. DUNBAR & E. SUESS, 1982: Stable Isotopes in Foraminifera off Peru Recording High Fertility and Changes in Upwelling History.- In: E. Suess & J. Thiede (eds.): *Coastal Upwelling: As Sediment Record* (Plenum Press).
- WOHLFEIL, K., 1983: Verteilung und Herkunft der Sedimente in Lotkernen von der Island-Färöer-Schwelle (Nordatlantik).- *Geol. Rdsch.*, 72: 137-165.

9.4 Eigene Vorarbeiten

Die Antragsteller bringen in das Teilprojekt eine breite Vielfalt von modernen, am Institut installierten, wissenschaftlichen Methoden zur Analyse langer paläoozeanographischer Zeitreihen mit ein (Tab.4 und 5), 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 norwegischen Polarinstitut).

Ältere meeresgeologisch - paläoozeanographische Vorarbeiten im Europäischen Nordmeer umfaßten folgende Themen:

Paläoozeanographische Auswertung von Sedimentkernen am Kontinentalhang und aus Fjorden im Umkreis von Bergen (THIEDE in AARSETH et al. 1975 und in BJÖRKLUND et al. 1983): Hohe lokale Sedimentationsraten von mehr als 40 cm/1000 J. zeigten hier erstmals den Höhepunkt der Warmwasseradvektion durch den Nordatlantik-Strom vor 8 bis 5 tausend Jahren und die holozäne Entwicklung des Norwegischen Küstenstroms (STABELL & THIEDE, in press) mit seinen Folgen für eine Steigerung der örtlichen Produktivität des Oberflächenwassers nach 5000 J.v.h. an.

Paläogeographie des Nordatlantiks und der Nordsee im Tertiär: THIEDE 1979a,b,c, THIEDE & ELDHOLM 1983 rekonstruierten die bathymetrische Entwicklung des Nordatlantiks und des Grönland-Schottland Rückens als Grundlage für jede weiteren paläoozeanographischen

Tab. 4

gesuchter Signalträger Methode im Sediment	Intensive Mikroskopierarbeit	Intensive Laborarbeit	Messung weitgehend automatisiert	vorhandene Großgeräte	Daten direkt mitteilbar auf EDV	geeignet für Kleinmengen	notige Zusammenarbeit mit auswärtigen Gruppen	Neubedarf an Gerät	vieler Publikationen zur Methode
¹⁸ O, ¹³ C Messung stab. Isotopen	X	X	X	2 Massenspektrometer	X	X			CANSEN, 1982, unveröffentl. Neuentwicklung automa. Präp. WEFER 1983
Magnet. Polarisation				Kryomagnetonmeter		X (Proben unverbraucht)	Geophysik Bochum		
¹⁴ C U/Th			X	2 Anlagen in GPI + IKP		1 g _f . Karbonat	CNRS-Labor (langfristig) Yvette Accelerator für U-Physik Kleinmengen		WILLKOMM 1976
Mikroben-thos/Mikroplankton (Forams, Diatomeen, Sili-coden)	X	X		(REM)	mittelbar	X			LUTZE 1965 PFLAUMANN in press
Nanno-plankton	X	X		REM					SAMTLEBEN 1980
Lipide/Ketone		X		Gaschromatograph + organisch. Massenspekt.	X		School of Geochem. Bristol Gaschromatogr. + organ. Massenspekt.		(?) LIEBEZEIT 1980, 1981
^C _{org} ¹³ C _{org}		X	X	Leco-Best. IGP (PO ₄ -Lsg) Infrarotspekt.		Leco-Ger. IGP Massenspekt.			MÜLLER 1984
Aminosäuren	X		X	Aminosäurenanalyse an Forams		mittelbar			MÜLLER 1984
Karbonatanteil	X		X	Infrarot-Spektroskopie, Leco, IGP, AAS, Röntgen-diffrakt., REM/ORTEC		mittelbar	ORTEC		

Tab.4 (Fortsetzung)

biogener Opal	Korngrößenfrakt. Smear-slide-analyse, Röntgen-analyse, naßchem. Analyse	X	X	X	Röntgen- mitteldiffrakt. bar	X			KOOPMANN 1980	
Tonminerale	Tonmineralogie/ Geochemie Atterberg.	(X)	X	X	Röntgen- diffrakt. Mikrosonde REM/ ORTEC	X	X	Minera./ Petrogra. Inst.Kiel	Automat. Schlämmanlage. ORTEC	LANGE 1982
Sedimentgefüge	Radio-graphie		X		2 Röntgen- Geräte					WERNER 1968
Kornarten der Grobfraktion	Grobfraktionsanalyse (Modalanalyse)	X	X			X	10 cc			SARNTHEIN 1971
	plus evtl. Korngrößenabtrennung nach Sinkgeschwindigkeiten	X	(X)	(X)		X			Sedimentationswaage (settling tube)	THIEDE et al. 1974
Kornarten der Siltfraktion	Feinfraktionsanalyse (Modalanalyse), Röntgen-dispersion	X	X		REM Sedigraph	mittelbar	X			FUTTERER 1980
Korngrößen der Feinfraktion				X		X	X			STEIN 1985 (in press)
Akkumulationsraten	Berechnung aus Feinstratigraphie und Modalanalysen					X				
Eistransportiertes Material	Petrographie, Gefüge, Korngrößen	X	(X)		REM	mittelbar			NPI, Oslo CGU, Kopenhagen	

Signalträger im Sediment

gesuchte Aussage:	Signalträger																			
	U-Th, δ ¹⁸ O Pla, Be	δ ¹³ C Be (Pla)	δ ¹³ C Org	¹ C Org	Nannopla	Mikropila. + Transfer	Be For.	Ostrac.	Diatoms	Flux SiO ₂	Flux CaCO ₃	Zus. CaCO ₃	silizikl. Kgs.	silizikl. Zus.	Pollen	Aminosäuren	Lipide (Ketone)	(Ozeanogr. Meeresreihen 100 J.)	3-5 kHz Signale	Sedimentgefüge
- Absolutes Alter	X (X)				(X)(X)			(X)										X		
- Akkumulations- (Flux-)rate	X X										X									
- Bodenwasserbildung		(X)					(X)				(X)(X)								X	
- Bodenwasser "export"																				
- Durchlüftung BW		X (X)	X					X			(X)									X
- Eisrand									X X		(X)	(X)								
- Eistransportrichtg.	X												X							
- Eisvolumen, global	(X)									X X	X	X							X X	
- Ereignisse (Akust.)										X X	X	X								X X
- Karbonatlösung						X					X X									
- Klima am Kontinent									X						X	X				
- Nährstoffe BW								X X			X									
- Packeis vs. Eisschelf												X X								X
- Produktivität-Z. im Oberflächen W.		X (X)	X		X	X X X X X					X									
- Saisonalität/Lichtextr	(X)				X X°						(X)	X					(X)			
- Salinität Ofl. W.	(X)				X X															
- Sedimentquellen								X X		X X X X										
- Sedimenttransport												X X (X)							X X	
- Stratigraphie	X (X)				X X	X									X	X				
- Süßwassereinfluß	(X)							X												
- T°C Ofl. Wasser	(X)				(X) X												X X			
- Wärmeadvektion	X				(X) X												X			
- Windtransport									X						X					

Tab. 5

X = semiquant.
oder quant. Anz.

(X) = mittelbare Hinweise

JEP '4 (BOLPREFSINR)



Überlegungen. Hierher gehört auch die Mitherausgabe eines Bandes über Tektonik und Entwicklung des Grönland - Schottland - Rückens (THIEDE in Bott et al. 1983). Über Sedimente aus dem Norwegischen Trog/Skagerrak wurde soeben ein Sammelband fertiggestellt (STABELL & THIEDE, in press) als Vorbereitung für eine größere wissenschaftliche Bohrung in die Sedimente der nördlichen Nordsee.

Im Zentrum unserer Vorarbeiten stand die zwei-jährige Pilotstudie 1983/4 ("Sedimente Norwegische See"; vgl. beiliegenden Bericht). Sie umfaßte 2 Ausfahrten mit F.F.S. Polarstern, eine Ausfahrt mit F.S. Poseidon und eine mit F.S. Littorina von je ca. 1. Monat Dauer. Dabei wurden im Gebiet zwischen Fram-Straße und Vöring Plateau insgesamt 3000 sm 3.5 kHz-Aufnahmen und Seabeam-Daten sowie zahlreiche Sedimentkerne mit Großkastengreifer als Oberflächenproben gewonnen. Wichtigstes Ergebnis für die Planung der künftigen Detailarbeiten eines SFBs ist die genaue Kenntnis über die Verbreitung ungestörter pelagischer Sedimente und ihrer ungefähren Akkumulationsraten. BOCK mit MEINCKE und SARNTHEIN begannen inzwischen mit der systematischen Aufsammlung 100 Jahre langer ozeanographischer Datenserien als "Rezentgrundlage" für die geplanten Arbeiten im Fossilen über ozeanischen Transport von Wärme und Salinität.

Die Erarbeitung (und weitgehende Durchsetzung) eines Bohrvorschlags für das ODP in unmittelbarer Nähe des geplanten Arbeitsgebietes am Vöring-Plateau in der Norwegischen See 1985 bildet eine weitere wesentliche Vorarbeit für den Beginn eines Sonderforschungsbereiches über Sedimentation im Europäischen Nordmeer.

Lang- und kurzfristige Schwankungen der ozeanischen Oberflächen- und Tiefenzirkulation sowie ozeanische Auftriebsphänomene und Produktivität standen auch bereits seit langem im Mittelpunkt von großräumigen Kieler Untersuchungen im Ostatlantik vor Westafrika (HERTERICH & SARNTHEIN 1984, PFLAUMANN 1984, in prep., SARNTHEIN et al. 1982a, 1982b, 1984, STEIN & SARNTHEIN 1984, THIEDE et al. 1982), vor Peru (WEFER et al. 1982) und am Antarktischen Kontinentalrand (SUESS et al. 1982, WEFER et al. 1982). Dabei wurden mit Hilfe stabiler Isotope und Transfer - Temperaturen auch erstmals systematische paläo-saisonale Effekte mit erfaßt (GANSEN & SARNTHEIN 1983, GANSEN 1983, PFLAUMANN 1984, in prep.). ERLKENKUSER (in Präp.) entwickelte hier eine völlig neuartige Formel zur Errechnung der ozeanischen Paläoproduktivität aus ^{13}C -Werten von Benthosforaminiferen, MÜLLER & SUESS (1979) und MÜLLER (1983) aus dem Sedimentflux von organischem C. - Aus der laufenden Beschäftigung mit dem Problem der Paläo - Tiefenwasserzirkulation kam auch der Anstoß zur soeben erfolgten Mitgründung einer SCOR-Working Group über dieses Thema, die im Europäischen Nordmeer ein besonderes Aufgabenfeld vorfindet.

Literatur:

- AARSETH, I. et al., 1975: Late Quaternary sediments from the deep Kofjord, Western Norway.- Sarsia 58, 43-46.
- BJÖRKLUND, K.R., J. THIEDE & H. HOLTEDAHL, 1979: Deglaciation of the Southeastern Norwegian Sea towards the end of the Last Glacial age.- Boreas 8, 133-135.
- ERLKENKUSER, H., 1984: Paleoproductivity and the carbon isotope composition of benthonic foraminifera shells.- (in prep).
- GANSEN, G., 1983: Dokumentation von küstennahem Auftrieb anhand stabiler Isotope in rezenten Foraminiferen von Nordwest Afrika.- "Meteor" Forsch. Erg., Reihe C, 37, 1-46.
- GANSEN, G. & M. SARNTHEIN, 1983: Stabile isotope composition of foraminifers: The surface

- and bottom water record of coastal upwelling.- In Suess, E. & J. Thiede, (eds.) Coastal Upwelling: Its Sediment Record, 96-121.
- HERTERICH, U. & M. SARNTHEIN, 1984: Brunhes time scale: Tuning by rates of calcium carbonate dissolution and cross spectra analyses with solar insolation.- In: Berger et al. (eds.): Milankovitch and Climate.- Nato Conf. Series (D. Reidel, Dordrecht) 18 ms-p. (in press).
- FÜTTERER, D., 1980: Sedimentation am NW-afrikanischen Kontinentalrand: Quantitative Zusammensetzung und Verteilung der Siltfraktion in den Oberflächensedimenten.- "Meteor" Forsch. Erg., Reihe C, 33, 15-60.
- KOOPMANN, B., 1980: Quantitative determination of silt sized biogenic silica in Atlantic deep-sea sediments.- IAS, Abstracts 1st European Regional Meeting 1980, Bochum, p. 30-33.
- LANGE, H., 1982: Distribution of chlorite and kaolinite in eastern Atlantic sediments off north Africa.- Sedim. (Reg. Vert. Toumin. Atl.) 29, 427-431.
- LIEBEZEIT, G., 1980: Chlorophyll a in marine phytoplankton: separation by HPLC and specific fluorimetric detection.- J. HRC & CC 3, 531-533.
- LIEBEZEIT, G., 1981: Aminosäuren und Zucker im marinen Milieu - neuere analytische Methoden und ihre Anwendung.- Diss. Kiel, 1-195.
- LUTZE, G.F., 1965: Zur Foraminiferen - Fauna der Ostsee.- Meyniana 15, 75-142.
- MÜLLER, P. 1983. In: WELIKY, K., E. SUESS, C.H. UNGERER, P.J. MÜLLER, K. FISCHER, 1983: Problems with accurate carbon measurements in marine sediments and particulate matter in sea water: A new approach.- Limnol. Oceanogr. 28(6), 1252-1259.
- PFLAUMANN, U. 1984: 750.000 years temperature history of the equatorial Atlantic: Evidence from the planktonic foraminifera record of "Meteor" core 13519.- "Meteor" Forsch. Erg. (in Vorb.).
- SAMTLEBEN, C., 1980: Die Evolution der Coccolithophoriden - Gattung Gephyrocapsa nach Befunden im Atlantik.- Paläont. Z. 54, V2, 91-127.
- SARNTHEIN, M., 1971: Oberflächensedimente im Persischen Golf und Golf von Oman. II. Quantitative Komponentenanalyse der Grobfraktion.- "Meteor" Forsch. Erg., Reihe C/5 1-113.
- SARNTHEIN, M., H. ERLKENKEUSER, R. VON GRAFENSTEIN & C. SCHRÖDER, 1984: Stable-isotope stratigraphy for the last 750.000 years: "Meteor" core 13519 from the eastern equatorial Atlantic.- "Meteor" Forsch. Erg., C 38, 9-24.
- STABELL, B. & J. THIEDE (eds.) in press: Upper Quaternary marine Skagerrak (W.E. North Sea) deposits: Stratigraphy and depositional environment.- North Geol. Tidsskr.
- STEIN, R. & M. SARNTHEIN, 1984: Late events of atmospheric and oceanic circulation offshore northwest Africa: high resolution record from deep-sea sediments.- Paleocology of Africa 16 (in press).
- STEIN, R., 1985: Rapid grain-size analyses of silt and clay fractions by Sedigraph 5000D:

- Comparison with Coulter Counter and Atterberg methods.- *J. Sed.* (in press).
- THIEDE, J., 1979a: Paleogeography and paleobathymetry of the Mesozoic and Cenozoic North Atlantic Ocean.- *Geo Journal* (3), 263-272.
- THIEDE, J., 1979b: Palaeo-oceanography, margin stratigraphy and palaeo-physiography of the northern North Atlantic and Norwegian-Greenland Seas.- *Phil. Trans. R.Soc. London A*, 294, 177:185.
- THIEDE, J., 1979c: History of the North Atlantic Ocean: Evolution of an asymmetric zonal paleo-environment in a latitudinal ocean basin.- *Maurice-Ewing-Ser.*, 3, 279-296.
- THIEDE, J., 1983: Outstanding geological problems of the Greenland - Scotland Ridge.- In: *Structure and Development of the Greenland - Scotland Ridge - New Methods and Concepts*.- Bott et al. (eds.), 313-317.
- THIEDE, J. et al., 1974: Settling Tubes for Size Analyses of Fine and Coarse Fractions of Oceanic Sediments.- *School of Oceanography Oregon State University*, 87 ps.
- THIEDE, J. & O. ELDHOLM, 1983: Speculations about the paleodepth of the Greenland - Scotland Ridge during Late Mesozoic and Cenozoic times.- In: *Structure and Development of the Greenland - Scotland Ridge - New Methods and Concepts*, Bott, M.W.P. et al. (eds.), 445-456.
- WEFER, G., E. SUESS, W. BALZER, G. LIEBEZEIT, P.J. MÜLLER, C.A. UNGERER & W. ZENK, 1982: Fluxes of biogenic components from sediment trap deployment in circumpolar waters of the Drake Passage.- *Nature*, 299: 145-147.

9.5 Ziele, Methoden, Arbeitsprogramm und Zeitplan

9.51 Ziele

Das Teilprojekt B2 hat zum Ziel, die kurz- und langfristigen Veränderlichkeiten der Zirkulation im Europäischen Nordmeer in den Zeitskalen 10 bis 10 Jahren zu klären. Grundlage für die Rekonstruktion fossiler Zirkulationsmodelle sind geologische, paläontologische, physikalische, chemische und mineralogische Daten aus quartären und tertiären Sedimenten, sowie lange meteorologisch - ozeanographische Messreihen. Die Sedimentdaten sollen zur quantitativen Beschreibung und Interpretation historischer, "fossiler" - ozeanographischer - (=paläo-ozeanographischer) Zustände dienen. Der Auswertung kommen dabei laufend neue Erkenntnisse zugute, die von den anderen Teilprojekten erarbeitet werden, welche die Abbildung der verschiedenen ozeanographischen Variablen im Sediment zum Thema haben. Daß Signalträger im Sediment erfolgreich zur quantitativen Rekonstruktion paläoozeanographischer Zustände angewandt werden können, ist in den vergangenen Jahren bereits mehrfach demonstriert worden (s.o.).

Die Notwendigkeit, solche Untersuchungen nunmehr gezielt im Europäischen Nordmeer fortzusetzen, ergibt sich aus folgenden Überlegungen:

Die Sedimentation im Europäischen Nordmeer ist im Vergleich zu anderen Ozeanen dadurch gekennzeichnet, daß die Ablagerungsprozesse kurz- wie langfristig starken Änderungen unterliegen. Umschwünge des Klimas werden hier besonders deutlich dokumentiert; das Europäische Nordmeer ist global eines der Gebiete mit den extremsten Veränderungen während

des Quartärs. Das zeigt sich zum Beispiel an dem sehr ausgeprägten Jahreszyklus in hohen Breiten, den kurzfristig, bereits über wenige Jahrhunderte sedimentologisch massiv wirksamen Klimaschwankungen des Holozäns, der starken Auswirkung von Eiszeitzyklen auf die Sedimentation im Quartär und an der stark wechselnden Sedimentation des Tertiärs.

Bei den geplanten Studien wird besonderer Wert auf die Geschichte der Wassermassen gelegt, die "Wärme" aus dem Nordatlantik in das Europäische Nordmeer importieren und "Kälte" aus dem Nordpolarmeer und dem Europäischen Nordmeer exportieren. Diese Ziele sollen langfristig so gestaffelt werden (s. a. Diskussion über die geplanten Arbeitsgebiete), daß zunächst vor allem der Norwegenstrom (Wärmeadvektion), später der Ostgrönlandstrom (Kälteexport) studiert werden. Für eine vollständige Abschätzung des Kälte-"exports" muß darüberhinaus die Geschichte von Bodenwasserbildung im Nordmeer und des Bodenwasserausstroms aus dem Europäischen Nordmeer untersucht werden.

Zeitskalen:

1. Die saisonalen Schwankungen von Licht und Temperatur sind in den hohen Breiten des Europäischen Nordmeers besonders extrem. Wir streben an, diese jahreszeitlich extreme Verteilung innerhalb der einzelnen marinen Sedimentproben aus dem spezifischen Verhältnis von Signalträgern für die helle oder dunkle, die warme oder kalte Jahreszeit zu entziffern. Auf diese Weise soll eine Art "Paläosaisonalitäts - Index" für verschiedene Klimaperioden entwickelt werden. Von besonderem Interesse ist dabei das bisher wenig erforschte Sedimentationsregime subpolarer Breiten mit extremer Saisonalität während eisfreier, warmer geologischer Perioden wie dem Alttertiär. Eine systematische Auswertung der ozeanographischen Meßreihen für die letzten 80 bis 100 Jahre soll helfen, die Ausdeutung der Rezent-sedimente auf eine breite Basis zu stellen.
2. Den paläo-ozeanographischen Schwankungen im Zeitraum 10 bis 10 und 10 bis 1,3 x 10 Jahren wird besondere Beachtung geschenkt, weil sie besonders zum Verständnis der historisch belegten Klimageschichte NW-Europas beitragen können. Speziell interessieren kurzfristige Raten der Veränderlichkeit sowie Vorteil- und Nachteilwirkungen zwischen Paläoozeanographie und Landklima, die im Falle statistischer Signifikanz zur Möglichkeit von Klimavorhersagen führen könnten.
3. Die Paläo-Ozeanographie in den Zeiträumen von 1,3 x 10 bis 10 Jahren soll in vielen Fragen an den Zeitraum von 10 - 10 anschließen. Sie soll zum besseren Verständnis der Mechanismen (Vor- und Nachteilwirkungen, Klimasteuerung) längerfristiger und größerer Klimaumschwünge beitragen, insbesondere zum bisher noch unverstandenen (nicht-Milankovitch) 100.000-Jahres-Zyklus. Der wechselnde O₂-Haushalt des Nordatlantischen Tiefenwassers in Eiszeit und Zwischeneiszeit bildet in diesem Rahmen eine weitere wichtige Frage. Die Gewinnung und Analyse langer kontinuierlicher Zeitreihen mit hoher Auflösung (möglichst mehr als 2 cm/1000 J.) bildet dafür eine wichtige Voraussetzung.
4. Die langfristige Variabilität der Paläo-Ozeanographie im Zeitraum von 10 bis 10 Jahren und die anhaltend überlagerten kurzfristigen Schwankungen können im wesentlichen nur über das Internationale Tiefseebohrprogramm oder analoge Tiefseebohrungen erforscht werden (vgl. neuen ODP-Bohrvorschlag Norwegische See). Zentrale Fragen sind hier die Steuerung der Vereisungsgeschichte der Nordhemisphäre, die chronostratigraphische Eichung der paläoozeanographischen und paläobiologischen Entwicklung nach den auch im Tertiär auftretenden Milankovitch - Klimazyklen von etwa 19, 23 und 41 tausend Jahren sowie der Einfluß dieser Variabilität auf die Evolution der marinen Planktonwelt.

Spezielle Problemkreise, die im Europäischen Nordmeer mit Hilfe paläo-Ozeanographischer Methoden gelöst werden sollen:

1. Tertiäre Vereisungsgeschichte der nördlichen Hemisphäre und Vergleich zur Entwicklung in der Antarktis: Wir wissen heute nur bruchstückhaft, wie und wann sich das kalte Klima und die marinen und kontinentalen Eisdecken auf der nördlichen Hemisphäre entwickelt haben und wie sich diese Geschichte mit der gleichläufigen, aber vermutlich nicht gleichzeitigen Entwicklung auf der südlichen Hemisphäre in Verbindung setzen läßt. Bohrungen durch die tertiären Sedimente des Europäischen Nordmeeres sollten nach unseren bisherigen Kenntnissen diese Informationen enthalten.

Wir hoffen damit weiter folgende Fragen zu beantworten:

- Wie sich die Ozeanographie des prä-"glazialen" Europäischen Nordmeeres von der "glazialen" unterscheidet;
 - Mit welcher Geschwindigkeit sich der Klimawechsel vom relativ gemäßigten Klima des frühen Alttertiärs zu den kalten Klimaten des Jungkänozoikums entwickelt hat;
 - Wie sich diese Entwicklung mit der entsprechenden Klima-Geschichte Nordwesteuropas vergleichen läßt.
2. Geschichte der ozeanischen Wärmeadvektion in das europäische Nordmeer, der Kaltwasserströmungen an der Oberfläche und der Tiefwasserbildung: Wie schon erwähnt, ist ein Verständnis der langfristigen und kurzfristigen Veränderlichkeit der ozeanischen Oberflächen- und Tiefwasserzirkulation im Europäischen Nordmeer von globaler Bedeutung. Wichtige Denkanstöße über die Mechanismen zur paläoozeanographischen Entwicklung des Weltmeeres sind aus den Arbeiten im Europäischen Nordmeer zu erwarten, weil das Tiefenwasser aus diesem Gebiet heute bis in den Nordpazifik zu verfolgen ist und weil diese Tiefwasserzirkulation mitsamt ihrer Veränderlichkeit somit global einen wichtigen Einfluß auf die chemisch-physikalischen Eigenschaften der Tiefen- und Bodenwassermassen des Weltmeeres ausübt, bzw. ausgeübt hat. Wir wollen herausfinden:
 - wie Norwegen- und Ostgrönland-Strom auf die quartären Klimaschwankungen reagiert haben,
 - wie sich die Gradienten zwischen den einzelnen Wassermassen verändert haben und schließlich,
 - wie schnell die Veränderungen der Zirkulation vor sich gegangen sind.
 3. Während der paläo-ozeanographischen Entwicklung der Meeresräume auf der nördlichen Hemisphäre, oder als Reaktion darauf, ist es zu bedeutenden Veränderungen der marinen Faunen und Floren gekommen. Wir wollen hauptsächlich die Reaktion der pelagischen Lebewelt rekonstruieren und erwarten dafür hinreichende paläontologische Dokumente. Besonders interessiert, die Evolution der "kälteliebenden" marinen Floren und Faunen in Abhängigkeit von den klimatischen Veränderungen quantitativ zu erfassen und verstehen zu lernen. Wir wollen in diesem Rahmen versuchen, die langfristige Entwicklung der marinen Nahrungsketten in hohen Breiten soweit wie möglich zu rekonstruieren und die Entwicklung der ozeanischen Produktivität zur Klimageschichte in Beziehung zu setzen.
 4. Wir beabsichtigen, in enger Zusammenarbeit mit physikalischen Ozeanographen, unsere Ergebnisse in quantitative Modelle der Paläozirkulation einzubringen, um Aspekte der Paläo-Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres, und vielleicht des gesamten Weltmeeres, sowie der westeuropäischen Klimageschichte anzusprechen, die wir nicht direkt aus unseren geologischen Daten ableiten können. Erst damit hoffen wir zu einem Gesamtverständnis der

räumlichen und zeitlichen Dynamik der Zirkulation im Europäischen Nordmeer zu gelangen.

9.52 Methoden, Arbeitsplan und Zeitplan.

Um die anvisierten wissenschaftlichen Ziele des TP B2 anzugehen, wurden vielfältige Untersuchungen vorbereitet, die räumlich, zeitlich und großteils auch methodisch miteinander verzahnt sind. Um einen besseren Überblick zu schaffen, wurde die Vielzahl der "Signalträger" im Sediment, die Methoden zu ihrer Ermittlung, die gesuchten paläoozeanographischen Aussagen und die zeitlichen Anwendungsbereiche in Tabelle 4-6 zusammengefaßt.

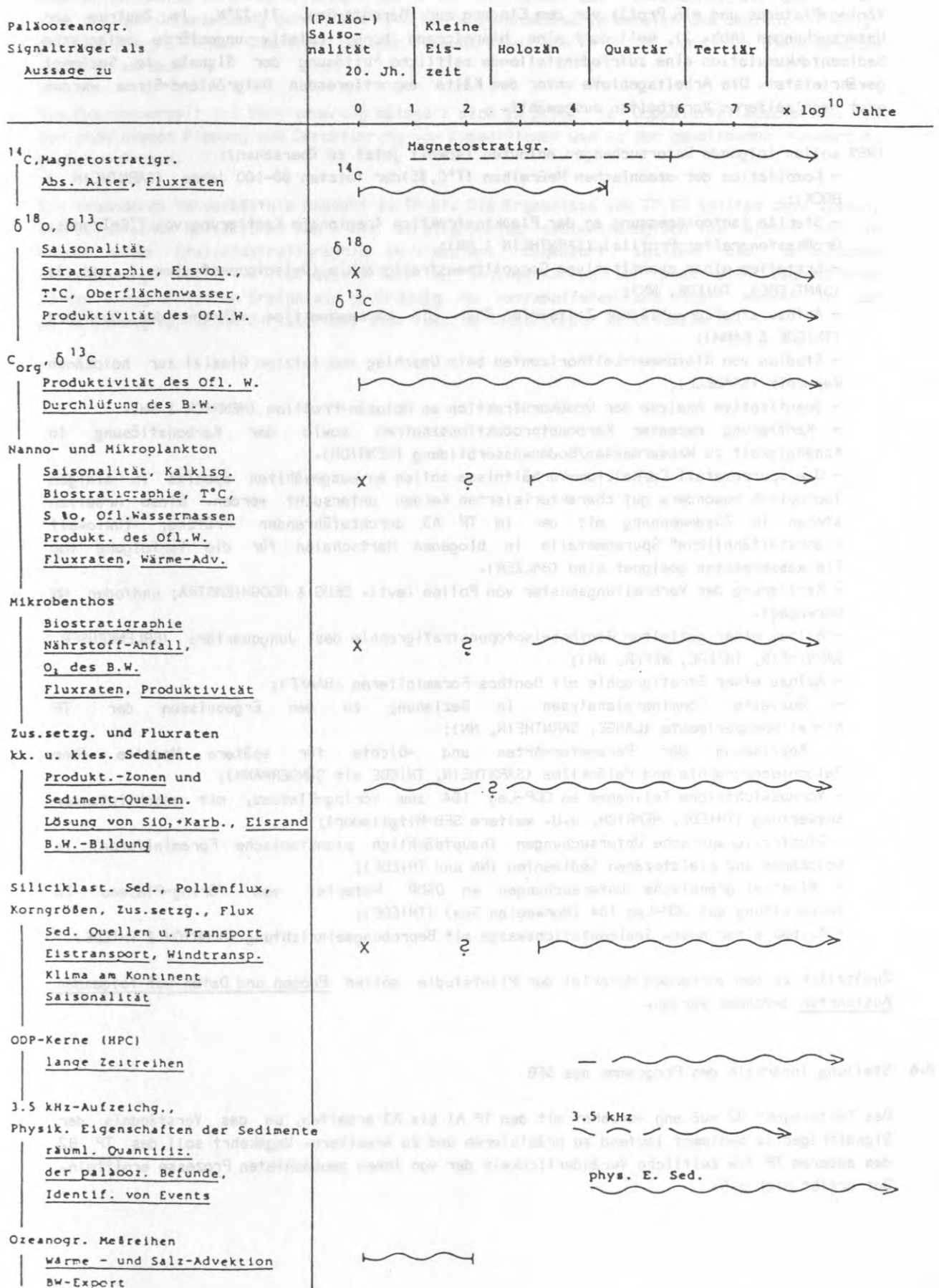
Tabelle 4 (Literatur siehe unter 9.4) zeigt, daß die meisten Methoden zur Ermittlung der physikalischen, mikropaläontologischen, chemisch-mineralogischen und sedimentologischen Signalträger im Sediment, die wir z. Zt. als wichtig erachten, in Kiel installiert sind. Noch fehlende Methoden sind uns in einigen Fällen durch Zusammenarbeit mit auswärtigen Gruppen zugänglich. Nur in 3 Fällen machen neue Methoden die baldige Beschaffung neuer größerer Laborgeräte nötig. - Man kann Tab.1 ferner entnehmen, in welchen Bereichen intensive Labor- und Mikroskoparbeit eine verstärkte Assistenz verlangen.

Tabelle 5 gibt einen Überblick, welche Signalträger oder Signalträger-Gruppen für welche paläoozeanographischen Aussagen gemessen werden sollen. Es wird erwartet, daß Ergebnisse der TP A1 bis A3 die Möglichkeiten im Laufe der Zeit noch erheblich erweitern. - Tabelle 6 zeigt die zeitliche Reichweite unserer derzeitigen Aussagemöglichkeiten. Deutliche Lücken bestehen leider für die Chronostratigraphie im mittleren Quartär und für viele Parameter im jüngeren Holozän, hier wegen mangelnder zeitlicher Auflösung bei den "gängigen" Sedimentationsraten, auch wegen zu geringer Sensibilität mancher Signalträger.

Die wissenschaftlichen Themen, die im Rahmen dieses Teilprojektes in der ersten dreijährigen Projektphase herausgegriffen werden sollen, können folgendermaßen gegliedert werden:

1. Kurz- und langfristige Geschichte der Wärmeadvektion und der ozeanischen Produktivität; die Veränderlichkeitsrate der Umschwünge und die Korrelation der Umschwünge zur Geschichte des Landklimas in Nord- und Zentraleuropa.
2. Die Tiefwasserbildung und ihre Veränderlichkeit sowie der Kaltwasserexport in Beziehung zur Größe des globalen Eisvolumens.
3. Die Vereisungsgeschichte des Europäischen Nordmeeres im Tertiär und Quartär (Frage Packeis, Schelfeis, Dichte der Eisbedeckung, Eisgrenzen).
4. Auswirkungen der extremen Saisonalität im Untersuchungsraum. Die Frage der Paläosaisonalität. Auswirkungen der extremen Verteilung des Lichtes.
5. Reaktion der Organismenwelt auf die Umschwünge der ozeanischen Zirkulation. Fragen der Evolution der marinen pelagischen Faunen und Floren im Zuge der Abkühlung der nördlichen Hemisphäre und der quartären Klimaschwankungen.
6. Erstellung von Rechenmodellen über die Veränderungen der Paläozirkulation im Europäischen Nordmeer sowie ihre Auswirkungen auf den Nordatlantik und auf das Klima in Nordwesteuropa.

Die Arbeitsgebiete für die erste Phase des Antrages sollen unter dem Wärme zuführenden Norwegenstrom liegen, vor allem vor und an dem Norwegischen Kontinentalrand. Aufgrund der



Ergebnisse des Pilotprojektes (s. dort) stehen ein Querprofil auf der Breite des Vöring-Plateaus und ein Profil vor dem Eingang zur Barents-See, 71-72°N, im Zentrum der Untersuchungen (Abb. 2), weil dort eine hinreichend hohe, relativ ungestörte pelagische Sedimentakkumulation eine zufriedenstellende zeitliche Auflösung der Signale im Sediment gewährleistet. Die Arbeitsgebiete unter dem Kälte exportierenden Ostgrönland-Strom werden erst nach weiteren Vorarbeiten ausgewählt.

1985 sollen folgende Untersuchungen anlaufen (soweit jetzt zu übersehen):

- Kompilation der ozeanischen Meßreihen (T°C, %S) der letzten 80-100 Jahre (SARNTHEIN & BOCK);
- Stabile Isotopenmessung an der Planktonfraktion (regionale Kartierung von T°C-Trends, Großkastengreifer-Profile) (SARNTHEIN & NN);
- Erstellen einer quantitativen Coccolithenstratigraphie (O-Isotopenstadium 1 und 2) (SAMTLEBEN, THIEDE, NN);
- Aufbau stratigraphischer Zeitserien über die Wärmeadvektion während des Quartärs (THIEDE & RAMM);
- Studium von Diatomeen-Leithorizonten beim Umschlag vom letzten Glazial zur holozänen Warmzeit (STABELL);
- Quantitative Analyse der Grobkornfraktion an Holozän-Profilen (HENRICH & NN).
- Kartierung rezenter Karbonatproduktionszentren sowie der Karbonatlösung in Abhängigkeit zu Wassermassen/Bodenwasserbildung (HENRICH).
- Die Spurenmetall Cd/Kalzium-Verhältnisse sollen an ausgewählten Species in einigen isotopisch besonders gut charakterisierten Kernen untersucht werden. Diese Arbeiten stehen im Zusammenhang mit der im TP A3 durchzuführenden Prüfung, inwieweit "nährstoffähnliche" Spurenmetalle in biogenen Hartschalen für die Verfolgung von Tiefwassermassen geeignet sind (BALZER).
- Kartierung der Verbreitungsmuster von Pollen (evtl. BEUG & HOOGHIEMSTRA; und/oder NN Norwegen).
- Aufbau einer gezielten Benthos-Isotopenstratigraphie des Jungquartärs (ERLENKEUSER, SARNTHEIN, THIEDE, WEFER, NN);
- Aufbau einer Stratigraphie mit Benthos-Foraminiferen (HAAKE);
- Gezielte Tonmineralanalysen in Beziehung zu den Ergebnissen der TP A1-Fallenexperimente (LANGE, SARNTHEIN, NN);
- Abstimmung der Parameter-Arten und -Dichte für spätere Modelle über Paläoozeanographie und Paläoklima (SARNTHEIN, THIEDE mit SÜNDERMANN);
- Voraussichtliche Teilnahme an ODP-Leg 104 zum Vöring-Plateau, mit anschließender Auswertung (THIEDE, HENRICH, u.U. weitere SFB-Mitglieder);
- Biostratigraphische Untersuchungen (hauptsächlich planktonische Foraminiferen) in holozänen und pleistozänen Sedimenten (NN und THIEDE);
- Biostratigraphische Untersuchungen an DSDP Material vom Vöring-Plateau in Vorbereitung auf ODP-Leg 104 (Norwegian Sea) (THIEDE);
- Aufbau einer neuen Sedimentationswaage mit Beprobungseinrichtung (HENRICH & THIEDE).

Zusätzlich zu dem vorhandenen Material der Pilotstudie sollen Proben und Daten auf folgenden Ausfahrten gewonnen werden.

9.6 Stellung innerhalb des Programms des SFB

Das Teilprojekt B2 muß eng verzahnt mit den TP A1 bis A3 arbeiten, um das Verständnis der Signalträger im Sediment laufend zu präzisieren und zu erweitern. Umgekehrt soll das TP B2 den anderen TP die zeitliche Veränderlichkeit der von ihnen beobachteten Prozesse ermitteln. Das ergibt sich z.B.

- aus der teilweise direkten Mitarbeit von TP B2-Mitgliedern bei Fallenversuchen des TP A1 oder bei der Untersuchung der Umsatz- und Austauschprozesse im Bereich des Benthos (TP A3),
- aus dem übergreifenden Charakter mancher Themenkreise, die in TP A1 und B2 gleichermaßen verfolgt werden.

Die Zusammenarbeit und Verklammerung spiegelt sich in praxi in Doppelmitgliedschaften, in der gemeinsamen Planung und Durchführung von Expeditionen und in der gemeinsamen Auswertung gleicher Proben.

Ein besonderes Nahverhältnis besteht zu TP B1. Die Ergebnisse von TP B2 sollten dazu dienen, die seismischen Reflektoren von TP B1 stratigraphisch-sedimentologisch zu eichen und im Rahmen einer Ereignisstratigraphie zu deuten. Umgekehrt sollten die seismischen Aufzeichnungen von TP B1 erlauben, die an Sedimentkernen nur punktweise beobachteten paläoozeanographischen Ereignisse großräumig zu extrapolieren und damit Wenden in der paläoozeanographischen Zirkulation, u.a. fossile Wasserkörper zu bilanzieren.

Die Zusammenfassung und Vertiefung spiegelt sich in der gemeinsamen Planung und Durchführung von Expeditionen und in der gemeinsamen Auswertung dieser Proben.

Ein besonderes Verhältnis besteht zu TP B1. Die Ergebnisse von TP B2 sollen dazu dienen, die zwischen TP B1 und TP B2 bestehenden Unterschiede zu erklären und im Rahmen einer Erklärungsstrategie zu deuten. Jedoch sollen die zwischen TP B1 und TP B2 bestehenden Unterschiede nicht nur als Unterschiede angesehen werden, sondern in der paläontologischen Diskussion als Indikatoren für bestimmte paläontologische Prozesse gesehen werden.

Die Ergebnisse von TP B2 sollen dazu dienen, die zwischen TP B1 und TP B2 bestehenden Unterschiede zu erklären und im Rahmen einer Erklärungsstrategie zu deuten.

Die Ergebnisse von TP B2 sollen dazu dienen, die zwischen TP B1 und TP B2 bestehenden Unterschiede zu erklären und im Rahmen einer Erklärungsstrategie zu deuten.

Die Ergebnisse von TP B2 sollen dazu dienen, die zwischen TP B1 und TP B2 bestehenden Unterschiede zu erklären und im Rahmen einer Erklärungsstrategie zu deuten.

Die Ergebnisse von TP B2 sollen dazu dienen, die zwischen TP B1 und TP B2 bestehenden Unterschiede zu erklären und im Rahmen einer Erklärungsstrategie zu deuten.

Die Ergebnisse von TP B2 sollen dazu dienen, die zwischen TP B1 und TP B2 bestehenden Unterschiede zu erklären und im Rahmen einer Erklärungsstrategie zu deuten.

Die Stellung der ...

Die Ergebnisse von TP B2 sollen dazu dienen, die zwischen TP B1 und TP B2 bestehenden Unterschiede zu erklären und im Rahmen einer Erklärungsstrategie zu deuten.

10. Teilprojekt V,
Koordination, Verwaltung und allgemeine Einrichtungen

10.1 Allgemeine Angaben zum Teilprojekt V

10.11 Leiter: Professor Dr. Jörn Thiede

Dienstanschrift: Geologisch-Paläontologisches Institut
Olshausenstr. 40, 2300 Kiel 1

Telefon: (0431) 8802855

1. Grundgedanke und angestrebte Forschung zu beschreiben, die auf die Förderung und...
2. Anregung und Koordination von gemeinsamen Forschungsprojekten...
3. Jährliche Berichterstattung in öffentlichen Kolloquien über die Tätigkeiten und die...
Forschungsergebnisse des SFB 313.

2. Projektschritte und Teilprojekte
(1) Das Gesamtvorhaben des SFB 313 wird in Projektphasen und Teilprojekte gegliedert...
(2) Leiter von Teilprojekten (zwei gleichberechtigte Leiter) und für dessen Durchführung...
(3) Mitglieder des SFB 313 sind:
- die Hochschulleiter, die in Teilprojekten aktiv mitarbeiten,
- der Teilprojektleiter, bestimmt für die Dauer des SFB 313, und
- die Projektschritte: Wissenschaftler, die im Rahmen des SFB 313 eine besondere Funktion für die Teilprojekte ausüben...
(4) Ferner kann in begründeten Ausnahmefällen die Mitgliedschaft...
(5) Ein Antrag auf Mitgliedschaft... wird durch die Mitgliederversammlung...
Sprecher des SFB 313 zu richten; er wird durch die Mitgliederversammlung...
gebilligt.

11. Vorläufige 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 norddeutschen 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 mit den Stimmen der Mehrheit der Mitglieder. 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 den Leitern 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 über 3.000,- 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 vier 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 Stimmgleichheit 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 im SFB beschäftigten wissenschaftlichen und technischen Mitarbeiter 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 3.000 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 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 erhielt. Bei Stimmengleichheit entscheidet das Los.