

**Benthische Foraminiferen im Boreas-Becken,
Grönlandsee: Verbreitung und paläo-ozeanographische
Rekonstruktionen für die letzten 450.000 Jahre**

**Benthic Foraminifera in the Boreas Basin, Greenland
Sea: Distribution and Paleoceanographic
Reconstructions of the Last 450,000 Years**

Sabine Magnus

Ber. Polarforsch. 373 (2000)
ISSN 0176 - 5027

Sabine Magnus
Institut für Geowissenschaften
Olshausenstraße 40-60
D-24118 Kiel

Die vorliegende Arbeit ist die leicht veränderte Fassung einer Dissertation, die im
Dezember 1999 dem Fachbereich Mathematisch-Naturwissenschaftlichen
Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel vorgelegt wurde.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung / Abstract	I-III
1. Einleitung	1
1.1 Einführung und Fragestellung.....	1
1.2 Ozeanographischer Rahmen des Untersuchungsgebiets.....	3
1.3 Bedeutung benthischer Foraminiferen für die Rekonstruktion thermohaliner Zirkulation.....	7
2. Sedimentkernmaterial und angewandte methodische Verfahren	11
2.1 Kernausswahl und Kernmaterial.....	11
2.2 Stratigraphische Grundlagen.....	14
2.3 Probenauswahl und Probenaufbereitung.....	16
2.4 Auszählverfahren.....	17
2.5 Quantitative Datenanalyse.....	19
2.5.1 Prozentuale Berechnungen.....	19
2.5.2 Aufstellung der Alters/Teufen-Beziehungen.....	19
2.5.3 Berechnungen der Akkumulationsraten.....	21
2.5.4 Fisher- α -Index und Dominanz.....	23
2.5.5 Einteilung trophischer und umgelagerter Gruppen.....	23
3. Taxonomie	25
4. Ergebnisse	27
4.1 Quantitative Faunenanalyse.....	27
4.1.1 Dominanz und Vorkommen benthischer Arten.....	28
4.1.2 Prozentuale Artenverteilung.....	29
4.1.3 Individuen-Akkumulationsraten (INDAR).....	51
4.1.4 Fisher- α -Indizes (FAIs) der verschiedenen Fraktionen.....	65
4.2 Stratigraphie.....	69
4.3 Ergebnisse im Überblick.....	74
5. Interpretation und Diskussion	79
5.1 Benthische Foraminiferen als Indikator für thermohaline Zirkulation.....	79
5.1.1 Die Bedeutung benthischer Foraminiferen während der Eisbedeckung und Schmelzwasserereignissen in Phasen thermohaliner Instabilitäten.....	79
5.1.2 Sedimentationsereignisse, ein Produkt thermohaliner Strömungen.....	83

5.1.3 Paläo-Ozeanographie im Boreas-Becken und angrenzenden Meeres- gebieten rekonstruiert anhand der benthischen Faunenverteilung.....	85
5.1.3.1 Glaziale Stadien: Atlantischer Oberflächenwassermassen-Einfluß (AOE) in den Isotopenstadien 12,10, 8, 6, 3 und 2.....	85
5.1.3.2 Interglaziale Stadien: Atlantischer Oberflächenwassermassen- Einfluß (AOE) in den Isotopenstadien 11, 9, 7, 5 und 1.....	97
5.1.4 Hochproduktivitätsphasen durch atlantischen Oberflächenwassermassen-Eintrag.....	108
5.1.5 Strömungsmodell.....	110
6. Schlußfolgerungen	114
7. Literatur	117
8. Danksagung	128
A Anhang	129
AI Liste der Abkürzungen.....	130
AII Synonymieliste.....	131
AIII Die wichtigsten allochthonen Faunenelemente. Wassertiefe [m] lebender benthischer Arten nach verschiedenen Autoren.....	137

I Kurzfassung

An 3 langen Sedimentkernen aus dem Boreas-Becken sind in der Korngrößenfraktion 125 - 2.000 µm die Taphozöosen benthischer Foraminiferen untersucht worden. Die Grundlage der Datierung bilden Sauerstoffisotopenstratigraphien; der Kern im Norden des Beckens konnte mit Hilfe der U/Th-Methode bis ins Stadium 7 eingestuft werden. Die älteren Sedimente des Kerns sind nach biostratigraphischen Erkenntnissen korreliert worden.

Es wurden 39 Arten bestimmt und 3 Artengruppen definiert. Die wichtigsten Arten der letzten 450.000 Jahre im Boreas-Becken sind *Cibicidoides wuellerstorfi*, *Oridorsalis umbonatus*, *Pyrgo rotalaria*, *Triloculina tricarinata*, *Cribrostomoides subglobosum* und die fossil überwiegend nur fragmentarisch überlieferten agglutinierenden "Röhren"-Arten. Als wichtigste allochthone Arten der Tiefseesedimente (>2.400 m) werden *Bucella frigida*, *Cassidulina teretis*, *Cassidulina reniforme*, *Cibicides lobatulus*, *Nonion labradoricum* und die Gruppe der Elphidien angesehen.

Die Ausbildung und räumliche Verbreitung der benthischen Foraminiferengemeinschaft in der Tiefsee wird im wesentlichen durch die folgenden Faktoren gesteuert: a) Primärproduktion und Transport zum Meeresboden: Die atlantischen Oberflächenwassermassen beeinflussen die Primärproduktion, die als Phytoplanktondetritus z.T. als Nahrung für das Benthos zur Verfügung steht. Zusätzlich gelangen durch Eistransport oder bei Abschmelzphasen umgelagerte Faunenelemente (z.B. Schelfelphidien) und Nahrungspartikel ins Tiefseesediment. b) Bodenwassermassen und Lösungsverhalten des Bodenwassers: Die Verbreitung von *C. wuellerstorfi* ist hauptsächlich an interglaziale Stadien geknüpft, aber auch an glaziale Phasen, in denen durch thermohaline Konvektion (Tiefenkonvektion) eine geringe Menge organischen Kohlenstoffs in die Bodenwassermassen gelangt. c) Bodenwasserströmung und lateraler Sedimenttransport: Durch advektiven lateralen Transport werden Nahrungspartikel und Schelfelemente ins Tiefseesediment eingetragen. Die Größenordnung des Eintrags wird durch die Eigenschaften (z.B. Geschwindigkeit) der Bodenwasserströmung gesteuert. Die durch Tiefenkonvektion initiierte Bodenwasserzirkulation kann durch die Meeresbodentopographie verstärkt werden.

Die benthische Artenzönose zeichnet die klimatische Entwicklungsgeschichte nach. Der zeitliche Rahmen umfaßt 7 glaziale und 5 interglaziale Stadien. Neben einer veränderten Artenassoziation unterscheiden sich im gesamten Boreas-Becken die interglazialen Stadien von den glazialen Stadien durch eine höhere Foraminiferendichte. Die benthische Fauna kann als Indiz für atlantischen Oberflächenwassermassen-Einfluß herangezogen werden. Folgende Klassifikationen sind möglich:

atlantische Oberflächenwassermassen	Stadien:
warme	5.51, 5.1 und 1
moderate-warme	5.4, 7.1, 9.1, 11.3 (SE)
moderate-kühl-temperierte	7.5, 7.3
kühl-temperierte	5.2, 7.4
kühle, mit Eisbergdrift	8.6, 6.5, 4.2, 2, 3.31

Ausgehend von der Artenassoziation und der Faunendichte ist für die letzten 450.000 Jahre stärkerer Einfluß atlantischer Oberflächenwassermassen im Südosten als im Südwesten und Norden des Boreas-Beckens anzunehmen. In den glazialen Sedimenten ist

im süd-westlichen Boreas-Becken eine größere Populationsdichte überliefert, die eine Artenzönose zeigt, wie sie auch in interglazialen Stadien verbreitet ist. Als Ursache dafür ist auf eine variierende Packeiskante zu schließen, die zu einem lokalen Konvektionsmechanismus führt. Weitere Besonderheiten im Südwesten des Beckens sind Sedimentationsereignisse, wie z.B. gravitativer Hangabwärtstransport. Aus den variierenden Zeitabständen der maximalen Akkumulationsraten ist abzuleiten, daß der Eintrag der benthischen Art *C. teretis* ins Sediment durch einen zyklischen Hangabwärtstransport erfolgt.

Für das Boreas-Becken konnte mit benthischen Foraminiferen im Vergleich mit lithofaziellen Ergebnissen eine "Atlantikfauna" definiert werden, die klimatische Hochproduktivitätsphasen zeigt.

Die Artenzönose in Verbindung mit der Alterseinstufung deutet darauf hin, daß ein Einfluß intensiver thermohaliner Zirkulation im süd-westlichen Boreas-Becken früher einsetzt, als im süd-östlichen und nördlichen Becken.

II Abstract

The taphocoenosis of benthic foraminifera in the grain fraction 125 - 2,000 μm has been examined in three long sediment cores from different regions of the Boreas Basin. Dating is based on oxygen isotopes stratigraphy. The northern basin core was dated to stage seven by the U/Th-method. Older sediments of this core were dated by correlation of biostratigraphic results.

Thirty-nine known species were identified and three groups of species were defined. The most important species in the Boreas Basin during the last 450,000 years are *Cibicidoides wuellerstorfi*, *Oridorsalis umbonatus*, *Pyrgo rotalaria*, *Triloculina tricarinata*, *Criboostomoides subglobosum*, and agglutinated tubular species, which are typically preserved as fossil fragments. *Buccella frigida*, *Cassidulina teretis*, *Cassidulina reniforme*, *Cibicides lobatulus*, *Nonion labradoricum*, and Elphididae are considered the most important allochthonous species of the deep sea sediments (>2,400 m).

The development and distribution of benthic foraminifera associations in the deep sea are mainly controlled by the following factors a) Primary production and transport to the seafloor: Atlantic surface-water masses influence primary production (phytoplankton), which partly serves as food for the benthos. Additionally, allochthonous foraminiferal species (e.g. shelf Elphididae) and food particles reach deep sea sediments through ice drift or during melting periods. b) Bottom-water masses and dissolution of bottom-water: the distribution of *C. wuellerstorfi* is mainly related to interglacial phases but also to those glacial phases, during which thermohaline convection supplied the bottom water masses with small amounts of organic carbon. c) Bottom-water current and lateral sediment transport: shelf sediments and food particles are deposited by advective lateral transport to the deep seafloor. The amount of deposition is controlled by bottom-water currents. Bottom-water circulation, which is mainly driven by deep sea convection, can be further enhanced by seafloor topography.

Benthic species associations provide a sensitive record of climatic changes. The sediments investigated include seven glacial and five interglacial stages. In the whole Boreas Basin the glacial stages differ from the interglacial stages by their respective species association and by a higher foraminiferal density. The association of benthic foraminifera is used as an indicator of Atlantic surface-water masses, according to the following classification:

Atlantic surface-water masses:	stage:
warm	5.51, 5.1 and 1
moderate-warm	5.4, 7.1, 9.1, 11.3 (SE)
moderate-cold temperate	7.5, 7.3
cold-temperate	5.2, 7.4
cold, with ice drift	8.6, 6.5, 4.2, 2, 3.31

Species association and foraminiferal density indicate, that for the last 450,000 years the effect of Atlantic surface-water masses has been stronger in the south-eastern part of the Boreas Basin in comparison to the south-western and northern regions. In contrast to the other parts, the south-western region of the Boreas Basin is characterized by a higher population density in glacial sediments. Species associations in glacial and interglacial stages are similar in this region. It seems that the varying pack ice edge drove a local convection system. Other findings in the south-western basin indicate sedimentation events such as gravitational down slope transport. The varying time intervals of the maximum accumulation rates of the benthic foraminifera *C. teretis* can be explained by cyclic down slope transport.

A typical "Atlantic fauna" is defined in the Boreas Basin from the comparison of benthic foraminifera with lithofacial results. This "Atlantic fauna" is characterized by high productivity.

Species association in relation to age indicate that the influence of an intensive thermohaline circulation began earlier in the south-western portion of the Boreas Basin than in the south-eastern and northern parts of the basin.

1. Einleitung

1.1 Einführung und Fragestellung

Das Europäische Nordmeer (Abb. 1) ist eines der für das globale Klimageschehen wichtigsten Gebiete des Weltozeans. Die Variabilität des Klimas während der jüngsten Erdgeschichte und ihre Auswirkung auf das globale ozeanische Zirkulationssystem haben in den fossilen Ablagerungen des Europäischen Nordmeeres ein chronologisch verfolgbares Signal hinterlassen (THIEDE *et al.* 1986).

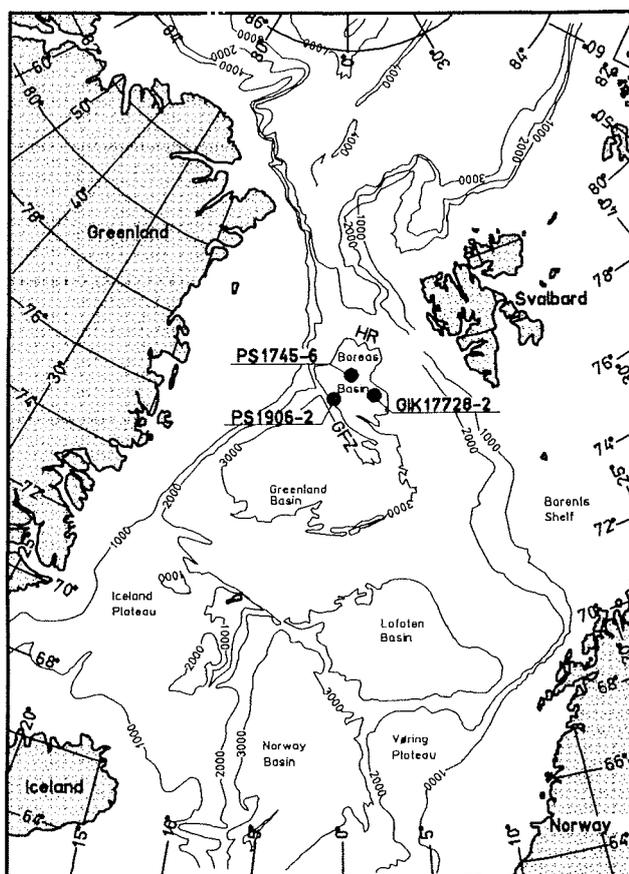


Abb. 1: Bathymetrie im Europäischen Nordmeer. Die Punkte markieren die Lokationen der Kerne im Boreas-Becken.

GFZ Greenland-Fracture-Zone
HR Hovgaard-Ridge

1. EINLEITUNG

Benthosforaminiferen können in fast allen marinen Lebensräumen in sehr großen Abundanzen auftreten (z.B. MURRAY 1973, HEEGER 1990). In hocharktischen Meeresgebieten bilden sie oft den Hauptanteil der gesamten benthischen Biomasse (z.B. FETTER 1973).

Eine ausgeprägte Saisonalität in Insolation, Eisbedeckung und Primärproduktion sowie niedrige Wassertemperaturen sind Merkmale der hohen Breiten. Ergebnisse von Nahrungsuntersuchungen zeigen, daß Foraminiferen die Nahrungsaufnahme durch spezielle Adaption optimieren können, ein breites Nahrungsspektrum auch auf niedriger trophischer Ebene nutzen und in der Lage sind, ihren Stoffwechsel an saisonale Nahrungsschübe anzupassen (HEEGER 1990).

In der Massenbilanz der Weltmeere ist die Tiefenwasserbildung für die Zirkulation und den Chemismus der Tiefenwasserkörper der Ozeane von zentraler Bedeutung (ALTENBACH 1992). Solange der Prozeß der Tiefenwasserbildung andauert, wird das Benthos in den tieferen Bereichen des Europäischen Nordmeeres mit einer sauerstoffreichen und stetig fließenden Bodenwassermasse versorgt, die in den Zentren der Tiefenwasserbildung zusätzlich das gravitative Absinken von Partikeln beschleunigt (ALTENBACH 1992). Die laterale Bodenströmung transportiert sehr viel mehr potentielle Nahrungspartikel heran, als in einem vergleichbaren Zeitraum absinken würden, da selbst geringe Strömungsgeschwindigkeiten zehnmal größer sind als die Sinkgeschwindigkeiten, mit denen Nahrungspartikel im Wasser absinken (GRAF 1989). Die Menge der Nahrungspartikel wird zum einen von der Strömungsgeschwindigkeit und zum anderen von der Topographie des Meeresbodens (Schelfränder, Kontinentalhänge, Tiefseehügel, Täler und exponierte Hartsubstrate) bestimmt. Morphologisch und hydrodynamisch bedingte Wechsel in der Nahrungszufuhr führen zur Ausbildung spezieller Artengemeinschaften (LINKE 1988).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die fossilen benthischen Foraminiferengemeinschaften des Boreas-Beckens, eines Tiefseebeckens im Europäischen Nordmeer, im sensiblen klimatischen Wechselspiel der glazialen und interglazialen Stadien zu interpretieren. Um paläo-ozeanographische Rekonstruktionen zu ermöglichen, sollen folgende Fragen beantwortet werden:

Lassen sich aus den überlieferten benthischen Foraminiferen Hinweise auf die Veränderungen der paläo-ozeanographischen Signale der komplexen Zirkulationsmuster im Boreas-Becken finden?

Wie stark ist die Taphozönose im Boreas-Becken im Verlauf der letzten 450.000 Jahre durch globale, regionale oder lokale Prozesse beeinflusst worden?

Inwieweit kann die fossile Benthosgemeinschaft die Unterschiede abbilden, die bei der Umlagerung der Faunen und bei dem Eintrag ins Sediment durch laterale Advektion in den verschiedenen Teilbecken bestehen? Und inwieweit prägt dort der unterschiedliche Kohlenstoff-Fluß die Benthosgemeinschaft?

1.2 Ozeanographischer Rahmen des Untersuchungsgebiets

Bathymetrie

Die Ausbreitung und der Austausch von Wassermassen im Untersuchungsgebiet sind durch die komplexe Bathymetrie der Grönlandsee maßgeblich beeinflusst (PERRY 1986). Die Grönlandsee besteht aus zwei unterschiedlich großen Becken: Im Südwesten befindet sich das Grönland-Becken und im Nordosten das sehr viel kleinere Boreas-Becken (Abb. 1), die durch ein morphologisch wichtiges Element, die NW-SE streichende Greenland-Fracture-Zone (GFZ), voneinander getrennt sind. Das Boreas-Becken wird im Norden durch den Hovgaard-Ridge (HR) begrenzt. Es erreicht in seiner abyssalen Ebene eine Wassertiefe von bis zu ca. 3.200 m und flacht zu den Beckenrändern hin auf ca. 3.000 m ab. Die 3.000 m-Isobathe gibt annähernd den Umriss des Boreas-Beckens wieder. Die Greenland-Fracture-Zone steigt auf der vom Boreas-Becken begrenzten Seite von einer Wassertiefe von 3.000 m auf eine minimale Wassertiefe von bis zu 1.475 m (bei 76°20'N, 0°33'W) an (PERRY 1986).

Oberflächenwassermassen

Das Europäische Nordmeer ist eines der klimatisch sensitivsten Gebiete des Weltozeans. Zwei dominante kontrastreiche Strömungssysteme beeinflussen maßgeblich die Verteilung der Wassermassen in der Grönlandsee: Relativ warmes und höher salines Nordatlantikwasser (Tab. 1) strömt entlang der Westseite Norwegens (Norwegian Current = NC) und Spitsbergens (Westspitsbergen Current = WSC) nach Norden; entlang der Ostküste Grönlands transportiert der Ostgrönlandstrom (East Greenland Current = EGC) kaltes, geringer salines Oberflächenwasser aus dem Arktischen Ozean nach Süden (Abb. 2, JOHANNESSEN 1986, SWIFT 1986). Zwei oberflächennahe zyklonale Wirbel, der Jan-Meyen-Strom (Jan Mayen Current = JMC) und der Ost-Island-Strom (East Iceland Current = EIC),

1. EINLEITUNG

vermischen die unterschiedlichen Wassermassen (KOLTERMANN 1987) und bilden arktisches Oberflächenwasser (Arctic Sea Water = ASW).

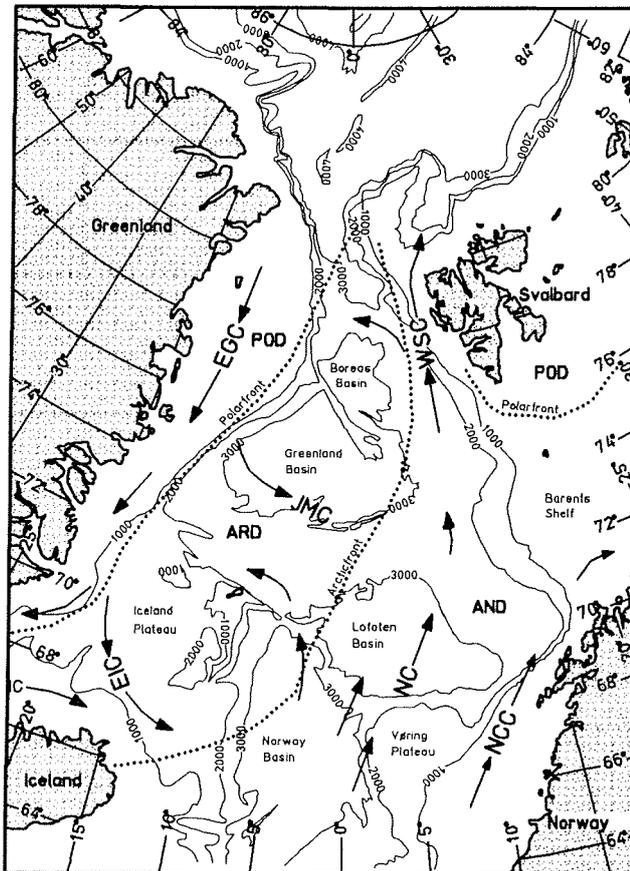


Abb. 2: Rezente Oberflächenzirkulation im Europäischen Nordmeer (modifiziert nach SWIFT 1986, KOLTERMANN 1987). Die ozeanographischen Fronten (modifiziert nach JOHANNESSEN 1986) sind in ihrer Sommersituation dargestellt.

POD	Polare Domäne	WSC	West Spitsbergen Current
ARD	Arktische Domäne	EGC	East Greenland Current
AND	Atlantische Domäne	JMC	Jan Mayen Current
N(C)C	Norwegian (Coast) Current	EIC	East Iceland Current

Tab. 1: Temperatur und Salinität der dominanten Oberflächen- und Tiefenwasserströmungen im Europäischen Nordmeer nach SWIFT 1986, KOLTERMANN 1987, SWIFT & KOLTERMANN 1988, AAGAARD *et al.* 1991.

NC	Norwegian Current	AODW	Arctic Ocean Deep Water
EGC	East Greenland Current	GSDW	Greenland Sea Deep Water
ASW	Arctic Sea Water	NSDW	Norwegian Sea Deep Water
EBDW	Eurasian Basin Deep Water		

Meeresströmungen	T [°C]	S [PSU]
NC	6 bis 10	35,1 bis 35,3
EGC	< 0	30 bis 34
ASW	0 bis 4	34,6 bis 34,9
EBDW / AODW	-0,8	34,9
GSDW	-1,1 bis -1,3	34,88 bis 34,99
NSDW	0,5 bis -1,1	34,92
GSDW, zentrales Boreas-Becken	-1,2	34,9

Tiefenwassermassen

In der Grönlandsee wird das Oberflächenwasser durch kalte Winde vom grönländischen Festland abgekühlt. Die dadurch erhöhte Dichte der Wassermassen läßt sie absinken und zu verstärkter Tiefenwassererneuerung beitragen. Das Grönlandsee-Tiefenwasser (Greenland Sea Deep Water = GSDW) (Abb. 3, Tab. 1) zeichnet sich durch einen höheren Sauerstoffgehalt, niedrige Salzgehalte und sehr tiefe Temperaturen aus. Es bildet somit arktisches Bodenwasser mit der höchsten Dichte ($\sigma=28,12$) der gesamten Tiefsee (DIETRICH *et al.* 1975). Das GSDW entsteht überwiegend durch zwei ozeanographische Prozesse. Zum einen durch eine winterliche Tiefenkonvektion und zum anderen durch einen Einstrom von Eurasischem-Becken-Tiefenwasser (Eurasian Basin Deep Water = EBDW) aus dem Arktischen Ozean, das durch die Framstraße transportiert wird (SWIFT & KOLTERMANN 1988). Aufgrund der sehr ähnlichen Randbedingungen im Grönland- und im Boreas-Becken ist eine Tiefenwasserbildung im Boreas-Becken nicht auszuschließen. Es hätte dem GSDW ähnliche Charakteristika und ließe sich deshalb schwer vom GSDW unterscheiden (KOLTERMANN 1987).

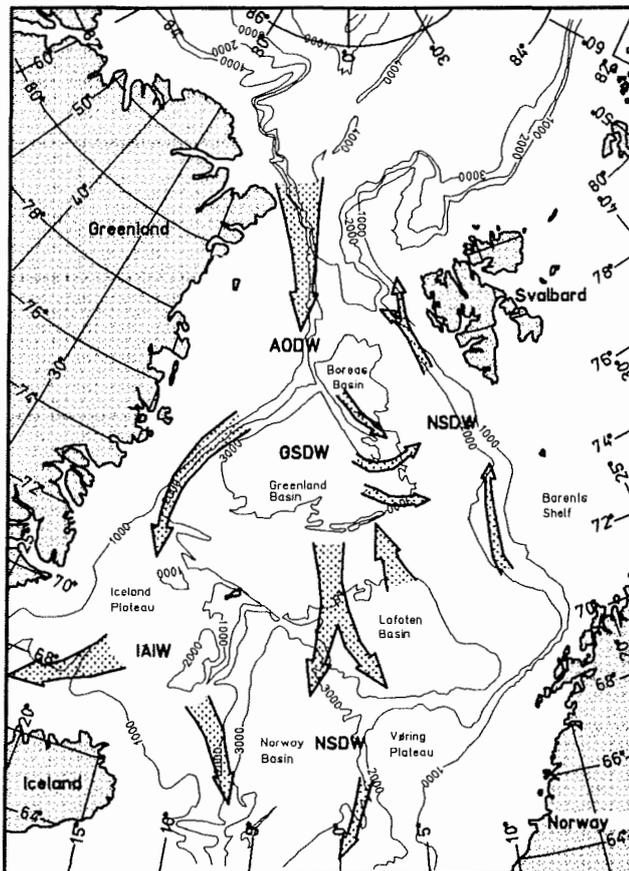


Abb. 3: Rezente Tiefenwassermassen-Verteilung im Europäischen Nordmeer (modifiziert nach MIDTTUN 1985, QUADFASEL *et al.* 1988, BLINDHEIM 1989, 1990, CARMACK 1990, AAGARD *et al.* 1991).

AODW	Arctic Ocean Deep Water
GSDW	Greenland Sea Deep Water
IAIW	Iceland Arctic Intermediate Water
NSDW	Norwegian Sea Deep Water

In der Nordhälfte des Grönland-Beckens vermischt sich das GSDW mit den tiefen Wassermassen des Arktischen Randstromes (Arctic Ocean Deep Water = AODW) zu Tiefenwasser der Norwegischen See (Norwegian Sea Deep Water = NSDW). Ein antizyklonaler Wirbel verteilt die neuentstandenen Tiefenwassermassen in der Tiefsee-Ebene des Grönland-Beckens. Den "Motor" für den oberflächennahen zyklonalen und den tiefen antizyklonalen Wirbel bilden thermohaline Prozesse. Diese sind auch die

Ursache für das Absinken der Wassermassen und das Entstehen des GSDW (KOLTERMANN 1987). Durch den tiefen arktischen Ausstrom und den Transport von GSDW und NSDW nach Norden über die Framstraße und NSDW mit 'overflow water' nach Süden stellt das Europäische Nordmeer ein Bindeglied zwischen dem Arktischen und dem Atlantischen Ozean dar. Die hier gebildeten Bodenwassermassen beeinflussen die Zirkulationssysteme des gesamten Weltozeans (BROECKER & DENTON 1989).

1.3 Bedeutung benthischer Foraminiferen für die Rekonstruktion thermohaliner Zirkulationen

Thermohaline Konvektion setzt ein, wenn die Dichte des Meerwassers in der Oberflächenschicht höher ist, als die Dichte der Schicht darunter. Die Dichte an der Meeresoberfläche nimmt zu bei Abkühlung, Eisbildung und Evaporation (DIETRICH *et al.* 1975). In einer Region, in der ein Einstrom von kalten, salzarmen polaren Oberflächenwassermassen sich mit warmen, salzreichen atlantischen Oberflächenwassermassen mischt, verhindern die warmen Wassermassen auch bei klimatischer Abkühlung eine vollständig geschlossene Eisdecke, so daß eine instabile Schichtung den Vorgang der Tiefenkonvektion unterstützt. Andererseits kann eine saisonale Temperaturreduktion zur Meereisbildung führen, was eine Erhöhung des Salzgehaltes und der Dichte zur Folge hat, und somit zum Prozeß der lokalen thermohalinen Konvektion führt.

Beim Gefrieren von Meerwasser werden Salze und andere gelöste Stoffe aus dem Kristallgitter des Eises ausgeschlossen (DIETRICH *et al.* 1975, MAYKUT 1985). Im Laufe des Gefriervorganges bildet sich in tieferen Schichten eine Struktur des Eises mit überwiegend vertikalen Abflußkanälen. Die Salzlauge wird in diesem System durch Diffusion und Konvektion (LAKE & LEWIS 1970) allmählich nach unten aus dem Meereis entfernt. Es entsteht ein Zweiphasensystem aus fast reinen Süßwassereiskristallen und einer konzentrierten Salzlauge (Sole). Der Salzgehalt des Meereises ist deshalb viel kleiner, als derjenige des Meerwassers (DIETRICH *et al.* 1975). In der Grönlandsee ist ein mittlerer Salzgehalt von 1,96 ‰ an 270 cm dickem Eis (Juli, August 1994) ermittelt worden (FRIEDRICH 1997).

Eine geschlossene Eisdecke führt zu einer stabilen Schichtung in der Wassersäule und somit zur Unterbrechung der thermohalinen Konvektion (DIETRICH *et al.* 1975). Für benthische Foraminiferen bedeutet dies zum einen eine starke Reduktion des Angebots von Primärdetritus und zum anderen schlecht durchlüftetes Bodenwasser. Allerdings ist auch bei Meereisbedeckung die Nahrungszufuhr nicht vollständig unterbrochen (ALTENBACH 1991, WOLLENBURG 1995, MACKENSEN 1997). Gebiete mit Meereisbedeckung führen zu relativ niedrigen Primärproduktionen, die für die Arktis

1. EINLEITUNG

von SMITH *et al.* (1987) zwischen 20-260 mgC/m² pro Tag im Sommer ermittelt werden. Dagegen zeigen neue Daten selbst für die zentralen, ganzjährig bedeckten und daher als extrem niedrig-produktiv geltenden Gebiete des Nordpolarmeeres eine z.T. 10-fach höhere Primärproduktion als bisher angenommen (AAGAARD *et al.* 1996). WALSH (1995) gibt für die "NorthEastWater"-Polynya (NE-Grönland) eine durchschnittliche Produktionsrate im Oberflächenwasser mit 460 mgC/ m² pro Tag an.

Schmelzwasserereignisse führen zur Abnahme der Dichte und somit zur Unterbrechung der thermohalinen Konvektion (DIETRICH *et al.* 1975). Schmelzwasserereignisse lassen sich z.T. im Isotopensignal anhand von leichten $\delta^{18}\text{O}$ -Verhältnissen gekoppelt mit niedrigeren $\delta^{13}\text{C}$ -Werten erkennen (VOGELANG 1990). Es kann nicht vorausgesetzt werden, daß das O-Isotopensignal der von *N. pachyderma* (sin.) im Gleichgewicht mit dem sie umgebenden Wasser aufgezeichnet wird. *N. pachyderma* (sin.) verändert ihr Habitat in Abhängigkeit von der Eisbedeckung und der Zusammensetzung des Wassers (CARTENS & WEFER 1992). Neueste Erkenntnisse zeigen, daß *N. pachyderma* (sin.) auf diese unterschiedlichen Bedingungen mit einem zusätzlichen Vitaleffekt reagiert, der den $\delta^{18}\text{O}$ -Wert um mehr als 1 ‰ verändern kann (BAUCH *et al.* 1997), so daß ein Vergleich der Sauerstoffisotopenkurven arktischer Sedimente mit der globalen Kurve (z.B. Norwegenstrom beeinflusst) nur bedingt (KÖHLER 1992, NØRGAARD-PEDERSEN 1996) möglich ist. Unter dem Einfluß des WSC können mit den globalen Kurven vergleichbare $\delta^{18}\text{O}$ -Kurven gemessen werden (KÖHLER 1992, HEBBELN *et al.* 1994).

Umgelagerte Arten werden durch unterschiedliche Transportprozesse ins Tiefseesediment verfrachtet. Meeresströmungen, Eisberge, Meereis, gravitative Umlagerungen und Schmelzwassersuspensionen bilden die Transportträger ins Sediment. Aus diesen Faktoren lassen sich Aussagen über die Beschaffenheit der Oberflächenwassermassen, genauer über atlantische -, arktische -, polare Wassermassen und ihren Bezug zur Eisdiffrichtung machen. Die Zuordnung der Flachwasserarten zu spezifischen Schelfbereichen "im Sinne von "Leitgeschieben" ist möglich, bleibt aber schwierig und bei einzelnen Arten zweifelhaft" (MACKENSEN 1997). WOLLENBURG (1995) hat für das zentrale Nordpolarmeer nachgewiesen, daß der Gehalt an eistransportierten Flachwasserforaminiferen in dem heute an der Meeresoberfläche im Meereis eingeschlossenen Sediment mit dem Oberflächensediment am Meeresboden übereinstimmt. Das verstärkte Auftreten allochthoner Faunen ist direkt an den globalen Prozeß der schwankenden Insolation und der Eisbildung geknüpft. So zeichnet die Frequenzanalyse der Schwankungen der allochthonen Benthos-Foraminiferen die Milankovitch-Zyklen mit einem leichten Versatz in den Zyklen nach (ALTENBACH 1992).

Große Anteile der Beckensedimente im Arktischen Ozean bestehen häufig aus distalen Turbiditen (FÜTTERER 1992, STEIN *et al.* 1994). Ein Sedimentationsgebiet, das durch sporadische Turbiditströme und thermohalin induzierte Contouritströmungen geprägt ist, ermittelt ANTONOW (1995) für die zentrale Grönlandsee. STOW *et al.* (1998) interpretieren die glazialen Ablagerungen, die westlich vor Norwegen durch den Norwegenstrom entstehen, als möglicherweise schlammigen Contourit-Fazies-Typ. Hochakkumulationsgebiete bauen sich häufig im Strömungsschatten von nachlassenden Contouritströmungen und im Einflußbereich von Winterkaskaden auf (HENRICH 1992).

Das atlantische Oberflächenwasser verändert sich auf seinem langen Weg nach Norden. In der südlichen Norwegischen See werden die atlantischen Wassermassen bereits durch einen Zustrom von Oberflächenwasser aus der Nordsee modifiziert (GADE 1986). Die atlantischen Oberflächenwassermassen sind ein Indikator für klimatische Bedingungen mit einem besonderen Einfluß auf die thermohaline Konvektion und somit auch auf die Tiefenwasserneubildung. Mit zunehmender Entfernung vom atlantischen Wassermassen-Einstrombereich (WSC) verringert sich die Primärproduktion (STRÖMBERG 1989). Die Ausbildung von Plankton ist hauptsächlich abhängig von dem Nährstoffvorkommen, der Insolation, der vertikalen Vermischung im Ozean und der Umgebungstemperatur (AUGSTEIN 1984). So führt die herbstliche und winterliche Abkühlung, welche die Vertikalkonvektion der Wassermassen auslöst, wieder zur Anreicherung der Nährstoffe in der Deckschicht, so daß im kommenden Frühjahr mit Steigerung der Insolation sich das Plankton (Phytoplanktonblüte) entfalten kann. Der Einfluß der atlantischen Wassermassen wird im Sediment durch fossilisierte Benthos- und Planktonorganismen überliefert. Diese können daher zusammen z.B. mit lithofaziellen Ergebnissen als Indikator für die paläo-hydrographischen Bedingungen genutzt werden.

Benthische Tiefseeforaminiferen sind in erster Linie abhängig von der Höhe der Nahrungszufuhr aus dem Pelagial (THIES 1991, ALTENBACH 1992, MACKENSEN 1997). WOLLENBURG & MACKENSEN (1998b) gehen davon aus, daß ausschließlich infaunal lebende Arten in saisonalen eisfreien Meeresgebieten nicht vorkommen, sondern nur überwiegend infaunale Foraminiferenarten an diese Gebiete gebunden sind. Dabei scheint das Eindringen der infaunalen Benthospopulation in das Sediment mit der Zeitspanne des Eisrückgangs und der Primärproduktion zusammenzuhängen. Durch die Foraminiferendichte und ihre Artengemeinschaften lassen sich die paläo-ozeanographischen Verhältnisse rekonstruieren, die direkt oder indirekt die benthischen Lebensräume beeinflusst haben. Warmzeiten lassen sich durch deutlich höhere Populationsdichten benthischer Foraminiferen von Kaltzeiten unterscheiden (STRUCK 1992, NEES 1993). Da das Benthos auf eine Erwärmung der Oberflächenwassermassen

1. EINLEITUNG

nahezu ohne zeitliche Verzögerung reagiert, zeigen die Akkumulationsraten benthischer Foraminiferen ozeanographische Veränderungen in den interglazialen/glazialen Übergängen und während der Stadien an (NEES 1993).

Die benthische Foraminifere *C. wuellerstorfi* gilt als zuverlässiger Anzeiger für Bodenströmung und advektiven Lateraltransport organischer Substanzen (LUTZE & THIEL 1989). *C. wuellerstorfi* lebt in einem „Fenster“ von Kohlenstoff-Fluß-Raten zwischen 2 und ca. 3 [$\text{g} \cdot \text{C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{J}^{-1}$] (ALTENBACH 1992, ALTENBACH *et al.* 1999). Durch den lateralen Eintrag, der durch eine permanente Bodenströmung gewährleistet ist, wird das Nahrungsangebot für die Suspensionsfiltrierer erhöht (GRAF 1989, ALTENBACH 1992). Nach MACKENSEN (1997) ist der Lebensraum von *C. wuellerstorfi* an eine sauerstoffhaltige Bodenwassermasse gekoppelt. Verstärkte laterale Bodenströmung existiert in erster Linie in interglazialen Stadien (ALTENBACH 1992). Bisherige Arbeiten über das Europäische Nordmeer deuten das Ausbleiben von *C. wuellerstorfi* in glazialen Zeitabschnitten als Aussetzen der thermohalinen Zirkulation (STRUCK 1992, NEES 1993). Mit Hilfe von niedrigen $\delta^{13}\text{C}$ -Werten der benthischen Foraminifere *O. umbonatus* ist der Rückgang der Tiefenwassererneuerung im Grönland-Becken für Zeitabschnitte der letzten 340.000 Jahre ermittelt worden. Da *C. wuellerstorfi* im Grönland-Becken nicht kontinuierlich vertreten ist, wurde *O. umbonatus* zur Datenermittlung bevorzugt (JÜNGER 1994). Neuere Arbeiten verbinden einen Einstrom atlantischer Wassermassen auch z.T. mit erhöhtem IRD (Ice Rafted Debris) in den glazialen Stadien (HENRICH *et al.* 1997) und ermitteln auch in den Glazialzeiten einen kühl-temperierten atlantischen Einstrom bis in die Framstraße (HEBBELN *et al.* 1994, HEBBELN & WEFER 1997).

2. Sedimentkernmaterial und angewandte methodische Verfahren

2.1 Kernausswahl und Kernmaterial

Das bearbeitete Probenmaterial stammt aus Sedimentkernen (Kern PS1906-1,2; Kern PS1745-5,6; Kern GIK17728-1,2), die während der Expeditionen R.V. "POLARSTERN" ARK VI/2, ARK VII/1 und R.V. "METEOR" 13-2 in den Jahren 1989 und 1990 im Boreas-Becken (Abb. 1) gewonnen wurden (GERLACH & GRAF 1991, KRAUSE *et al.* 1991, THIEDE & HEMPEL 1991).

Tab. 2: Kernentnahmepositionen im Boreas-Becken. Die fettgedruckte Kernbezeichnung wird im vorliegenden Text verwendet. In der Literatur kommen auch die in der zweiten Spalte verwendeten Kernbezeichnungen vor.

GIK Geologisches-Institut-Kiel
 AWI Alfred-Wegener-Institut
 GKG Groß-Kasten-Greifer
 KAL Kastenlotkern
 M R.V. "Meteor"
 ARK Arktik, Expedition mit R.V. "Polarstern"

Kern-Nr. AWI	Kern-Nr. GIK	Gerät	Länge	Breite	Expedi- tion	Jahr	Wasser- tiefe [m]	Kern- gewinn [cm]
PS1906-1	PS21906-1	GKG	76°50,5'N	02°09,0'W	ARK VII/1	1990	2990	37
PS1906-2	PS21906-2	KAL	76°0,2'N	02°09,2'W	"	"	2939	652
PS1745-5	PS15/054-5	GKG	77°45,0'N	01°00,1'E	ARK VI/2	1989	3118	37
PS1745-6	PS15/054-6	KAL	77°46,6'N	00°55,3'E	"	"	3052	663
GIK17728-1	GIK17728-1	GKG	76°31,2'N	03°57,5'E	M 13-2	1990	2473	31
GIK17728-2	GIK17728-2	KAL	76°31,1'N	03°57,3'E	"	"	2485	623

Für die vorliegenden Untersuchungen sind stratigraphisch eingeordnete, geographisch eng begrenzte, abyssale Kerne gewählt worden. Voraussetzung für eine gezielte Probenahme war das Vorhandensein sediment-physikalischer Daten (z.B. Trockendichte, CaCO₃-Konzentrationen) anderer Bearbeiter. Durch den Kerngewinnprozeß sind die obersten ca. 30 cm des Sedimentkerns oft entweder stark gestört oder sie fehlen ganz. Um ein lückenloses Sedimentprofil zu gewährleisten sind parallel Großkastengreifer (GKG) entnommen worden (Tab. 2).

2. METHODIK

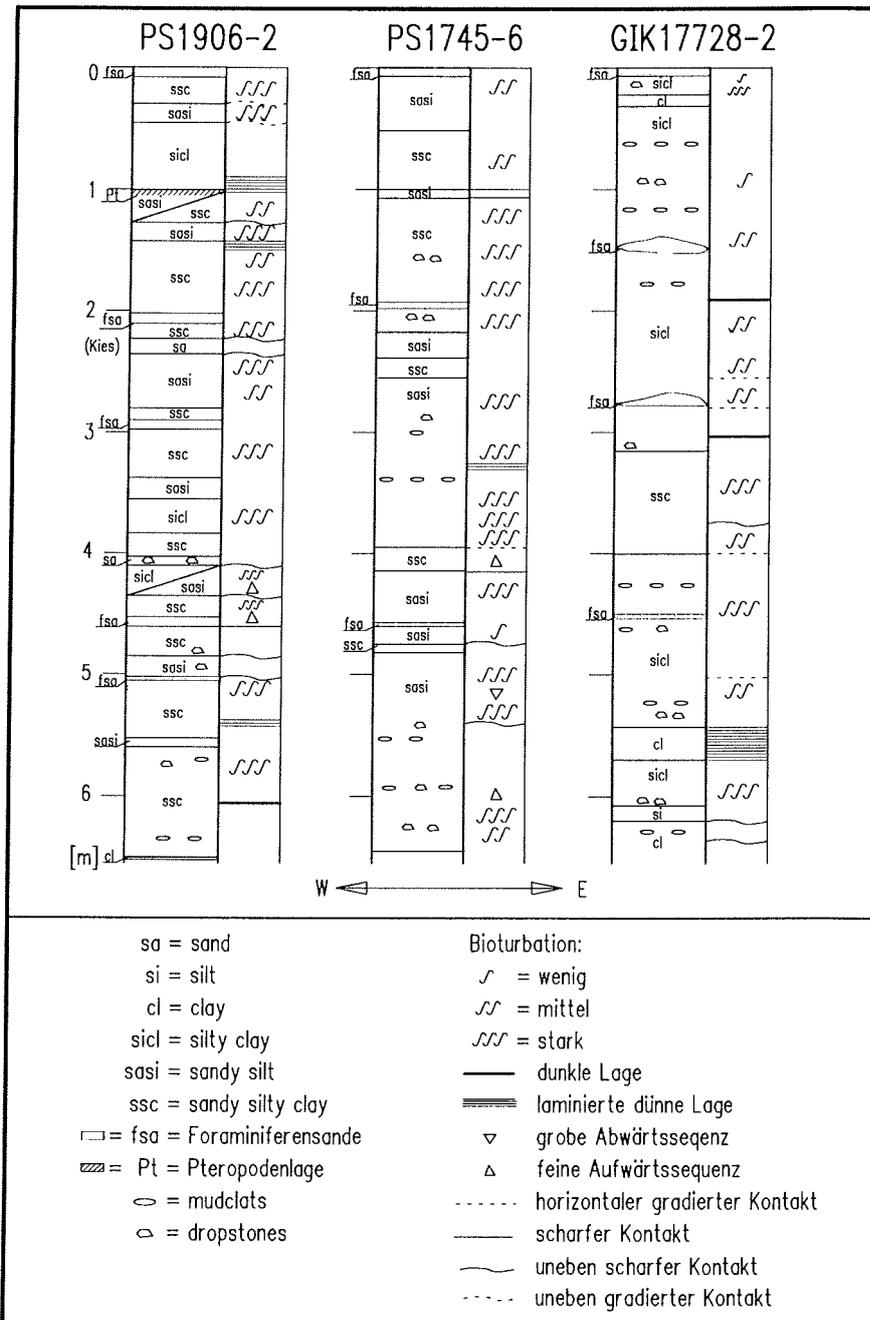


Abb. 4: Sedimentabfolge (schematisch) der untersuchten Kastenlotkerne.

Der Kern GIK17728-2 wurde aus dem süd-östlichen Boreas-Becken von einem mindestens 30 m hohen Tiefseehügel (Abb. 5) mit einer Hangneigung von ca. 0,2 Grad entnommen. Die Entnahmestelle des Kerns PS1906-2 im süd-westlichen Boreas-Becken ist die Flanke der Greenland-Fracture-Zone, deren Hangneigung ca. 3,3 Grad beträgt (MICHELS 1995).

Die Sedimente des Kerns PS1906-2 bestehen aus Wechsellagen von braunen und oliv-grauen Tonen und Silten, mit eingeschalteten unregelmäßigen Dropstone-Lagen. Die Sedimentabfolge des Kerns PS1745-6 ist gekennzeichnet durch einen Wechsel von braunen und grauen Tonen sowie tonigen Silten mit mehreren eingeschalteten Dropstone-Lagen. Die Sedimente des Kerns GIK17728-2 bestehen aus wechselnden Lagen brauner und grauer Tone und Silte, in denen nur wenige Dropstone-Lagen vorkommen (Abb. 4).

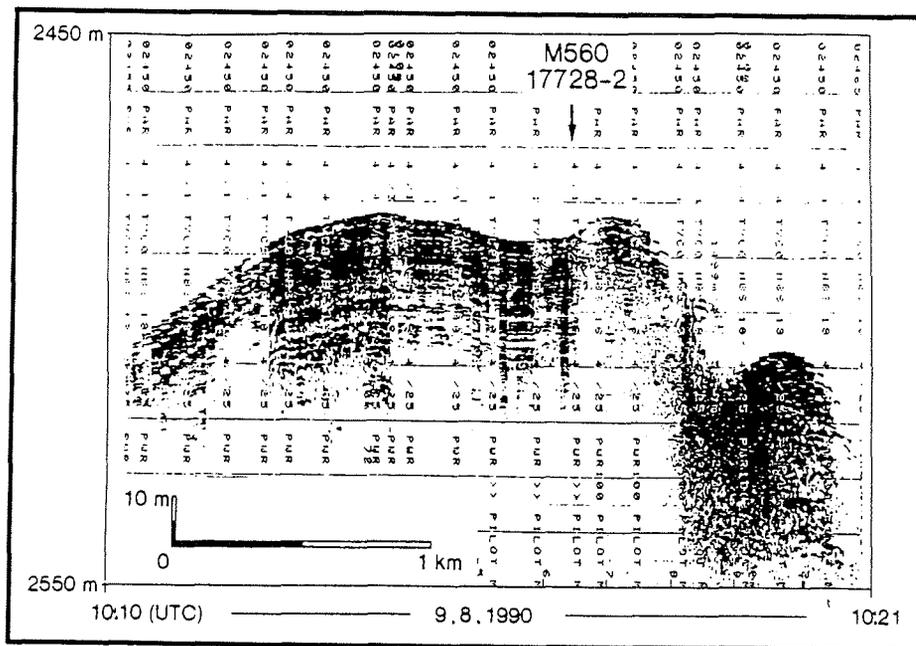


Abb. 5: Kernentnahmestelle (GIK17728-2) ist ein mindestens 30 m hoher Tiefseehügel mit einer Hangneigung von ca. 0,2 Grad (Daten der Hangneigung stammen aus MICHELS 1995).

2.2 Stratigraphische Grundlagen

Für das Europäische Nordmeer sind aus der Literatur bereits biostratigraphisch verwendbare Zeitintervalle (Zeitscheiben) in Sedimenten bekannt. So dominiert *C. wuellerstorfi* die Faunenassoziation in den interglazialen O-Isotopenstadien 5 und 1 (HAAKE & PFLAUMANN 1989, STREETER *et al.* 1982). NEES (1989) und STRUCK (1992) konnten die Ergebnisse auf die interglazialen Stadien (ST) 9 und 7 erweitern. Die benthische agglutinierende Foraminifere *S. rolshauseni* ist biostratigraphisch im O-Isotopenstadium 2 verwertbar (STRUCK & NEES 1991). STREETER *et al.* (1982), HAAKE & PFLAUMANN (1989) beschreiben für *P. bulloides* ein korrelationsfähiges Vorkommen in dem Zeitabschnitt des Substadiums 5.1. Die endobenthische Art *G. subglobosa* zeigt in dem Warmstadium 11 (bevorzugt im Substadium 11.3) ein signifikantes Auftreten in der Gesamtf fauna (STRUCK 1992).

Die stratigraphische Einordnung der untersuchten Kerne ist von verschiedenen Bearbeitern durchgeführt worden. Die Alterseinstufung der Kerne GIK17728-2 und PS1906-2 erfolgte durch Sauerstoffisotopen an der planktischen Foraminiferenart *Neogloboquadrina pachyderma* (*sin.*) (HAMICH 1991, SÖDING 1991, WEINELT 1993). Die Interpretation im Stadium 10 mit Hilfe von Sauerstoffisotopenwerten gestaltet sich allgemein schwierig. Die Messungen basieren, soweit überhaupt vorhanden, auf sehr geringen Vorkommen der planktischen Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* (*sin.*), die zu Isotopenwerten führen, deren Interpretation sich wegen fehlender Anbindung zu benachbarten Horizonten oft schwierig gestaltet.

Der Kern GIK17728-2 ist parallel zur Sauerstoffisotopen-Stratigraphie zusätzlich mit Hilfe der Uran/Thorium-Methode (U/Th-Methode) eingestuft worden (SCHOLTEN *et al.* 1994). Bis zur Teufe von 150 cm (ST 5) zeigen Sauerstoffisotopen- und ^{230}Th -Methode recht gute Übereinstimmung. Unterhalb von 150 cm Kernteufe nehmen die $^{230}\text{Th}_{\text{ex}}$ -Aktivitäten (excess=Überschuß) mit der Tiefe drastisch ab, was im Vergleich zur vorhandenen Sauerstoffisotopen-Stratigraphie zu einer generell höheren Alterseinstufung führt. Als mögliche Begründung für relativ niedrige $^{230}\text{Th}_{\text{ex}}$ -Aktivitäten geben SCHOLTEN *et al.* (1994) einen lateralen Abtransport aus der Wassersäule ("winnowing") an, der durch Meeresströmungen und/oder durch Bodenströmungen zu Sedimenterosion und somit zu einer verminderten Sedimentation führt. Nach PAETSCH (1991) sind in den Sedimenten des Kerns GIK17728-2 nur etwa 2/3 des in der Wassersäule produzierten $^{230}\text{Th}_{\text{ex}}$ enthalten.

Tab. 3: Datenquellen und Alterseinstufungen

Im = IMBRIE *et al.* 1984, Ma = MARTINSON *et al.* 1987Vo = VOGELSANG 1990, Ba = BARD *et al.* 1990Sa = SARNTHEIN *et al.* 1994

Bio-event: (+) = benthische Foraminiferen nach STRUCK 1992

(-) = planktische Foraminiferen nach BAUCH 1993

Zeitscheibe $\delta^{18}\text{O}$	Daten- quelle	Alter [a]	Bio-event
Ende lg	Sa	9.800	
Beginn lg	Sa	12.000	
1/2	Ma	12.050	
1/2	Vo	13.600	
2.2	Ba	18.240	<i>Siphotextularia rolshauseni</i> (+)
3.1	Ba	30.470	
3.31	Ma	50.210	
3.33	Ma	55.450	
4.2	Im	65.000	
5.1	Ma	79.460	<i>Pullenia bulloides</i> (+)
5.2	Ma	90.525	
5.3	Ma	99.380	
5.4	Ma	110.790	
5.51	Vo	122.560	
5.53	Vo	125.000	<i>Beella megastoma</i> (-)
5/6	Ma	129.840	
6.2	Ma	135.100	
6.3	Vo	141.330	
6.4	Vo	157.100	
6.5	Vo	171.370	
6.6	Ma	183.300	
6/7	Ma	189.610	
7.1	Ma	193.070	
7.2	Ma	200.570	
7.3	Ma	215.540	
7.4	Ma	224.890	
7.5	Ma	240.190	
7/8	Ma	244.180	
8.2	Ma	253.430	
8.3	Vo	255.900	
8.4	Vo	267.480	
8.5	Vo	288.170	
8.6	Im	299.000	
8/9	Im	303.000	
9.1	Im	310.000	
9.2	Im	320.000	
9.3	Im	331.000	
9/10	Im	339.000	
10.2	Im	341.000	
10/11	Im	362.000	
11.1	Im	368.000	
11.2	Im	375.000	
11.3	Im	405.000	<i>Globocassidulina subglobosa</i> (+)
11/12	Im	423.000	
12.2	Im	434.000	
12.4	Im	471.000	

Der **Kern PS1745-6** ist radiometrisch ausschließlich mit Hilfe der U/Th-Methode eingestuft worden (BOHRMANN unveröffentl. Daten). Für den Kern PS1745-6 existiert nur eine Tiefen-Zeitkorrelation, die über die Regressionsgrade der ^{230}Th -Meßpunkte eine mittlere Sedimentationsrate ergibt. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Alterszunahme von 5.800 Jahren pro 10 cm Teufe. Mit zunehmendem Sedimentalter nehmen die ^{230}Th -Werte ab, so daß eine zuverlässige stratigraphische Einstufung nicht möglich ist (mdl. Mittl. BOHRMANN). Die Berechnungen und die daraus resultierenden graphischen Darstellungen erfolgen aus diesem Grunde in den Sedimenten des Kerns PS1745-6 nur zwischen den Stadien 7 bis 1 (245.000 J.v.h. bis rezent; J.v.h. = Jahre vor heute). Für die Datierung von Sedimentkernen aus dem Europäischen Nordmeer wird von PAETSCH (1991) eine Kombination aus $\delta^{18}\text{O}$ -Stratigraphie und "constant-flux" Modell vorgeschlagen. Die ^{230}Th -Methode ist nach MANGINI (1984) im Zeitraum 300.000 J.v.h. bis rezent anwendbar.

Die stratigraphische Einstufung von HAMICH (1991) und NEES (1993) bildet die Basis des untersuchten **Kerns PS1906-2** (s. PANGAEA-Datenbank). Am Kern PS1906-2 ist bis zur Teufe von 316 cm eine relativ hochauflösende Alterseinstufung durchgeführt worden (NEES 1993). Für die Sedimente vor 30.000 Jahre bis rezent stehen AMS ^{14}C -Alter (AMS = Accellerator-Mass-Spectrometry) zur Verfügung, die für die Zeit von 40.000 bis 30.000 J.v.h. von NEES (1993) angleichend interpoliert wurden, um dann über einen Fixpunkt zur Benutzung von Kalenderjahren zu gelangen (s. PANGAEA-Datenbank).

Die Alterseinstufungen zwischen den Alters-/Teufenfixpunkten (Tab. 3) sind unter der Annahme linearer Sedimentationsraten (LSR) interpoliert worden.

2.3 Probenauswahl und Probenaufbereitung

Die Probenauswahl erfolgte anhand der vorliegenden Alterseinstufung, um insbesondere die Übergänge der glazialen und interglazialen Stadien zu erfassen. Bevorzugt wurden Sedimentintervalle mit hohen Kalziumkarbonat-Gehalten, um ein eventuell erhöhtes Faunenaufkommen zu beproben.

Der minimale Probenabstand ist durch die vorliegenden Beutel-Proben vorgegeben. Das Probenmaterial des Kerns PS1745-6 stammt aus 2cm-Massenproben.

Das Probenmaterial der Kerne GIK17728-2 und PS1906-2 stammt aus 1cm-mächtigen Massenproben. Die Siebarbeiten für die Kerne GIK17728-2 und PS1906-2 sind z.T. von HAMICH (1991) und SÖDING (1991) durchgeführt worden. Durch ergänzende weitere Siebungen am Probenmaterial der drei Kerne sind die für die Untersuchungen unerlässlich gleichen Ausgangsbedingungen erarbeitet worden. Die Probennahme erfolgte in einem Abstand von 2-10 cm. Die exakten Beprobungsteufen sind den Kernlisten der PANGAEA-Datenbank zu entnehmen. Die Sedimentproben sind schonend mit H₂O geschlämmt worden, um Beschädigungen an den Foraminiferen zu vermeiden. Die Probenaufbereitung wurde nach dem Schema in Abb. 6 durchgeführt.

2.4 Auszählverfahren

Die Auszählungen und Artenbestimmungen der benthischen Foraminiferen erfolgten lichtmikroskopisch mit einem Binokular (Leitz, Wetzlar). Dazu wurde ein definierter Split auf der Ausleseschale verteilt. Danach erfolgte die Bestimmung der Arten und die Zählung der benthischen Foraminiferen. Die Belegzellen der benthischen Foraminiferenarten sind im IfG (Institut für Geowissenschaften der Universität Kiel) archiviert worden. Mit dem CamScan Raster-Elektronenmikroskop (REM; CS44) des IfG konnten in Zweifelsfällen die Arten eindeutig zugeordnet werden.

Zur Bestimmung der Arten ist neben der Literatur die Belegsammlung und der taxonomische Katalog der North to South Atlantic Ocean Foraminiferal Transects (NOSOFO) Arbeitsgruppe des IfG verwendet worden. Die Basisbestimmung erfolgte mit Hilfe der vorhandenen Belegzellen dieser Arbeitsgruppe und der Arbeiten von THIES (1991), SCHIEBEL (1992), STRUCK (1992), TIMM (1992) und NEES (1993).

Für die Untersuchungen der Faunenfluktuationen an klein- und großwüchsigen Foraminiferen ist die Subfraktion 125 bis 250 µm und die 250 µm bis 2000 µm-Fraktion getrennt bearbeitet und gezählt worden. Bei zu großer Probenmenge ist die Probe mittels eines Mikroprobenteilers auf eine statistisch repräsentative Teilmenge reduziert worden. Um statistisch reproduzierbare Ergebnisse an Proben mit geringem Vorkommen benthischer Foraminiferen zu erzielen, wie z.B. in glazialen Sedimenten, wurden in einigen Proben (>125 µm) alle vorhandenen benthischen Foraminiferen gezählt.

2. METHODIK

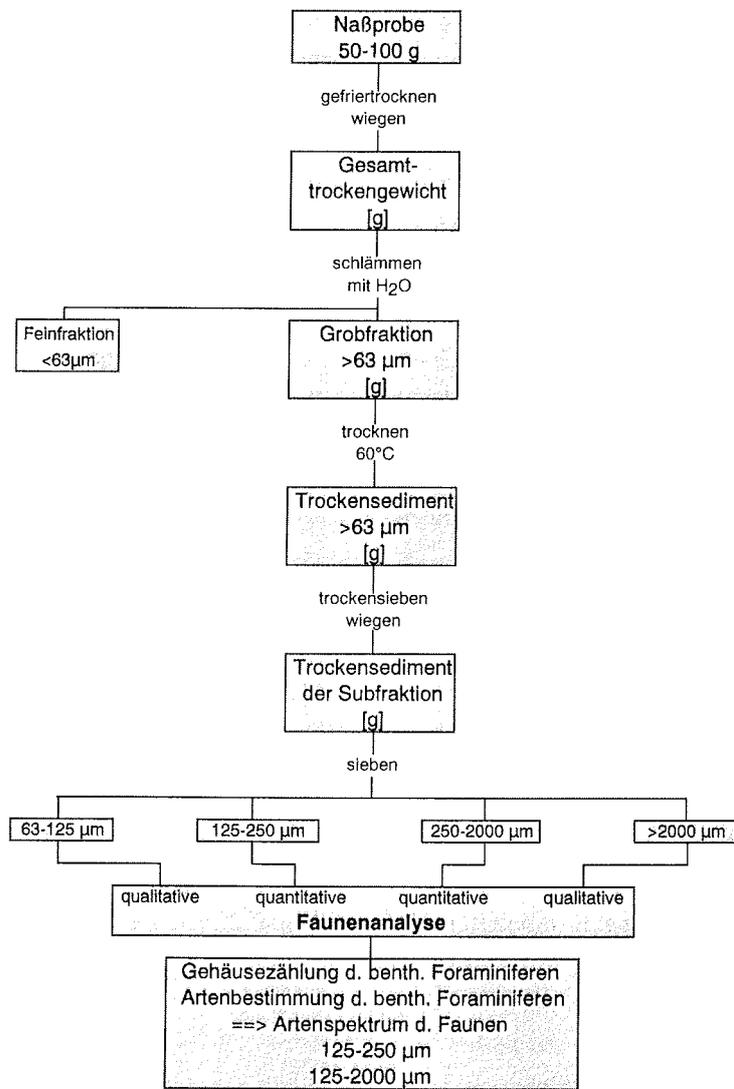


Abb. 6: Schema der Probenaufbereitung.

2.5 Quantitative Datenanalyse

Die Datenanalyse ist nach einem generellen Schema durchgeführt worden (Abb. 7).

2.5.1 Prozentuale Berechnungen

Zur Darstellung der mikropaläontologischen Fossilgemeinschaften wird die Methode der Prozentberechnung benutzt, da diese erstens die Korrelation mit Literaturdaten ermöglicht und zweitens Auskunft über dominierende Arten fossiler Faunengesellschaften und ihrer Variabilitäten gibt.

Zur Berechnung des prozentualen Artenanteils (Artengruppen-Anteil) ist die Summe aller benthischer Foraminiferenarten $>125\mu\text{m}$ einer Probe auf hundert Prozent bezogen worden.

2.5.2 Aufstellung der Alters-/Teufenbeziehung

Die Grundlagen zur Berechnung der Akkumulationsraten (AR) von Foraminiferengehäusen in Sedimenten bilden die Alters-/Teufenbeziehung und die linearen Sedimentationsraten (LSR) [$\text{cm} \cdot 1.000^{-1} \text{J}$] (Abb. 8). Die ermittelten linearen Sedimentationsraten errechnen sich aus der aktualisierten Stratigraphie der Altersdaten der Kerne PS1906-2 und GIK17728-2 (Abb. 8, s. Abschnitt 2.2). Für den Kern PS1745-6 konnte aufgrund der U/Th-Datierung nur von einer berechneten konstanten Sedimentationsrate ausgegangen werden.

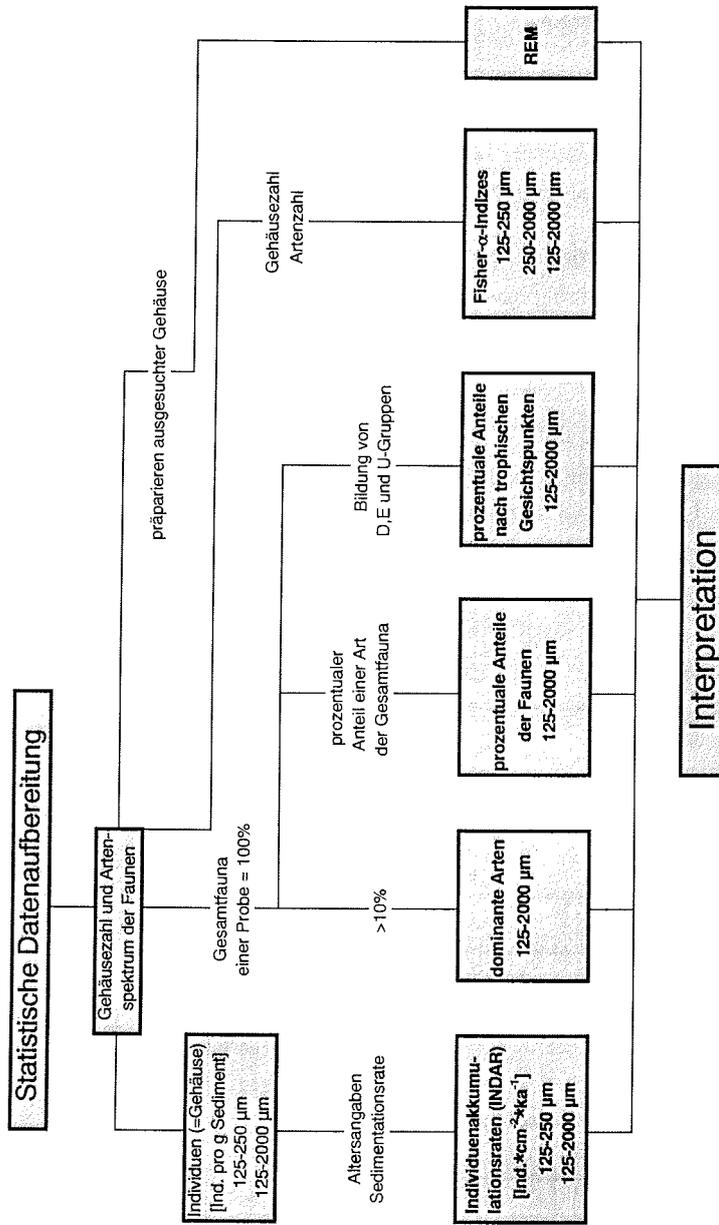


Abb. 7: Schema der Datenaufbereitung.

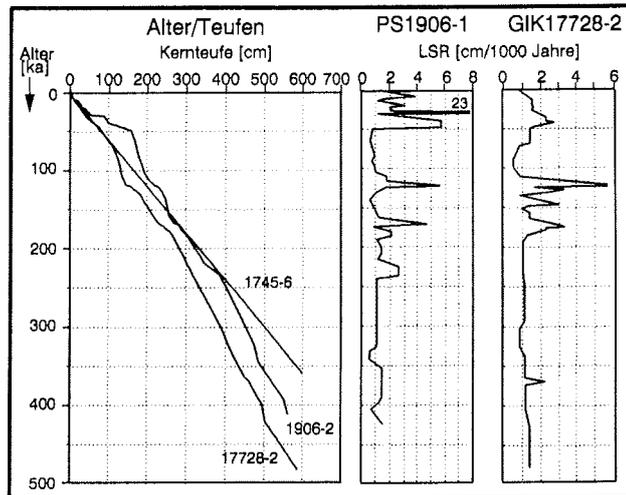


Abb. 8: Alter-/Teufenbeziehung und die linearen Sedimentationsraten (LSR) [$\text{cm} \cdot \text{ka}^{-1}$].

2.5.3 Berechnungen der Akkumulationsraten

Eine wichtige Größe für Änderungen im Sedimenteintrag, also auch für die benthische Fauna, bildet das Maß der Akkumulationsraten. Die Datensätze sind unter Berücksichtigung der Akkumulationsraten-Definitionen von VAN ANDEL *et al.* (1975) und EHRMANN & THIEDE (1985)

$$AR_{\text{Bulk}} = \text{LSR} \cdot \text{DBD} \quad [\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}]$$

$$\text{DBD} = \text{WBD} - (1,025 \text{ POR } 100^{-1}) \quad [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}]$$

1,025 = Dichte von Meerwasser [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]

POR = Porosität [Vol.%]

WBD= Naßdichte [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]

DBD= Trockendichte [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]

in Individuenakkumulationsraten (INDAR) sensu STRUCK (1992) berechnet worden. Die Einheit der INDAR-Werte ist [$\text{Individuen} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}$].

Die zur Berechnung der INDAR benötigten Trockendichten (DBD= dry bulk density) sind freundlicherweise von folgenden KollegenInnen zur Verfügung gestellt worden:

Kerne PS1906-1,2: KASSENS (unpublizierte Daten)

Kerne PS1745-5,6: BOHRMANN (unpublizierte Daten)

Kerne GIK17728-1,2: KASSENS (unpublizierte Daten)

2. METHODIK

Um die Korrelation mit Literaturdaten zu ermöglichen, die nicht auf Berechnungen von Individuenakkumulationsraten basieren, erfolgt die tabellarische Darstellung mit der Einheit Individuen pro g Trockensediment (s. PANGAEA-Datenbank).

Die Anwendung der Methodik der prozentualen Verteilung und der Individuenakkumulationsraten liefert unterschiedliche Ergebnisse, die einen größeren Raum zur Interpretation zulassen:

Die Prozentanteile geben die Verteilung der Gemeinschaft innerhalb eines Zeitabschnitts wieder, während die Resultate der Individuen (Gehäuse) pro Fläche und Zeit von der Artenverteilung in der Gesamtfauuna unabhängig sind. Die Veränderung einer Komponente in den Prozentanteilen zieht eine Veränderung in der prozentualen Verteilung aller Komponenten nach sich, während die Ergebnisse der INDAR-Werte, als einzeln bestehende Komponenten ihre Wertigkeit nicht verlieren. Die vorhandenen Individuen einer Probe, bezogen auf eine Zeiteinheit (Alter der Probe) fließen, anders als bei der Prozentberechnung, direkt in die Berechnung mit ein. Die Problematik in der Berechnung der Individuenakkumulationsraten liegt in der stratigraphischen Einstufung der Sedimente. Sie ist die Basis zur Berechnung der Sedimentationsraten, die eine Grundlage zur INDAR-Berechnung bildet. Diese Zusammenhänge können die Größe der INDAR-Werte beeinflussen, nicht aber ihre Relationen zueinander. Die Angabe der Individuenakkumulationsraten (Gehäuse-AR) bietet also ein direkteres Maß für z.B. paläo-ozeanographische Betrachtungen mit Hilfe von Benthosforaminiferen.

Fehlerbetrachtungen

Bei der Berechnung der Akkumulationsraten treten drei wesentliche Fehlerquellen auf. Eine Fehlerquelle liegt in den linearen Sedimentationsraten, die sich auf Altersfixpunkte stützen, die zum einen von der Beurteilung durch die Einstufung der jeweiligen Bearbeiter abhängen und zum anderen von der zeitlichen Auflösung der Beprobungsintervalle (vgl. WOLF 1991, vgl. BAUCH 1993). Die Beprobungsintervalle liegen in der vorliegenden Arbeit zwischen 2 und 10 cm. In Zeitintervallen, in denen rapide Sedimentationswechsel (Glazial/Interglazial) auftreten, die stratigraphisch nicht mehr aufgelöst werden können, ist die Ungenauigkeit nicht abschätzbar (HENRICH *et al.* 1989). Eine weitere Fehlerursache sind Sedimentationsereignisse, die hohe Sedimentationsraten implizieren, und somit durch zu hohe Akkumulationsraten von Foraminiferen (INDAR) zu fehlerhaften Interpretationen führen. Weitere Fehlerquellen birgt die relativ große Schwankungsbreite (0,7 bis 1,5 g/cm³) der Trockendichten, da diese einen großen Einfluß auf die Berechnung der Akkumulationsraten hat.

2.5.4 Fisher- α -Index und Dominanz

Der Fisher- α -Index (FAI) (FISHER *et al.* 1943) gibt die Beziehung der Arten-Anzahl zur Individuen-Anzahl (Gehäuse-Anzahl) an und ist ein Maß für die Diversität. Er wird auf eine wählbare Zählsumme (100, 200 etc.) bezogen (z. B. MURRAY 1973). Die Fisher- α -Indizes (s. PANGAEA-Datenbank) sind mit dem Software-Programm FI-ALPHA.TOS berechnet worden (Arbeitsgruppe Mikropaläontologie, IfG Kiel).

Alle Arten, die mit einem mehr als 10%-igen Anteil an der Gesamtfaua (125 - 2000 μm) einer Probe vorkommen, werden im folgenden als dominante Arten bezeichnet. Signifikant vertreten sind Foraminiferenarten mit einem Anteil zwischen 5% und 10%. Prozentanteile von 2% bis 5% umfassen die selteneren Arten. Die Korngrößenfraktionierung in 125-250 μm und 250-2000 μm zeigt tendenziell die Faunenfluktuation und Verbreitung der groß- und kleinwüchsigen Foraminiferen (Tab. 6).

2.5.5 Einteilung trophischer und umgelagerter Gruppen

Für benthische Foraminiferenarten ermittelte ALTENBACH (1992) nach Schwellenwerten der Flußraten organischer Substanzen der Einheit [$\text{g} \cdot \text{C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{J}^{-1}$] für verschiedene Meeresgebiete unter Berücksichtigung der Wassertiefe, die vier Gruppen A&B, C, D und E (vgl. SARNTHEIN *et al.* 1995, ALTENBACH *et al.* 1999, vgl. KUHN *et al.* 1999 Südchinesisches Meer). Für das Europäische Nordmeer werden sieben Arten zur Gruppe C, D und E zusammengefaßt. In Anlehnung an die von ALTENBACH (1992) angewandte Methode sind acht Arten in zwei Gruppen eingeteilt worden: Gruppe D ($>1,5$ bis $2,5 \text{ g} \cdot \text{C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{J}^{-1}$) umfaßt die Arten *C. wuellerstorfi*, *C. subglobosum* und *E. exigua*. Gruppe E ($<1,5 \text{ g} \cdot \text{C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{J}^{-1}$) beinhaltet die Arten *O. umbonatus*, *E. tumidulus*, *T. tricarinata*, *P. rotalaria* und *S. arctica*. Die Methode wird eingesetzt, um vorhandene Signale einzelner benthischer Foraminiferenarten hervorzuheben oder zu verstärken, die auf Klimawechsel und daraus entstehenden Veränderungen in den Nahrungsschüben basieren.

Eine dritte Gruppe U, die nicht auf einer trophischen Einteilung basiert, besteht aus den häufigsten allochthonen Faunenelementen, da die Gruppe umgelagerte und vermutlich umgelagerte Arten wie *B. frigida*, *C. reniforme*, *C. teretis*, *C. lobatulus*, *N. labradoricum* und die Gruppe der Elphidien umfaßt. Die Einteilung der Gruppe umfaßt Arten, die in verschiedenen Wassertiefen bisher lebend nachgewiesen wurden (Anhang III: Tab. W). *C. teretis* wird auch als allochthoner Bestandteil angesehen, da der

2. METHODIK

überwiegende Eintrag ins Sediment vermutlich auf einem zyklischen Hangabwärtstransport basiert (Abb. 25).

Nach SEIDENKRANTZ (1995) unterscheiden sich die benthischen Arten *C. teretis* und *C. neoteretis* in der Gestalt der Mündungsklappen und der Körpergröße. Generell ist *C. neoteretis* kleiner als *C. teretis*. Die Artunterscheidungsmerkmale sind nur bei gut erhaltenen Arten unter dem Lichtmikroskop und hauptsächlich im REM sichtbar. In der vorliegenden Arbeit wird davon ausgegangen, daß hauptsächlich die Art *C. teretis* in den untersuchten fossilen Sedimenten verbreitet ist. Denn *C. teretis* lebte hauptsächlich in der Tiefsee und in der neritischen Paläoumgebung in Boreal bis subarktischen Gebieten (50 bis 2050 m) (MURRAY 1984, SCHNIKTER 1984, DIESTER-HAASS & SCHNITKER 1989, FEYLING-HANSEN 1985, 1990a,b; WOLLENBURG & MACKENSEN 1998a,b). Demgegenüber ist *C. neoteretis* hauptsächlich eine rezente Tiefseeart, die in arktischen und antarktischen bis subarktischen Wassermassen gefunden wurde (150 bis 3000 m, meistens zwischen 1000 und 1500 m.) (Autoren siehe SEIDENKRANTZ 1995).

3. Taxonomie

Einige Foraminiferenarten sind fossil nicht erhaltungsfähig, wie z.B. *Crithionina hispida* (FLINT 1899), die in einigen Gebieten der Norwegisch-Grönländischen See rezent hohe Besiedlungsdichten aufweist (THIES 1990). Sandschalige Gehäuse werden durch bakterielle Zersetzung der organischen Bindemittel unter oxischen Bedingungen zerstört, während kalkschalige Gehäuse bei Karbonatlösung und rascher Einbettung in anoxische Sedimentlagen zerstört werden können (GROBE & FÜTTERER 1981). Dies führt zur Reduktion der primären Foraminiferenassoziation. Die kalkschaligen benthischen Foraminiferen sind überwiegend gut erhalten und zeigen nur selten Lösungserscheinungen.

Alle vorkommenden benthischen Foraminiferenarten sind alphabetisch im Anhang All in einer Synonymieliste aufgeführt. Insgesamt werden 39 verschiedene Arten benthischer Foraminiferen unterschieden. In der vorliegenden Arbeit sind zusätzlich zu den Einzelarten drei Formen-Gruppen unterschieden worden, in denen nach Kriterien der Zweckmäßigkeit einzelne Arten zusammengefaßt sind.

Formen-Gruppen

Elphidien-Gruppe

Alle Arten der Gattung der *Elphidien* stammen aus Schelfsedimenten, und sind demnach im abyssalen arktischen/subarktischen Bereich allochthone Faunenbestandteile (MURRAY 1991, THIES 1991, STRUCK 1992, ALTENBACH 1992 u.a). Die Gattung der Elphidien ist also ein Produkt aus Umlagerungsprozessen, bei denen der Erhaltungsgrad zur Artbestimmung oft nicht ausreicht. Deshalb sind die Arten in einer Gruppe zusammengefaßt worden. Diese Gruppe beinhaltet die Arten *Elphidium arcticum*, *Elphidium excavatum*, *Elphidium incertum*, *Protelphidium orbiculare* und *Elphidium spp.*. Die Gruppe der Elphidien erreicht nur in kurzen Zeitabschnitten prozentuale Anteile von mehr als 10%.

Lageniden-Gruppe

Diese Gruppe beinhaltet die Arten der Gattung *Lagena*. Die vorwiegend langgestreckten, hyalinen Gehäuse sind sporadisch mit durchschnittlich geringen Prozentanteilen bis 3% an der Gesamtf fauna beteiligt. Eine eindeutige Artenbestimmung wird häufig durch abgebrochene Fortsätze oder durch beschädigte Mündungen verhindert.

Gruppe der agglutinierten "Röhren"

Fragmente von röhrenförmigen, agglutinierten benthischen Foraminiferen werden zu der Artengruppe agglutinierte "Röhren" zusammengefaßt. Dieses ist notwendig, da agglutinierte "Röhren" in fossilen Sedimenten häufig nur als Bruchstücke vorhanden sind und somit keine Artenbestimmung erlauben (Anhang II: Abb. R). THIES (1991) beschreibt für die rezenten Sedimente im Europäischen Nordmeer agglutinierte "Röhren" der Gattungen *Astrorhiza sp.*, *Rhabdammina sp.*, *Saccorhiza sp.* und *Hyperammia sp.*. Die Fragmente dieser Gattungen könnten an der Bildung der Gruppe beteiligt sein. Die Arten der agglutinierten "Röhren"-Gruppe sind im Europäischen Nordmeer in rezenten und fossilen Sedimenten maßgeblich an der Foraminiferengemeinschaft beteiligt.

4. Ergebnisse

4.1 Quantitative Faunenanalyse

Um die Resultate transparent zu machen, werden sie unter verschiedenen Gesichtspunkten abschnittsweise beschrieben:

- dominante und vorkommende benthische Foraminiferen
- prozentuale Verteilung benthischer Foraminiferen in der 125-2000 μm -Fraktion,
- Individuenakkumulationsraten benthischer Foraminiferen in der 125-2000 μm -Fraktion
- Fisher- α -Indizes in den verschiedenen Fraktionen

In den Sedimenten der untersuchten Kerne dominiert der Feinanteil $<63\mu\text{m}$. Die zweitgrößten Anteile bildet die Fraktion 63-125 μm . Die Kornfraktionen 125-2000 μm (Abb. 9) liegen bei einem Anteil zwischen 6% und 16% des Gesamttrockensediments.

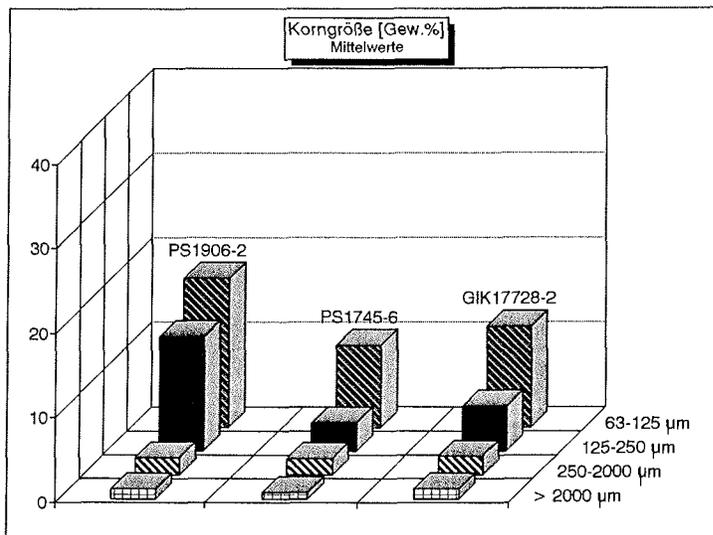


Abb. 9: Prozentuale Anteile der verschiedenen Kornfraktionen $>63\mu\text{m}$ in den untersuchten Kernen.

4. ERGEBNISSE

Tab. 4: Alphabetische Auflistung dominanter Arten benthischer Foraminiferen der Gesamtfraktion.

Agglutinierte Röhren-Gruppe <i>Cassidulina reniforme</i> <i>Cassidulina teretis</i> <i>Cibicides lobatulus</i> <i>Cibicidoides wuellerstorfi</i> <i>Cribr stomoides subglobosum</i> Elphidien-Gruppe <i>Eponides tumidulus</i>	<i>Oridorsalis umbonatus</i> <i>Parafissurina groenlandica</i> <i>Pyrgo rotalaria</i> <i>Siphotextularia rolshauseni</i> <i>Stainforthia concava</i> <i>Stetsonia arctica</i> <i>Triloculina tricarinata</i>
---	--

Tab. 5: Prozentuale Verteilung der Foraminiferenarten(gruppen) in den Sedimenten und ihre Übereinstimmung der Arten(gruppen). 5 Arten und 1 Artengruppe kommen übereinstimmend in den Kernen GIK17728-2, PS1745-6 und PS1906-6 mit einem Anteil >10% vor.

Kern-Nr.:	Arten/Artengruppen		
	>10%	5-10%	2-5%
PS1745-6	11/1	4/1	9/1
GIK17728-2	9/2	3/0	11/0
PS1906-2	11/1	4/1	7/1
Übereinstimmungen aller Kerne:	5/1	0/0	2/0

4.1.1 Dominanz und Vorkommen benthischer Arten

Dreizehn Arten und zwei Artengruppen bilden die dominanten (s. 2.5.5) Faunenanteile der Sedimente (Tab 4). Die Arten *B. marginata*, *L. gibba* und *Q. seminula* sind mit je einem Maximum >10% an der Fauna beteiligt. Zwölf dominante Arten pro Kern werden im Ergebnisteil (Abb. 10-12) gegen die Tiefe dargestellt und im Abschnitt prozentuale Artenverteilung beschrieben.

Sechs Arten bzw. Artengruppen *C. wuellerstorfi*, *C. subglobosum*, *O. umbonatus*, *P. rotalaria*, *S. rolshauseni* und die Gruppe der aggl. "Röhren" sind im folgenden hervorzuheben, da sie in allen Kernen mit mehr als 10 % vorkommen (Tab. 5; s. 5/1). *S. rolshauseni* bildet eine Ausnahme, da ihre Verbreitung hauptsächlich auf das Stadium 2 konzentriert ist (vgl. 2.2). Die Artenzahl (Tab. 5) der Kerne PS1906-2 und PS1745-6 zeigt Ähnlichkeiten in den Ergebnissen der Artenverteilung >10%, 5-10% und 2-5%. Die aufgeführten Arten(gruppen) (z. B. 11/1) in den Kernen müssen nicht identisch sein (Tab. 5).

In der Subfraktion 250-2000 µm treten hauptsächlich die großwüchsigen Foraminiferen *D. communis*, *D. pauperata*, *M. glabra*, *P. rotalaria* und *T. sagittula* auf. *S. concava* und *S. arctica* sind in allen untersuchten Proben nur in der kleinen Fraktion (125-250µm) zu finden. Die benthischen Foraminiferen *O. umbonatus*, *E. exigua* und *S. rolshauseni* dominieren in allen Kernen die Sedimente der 125-250 µm-Fraktion. *E. tumidulus* und *T. tricarinata* sind ebenfalls in der 125-250 µm-Fraktion stärker vertreten; stark vorhanden sind die Arten aber nur im Kern PS1906-2 (Tab. 6).

4.1.2 Prozentuale Artenverteilung

Kalkschalige benthische Foraminiferen dominieren gegenüber den agglutinierten benthischen Foraminiferen im untersuchten Kernmaterial mit einem Mittelwert von 81%. Um ein vollständiges Bild der vorhandenen Gesamtfaua in den einzelnen Stadien zu erhalten, werden die Resultate aller - auch der allochthonen - benthischen Foraminiferen beschrieben.

Nachfolgend benutzte Begriffe wie Gesamtfaua, Restfaua und Gesamtbenthos etc. beziehen sich auf benthische Foraminiferen.

Die Stadiengrenzen basieren auf den Isotopendaten der verschiedenen Bearbeiter (vgl. 2.2). Die Ergebnisse der prozentualen Verteilung der Gesamtfaua werden im folgenden innerhalb der Stadiengrenzen beschrieben. Die zwölf häufigsten benthischen Arten der jeweiligen Kerne sind in den Abbildungen 10-12 dargestellt; die umgelagerten Arten von Abbildung 13-16. Die Beschreibung der Ergebnisse (prozentualer Anteil) einer Probe erfolgt unter Berücksichtigung der Individuenzahl (Gehäuseanzahl), deren Verhältnis eine große Rolle für Interpretationen spielt.

Die Beschreibung der Ergebnisse für Kern PS1745-6 erfolgt nur bis zum Stadium 7, da die stratigraphische Einstufung in den älteren Kernabschnitten zu ungenau ist (2.2).

Tab. 6: Alphabetische Artenliste und das Vorkommen der benthischen Arten in den Fraktionen 125-250 µm und 250-2000 µm (+ selten, ++ signifikant, +++ dominant).

Benthische Arten	125-250 [µm]		250 [µm]		125-250 [µm]		250 [µm]	
	+	++	+	++	+	++	+	++
<i>Amnobia</i> sp.								
<i>Amnobia</i> sp.								
<i>Aggl. "Föhren"-Gruppe</i>		++		+++		++		++
<i>Bucella frigida</i> (CUSHMAN)		+		+		+		++
<i>Bullina marginata</i> ORBIGNY		++		+		+		++
<i>Cassidula obtusa</i> WILLAMSON		++		+		+		+
<i>Cassidula reniforme</i> NOERVANG		+++		+		++		++
<i>Cassidula teretis</i> TAPPAN		+++		+		++		++
<i>Cibicides wuellerstorfi</i> (SCHWAGER)		+++		+++		+++		+++
<i>Cibicides lobatulus</i> (WALKER & JACOB)		++		+		++		++
<i>Cibicides</i> sp.		+		+		++		+
<i>Chrostomoides subglobosum</i> (SARS)		++		+++		+		+++
<i>Cyclamina</i> sp.		+						+
<i>Dentalina advena</i> (CUSHMAN)						+		+
<i>Dentalina communis</i> ORBIGNY		++		+		++		+
<i>Dentalina paupera</i> ORBIGNY		+		+		+		+
<i>Ephidien-Gruppe</i>		+++		++		++		++
<i>Epistominella exigua</i> (BRADY)		+++		+		+++		+
<i>Eponides lundius</i> (BRADY)		+++		+		++		++
<i>Fissurina</i> sp.		+		+		+		+
<i>Globocassidulina subglobosa</i> (BRADY)		++		+		++		+
<i>Gyrodina</i> sp.				+		+		+
<i>Lageniden-Gruppe</i>		+		+		+		+
<i>Lenticulina gibba</i> (ORBIGNY)		+		+		+		+
<i>Margulinella gibba</i> ORBIGNY		+		+		++		+
<i>Melonia barleanum</i> (WILLAMSON)		+		+		+		++
<i>Miloinella subrotunda</i> (MONTAGU)		+		+		+		+
<i>Nodosaria</i> sp.				+		++		+
<i>Nomonella</i> sp.								+
<i>Notion labradoricum</i> (DAWSON)		+		+		+		+
<i>Oolina hexagona</i> (WILLAMSON)		+		+		+		+
<i>Ordosalis umbonatus</i> (REUSS)		+++		+++		+++		+++
<i>Paralissurina groenlandica</i> (STSCHEDRINA)		++		++		++		++
<i>Paralissurina ovata</i> (WIESNER)		++		++		++		++
<i>Pseudonodosaria</i> sp.						+		
<i>Pullenia quinqueloba</i> (REUSS)		++		+		+		+
<i>Pullenia bullioides</i> (ORBIGNY)		++		+		+		+
<i>Pyrgo rotalaria</i> LOEBLICH & TAPPAN		+++		+++		+++		+++
<i>Quinqueloculina semina</i> (LINNÉ)		++		++		++		+
<i>Stainforthia concava</i> (HÖGLUND)		+		+		+		+
<i>Stenonella arcica</i> (GREEN)		++		+++		+++		+++
<i>Siphonxulana rothauseni</i> (PHLEGER & PARKER)		+++		++		+++		+++
<i>Tektaria sagittula</i> (DEFRANCE)				+		+		+
<i>Tritarina angulosa</i> (WILLAMSON)				++		++		++
<i>Tritoculina tricarina</i> ORBIGNY		+++		++		++		++
<i>Uvigerina peregrina</i> CUSHMAN						+		

Stadium 12 (ca. 476.000-423.000 J.v.h.)

Dieses Stadium ist weitgehend von Sedimenten ohne Benthosfauna geprägt. Kern PS1906-2 zeigt wenige Exemplare der Art *C. subglobosum* vor 430.000 J.v.h. (Kernteufe = 580,5 cm, s. PANGAEA-Datenbank). Die 457.000 Jahre (550,5 cm) alten Sedimente des Kerns GIK17728-2 enthalten wenige Exemplare der Art *S. arctica*.

Stadium 11 (ca. 423.000-362.000 J.v.h.)

Das Warmstadium (Interglazial) 11 zeichnet sich durch eine geringe Anzahl von Arten mit hohem prozentualen Anteil und vielen Arten mit wenigen Prozentanteilen aus. Die beiden kontinuierlich vorhandenen Arten, *C. subglobosum* und *O. umbonatus*, bilden in der Fauna des Stadiums 11 der Kerne GIK17728-2 und PS1906-2 den höchsten prozentualen Anteil (Abb. 10 und 11).

Die benthischen Foraminiferen im Stadium 11.3 des **Kerns GIK17728-2** werden zu 99% von *O. umbonatus* gebildet. 396.000 J.v.h. (490,5) weist *C. wuellerstorfi* (56%) das einzige Maximum im Stadium 11 auf. Zusammen mit *O. umbonatus* (31%) und *C. subglobosum* (8%) sind somit drei Arten maßgeblich an der Gesamtf fauna beteiligt. Während einer kurzen Zeitspanne (um 383.000 J.v.h., 475,5 cm) bilden *C. subglobosum* (84%), *O. umbonatus* (10%) und *P. ovata* (3%) sowie einige Begleitarten um 1% den Übergang zu einer veränderten Fauna. In dem Zeitabschnitt von 375.000 bis 366.000 J.v.h. (465,5-450,5 cm) sind in den Sedimenten nur die Arten *C. subglobosum*, mit steigendem prozentualen Anteil, und *O. umbonatus* vertreten.

Zu Beginn des Stadiums 11 (423.000 J.v.h., 570,5 cm) erreicht *C. subglobosum* im **Kern PS1906-2** Anteile von 93-95% und bildet mit der Gruppe der agglutinierten "Röhren" (4-6%) die Gesamtf fauna. Die Arten *O. umbonatus* (1%), die Gruppe der aggl. "Röhren" (6%) und *C. subglobosum* (93%) bilden die Fauna des Substadiums 11.3. Vor 397.000 J.v.h. (550,5 cm) sind die Sedimente durch *O. umbonatus* (76%) und *C. wuellerstorfi* (12%) geprägt. Das erste Auftreten von *C. wuellerstorfi* wird von *C. teretis* (4%) und *C. subglobosum* (5%) begleitet. In einem kurzen Zeitabschnitt vor 382.000 (530,5 cm) J.v.h. sind ausschließlich *C. subglobosum* (80%) und *O. umbonatus* (20%) vertreten. Danach verändert sich das Faunenbild. Die Artengemeinschaften der jüngeren Sedimente (375.000 bis 368.000 J.v.h. (520,5-510,5 cm) sind stark durch umgelagerte Arten wie *B. marginata* (13%), *C. teretis* (14%), *C. reniforme* (1%), Elphidien-Gruppe (4%) und *M. barleeaanum* (1%) charakterisiert. Vor 368.000 J.v.h. (510,5 cm) erreicht *C. wuellerstorfi* das zweite Maximum (13%), während *O. umbonatus* auf 44 Prozentanteile

4. ERGEBNISSE

kommt. Die Restfauna wird weitgehend von umgelagerten Arten eingenommen. *C. subglobosum* tritt nicht mehr auf.

Die benthische Foraminifere *G. subglobosa* (vergesellschaftet mit *P. bulloides*) ist für südlich gelegene Sedimentkerne im Europäischen Nordmeer biostratigraphisch für das Substadium 11.3 verwendbar (vgl. 2.2). *G. subglobosa* erreicht in dem Zeitabschnitt von 397.000 bis 389.000 J.v.h. (550,5-540,5 cm) in den Sedimenten der Kerne PS1906-2 und GIK17728-2 kurzzeitig einen Anteil von 2%.

Stadium 10 (ca. 362.000-339.000 J.v.h.)

Das Stadium 10 der untersuchten Kerne ist weitgehend durch Sedimente ohne Benthosfauna geprägt (Tab. 7). In den ältesten Sedimenten des Kerns PS1906-2 kommen *O. umbonatus* (85-91%), *C. teretis* (7-12%), *C. wuellerstorfi* (0-2%), Elphidien-Gruppe (0-1%), *E. tumidulus* (1%) und *C. subglobosum* (bis 1%) vor.

Stadium 9 (ca. 339.000-303.000 J.v.h.)

Dieses Interglazial ist einerseits geprägt von einer Vergesellschaftung weniger Arten, die hohe prozentuale Verteilungswerte aufweisen; andererseits von einigen Arten, die nur in geringer Individuenzahl vertreten sind.

Um 339.000 J.v.h. (420,5 cm) beinhalten die Sedimente des **Kerns GIK17728-2** ausschließlich die Art *C. wuellerstorfi*, mit einer allerdings geringen Individuenanzahl. *C. wuellerstorfi* tritt kontinuierlich während des gesamten Stadiums auf und bildet vor 327.000 J.v.h. (410,5 cm) den höchsten prozentualen Anteil von 97% (Abb. 10). Bei stetig abfallender Tendenz sinkt dieser Anteil zum Ende des Interglazials auf 4%. Vergesellschaftet sind *O. umbonatus* (3%) und *C. subglobosum* (<1%). Vor etwa 315.000 J.v.h. (400,5 cm) geht der Einfluß von *C. wuellerstorfi* auf 30% zurück, demgegenüber zeigt *O. umbonatus* ein Maximum von 69%. Die übrigen Arten bleiben bei einem Anstieg der Diversitäten unter 1%. Ein erneuter Wechsel der Vergesellschaftung vor 303.000 J.v.h. (390,5 cm) zeigt ein verändertes Faunenbild das auf einer geringen Individuenanzahl basiert. Die benthische Foraminifere *P. rotalaria* erreicht 48%, *O. umbonatus* nur 18% und *C. wuellerstorfi* zeigt mit 4% den niedrigsten Anteil im Stadium 9. *C. reniforme*, *S. arctica* sowie *T. tricarinata* sind jeweils mit 5% beteiligt.

Die ältesten Sedimente des Stadiums 9 (331.000 bis 326.000 J.v.h., 480,5-475,5 cm) im **Kern PS1906-2** sind durch einen Horizont ohne Benthosforaminiferen überliefert (Tab. 7).

Tab. 7: Zeitabschnitte ohne überlieferte Benthofauna und mit INDAR-Werten <1 [$\text{Ind.} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot 1000\text{J}^{-1}$], [^{14}C -Alter]

PS1906-2			PS1745-6			GIK17728-2		
INDAR	Alter [J.v.h.]	ST	INDAR	Alter [J.v.h.]	ST	INDAR	Alter [J.v.h.]	ST
	*30.000	3						
<0,3	140.000	6	<0,1	141.000	6	<0,1	131.000	6
				156.000	6		148.000	6
			<0,7	176.000	6	<0,1	175.000	6
					6	<0,4	179.000	6
			<0,3	206.000				
			<0,1	215.000	7			
			<0,6	222.000				
	233.000	7	<0,1	224.000				
				257.000	8?		252.000	8
				↕			↕	
				271.000			257.000	
				↕			↕	
	326.000			340.000	10?		339.000	10
	↕			↕			↕	
	342.000	9/10		357.000			357.000	
	>431.000	12					>428.000	12

Erst um 321.000 J.v.h. (460,5 cm) etabliert sich mit *C. subglobosum* (49%), *O. umbonatus* (22%), Gruppe der aggl. "Röhren" (20%), *C. wuellerstorfi* (6%) und *C. teretis* (3%) eine Fauna, deren Vergesellschaftung sich vor ca. 310.000 J.v.h. (460,5 cm) verändert. In dieser Periode erhöht sich der prozentuale Anteil von *C. wuellerstorfi* auf 19% und erreicht damit den maximalen Prozentanteil im Stadium 9, während *O. umbonatus* (53%) und *C. teretis* (15%) mit recht hohen Werten das Faunenbild vervollständigen (Abb. 12). Der Prozentanteil der Gruppe der aggl. "Röhren" verringert sich um den Faktor 5 und liefert, wie die Elphidien-Gruppe, 4%. Zusätzlich erhöht sich die Artenanzahl - allerdings bleibt die prozentuale Artenverteilung unter 2%.

4. ERGEBNISSE

Stadium 8 (ca. 303.000-245.000 J.v.h.)

Im Kern GIK17728-2 dominiert *O. umbonatus* mit Prozentanteilen von 8% bis 86%. *O. umbonatus* (16-71%), *C. wuellerstorfi* (2-15%), *C. teretis* (4-34%) und *P. rotalaria* (bis 1%) sind im Kern PS1906-2 kontinuierlich während des gesamten Stadiums vorhanden. Im gesamten Stadium 8 sind die Sedimente des Kerns PS1906-2 von hohen Individuenzahlen gekennzeichnet.

Im **Kern GIK17728-2** basiert nur in den Sedimenten des Stadiums 8.5 die prozentuale Verteilung auf recht hohen Individuenzahlen, während des Zeitbereichs von 286.500 bis 248.000 J.v.h. (372,5-330,5 cm) bezieht sich die prozentuale Verteilung auf relativ geringe Individuenzahlen. Die Sedimente des Stadiums 8.5 enthalten hauptsächlich die Art *O. umbonatus* (86%). Weitere Faunenbestandteile bilden *T. tricarinata* (6%), *P. rotalaria* (3%), *C. wuellerstorfi* (2%) und *C. subglobosum* (1%) (Abb. 10).

Um 286.000 (372,5 cm) J.v.h. ist eine völlig veränderte Vergesellschaftung überliefert, in der *C. subglobosum* mit 53% die stärkste Komponente, *T. tricarinata* und die Gruppe der aggl. "Röhren" mit jeweils 17% die zweitstärkste Komponente bilden. *O. umbonatus* erreicht mit 8% den niedrigsten Anteil innerhalb des Stadiums 8. *S. arctica* (6%) ist mit einem zeitlich begrenzten Auftreten während des Kaltstadiums am Faunenbild beteiligt. *C. wuellerstorfi* und *P. rotalaria* kommen in diesem Zeitraum nicht mehr vor.

Es schließt sich eine Phase an (275.000 J.v.h., 360,5 cm), die sehr hohe prozentuale Anteile der umgelagerten Arten zeigt. Die Gruppe der Elphidien erreicht mit 20% den höchsten Wert im gesamten Kernmaterial. Weitere Faunenanteile sind *C. teretis* (6%) und *C. lobatulus* (1%). *O. umbonatus* liefert mit 69% einen hohen Prozentanteil, während *C. wuellerstorfi* mit 1% sehr niedrig bleibt.

Um 266.000 J.v.h. (350,5 cm) existiert eine veränderte Gesellschaft, in der die Gruppe der aggl. "Röhren" mit 56% den höchsten prozentualen Anteil im Kern erreicht und zusammen mit *O. umbonatus* (44%) die Gesamtf fauna dieses Zeitbereichs bildet.

Danach schließt sich ein benthosfreier Zeitabschnitt (256.000 bis 248.000 J.v.h., 340,5-330,5 cm) an, der ca 8.000 Jahre dauert.

In dem Intervall von 301.000 bis 281.000 J.v.h. (450,5-430,5 cm) weisen die Sedimente des **Kerns PS1906-2** den größten prozentualen Anteil von *O. umbonatus* (62-71%) auf, gefolgt von *C. teretis* (9-26%), *T. tricarinata* (2-15%), *C. wuellerstorfi* (2-7%), *C. subglobosum* (2-5%) und der Gruppe der aggl. "Röhren" (bis 2%). *P. rotalaria*, *P. ovata*

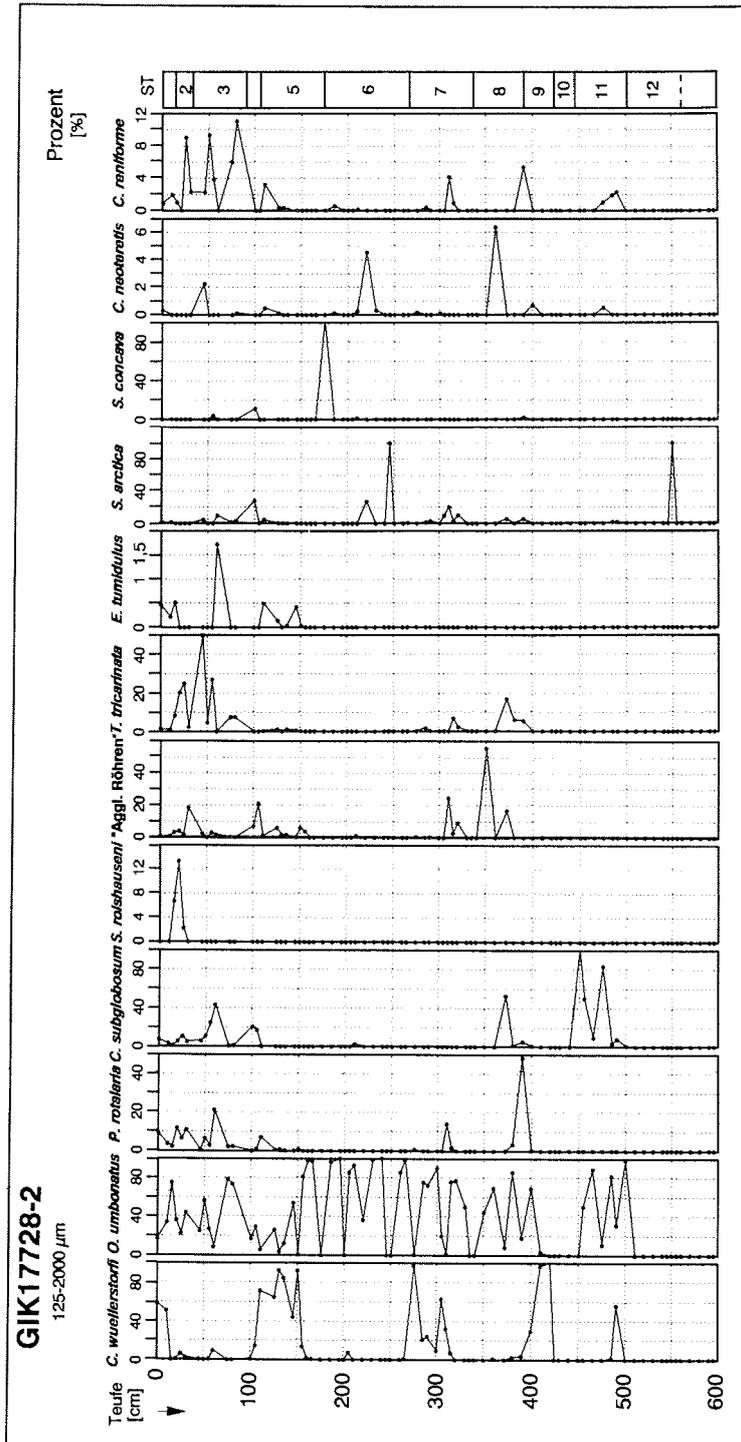


Abb. 10: Prozentuale Anteile der zwölf häufigsten benthischen Arten im GIK 17728-2.

4. ERGEBNISSE

und die Gruppe der Elphidien sind ebenfalls in dem Zeitbereich kontinuierlich vorhanden. Um 270.000 J.v.h. (420,5 cm) erhöht sich der Prozentanteil für *C. wuellerstorfi* auf 14%, wogegen *O. umbonatus* mit 64% weiterhin einen relativ konstanten Anteil in der

Vergesellschaftung zeigt. Die übrige Fauna verteilt sich anteilig vorwiegend auf *C. teretis* mit 11%, *B. marginata* mit 6% und *S. rolshauseni* mit 2%. *C. subglobosum* setzt in den Sedimenten des weiteren Stadiums ganz aus, während die Gruppe der aggl. "Röhren" nur in dieser Phase aussetzt.

Danach schließt sich ein kurzer Zeitabschnitt (260.000 J.v.h., 410,5 cm) an, der hohe Anteile an umgelagerten Arten aufweist (Abb. 15). Der Anteil von *O. umbonatus* geht auf 48% zurück, gefolgt von *C. teretis* mit 34% und *C. wuellerstorfi* mit 5%.

Eine ähnliche prozentuale Verteilung der Vergesellschaftung, wie Kern GIK17728-2 ca. 16.000 Jahre später zeigt, existiert um 250.000 J.v.h. (400,5 cm) in den Sedimenten des Kerns PS1906-2. Die jüngsten Sedimente zeigen eine völlig veränderte Vergesellschaftung. Vor 250.000 J.v.h. liefert die Gruppe der aggl. "Röhren" mit 79% den absolut höchsten prozentualen Anteil des gesamten Kerns. *O. umbonatus* kommt auf 16% und *C. teretis* auf 4%; eine Artenvielfalt existiert nicht mehr.

Stadium 7 (ca. 245.000-186.000 J.v.h.)

Dieses Stadium ist gekennzeichnet von wenigen stark vertretenen und von vielen benthischen Arten mit geringem prozentualen Anteilen.

Die Artenassoziation verändert sich gegenüber dem Stadium 8 hauptsächlich durch das Fehlen von *C. subglobosum* und das periodenweise Aussetzen von *P. rotalaria*. *C. wuellerstorfi* gewinnt erst in den jüngeren Sedimenten des Warmstadiums an Bedeutung.

Die prozentuale Verteilung der Sedimente des **Kerns GIK17728-2** basiert auf hohen Individuenzahlen und periodenweise einer hohen Artenanzahl.

Die Benthosfauna wird um 238.000 J.v.h. (320,5 cm) von *O. umbonatus* (77%), *S. arctica* (10%), der Gruppe der aggl. "Röhren" (9%) und *T. tricarinata* (2%) gebildet. Ca. 5.000 Jahre später ist der Prozentanteil von *O. umbonatus* mit 75% nahezu konstant geblieben. Die Restfauna setzt sich aus den Arten *C. wuellerstorfi* (7%), *T. tricarinata* (7%), *S. arctica* (3%), Gruppe der aggl. "Röhren" (3%) und *P. rotalaria* (2%) zusammen.

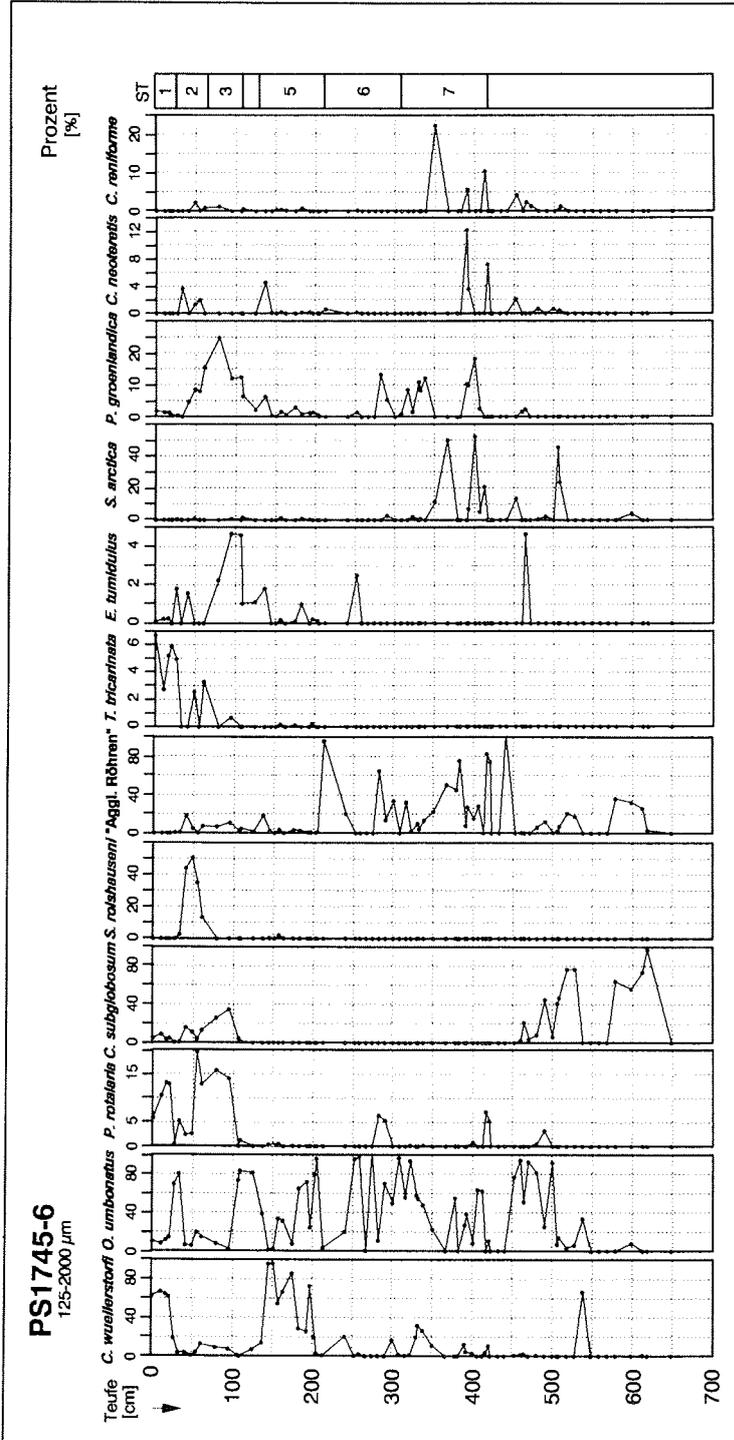


Abb. 11: Prozentuale Anteile der zwölf häufigsten benthischen Arten im PS1745-6.

4. ERGEBNISSE

Danach schließt sich ein Zeitabschnitt (228.000 J.v.h., 310,5 cm) an, der eine prozentuale Verschiebung in der Fauna bringt. Der Prozentanteil von *O. umbonatus* geht auf 1% zurück, demgegenüber erhöht sich der Anteil von *C. wuellerstorfi* auf 32%. Die Gruppe der aggl. "Röhren" (24%), *P. rotalaria* (14%), *S. arctica* (20%) und *C. reniforme* (4%) bilden ebenfalls relativ hohe Faunenanteile (Abb. 10 u. 13). Die Prozentanteile der Arten in der Restfauna liegen unter 1%.

Im darauf folgenden Zeitabschnitt um 223.000 J.v.h. (305,5 cm) basieren die Sedimente auf einer deutlich geringeren Individuenzahl. Die Artengemeinschaft wird von *C. wuellerstorfi* (63%), *O. umbonatus* (20%), *S. arctica* (10%) und *E. exigua* (3%) gebildet. Es schließt sich ein Zeitabschnitt (218.000 J.v.h., 300,5 cm) an, in der *O. umbonatus* den Hauptanteil von 90% bildet und *C. wuellerstorfi* mit 9% beteiligt ist.

Im Intervall von 209.000 bis 194.000 J.v.h. (290,5-275,5 cm) ist eine Artenvergesellschaftung überliefert, die hohe Prozentanteile von *C. wuellerstorfi* (21-97%) und wechselnde hohe Anteile für *O. umbonatus* zeigt. Die Restfauna setzt sich aus Arten mit einem Prozentanteil unter 2% zusammen.

Die Fauna vor 186.000 J.v.h. (265,5 cm) wird von *O. umbonatus* (98%), *C. wuellerstorfi* (1%) und *S. arctica* (1%) gebildet.

Zu Beginn des Stadiums 7 existiert in den Sedimenten des **Kerns PS1745-6** vor 244.000 J.v.h. (417 cm) eine Artengemeinschaft, die von wenigen Arten mit hohem prozentualen Anteil, aber von relativ geringen Individuenzahlen geprägt ist. Die Gruppe der aggl. "Röhren" (82%), *P. rotalaria* (7%), *C. teretis* (7%) sowie *C. wuellerstorfi* (4%) bilden die Vergesellschaftung dieses Zeitabschnitts (Abb. 11). Ca. 2.000 Jahre (242.000 J.v.h., 413 cm) später verändert sich das Faunenbild. *O. umbonatus* liefert einen hohen Anteil von 62%, gefolgt von *S. arctica* 21% und *T. sagittula* 4%. Die umgelagerten Arten stellen während dieser Phase hohe Anteile von *C. reniforme* (10%) und der Elphidien-Gruppe (3%) (Abb. 14).

Es folgt ein kurzer Zeitbereich (238.000 bis 235.000 J.v.h., 407-401 cm) mit konstanten Anteilen von *O. umbonatus* (63%) und hohen Anteilen der Gruppe der aggl. "Röhren" (28%). Diese Phase bildet den Übergang zu einer Vergesellschaftung, die in der Zeit von 235.000 bis 230.000 J.v.h. (401-393 cm) vorkommt. Sie besteht aus relativ niedrigen Werten von *O. umbonatus* (39%). Die Gruppe der aggl. "Röhren" (27%), *C. wuellerstorfi* (5%), *P. groenlandica* (10%), *S. arctica* (7%) und *T. sagittula* (2%) bilden die weiteren Faunenkomponenten.

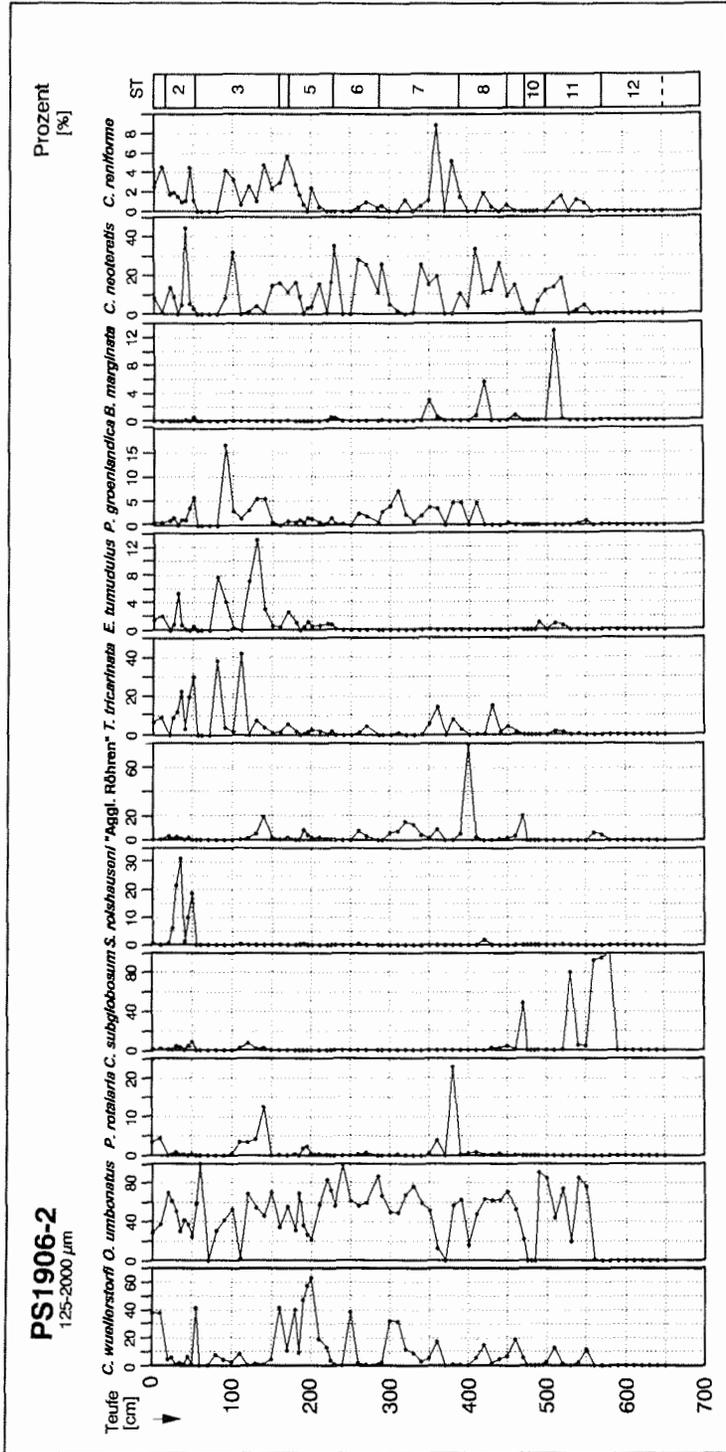


Abb. 12: Prozentuale Anteile der zwölf häufigsten benthischen Arten im PS1906-2.

4. ERGEBNISSE

229.000 J.v.h. (391 cm) existiert eine Fauna, die aus *O. umbonatus* (27%), *C. wuellerstorfi* (12%) und einem hohen Anteil umgelagerter Arten besteht.

Die prozentuale Verteilung in den Sedimenten vor 229.000 bis 206.500 J.v.h. (391-351 cm) basiert auf sehr geringen Individuenzahlen. *O. umbonatus*, die Gruppe der aggl. "Röhren" und *S. arctica* sind abwechselnd mit sehr hohen Prozentanteilen vertreten.

Von 199.000 bis 189.000 J.v.h. (339-328 cm) wechselt das Faunenbild. Die Vergesellschaftung wird durch *O. umbonatus* (48% bis 94%) und *C. wuellerstorfi* (1 bis 32%) gebildet. *P. groenlandica* und die Gruppe der aggl. "Röhren" sind ebenfalls kontinuierlich in diesem Zeitabschnitt vertreten. Viele Arten mit geringen Anteilen vervollständigen das Faunenbild.

Um 240.000 J.v.h. (390,5 cm) zeichnen sich die Sedimente des **Kerns PS1906-2** durch einen hohen Anteil von *O. umbonatus* (62%) und *C. teretis* (11%) aus (Abb. 12 u. 15). Die Gruppe der aggl. "Röhren", *S. arctica* und *P. groenlandica* sind jeweils mit 5% an der Fauna beteiligt. Der Prozentanteil von *C. wuellerstorfi* liegt zu Beginn des Stadiums 7 unter 1%.

Der Prozentanteil von *O. umbonatus* und *C. wuellerstorfi* um 236.000 J.v.h. (380,5 cm) ändert sich kaum. *P. rotalaria* weist in dieser Phase den höchsten Anteil von 23% im gesamten Kern auf (Abb. 12). Während *C. teretis* und die Gruppe der aggl. "Röhren" fehlen, erhöht sich der Prozentanteil von *T. tricarinata* auf 8%.

Danach schließt sich ein kurzer Horizont (233.000 J.v.h., 370,5 cm) ohne überlieferte Benthosforaminiferen an (Tab. 7).

Um 229.000 J.v.h. (360,5 cm) zeigt die Vergesellschaftung ein völlig verändertes Faunenbild. *C. wuellerstorfi* (17%), *O. umbonatus* (13%), *C. teretis* (19%) und *T. tricarinata* (14%) sind etwa zu gleichen Anteilen an der Fauna beteiligt. In dieser Phase ist der Einfluß der umgelagerten Arten, wie *C. reniforme* (9%), und der Gruppe der Elphidien (5%) relativ hoch (Abb. 15). Die Gruppe der aggl. "Röhren" mit 9% und *P. rotalaria* mit 34% bilden hohe Faunenanteile.

Im Stadium 7.4 (350 cm) liegt der Anteil von *O. umbonatus* bei 52% und der Anteil von *C. wuellerstorfi* ist mit 5% relativ niedrig. Die Restfauna wird hauptsächlich von umgelagerten Arten gebildet.

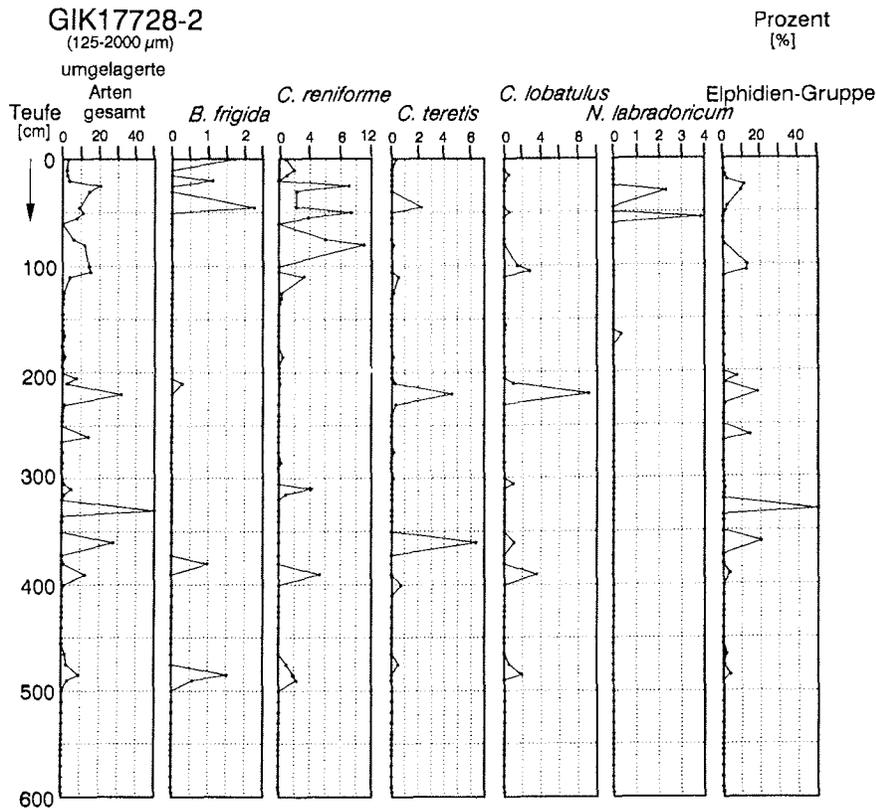


Abb. 13: Prozentualer Anteil der sechs häufigsten umgelagerten benthischen Arten und ihr Gesamtprozentanteil im GIK17728-2.

Der prozentuale Anteil von *C. wuellerstorfi* nimmt in dem Zeitabschnitt von 216.000 bis 186.000 (340,5-300,5 cm) auf bis zu 32% zu, während der Prozentanteil von *O. umbonatus* (49%) sich wenig ändert. In diesem Zeitbereich stellt die Gruppe der aggl. "Röhren" den drittstärksten Anteil (bis 15%), gefolgt von *P. groenlandica* (bis 7%). Die umgelagerten Arten nehmen weiter ab und setzen in den jüngsten Sedimenten des Stadiums 7 aus.

Stadium 6 (ca. 186.000-128.000 J.v.h.)

In den Sedimenten des Kaltstadiums dominiert *O. umbonatus*. Die prozentuale Verteilung basiert auf z.T. hohen Individuenzahlen (Kern PS1906-2). Der Prozentanteil von *C. wuellerstorfi* bleibt dennoch recht niedrig.

4. ERGEBNISSE

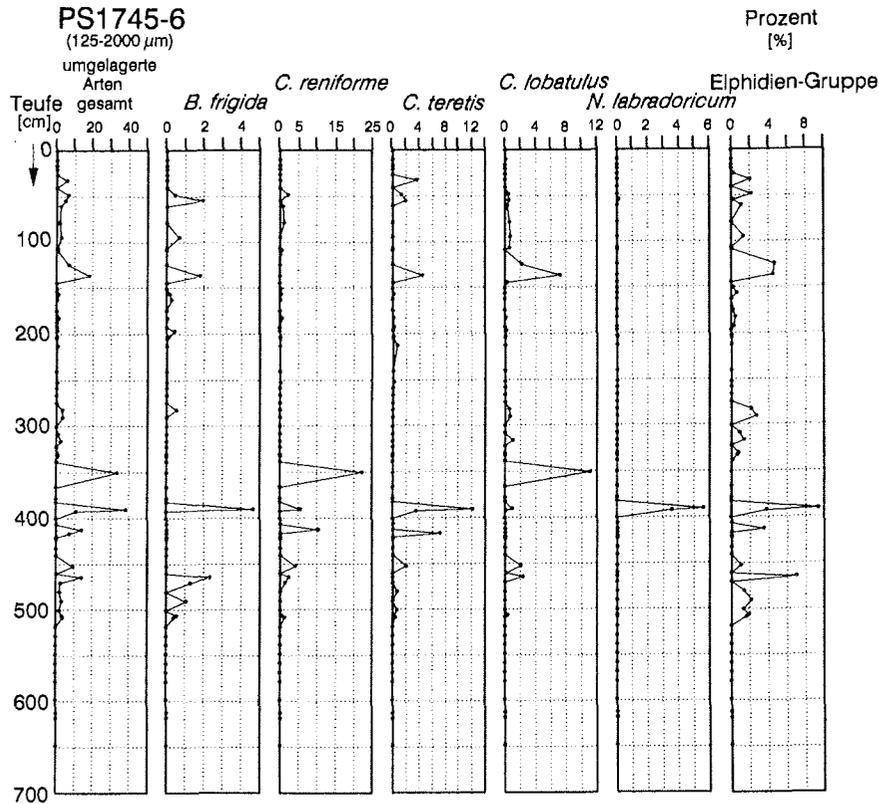


Abb. 14: Prozentualer Anteil der sechs häufigsten umgelagerten benthischen Arten und ihr Gesamt-Prozentanteil im PS1745-6.

Sehr geringe Individuenzahlen kennzeichnen die Sedimente in dem Intervall von 183.000 bis 175.000 J.v.h. (260,5-240,5 cm) des **Kerns GIK17728-2**, die vor 178.500 Jahren (250,5 cm) durch einen benthosfreien Zeitabschnitt unterbrochen werden. Im Zeitbereich von Stadium 6.5 erreicht *O. umbonatus* höchste prozentuale Anteile (99%).

Es folgt ein Zeitabschnitt (164.000 J.v.h., 220,5 cm) mit einer Vergesellschaftung von *O. umbonatus* (37%), *S. arctica* (27%), *D. communis* (5%) (ohne *C. wuellerstorfi*) und einem hohen Anteil der umgelagerten Arten (Abb. 13).

Um 152.000 J.v.h. (205,5 cm) existiert eine Fauna, die von wenigen Arten gebildet wird. In diesem kurzen Zeitraum stellt *C. wuellerstorfi* (7%; vgl. 4.1.3: ST 6) den einzigen und für diese Art höchsten Anteil während des Kaltstadiums. *O. umbonatus*

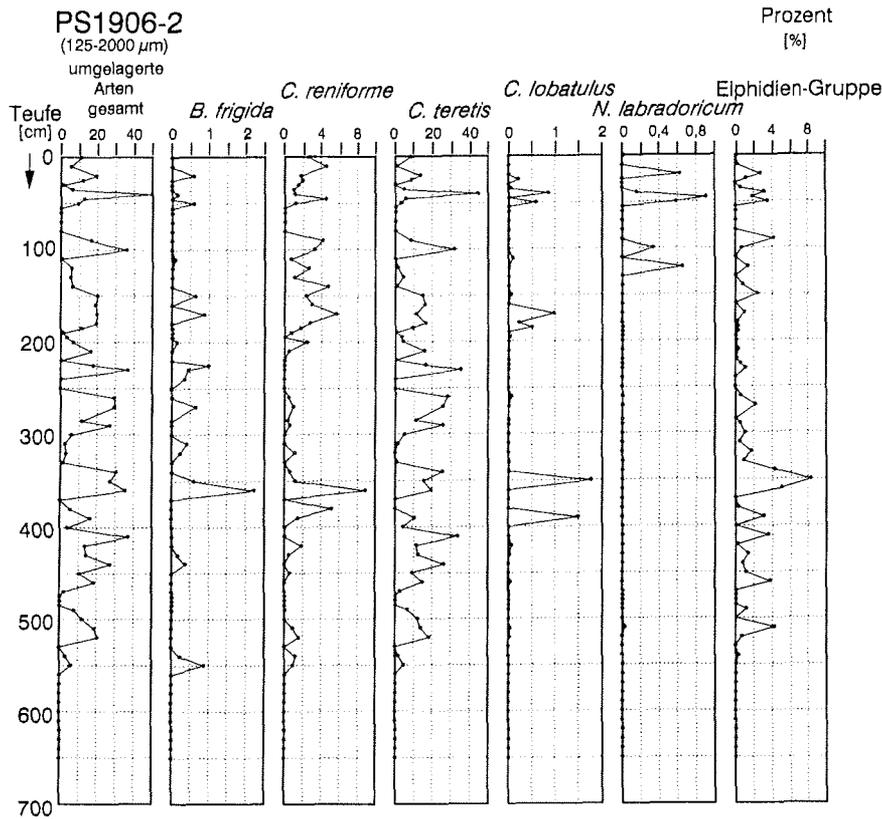


Abb. 15: Prozentualer Anteil der sechs häufigsten umgelagerten benthischen Arten und ihr Gesamt-Prozentanteil im PS1906-2.

(86%) liefert die Hauptkomponente der Fauna. Die Gruppe der Elphidien erreicht mit 7% relativ hohe Faunenanteile der umgelagerten Flachwasserarten.

Im Zeitbereich um 148.000 J.v.h. (200,5 cm) sind keine Benthosforaminiferen überliefert.

Es schließt sich ein Zeitabschnitt (135.000 J.v.h., 185,5 cm) an, der zu 97% von *O. umbonatus* gebildet wird. Am Ende des Kaltstadiums geht der prozentuale Anteil der überlieferten benthischen Foraminiferen wieder gegen Null.

Im Zeitbereich von 186.000 bis 181.000 J.v.h. (317-309 cm) enthalten die Sedimente des **Kerns PS1745-6** einen hohen prozentualen Anteil von *O. umbonatus* (56-97%) (Abb. 11). Weitere Faunenbestandteile sind *C. wuellerstorfi* (2%), *P. groenlandica* (9%) und für eine Kurzperiode die Gruppe der aggl. "Röhren" (32%). Die Prozentanteile der

4. ERGEBNISSE

weiteren Faunenbestandteile liegen unter 2%. Es schließt sich eine kurze Phase (176.500 J.v.h., 301 cm) an, in der die Fauna nur von den Arten *O. umbonatus* (50%), *C. wuellerstorfi* (17%) und die Gruppe der aggl. "Röhren" (33%) gebildet wird. Ihre prozentuale Verteilung basiert auf geringen Individuenzahlen.

Im Intervall von 170.500 bis 166.000 J.v.h.(291-283 cm) reduziert sich die Fauna um *C. wuellerstorfi*. Die Artengemeinschaft wird um die Arten *P. rotalaria* (5-6%) und *S. arctica* (3%) erweitert.

Die kurze Phase vor 161.000 J.v.h. (275 cm) ist nur durch *O. umbonatus* vertreten und bildet den Übergang zu einem benthosfreien Zeitabschnitt (156.000 J.v.h., 267 cm).

Um 148.500 J.v.h. (253 cm) dominiert *O. umbonatus* mit 95%. *P. groenlandica*, *C. wuellerstorfi*, *C. reniforme* und *C. teretis* bleiben unter 1%. Diese Vergesellschaftung basiert auf den höchsten Individuenzahlen während dieses Kaltstadiums.

Die prozentuale Verteilung der Sedimente im Intervall von 181.000 bis 162.500 J.v.h. (290,5-260,5 cm) des **Kerns PS1906-2** basiert auf sehr hohen Individuenzahlen. Die kontinuierlich während dieses Zeitbereichs vorkommenden Arten sind *O. umbonatus* (56-87%), *C. wuellerstorfi* (bis 2%) sowie *P. groenlandica* (bis 3%). Weitere kontinuierlich vorhandene Arten sind *C. teretis* (11-28%), *C. reniforme* (bis 1%) und die Gruppe der Elphidien (bis 2%) (Abb. 15). Die Gruppe der aggl. "Röhren" (3-8%) und *T. tricarinata* (1-5%) bilden für kurze Phasen weitere Faunenanteile.

Um 140.000 J.v.h. (250,5 cm) ändert sich die Artenzusammensetzung: Die Fauna wird nur von *C. wuellerstorfi* (39%) und *O. umbonatus* (62%) gebildet, deren Prozentverteilung auf einer geringen Individuenzahl beruht. Ca. 10.000 Jahre später (130.000 J.v.h., 240,5 cm) wird die Fauna von *O. umbonatus* (99%) dominiert.

Stadium 5 (ca. 128.000-72.000 J.v.h.)

Dieses Stadium ist geprägt von wenigen Arten mit sehr hohen Individuenzahlen und vielen Arten mit geringen prozentualen Anteilen, wie sie periodisch für alle Warmstadien üblich sind.

Im Intervall von 128.000 bis 124.000 J.v.h. (156,5-155,5 cm) ist in den Sedimenten des **Kerns GIK17728-2** eine Artenvergesellschaftung mit höchsten Prozentanteilen von *O. umbonatus* (81-98%) und niedrigen Anteilen für *C. wuellerstorfi* (1-14%) überliefert. Die Artenanzahl ist während dieses Zeitbereichs relativ gering.

Die Artenzahl steigt zwischen 123.000 bis 73.000 J.v.h. (150,5-110,5 cm) Jahre im Kern rapide an. *C. wuellerstorfi* bildet Prozentanteile von 44-92% und *O. umbonatus* von 1-54%. Diese Artenverteilung wechselt nur um 122.000 J.v.h. (145 cm), wo *O. umbonatus* einen um 10 Prozent höheren Anteil als *C. wuellerstorfi* aufweist. Zusätzlich sind als kontinuierlich vorhandene Arten, die Gruppe der aggl. "Röhren" (bis 6%), *P. ovata* (bis 2%), *P. rotalaria* (bis 7%), *S. arctica* (bis 5%) und *T. tricarinata* (bis 1%) vertreten. Weitere Arten erreichen nur Prozentanteile unter 1%.

Von 89.000 bis 72.500 J.v.h. (125-110 cm) stellen *P. bulloides* (bis 3%) und *C. teretis* (bis 1%) zusätzliche Faunenbestandteile. In diesem Zeitbereich sind die prozentualen Anteile von *S. arctica* (5%), *P. rotalaria* (7%) und die Gruppe der aggl. "Röhren" (6%) am höchsten.

Die Sedimente des Substadiums 5.5 (213 cm) des **Kerns PS1745-6** beinhalten die Gruppe der aggl. "Röhren" (95%), *O. umbonatus* (3%), *C. wuellerstorfi* (1%) und *C. teretis* (1%).

Um 120.000 J.v.h. (205 cm) wechselt das Faunenbild. *O. umbonatus* (96%) bildet den größten Anteil, während sich der Prozentanteil für *C. wuellerstorfi* auf 3% erhöht.

Ab 119.000 J.v.h. (203 cm) schließt sich eine Zeitabschnitt an, die hohe Prozentanteile für *O. umbonatus* (79%) und *C. wuellerstorfi* (19%) sowie eine große Artenzahl mit Prozentanteilen kleiner 1% aufweist. Diese Periode dauert ca. 10.000 Jahre an, allerdings mit wechselnden Anteilen der Hauptkomponenten *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus*.

Ca. 3.000 Jahre später, um 116.000 J.v.h. (197 cm), zeigt *C. wuellerstorfi* (73%) sehr hohe Anteile in der prozentualen Verteilung, gefolgt von *O. umbonatus* (25%), die mit einer großen Anzahl von Arten mit geringen Prozentanteilen vergesellschaftet sind. Vor 103.000 J.v.h. (175 cm) erreicht *C. wuellerstorfi* (85%) einen noch höheren Anteil, während der prozentuale Wert von *O. umbonatus* (7%) recht niedrig ist. Zusätzliche Faunenbestandteile, wie die Gruppe der aggl. "Röhren" und *P. groenlandica*, zeigen Prozentanteile bis 3%. Diese Vergesellschaftung bildet den Übergang zu einer Fauna, die prinzipiell die gleichen Hauptkomponenten zeigt, aber von einer noch größeren Artenvielfalt geprägt ist. *S. rolshauseni* (bis 3%), *P. bulloides* (bis 1%) und *S. arctica* (bis 1%) bilden weitere Faunenbestandteile.

C. wuellerstorfi (55-67%) und *O. umbonatus* (31-34%) bilden im Intervall von 95.000 bis 92.000 J.v.h. (163-157 cm) die Hauptkomponenten der Fauna.

4. ERGEBNISSE

Die höchsten Prozentanteile erreicht *C. wuellerstorfi* (85%) in dem Intervall von 88.000 bis 85.000 J.v.h. (151-145 cm), während *O. umbonatus* (1-3%) mit den niedrigsten Prozentanteilen des gesamten Kernmaterials an der Fauna beteiligt ist.

Im Intervall von 124.000 bis 123.000 J.v.h. (230,5-225,5 cm) des **Kerns PS1906-2** liefert *O. umbonatus* den Hauptbestandteil (57-73%). *C. teretis* (16-35%) bildet in dieser Phase die zweitgrößte Komponente. Die drittgrößte bildet *C. wuellerstorfi* (bis 3%). Weitere zwölf Arten ergänzen die Vergesellschaftung, deren Anteile höchstens bis 2%, meistens aber darunter liegen.

Die Zeitspanne von 122.500 bis 116.500 J.v.h. (220,5-210,5 cm) ergibt für *O. umbonatus* (56-84%) und für *C. wuellerstorfi* (13-17%) höhere Prozentanteile. Der prozentuale Anteil von *C. teretis* verringert sich auf 16%. Damit verändert sich das Faunenbild: Die umgelagerten Arten nehmen prozentual ab; an ihrer Stelle bilden die Gruppe der aggl. "Röhren" und *P. rotalaria* weitere Faunenbestandteile.

Im Substadium 5.4 (200,5 cm) verändert sich das Faunenbild erneut. *C. wuellerstorfi* bildet mit 63% die Hauptkomponente. Den zweitgrößten Anteil zeigt *O. umbonatus* (22%). *C. teretis* (4%), *C. reniforme* (2%), *T. tricarinata* (3%) und die Gruppe der aggl. "Röhren" (2%) bilden weitere Arten der Fauna mit einem Prozentanteil >2%. In der 20.000 Jahre andauernden Periode ändert sich die prozentuale Verteilung nur unwesentlich.

Im Stadium 5.2 (185,5 cm) wechselt erneut das Faunenbild. *O. umbonatus* (69%) stellt die Hauptkomponente, *C. wuellerstorfi* und *C. teretis* liefern jeweils 7%. *S. concava* erreicht den höchsten prozentualen Anteil (5%) im gesamten Kernmaterial.

Ca. 5.000 Jahre später (85.000 J.v.h., 180,5 cm) ist der Prozentanteil von *C. wuellerstorfi* (40%) und *O. umbonatus* (32%) relativ gleichwertig. Der drittgrößte Anteil wird von *C. teretis* (16%) gebildet. Die Restfauna setzt sich aus *C. reniforme* (3%), *P. bulloides* (2%) und *T. tricarinata* (2%) zusammen. Auch in diesem Zeitbereich wird die Vergesellschaftung durch viele Arten mit Prozentanteilen <1% gebildet.

Stadium 4 (ca. 72.000-59.000 J.v.h.)

Im Zeitbereich von 69.000 bis 65.000 J.v.h. (100,5-105,5 cm) zeichnen sich die Sedimente des **Kerns GIK17728-2** gegenüber denen des Stadiums 5 durch deutlich niedrigere Arten- und Individuenzahlen aus.

Um 69.000 J.v.h. (105,5 cm) sind die Sedimente von relativ kleinen Artenzahlen, aber von Arten mit hohen prozentualen Anteilen geprägt. In diesem Zeitbereich (bis rezent) setzt die Art *C. subglobosum* wieder ein. *O. umbonatus* (29%), *C. wuellerstorfi* (14%), Gruppe der aggl. "Röhren" (21%), *C. subglobosum* (17%) und die Elphidien-Gruppe (12%) bilden prozentuale Häufigkeiten etwa gleicher Größenordnung. Mit *C. lobatulus* (3%) und einem kurzzeitigen Vorkommen von *T. angulosa* (2%) stellt sich gegenüber dem Stadium 5 eine völlig veränderte prozentuale Verteilung dar.

4.000 Jahre später, vor 65.000 J.v.h., ändert sich die prozentuale Verteilung sowie auch die Vergesellschaftung. Die prozentuale Verteilung verschiebt sich zu Ungunsten von *C. wuellerstorfi* (1%) und *O. umbonatus* (17%), die nur sehr geringe Faunenanteile erreichen. *C. subglobosum* (21%), *S. arctica* (29%), sowie ein kurzzeitiges Auftreten von *S. concava* (11%), die Elphidien-Gruppe (13%) und die Gruppe der aggl. "Röhren" (7%) bilden die prozentuale Veränderung der Faunenelemente.

Während des Kaltstadiums (71.00 bis 64.000 J.v.h., 137-125 cm) wechselt die prozentuale Verteilung im **Kern PS1745-6** gegenüber der Fauna im ST 5: *O. umbonatus* (39-81%) erreicht Höchstwerte, wogegen *C. wuellerstorfi* (7-14%) recht niedrige Anteile zeigt. In diesem Zeitbereich ist die Artenvielfalt stark reduziert, so daß andere Arten, wie *P. groenlandica* (6%) und die Gruppe der aggl. "Röhren" (18%) hohe Anteile erreichen. Der Anteil der umgelagerten Arten erhöht sich in diesem Zeitabschnitt.

Um 65.000 J.v.h. (ST 4.2, 170,5 cm) werden die Sedimente im **Kern PS1906-2** zu 55% von *O. umbonatus* gebildet. *C. wuellerstorfi* und *C. teretis* weisen gleiche Prozentanteile von 11% auf. *C. reniforme* (6%), *T. tricarinata* (6%), *E. tumidulus* (3%) und die Gruppe der aggl. "Röhren" (2%) stellen weitere Faunenbestandteile. Die Artenvielfalt ändert sich im Vergleich zum Ende des Stadiums 5 nicht, allerdings basiert die prozentuale Verteilung auf niedrigeren Individuenzahlen. Die prozentuale Gewichtung ändert sich hauptsächlich bei den Arten *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus*.

Stadium 3 (ca. 59.000-26.000 J.v.h.)

Die Sedimente dieses Kaltstadiums sind periodisch durch eine große Artenvielfalt und sehr geringe Prozentanteile von *C. wuellerstorfi* gekennzeichnet.

Die prozentuale Verteilung in den Sedimenten des **Kerns GIK17728-2** basiert auf relativ hohen Individuenzahlen und einer hohen Artenanzahl.

4. ERGEBNISSE

Im Intervall von 51.000 bis 48.000 J.v.h. (80,5-75,5 cm) existiert eine Fauna, deren Hauptanteil von *C. wuellerstorfi* (73-78%) gebildet wird. Weitere vorkommende Arten sind *T. tricarinata* (3%), *P. rotalaria* (2%), *S. arctica* (3%), *C. subglobosum* (1%), *C. reniforme* (6-11%) und *P. ovata* (2%).

Vor 42.000 J.v.h. (60,5 cm) schließt sich ein Zeitbereich mit verändertem Faunenbild an. *C. wuellerstorfi* (9%) und *O. umbonatus* (9%) stellen gleiche relativ niedrige Prozentanteile. Die Hauptverteilung liegt bei *C. subglobosum* (43%) und *P. rotalaria* (21%). Diese Vergesellschaftung bildet den Übergang zu einer Fauna, die wieder hohe Anteile von *O. umbonatus* (25-56%) und sehr niedrige (bis 1%) für *C. wuellerstorfi* aufweist. Mit *T. tricarinata* (4-50%), *P. rotalaria* (bis 6%) und *C. subglobosum* (6-25%) sind die Arten mit einem hohen prozentualen Anteil vertreten.

Um 26.000 J.v.h. (30,5 cm), im Übergang zu Stadium 2, reduziert sich die Artenvielfalt. *O. umbonatus* bildet den höchsten prozentualen Anteil (44%) in der Fauna. Weitere wichtige Faunenanteile liefern *P. rotalaria* (11%), die Gruppe der aggl. "Röhren" (19%), *C. wuellerstorfi* (2%) und *C. subglobosum* (5%). Umgelagerten Arten, wie die Gruppe der Elphidien (10%), *N. labradoricum* (2%), *M. barleeanum* (2%) und *C. reniforme* (2%) sind mit relativ hohen Anteilen an der Fauna beteiligt (Abb. 13).

Die Fauna um 55.000 J.v.h. (109 cm) besteht in den Sedimente des **Kerns PS1745-6** zu 83% aus *O. umbonatus*. *C. subglobosum* (1%), mit steigender Tendenz, *P. groenlandica* (7%), ebenfalls mit ansteigender Tendenz, die Gruppe der aggl. "Röhren" (5%), *E. tumidulus* (1%), *P. rotalaria* (1%) und *S. arctica* (2%) vervollständigen das Faunenbild. Diese prozentuale Verteilung ändert sich ca. 8.000 Jahre später. Im Intervall von 46.000 bis 37.000 J.v.h. (95-79 cm) weist *O. umbonatus* (2-8%) niedrige prozentuale Anteile auf, während *C. wuellerstorfi* erstmals im Stadium 3 höhere Anteile (7-9%) zeigt. *C. subglobosum* (bis 35%), *P. groenlandica* (bis 25%) und *P. rotalaria* (bis 16%) bilden ebenfalls hohe Faunenbestandteile.

Die prozentuale Verteilung der Benthosfauna in den Sedimenten des Isotopenstadiums 3 des **Kerns PS1906-2** basiert bis 40.000 J.v.h. (100,5 cm) auf hohen Individuenzahlen.

Das Stadium beginnt mit einer hohen prozentualen Verteilung von *C. wuellerstorfi* (42%) und *O. umbonatus* (35%) um 50.000 J.v.h. (160,5 cm). Außer *T. tricarinata* mit 2% und *C. reniforme* mit 3% sind 10 weitere Arten unter 1% am Faunenbild beteiligt.

Im von 48.000 bis 43.000 J.v.h. (150,5-120,5 cm) schließt sich ein Zeitbereich an, deren Sedimente geprägt sind von einer größeren Anzahl von Arten, die einen hohen

Prozentanteil aufweisen und eine geringe Zahl von Arten, die relativ niedrige Prozentanteile zeigen. *O. umbonatus* (42-70%) liefert Maximalwerte, während der Einfluß von *C. wuellerstorfi* stark, auf 4%, zurückgeht. Die prozentuale Verteilung wechselt, aber die Artengemeinschaft bleibt erhalten. Die Gruppe der aggl. "Röhren" (2-19%), *C. subglobosum* (1-7%), *E. tumidulus* (bis 13%), *P. groenlandica* (bis 6%), *P. rotalaria* (5-11%) *T. tricarinata* (bis 8%) und *C. teretis* (1-15%) sind mit wechselnden Anteilen, an der Gesamtfauuna beteiligt. Die Artenvielfalt und die Artenverteilung ist durchaus mit den Stadien 8 und 9 vergleichbar. *C. wuellerstorfi* weist einen recht geringen Prozentanteil auf, ansonsten ist eine typische Artenassoziation, wie sie in Warmstadien herrscht, gegeben.

Danach (43.000 J.v.h., 110 cm) verändert sich das Faunenbild: Die milioliden Arten, wie *Q. seminula* (34%), *T. tricarinata* (42%) und *P. rotalaria* (4%) bilden die hauptsächlichen Komponenten der Vergesellschaftung. Hinzu kommt kurzzeitig *C. wuellerstorfi* (9%), wobei der Anteil von *O. umbonatus* (2%) stark abnimmt.

Das Faunenbild wechselt erneut und *O. umbonatus* (53%) und *C. teretis* (32%) bilden hohe Prozentanteile (gegenüber *C. wuellerstorfi* (4%). Die Gruppe der aggl. "Röhren", sowie die Arten *C. subglobosum* und *P. rotalaria* setzen in der Zeit vor 40.000 J.v.h. (100,5 cm) aus. Diese Vergesellschaftung bildet den Übergang zu einem sehr kurzen benthosfreien Horizont (70,5-60,5 cm) (Tab. 7).

Vor 29.500 (ST 3.1) J.v.h. (55,5 cm) setzt mit *C. wuellerstorfi* (42%) und *O. umbonatus* (58%) eine Fauna ein, die nur durch diese zwei Arten geprägt ist und auf einer geringen Individuenzahl basiert.

Stadium 2 (ca. 26.000-14.000 J.v.h.)

S. rolshauseni ist die charakteristische Art für das Stadium 2. Sie ist biostratigraphisch im Europäischen Nordmeer für das kaltzeitliche Isotopenstadium 2 verwendbar (vgl. 2.2).

Die Hauptkomponenten der Sedimente des **Kerns GIK17728-2** werden von *O. umbonatus* (23-75%), *T. tricarinata* (8-25%), *S. rolshauseni* (2-13%), *P. rotalaria* (2-11%) und *C. subglobosum* (1-10%) gebildet. Weitere kontinuierlich vorhandene Arten, wie *C. wuellerstorfi* (1-6%) und die Gruppe der aggl. "Röhren" (1-4%), vervollständigen das Faunenbild. Um 20.000 J.v.h. weist *S. rolshauseni* einen Maximalwert von 13% auf. *O. umbonatus* (36%), *T. tricarinata* (20%), die Gruppe der

4. ERGEBNISSE

aggl. "Röhren" (4%), *C. subglobosum* (6%) und *P. rotalaria* (12%) sind mit relativ hohen Anteilen vertreten.

In den Sedimenten des **Kerns PS1745-6** erreicht *S. rolshauseni* während des Kaltstadiums die höchsten prozentualen Anteile. Der maximale Prozentanteil von 50% liegt um 20.000 J.v.h.. Die nächst höheren Anteile werden von *C. subglobosum* (11%) und *P. groenlandica* (8%) gebildet; demgegenüber zeigen *O. umbonatus* (6%) und *C. wuellerstorfi* (1%) geringe prozentuale Anteile. Zum Ende des Kaltstadiums erhöht sich der Anteil von *O. umbonatus* (80%) wieder drastisch.

Die dominierenden prozentualen Anteile der Benthosfauna des **Kerns PS1906-2** werden kontinuierlich im Stadium 2 von *O. umbonatus* (25-70%), *P. rotalaria* (1-31%) und *T. tricarinata* (3-31%) gebildet. Die Arten sind vergesellschaftet mit den ebenfalls kontinuierlich während des Stadiums vorhandenen Arten wie *C. wuellerstorfi* (1-6%), *C. subglobosum* (1-9%), *P. groenlandica* (bis 6%), Gruppe der aggl. "Röhren" (bis 3%), *E. tumidulus* (1-5%) und *P. rotalaria* (bis 1%). In einigen Zeitabschnitten existieren hohe prozentuale Anteile der umgelagerten Arten (Abb. 15), was zeitgleich mit einer prozentualen Reduktion von *S. rolshauseni* und *T. tricarinata* einhergeht. *C. teretis* (1-44%), *C. reniforme* (1-5%), die Gruppe der Elphidien (1-9%), *P. ovata* (bis 1%) und in kürzeren Zeitbereichen *N. labradoricum* (bis 1%) gehören zu den Arten, die ebenfalls kontinuierlich während des Kaltstadiums vorhanden sind. Um 21.000 J.v.h. weist *S. rolshauseni* einen Maximalwert von 31% auf (Abb. 12). Ebenfalls hohe prozentuale Anteile liefern die Arten *O. umbonatus* (30%), *T. tricarinata* (23%) und *C. teretis* (5%).

Stadium 1 (ca. 14.000 J.v.h. - rezent)

Während des Isotopenstadiums 1 ist *E. exigua* in den Sedimenten erstmalig kontinuierlich und mit einem prozentual starken Anteil vertreten. Gegenüber dem Stadium 2 bedingt die Zunahme in der Artenzahl, viele Arten mit einem geringen Prozentanteil.

Die prozentuale Verteilung der Artenassoziation ändert sich in den Sedimenten des **Kerns GIK17728-2** im Stadium 1 gegenüber den Sedimenten des Stadiums 2 radikal. *C. wuellerstorfi* nimmt 51-53% der Fauna ein, während die Anteile von *O. umbonatus* mit 17-34% recht niedrig sind. *P. rotalaria* (4-9%) und *C. subglobosum* (3-7%) stellen weitere hohe Bestandteile der Vergesellschaftung. Der prozentuale Einfluß der umgelagerten Arten ist im gesamten Stadium gering.

In den Sedimenten des **Kerns PS1745-6** tritt beim Übergang vom Stadium 2 zu 1 eine prozentuale Verschiebung zugunsten *C. wuellerstorfi* (62-67%) auf, die mit weiteren relativ hohen Anteilen von *O. umbonatus* (8-14%), *P. rotalaria* (6-13%) und *C. subglobosum* (4-9%) einhergeht. *T. tricarinata* (3-6%) ist erstmals während des gesamten Stadiums vertreten. *E. exigua* (6%; vgl. 5.1.3.2: Stadium 1) zeigt für eine kurze Zeitabschnitt den höchsten prozentualen Anteil im gesamten Kernmaterial.

Die Sedimente des **Kerns PS1906-2** zeigen gegenüber dem Stadium 2 eine prozentuale Verschiebung zugunsten von *C. wuellerstorfi* (38%); erreicht aber nicht die hohen Prozentanteile, wie sie im Stadium 5 vorkommen. Der Anteil von *O. umbonatus* (28-37%) geht zurück. Weitere höhere Faunenbestandteile sind *P. rotalaria* (bis 4%) und *T. tricarinata* (9%). Der prozentuale Einfluß der umgelagerten Arten geht stark zurück.

4.1.3 Individuen-Akkumulationsraten (INDAR)

Die Basis der Alterseinstufung bilden die vorhandenen Isotopendaten der verschiedenen Bearbeiter (s.2.2), deren Grenzen der Warm- und Kaltstadien maßgebend für die Beschreibung der Resultate sind. Biostratigraphische Ergebnisse, die sich aus den Untersuchungen der Benthosthanatozönose ergeben, werden im Abschnitt 4.1.3 dargestellt und im Abschnitt 5.1 diskutiert. Die INDAR [Individuen*cm⁻²*ka⁻¹] (s. 2.5.3) beziehen sich auf die Gesamtfauuna >125 µm der untersuchten Proben. Die INDAR-Ergebnisse der häufigsten sechs Arten und die Gesamt-INDAR sind in den Abbildungen 16 bis 18 dargestellt; die sechs häufigsten umgelagerten Arten in den Abbildungen 19 bis 21. Die Resultate der Individuen-Akkumulationsraten des Kerns PS1745-6 werden nachfolgend von 245.000 J.v.h. bis rezent beschrieben und dargestellt.

Die nachfolgende Beschreibung der Individuen-Akkumulationsraten (INDAR) erfolgt zugunsten der Übersichtlichkeit ohne Nennung der Einheit [Individuen*cm⁻²*1.000⁻¹J].

Stadium 12 (ca. 476.000-423.000 J.v.h.)

Das Glazial 12 ist weitgehend als ein Zeitabschnitt ohne Benthosfauna überliefert. Kern GIK17728-2 zeigt vor 457.000 J.v.h. von *S. arctica* (<1) sehr geringe INDAR-Werte und Kern PS1906-2 weist ebenfalls sehr geringe INDAR-Werte von *C. subglobosum* (<1) vor 430.000 J.v.h. auf (s. PANGAEA-Datenbank).

4. ERGEBNISSE

Stadium 11 (423.000-362.000 J.v.h.)

Die kontinuierlich während des Warmstadiums in den Kernen GIK17728-2 und PS1906-2 vorhandenen Arten sind *O. umbonatus* und *C. subglobosum*.

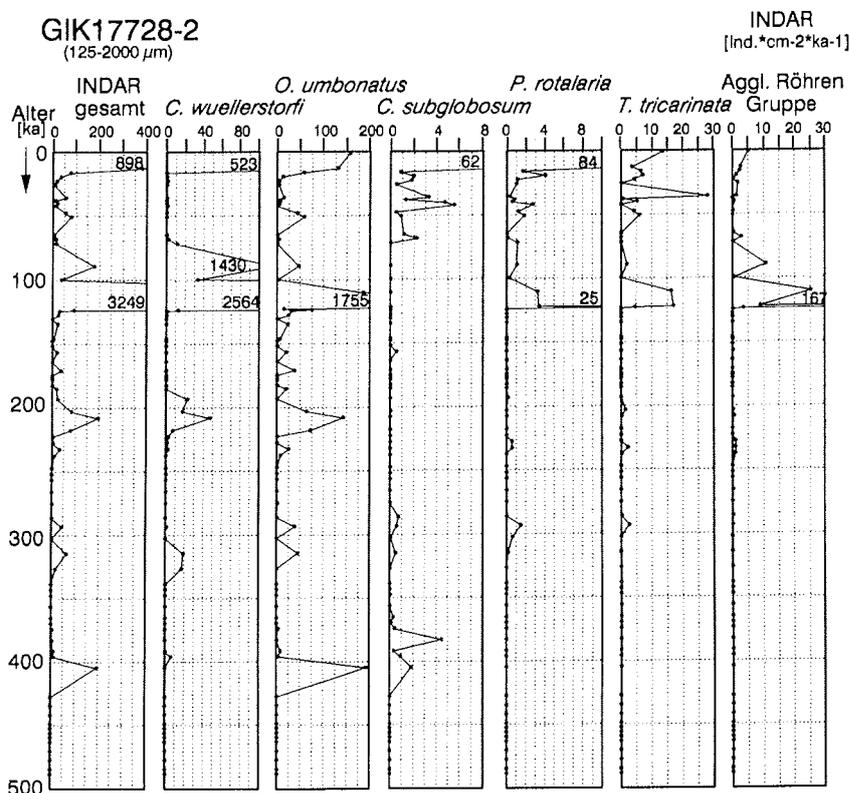


Abb. 16: Gesamt-INDAR und Akkumulationsraten der sechs häufigsten benthischen Arten im GIK17728-2 während der letzten 450.000 Jahre.

Im Stadium 11.3 dominiert *O. umbonatus* (192) die Sedimente des **Kerns GIK17728-2** mit einem Maximum im gesamten Stadium 11 (Abb. 16). Danach sinken die INDAR-Werte von *O. umbonatus* auf 8 ab. Vor 396.500 J.v.h. sind die Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* (6) im gesamten Stadium am größten und bilden somit nur ein "schwaches" Maximum. *C. subglobosum* ist kontinuierlich mit INDAR-Werten bis 5 vertreten, während weitere Arten Werte unter 1 liefern. In dem Zeitabschnitt von 405.000 bis 365.500 J.v.h. nehmen die Gesamt-INDAR kontinuierlich von 195 auf 0,5 ab.

Die ältesten Sedimente (423.000 J.v.h.) des **Kerns PS1906-2** zeigen ein Maximum von 15 für *C. subglobosum*, deren INDAR-Werte gegen Ende des Interglazials auf Null sinken. 396.500 J.v.h. (vgl. Kern GIK17728-2) tritt *C. wuellerstorfi* (12) zum ersten Mal auf und liefert vor 368.000 J.v.h. ein Maximum von 33.

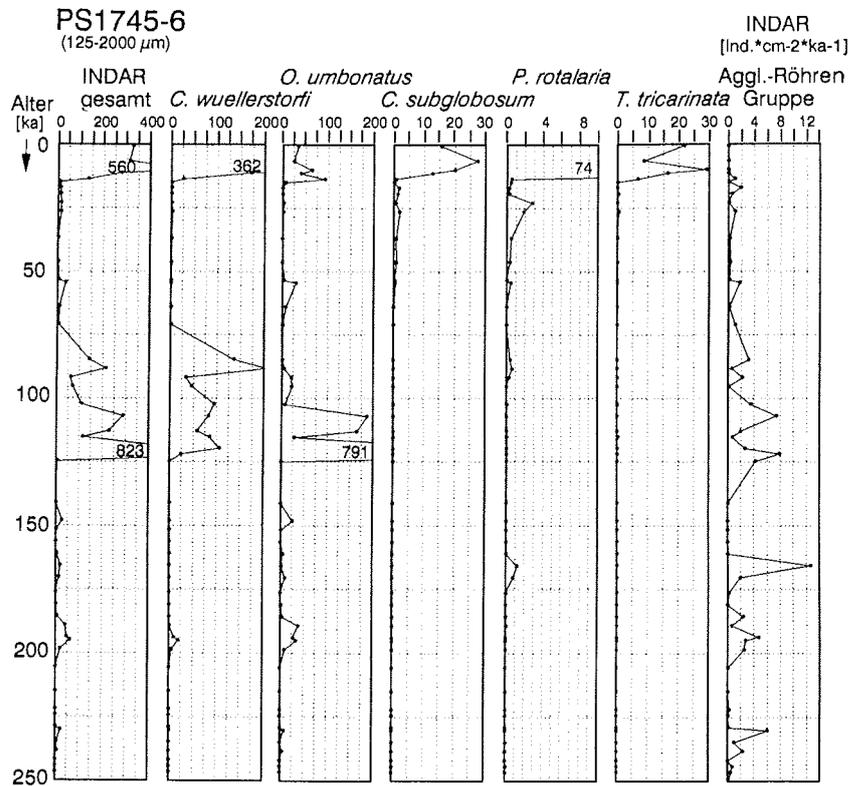


Abb. 17: Gesamt-INDAR und Akkumulationsraten der sechs häufigsten benthischen Arten im PS1745-6 während der letzten 250.000 Jahre.

In diesem Zeitabschnitt erreichen umgelagerte Arten (Abb. 21) Maximalwerte von jeweils 11-36. Die Gesamt-INDAR zeigen in dem Zeitbereich von 396.500 bis 389.500 J.v.h. Werte von 105-222, die hauptsächlich von *O. umbonatus* (81-190) gebildet werden. Es schließt sich ab 382.000 J.v.h. ein kurzer Zeitabschnitt mit einem Minimalwert in der Gesamtf fauna von 7 an. Zum Ende des Interglazials erhöhen sich die Werte wieder auf 262. Die Gesamt-INDAR der jüngsten Sedimente des ST 11 werden hauptsächlich von *O. umbonatus* (bis 172) gebildet (Abb. 18).

4. ERGEBNISSE

Stadium 10 (ca. 362.000-339.000 J.v.h.)

In den Sedimenten des Kerns GIK17728-2 und in den jüngsten Sedimenten des Kerns PS1906-2 ist keine Benthosfauna überliefert.

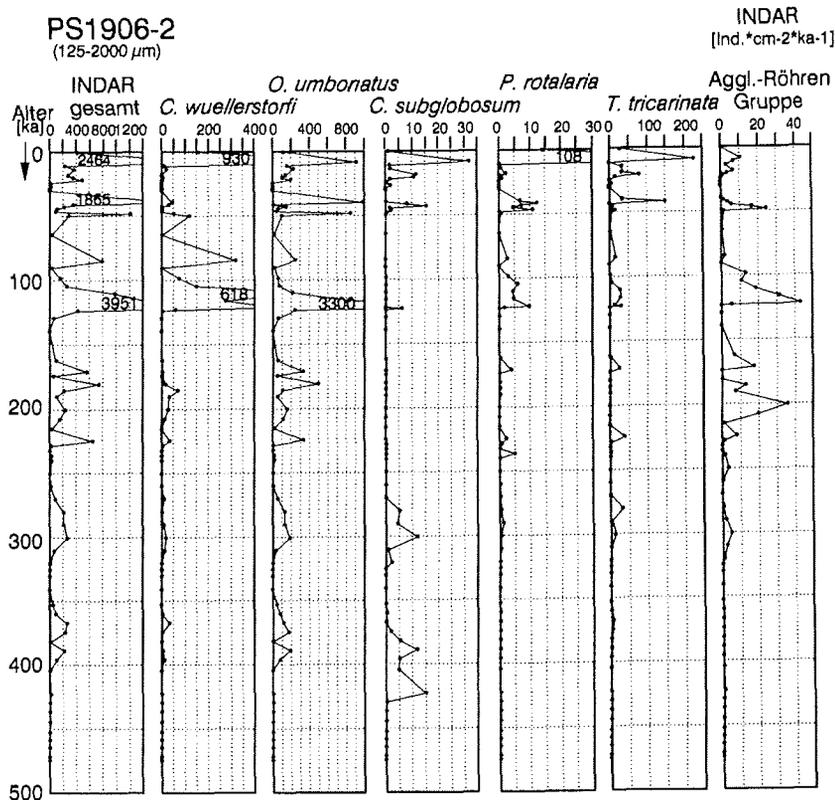


Abb. 18: Gesamt-INDAR und Akkumulationsraten der sechs häufigsten benthischen Arten im PS1906-2 während der letzten 450.000 Jahre.

Im Intervall von 360.500 bis 354.000 J.v.h. des Kerns PS1906-2 existiert eine Fauna, die INDAR-Werte bis 89 aufweist. Sie setzen sich hauptsächlich aus den Arten *O. umbonatus* (46-76) und *C. teretis* (3-11) zusammen (Abb. 18, 21).

Stadium 9 (ca. 339.000-303.000 J.v.h.)

Kontinuierlich vorkommende Arten in den Sedimenten der Kerne GIK17728-2 und PS1906-2 sind *O. umbonatus*, *C. wuellerstorfi* und *C. subglobosum*.

Nennenswerte INDAR-Werte (18-65) existieren nur im Intervall von 327.000 bis 315.000 J.v.h. des **Kerns GIK17728-2**. Damit sind die Akkumulationsraten für ein Warmstadium relativ gering. *C. wuellerstorfi* erreicht einen Maximalwert von 19 vor 315.000 J.v.h., während *O. umbonatus* einen INDAR-Wert von 45 aufweist. Weitere Arten sind in dem Warmstadium 9 mit Werten unter 1 vertreten.

Zusätzlich vorkommende Arten in den Sedimenten des **Kerns PS1906-2** sind die Gruppe der aggl. "Röhren", *C. teretis* und *P. ovata*. Die 331.000 bis 326.000 Jahre alten Sedimente sind ohne Benthosfauna überliefert. 311.000 J.v.h. weisen *C. wuellerstorfi* (12) und *O. umbonatus* (35) jeweils ein Maximum auf. *C. teretis* (10) bildet mit der Gruppe der aggl. "Röhren" (2) weitere höhere INDAR-Werte. Die Gesamt-Akkumulationsraten im Stadium 9 sind mit 65 relativ niedrig (vgl. Kern GIK17728-2).

Stadium 8 (ca. 303.000-245.000 J.v.h.)

Bei ca. 294.000 (ST 8.5) J.v.h. des **Kerns GIK17728-2** weisen die Sedimente Gesamt-INDAR-Werte von 44 auf. Es ist der höchste Wert dieses Kaltstadiums, der hauptsächlich von *O. umbonatus* (38) gebildet wird (Abb. 16). Die Restfauna setzt sich aus *P. rotalaria* (2), *T. tricarinata* (3), *C. wuellerstorfi* (1) und *C. subglobosum* (1) zusammen. Die Gesamt-INDAR-Werte verringern sich kontinuierlich und gehen 256.000 bis 247.000 J.v.h. auf Null, was sich bis zum Ende der Kaltzeit nur geringfügig (<1) ändert.

Der Trend, hohe INDAR-Werte zu Beginn des Kaltstadiums und ein kontinuierlicher Abfall in den Werten zum Ende des Glazials, ist auch in den Sedimenten des **Kerns PS1906-2** wiederzufinden. Allerdings sind weitaus höhere Akkumulationsraten und eine größere Artenvielfalt zu verzeichnen. Hohe Gesamt-INDAR-Werte (261) werden in den 301.000 Jahre alten Sedimenten von *O. umbonatus* (186) gebildet. *C. wuellerstorfi* (18) und *C. subglobosum* (12) erreichen INDAR-Werte, wie sie auch periodisch im Stadium 11 existieren. 290.500 J.v.h. liefert *C. teretis* ein Maximum von 57, was aber bei anderen umgelagerten Arten nicht wiederzufinden ist. In den ältesten Sedimenten vor 300.000 bis 280.000 Jahren des Kaltstadiums 8 sind die Arten und Artengruppen wie die Gruppe der aggl. "Röhren", *C. teretis*, *C. wuellerstorfi*, *C. subglobosum*, die Gruppe der Elphidien, *O. umbonatus*, *P. ovata*, *P. rotalaria* und *T. tricarinata* kontinuierlich vorhanden.

4. ERGEBNISSE

Stadium 7 (ca. 245.000-186.000 J.v.h.)

Während des gesamten Warmstadiums sind in den Sedimenten aller Kerne die Akkumulationsraten von *O. umbonatus* höher als die Werte von *C. wuellerstorfi*. *P. groenlandica* tritt in allen Kernen kontinuierlich auf, *C. subglobosum* setzt aus.

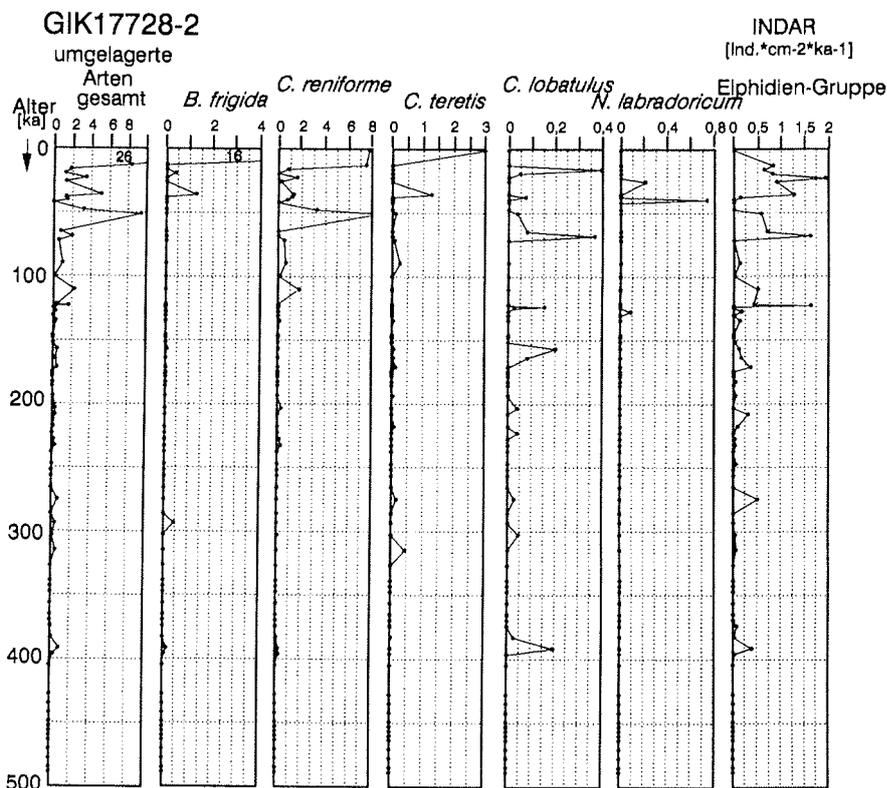


Abb. 19: Gesamt-INDAR und Akkumulationsraten der sechs häufigsten umgelagerten benthischen Arten im GIK17728-2 während der letzten 450.000 Jahre.

T. sagittula tritt nur in den 242.000 bis 225.000 J.v.h. alten Sedimenten des Stadiums 7 auf. *D. communis* zeigt niedrige Akkumulationsraten in den Intervallen 238.000 bis 239.000 J.v.h. und 190.500 bis 194.000 J.v.h.

Im Warmstadium 7 prägen im wesentlichen sechs kontinuierlich vorhandene Arten die Sedimente des **Kerns GIK17728-2**, wovon aber nur die Arten *O. umbonatus*, *C. wuellerstorfi* und in Kurzphasen *S. arctica* Akkumulationsraten über 1 aufweisen. Der Zeitabschnitt 238.000 bis 233.500 J.v.h. zeigt relativ niedrige Gesamt-INDAR-Werte (10-33). Sie sind hauptsächlich auf *O. umbonatus* (0-25) und *C. wuellerstorfi* (0-3) zurückzuführen. Zwischen 228.000 bis 223.500 J.v.h. sinken die Gesamt-Akkumulationsraten auf sehr niedrige Werte um 4. Erst 218.500 bis 194.000 J.v.h. nehmen die Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* zu und weisen bei 208.500 J.v.h. ein Maximum (47) auf.

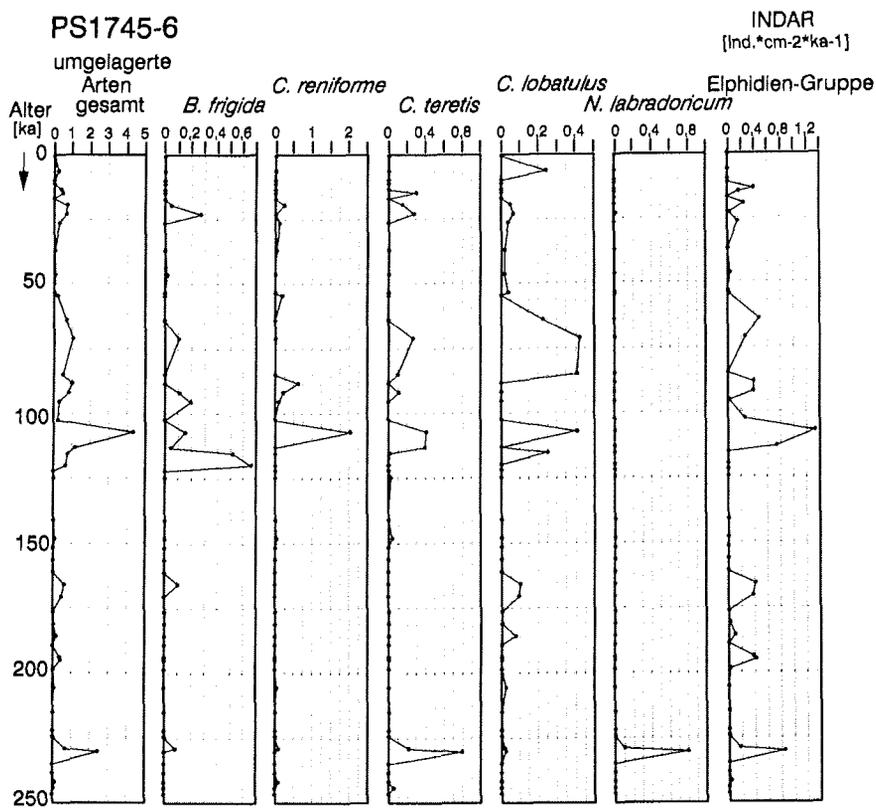


Abb. 20: Gesamt-INDAR und Akkumulationsraten der sechs häufigsten umgelagerten benthischen Arten im PS1745-6 während der letzten 250.000 Jahre.

Dieses fällt mit den Maxima von *O. umbonatus* (142) und *S. arctica* (6) zusammen. Auch in diesem Zeitabschnitt bleiben die Akkumulationsraten weiterer Arten der Restfauna unter 1.

4. ERGEBNISSE

In der Zeitspanne von 244.500 bis 230.500 J.v.h. nehmen die Gesamt-INDAR-Werte des **Kerns PS1745-6** kontinuierlich von 1 auf 22 zu. Die folgende Zeitbereich (229.000 bis 205.000 J.v.h.) zeigt Gesamt-Akkumulationsraten unter 1. Erst 198.500 bis 189.500 J.v.h. werden wieder höhere Gesamt-INDAR-Werte von 19-42 erreicht. Das Maximum der Gesamt-Akkumulationsraten (63) existiert um 195.000 J.v.h. Es setzt sich aus maximalen Werten von *C. wuellerstorfi* (20), *O. umbonatus* (39) und *P. groenlandica* (5) zusammen. Danach fallen die Gesamt-INDAR-Werte (<1-3) bis zum Ende des Warmstadiums wieder ab. Nach dem (fast) benthosfreien Horizont sind die Arten in den

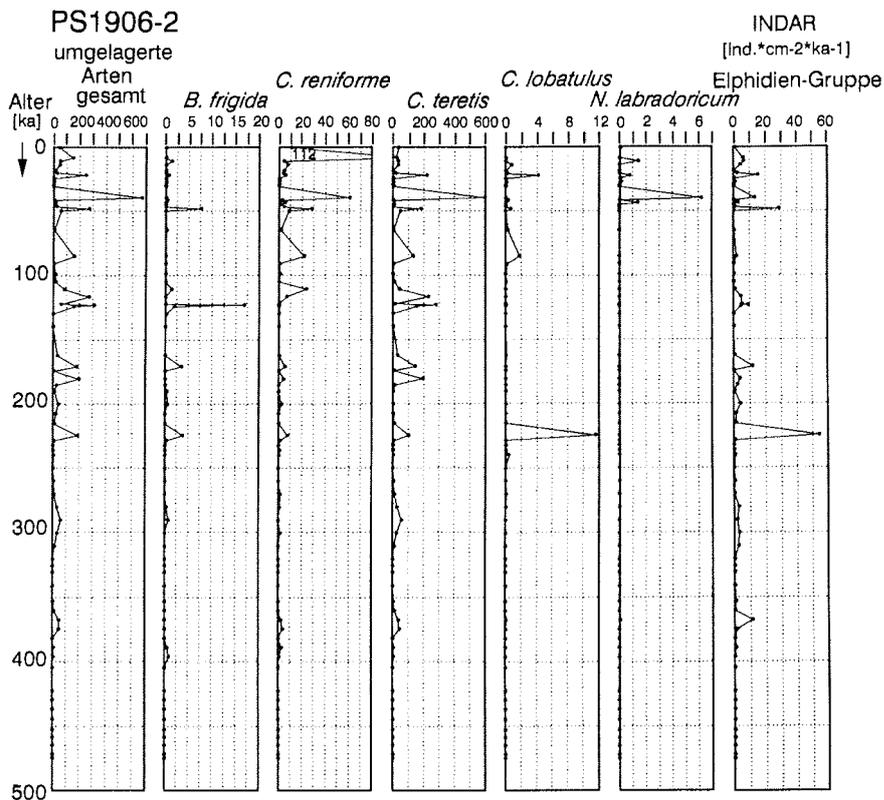


Abb. 21: Gesamt-INDAR und Akkumulationsraten der sechs häufigsten umgelagerten benthischen Arten im PS1906-2 während der letzten 450.000 Jahre.

älteren Sedimenten fast identisch mit den Arten der jungen Sedimente. *T. sagittula* kommt nur an der Basis des Stadiums 7 vor.

Das Intervall von 240.000 bis 236.500 J.v.h. des **Kerns PS1906-2** zeigt konstant relativ geringe Gesamt-INDAR-Werte (27). Vor 232.500 Jahren existiert ein kurzer Zeitabschnitt ohne überlieferte Benthosforaminiferen. Die höchsten Gesamt-Akkumulationsraten weisen die 225.000 J.v.h. alten Sedimente mit einem Wert von 653 auf. Die INDAR-Werte von *O. umbonatus* (338) nehmen davon etwa die Hälfte ein. Die hohen Akkumulationsraten im Warmstadium 7 werden allerdings ansonsten von außergewöhnlich hohen Werten der umgelagerten Arten erreicht: *C. teretis* (100), die Gruppe der Elphidien (54), *C. lobatulus* (12) und *B. marginata* (19). Demgegenüber spielen *C. wuellerstorfi* (35) und *T. tricarinata* (39) eine untergeordnete Rolle. Im folgenden Zeitabschnitt (215.500 J.v.h.) nehmen die Gesamt-Akkumulationsraten (35) drastisch ab, um danach bis zum Ende der Warmzeit wieder anzusteigen (216). Die Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* nehmen kontinuierlich zu und bilden zum Ende des Interglazials das Maximum mit 65. Umgelagerte Arten spielen in diesem Zeitraum keine Rolle mehr.

Stadium 6 (ca. 186.000-128.000 J.v.h.)

Die Sedimente des **Kerns GIK17728-2** werden hauptsächlich von *O. umbonatus* (37; im Bereich ST 6.5) gebildet. Weitere sieben Arten, die periodenweise auftreten, liefern Akkumulationsraten unter 1. Die Gesamt-Akkumulationsraten zeigen in den überlieferten Sedimenten (186.000 bis 131.000 J.v.h.) Werte von <1 bis 38, die durch zwei benthosfreie Horizonte (179.000 und 148.000 J.v.h.) unterbrochen werden.

Ein ähnliches Faunenbild ergeben die Sedimente des **Kerns PS1745-6**. *O. umbonatus* zeigt maximale Werte während des gesamten Kaltstadiums. Die Akkumulationsraten der Gruppe der aggl. "Röhren" (13), *P. groenlandica* (3) sowie *P. rotalaria* (2) bilden Faunenbestandteile größer eins. Die im Zeitbereich von 181.000 bis 151.000 J.v.h. ermittelten Gesamt-INDAR-Werte (<1 bis 20) werden durch einen benthosfreien Horizont 156.500 J.v.h. unterbrochen.

Die Sedimente des **Kerns PS1906-2** liefern im Kaltstadium 6 ein anderes Faunenbild. *O. umbonatus* ist auch mit maximalen Akkumulationsraten vertreten. Zahlreiche andere Arten, vorwiegend umgelagerte, zeigen ebenfalls hohe INDAR-Werte. Um 181.000 J.v.h. weisen die Sedimente den höchsten Gesamt-INDAR-Wert des Stadiums auf, der in diesem Zeitabschnitt von folgenden Arten gebildet wird: *O. umbonatus* (496), *C. wuellerstorfi* (16), *C. teretis* (191), *P. groenlandica* (20). Etwa 10.000 Jahre später treten wieder Werte hoher Akkumulationsraten (556) auf, die den höchsten Wert für *O. umbonatus* und die umgelagerten Arten zeigen, aber auch ein Maximum in der Gruppe

4. ERGEBNISSE

der aggl. "Röhren" (17) aufweisen. Um 140.000 J.v.h. sinken die Gesamt-INDAR-Werte fast auf Null (Tab. 7).

Stadium 5 (ca. 72.000-128.000 J.v.h.)

Substadium 5.5 (ca. 125.000-122.000 J.v.h.)

Vor 125.000 J.v.h. (ca. ST 5.53) dominiert *O. umbonatus* (30) in den Sedimenten des **Kerns GIK17728-2**; weitere Arten liegen unter 1. Die Gesamt-INDAR-Werte steigen vor 124.000 J.v.h. von 31 auf 92. *O. umbonatus* (75), *C. wuellerstorfi* (13) und die Gruppe der aggl. "Röhren" (4) sind die Hauptvertreter der Fauna. Vor 123.000 J.v.h. erreicht *C. wuellerstorfi* mit 2564 ein absolutes Maximum (gültig für das gesamte untersuchte Kernmaterial). *O. umbonatus* erreicht nur INDAR-Werte von 14. Die Gruppe der aggl. "Röhren" (167) und *P. rotalaria* (25) zeigen hohe Akkumulationsraten. *S. arctica* und *T. tricarinata* sind jeweils mit INDAR-Werten von 5 beteiligt. *G. subglobosa* erreicht erstmals Werte um 4.

Das absolute (der gesamten Proben aller untersuchten Kerne) Gesamt-INDAR-Maximum des **Kerns GIK17728-2** wird nur ca. 1.000 Jahre später (122.375 J.v.h. = ST 5.51) mit einem Wert von 3249 gebildet. Die Vergesellschaftung ändert sich nicht, allerdings nehmen die Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* (1430) deutlich ab, während die INDAR-Werte von *O. umbonatus* (1755) enorm steigen. *E. tumidulus* (14), *G. subglobosa* (10) und *T. tricarinata* (17) zeigen in diesem Zeitabschnitt hohe INDAR-Werte. Die Akkumulationsraten der Gruppe der aggl. "Röhren" sinken deutlich von 167 auf 9.

Vor 125.000 J.v.h. sind sehr geringe Gesamt-Akkumulationsraten (4) im **Kern PS1745-6** zu verzeichnen.

Im **Kern PS1745-6** ist das absolute Faunenmaximum (824) vor ca. 122.000 J.v.h. (im Bereich von ST 5.51) J.v.h. auszumachen, das hauptsächlich von *O. umbonatus* mit einem absoluten (bezogen auf die Sedimente des Kerns PS1745-6) Maximum von 791 gebildet wird. *C. wuellerstorfi* erreicht, mit steigender Tendenz, Akkumulationsraten von 24. Die INDAR-Werte der Gruppe der aggl. "Röhren" verdoppeln sich auf 8. *P. groenlandica* (1) tritt während des Warmstadiums zum ersten Mal auf und ist bis zum Ende des Stadiums 5 mit Akkumulationsraten bis 3 kontinuierlich vorhanden. *G. subglobosa* kommt erst vor ca. 107.000 J.v.h. vor (vgl. Kern GIK17728-2 und PS1906-2).

Im Intervall von 123.000 bis 125.000 J.v.h. des **Kerns PS1906-2** dominiert *O. umbonatus* (243-1235) und die umgelagerten Arten. In diesem Zeitbereich erreicht *G. subglobosa* INDAR-Werte bis 8. Der absolut höchste Gesamt-INDAR-Wert (3951) der drei Kerne wird im Substadium 5.51 von *O. umbonatus* (3300), *C. wuellerstorfi* (514), der Gruppe der aggl. "Röhren" (43), *E. tumidulus* (32), *P. groenlandica* (11), *P. ovata* (10), *P. rotoalaria* (9) und *T. tricarinata* (813) gebildet. Die Akkumulationsraten der umgelagerten Arten gehen auf Werte zwischen 5 und 12 zurück.

Substadium 5.4 - 5.1 (ca. 111.000 - 79.500 J.v.h.)

Im Substadium 5.4 verringern sich in den Sedimenten des **Kerns GIK17728-2** die Gesamt-INDAR (1519) um etwa die Hälfte (Abb. 16). Die Akkumulationsraten werden hauptsächlich von *C. wuellerstorfi* (1279) und *O. umbonatus* (186) gebildet. Dieser generelle Trend setzt sich bis 90.000 J.v.h. fort, allerdings werden die viel geringeren Gesamt-Akkumulationsraten (37-1789) hauptsächlich von *C. wuellerstorfi* bestimmt.

In den 90.000 bis 72.000 J.v.h. alten Sedimenten ist *P. bulloides* mit INDAR-Werten < 1 vertreten. Der allgemeine Trend im Stadium 5, höhere Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* gegenüber niedrigeren von *O. umbonatus*, ändert sich nicht. Umgelagerte Arten nehmen im Vergleich mit dem Stadium 5.5 zu. Die Arten *C. wuellerstorfi*, *O. umbonatus*, *P. rotoalaria*, *T. tricarinata*, *C. subglobosum* und die Gruppe der aggl. "Röhren" sind kontinuierlich vorhanden. Nachfolgend werden die aufgeführten Arten als Hauptarten bezeichnet (vgl. 4.1.1). Außer den Hauptarten treten *E. tumidulus* (bis 14), *P. groenlandica* (< 1) und *S. arctica* (< 1) auf.

Ab 95.500 bis 85.000 J.v.h. zeigen die Akkumulationsraten des **Kerns PS1745-6** höhere Werte von *C. wuellerstorfi* gegenüber *O. umbonatus*. Die Gesamt-Akkumulationsraten (61-289) sind deutlich niedriger als im Substadium 5.51. In dem Zeitabschnitt 95.000 bis 88.500 J.v.h. vor heute ist die Art *P. bulloides* mit Akkumulationsraten bis 1 zu finden. *S. rolshauseni* (< 1) und *S. arctica* (< 1) sind mit den Hauptarten in diesem Zeitbereich vergesellschaftet. Von 88.500 J.v.h. ab, über eine Zeitdauer von ca. 3.000 Jahren, steigen die Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* auf maximale Werte (135-205) gegenüber *O. umbonatus* (2-5) an. Die Werte von *C. wuellerstorfi* liegen damit höher, als im Stadium 5.5. In diesem Zeitabschnitt erreicht nur die Gruppe der aggl. "Röhren" noch INDAR-Werte von 3. Alle weiteren vorkommenden Arten weisen Akkumulationsraten < 1 auf.

Im Stadium 5.4 bildet *C. wuellerstorfi* (619) ein absolutes Maximum im **Kern PS1906-2**, gefolgt von *O. umbonatus* (215) und *C. teretis* (40). Die weiteren Faunenbestandteile ändern sich gegenüber dem Substadium 5.51 nicht. Danach folgt für einen Zeitraum

4. ERGEBNISSE

von ca. 20.000 Jahren eine stetige Abnahme der Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus*.

85.000 J.v.h. erhöhen sich die Gesamt-INDAR-Werte (793) wieder deutlich. Die Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* (318) sind gegenüber *O. umbonatus* (250) immer noch erhöht, aber *P. bulloides* (17), *E. exigua* (2), sowie die Lageniden-Gruppe (4) treten ergänzend auf.

Stadium 4 (ca. 72.000-59.000 J.v.h.)

In den Sedimenten der Kerne PS1745-6, GIK17728-2 und PS1906-2 sind die Hauptarten (s. Substadium 5.4, Tab. 10) im Stadium 4 mit deutlich reduzierten Akkumulationsraten vertreten. Die Reduzierung der Artenvielfalt im Stadium 4, bezieht sich auf eine große Anzahl von sogn. Nebenarten, die hauptsächlich im Warmstadium 5 vorkommen.

Vor 69.000 Jahren erreichen die Gesamt-Akkumulationsraten des **Kerns PS17728-2** nur noch einen Wert von 13, wobei in diesem Zeitabschnitt *O. umbonatus* mit 4 und *C. wuellerstorfi* mit 2 vertreten sind. Ca. 3.000 Jahre später (im Bereich von ST 4.2) reduzieren sich die Gesamt-INDAR-Werte auf 6. Dabei werden die höchsten Akkumulationsraten von *S. arctica* und *C. subglobosum* mit einem Wert von 2 errechnet.

Die höchsten Akkumulationsraten in den Zeitabschnitten 71.000 und 64.000 J.v.h. des **Kerns PS1745-6** weist *O. umbonatus* (2-8) auf. Die Gesamt-INDAR-Werte sind in diesem Zeitraum 6-10.

Im Stadium 4.2 liegen die Gesamt-INDAR-Werte des **Kerns PS1906-2** bei 29. *O. umbonatus* zeigt mit 16 höchste Werte, während *C. wuellerstorfi* und *C. teretis* Akkumulationsraten von jeweils 3 aufweisen.

Stadium 3 (ca. 59.000-26.000 J.v.h.)

Die Fauna des Kaltstadiums 3 ist weitgehend durch geringe Gesamt-INDAR-Werte gekennzeichnet. Eine Ausnahme bilden die Sedimente des Kerns PS1906-2, die in einem Intervall über 10.000 J.v.h. mit sehr hohen Gesamt-Akkumulationsraten ein vollkommen anderes Faunenbild zeigen. Es sind Arten vertreten, wie sie auch in Warmstadien (z. B. ST 5) vorkommen.

O. umbonatus ist in allen Kernen kontinuierlich vorhanden und prägt hauptsächlich den Verlauf der Gesamt-INDAR-Verteilung.

Vor 51.000 J.v.h. existiert in den Sedimenten des **Kerns GIK17728-2** ein Maximum der Gesamt-Akkumulationsraten (79), das hauptsächlich von *O. umbonatus* gebildet wird. Die Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* sind während des gesamten Kaltstadiums (<1 bis 2) sehr niedrig. Nur die Arten *O. umbonatus*, *T. tricarinata*, *C. subglobosum* und *C. reniforme* erreichen Akkumulationswerte über 5 (Abb. 16 und 19). Vor 36.000 J.v.h. weist *T. tricarinata* maximale INDAR-Werte auf und bildet zu diesem Zeitpunkt zusammen mit *O. umbonatus* (14) ein zweites Maximum.

Die Arten *O. umbonatus* (30), *P. groenlandica* (12) und die Arten der Gruppe der aggl. "Röhren" (2) bilden hauptsächlich in den Sedimenten des **Kerns PS1745-6** vor 55.000 J.v.h. die Gesamt-Akkumulationen (37). Nach dieser Periode sinken die Gesamt-INDAR-Werte deutlich auf 3-6. *C. wuellerstorfi* zeigt während des gesamten Kaltstadiums INDAR-Werte <1.

Von ca. 50.000 J.v.h. (ST 3.31) ab, über eine Zeitdauer von ca. 10.000 Jahren, sind die Sedimente des **Kerns PS1906-2** durch sehr hohe Gesamt-Akkumulationen (88-1866) bei einer großen Artenvielfalt gekennzeichnet. Im Stadium 3.31 setzen sich die recht hohen Gesamt-INDAR-Werte (289) hauptsächlich von *C. wuellerstorfi* (120), *O. umbonatus* (100) sowie *C. teretis* (47) zusammen.

Ab 48.500 J.v.h. ändert sich die INDAR-Verteilung drastisch. Ein erstes Gesamt-INDAR-Maximum (1212) setzt sich aus *O. umbonatus* (849), *C. teretis* (179), *C. wuellerstorfi* (52), *C. reniforme* (28) und der Gruppe der aggl. "Röhren" (25) zusammen. Das zweite Maximum wird vor 40.000 J.v.h. (1866) durch eine völlig veränderte Vergesellschaftung hervorgerufen. Die milioliden Arten zeigen maximale Akkumulationsraten, wie sie sonst zu keiner Zeit im Kernmaterial vorkommen. *O. umbonatus* (46) und *C. wuellerstorfi* (988) sind ebenfalls mit relativ hohen INDAR-Werten vertreten. Auffällig ist ein einmaliges starkes Aufkommen von Pteropoden (Abb. 4) zusammen mit dem Auftreten der milioliden Arten 42.000 bis 40.000 J.v.h.. Vor 42.000 J.v.h. bilden die milioliden Arten ein Maximum, was mit einer deutlichen Reduktion von *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus* einhergeht.

Im Abschnitt von 31.000 bis 21.500 J.v.h. gehen die Gesamt-INDAR-Werte drastisch zurück, was mit einem enormen Rückgang der Artenvielfalt gekoppelt ist. Den Übergang zum Stadium 2 bilden nur noch die Arten *O. umbonatus* (5) und *C. wuellerstorfi* (3).

4. ERGEBNISSE

Stadium 2 (ca. 26.000-14.000 J.v.h.)

Die Sedimente des Kaltstadiums 2 sind durch das charakteristische Vorkommen der Art *S. rolshauseni* geprägt (vgl. 2.2).

Die Hauptarten (s. Substadium 5.4, Tab. 10) sind weitere, kontinuierlich in allen Kernen vorhandene Arten (Abb. 16-18). *T. tricarinata* kommt in den Kernen GIK17728-2 und PS1906-2 ebenfalls kontinuierlich im Stadium 2 vor.

Im Intervall von 23.000 bis 16.500 J.v.h. des **Kerns GIK17728-2** weisen in den Sedimenten Gesamt-Akkumulationsraten von 17-76 auf, die hauptsächlich durch *O. umbonatus* geprägt sind. Die Hauptarten werden durch einige umgelagerte Arten ergänzt, die aber geringe INDAR-Werte (<1 bis 2) zeigen.

Die Sedimente des **Kerns PS1745-6** weisen im Kaltstadium 2 durchgehend höhere Gesamt-Akkumulationsraten auf, als sie im Stadium 3 zu verzeichnen sind. Das Gesamt-INDAR-Maximum (149) liegt vor 26.500 J.v.h.. Fast kontinuierlich, allerdings mit niedrigen Akkumulationsraten, sind *P. groenlandica*, *P. ovata*, *C. lobatulus*, *D. communis* und *D. pauperata* in dem Kaltstadium vertreten.

Das Stadium 2 des **Kerns PS1906-2** ist durch relativ hohe Gesamt-Akkumulationsraten (228-491) (ab 22.500 J.v.h. bis zum Ende des Stadiums) gekennzeichnet, vergleichbar mit dem periodenweise Vorkommen im Stadium 8. Zusätzlich zu den Hauptarten treten in begrenzten Zeitabschnitten *E. tumidulus*, *P. groenlandica*, *P. ovata*, *C. teretis*, *C. reniforme* und die Gruppe der Elphidien auf. *S. rolshauseni* zeigt vor 20.500 J.v.h. ein einmaliges INDAR-Maximum (111) (Abb. 18). *O. umbonatus* (5-229) prägt die Gesamt-Akkumulationsraten (8-491) während des gesamten Stadiums. In den jüngeren Sedimenten des Kaltstadiums erreicht *C. wuellerstorfi* höchste Werte (11-22), während die INDAR von *C. teretis* (31-34) und *S. rolshauseni* (2-23) sich verringern.

Stadium 1 (ca. 14.000 J.v.h. - rezent)

Das Stadium ist durch höhere Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* gegenüber *O. umbonatus* gekennzeichnet. *C. subglobosum* und *E. exigua* sind ebenfalls kontinuierlich mit sehr hohen Werten vertreten. Die Stadien 1 und 5 sind in Hinblick auf Artenvielfalt und Individuenakkumulationsraten vergleichbar.

Im Stadium 1 erreichen die Sedimente des **Kerns GIK17728-2** Gesamt-Akkumulationsraten, wie sie in Zeitabschnitten des Stadiums 5 vorkommen. Neben den genannten Hauptvertretern des Stadiums 1 sind *P. rotalaria* (14-84), *S. arctica* (6-13),

T. tricarinata (4-14) *C. reniforme* (8) und *E. tumidulus* (bis 4) mit relativ hohen Werten vorhanden. Die Artenvielfalt ist gegenüber dem Stadium 5 reduziert; allerdings weisen alle vorkommenden Arten sehr hohe Individuenakkumulationsraten auf.

Die Gesamt-INDAR (134-560) der Sedimente des **Kerns PS1745-6** sind ähnlich hoch; wie in einigen Zeitabschnitten des Stadiums 5. Gegenüber ST 5 verringert sich die Artenzahl, allerdings zeichnen sich die vorhandenen Arten, wie im Kern GIK17728-2, durch hohe Werte aus. *C. wuellerstorfi* weist gegenüber den Werten des ST 5 durchgehend höhere Akkumulationsraten auf. Neben den Hauptarten ergänzen *P. groenlandica* (1-8), *D. communis* (<1) und *D. pauperata* (<1) kontinuierlich den vorhandenen Faunenbestandteil. Damit unterscheidet sich das Faunenbild gegenüber dem Kern GIK17728-2 erheblich. Die Gruppe der aggl. "Röhren" setzt aus; umgelagerte Arten wurden nicht nachgewiesen.

Die Gesamt-Akkumulationsraten (417-2664) übersteigen in den Sedimenten des **Kerns PS1906-2** vor 8.700 Jahren den höchsten Wert des Stadiums 5. Die Artenvielfalt ist während des Stadiums 1 nur leicht gegenüber Stadium 5 reduziert. Die Akkumulationsraten der Lageniden-Gruppe erreichen ein Maximum (13) im gesamten Kern. Sehr hohe Akkumulationsraten, wie sie auch in den Sedimenten der anderen Kerne vorkommen, werden von den Arten *C. wuellerstorfi* (158-931), *O. umbonatus* (118-917), *P. rotalaria* (108), *T. tricarinata* (29-229), *C. subglobosum* (1-32), *E. exigua* (6-13) und *E. tumidulus* (6-50) erzielt.

4.1.4 Fisher- α -Indizes (FAIs) der verschiedenen Fraktionen

Die Beschreibung der Fisher- α -Indizes (FAIs) erfolgt in zwei Abschnitten. Der erste Abschnitt umfaßt die Fisher- α -Indizes der interglazialen Stadien in der Gesamtfraktion, den Fraktionen 250-2000 μm und 125-250 μm ; der zweite Teil beinhaltet die glazialen Stadien der gleichen Fraktionen (Abb. 22, s. PANGAEA-Datenbank).

Generell führen hohe Gehäuse- und hohe Artenzahlen zu niedrigen FAIs. Hohe FAIs kennzeichnen Zeitabschnitte mit einer niedrigen Gehäusezahl und einer hohen Artenzahl. Niedrige Variationsbreiten der FAIs, die über einen längeren Zeitabschnitt (z.B. im Stadium 5) konstant bleiben, weisen auf günstige Bedingungen für die benthischen Foraminiferen hin.

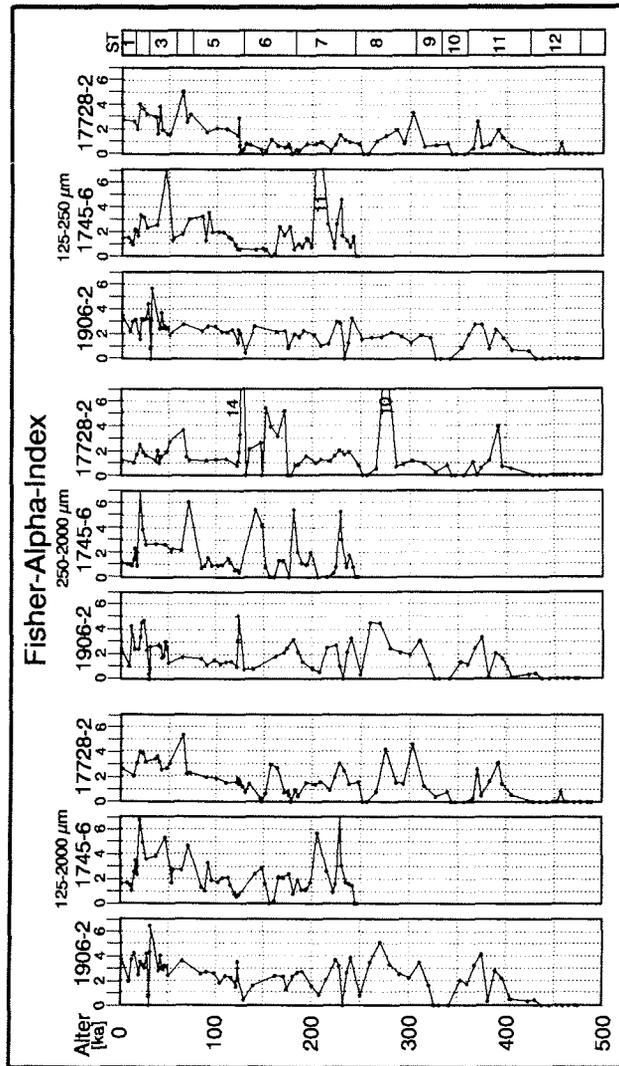


Abb. 22: Fisher- α -Index (FAI) in den Kornfraktionen 125-2000 μm , 250-2000 μm und 125-250 μm während der letzten 450.000 Jahre. Höhere Werte sind vorwiegend an den Stadtiengrenzen ermittelt worden.

Interglaziale Stadien 11, 9, 7, 5 und 1Gesamtfraktion (125-2000 μm)

Die Fisher- α -Indizes variieren in den interglazialen Sedimenten der Gesamtfraktion von 0 bis 7 (Abb. 22, Tab. 8). Die Übergänge an den Stadiengrenzen 6/5 und 8/7 zeichnen sich durch hohe FAIs in der Gesamtfraktion aus. In den interglazialen Stadien liegen die Mittelwerte der FAIs zwischen 1,5 bis 2,8. Diese relativ niedrigen Werte sind auf größere Zeitabschnitte hoher Gehäusezahlen und einer hohen Artenzahl zurückzuführen. Die Mittelwerte der einzelnen interglazialen Stadien aller Kerne sind in etwa gleich groß (Tab. 8).

Subfraktionen (250-2000 μm)

Die FAIs der 250-2000 μm -Fraktion zeigen mit Werten von 0 bis 14,1 gegenüber der Gesamtfraktion eine größere Variationsbreite (Tab. 8). Nur in der 250-2000 μm -Fraktion kommen extrem hohe FAIs vor, häufig an den Stadiengrenzen (z. B. 6/5) oder nach Horizonten ohne überlieferte Benthosfauna bzw. mit einer geringen Individuenzahl. Die Stadien 7 im Kern PS1745-6 und 11 im Kern GIK17728-2 weisen in der 250-2000 μm -Fraktion Zeitabschnitte ohne überlieferter Benthosfauna auf. In diesen Zeiträumen existieren nur Foraminiferengehäuse $< 250 \mu\text{m}$ (Tab. 8). Die Mittelwerte dieser Fraktion sind im Vergleich mit denen der Gesamtfraktion etwas niedriger. Auch in der 250-2000 μm -Fraktion ähneln sich die Mittelwerte in den einzelnen interglazialen Stadien der Kerne.

Subfraktionen 125-250 μm

Die Indizes in der 125-250 μm -Fraktion spiegeln ebenfalls den Trend der FAIs in der Gesamtfraktion wider; aber durchweg mit geringfügig kleineren Fisher- α -Indizes. In allen Kernen existieren, anders als in der 250-2000 μm -Fraktion, in der kleinen Fraktion der interglazialen Stadien keine Zeitabschnitte ohne Benthosfauna. D. h., die Gehäusedichte ist in diesen Zeiträumen auf die kleine Fraktion beschränkt.

Glaziale Stadien 12, 10, 8, 6, 4, 3 und 2Gesamtfraktion (125-2000 μm)

Im Stadium 10 des Kerns PS1906-2 liegen die FAIs zwischen 0 und 2 mit einem Mittelwert von 0,9. Das Stadium 10 ist in den anderen Kernen ohne Benthosfauna überliefert (Tab. 7), d. h. es liegen keine FAIs vor.

4. ERGEBNISSE

Tab. 8: Variationsbreite und Mittelwerte des Fisher- α -Index (FAI) der Stadien und verschiedenen Korngrößenfraktionen.

Fisher- α -Index (FAI)						
PS1906-2						
Stadium	>125 μm	Mittelwert	>250 μm	Mittelwert	125 - 250 μm	Mittelwert
1	1,9 - 3,7	2,8	1,0 - 2,4	1,75	2,2 - 3,5	2,9
2	2,5 - 4,2	3,5	2,3 - 4,8	3,5	1,6 - 4,4	3,1
3	0,0 - 6,4	2,8	0,0 - 3,0	1,6	0,0 - 5,7	2,4
4	3,6		1,7		2,8	
5	1,5 - 3,5	2,4	1 - 5,1	1,95	1,3 - 2,6	2,2
6	0,5 - 2,3	1,7	0,8 - 3,2	1,9	0,5 - 2,6	1,7
7	0,0 - 3,9	2,3	0,0 - 3,3	1,7	0,0 - 3,3	1,9
8	0,8 - 5,1	2,9	0,3 - 4,5	2,7	1,3 - 2,0	1,7
9	0,0 - 3,5	1,7	0,0 - 3,0	1,4	0,0 - 1,9	1,2
10	0,0 - 2,0	0,9	0,0 - 1,4	0,6	0,0 - 1,1	0,7
11	0,3 - 4,0	1,9	0,2 - 0,3	1,5	0,6 - 2,8	1,7
12	0		0		0	
PS1745-6						
Stadium	>125 μm	Mittelwert	>250 μm	Mittelwert	125 - 250 μm	Mittelwert
1	1,1 - 1,7	1,5	0,9 - 1,2	1,1	0,9 - 1,5	1,3
2	2,3 - 6,8	4,0	0,9 - 7,4	3,1	1,7 - 3,3	2,4
3	1,7 - 5,3	3,4	2,1 - 2,7	2,4	1,2 - 7,0	3,1
4	2,7 - 4,7	3,7	2,2 - 6,1	4,2	1,8 - 3,0	2,4
5	0,6 - 3,3	1,6	0,4 - 1,6	1,0	0,6 - 3,5	1,7
6	0,0 - 2,9	1,6	0,0 - 5,5	2,1	0,0 - 2,4	1,2
7	1,0 - 7,1	2,4	0,0 - 5,3	1,5	0,7 - 10,9	3,2
8	0,0 - 6,3	1,9	0,0 - 6,4	1,7	0,0 - 2,4	1,2
9	0,5 - 3,4	2,3	0,3 - 2,4	1,4	1,2 - 2,4	1,5
10	0		0		0	
11	0,3 - 1,6	0,9	0,3 - 0,6	0,5	0,2 - 3,6	1,9
GIK17728-2						
Stadium	>125 μm	Mittelwert	>250 μm	Mittelwert	125 - 250 μm	Mittelwert
1	2,0 - 2,7	2,4	1,0 - 1,3	1,2	2,6 - 2,7	2,7
2	3,1 - 4,0	3,7	1,7 - 2,5	2,1	2,0 - 4,0	3,2
3	2,6 - 3,7	3,2	1,0 - 2,8	1,8	1,6 - 3,8	2,4
4	2,7 - 5,4	3,8	1,5 - 3,7	2,6	2,6 - 5,1	3,9
5	1,3 - 2,3	1,7	0,8 - 14,1	2,9	0,1 - 3,2	1,6
6	0,0 - 3,0	1,0	0,0 - 5,4	1,8	0,0 - 1,2	0,5
7	0,9 - 3,1	1,2	1,0 - 2,0	1,5	0,3 - 1,5	0,9
8	0,0 - 4,3	1,4	0,0 - 10,4	1,9	0,0 - 1,9	0,9
9	0,4 - 4,6	1,8	0,3 - 1,2	0,8	0,6 - 3,3	1,3
10	0		0		0	
11	0,5 - 3,2	1,5	0,0 - 4,0	1,2	0,4 - 2,6	1,2
12	0		0		0	

Die Mittelwerte der Stadien 8 und 6 sind im Vergleich zu den Mittelwerten der interglazialen Stadien niedriger (Tab. 8). In den Stadien 4 bis 2 liegen demgegenüber die Mittelwerte der FAIs zwischen 2,8 und 3,9 relativ hoch. Sie werden von einer deutlich niedrigeren Gehäusezahl als im Stadium 5 gebildet, aber von einer relativ hohen Artenzahl. Die Variationsbreite der FAIs ist in allen Kernen dieses Stadiens sehr ähnlich (Tab. 8). Eine Ausnahme bildet das Stadium 3 im Kern PS1906-2: Der niedrigere Mittelwert des Stadiums 3 (FAI=2,8) kommt dadurch zustande, daß vor 30.000 J.v.h. keine benthischen Foraminiferen überliefert sind (Tab. 7).

Subfraktionen (250-2000 µm)

Der höchste Fisher- α -Index ist in der 250-2000 µm-Fraktion des Stadiums 8 im Kern GIK17728-2 errechnet und basiert auf einem Zeitabschnitt niedriger Gehäusezahl (10) und relativ hoher Artenzahl (7). Der Mittelwert der FAIs liegt in allen Kernen im Stadium 6 etwas höher als in der Gesamtfraktion. Demgegenüber sind die Mittelwerte der Stadien 4 bis 2 geringfügiger niedriger als in der Gesamtfraktion. Der Trend dieser Stadien zu relativ hohen FAIs bleibt erhalten; sie liegen also höher als im Stadium 5. Die FAIs im Kern PS1906-2 sind niedriger, als in der 125-250 µm-Fraktion.

Subfraktionen 125-250 µm

Der hohe FAI (Tab. 8) im Stadium 3 des Kerns PS1745-6 setzt sich aus einer sehr niedrigen Gehäusezahl (38) und einer hohen Artenzahl (13) zusammen. Die Mittelwerte der FAIs sind in den Stadien 6 und 8 in allen Kernen etwas niedriger als in der Gesamtfraktion und der 250-2000 µm-Fraktion. In den Stadien 2 bis 4 sind die Mittelwerte der FAIs so hoch wie in der Gesamtfraktion (Tab. 8).

4.2 Stratigraphie

Die Sedimente des Kerns PS1745-6, die älter als 245.000 Jahre sind, konnten aufgrund zu niedriger ^{230}Th -Werte nicht eingestuft werden (vgl. 2.2). Sedimentologische Parameter, wie z.B. der Kalziumkarbonatgehalt, konnten zur Alterseinstufung der Sedimente nicht beitragen, da höhere Kalziumkarbonatgehalte nicht unbedingt mit Foraminiferenhäufigkeiten korrelieren. Aus der Kernbeschreibung, den Photographien und den Radiographien ist kein auffälliger Zeitabschnitt ersichtlich, der auf Hiaten oder auf andere Störungen weist. Eine größere Probendichte (in einigen Bereichen 2 cm) liefert in den Sedimenten, die älter als 245.000 Jahre sind, ebenfalls keine verwertbaren neuen Erkenntnisse zur Alterseinstufung (z.B. größere *C. wuellerstorfi*-Häufigkeiten). Die qualitative Auswertung der Sedimente in der 63-125 µm-Fraktion, die älter als

4. ERGEBNISSE

245.000 Jahre sind, zeigt keine Verschiebung zugunsten der kleinwüchsigen *C. wuellerstorfi*-Gehäuse.

Die benthische Foraminifere *C. wuellerstorfi* ist durch ihre ausgeprägte Dominanz in interglazialen Stadien und durch den starken Rückgang oder das völlige Verschwinden in glazialen Stadien eine Indikatorart für paläo-ozeanographische Rekonstruktionen im Europäischen Nordmeer (BELANGER & STREETER 1980, BELANGER 1982, STREETER *et al.* 1982, HAAKE & PFLAUMANN 1989, STRUCK 1992, NEES 1993). Deshalb eignet sich *C. wuellerstorfi* prinzipiell zur biostatigraphischen Einstufung der Sedimente im Europäischen Nordmeer. Zusammen mit hohen Gesamt-Akkumulationsraten in Verbindung mit einer bestimmten Artenassoziation (vgl. Tab. 10a), lassen sich interglaziale von glazialen Stadien abgrenzen. Allerdings weist der Kern PS1745-6 in der Gesamtfraktion keine oder nur sehr geringe Prozentanteile und Häufigkeiten der benthischen Foraminifere *C. wuellerstorfi* auf. Die über einen längeren Zeitraum niedrigen Gesamt-Akkumulationsraten in den Sedimenten, die älter als 245.000 Jahre sind, können auch nicht zu einer Alterseinstufung beitragen. Deshalb ist in der vorliegenden Arbeit eine Alterseinstufung mit Hilfe der benthischen Artenzönose durchgeführt worden, für die die Ernährungsansprüche spezieller Arten und die Faunenverteilung herangezogen werden.

Die hier angewendete Methode zur Alterseinstufung, führt über die Bildung der D-, E- und U-Gruppen spezieller Arten (2.5.6). Die Tiefseefauna des Europäischen Nordmeeres läßt sich in eine von *C. subglobosum* und in eine von *C. wuellerstorfi* und *E. exigua* geprägte Fauna unterteilen, die bei Oberflächensedimenten (ALTENBACH 1992, MACKENSEN *et al.* 1985) und größtenteils für fossile Sedimente (STRUCK 1992) identisch ist. Die Tiefseearten der Gruppe D prägen das faunistische Verbreitungsmuster im Boreas-Becken. Der niedrige Prozentanteil von *C. wuellerstorfi* wird im Kern PS1745-6 durch die prozentuale Aufsummierung verstärkt, was die Gruppendarstellung (Abb. 23) verdeutlicht. Dieser Aspekt bezieht sich hauptsächlich auf die D-Gruppe, der *C. wuellerstorfi* zuzuordnen ist. Die U-Gruppe bildet als Umlagerungsfaktor ein Maß für die allochthonen Arten. Die Gruppe ist zur Einstufung herangezogen worden, um ein erhöhtes Aufkommen der umgelagerten Arten, insbesondere der Flachwasserarten, aufzuzeigen. Sie lassen auf einen Eintrag eistransportierter Sedimente schließen, die in Verbindung mit der Artenassoziation auf glaziale Bedingungen weisen (5.1.1).

Eine weitere Hilfe zur Absicherung des benutzten Altersmodells sind die Fisher- α -Indizes. Die Mittelwerte der Fisher- α -Indizes im Kern PS1745-6 korrelieren über die jeweiligen Stadien in den Kurvenverläufen der Kerne GIK17728-2 und PS1906-2

(Abb. 23). Die Mittelwertskurve und die Variationsbreite der Fisher- α -Indizes zeigen in allen Stadien Übereinstimmung der Kerne GIK17728-2 und PS1745-6.

In den Sedimenten, die älter als 245.000 Jahre sind, liefert ein auffälliger Horizont eine weitere Möglichkeit zur ergänzenden Alterskorrelation. Die für längere Zeitabschnitte kontinuierliche Verbreitung der agglutinierenden Art *C. subglobosum* zeigt, im Vergleich zu den anderen untersuchten Kernsedimenten dieses Alters, Parallelen im Boreas-Becken.

Im folgenden wird für den Kern PS1745-6 die Festsetzung der Stadiengrenzen aufgezeigt und diskutiert.

Der zweite Horizont ohne überlieferte Benthosfauna, der älter als 245.000 Jahre ist, wurde als Stadium 10 eingestuft, da dies im gesamten Europäischen Nordmeer ein Zeitbereich weitgehend ohne überlieferte Benthosfauna ist (STRUCK 1992). Daraus folgt die Einstufung der nächstältesten Sedimente ins Stadium 11. Da umgelagerte Arten fehlen (Abb. 23) und der Peak in der E-Gruppe, im Vergleich zu den anderen Kernen, relativ schwach ist (Abb. 23), ist anzunehmen, daß die untersuchten Sedimente des Kerns PS1745-6 in diesem genannten Zeitabschnitt nur die jüngsten Sedimente des Stadiums 11 beinhalten (Abb. 23).

Die Stadiengrenze 9/8 ergibt sich aus dem Vergleich der prozentualen Anteile der Fauna mit den Foraminiferen-Häufigkeiten (INDAR), der D-, E-, U-Gruppen und aus der weiteren Faunenverteilung. Da *C. wuellerstorfi* in diesen Zeitabschnitten fehlt bzw. nur in sehr geringen Individuenzahlen (<0,5; <3%) vorhanden ist, ist der *C. subglobosum*-Horizont zur Einstufung herangezogen worden. In anderen Kernsedimenten ist im Europäischen Nordmeer von Stadium 9 nach 8 der faunistische Übergang auch häufig undeutlich (STRUCK 1992), weshalb die Kriterien für eine Datierung der Stadiengrenze 9/8 noch nicht ausreichen. Niedrige Gesamt-INDAR-Werte (meistens <50) können ebenfalls nicht als ausschließliches Kriterium zur Festlegung der Stadiengrenzen 9/8 herangezogen werden; z.B. beträgt im Stadium 9 des Kerns GIK17728-2 der höchste INDAR-Wert 65. Nicht nur die Höhe der INDAR-Werte spielt eine Rolle, sondern auch die Artenassoziation. Hohe Werte, die sich z.B. größtenteils aus allochthonen Faunenelementen zusammensetzen, weisen nicht unbedingt auf interglaziale Stadien hin (z.B. Kern PS1906-2, ST 8). Deshalb wird das Einsetzen einer veränderten Artengesellschaft, der Arten *O. umbonatus*, *C. wuellerstorfi* in Verbindung mit dem impulsartigen Einsetzen der Arten *P. rotalaria*, *S. arctica*, *D. communis* und der Gruppe der aggl. "Röhren" als Kriterium für die Stadiengrenze 9/8 festgesetzt.

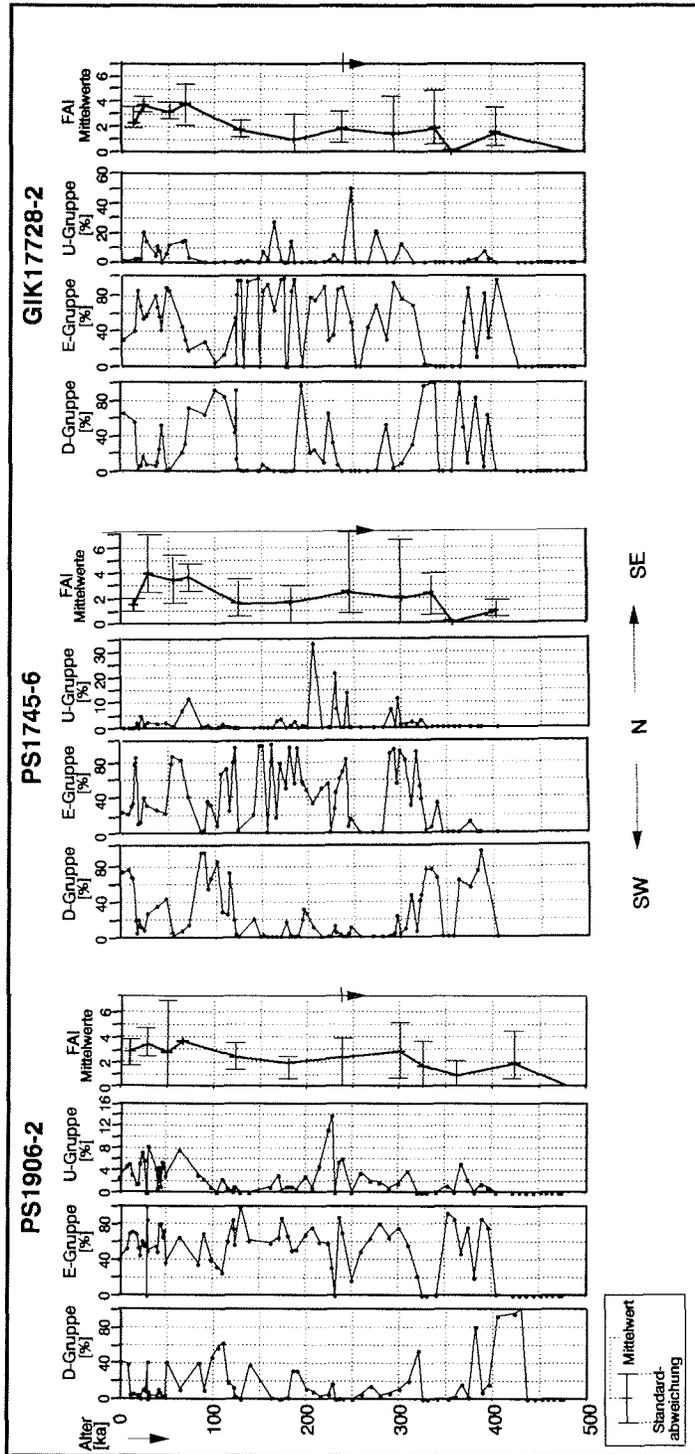


Abb. 23: Biostratigraphische Rekonstruktionen der Sedimente (>Stadium 7, Pfeil) des Korns PS1745-6 im Vergleich der Kerne GIK17728-2 und PS1906-2 anhand der D, E und U-Gruppen und der Mittelwerte des Fisher- α -Index (FAI) mit Standardabweichung. Der Zusammenschluß zu Gruppen verstärkt schwache Häufigkeitssignale. Der Graph der Mittelwerte zeigt für das gesamte Boreas-Becken prinzipiell einen ähnlichen Verlauf. Mittelwerte und die Standardabweichung beziehen sich auf jeweils ein Stadium. Die U-Gruppe des PS1906-2 ist um *C. teretis* gefiltert, da ihr häufiges Vorkommen sämtliche Signale überdecken würde (vgl. Abb. 15).

Die für den Kern PS1745-6 vorliegende Alterseinstufung des Stadiums 2 ist im Vergleich mit den Kernen GIK17728-2 und PS1906-2 aufgrund der agglutinierenden Foraminifere *S. rolshauseni* verändert worden. *S. rolshauseni* ist im Sauerstoffisotopenstadium 2 (zwischen 26.000 bis 16.000 J.v.h.), für südlich gelegene Kerne (67.-71. Breitengrad) im Europäischen Nordmeer biostratigraphisch verwendbar (STRUCK & NEES 1991). Dieses Ergebnis kann für die untersuchten Sedimentkerne im Boreas-Becken bestätigt werden. Daher ist das Vorkommen von *S. rolshauseni*, zur Festsetzung der Stadiengrenzen 3/2 im Kern PS1745-6, der keine Einstufung mit O-Isotopen aufweist, herangezogen worden. Die Akkumulationsraten von *S. rolshauseni* im südöstlichen und nördlichen Becken überschreiten den Wert $6 \text{ Individuen} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot 1000^{-1}$ Jahre nicht und sind somit niedriger, als die Werte (30-120) der südlich gelegenen Kerne. Dagegen kommen im süd-westlichen Boreas-Becken maximale Akkumulationsraten bis zu $111 \text{ Individuen} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot 1000^{-1}$ Jahre vor, die durchaus vergleichbare Größenordnungen mit den südlich gelegenen Kernen erreichen. Die prozentualen Faunenanteile von *S. rolshauseni* sind an allen Kernpositionen relativ hoch (Abb. 10-12). Das signifikante Vorkommen von *S. rolshauseni* im Stadium 2, mit einem Maximum bei ca. 20.000 J.v.h., ist für den Zeitraum von ca. 450.000 J.v.h. bis rezent einmalig. Die Artenassoziation ist im Stadium 2 im wesentlichen an allen Kernpositionen identisch und unterscheidet sich in der Artenvielfalt von der im Stadium 5 nur durch die Foraminiferen *S. rolshauseni* und *C. subglobosum*, aber sehr stark in der Populationsdichte der einzelnen Arten. Die Einstufung des Stadiums 2 erfolgt durch *S. rolshauseni*. Zwischen den festgesetzten Zeitscheiben (1/2 = 13.600 und 2/3 26.500 J.v.h.) sind die fehlenden Zeitstufen interpoliert worden.

Die INDAR-Werte des Kerns PS1745-6 sind nicht als absolute Werte zu verstehen. Sie liefern aber bei Betrachtung der gesamten Kernsedimente verwertbare Relationen. Die INDAR-Werte dürften hauptsächlich in den Warmphasen interglazialer und glazialer Stadien höher liegen. Ohne die vergleichenden Ergebnisse der durch O-Isotopendaten eingestufteten Kerne GIK17728-2 und PS1906-2 hätte eine Alterseinstufung des Kerns PS1745-6 mit der vorliegenden Sicherheit nicht durchgeführt werden können. Die überlieferte benthische Fauna zeigt im Vergleich zu den anderen Kernsedimenten im Boreas-Becken keine Diskrepanzen, jedoch sind die Altersangaben nur bedingt z.B. als zeittransgressive Angaben im Boreas-Becken einsetzbar. Unter Berücksichtigung der o.g. Methodik ist eine Einstufung des Kerns PS1745-6 für die Stadien 8, 9, 10 und 11 möglich (Abb. 23).

4. ERGEBNISSE

Tab. 9: Prozentualer Anteil der Subfraktion 125-250 µm an der Gesamtfraktion im SW, SE u. N des Boreas-Beckens. Prozentuale Anteile von *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus* in den verschiedenen Fraktionen. Die grau hinterlegten Zeilen stellen den Prozentanteil von *O. umbonatus* und *C. wuellerstorfi* dar, wenn die 125-250 µm Fraktion auf 100% bezogen wird.

Boreas Becken	SW ◀	N	▶ SE
	1906-2	1745-6	17728-2
	[%]	[%]	[%]
Gesamtfraktion (125-2000 µm)	100,0	100,0	100,0
Anteil Subfraktion (125-250 µm)	87,0	60,6	42,1
Anteile Gesamtfraktion (A):			
<i>O. umbonatus</i> gesamt	57,2	47,3	31,8
<i>C. wuellerstorfi</i> gesamt	15,9	38,7	60,0
Anteile 125 - 250 µm Fraktion (B):			
<i>O. umbonatus</i>	57,0	45,2	31,6
<i>C. wuellerstorfi</i>	6,4	7,4	7,0
Anteile 250 - 2000 µm Fraktion (C):			
<i>O. umbonatus</i>	0,2	2,1	0,2
<i>C. wuellerstorfi</i>	9,5	31,3	53,0
(B/A) x 100:			
<i>O. umbonatus</i>	99,6	95,5	99,3
<i>C. wuellerstorfi</i>	40,5	19,2	11,6

4.3 Ergebnisse im Überblick

- In dieser Arbeit sind 39 benthische Foraminiferenarten eindeutig bestimmt und drei Formen-Gruppen definiert worden (Kapitel 3, Anhang AII).
- Nur wenige Arten sind in allen Kernen für die Mehrheit der Proben oder für längere Zeiträume dominant vertreten: *C. wuellerstorfi*, *O. umbonatus*, *T. tricarinata*, *P. rotalaria*, *C. subglobosum* und die Gruppe der aggl. "Röhren" (Tab. 10). Kontinuierlich für längere Zeitabschnitte in den Sedimenten überliefert, aber selten(er) dominant sind *E. tumidulus*, *E. exigua*, *S. arctica*, *D. communis*, *D. pauperata*, *C. teretis*, *C. reniforme*, *P. groenlandica*, und die Gruppe der Elphidien.

- Zeitabschnitte ohne überlieferte Benthosfauna sind im wesentlichen auf die Stadien 6, 8, 10 und 12 konzentriert (Tab. 7). Die Kerne GIK17728-2 und PS1745-6 zeigen in einigen Horizonten ohne überlieferte benthische Foraminiferen eine Übereinstimmung.
- Als einzige benthische Art kommt *O. umbonatus* in allen Kernproben mit überlieferten benthischen Foraminiferen vor. *C. wuellerstorfi* zeigt Dominanz in den interglazialen Stadien 5 und 1 sowie z.T. ein häufiges Vorkommen (INDAR) in den Stadien 11, 9 und 7. Das Faunenmaximum liegt in den Sedimenten aller Kerne im Stadium 5.51. Stratigraphisch verwendbare Arten sind *S. rolshauseni* im Stadium 2, *P. bulloides* für Substadium 5.1 und *G. subglobosa* für einen kurzen Zeitraum um ca. 9.000 Jahre nach dem Substadium 11.3, wo sie mit sehr geringen Häufigkeiten auftritt.
- Die agglutinierte benthische Art *C. subglobosum* ist in allen Kernen für die Stadien 11, 9, 8 und 3 bis 1 überliefert. Nur im Kern GIK17728-2 kommt *C. subglobosum* auch im Isotopenstadium 4 vor. Tendenziell ist ein Abnehmen der INDAR-Werte von *C. subglobosum* an ein verstärktes Auftreten der Gruppe der aggl. "Röhren" gekoppelt.
- Im Stadium 7 ist *D. communis* in den Sedimenten aller Kerne in den Zeitbereichen von 238.000 bis 233.000 und 194.000 bis 191.000 J.v.h. überliefert. Sie tritt in einigen anderen Zeitabschnitten sporadisch mit niedrigen INDAR-Werten an allen drei Kernpositionen auf. Nur im Kern PS1745-6 ist *D. communis* kontinuierlich in den Sedimenten mit sehr niedrigen (<1) INDAR-Werten zu Beginn des Stadiums 3 bis ins Stadium I überliefert.
- Die Foraminiferen *D. communis*, *D. pauperata*, *M. glabra*, *P. rotalaria* und *T. sagittula* treten hauptsächlich in der Subfraktion 250-2000 µm auf. *S. concava* und *S. arctica* kommen in allen untersuchten Proben nur in der 125-250 µm-Fraktion vor. *E. exigua* und *S. rolshauseni* dominieren in den Sedimenten der 125-250 µm-Fraktion an allen Kernpositionen.
- Die qualitative Auswertung der Sedimente in der 63-125 µm-Fraktion, die älter als 245.000 Jahre sind, zeigt keine Verschiebung zugunsten der kleinwüchsigen Gehäuse von *C. wuellerstorfi*, sondern ein stark erhöhtes Vorkommen von *S. arctica*.
- Im Boreas-Becken ist ein Trend in den prozentualen Anteilen der benthischen Foraminiferen von Südosten nach Südwesten abzulesen. Und zwar liefert die Gesamtfraktion (125-2000 µm) im Boreas-Becken von Südosten nach Südwesten zunehmende Prozentanteile von *O. umbonatus* und einen umgekehrten Trend von *C. wuellerstorfi* (Tab. 9). Der Trend, zunehmende prozentuale Anteile der Benthosfauna

Tab. 10: Überblick der Individuenakkumulationsraten (INDAR) während der letzten 12 Stadien.
 Die INDAR-Werte (A_{Ges}...C_{Ges}) beinhalten die Mittelwerte innerhalb der Stadien.
 A_{5/1}...C_{5/1} beinhalten die Mittelwerte der aufgeführten Arten/Artengruppen.

76

Stadien	<i>C. wuellerstorfi</i>						<i>O. umbonatus</i>						<i>P. rotalaria</i>						<i>T. tricarinata</i>						<i>C. subglobosum</i>						Aggl."Röhren"-Gr.					
	Prozent			INDAR			Prozent			INDAR			Prozent			INDAR			Prozent			INDAR			Prozent			INDAR			Prozent			INDAR		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	38	60	56	545	194	358	36	16	22	518	51	143	4	10	8	61	32	49	9	5	1	129	16	9	1	5	6	17	15	37	0,4	0,06	0,6	6	0,2	4
2	2	5	1	6	1	0,5	49	22	58	122	3	25	0,3	9	5	1	1	2	10	1	14	25	0,2	6	2	9	4	4	1	2	1	6	3	3	1	1
3	6	1	0,7	21	0,1	0,3	53	74	54	183	9	19	1	3	3	4	0,3	1	5	0,04	18	18	0,2	6	1	5	7	2	0,6	2	1	5	2	4	0,6	0,6
4	11	9	10	3	0,8	1	55	66	26	16	5	2	0	0	0,7	0	0	0,06	6	0	0	2	0	0	0	0	18	0	0	1,7	2	8	17	1	0,6	1,6
5	21	33	69	224	79	605	64	64	27	693	151	237	0,3	0,1	0,4	4	0,13	4	1	0,02	0,5	13	0,04	4	0,06	0	0	1	0	0	1	1	3	14	3	24
6	2	0,4	0,2	3	0,03	0,02	66	67	97	164	5	8	0,3	3	0	1	0,22	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0,5	0	0	0,04	2	21	0,2	4	2	,02
7	12	17	23	18	2	13	57	59	72	83	9	39	1	0,1	0,3	1	0,01	0,2	3	0	1	5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	6	11	1	9	1,6	0,5
8	6	1	2	7	0,06	0,1	65	90	82	86	6	6	0,3	0	3	0,4	0	0,2	6	0	6	8	0	0,4	3	3	3	4	0,19	0,2	1	1	1	2	,09	,08
9	19	0,2	43	3	0,09	9	53	59	54	9	8	11	0,3	0,4	1	0,05	0,05	0,2	1	0,1	0,1	0,2	0,02	0,02	5	22	1	1	3	0,2	5	8	0	1	1	0
10	2	0	0	0,7	0	0	88	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
11	6	2,9	8	0,9	66	93	80	30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	5	3,8	6	1,2	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0			
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,02	0	0	0	0	0	0		

Die Prozentanteile der Arten beziehen sich jeweils auf die Mittelwerte (A _{GES} , B _{GES} , C _{GES}) der INDAR eines Stadiums												
	Stadien											
Kern	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A _{GES}	1441	251	346	29	1084	250	147	133	17	46	121	0
A _{5/1}	1275	161	233	21	948	177	115	108	14	41	95	0
B _{GES}	322	12	12	8	238	8	15	67	132	07		
B _{5/1}	310	6	10	7	234	7	13	57	122	07		
C _{GES}	640	43	35	9	882	8	54	7	21	0	32	0
C _{5/1}	600	36	29	7	874	8	53	6	20	0	31	0

A	= PS1906-2
B	= PS1745-6
C	= GIK17728-2
A _{GES}	= Mittelwerte (INDAR) aller Arten/Gruppen
A _{5/1}	= Mittelwerte (INDAR) der oben aufgeführten Arten/Gruppen
	= Interglaziale Stadien
Prozent [%]	
INDAR [Ind. x cm ⁻² x 1000J ⁻¹]	

von Südosten nach Südwesten, setzt sich in der 125-250 μm -Fraktion (bezogen auf die Gesamtfraktion = 100%) fort. Mit weitaus geringeren prozentualen Anteilen von *C. wuellerstorfi* (bezogen auf *C. wuellerstorfi* in der Gesamtfraktion = 100%) bleibt der Trend in den kleinen Gehäusen erhalten (Tab. 9). Demgegenüber ist der prozentuale Anteil von *O. umbonatus* in der 125-250 μm -Fraktion (bezogen auf *O. umbonatus* in der Gesamtfraktion = 100%) an allen Kernpositionen mit ca. 99% gleich groß.

- Die interglazialen Stadien werden am besten durch die Fisher- α -Indizes (FAIs) in der 125-250 μm -Fraktion abgebildet (Abb. 22, Tab. 8). Generell führen hohe Gehäuse- und hohe Artenzahlen zu niedrigen FAIs. Hohe FAIs kennzeichnen Zeitabschnitte mit einer niedrigen Gehäusezahl und einer hohen Artenzahl. Hohe FAIs werden häufig an den Übergängen von Stadiengrenzen (z.B. ST 6/5) oder nach Zeitabschnitten ohne überlieferte Benthosfauna ermittelt, deren FAIs von relativ niedrigen Gehäusezahlen und relativ hohen Artenzahlen gebildet werden. Niedrige Variationsbreiten der FAIs, die über einen längeren Zeitabschnitt (z.B. im Stadium 5) konstant bleiben, weisen auf günstige Bedingungen für die benthischen Foraminiferen hin.

- Nach Anwendungen verschiedener statistischer Verfahren sind sechs benthische Arten/Gruppen (Tab. 10) wie *C. wuellerstorfi*, *O. umbonatus*, *T. tricarinata*, *P. rotalaria*, *C. subglobosum* und die Gruppe der aggl. "Röhren" im Boreas-Becken als häufigste Arten/Gruppen für die letzten 450.000 Jahre ermittelt worden:

a) Durch die Summenbildung der INDAR für die Kerne PS1745-6 und GIK17728-2 sind die o.g. Hauptarten als die sechs häufigsten Arten ermittelt worden. Die Reihenfolge ergibt sich aus dem häufigsten Vorkommen pro Kern. Nur im Kern GIK17728-2 entspricht die Reihenfolge den aufgeführten Arten/Gruppen. Im Kern PS1745-6 kommt *O. umbonatus* am häufigsten vor, gefolgt von *C. wuellerstorfi* etc.. Die Reihenfolge der ersten sechs benthischen Arten/Gruppen ist im Kern PS1906-2 noch stärker verändert. An die Stelle von *P. rotalaria* tritt *C. teretis*. *C. subglobosum* ist durch *C. reniforme* "ersetzt".

b) Fünf Arten/Gruppen gehören zu den dominanten Arten, die mit einem Prozentanteil > 10 % übereinstimmend in allen Kernen vorkommen (vgl. 4.1.1). An die Stelle von *T. tricarinata* tritt *S. rolshauseni*.

c) Eine zusammenfassende Darstellung ist für die sechs benthischen Arten/Gruppen durchgeführt worden (Tab. 10). Die prozentuale Verteilung bezieht sich auf die in der Tabelle angegebenen INDAR-Summen (z.B. A_{Ges}) für die jeweiligen Isotopenstadien. Die Akkumulationsraten der Foraminiferen sind über die Mittelwerte der INDAR eines

4. ERGEBNISSE

Stadiums gebildet worden. Hier wird deutlich, daß die sechs Arten einen hohen Wert der Gesamt-INDAR einnehmen. Die INDAR-Mittelwerte liefern einen wichtigen Überblick der Faunenfluktuationen in den Sedimenten der jeweiligen Kernpositionen. Sie bilden von Stadium zu Stadium eine Häufigkeits-Orientierung und können aber methodisch bedingt die Wechsel in den Artengemeinschaften und ihren Häufigkeiten innerhalb der Stadien nicht berücksichtigen. Die Artenfluktuationen und ihre Schwankungen in den Akkumulationsraten sind für die Interpretation wichtig (Abb. 16 bis 21).

d) Verbreitung und Häufigkeiten der Artenassoziation in den Stadien (Tab. 10a). Die Artengemeinschaft verändert sich in den Substadien. In den Stadien 1, 5.1, und 5.51 sind die Hauptarten und viele Nebenarten im gesamten Boreas-Becken mit hohen Akkumulationsraten vertreten. Nur in diesen Stadien sind die Akkumulationsraten von *C. wuellerstorf* im Vergleich von *O. umbonatus* höher. Die relativen Angaben (z.B. Gesamt-INDAR-Werte sind deutlich niedriger) beziehen sich auf die AR-Werte der Stadien 5.51, 5.1 und 1.

Tab. 10a: Verbreitung und Häufigkeiten der Artenassoziationen in den Stadien.

Stadien	geogr. Pos. im BB.	Arten-assoziati on	AR-Vergleich <i>Cwu</i> + <i>Oumb</i>	Bemerkungen	Gesamt-INDAR (125 - 2.000 µm)
1 5.51; 5.1;	gesamt	Hauptarten + <i>E. exigua</i>	<i>Cwu</i> > <i>Oumb</i>	viele Nebenarten	hoch
5.4; 7.1; 9.1	gesamt	Hauptarten	höhere AR-Werte	weniger Nebenarten	deutlich niedriger
11.3	SE	<i>O.umbonatus</i>	<i>Oumb</i> >> <i>Cwu</i>		
7.3 7.5	gesamt	<i>O.umbonatus</i>	<i>Oumb</i> > <i>Cwu</i>	Wiedereinsetzen der Fauna, wenig Nebenarten	niedrig SW > SE, N
5.2 7.4	SW SE, N	<i>O.umbonatus</i> <i>O.umb</i> , <i>C.wu</i> (SE)	<i>Oumb</i> > <i>Cwu</i> AR < 3	Nebenarten wenig Nebenarten	niedrig sehr niedrig
6.5	SE, N	<i>O.umbonatus</i>	<i>Oumb</i> > umgel.Arten	umgelagerte Arten	niedrig

5. Interpretation und Diskussion

5.1 Benthische Foraminiferen als Indikator für thermohaline Zirkulation

5.1.1 Die Bedeutung benthischer Foraminiferen während der Eisbedeckung und Schmelzwasserereignissen in Phasen thermohaliner Instabilitäten

Die glazialen Sedimente des Boreas-Beckens enthalten keine benthischen Arten, die ausschließlich in den Glazialphasen auftreten. Zu diesem Ergebnis kommt auch STRUCK (1992) bei der Auswertung von Sedimenten südlich gelegener Kerne. Allerdings kommen Arten vor, die auch unter Eisbedeckung leben können, wie die zwei typischen Besiedler des abyssalen Ozeans *O. umbonatus* und *S. arctica* (WOLLENBURG 1995). Nach WOLLENBURG & MACKENSEN (1998a) ist die Lebendfauna um *S. arctica* auf ein Meeresgebiet unter permanenter Eisbedeckung bei einer Wassertiefe >2.700 m beschränkt. *O. umbonatus* aber ist nicht auf eine abyssale Tiefe festgelegt. Ihre Artenverteilung im Boreas-Becken zeigt aber, daß auch diese Arten nicht nur in glazialen Phasen auftreten (Abb. 10-12). Dennoch sind Unterschiede in der Fauna erkennbar. Zum einen treten Veränderungen in interglazialen/glazialen Stadien auf und zum anderen Unterschiede in der Artenvergesellschaftung der einzelnen Kerne (Tab. 10a). Der nördlichste Kern des Boreas-Beckens zeigt den höchsten Anteil an *Dentalinen* spp. und *P. groenlandica* (4.1.3 und 4.3), die nach ALTENBACH (1992) hauptsächlich Faunenelemente einer Artengesellschaft nördlichster Breitengrade (ab 83°N bis 86°N) bilden und somit ein Indiz für polare Wassermassen darstellen.

Die Auswertung der Tiefseesedimente aus dem Boreas-Becken mit einer Meerestiefe > 2.400 m (Tab. 2) ergibt eine Anzahl benthischer Arten, die als allochthone Faunenelemente interpretiert werden (vgl. 2.5.5, Anhang III: Tab. W). Im Boreas-Becken ist, bedingt durch die Lage in hohen Breiten, der Anteil umgelagerter Arten zwar in glazialen Zeiten stärker ausgeprägt, aber umgelagerte Faunenelemente sind auch in interglazialen Phasen zu finden (Abb. 19-21). Demgegenüber spielen im südlichen Europäischen Nordmeer umgelagerte Arten hauptsächlich in glazialen Phasen eine wesentliche Rolle (STRUCK 1992). Umgelagerte Arten gelangen auch durch Meerestransport ins Tiefseesediment. Sedimente vom Meeresboden und damit auch benthische Foraminiferen können nur in Wassertiefen bis maximal 50 m vom Meeresboden aufgenommen werden (REIMNITZ *et al.* 1992). Im Arktischen Ozean sind eistransportierte Foraminiferen hauptsächlich auf einen Sedimenteintrag ins Meeresboden aus Wassertiefen < 35 m zurückzuführen (WOLLENBURG 1995). Die Verfrachtung von Flachwasserarten mit dem Eis kann über weite Strecken erfolgen (RICHTER 1965).

5. INTERPRETATION

Dies bestätigen in einigen Zeitabschnitten hohe Anteile der Flachwasserarten an der Gesamtfauuna im Boreas-Becken (Abb. 13-15).

Die Kernsedimente setzen sich neben den biogenen Komponenten auch aus terrigenem Material zusammen. Dieses eistransportierte Material wird zum einen durch Eisberge als das sogenannte IRD (Ice-Rafted-Debris) ins Sediment eingebracht und zum anderen durch das Meereis. Während Eisberge überwiegend grobes Material eintragen, das man im Sediment als sogenannten "dropstone" wiederfindet (HEBBELN 1991, SPIELHAGEN 1991, KUBISCH 1992), befördert Meereis meist feinkörniges Sediment, siltige Tone bis tonige Silte (WOLLENBURG 1993), das in flachen Schelfregionen aufgenommen wird. Unterschiedliche Herkunftsgebiete sind anhand einer Verteilungskurve von "IRD"-Typen für Sedimente aus der Framstraße der letzten 180.000 Jahren ermittelt worden (HEBBELN & WEFER 1997). Demnach wird das IRD in den einzelnen glazialen Phasen aus unterschiedlichen Liefergebieten ins Sediment verfrachtet (Abb. 24).

Durch Meereistransport an karbonatischen Faunenelementen werden im Arktischen Ozean im wesentlichen Schelfelphidien, *B. frigida* und *C. reniforme* aus Flachwasserregionen ins Tiefseesediment verfrachtet (WOLLENBURG 1995). Es handelt sich dabei um Arten, die auch in den Sedimenten im Boreas-Becken in allen Kernen überliefert sind (Abb. 19-21). Diese eistransportierten umgelagerten benthischen Foraminiferen aus dem Boreas-Becken sind mit den "IRD"-Typen, die Herkunft und Richtung der Eisdriftströmung angeben, verglichen worden (Abb. 24). Die umgelagerten Arten stammen möglicherweise aus denselben Herkunftsgebieten. Die Sediment-Typen sind nach Daten von Kalziumkarbonaten, Coccolithophoriden und IRD eingeteilt worden. Für die Typen a-d interpretieren HEBBELN & WEFER (1997) einen starken bis schwachen advektiven atlantischen Wassermasseneinstrom und geringen IRD-Eintrag. Für die Typen e-g gibt es keinen Hinweis auf einen gemäßigten atlantischen Wassermasseneinstrom, aber hohe IRD-Einträge. Mit Hilfe der IRD-Daten kann auf die verschiedenen Herkunftsgebiete geschlossen werden (Abb. 24). Der süd-westliche Kern (PS1906-2) im Boreas-Becken zeigt im Vergleich zu den anderen Kernen die höchsten Akkumulationsraten eistransportierter Arten. FRIEDRICH (1997) ermittelt an Meereiskernen in der Grönland-See ebenfalls hohe Abundanzen von Protozoa.

Das Abschmelzen der kontinentalen Eisschilde in den glazialen/interglazialen Übergängen liefert große Schmelzwassermengen. So korreliert über weite Strecken während der letzten 150.000 J.v.h. das IRD (>125 µm) in Vesterisbanken-Sedimenten mit Gletscheroszillationen des Barentssee-Eisschildes und des skandinavischen Eisschildes (ANTONOW 1995). Vom Schelf bis über den Kontinentalhang seewärts

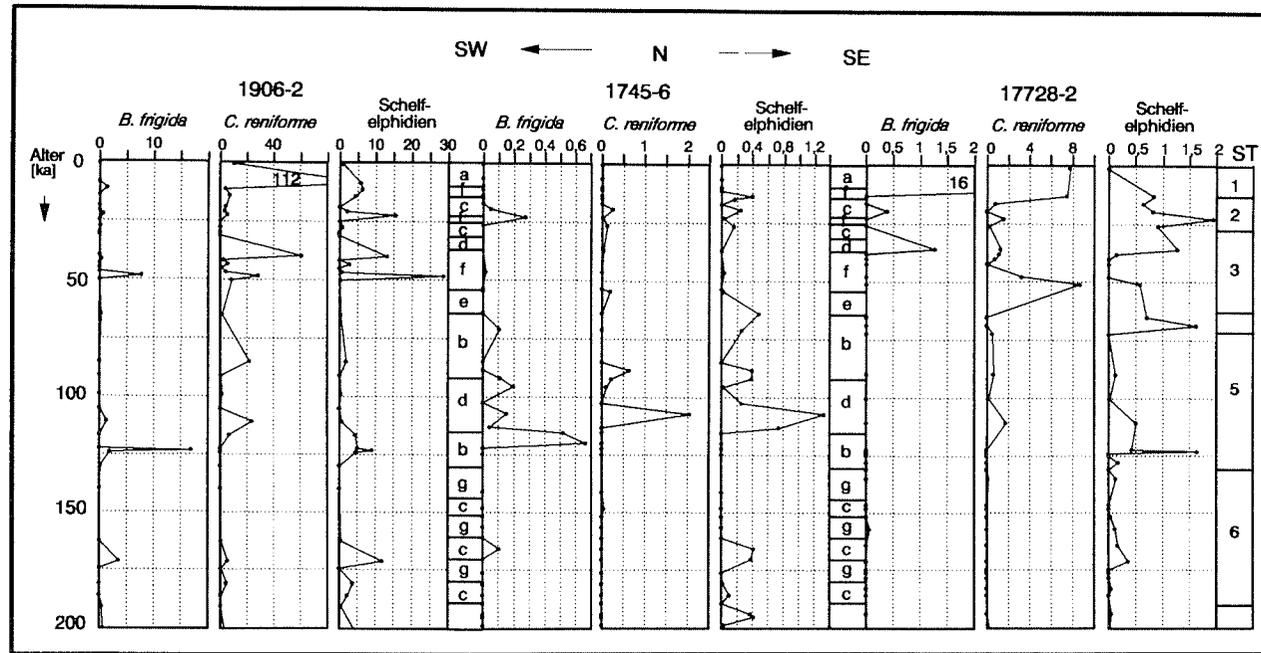


Abb. 24: Eistransportierte umgelagerte benthische Arten während der letzten 180.000 Jahre im Vergleich mit den IRD-Typen (a-g), die Richtungsanzeiger für Eisdrift sind. IRD-Typen modifiziert nach HEBBELN & WEFER 1997. AW = Atlantikwasser

Typ a,b: starke bis moderate Advektion von temperiertem AW, sehr geringer IRD-Eintrag

Typ c: schwache bis moderate Advektion von temp. AW, moderater IRD-Eintrag aus Fennoscandia und dem Baltikum

Typ d,e: kein Hinweis auf temp. AW, (d: AW nur unter den Oberflächenwassermassen), geringer IRD-Eintrag

Typ f: kein Hinweis auf temp. AW, starker IRD-Eintrag aus Svalbard, Barents-See

Typ g: kein Hinweis auf temp. AW, starker IRD-Eintrag aus Sibirien

5. INTERPRETATION

driftende Eisberge schmelzen im wärmeren Wasser jenseits der Polarfront und verlieren einen Teil ihrer Fracht bereits über dem oberen Kontinentalhang und können somit zum Herkunftsgebiet für die Sedimente im süd-westlichen Boreas-Becken (> 2.900 m Wassertiefe) gehören. Zwei Prozesse führen zum erhöhten allochthonen Sedimenteintrag. Zum einen gelangt aus dem schmelzenden Schelfeis ein hoher Sedimenteintrag in die Wassersäule (PFIRMAN & SOLHEIM 1989) und zum anderen kommt es durch Hangabwärtstransport zum Sedimenteintrag in das süd-westliche Boreas-Becken. Letzterer bewirkt gegenüber den anderen Teilbecken im süd-westlichen Boreas-Becken während der letzten ca. 450.000 Jahre eine höhere benthische Faunendichte. Die nach dem Abschmelzen fehlende Eisbedeckung begünstigt zumindest bei saisonal offenen Oberflächenwasserbedingungen die Primärproduktion und somit auch die Benthosaktivität. Anhand von ansteigenden Kalziumkarbonatgehalten sind diese Befunde schon vielfach beschrieben worden (z.B. HENRICH *et al.* 1989, JÜNGER 1994).

Tab. 11: Schmelzwasserphasen im Europäischen Nordmeer.

Alter [J.v.h.]	Stadien	Autoren
14.500		DOKKEN & HALD 1996
17.000 bis 15.000		NEES 1993
50.450	3.31	DOKKEN & HALD 1996
60.000 bis 55.000		DOKKEN & HALD 1996
	6/5 (II)	LABEYRIE & DUPLESSEY 1985
		BAUCH 1993, 1996
	7.5	SARNTHEIN 1997, frdl. mdl. Mittlg.
	8/7 (III)	BAUCH 1993, 1996

Faunistische Ergebnisse an Plankton-Foraminiferen belegen in Zusammenhang mit der Interpretation von Isotopendaten und sedimentologischen Parametern die klimatischen Wechsel während der glazial/interglazialen Übergänge (BAUCH 1993), die auch anhand der benthischen Fauna abzulesen sind. Die aus der Literatur (Tab. 11) bekannten Abschmelzphasen sind im Sediment anhand der Benthosfauna im Boreas-Becken nicht einheitlich zu identifizieren. D. h., es ist keine Artengemeinschaft überliefert, die ausschließlich Schmelzwasserereignisse anzeigt. Allerdings sind die Abschmelzphasen oft parallel mit leicht erhöhten Gesamt-INDAR-Werten, im Vergleich zu Werten des folgenden Interglazials überliefert. Die Artenvergesellschaftung ist geprägt durch *O. umbonatus* als Hauptelement mit hohen Akkumulationsraten, umgelagerten Arten sowie anderen häufig auftretenden Faunenelementen mit niedrigeren AR (Tab. 10a).

Die Gehäusegröße einiger Arten, z.B. *C. wuellerstorfi* (vgl. 4.1.1 u. 4.3) lassen sich möglicherweise in ihrer Verbreitung mit den Temperaturbedingungen ihrer Umwelt korrelieren. Jedenfalls ist die Benthosfauna im süd-westlichen Boreas-Becken hauptsächlich in der 125-250 µm-Fraktion vertreten. Das süd-westliche Becken ist geographisch bedingt dem größten Einfluß polarer Wassermassen ausgesetzt (vgl. Abb. 2).

5.1.2 Sedimentationsereignisse, ein Produkt thermohaliner Strömungen

Außergewöhnlich hohe Gesamt-Akkumulationsraten benthischer Foraminiferen kennzeichnen Sedimentationsereignisse in pelagischen Sedimenten des Boreas-Beckens. Sedimentakkumulationen treten im süd-westlichen Boreas-Becken (Kern PS1906-2) in kurzen Zeitabschnitten glazialer und interglazialer Zeiten auf und zeichnen sich durch außergewöhnlich hohe INDAR-Werte der benthischen Arten *C. teretis* (Abb. 25), *O. umbonatus* und der Gruppe der Elphidien aus. *C. teretis* bildet in den variierenden Zeitabständen der maximalen Akkumulationsraten während der letzten ca. 375.000 J.v.h. einen zyklischen Hangabwärtstransport ab (Abb. 25). Vergleicht man die Zeitabstände zwischen AR-Maxima innerhalb des jeweiligen Zeitabschnitts, so ergibt sich eine charakteristische Abfolge hoher und niedrigerer Werte, die durch eine Überlagerung verschiedener Perioden des zyklischen Hangabwärtstransports erklärt werden könnte. Der zyklische Hangabwärtstransport ist aus niedrigeren Zeitabständen (zwischen 7.000 und 10.000 Jahren) und höheren Zeitabständen (zwischen 32.000 und 77.000 Jahren) abgeleitet worden. Daraus folgt ein Zyklus der Zeitabstände hoch, niedrig, hoch hoch niedrig. Der zyklische Hangabwärtstransport kann ein Hinweis auf Kontinuität der Suspensionströme während der letzten ca. 380.000 Jahre sein. Das Liefergebiet ist möglicherweise die höchste Erhebung (ca. 1.400 m) der GFZ. Die Horizonte (Abb. 28) der Sedimentationsereignisse lassen sich aufgrund der Artenassoziation im Kern PS1906-2 gut auskartieren. Eine Erhöhung der Akkumulationsraten in weiteren Faunenelementen verdeutlicht das Ereignis.

Kurzzeitige Sedimentationsereignisse leiten auch HAMICH (1991), BAUCH (1993) und NEES (1993) aus den Untersuchungen am Kern PS1906-2 ab. Glaziale Sedimente und kältere Phasen der interglazialen Sedimente deutet HAMICH (1991) als Contourite, die möglicherweise mit Tiefenwassererneuerung in Verbindung stehen. Nach BAUCH (1993) treten Sedimentschüttungen als Contourite oder Turbidite in hemipelagischen Kernen mit Hangneigung auch in interglazialen Zeiten auf (Kern PS1906-2), wogegen in den Glazialzeiten durch Abschmelzung der vermehrte Eintrag von IRD als Ursache der Sedimentschüttungen zu nennen ist. Die Auswertung von Sinkgeschwindigkeits-

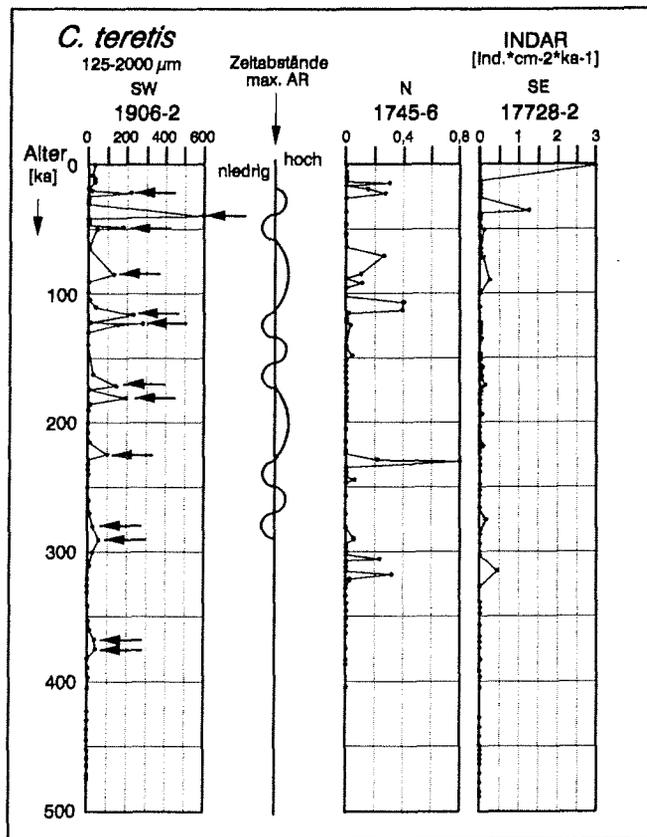


Abb. 25: Die horizontalen Pfeile (←) markieren maximale Akkumulationsraten (AR) der benthischen Art *C. teretis*. Die variierenden Zeitabstände der max. AR bilden während der letzten 375.000 J.v.h. im SW des Boreas-Beckens einen zyklischen Hangabwärtstransport ab (↓). Im N und im SE des Beckens spielen diese Prozesse keine Rolle.

Verteilungen im Boreas-Becken hat gezeigt, daß contouritische Strömungen die interglazialen Sedimente prägen; ein starker Einfluß von Strömungen scheint auch die glazialen Sedimente zu beeinflussen (MICHELS 1995).

Sedimentationsereignisse, die nachweislich die benthische Tiefseefauna in den Kernen GIK17728-2 und PS1745-6 im Boreas-Becken prägen, treten nicht auf. Für den südöstlichen Kern (Kernposition GIK17728-2) liegt die Ursache möglicherweise in der Lokation. Die Kernentnahmestelle ist ein Tiefseehügel (Abb. 5) mit sehr geringer Hangneigung (s. 2.1). Die überlieferte benthische Artenzönose in Verbindung mit ihren relativ niedrigeren Gesamt-Akkumulationsraten läßt ähnliche morphologische Bedin-

gungen für die Entnahmestelle des nördlichen Kerns (Kernposition PS1745-6) im Boreas-Becken ableiten.

5.1.3 Paläo-Ozeanographie im Boreas-Becken und angrenzenden Meeresgebieten rekonstruiert anhand der benthischen Faunenverteilung

Eine Erwärmung der Oberflächenwassermassen führt zu einer Zunahme der Primärproduktion, die dann nach dem Absinken durch die Wassersäule relativ unmittelbar als Nahrungsangebot zur Verfügung steht. Aus Gebieten mit Meereisbedeckung resultieren relativ geringe Primärproduktionen. D. h., eine Erwärmung der Oberflächenwassermassen geschieht im Boreas-Becken entweder als Folge des saisonalen Aufschmelzens einer Meereisbedeckung und/oder durch die atlantischen Oberflächenwassermassen, die somit das Verbreitungsmuster in der Tiefseefauna steuern. Aufgrund der beschriebenen Zusammenhänge kann durch die überlieferte Artenassoziation auf einen möglichen atlantischen Oberflächenwassereinfluß (AOE) geschlossen werden, der im folgenden anhand der interglazialen und glazialen fossilen Sedimente diskutiert wird.

Die geographische Lage des Kerns GIK17728-2 bedingt den größten Einfluß des Westspitsbergenstroms (vgl. Abb. 2) im Vergleich der untersuchten Kerne im Boreas-Becken.

Im folgenden Kapitel ist zwecks der Übersicht für eine bestimmte Artenzönose (s. 4.3, Tab. 10) der Begriff "Hauptarten" verwendet worden.

5.1.3.1 Glaziale Stadien: Atlantischer Oberflächenwassereinfluß (AOE) in den Isotopenstadien 12, 10, 8, 6, 3 und 2

Stadium 12 und 10

Die ältesten Sedimente stammen aus einer Periode vor über 423.000 Jahren, in der keine Benthosfauna überliefert ist (Abb. 10 und 12, Tab. 7). Es läßt sich ableiten, daß entweder sehr schlechte Lebensbedingungen für das Benthos geherrscht haben oder daß durch postsedimentäre Lösung bedingt keine benthischen Foraminiferen im Sediment überliefert sind. Für die zweite Annahme spricht, daß es keinen rezenten Ozeanboden gibt, auch nicht im Arktischen Ozean unter Eisbedeckung, der nicht von Foraminiferen besiedelt ist (MURRAY 1991, ALTENBACH 1992, STRUCK 1992, WOLLENBURG 1995).

Aufgrund der Feststellung, daß benthische und planktische Organismen in den Sedimenten hochglazialer Zeitabschnitte fast völlig fehlen, wird im Stadium 10 für das gesamte Europäische Nordmeer eine durchgehende Eisbedeckung angenommen

5. INTERPRETATION

(BEYER 1988, BAUMANN 1990, BIRGISDOTTIR 1991, STRUCK 1992, BAUCH 1993, JÜNGER 1994).

Einige Autoren beschreiben für die O-Isotopenstadien 12 und 10 hohe IRD-Einträge. So ermitteln THIEDE *et al.* 1998 intensive Phasen von IRD in den Sedimenten der DSDP/ODP-Kerne aus der Framstraße.

Im süd-östlichen (Kernposition GIK17728-2) und nördlichen (Kernposition PS1745-6) Boreas-Becken ist im Stadium 10 ebenfalls keine Benthosfauna überliefert (Tab. 7). HENRICH (1992) beschreibt für die Sedimente des Kerns GIK17728-2 einen Diamikthorizont und besonders hohe IRD-Einträge. Eine Erklärung für benthosfreie Horizonte ist eine karbonataggressive Bodenwassermasse, deren Endprodukt ein karbonatfreier Diamikt mit einem erhöhten Anteil von Eisen und Schwefel ist (HENRICH *et al.* 1989, KASSENS 1990). Diese Bildungsbedingungen sind häufig an Übergangsphasen zum Ende eines Glazials mit dem frühen Einsetzen des Eisrückgangs gekoppelt und können durch eingetragenes eistransportiertes Material durchaus hohe Sedimentationsraten erreichen (HENRICH *et al.* 1989). Auch wenn benthische Foraminiferen unter diesen Bedingungen leben können, werden kalkschalige Gehäuse schon frühdiagenetisch aufgelöst (ALTENBACH 1992). Aufgrund der Häufigkeiten von Dropstones und der spezifischen Zusammensetzung der Diamikte (z. B. Kohlestücke, Schreibkreidefragmente) wird in Glazialphasen ein sehr rascher Eintrag durch Eisberge angenommen. Einige Diamiktlagen weisen scharfe Basis- und Hangendgrenzen auf, ein Hinweis auf eine sehr rasche Ablagerung (HENRICH 1992).

Im süd-westlichen Boreas-Becken (Kernposition PS1906-2) sind nur die jungen Sedimente des Stadiums 10 ohne Benthosfauna überliefert (Tab. 7). In den älteren Sedimenten des Stadiums 10 wird die Artenassoziation durch AOE einer kühleren Wassermasse geprägt. Die hohen Akkumulationsraten der umgelagerten Arten lassen auf parallelen Einfluß durch Eisdrift transportiertes Material schließen. HENRICH *et al.* (1997) beschreiben ebenfalls für das Isotopenstadium 10.2 bis 9.3 einen Horizont mit einem hohen Lösungs-Index und für das übrige Stadium 10 Hintergrundssedimente mit eingeschalteten Diamikten.

Zusammenfassend ist für das Boreas-Becken im Stadium 12 ein Lösungshorizont ermittelt worden, in dem keine Benthosfauna überliefert ist. Zeitgleiche Diamikthorizonte weisen auf glaziale Bedingungen hin. Im Stadium 10 sind von Süd-Osten und Norden nach Süd-Westen unterschiedlich beeinflusste Sedimente im Boreas-Becken festzustellen. Das nördliche und süd-östliche Boreas-Becken ist im Stadium 10 ebenfalls von einem Lösungshorizont gekennzeichnet. Im süd-westlichen Boreas-Becken läßt in

den älteren Sedimenten des Stadiums 10 die Benthosfauna auf eine offene Wassermasse mit kühl-temperierten Oberflächenwasser mit Eisbergdrift schließen. Die Sedimente weisen erst von 341.000 bis 326.000 J.v.h. einen Zeitabschnitt ohne überlieferte Benthosfauna auf.

Stadium 8

Im süd-östlichen Boreas-Becken endet das Stadium 9 mit einer kurzen kühlen Phase und bildet danach im Bereich des Stadiums 8.6 (vor 294.000 J.v.h.) Gesamt-Akkumulationsraten aus, die der Höhe nach auch in dem interglazialen Stadium 9 erreicht werden. Die Gesamt-Akkumulationsraten werden hauptsächlich von *O. umbonatus* gebildet, die nach STRUCK (1992) für glaziale oder zumindest für Zeitabschnitte mit stark reduziertem vertikalem Nahrungseintrag charakteristisch ist. Das geringe Vorhandensein von *C. wuellerstorfi* läßt auf einen Nährstoffeintrag $< 2 \text{ [g} \cdot \text{C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{J}^{-1}]$ schließen. Ein geringer Einfluß von atlantischen Wassermassen vor ca. 294.000 Jahren ist anzunehmen, da nach einer kurzen Abkühlungsphase (vor ca. 303.000 J.v.h.), deutlich erhöhte Akkumulationsraten hauptsächlich von *O. umbonatus*, aber auch der anderen Hauptarten (Tab. 10) mit geringen Werten, im Sediment überliefert sind. Danach sinken die Foraminiferen-Häufigkeiten kontinuierlich bis sie ca. 20.000 Jahre später Null erreichen, was auf eine kontinuierliche Abkühlungsphase schließen läßt. Für das süd-östliche Boreas-Becken kann daher von einem kühl-temperierten AOE im Bereich vom Stadium 8.6 ausgegangen werden. Die abnehmende Tendenz in den INDAR-Werten der Fauna läßt ebenfalls auf eine kontinuierliche Klimaverschlechterung schließen. Am Ende des Glazials mündet die Klimaverschlechterung in einen benthosfreien Horizont. Der Horizont korreliert mit dem von SÖDING (1991) im Kern GIK17728-2 anhand von lithofaziellen Untersuchungen ermittelten Diamikthorizont.

Im nördlichen Boreas-Becken ist aufgrund der Gesamt-Akkumulationsraten im Bereich vom Stadium 8.6 (300.000 J.v.h. und 294.000 J.v.h.) ein AOE anzunehmen, der wie im süd-östlichen Boreas-Becken kontinuierlich abnimmt. In den jungen Sedimenten des Stadiums 8 ist ebenfalls ein benthosfreier Horizont überliefert (Tab. 7).

Im süd-westlichen Boreas-Becken ist die Faunendichte stärker ausgeprägt als im süd-östlichen und nördlichen Boreas-Becken. Diese Phase beginnt vor 301.000 J.v.h. und dauert ca. 40.000 Jahre an. In diesem Zeitbereich ist von lateraler Bodenströmung und von eisfreien Oberflächenwassermassen auszugehen. Aus der Artenassoziation kann geschlossen werden, daß das süd-westliche Boreas-Becken während dieser Periode von moderat-warmen atlantischen Oberflächenwassermassen beeinflusst wurde. Die Gesamt-Akkumulationsraten (Abb. 16-18) werden nicht in erster Linie von umgelagerten Arten

5. INTERPRETATION

gebildet, sondern auch von *C. wuellerstorfi* in einer Größenordnung, wie sie zeitweise auch in Warmstadien üblich ist. Für das süd-westliche Boreas-Becken kann für eine Periode von ca. 40.000 Jahren aufgrund von erhöhten INDAR-Werten, erhöhten Diversitäten und der Kontinuität der Arten ein AOE belegt werden. Auch im süd-westlichen Boreas-Becken ist seit ca. 281.000 J.v.h. ein kontinuierlicher Abfall der INDAR-Werte zu verzeichnen, der aber nicht in den jungen Sedimenten des Stadiums 8 in einen Lösungshorizont mündet.

Einen schwachen Einfluß atlantischer Wassermassen in der Norwegen- und in der Islandsee ermitteln auch GARD (1988) und HENRICH *et al.* (1989) im Stadium 8.5. Ebenfalls einen schwachen Einstrom kühl-temperierter atlantischer Oberflächenwassermassen in den östlichen und zentralen Sektor der Norwegischen See für die Isotopenstadien 8.6 bis 8.5. ermitteln HENRICH (1992), HENRICH *et al.* (1997), und für die Islandsee kommt BIRGISDOTTIR (1991) für den Zeitraum von Stadium 8.6 bis 8.5 zu dem gleichen Ergebnis.

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, daß die benthische Foraminiferen-Population seit dem Substadium 8.6 für ca 40.000 Jahre im süd-westlichen Boreas-Becken weitaus stärker ausgeprägt gewesen ist, als im süd-östlichen und nördlichen Boreas-Becken. Ursache hierfür ist vermutlich die regional eng begrenzte Tiefenkonvektion an der Eiskante. Wäre diese Foraminiferen-Population ausschließlich auf AOE zurückzuführen, müßte das Signal im Norden und Südosten ebenfalls stärker ausfallen. Die stetige Abnahme der Individuen-Population (INDAR) im gesamten Boreas-Becken läßt auf eine kontinuierliche Abkühlungsphase schließen. Eindeutig glaziale Bedingungen sind jedoch nur für die jungen Sedimente im Norden und Süd-Osten gegeben.

Stadium 6

Die unterschiedliche Artenzönose in den Kernen des Boreas-Beckens im Stadium 6 ist ein gutes Indiz, wie differenziert sich zum einen ein Einstrom atlantischer Wassermassen und zum anderen ein Eintrag durch Meereis, durch Hochproduktivität an der Eiskante und/oder durch Contourite (5.1.1 und 5.1.2) auswirken kann.

Für das Stadium 6 ist aufgrund der benthische Foraminiferenverteilung (Tab. 10a) im gesamten Boreas-Becken vor 171.000 Jahren ein atlantischer Einfluß kühl-temperierter Wassermassen und AOE in weiteren Zeitabschnitten anzunehmen (Tab. 12). Die Sedimente im süd-westlichen Boreas-Becken unterscheiden sich erheblich in den Foraminiferen-Häufigkeiten und z.T. auch in ihrer Artenzusammensetzung gegenüber den Sedi-

menten im nördlichen und süd-östlichen Boreas-Becken (Abb. 16-18). Aufgrund ausgesprochen hoher Gesamt-INDAR-Werte und der Artengemeinschaft ist im süd-westlichen Boreas-Becken von kühl-temperierten atlantischen Wassermasseneinstrom in einem Zeitraum von 181.000-163.000 J.v.h auszugehen.

Tab. 12: Entwicklungsstufen der überlieferten benthischen Zönose in Korrelation mit dem AOE im Stadium 6. Grau hinterlegt ist der zeitgleiche AOE-Eintrag im gesamten Boreas-Becken.

SW		N		SE	
PS1906-2		PS1745-6		GIK17728-2	
AOE	ohne Benthos	AOE	ohne Benthos	AOE	ohne Benthos
Alter [ka]					
130				135	131
	140	148	141	157	148
163		166			
		171		171	
181					179
186		186		186	

Anhand der planktischen Foraminiferenverteilung belegt BAUCH (1993), daß es vor allem in den Substadien 6.5 und 6.3 zur Ausbildung eines schwachen Einflusses wärmerer atlantischer Wassermassen gekommen ist. In der Norwegen-Grönland-See wird im Stadium 6.2 von einem schmalen Korridor mit zeitweise offenem Wasser und einem nordwärts gerichteten Eisdriftstrom ausgegangen (HENRICH *et al.* 1995, Abb. 26). Einen Einstrom atlantischer Wassermassen um 145.000 J.v.h., um 165.000 J.v.h. und 180.000 J.v.h. ermitteln auch HEBBELN & WEFER (1997) in der östlichen Framstraße (78° N). Sie stellen erhöhte Gehalte an Foraminiferen und Schreibkreidefragmente (SPIELHAGEN 1991) sowie kristallines IRD fest. Schreibkreidefragmente sind hauptsächlich Anzeiger für einen nordwärts gerichteten Materialtransport durch Eisberge aus dem skandinavischen Raum.

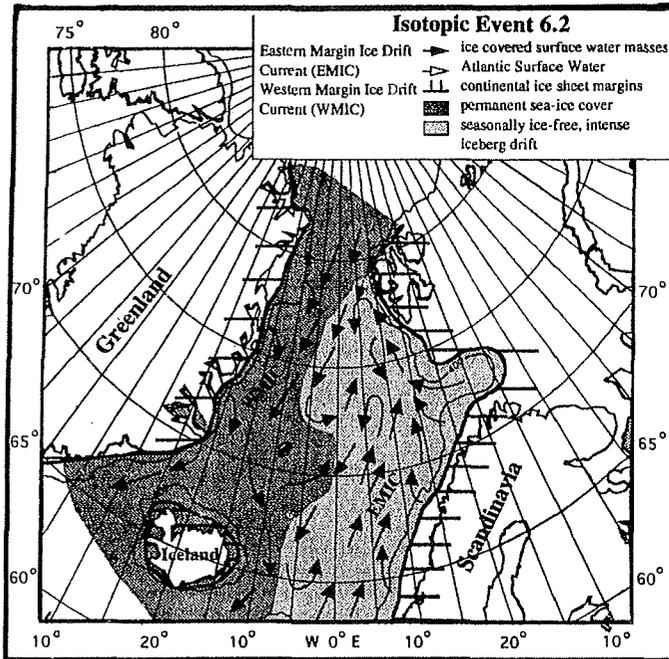


Abb. 26: Eisdriftstrom im Isotopenevent 6.2 (modifiziert nach HENRICH *et al.* 1995).

In den Sedimenten des süd-östlichen Boreas-Beckens ist die benthische Foraminiferenart *C. wuellerstorfi* nicht überliefert. Daher kann eine sauerstoffhaltige Bodenwasser-masse ausgeschlossen werden. Im Bereich des Stadiums 6.5 (Kern GIK17728-2) muß eine erhöhte Bodenströmung geherrscht haben, die durch *C. teretis* und *C. lobatulus* dokumentiert wird. MUDIE *et al.* (1984) beschreiben *C. teretis* und *C. lobatulus* als durch starke Strömung weit umgelagerte allochthone Faunenelemente, die so in große Wassertiefen gelangen. Die Fauna des Stadiums 6.5 wird hauptsächlich von *O. umbonatus* gebildet und von einer relativ hohen Anzahl umgelagerter Arten, die aber sehr geringe Akkumulationsraten aufweisen (Abb. 16 und 19). Während der übrigen Zeit ist aufgrund der überlieferten Benthosfauna, deren Gesamt-INDAR-Werte periodisch wieder abfallen, von einer mehr oder weniger instabilen Eisdecke (Eisdriftströme) auszugehen, die, vermutlich durch AOE bedingt, mehrfach aufbrach. Für das süd-östliche Boreas-Becken ist ein sehr geringer AOE durch die Benthosvergesellschaft und ihre Häufigkeiten dokumentiert, der auf kurzzeitige Intrusionen vor ca.

171.000, 157.000 und 135.000 J.v.h. im Stadium 6.5 und 6.2 (Tab. 12) zurückzuführen ist, die auf mindestens saisonal wärmere Oberflächenwassermassen schließen lassen.

Im nördlichen Boreas-Becken ist durch die überlieferte Artenzönose (Tab. 10a) ebenfalls von AOE auszugehen. Geringe Einflüsse atlantischer Wassermasseneinströme sind vor 171.000, 166.000 und 148.000 J.v.h. durch das Benthos überliefert (Tab. 12). Aufgrund der Artenassoziation und ihrer mehr oder weniger zyklischen Zu- und Abnahme in den Gesamt-INDAR-Werten kann für das nördliche Boreas-Becken in den genannten Phasen ähnliche klimatische Bedingungen wie im süd-östlichen Boreas-Becken abgeleitet werden.

Die ersten ca. 20.000 J.v.h. des Stadiums 6 (181.000-163.000 J.v.h.) zeugen im süd-westlichen Boreas-Becken von einer Hochproduktivitätsphase, die nicht nur auf AOE zurückzuführen ist. In dieser Zeit sind zwei stärkere Zyklen zu unterscheiden. Ein stärkerer AOE ist vor ca. 181.000 J.v.h. überliefert. Die Artengemeinschaft ist durch die folgenden vier häufigsten vorkommenden Arten *O. umbonatus*, *C. teretis*, *P. groenlandica* und *C. wuellerstorfi* geprägt. Die Akkumulationsraten der Gruppe der Elphidien sind relativ gering, so daß nur von einem geringen Eintrag durch Eistransport auszugehen ist. Ein weiterer AOE mit identischer Artenassoziation, aber unterschiedlich hohen INDAR-Werten besteht vor ca. 171.000 J.v.h.. Für die Gruppe der Elphidien und *O. umbonatus* errechnen sich höhere INDAR-Werte. Auch JÜNGER (1994) ermittelt für die Grönlandsee im Stadium 6 extrem hohe Karbonatgehalte, deren Ursache eine variierende Meereisdecke (Polynya) ist, die eine Tiefenwassererneuerung zuließ. In der Framstraße bedingt intensive Bildung von Tiefenwasser in Zeitabschnitten des Stadiums 6 bessere Kalziumkarbonaterhaltung (HEBBELN 1991). LLOYD *et al.* (1996a) nehmen einen Einstrom moderat-warmer atlantischer Wassermassen während des gesamten Stadiums 6 an. Aufgrund der Artenassoziation ist davon auszugehen, daß die süd-westlichen Sedimente im Stadium 6.5, Einträge über AOE mit Eistransport und sedimentakkumulativ wirkende Turbiditeströme erfahren haben. Nach MICHELS (1995) sind Sedimentakkumulationen im Stadium 6 des Kerns PS1906-2 wahrscheinlich überwiegend auf turbiditische Einflüsse zurückzuführen (5.1.2).

Vor ca. 140.000 J.v.h. ist im nördlichen und süd-westlichen Boreas-Becken keine Benthosfauna überliefert. Demgegenüber sind benthosfreie Horizonte im süd-östlichen Boreas-Becken vor 179.000, 148.000 und 131.000 J.v.h. angezeigt (Tab. 12). Die benthosfreien Horizonte vor 179.000 und 131.000 J.v.h. korrelieren mit lihofaziellen Ergebnissen von HENRICH *et al.* (1995), die in zeitgleichen Sedimentabschnitten des Kerns GIK17728-2 Diamikthorizonte beschreiben, die auf glaziale Bedingungen hinweisen (Abb. 27).

5. INTERPRETATION

Zusammenfassend ist für das gesamte Boreas-Becken im Stadium 6 eine Artenzönose überliefert, die sich an den verschiedenen Kernpositionen in erster Linie in ihrer Foraminiferen-Häufigkeit (INDAR) und nicht in ihrer Artenassoziation unterscheidet. Das Auftreten von *C. wuellerstorfi* nimmt von Süd-Osten nach Süd-Westen zu. Die hohen INDAR-Werte und die Foraminiferenverteilung im süd-westlichen Boreas-Becken legen den Schluß nahe, daß ein stärkerer und früher einsetzender AOE ausgebildet gewesen ist, der sich nur z.T. auf das nördliche Becken erstreckt. Im süd-östlichen Boreas-Becken wäre demnach der Einfluß am geringsten (Tab. 12).

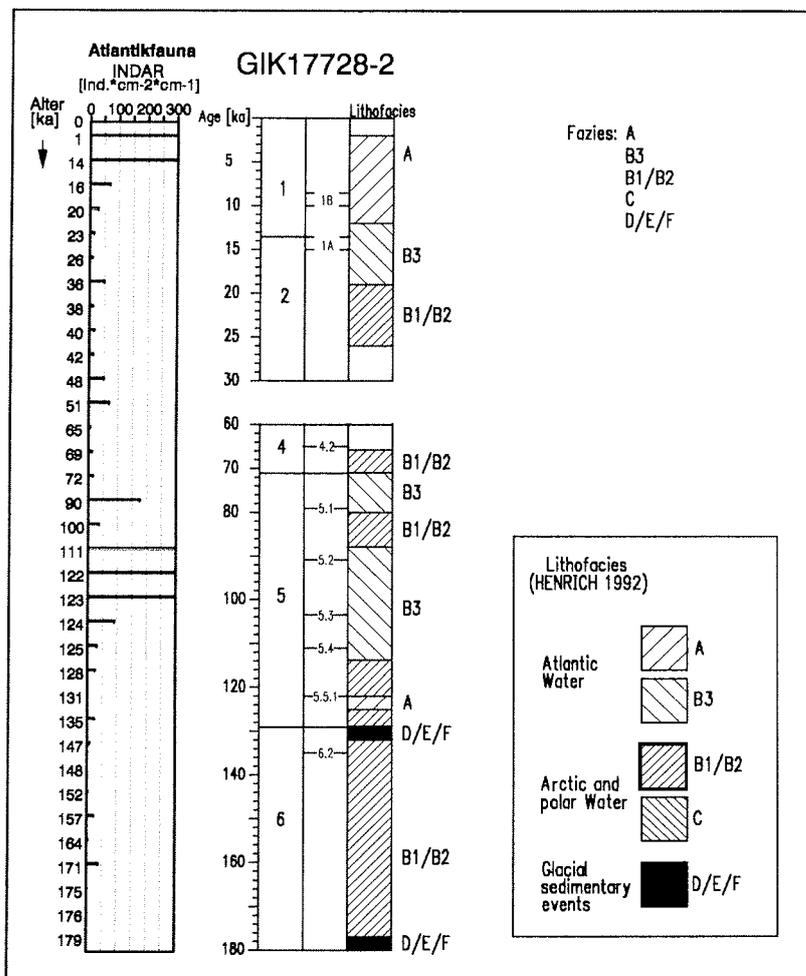


Abb. 27: Hochproduktivitätsphasen mit Atlantikfauna (AF) im Vergleich mit lithofaziellen Daten am Kern GIK17728-2. In den Stadien 1 und 5 korreliert der atlantische Oberflächenwassereinfluß (AOE) der AF mit der lithofaziellen Sedimentabfolge A/B3. Die Fazies D/E/F im Stadium 6 korreliert zusätzlich mit Zeitabschnitten ohne überlieferte Benthosfauna (vgl. 5.2.1).

Die zunehmende Schelfelphidien-Häufigkeit läßt im Südwesten allerdings auf einen Eintrag durch Eisbergdrift schließen. Die impulsartige Individuendichte von *C. teretis* und *C. reniforme* zeigen hangabwärts eingetragenes Material (Abb. 25). Hierdurch wird das regionale Benthosignal des AOE überlagert. Die Benthosdaten zeigen auch in ihren überlieferten Häufigkeiten einen zunehmenden Trend von Süd-Osten nach Süd-Westen. Ein Einfluß atlantischer Wassermassen ist im gesamten Boreas-Becken des Stadiums 6.5 belegt (Tab. 12). Weitere kurze Phasen atlantischer Intrusionen sind sehr wahrscheinlich, wirken sich aber zeitlich-regional unterschiedlich aus (Tab. 12). Zeitabschnitte mit AOE im nördlichen Becken vor ca. 148.000 und 166.000 J.v.h. und vor ca. 180.000 J.v.h. im süd-westlichen Boreas-Becken korrelieren mit Phasen, die HEBBELN & WEFER (1997) für die östliche Framstraße ermitteln. Demgegenüber weisen drei Lösungshorizonte (Tab. 7 und 12) auf glaziale Bedingungen hin, deren Einfluß wahrscheinlich im süd-östlichen Boreas-Becken im Vergleich zum nördlichen und süd-westlichen Boreas-Becken am stärksten gewesen ist.

Stadium 4

Die überlieferte Benthosfauna im Untersuchungsgebiet signalisiert ebenfalls Abkühlung. Das wird im Stadium 4 im gesamten Boreas-Becken durch niedrige Akkumulationsraten der Arten *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus* angezeigt (4.1.3, Abb. 16-18), die mit einer Reduzierung der Diversitäten gegenüber dem Stadium 5 einhergehen. Die Akkumulationsraten der Gesamtfraktion im süd-westlichen Boreas-Becken sind im Substadium 4.2 relativ niedrig, aber insgesamt höher, als im süd-östlichen Becken. Es müssen deutlich schlechtere Bedingungen für das Benthos geherrscht haben, als im Stadium 5, was die niedrigen Akkumulationsraten der Gesamtfraktion belegen. Der deutliche Kälteeinbruch am Ende des Stadiums 5 läßt auf einen Einfluß kühlerer atlantischer Wassermassen schließen. Besonders das Auftreten der Schelfelphidien (Gruppe der Elphidien), aber auch der anderen Schelfarten (Abb. 24), weist trotz relativ niedriger INDAR-Werte (Abb. 19-21) auf einen Eintrag durch Eistransport hin. Die geringe Probandendichte läßt weitere detaillierte Ableitungen nicht zu. Dennoch ist aufgrund der überlieferten benthischen Artenzönose im Stadium 4, im Zeitabschnitt von ca. 71.000 bis 64.000 J.v.h. keine permanent geschlossene Eisdecke zu vermuten. Die überlieferte Artenzönose dieses Zeitraums läßt eher auf einen Einfluß kühl-temperierter atlantischer oder arktischer (vgl. Abb. 2) Wassermassen schließen.

So ermittelt BAUCH (1993) ungünstige Lebensbedingungen aufgrund niedriger planktischer Foraminiferenhäufigkeiten und einer Subpolarfauna mit *G. quingeloba*, die

5. INTERPRETATION

nicht entscheidend während des Glazials etabliert ist. Auch JÜNGER (1994) bestätigt während dieses Zeitraumes eine Temperaturabnahme innerhalb der Oberflächen- und Tiefenwässer für die zentrale Grönlandsee und schließt aufgrund von hohen $\delta^{18}\text{O}$ -Werten und einem erhöhten Eintrag an terrigenem Material für einen langen Zeitabschnitt auf saisonale Eisbedeckung. Zu demselben Ergebnis kommt ANTONOW (1995), anhand von "schweren" O-Isotopenverhältnissen der Vesterisbanken-Sedimente, die auf ein starkes Absinken der Oberflächenwassermassen-Temperaturen deuten. HENRICH *et al.* (1997) ermitteln aufgrund von Sedimentfaziestypen für die östliche und zentrale Norwegensee einen Einstrom kühlerer atlantischer Wassermassen. Die östliche Framstraße ist ebenfalls während des frühen und mittleren Stadiums 4 von einer schwachen atlantischen Wassermasse beeinflusst worden, was nach HEBBELN & WEFER (1997) durch ein Vorkommen von Coccolithophoriden ermittelt wird, während das späte Stadium 4 in der Norwegen-See und in der Framstraße durch eine nahezu geschlossene Eisdecke charakterisiert ist (HENRICH *et al.* 1995, HEBBELN & WEFER 1997).

Stadium 3

Die Faunenentwicklung des Stadiums 3 setzt sich mit einer insgesamt drastisch verringerten Individuendichte fort, wie sie schon im Stadium 5 (Tab. 10a) begonnen hat. Trotz der deutlich verringerten Foraminiferen-Häufigkeiten ist aufgrund der Artengemeinschaft auf einen Einstrom kühl-temperierter atlantischer Wassermassen für das gesamte Boreas-Becken an den Stadiengrenzen 4/3.3 zu schließen. Dieser ist gegenüber dem Stadium 4 mit erhöhten Gesamt-Akkumulationsraten, hohen Werten von *O. umbonatus* und niedrigeren Akkumulationsraten einiger Schelfarten im nördlichen und süd-östlichen Boreas-Becken gekennzeichnet (Abb. 16-21). Ein relativ hoher Eintrag von IRD im gesamten Europäischen Nordmeer (HENRICH *et al.* 1989, BIRGISDOTTIR 1991, SPIELHAGEN 1991, HAMICH 1991) läßt den Schluß zu, daß eine vorhandene Eisdecke entweder saisonal durch eine temperierte atlantische Oberflächenwassermasse antaute, was im Substadium 3.3 zu Schmelzwasser-Episoden führte (WEINELT 1993) oder eine vorhandene Eisdecke durch Insolation kurzzeitig aufbrach. Einen Einstrom kühl-temperierter atlantischer Wassermassen in den östlichen und zentralen Sektor in der Norwegischen See ermitteln HENRICH *et al.* (1997) für das Stadium 3.1.

Die weitere Faunenentwicklung ist bis zum Ende des Stadiums 3 im nördlichen Becken von relativ konstanter Foraminiferendichte mit allerdings niedrigeren Gesamt-Akkumulationsraten (4.1.3) geprägt. Die Foraminiferenverbreitung der Hauptarten (Tab. 10) lassen während des Zeitabschnitts von 55.000 bis 37.000 J.v.h. auf einen

geringen atlantischen Einfluß schließen. Die Tatsache, daß weder Schelfelphidien noch andere Schelffaunenelemente überliefert sind, unterstützen die Annahme auf einen möglicherweise kühl-temperierten AOE ohne Eisbergdrift.

Ein ähnliches Bild stellt sich im süd-östlichen Boreas-Becken dar. Die Verbreitung aller Hauptarten, mit den höchsten INDAR-Werten von *O. umbonatus*, mit variierenden höheren Gesamt-Akkumulationsraten als im nördlichen Boreas-Becken, aber unterschiedlichen Artengemeinschaften in den Zeitabschnitten, lassen ebenfalls auf einen Einstrom atlantischer Wassermassen schließen, der aber Schwankungen unterliegt. Aufgrund der Artengesellschaft und ihrer Häufigkeiten ist für das süd-östliche Boreas-Becken in dem Zeitraum von ca. 51.000 bis 36.000 J.v.h. ein kühl-temperierter atlantischer Oberflächenwassermassen-Einfluß anzunehmen.

Demgegenüber vermittelt die Benthosfauna im süd-westlichen Boreas-Becken des Stadiums 3 ein ganz anderes Bild. Die Sedimente weisen zwischen ca. 50.000 und 40.000 J.v.h. hohe Gesamt-Akkumulationsraten des Benthos auf, die Maximalwerte vor ca. 49.000 und 40.000 J.v.h. erreichen, wie sie auch vergleichbar in den kühleren Perioden des Stadiums 5 vorkommen. Die Maximalwerte der Benthosfauna sind aber auf Sedimentationsereignisse infolge von gravitativem Hangabwärtstransport zurückzuführen.

Die Faunenentwicklung im Stadium 3.31 weist durch erhöhte Vorkommen (INDAR-Werte) von *C. wuellerstorfi* auf eine sauerstoffreiche Bodenwassermasse und eine Artenvielfalt hin, wie sie auch im Stadium 5 typisch ist. Hieraus läßt sich Tiefenkonvektion und somit ein gut ausgebildetes Zirkulationssystem mit Bodenströmung ableiten. Umgelagerte Arten spielen im Vergleich zu den Hauptarten eine untergeordnete Rolle. Auch im süd-westlichen Boreas-Becken kann aufgrund der überlieferten Artenzönose auf einen Einstrom kühl-temperierter Atlantik-Oberflächenwassermassen geschlossen werden. Ca. 2.000 Jahre später wandelt sich das Faunenbild. Eine Dominanz von *O. umbonatus* in Verbindung mit hohen Faunenanteilen der umgelagerten Arten deuten auf verstärkte Eisbergdrift hin.

Um 42.000 J.v.h. tritt im Südwesten des Boreas-Beckens eine drastisch veränderte Artengemeinschaft (4.1.3) parallel mit einer Pteropodenhäufung (Abb. 4) auf. Der Pteropodenhorizont keilt nach Norden und Südosten aus. Pteropodenhorizonte belegen, daß das Kernmaterial oberhalb der ACD sedimentiert wurde, und daß in den entsprechenden Kernsegmenten auch keine signifikanten fröhdiagenetischen Lösungsprozesse von Aragonit stattgefunden haben. Pteropodenhorizonte weisen vermutlich auf intensive Tiefenkonvektion hin (HENRICH 1992). Eine planktische Subpolarfauna mit *G.*

5. INTERPRETATION

quinqueloba mit geringen Prozentanteilen im süd-westlichen Boreas-Becken (Kern PS1906-2) weist auf geringfügig bessere Lebensbedingungen, die aber wesentlich ungünstiger waren, als nach dem Klimamaximum im Stadium 5 (BAUCH 1993).

Nur in den Sedimenten des süd-westlichen Boreas-Becken sind vor 30.000 J.v.h. keine benthischen Foraminiferen überliefert. Der Sedimenthorizont besteht aus laminaren Tonen, die nach Norden und Südosten nicht weiter zu verfolgen sind. Niedrige C_{org} - und $CaCO_3$ -Gehalte (HAMICH 1991) lassen auf reduzierte Lebensbedingungen schließen und sind ein Hinweis auf verstärkte Karbonatlösung.

Zusammenfassend kann durch die überlieferte Artengesellschaft geschlossen werden, daß es im Stadium 3.31 im gesamten Boreas-Becken zu AOE von kühl-temperierten Wassermassen gekommen ist. Die Artengemeinschaft des Stadiums 3 stimmt im wesentlichen mit der des Stadiums 5 überein. Ein erheblicher Unterschied im Vergleich zum Stadium 5 besteht in den niedrigeren Foraminiferen-Häufigkeiten. Der nur im Südwesten überlieferte Horizont ohne Benthosforaminiferen läßt auf einen regional eng begrenzten Einfluß von korrosiven Bodenwassermassen schließen.

Stadium 2

Die Faunenentwicklung, wie sie im Stadium 5 begonnen hat, setzt sich unter unterschiedlich starkem atlantischen Einfluß im Stadium 2 fort. Als zusätzliches Faunenelement erweitert die endobenthische Foraminifere *S. rolshauseni* die Artengemeinschaft, die im Europäischen Nordmeer biostratigraphisch verwendet werden kann (Abschnitte 2.2 und 4.2). Nach Kerndaten von STRUCK (1992) (Kern 23063-3) aus dem Norwegen-Becken beschreibt ALTENBACH (1992) anhand von paläoökologischen Rekonstruktionen eine Faunengemeinschaft mit großwüchsigen Millioliden gemeinsam mit *S. rolshauseni*, "als ein Signal eher veränderter ökologischer Rahmenbedingungen als zufällige Migration aus anderen Ozeanbereichen." Im Boreas-Becken ist die Artengemeinschaft gegenüber dem Stadium 5 im wesentlichen nur um die Arten *C. subglobosum* (Wiedereinsetzen ab dem Stadium 3 bzw. 4) und *S. rolshauseni* erweitert.

Aufgrund der Artengemeinschaft (Hauptarten; Abschnitt 4.1.3 u. Tab. 10a) ist im gesamten Boreas-Becken des Stadiums 2 auf einen geringen, kontinuierlichen, atlantischen Oberflächenwassermassen-Einfluß zu schließen, der von Südost nach Südwest unterschiedlich ausgeprägt ist. So ist im Südwesten des Boreas-Beckens die Artengemeinschaft mit weitaus höheren Gesamt-AR vertreten, die nur vor ca. 22.000 J.v.h. durch ausgesprochen hohe Akkumulationsraten der umgelagerten Arten

gekennzeichnet ist. Die Artengemeinschaft weist zum einen auf durch Eistransport eingetragenes Material und zum anderen auf eingetragene Sedimente durch Hangabwärtstransport hin.

Eine sehr hohe biologische Produktion, vor ca. 21.000 J.v.h., bringt NOTHOLT (1998) vor Nordostgrönland ebenfalls in Verbindung mit einem Eintrag atlantischer Wassermassen in die Norwegische See und die östliche Framstraße.

Vor ca. 14.000 bis 11.000 J.v.h. erreicht *C. wuellerstorfi* AR-Werte, wie sie auch in kühleren Zeiten der interglazialen Stadien (11, 9 und 7) vorkommen, und gemeinsam mit der Artengemeinschaft (Tab. 10a) auf günstigere Bedingungen im Südwesten als im nördlichen und süd-östlichen Boreas-Becken hinweisen. Im süd-westlichen Becken sind während des letzten glazialen Maximums (LGM) vor 18.000 J.v.h. höhere Strömungsintensitäten ermittelt worden (MICHELS 1995), die Hinweise auf Tiefenkonvektion sein können. Der Faunenwechsel in dem Zeitabschnitt mit niedrigen Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi*, das Aussetzen von *C. teretis*, *C. lobatulus* und der Gruppe der Elphidien in Verbindung mit höheren AR von *C. subglobosum* zu einer Fauna um *C. wuellerstorfi* relativ hohen ARs wird als Beginn einer Tiefenkonvektion gedeutet.

Eine höhere Populationsdichte in Verbindung mit der Artenassoziation deutet auf einen AOE im gesamten Boreas-Becken hin, der stärker gewesen ist, als im Stadium 6. Das Hauptelement der Fauna wird von *O. umbonatus* gebildet. *C. wuellerstorfi* ist ebenfalls kontinuierlich mit niedrigen Akkumulationsraten auch im nördlichen und süd-östlichen Boreas-Becken vorhanden. Zusammen mit der Artenvielfalt ist auf einen zwar geringen, aber permanenten Einfluß von kühleren atlantischen Wassermassen zu schließen. Abwechselnde Vorkommen der umgelagerten Faunenelemente (Abb. 19-21) lassen auf noch kühlere Zeitabschnitte mit Materialeintrag durch Eisbergdrift schließen.

5.1.3.2 Interglaziale Stadien: Atlantischer Oberflächenwassermassen-Einfluß (AOE) in den Isotopenstadien 11, 9, 7, 5 und 1

Stadium 11

Das klimatische Optimum dieses Interglazials liegt bei 405.000 J.v.h. (ST 11.3) (VOGELSANG 1990). Die Fauna im Stadium 11.3 des süd-östlichen Boreas-Beckens wird maßgeblich von *O. umbonatus* und untergeordnet von *C. subglobosum*, *P. groenlandica* und *S. arctica* gebildet. Demgegenüber steht eine veränderte Fauna im Stadium 11.3 des südlicheren Europäischen Nordmeers, die aus *O. umbonatus*, *T. tricarinata*, *G. subglobosa*, *P. rotalaria* und *P. bulloides* besteht (STRUCK 1992). Die aufgeführten

5. INTERPRETATION

Unterschiede in der Artengesellschaft deuten auf andere Bedingungen der Benthosfauna im Boreas-Becken hin, die aus der geographischen Lage resultieren. Die Ursache ist ein höherer Einfluß polarer oder arktischer Wassermassen und daraus resultierend ein geringerer AOE.

Die Dominanz von *O. umbonatus* in Relation zu den anderen Faunenbestandteilen läßt sich im gleichen Zeitabschnitt auch für das südlich gelegene Norwegen-Becken (ca. 410.000 J.v.h.), wiederfinden (vgl. STRUCK 1992). Dieses Phänomen von *O. umbonatus* im Stadium 11.3 ist auf das süd-östliche Boreas-Becken beschränkt. Diese Dominanz von *O. umbonatus* im Boreas-Becken ist so deutlich bis in das Holozän nicht mehr vertreten. Das gleiche Ergebnis ermittelt STRUCK (1992) für die Sedimente im Norwegen-Becken. Die Artenassoziation, deren geringe AR und die geringen Diversitäten zeigen gegenüber den Sedimenten der Norwegen-See einen Einfluß durch kühlere Wassermassen im Boreas-Becken an. Nach dem klimatischen Optimum, das im Boreas-Becken eher moderat ausfällt, nehmen die Gesamt-Akkumulationsraten in den süd-östlichen und nördlichen Sedimenten des Boreas-Beckens zum Stadium 10 rapide ab (5.1.3.1). Dies weist auf eine generelle Abkühlung hin. Die Annahme wird durch ansteigende $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopenwerte betätigt.

Ein geringer Einfluß von atlantischen Oberflächenwassermassen kann im süd-östlichen und süd-westlichen Boreas-Becken ca. 10.000 Jahre später als im Stadium 11.3, durch die Art *G. subglobosa* nachgewiesen werden, deren Vorkommen im Stadium 11, bevorzugt in der Fauna des Substadiums 11.3, in weiter südlich gelegenen Kernsedimenten in signifikant großer Anzahl gefunden werden (STRUCK 1992). Relativ niedrige Akkumulationsraten der Art *G. subglobosa* im Boreas-Becken lassen entweder auf einen Einfluß im Randbereich von atlantischen Oberflächenwassermassen (Norwegenstrom) oder auf einen Einfluß von kühleren atlantischen Oberflächenwasser (Mischwässer = polare und atlantische Oberflächenwässer) schließen.

Demgegenüber ist im süd-westlichen Boreas-Becken im ST 11.3 eine andere Fauna mit dem Hauptelement *C. subglobosum* (4.1.3) mit geringen Gesamt-Akkumulationsraten überliefert. In Verbindung mit geringem Vorkommen von *O. umbonatus* und Gruppe der aggl. "Röhren" ist eher auf einen Einfluß kühlerer Wassermassen zu schließen, denn das Hauptverbreitungsgebiet von *C. subglobosum* deutet auf zwei wichtige Umweltfaktoren. Zum einen könnte *C. subglobosum* ein Nahrungsangebot aus dem Pelagial gegenüber küstennahem organischen Material vorziehen. Zum anderen verwendet sie Quarzkörner beim Gehäusebau. Eine Zufuhr an siltigem terrigenem Material sollte daher gewährleistet sein. Demnach wäre die Verbreitung von *C. subglobosum* von zwei

"widerstreitenden" Prozessen gesteuert, Sedimente terrigener Herkunft und organische Substanzen pelagischen Ursprungs (MACKENSEN 1985).

Die Sedimente des süd-westlichen Beckens im Stadium 11 signalisieren aufgrund ihrer Artengemeinschaft zwei wärmere Phasen, die von einer kalten unterbrochen werden. In dieser kalten Phase (382.000 J.v.h.) gehen benthische und planktische Foraminiferen stark zurück. Die ältere, durch benthische Artenzönose ermittelte Warmphase (396.500 bis 389.500 J.v.h.), wird durch einen "leichten" $\delta^{18}\text{O}$ -Wert unterstrichen. Die Artenzönose wird maßgeblich durch die Faunenelemente *O. umbonatus*, *C. wuellerstorfi*, *C. subglobosum* und *C. teretis* gebildet. Der leichteste Isotopenwert ist als Substadium 11.3 eingestuft worden (HAMICH 1991), der von der Benthosfauna nicht direkt nachvollzogen wird, allenfalls ca. 16.000 Jahre später durch die Akkumulationsraten in der Gesamtfraktion dokumentiert wird. In der jüngeren Phase (375.000 bis 367.000 J.v.h., ST 11.2-11.1) sind zum einen autochthone Faunenelemente wie *O. umbonatus*, *C. wuellerstorfi*, *E. exigua* vertreten, zum anderen spielen allochthone Arten wie *C. teretis*, *B. frigida*, *B. marginata* und zusätzlich umgelagerte Faunenelemente, wie Flachwasserarten, eine große Rolle (4.1.3). Die hohe Populationsdichte der umgelagerten Flachwasserarten weist ergänzend auf einen Eintrag durch Eisbergdrift hin. In der jüngeren Phase sind daher eher kühlere Wassermassen von Einfluß. Die Befunde korrelieren mit hohen IRD-Daten, die in demselben Zeitabschnitt von HAMICH (1991) im Kern PS1906-2 ermittelt worden sind. Das impulsartige Auftreten von *E. exigua* läßt auf kurzfristige Sedimentation von Phytodetritus schließen (GOODAY 1993).

Für die Islandsee leitet demgegenüber BIRGISDOTTIR (1991) im Stadium 11 aufgrund von hohen Kalziumkarbonatgehalten, hohen Foraminiferenkonzentrationen sowie dem Fehlen von eisverfrachtetem Material, einen maximalen Einfluß von "warmen" nordatlantischen Wassermassen ab. Auch VOGELSANG (1990) geht für das Ostbecken des Europäischen Nordmeeres von einströmendem Atlantik-Oberflächenwasser aus, in deren Verlauf es zur Tiefenwasserbildung gekommen ist. HENRICH *et al.* (1997) beschreiben ebenfalls für den südlichen und zentralen Sektor in der Norwegen-Grönland-See für das Stadium 11.3 ein warmes Interglazial, das auf atlantischen Intrusionen beruht. Allerdings wird übereinstimmend für das süd-östliche Boreas-Becken im Stadium 11.3 aufgrund von lithofaziellen Untersuchungen von einem Einfluß arktischer Wassermassen ausgegangen (HENRICH *et al.* 1997).

Während des gesamten Interglazials ist die agglutinierende Foraminifere *C. subglobosum* im gesamten Boreas-Becken kontinuierlich im Sediment vorhanden,

5. INTERPRETATION

obwohl sie häufig in fossilen Sedimenten schnell zerfällt und somit in größeren Sedimenttiefen nicht mehr oder nur noch in vereinzelt Exemplaren gefunden wird (GROBE 1985, THIES 1991). Das verstärkte Auftreten von *C. subglobosum* korreliert mit der Abnahme der Gruppe der aggl. "Röhren". Diese Beziehung hat auch THIES (1991) anhand der Benthosfauna in Oberflächenproben des Europäischen Nordmeeres beobachtet. Das vermehrte Auftreten agglutinierender Foraminiferen wird als Indiz für korrosive Bodenwässer angesehen (KAMINSKI *et al.* 1989a). Diese korrosiven und zugleich auch nährstoffreichen Wassermassen haben nach WOLF (1990) ihren Ursprung im arktischen Ozean, was für diesen Zeitabschnitt entsprechend einen verminderten Einstrom von atlantischen Wassermassen zur Folge hat.

Im interglazialen Stadium 11 kommt dem Suspensionsfiltrierer *C. wuellerstorfi* im Boreas-Becken eine untergeordnete Bedeutung zu (Abb. 16, 18). Die Lebensbedingungen sind auch für *O. umbonatus* nur in kurzen Zeitabschnitten (11.3) optimal und zeigen im Substadium 11.3 eine geringe Bedeutung der filtrierenden Epifauna, ähnlich wie die südlich gelegenen Kerne von STRUCK (1992). Die Benthosgemeinschaft (s. 4.1.3, Abb. 16, 18) deutet auf regionale Abkühlung hin, die sich im süd-östlichen Boreas-Becken kontinuierlich gegen Ende des Interglazials verstärkt. Möglicherweise lag der zyklonale Wirbel südlicher, als es unter rezenten Bedingungen der Fall ist, oder der Atlantikeinfluß resultierte aus kühleren Wassermassen. Im gesamten Raum ist dann auch während der Isotopenevents 11.2 und 11.1 von einem Einfluß arktischer Oberflächenwassermassen auszugehen (HENRICH *et al.* 1997).

D. h., im Vergleich zum heutigen Strömungsbild (Abb. 2) und im Vergleich der Sedimente aus dem Norwegen-Becken sowie der Islandsee, sind die atlantischen Intrusionen ins Boreas-Becken im Substadium 11.3 schwächer gewesen. Im Bereich der Isotopenstadien 11.2 und 11.1 ist im gesamten Boreas-Becken noch von kühleren Bedingungen auszugehen. Der Artengesellschaft und ihren AR-Werten zufolge ist für das süd-östliche und bedingt auch für das nördliche Boreas-Becken auf noch ungünstigere Bedingungen für das Benthos als im Süd-Westen des Beckens zu schließen.

Stadium 9

Nach Beendigung der Kaltphase des Stadiums 10 besiedeln die benthischen Foraminiferen ihren Lebensraum zeitverzögert. Im Zeitbereich des Substadiums 9.3 ist im süd-westlichen Boreas-Becken keine Benthosfauna überliefert (Tab. 7). Im nördlichen und süd-östlichen Boreas-Becken ist eine Faunengesellschaft vertreten, die geringe Gesamt-Akkumulationsraten aufweist. Während des Substadiums 9.3 erreichen die Atlantikin-

trusionen die Kernpositionen im Boreas-Becken nicht sondern erst mit einem allerdings geringen Einfluß ca. 10.000 Jahre später. Glaziomarine Einflüsse während der O-Isotopenevents 9.3 und 9.2 belegen auch HENRICH *et al.* (1997). Demgegenüber weisen nach STRUCK (1992) die süd-östlichen Kerne im Europäischen Nordmeer im Bereich des Substadiums 9.3 ein ausgeprägtes Maximum der Akkumulationsraten auf, das allerdings nach Nord-Westen deutlich abnimmt. Daraus folgt die Reduzierung des AOE's von Süden zumindest in Nord-Westrichtung des Europäischen Nordmeeres.

Erst im Bereich des Substadiums 9.1 herrschen im Boreas-Becken für einen kurzen Zeitabschnitt günstigere Bedingungen für die Benthosfauna vor, gemessen an der Artenverteilung, wie sie für hochproduktive interglaziale Stadien überliefert ist. Auch die $\delta^{18}\text{O}$ - und $\delta^{13}\text{C}$ - Isotopenverhältnisse dokumentieren eine gute Durchlüftung der Oberflächenwassermassen im O-Isotopenstadium 9.1 mit einer Tiefenwassererneuerung in diesem Bereich (VOGELANG 1990, BIRGISDOTTIR 1991).

Die Artenassoziation in Verbindung mit ihren Akkumulationsraten belegt erst im Bereich des Stadiums 9.1 einen moderat-warmen Atlantikwassereinfluß, der allerdings geringer gewesen sein muß, als zu den klimatisch günstigsten Zeitabschnitten der Stadien 11 und 7.

Stadium 7

Nach einer kurzen Abkühlungsphase zum Ende des Stadiums 8 etabliert sich im süd-westlichen Boreas-Becken im Stadium 7.5 hauptsächlich die Art *O. umbonatus* (Tab. 10a) mit höheren Akkumulationsraten. Im Bereich des Stadiums 7.5 ergibt sich im Norden und Süd-Osten des Boreas-Beckens ein ähnliches Faunenbild, allerdings mit niedrigeren Akkumulationsraten. Die Faunenentwicklung deutet auf einen Einfluß kühlerer atlantischer Oberflächenwassermassen hin. Das Fehlen allochthoner Flachwasserlelemente zeigt an, daß es keinen Eintrag eistransportierten Materials gegeben hat.

Zu Beginn des Stadiums 7 ist die agglutinierende benthische Foraminifere *T. sagittula* in den Sedimenten des gesamten Boreas-Beckens überliefert, die rezent nach MACKENSEN *et al.* (1985) vor Norwegen in bis zu 300 m Wassertiefe Artengruppen mit *C. lobatulus* dominiert. *T. sagittula*, die einmalig mit nur geringen Akkumulationsraten zu Beginn des Stadiums 7 im gesamten Boreas-Becken vorkommt, unterstützt mit ihrem Vorkommen die Annahme auf einen moderaten AOE und somit auch auf einen strömungsbedingten Eintrag. Der Sandschaler *C. subglobosum*, der kontinuierlich innerhalb der Stadien 11, 9 und 8 im gesamten Boreas-Becken verbreitet ist, setzt mit Beginn des Stadiums 7 aus. Die Ursache dafür kann zum einen in der postsedimentären

5. INTERPRETATION

Zerstörung der Gehäuse durch Bakterien liegen. Zum anderen besteht die Möglichkeit, daß das Lieferangebot des Materials zum Ausbau des Gehäuses entweder nicht ausreichend gewesen ist oder nicht die richtige Zusammensetzung hatte (Stadium 11).

Schmelzwasserereignisse im Substadium 7.5 (SARNTHEIN 1997, frdl. mdl. Mittlg.) sind im süd-westlichen Boreas-Becken (Kern PS1906-2) mit Hilfe der atlantischen planktischen Art *Beella megastoma* (B3-event) ermittelt worden. Ihr Vorkommen ist aber im süd-östlichen Boreas-Becken (Kern GIK17728-2) nicht zu verfolgen (BAUCH 1993). Im Gegensatz zum süd-westlichen Boreas-Becken ist im Süd-Osten vor ca. 266.000 J.v.h. ein Diamikthorizont (5.1.3.1) aufgeschlossen (SÖDING 1990), der durch einen völligen Rückgang der benthischen Foraminiferenpopulation markiert ist. Ob diese Tatsache im Zusammenhang mit dem Fehlen des B3-events im süd-östlichen Boreas-Becken steht, dessen dann noch leicht korrosive Tiefenwassermassen zur Lösung von *B. megastoma* führen oder ob das Vorkommen von *B. megastoma* an eine spezielle Wassermasse (NAIW) adaptiert ist, konnte noch nicht umfassend geklärt werden (BAUCH 1996). Nach NEES (1993) können kurzfristige regionale Schmelzwasserereignisse Auswirkungen bis zum Meeresboden haben, und werden in einem INDAR-Anstieg durch eine Zunahme der endobenthischen und *t*-ubiquitären Foraminiferenarten nachvollzogen.

Der Bereich des Substadiums 7.4 zeichnet sich im Boreas-Becken durch eine ausgeprägte Kältephase aus, die im nördlichen und süd-östlichen Boreas-Becken eine Benthosfauna mit geringen Gesamt-INDAR-Werten überliefert (Tab. 7). Im süd-westlichen Boreas-Becken ist eine Artenzönose überliefert, die auf Sedimentationsereignisse und durch Eistransport eingetragenes Material schließen läßt (5.1.1 und 5.1.2). Aufgrund eines deutlich vermehrten Auftretens der planktischen Art *N. pachyderma* (sin.) schließt BAUCH (1993) im Kern PS1906-2 auf ein zeitgleiches Sedimentationsereignis, dessen Ursprung vermutlich auf Turbiditströme zurückzuführen ist. Eine starke Bodenströmung belegen ausgesprochen große Häufigkeiten von *C. teretis* und *C. lobatulus* (Stadium 6). Die kalte Phase wird auch für südliche Kernpositionen in der Norwegensee durch einen deutlichen Rückgang der Kalziumkarbonatgehalte sowie einen bedeutenden Eintrag von grobem IRD bestätigt (HENRICH 1992). Während des Isotopen-events 7.4 kommt es durch arktische und polare Wassermassen zur Sedimentation der Fazies B2 (HENRICH *et al.* 1997).

Auf wärmere atlantische Oberflächenwassermassen ist aufgrund der überlieferten Benthosfauna erst im Bereich vom Stadium 7.3 zu schließen. Hochproduktivität ist erst in den jungen Sedimenten des Interglazials vor ca. 200.000 Jahren im gesamten Boreas-Becken nachweisbar. Die Artengemeinschaft signalisiert mit einem hohen Vorkommen

von *O. umbonatus* und geringeren Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* allerdings deutlich kühlere Wassermassen, als im Stadium 5.5. Das Vorkommen von *D. communis* zeitgleich vor ca. 194.000 Jahren im nördlichen und süd-östlichen Boreas-Becken und ca. 3.000 Jahre später im süd-westlichen Becken wird als zusätzlicher Beleg für kühlere Bedingungen gewertet. Untersuchungen an Sedimenten im Grönlandbecken ergeben erste Erwärmungen durch atlantische Wassermassen erst im Stadium 7 und in älteren Sedimenten einen polaren Einfluß (JÜNGER 1994). Aufgrund der überlieferten Benthosfauna bleibt festzustellen, daß ein AOE im Boreas-Becken bereits für die Stadien 11, 9 und 8 belegt werden kann.

Zusammenfassend lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen. Die Artenassoziation und ihre nicht sehr hohen Akkumulationsraten im Stadium 7.5 und 7.3 weisen auf moderat-temperierte Wassermassen hin. Eine ausgesprochen kühle Phase wird im Substadium 7.4 durch einen deutlichen Rückgang in den Akkumulationsraten der Benthosfauna im nördlichen und süd-östlichen Boreas-Becken angezeigt. Im süd-westlichen Boreas-Becken bedeuten im Stadium 7.4 relativ hohe AR ($>650 \text{ Ind.} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}$), nicht sehr stark ausgeprägten AOE, sondern belegen durch die Artengesellschaft eher verstärkten Eintrag durch Eistransport und Einträge durch gravitativen Hangabwärtstransport (Abb 25). Ein Einfluß warmer atlantischer Wassermassen und somit günstige Lebensbedingungen sind im Stadium 7.2 und 7.1 durch die Zusammensetzung und Häufigkeit der Artenzönose im gesamten Boreas-Becken überliefert. Atlantische Einflüsse, die sich am günstigsten auf das Benthos auswirken, sind im Bereich von Stadium 7.1 durch die Zusammensetzung der Artengemeinschaft und die Tatsache, daß die Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* größer als die von *O. umbonatus* sind, nur für das süd-östliche Boreas-Becken anzunehmen.

Stadium 5

An der Stadiengrenze 6/5 kommt es im Boreas-Becken zum verstärkten Eintrag terrigenen Materials. Die Sedimentationsereignisse gehen mit einem drastischen Abschmelzen der Eisschilde an den Übergängen Glazial/Interglazial einher, das sich in den Sedimenten und somit in der Benthosfauna "ablesen" läßt (5.1.2, Abb. 22). Schmelzwasserereignisse scheinen im süd-westlichen Boreas-Becken der überlieferten Benthosfauna zufolge schon gegen Ende des Stadiums 6 (vor ca. 130.000 Jahren) stattzufinden, während zu Beginn des Stadiums 5 Abschmelzphasen durch das Benthos im gesamten Boreas-Becken überliefert sind. NÜRNBERG (1991) weist auch anhand des drastischen Anstiegs der Mg-Konzentration im Zusammenwirken mit anderen sedimentologischen

5. INTERPRETATION

Parametern einen Einstrom warmer atlantischer Oberflächenwassermassen im Substadium 5.53 nach, der unter einen bestehenden Schmelzwasserdeckel in das Europäische Nordmeer strömte. Im Grönland-Becken bewirken im Stadium 5.53 die niedrig salinen Wassermassen des Schmelzwassereinstroms die Abnahme in den $\delta^{13}\text{C}$ -Verhältnissen von *O. umbonatus*. Der Schmelzwassereinstrom verhindert die Tiefenwassererneuerung (JÜNGER 1994). Schmelzwasserereignisse sind vor ca. 125.000 J.v.h. im süd-westlichen (Kern PS1906-2), nicht aber im süd-östlichen (Kern GIK17728-2) Boreas-Becken, durch das Auftreten der subpolaren planktischen Art *B. megastoma* überliefert (vgl. 5.1.3.2: Stadium 7.5), die auf einen atlantischen Wassermassen-Einfluß schließen läßt (BAUCH 1993) und möglicherweise auch an spezielle atlantische Wassermassen (NAIW) adaptiert ist (BAUCH 1996).

Die Faunenentwicklung im Stadium 5 läßt auf günstige Lebensbedingungen für das Benthos schließen, die sich in hohen Diversitäten und den höchsten vorkommenden Gesamt-INDAR-Werten im ganzen Boreas-Becken widerspiegeln. Die Hochproduktivitätsphase ist allerdings nur auf den Zeitabschnitt von ca. 123.000 bis ca. 122.000 J.v.h. begrenzt. Die längsten Zeitabschnitte mit günstigen Lebensbedingungen für das Benthos sind nur im Stadium 5 überliefert. Aber auch Phasen, die kühlere Bedingungen anzeigen, weisen dann immer noch eine Artenassoziation mit Gesamt-INDAR-Werten auf, wie sie für interglaziale Stadien, z.B. ST 7, im Boreas-Becken typisch sind. Ein Vergleich der Benthosfauna zwischen dem süd-westlichen und dem süd-östlichen Boreas-Becken zeigt vor ca. 123.000 Jahren eine konträre Dominanz der Arten *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus*. *C. wuellerstorfi* bestimmt mit 91% die Fauna im SE, während *O. umbonatus* im SW mit 73% die Artengemeinschaft dominiert (Abb. 10, 12; vgl. Tab. 9). Das dominante Auftreten von *C. wuellerstorfi* im SE des Beckens ist an einen begrenzten Nährstoffeintrag gebunden, der über Tiefenkonvektion erfolgt und für sauerstoffhaltige Bodenwassermassen sorgt.

Das Auftreten der atlantischen Art *G. subglobosa* mit höheren INDAR-Werten im süd-östlichen Boreas-Becken des Stadiums 5.51 als sie im Stadium 11 nachgewiesen sind (vgl. 5.1.3.2: Stadium 11), läßt auf einen stärkeren Atlantikwasser-Einfluß schließen. Nur im süd-östlichen Boreas-Becken ist die atlantische Art zum Zeitpunkt des Stadiums 5.51 überliefert. Im SW des Beckens ca. 2.000 Jahre früher, aber erst ca. 15.000 Jahre später im Norden des Beckens kommt sie mit deutlich niedrigeren INDAR-Werten vor. Diese Zeitdiskrepanz im Norden des Beckens ist aber nicht nur auf eine methodisch bedingte Unschärfe in der Alterseinstufung zurückzuführen (vgl. 2.2), sondern scheint auch unmittelbar mit der geographischen Lage des Kerns in Zusammenhang zu stehen. Unter der Voraussetzung, daß es sich um die gleiche Phase atlantischer Intrusionen

handelt, wofür die Artengesellschaft im SW und N spricht, wäre vorstellbar, daß der nördliche Kern im Boreas-Becken erst von einem späten Ausläufer atlantischer Oberflächenwassermassen, möglicherweise durch den antizyklonalen Wirbel, beeinflusst worden ist. Für diese These spricht auch, eine geringe Häufigkeit (INDAR) von *G. subglobosa* und anderer Faunenelemente im nördlichen Boreas-Becken.

Die Hochproduktivitätsphase im Substadium 5.51 bildet im gesamten Boreas-Becken ein Faunenmaximum aus. Im Süd-Westen und Norden des Beckens werden die höchsten Akkumulationsraten von *O. umbonatus* errechnet und nur im Süd-Osten sind vergleichbare Häufigkeiten von *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus* überliefert. Die Ausbildung von *O. umbonatus* und im Vergleich dazu die deutlich geringeren Häufigkeiten von *C. wuellerstorfi* führen im Zusammenhang mit den anderen Faunenelementen zu der Annahme, daß die klimatischen Bedingungen für das Benthos im Stadium 5.51 im nördlichen und süd-westlichen Boreas-Becken etwas kühler gewesen sein müssen, als im süd-östlichen Boreas-Becken. STRUCK (1992) weist ebenfalls im Stadium 5.51 für das südliche Europäische Nordmeer und NEES (1993) für das östliche Europäische Nordmeer und den nordöstlichen Nordatlantik ein Maximum der benthischen Fauna nach.

Die Dominanz von *C. wuellerstorfi* in der Artengemeinschaft des süd-östlichen Boreas-Beckens läßt auf günstige Bedingungen für die Benthosfauna schließen. Für dieses Teilgebiet des Boreas-Beckens sind warmer atlantischer Oberflächenwassermassen-Einfluß sowie laterale Bodenströmung als Lieferungsmechanismen von Nahrungspartikeln anzunehmen. Die Tiefenwasserneubildung ist demzufolge im süd-östlichen Boreas-Becken voll ausgeprägt. Für die weiteren Teilbereiche des Boreas-Beckens ist ebenfalls starker Einfluß von atlantischen Wassermassen überliefert, allerdings lassen unterschiedlich hohe Versorgungen organischer Partikel durch lateralen Transport auf unterschiedliche ozeanographische Bedingungen z.Z. der Sedimentationsphase schließen.

Nach VOGELSSANG (1990) etabliert sich erst im Substadium 5.51 ein anti-ästuarines System mit einhergehender Tiefenwasserbildung, wie es den heutigen Zirkulationsbedingungen entspricht. BIRGISDOTTIR (1991) postuliert ebenfalls für das Substadium 5.5 (ST 5.51 und ST 5.53) einen starken Einstrom von Atlantikwasser in die Islandsee. BAUCH (1993) folgert aus niedrigeren Häufigkeiten subpolarer planktischer Foraminiferen, daß das Substadium 5.5 im Vergleich zum Stadium 1 kühler war. HENRICH *et al.* (1997) leiten aus lithofaziellen Untersuchungen im Substadium 5.51 günstige

5. INTERPRETATION

klimatische Bedingungen und einen breiten Einstrom warmer atlantischer Wassermassen in die zentrale Norwegen-Grönlandsee ab.

Die Reduzierung der Häufigkeiten von *O. umbonatus*, und von *C. wuellerstorfi* zeigt im Stadium 5.4 des Boreas-Beckens eine leichte Abkühlung der Oberflächentemperaturen an. Im Grönlandbecken geht die Abkühlung mit erneuten Vorstößen der Eismassen einher, was im westlichen Becken zum erhöhten Eintrag terrigenen Materials führt (JÜNGER 1994). Im Boreas-Becken deutet die geringe Anzahl umgelagerter Faunenelemente mit niedrigen Akkumulationsraten auf geringe Eisdrift hin. In der Framstraße ist es demgegenüber zu verstärkter Eisdrift gekommen (SPIELHAGEN 1991). BAUCH (1993) vermutet aufgrund eines Rückgangs in den Konzentrationen der Subpolarfauna ebenfalls eine verstärkte Abkühlung.

Die kühlsste Phase im Stadium 5 allerdings muß der überlieferten Benthosfauna zufolge im Bereich des Stadiums 5.2 geherrscht haben. Sie wird durch eine drastische Häufigkeitsreduzierung in allen benthischen Faunenelementen angezeigt. Der Einfluß auf die Sedimente des Europäischen Nordmeers im Stadium 5.2 ist nach HENRICH *et al.* (1997) auf arktische und polare Wassermassen zurückzuführen.

Im Bereich des Stadiums 5.1 erfolgt wieder, bedingt durch warme atlantische Intrusionen, eine deutliche Erwärmung im Boreas-Becken, die eine veränderte Artengesellschaft hervorbringt. Allerdings muß für das Stadium 5.1 eine Sonderstellung postuliert werden, die auf der lateralen Verbreitung der infaunalen Art *P. bulloides* beruht (HAAKE & PFLAUMANN 1989, STRUCK 1992). *P. bulloides* erreicht im Norwegen-Becken höhere INDAR-Werte (STRUCK 1992). Demgegenüber sind im gesamten Boreas-Becken niedrigere Häufigkeiten von *P. bulloides* zu verzeichnen. Im SW des Beckens sind die Akkumulationsraten von *P. bulloides* höher, als im nördlichen und süd-östlichen Boreas-Becken. Zu warmen atlantischen Intrusionen am östlichen Rand der Norwegen-Grönlandsee, die bis in die Framstraße reichen (HEBBELN & WEFER 1997), kommt es im Stadium 5.1 (HENRICH *et al.* 1997).

Zusammenfassend lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen. Atlantische Intrusionen sind im gesamten Stadium 5 mit unterschiedlichen klimatischen Bedingungen belegt. Optimale Bedingungen für das Benthos durch AOE sind für die Stadien 5.51 (Faunenmaximum) und 5.1 anzunehmen. Auf etwas kühlere Oberflächenwassermassen, aber immer noch günstige Lebensbedingungen für die benthische Fauna kann für das Stadium 5.4 geschlossen werden. Ein drastischer Rückgang der Foraminiferenhäufigkeiten in Verbindung mit einer geringfügig veränderten Artengesellschaft läßt auf kühlere Bedingungen mit arktischen Oberflächenwassermassen im Stadium 5.2 schließen.

Stadium 1

Ein explosionsartiger Anstieg der Akkumulationsraten des Suspensionsfiltrierers *C. wuellerstorfi* im gesamten Boreas-Becken (Abb. 16-18) dokumentiert die Stadiengrenze 2/1. In den nördlichen und süd-östlichen Sedimenten dominiert *C. wuellerstorfi* die Artengemeinschaft; ein Hinweis auf sauerstoffhaltige Tiefenwassermassen. Parallel dazu signalisieren hohe Akkumulationsraten gute Lebensbedingungen für alle überlieferten Arten. Die Sedimente des süd-westlichen Boreas-Beckens weisen etwa gleich große AR-Werte von *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus* auf, die in Zusammenhang mit umgelagerten Arten etwas kühlere Wassermassen belegen. Allochthone Faunenelemente bleiben im nördlichen und süd-östlichen Boreas-Becken unter 5%. Die ausgeprägt hohen Akkumulationsraten der einzelnen Arten weisen auf insgesamt stabile Bedingungen für das Benthos hin, was auf einen Einstrom warmer atlantischer Oberflächenwassermassen schließen läßt. Eine drastische Erwärmung an der Grenze ST 2/1 ist in der gesamten Grönlandsee ebenfalls anhand erhöhter biogener Kalziumkarbonatproduktion und eines Rückgangs des Terrigengehalts zu erkennen (JÜNGER 1994).

Lithofazielle Untersuchungen belegen ebenfalls einen warmen Einstrom atlantischer Wassermassen. Danach sind die rezenten Sedimente des süd-östlichen Boreas-Beckens etwas stärker beeinflusst worden als die Sedimente im süd-westlichen Becken (HENRICH 1992). Der Benthosfauna zufolge liegt das holozäne klimatische Optimum im Boreas-Becken vor ca. 10.000 bis 8.000 J.v.h. Im östlichen Europäischen Nordmeer und im nord-östlichen Nordatlantik erreichen die benthischen Foraminiferen vor ca. 8.500 Jahren ein Maximum (NEES 1993) und im südlichen Europäischen Nordmeer vor ca. 11.000 bis 10.000 J.v.h. (STRUCK 1992). Planktische Foraminiferen sowie anderes Zoo- und Phytoplankton erreichen in diesem Zeitbereich ebenfalls Maxima in den Akkumulationsraten (BAUMANN 1990, MATTHIEßEN 1991, BAUCH 1993).

Ein Vergleich der Artenzönose der Stadien 1 und 5.51 läßt im SE und N des Boreas-Beckens aufgrund der hohen Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* und in Verbindung mit der Artenassoziation, trotz der höheren Gesamt-Akkumulationsraten im Stadium 5.51, auf einen etwas größeren Einfluß von atlantischen Oberflächenwassermassen im Stadium 1 schließen. Aufgrund der Artenassoziation müssen für das Benthos im süd-westlichen Boreas-Becken vor ca. 700 Jahren und im Stadium 5.1 ähnliche Bedingungen angenommen werden.

5.1.4 Hochproduktivitätsphasen durch atlantischen Oberflächenwassermassen-Eintrag

Klimatisch bedingte Hochproduktivitätsphasen sind durch das Benthos über hohe Gesamt-INDAR-Werte und durch eine spezielle Artengesellschaft im Sediment überliefert, wie in den Stadien 5 und 1. Das benthische Faunenergebnis korreliert im Kern GIK17728-2 mit lithofaziellen Resultaten (Abb. 27), nach denen starker atlantischer Oberflächenwassermassen-Einfluß (AOE) in mehreren Zeitabschnitten der letzten 180.000 J.v.h. ermittelt wird (HENRICH *et al.* 1995, 1997).

Da benthische Foraminiferen auf eine Erwärmung der Oberflächenwassermassen nahezu ohne zeitliche Verzögerung reagieren (NEES 1993), bildet die Fauna, die in den o.g. Phasen überliefert wird, die Basis für die Feststellung eines fossilen hochproduktiven atlantischen Oberflächenwassermassen-Eintrags.

Der Einfluß des AOE hat im Boreas-Becken zur Bildung eines Sediments geführt, in dem eine Artengemeinschaft überliefert ist, die sich durch hohe Akkumulationsraten von *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus*, verbunden mit einer großen Artenvielfalt und einem quantitativ starken Auftreten von kalkschaligen Foraminiferen auszeichnet. Die Hauptvertreter der Fauna um *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus* der Stadien 5 und 1 sind die Gruppe der aggl. "Röhren", *T. tricarinata*, *P. rotalaria* und im Stadium 1 zusätzlich *C. subglobosum* und *E. exigua*. Weitere Begleitarten sind *S. arctica*, *P. groenlandica* und mit sehr geringen Akkumulationsraten umgelagerte Arten, die das Bild der Artenzönose vervollständigen. Diese benthische Artengesellschaft, die für das Boreas-Becken definiert wird, wird im folgenden als "Atlantikfauna" (AF) bezeichnet. Der Begriff ist nicht im Zusammenhang mit atlantischen Arten zu verstehen, sondern soll im Sinne eines Einflusses von atlantischen Oberflächenwassermassen benutzt werden.

Als Voraussetzung für die Ausbildung einer Atlantikfauna können ausgesprochen gute Lebensbedingungen für epi- und infaunale Arten angenommen werden, die im kausalen Zusammenhang mit der quantitativen Faunenüberlieferung stehen. Hochproduktivitätsphasen lassen sich ableiten, wenn mindestens die Hauptelemente der Atlantikfauna überliefert sind. Ein kurzfristiges Aussetzen einzelner Arten ist kein Anzeiger für eine Unterbrechung des AOE. Diese Aussage ist durch andere Hinweise von AOE, z. B. durch das Vorkommen von *G. subglobosa* (vgl. 5.1.3.2 Stadium 11 und 5) gefestigt. Eine im Sediment überlieferte Atlantikfauna, die durchaus geringere Foraminiferen-Häufigkeiten als in den Stadien 5 und 1 aufweisen kann, ist dann auch auf andere Zeitabschnitte übertragbar. D.h., Aussagen über hoch produktive Phasen sind auch z.B. für das Stadium 7 und andere Stadien möglich.

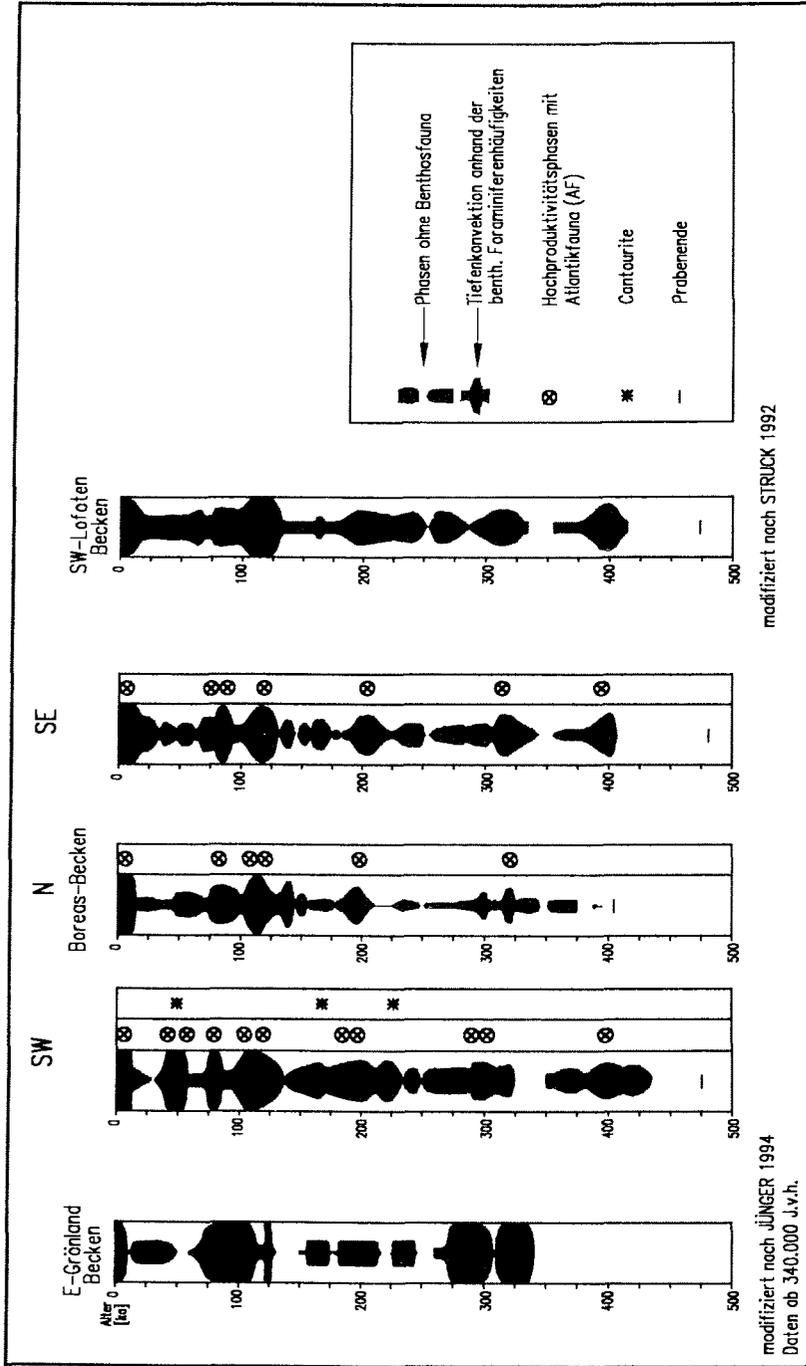


Abb. 28: Rekonstruktion der Tiefenkonvektion anhand der Häufigkeiten benthischer Foraminiferen für die letzten ca. 500.000 Jahre. Für die Tiefseekerne südöstlich des Boreas-Beckens und südwestlich des Lofoten-Beckens wird prinzipiell von einem sehr ähnlichen AOE auf die benthischen Foraminiferen ausgegangen.

5. INTERPRETATION

Die AF kann dann auch mit niedrigeren Foraminiferen-Häufigkeiten als im Stadium 5 überliefert sein und gibt dann die Hochproduktivitätsphase für das Stadium an. Hochproduktionsphasen (Abb. 28) zeigen die Hauptverbreitung der Atlantikfauna innerhalb der Stadien während der letzten 450.000 Jahre im Boreas-Becken, die Fluktuationen der benthischen Foraminiferen von Warm- zu Kaltphasen und den Trend von Südosten nach Südwesten.

5.1.5 Strömungsmodell

Als Modell für die Oberflächenströmungen wird für die interglazialen Zeiten von einem System ähnlich dem rezenten ausgegangen, während für die Glazialzeiten zum einen das ästuarine und zum anderen das antiästuarine Strömungsmodell diskutiert wird. Im ästuarinen Strömungsmodell wird aus Sauerstoff- u. Kohlenstoffisotopen-Daten für die letzte Glazial- und Deglazialphase eine Oberflächenzirkulation im Uhrzeigersinn mit einem Import von Tiefenwassermassen über den Grönland-Schottland-Rücken abgeleitet (VOGELSANG 1990, SARNTHEIN *et al.* 1992, WEINELT 1993). Das antiästuarine Modell sieht auch in Glazialzeiten einen im Vergleich zu heutigen Bedingungen reduzierten Atlantik-Wasser-Einstrom im Osten des Europäischen Nordmeeres und einen Tiefenwasserausstrom über den Island-Schottland-Rücken als erwiesen an (HENRICH *et al.* 1989, HEBBELN *et al.* 1994). Als Beleg für ein antiästuarines Strömungssystem gelten Diamikthorizonte, die nach Westen und Osten auskeilen. Die Dropstone-Häufigkeiten und die spezielle Zusammensetzung lassen auf einen Eintrag aus Eisbergen schließen (HENRICH *et al.* 1989). Aufgrund der Zusammensetzung, z.B. mit Schreibkreidefragmenten, die aus dem Nordseeraum stammen, ist eine nordwärtsgerichtete Eisdrift (vgl. Abb. 22) abgeleitet worden, die bis in die östliche Framstraße (Abb. 24) verfolgt werden kann (BISCHOF 1990, SPIELHAGEN 1991, HEBBELN 1991, HEBBELN & WEFER 1997).

Wie bereits im Kapitel 5 beschrieben, wird die benthische Tiefseefauna sehr stark durch atlantische Oberflächenwassermassen beeinflusst, die durch klimatischen Wechsel bedingt, verstärkte Phytoplanktonblüten aufbaut. Der Phytodetritus gelangt rasch durch thermohaline Konvektion auf den Tiefseeboden und steuert so durch die Höhe der Nahrungszufuhr die Verbreitungsmuster der Faunen. Die Tiefenkonvektion bewirkt eine Durchlüftung des Tiefenwassers und initiiert eine Bodenwasserzirkulation, die sich nach Norden und Süden ausbreitet (vgl. Abb. 3).

Die Kernpositionen im Boreas-Becken liegen nach dem rezenten System der Oberflächenwasserzirkulation im Bereich arktischer (polarer und atlantischer) Wassermassen (Abb. 2). Das rezente Oberflächenwasserströmungsmodell sieht einen

breiten Einstrom atlantischer Wassermassen auch ins Boreas-Becken als erwiesen an, der im SW geringer und im SE stärker ausprägt ist (HENRICH 1992, HENRICH *et al.* 1995, HENRICH *et al.* 1997). Der benthischen Artenzönose zufolge ist im Stadium 1 von dem gleichen Strömungsmodell auszugehen. Im Vergleich zu den bekannten günstigen klimatischen Verhältnissen der Stadien 5 und 1, die auf einem breiten Einstrom warmer atlantischer Wassermassen beruhen, zeugt die Artenzusammensetzung und ihre kontinuierliche Verbreitung während der Stadien 4, 3 und 2 von einem mindestens seit dem Stadium 5 prinzipiell gleich ausgeprägten Strömungssystem. Die Aussage beruht auf der Ausbildung einer gleichartigen Artengemeinschaft und ihrer Kontinuität. Natürlich existieren erhebliche Unterschiede in den Foraminiferen-Häufigkeiten (INDAR), die zusammen mit geringen Veränderungen in der Artengemeinschaft Klimaschwankungen anzeigen und ein Maß für einen Einfluß arktischer und polarer Wassermassen darstellen. Jedoch widerspricht das nicht einem prinzipiell vergleichbaren Faunenbild (Stadien 5 bis 1). SARNTHEIN *et al.* (1994) leiten anhand von $\delta^{13}\text{C}$ -Verhältnissen an benthischen Foraminiferen eine den rezenten Strömungsbedingungen vergleichbare Tiefenwasserzirkulation nahe der Stadiengrenze 3/2 ab.

Grundsätzlich läßt sich ein genereller Zusammenhang zwischen der Verbreitung charakteristischer Tiefseefaunen und der großräumigen ozeanischen Zirkulation feststellen. *C. wuellerstorfi* ist an eine junge sauerstoffreiche Bodenwassermasse gebunden, deren Hauptverbreitung im Grönlandbecken mit dem NSDW und dem GSDW zusammenfällt (MACKENSEN 1997). Höhere Prozentanteile an GSDW sind im rezenten südlichen Boreas-Becken zu finden. Sie können dorthin aus dem Wirbel entlang der Südspitze der GFZ gelangt sein. Die Ausbildung vergleichbarer Randbedingungen wie im Grönlandbecken könnte auch zur Bildung eines Tiefenwassers im Boreas-Becken führen. Aufgrund ähnlicher Charakteristika ließe es sich schwer vom GSDW unterscheiden. Im süd-westlichen Boreas-Becken treffen mehrere Prozesse zusammen. Der tiefe Randstrom (AODW) teilt sich im SW und verläuft unter topographischer Führung an der Südseite des Boreas-Beckens nach SE, während der Hauptanteil sich nach Süden ausbreitet (KOLTERMANN 1987). Unter der Voraussetzung, daß der von CLARKE (1986) angegebene Konvektionsmechanismus auch nahe der Eiskante im Boreas-Becken ablaufen kann, stellt die regional eng begrenzte Konvektion eine dynamische Barriere für die südwärtige Ausbreitung des tiefen Randstroms dar. Das Konvektionsgebiet liegt sehr nahe am Schelfabhang. Dadurch können im saisonalen Wechsel konvektive Prozesse advektive Vorgänge im süd-westlichen Boreas-Becken stark beeinflussen (KOLTERMANN 1987).

5. INTERPRETATION

Mit Hilfe dieser rezenten Prozesse und der Annahme, daß ähnliche Strömungsbedingungen während der letzten 450.000 Jahre geherrscht haben, lassen sich die überlagernden Phänomene auch im süd-westlichen Boreas-Becken gut erklären. Demnach kann sich auch in den glazialen Stadien durch regional eng begrenzte Tiefenkonvektion eine benthische Artengemeinschaft ausbilden, die phasenweise die "Qualität" wie in interglazialen Stadien aufweist. Parallel dazu laufen advective Prozesse ab, die durch große Häufigkeiten von Schelfelementen belegt werden können (Abb. 21).

Die Tiefenkonvektion setzt, der Alterseinstufung und der überlieferten benthischen Artenzönose nach zu schließen, in den süd-westlichen Sedimenten des Boreas-Beckens früher ein. Eine mögliche Erklärung beruht im Prinzip auf den rezenten Vorstellungen der Tiefenwassermassenzirkulation. Demnach wäre die Ausbreitung des GSDW von Südwesten nach Südosten und danach sehr abgeschwächt nach Norden. Die unterschiedliche Ausbildung des GSDW, das zum Teil mit AODW gemischt sein kann, steuert die Ausbildung der Artengesellschaft um *C. wuellerstorfi*. In den interglazialen Stadien ist der "Motor" für das antiästuarine Strömungssystem ein mehr oder weniger warmer, atlantischer nordwärts gerichteter Strom. In den glazialen Zeiten, z.B. des Stadiums 6, läßt die Ausbildung einer Artengemeinschaft um *O. umbonatus* zusammen mit umgelagerten Arten im Südosten und Norden des Boreas-Beckens eher auf kalte Wasserströme mit Eisbergdrift schließen. In den glazialen Stadien 8, 4, 3 und 2 deutet die Artengemeinschaft im gesamten Boreas-Becken zumindest phasenweise auf etwas wärmere Oberflächenwassermassen als im Stadium 6 hin (Tab. 12).

Die überlieferte Artenzönose ist nicht nur abhängig von einem steuernden Faktor (Abb. 29), sondern sie ist vielmehr ein Abbild komplexer Zirkulationsmuster der Oberflächen- und Bodenwassermassen, wobei vor allem durch Variationen der Tiefenkonvektion die Häufigkeiten der benthischen Foraminiferen beeinflusst werden (Abb. 28).

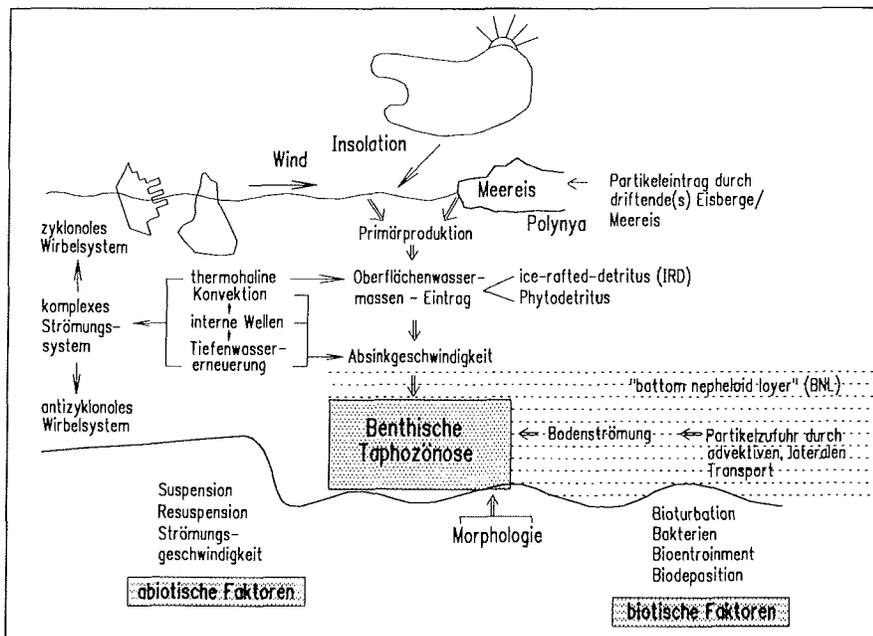


Abb. 29: Steuernde Faktoren und die wichtigsten Einflüsse auf das Tiefseebenthos.

6. Schlußfolgerungen

Zum ersten Mal sind benthische Foraminiferen der letzten 450.000 Jahre in abyssalen Sedimenten ($> 125 \mu\text{m}$) des Boreas-Beckens untersucht worden. Die in den bearbeiteten Kernen aufgeschlossenen Sedimente umfassen die Zeitspanne von 7 glazialen - und 5 interglazialen Stadien. Die gewonnenen Daten lassen folgenden Schluß zu:

- Die benthische Artenzönose zeichnet die klimatische Entwicklungsgeschichte nach. Dies zeigt sich einerseits im gesamten Boreas-Becken in einer zueinander veränderten Artenassoziation in den interglazialen und glazialen Stadien und andererseits durch eine höhere Foraminiferendichte (Gesamt-INDAR) in den interglazialen Sedimenten.
- Die Tiefseefauna ($> 2.400 \text{ m}$) läßt sich in einen autochthonen Faunenanteil mit den größten Foraminiferen-Häufigkeiten (INDAR), und in einen allochthonen Anteil unterteilen, der im Boreas-Becken geringere Häufigkeiten aufweist und mit unterschiedlichen Transportprozessen korreliert werden kann.
- Die allochthonen Faunenelemente werden durch Meeresströmungen, Eisberge, Meereis, gravitative Umlagerung und Schmelzwassersuspension ins Tiefseesediment verfrachtet. Eine prozeßorientierte Artengemeinschaft kommt zur Ausbildung.
- Die Bildung und Verbreitung der benthischen Foraminiferengesellschaft erfolgt im wesentlichen durch die folgenden, steuernden, voneinander abhängigen Faktoren:

a) Primärproduktion und der Transport zum Meeresboden

Die atlantische Oberflächenwassermasse beeinflusst zum einen die Bildung der Primärproduktion, die z.T. als Nahrung für das Benthos zur Verfügung steht. Zum anderen gelangen durch Eistransport oder bei Abschmelzphasen umgelagerte Faunenelemente (z.B. Schelfelphidien) ins Tiefseesediment.

b) Bodenwassermassen und Lösungsverhalten des Bodenwassers

Die Verbreitung von *C. wuellerstorfi* ist überwiegend an interglaziale Stadien, untergeordnet aber auch an glaziale Phasen geknüpft, in denen durch thermohaline Konvektion (Tiefenkonvektion) organischer Kohlenstoff in geringer Menge in die Bodenwassermassen gelangt.

c) Bodenwasserströmung und lateraler Sedimenttransport

Durch advektiven lateralen Transport werden Nahrungspartikel und Schelfelemente ins Tiefseesediment eingetragen. Die Größenordnung des Eintrags wird durch die

Eigenschaften (z.B. Geschwindigkeit) der Bodenwasserströmung gesteuert. Die durch Tiefenkonvektion initiierte Bodenwasserzirkulation kann durch die Meeresbodentopografie verstärkt werden.

- Benthische Tiefseeforaminiferen sind wertvolle Informationsträger für paläo-ozeanographische und klimatische Rekonstruktionen. Die benthische Fauna kann als Indiz für atlantischen Oberflächenwassermassen-Einfluß (AOE) herangezogen werden. Folgende Klassifikationen sind möglich:

Oberflächenwassermassen	Stadien
warme	5.51, 5.1, 1
moderate-warme	5.4, 7.1, 9.1, 11.3 (im SE)
moderate-kühl temperierte	7.5, 7.3
kühl-temperierte	5.2, 7.4,
kühle, mit Eisbergdrift	8.6, 6.5, 4.2, 2, 3.31

- Die geographische Breite ist die Ursache für die im süd-westlichen Becken im Vergleich zum Norden und Südosten unterschiedlich ausgeprägte Benthosfauna. Zum einen besteht in den glazialen Sedimenten der Stadien 2, 3, 4, 6 und 8 im süd-westlichen Becken eine größere Populationsdichte, zum anderen ist aber auch in diesen Phasen eine Artenzönose überliefert, wie sie in den interglazialen Phasen Verbreitung findet. Dies läßt auf eine variierende Eiskante im süd-westlichen Boreas-Becken schließen, die zu einem lokalen Konvektionsmechanismus führt.
- Horizonte ohne überlieferte Benthosfauna existieren nur in den Stadien 12, 10 und für eine kurze Phase in den Stadien 8 (nicht im SW), 6 und 3 (nur im SW). Die Übereinstimmung im süd-östlichen und nördlichen Becken läßt auf ähnliche ökologische Bedingungen für die Benthosfauna schließen.
- Es konnte für das Boreas-Becken eine Atlantikfauna definiert werden, die klimatische Hochproduktivitätsphasen zeigt. Der Begriff Atlantikfauna ist nicht in Zusammenhang mit atlantischen Arten zu verstehen, sondern ist im Sinne eines Einflusses von atlantischen Oberflächenwassermassen benutzt worden.
- Gravitativer Hangabwärtstransport führt im SW des Boreas-Beckens zu einer hohen Individuendichte der Artengemeinschaft. D.h., die Foraminiferen-Häufigkeiten von *C. teretis* und *O. umbonatus* sind nicht unbedingt nur auf AOE zurückzuführen, sondern können von anderen Signalen, wie Sedimentationsereignissen überlagert werden. Die Benthosfauna verändert sich in Abhängigkeit zur Lokation der Kernposition. Im SW des

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Boreas-Beckens ist Hangabwärtstransport möglich und wirkt zusammen mit der Hangneigung des Kernentnahmepunkts sedimentakkumulativ. Im SE und N des Beckens wirkt die exponierte Lage auf einem Tiefseehügel in Verbindung mit der Hangneigung eher phasenweise sedimentreduzierend.

- Im süd-westlichen Boreas-Becken ist aus den variierenden Zeitabständen ihrer maximalen Akkumulationsraten von *C. teretis* ein zyklischer Hangabwärtstransport abzuleiten. Das Liefergebiet ist möglicherweise die höchste Erhebung (ca. 1.400 m) der Greenland-Fracture-Zone. Der zyklische Hangabwärtstransport kann ein Hinweis auf Kontinuität der Suspensionströme während der letzten ca. 400.000 Jahre sein.
- Aufgrund der Artenassoziation und ihrer Faunendichte ist für die letzten 450.000 Jahre gegenüber dem Südwesten und Norden überwiegend von einem stärkeren AOE im Südosten des Boreas-Beckens auszugehen. Dies wird auch bestätigt durch die Hauptartenverteilung entsprechend der Höhe der Akkumulationsraten und eine geringere Anzahl an umgelagerten Arten. Weiterhin ist die Gehäusegröße von *C. wuellerstorfi* zu nennen, die im Südosten die höchste Verteilung in der >250 µm-Fraktion zeigt. Im Südwesten sind dagegen die größten Individuendichten von *C. wuellerstorfi* in den kleinen Gehäusen (125-250 µm) verbreitet, was möglicherweise ein Hinweis auf kältere Bedingungen ist.
- Ein Einfluß intensiver thermohaliner Zirkulation scheint im süd-westlichen Boreas-Becken früher einzusetzen, als im süd-östlichen und nördlichen Becken. Mit Hilfe der Artenzönose läßt sich eine Ausbreitung des Greenland-Sea-Deep-Water von Südwesten nach Südosten und danach sehr abgeschwächt nach Norden erklären.

7. Literatur

- AAGAARD, K. BARRIE, L.A., CARMACK, E.C., GARRITY, C., JONES, E.P., LUBIN, D., MACDONALD, R.W., SWIFT, J.H., TUCKER, W.B., WHEELER, P.A. & WHRITNER, R.H. (1996): U.S. Canadian Researchers Explore Arctic Ocean.- EOS: 209, 213.
- AAGAARD, K., FAHRBACH, E., MEINCKE, J. & SWIFT, J.H. (1991): Saline outflow from the Arctic Ocean: its contribution to the Deep Waters of the Greenland, Norwegian, and Iceland Seas.- J. Geophys. Res., **96**, C11: 20433-20441.
- ALTENBACH, A.V. (1992): Verbreitungsmuster benthischer Foraminiferen im Arktischen Ozean und in glazialen und interglazialen Sedimenten des Europäischen Nordmeeres.- Habilitationsschrift, Univ. Kiel: 1-95.
- ALTENBACH, A.V., HEEGER, T., LINKE, P., SPINDLER, M. & THIES, A. (1993): *Miliolinella subrotunda* (MONTAGU), a miliolid foraminifer building large detritic tubes for a temporary epibenthic lifestyle.- Mar. Micropaleont., **20**: 293-301.
- ALTENBACH, A.V., PFLAUMANN, U., SCHIEBEL, R., THIES, A., TIMM, S. & TRAUTH, M. (1999): Scaling percentages and distributional patterns of benthic foraminifera with benthic foraminifera with flux rates of organic carbon.- J. Foram. Res., **29**(3): 1-13.
- ANDERSEN, H.V. (1952): *Bucella*, a new genus of the rotalid Foraminifera.- Jour. Washington Acad. Sci. **42**(5): 131-151.
- ANTONOW, M. (1995): Sedimentationsmuster um den Vesteris Seamount (Zentrale Grönlandsee) in den letzten 250.000 Jahren.- GEOMAR Report, Kiel, **44**: 1-115.
- AUGSTEIN, E. (1984): MIZEX (Marginal Ice Zone Experiment) - Physikalische und biologische Phänomene in der Randzone des arktischen Meereises.- Geowiss. in unserer Zeit, **4**: 137-142.
- BARD, E., HAMELIN, B., FAIRBANKS, R. & ZINDLER, A. (1990): Calibration of the ¹⁴C timescale over the past 30,000 years using mass spectrometric U-Th ages from Barbados corals.- Nature, **345**: 405-410.
- BARKER, R.W. (1960): Taxonomic notes on the species figured by H.B. BRADY in his report on the foraminifera dredged by H.M.S. Challenger during the years 1873-1876.- Soc. Econ. Paleontol. Miner., Spec. Publ. **9**: 1-238.
- BAUCH, H.A. (1993): Planktische Foraminiferen im Europäischen Nordmeer- ihre Bedeutung für die paläozeanographische Interpretation während der letzten 600.000 Jahre.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, **40**: 1-108.
- BAUCH, H.A. (1996): Monitoring Termination II at high latitude: anomalies in the planktic foraminiferal record.- Marine Geology, **131**: 89-102.
- BAUCH, H.A., CARSTENS, J. & WEFER, G. (1997): Oxygen isotope composition of living *Neogloboquadrina pachyderma* (sin.) in the Arctic Ocean.- Earth Plan. Sci. Lett., **146**: 47-58.
- BAUMANN, K.-H. (1990): Veränderlichkeit der Coccolithophoridenflora des Europäischen Nordmeeres im Jungquartär.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, **22**: 1-146.
- BELANGER, P. (1982): Paleo-oceanography of the Norwegian Sea during the past 130,000 years: coccolithophorid and foraminiferal data.- Boreas, **11**: 28-36.
- BELANGER, P. E. & STREETER, S. S. (1980): Distribution and Ecology of Benthic Foraminifera in the Norwegian-Greenland Sea.- Mar. Micropaleont., **5**: 401-428.

7. LITERATUR

- BEYER, I. (1988): Senkvartaer Paleoseanografi i det sentrale Islandshav.- unveröffentl. Diplomarbeit, Univ. Bergen: 1-150.
- BIRGISDOTTIR, L. (1991): Die paläo-ozeanographische Entwicklung der Islandsee in den letzten 550.000 Jahren.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, **34**: 1-112.
- BISCHOF, J. (1990): Dropstones im Europäischen Nordmeer. Indikatoren für Meeresströmungen in den letzten 100.000 Jahren.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, **30**: 1-112.
- BLINDHEIM, J. (1989): Cascading of Barents Sea bottom water into the Norwegian Sea.- *Rapports et Procès-Verbaux, Reun. Cons. Int. Explor. Mer*, **188**: 49-58.
- BLINDHEIM, J. (1990): Arctic Intermediate Water in the Norwegian Sea.- *Deep-Sea Res.*, **37(9)**: 1475-1489.
- BRADY, H.B. (1884): Report on the Foraminifera dredged by H.M.S. Challenger during the years 1873-1876.- *Reports of the Scientific Results of the Exploration Voyage, H.M.S. Challenger, Zoology*, **9**: 1-814.
- BROECKER, W. S. & DENTON, G. (1989): The role of ocean-atmosphere reorganizations in glacial cycles.- *Goechemie Cosmochemie Acta*, **53**: 2465-2501.
- CARMACK, E.C. (1990): Large-Scale Physical Oceanography of Polar Oceans. In: SMITH, W.O. (ed), *Polar Oceanography*, Academic Press, San Diego, New York, Boston: 171-222.
- CARSTENS, J. & WEFER, G. (1992): Recent distribution of planktonic foraminifera in the Nansen Basin, Arctic Ocean.- *Deep-Sea Res.*, **39(2)**: 507-524.
- CLARKE, R.A. (1986): The Formation of Greenland Sea Deep Water.- C.M.1986/C: 2, International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen.
- COLOM, G. (1952): Foraminiferos de las costas de Galicia.- *Bol. Inst. Espanol. Oceanogr.* **51**: 1-58.
- CORLISS, B. H. (1979): Taxonomy of recent deep sea benthonic Foraminifera from the south-east Indian Ocean.- *Micropaleont.* **25(1)**: 1-19.
- CORLISS, B. H. & HONJO, S. (1981): Dissolution of deep-sea benthonic foraminifera.- *Micropaleont.*, **27(4)**: 356-378.
- CUSHMAN, J. A. (1917): A monograph of the Foraminifera in the North Pacific Ocean. Part VI: Miliolidae.- *Smith. Inst., U.S. Nat. Mus. Bull.*, Washington, **71(6)**: 1-134.
- CUSHMAN, J. A. (1930): The Foraminifera of the Atlantic Ocean. Part VII: Nonionidae, Camerinidae, Peneroplidae and Alveolinidae.- *Smith. Inst., U.S. Nat. Mus. Bull.*, Washington, **104(7)**: 1-79.
- CUSHMAN, J.A. (1931): The Foraminifera of the Atlantic Ocean. Part VIII: Rotaliidae, Amphisteginidae, Calcarinidae, Cymbaloporetidae, Globorotaliidae, Anomalinidae, Planorbulinidae, Rupertinidae and Homotremidae.- *Smith. Inst., U.S. Nat. Mus. Bull. Washington*, **104(8)**: 1-179.
- DIETRICH, G., KALLE, K., KRAUSS, W. & SIEDLER, G. (1975): *Allgemeine Meereskunde, Eine Einführung in die Ozeanographie*.- Gebrüder Bornträger, Berlin, Stuttgart: 1-593.
- DIESTER-HAASS, L. & SCHNITKER, D. (1989): Plio-Pleistocene sedimentation regimes leading to chalk-marl-cycles in the North Atlantic (DSDP Site 552-Hole 552A).- *Geologische Rundschau*, **78**: 959-985.
- DOKKEN, T.M. & HALD, M. (1996): Rapid climatic shifts during isotope stages 2-4 in the Polar North Atlantic.- *Geology*, **24(7)**: 599-602.

- EHRMANN, W.U. & THIEDE, J. (1985): History of Mesozoic and Cenozoic Sediment Fluxes to the North Atlantic Ocean.- *Contr. Sediment.*, **15**: 1-109.
- ELLIS, B & MESSINA, A (1940): Catalogue of foraminifera and supplements.- American Museum of Natural History.
- FETTER, C. (1973): Recent deep-sea benthic foraminifera from the Alpha Ridge Province of the Arctic Ocean.- In: PAUL, A.Z. & MENZIES, R.L. (eds), Benthic ecology of the high arctic deepsea. Reports of the Department Oceanography, Florida State Univ.: 296-337.
- FEYLING-HANSEN, R.W. (1964): Foraminifera in Late Quaternary deposits from Oslofjord area.- *Norges Geologiske Undersøkelse*, **225**: 1-383.
- FEYLING-HANSEN, R.W., JOERGENSEN, J.A., KNUDSEN K.L & ANDERSEN, A.-L. (1971): Late Quaternary Foraminifera from Vendsyssel, Denmark and Sandnes, Norway.- *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **21**: 161-173.
- FEYLING-HANSEN, R.W. (1976): The stratigraphy of the Quaternary Clyde Foreland Formation, Baffin Island, illustrated by the distribution of benthic Foraminifera.- *Boreas*, **5**: 77-94.
- FEYLING-HANSEN, R.W. & ULLENBERG, K. (1984): A Tertiary-Quaternary section at Sarsbukta, Spitsbergen, Svalbard, and its foraminifera.- *Polar Res.*, **2**: 77-106.
- FEYLING-HANSEN, R.W. (1985): Late Cenozoic marine deposits of East Baffin Island and East Greenland: microbiostratigraphy, correlation, and age.-In: Andrews, J.T. (Ed.), Quaternary Environments, Eastern Canadian Arctic, Baffin-Bay and Western Greenland, Allen & Unwin, Boston: 354-393,
- FEYLING-HANSEN, R.W. (1990a): A remarkable foraminiferal assemblage from the Quaternary of northeast Greenland.- *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **24**: 101-107.
- FEYLING-HANSEN, R.W. (1990b): Foraminiferal stratigraphy in the Plio-Pleistocene Kap København formation, North Greenland. *Meddelelser om Grønland Geoscience*, **24**: 1-32.
- FISHER, R. A., CORBERT, A.S. & WILLIAMS, C. B. (1943): The relationship between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population.- *J. Ani. Ecol.* **12**: 42-58.
- FRIEDRICH, C. (1997): Ökologische Untersuchungen zur Fauna des arktischen Eises.- *Rep. Polar Res.*, **246**: 1-170.
- FÜTTERER, D. (1992): ARCTIC '91: Expedition ARK-VIII/3 mit FS Polarstern 1991.- *Rep. Polar Res.*, **149**: 1-244.
- GADE, H.G. (1986): Features of fjord and ocean interaction.- In: HURDLE, B.G.(ed.), *The Nordic Seas*, Springer Verlag, NewYork: 182-189.
- GARD, G. (1988): Late Quaternary calcareous nannofossil biocronology and paleo-oceanography of Arctic and Subarctic Seas.- *Meddel. Stockholms Univ. Geol. Inst.*, **275**: 1-45.
- GERLACH., S.A. & GRAF, G. (1991): Europäisches Nordmeer Reise Nr. 13: 6. Juli - 24. August 1990.- *METEOR - Berichte*, **91(2)**: 1-217.
- GOODAY, A. (1993): Deep-sea benthic foraminiferal species which exploit phytodetritus: Characteristic features and controls on distribution.- *Mar. Micropaleont.*, **22**: 187-205.
- GRAF, G. (1989): Benthic-pelagic coupling in a deep-sea benthic community.- *Nature*, **341**: 437-439.
- GREEN, E. (1960): Ecology of some Arctic Foraminifera.- *Micropal.*, **6(1)**: 57-78.

7. LITERATUR

- GROBE, H. (1985): Spätpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, östliche Weddelsee.- Rep. Polar Res. **27**: 1-121.
- GROBE, H. & FÜTTERER, D. (1981): Zur Fragmentierung benthischer Foraminiferen in der Kieler Bucht (Westliche Ostsee).- *Meyniana*, **33**: 343-356.
- HAAKE, F.W. (1980): Benthische Foraminiferen in Oberflächen-Sedimenten und Kernen des Ostatlantiks vor Senegal/Gambia (Westafrika).- Meteor Forschungs Ergebnisse, Reihe C, **32**: 1-29.
- HAAKE, F.W. & PFLAUMANN, U. (1989): Late Pleistocene foraminiferal stratigraphy on the Vøring Plateau, Norwegian Sea.- *Boreas*, **18**: 343-356.
- HAMICH, A. (1991): Sedimentäre Untersuchungen eines Kernes (GIK 21906-2) der Grönlandsee.- Unveröffentl. Diplomarbeit, Univ. Kiel: 1-78.
- HAYWARD, B. & BUZAS, M.A. (1979): Taxonomy and Paleoecology of Early Miocene benthic foraminifera of North New Zealand and the North Tasman Sea.- *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, **36**: 1-154.
- HEBBELN, D. (1991): Spätquartäre Stratigraphie und Paläoozeanographie in der Fram-Straße.- Ber. Fachber. Geowiss. Univ. Bremen, **22**: 1-174.
- HEBBELN, D., DOKKEN, T., ANDERSEN, E.S., HALD, M. & ELVERHØI, A. (1994): Moisture supply to northern ice-sheet growth during the last glacial maximum.- *Nature*, **370**: 357-360.
- HEBBELN, D. & WEFER, G. (1997): Late Quaternary paleoceanography in the Fram Strait.- *Paleoceanography*, **12**(1): 65-78.
- HEEGER, T. (1990): Elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Ernährungsbiologie benthischer Foraminiferen.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, **21**: 1-139.
- HEEZEN, B.C., HOLLISTER, C.D. & RUDIMAN, W.F. (1966): Shaping of the continental rise by deep geostrophic contour currents.- *Science*, **152**: 502-508.
- HEINZE, C. (1986): Diskussion der Tiefenwassererneuerung im Europäischen Nordmeer und im Eurasischen Becken unter Zuhilfenahme antropogener Spurenstoffe.- Unveröffentl. Diplomarbeit, Univ. Hamburg: 1-124.
- HENRICH, R., WAGNER, T., GOLDSCHMIDT, P. & MICHELS, K. (1995): Depositional regimes in the Norwegian-Greenland Sea: The last two glacial to interglacial transitions.- *Geologische Rundschau*, **84**: 28-48.
- HENRICH, R. R. (1992): Beckenanalyse des Europäischen Nordmeeres: Pelagische und glaziomarine Sedimenteinflüsse im Zeitraum 2,6 Ma bis rezent.- Habilitationsschrift, Univ. Kiel, **1** und **2**: 1-345.
- HENRICH, R. R., BAUMANN, K.-H. & WAGNER, T. (1997): Modern and Quaternary pelagic and glaziomarine depositional regimes in the Nordic Seas: Response to climate forcing and ice sheet dynamics.- *Recent Res. Devel. in Marine Geol.* **1**: 1-37.
- HENRICH, R. R., KASSENS, H., VOGELSSANG, E. & THIEDE, J. (1989): Sedimentary Facies of glacial-interglacial cycles in the Norwegian-Sea during the last 350 ka.- *Marine Geology*, **86**: 283-319.
- HERB, R. (1971): Distribution of recent benthonic Foraminifera in the Drake Passage.- In: LLANO, G.A. & WALLEN, J.E. (eds): *Biology of the Antarctic Seas IV*.- *Antarct. Res. Ser.*, Washington, **17**: 251-300.
- HÖGLUND, H. (1947): Foraminifera in the Gullmar Fjord and in the Skagerak.- *Zool. Bidrag från Uppsala*, **26**: 1-328.

- IMBRIE, J., HAYS, J.G., MARTINSON, D.G., MCINTYRE, A., MIX, A.C., MORLEY, J.J., PISIAS, N.G., PRELL, W.L. & SHACKLETON, N.J. (1984): The orbital theory of pleistocene climate: Support of a revised chronology of the marine $\delta^{18}\text{O}$ record.- In: BERGER, A.L., IMBRIE, J., HAYS, J.G., KUKLA, G. & SALZMAN, B.(eds.): Milankowitch and Climate, NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences, Pt. 1/2, Reidel Publishing Co., Dordrecht: 269-305.
- JENSEN, S. (1998): Planktische Foraminiferen im Europäischen Nordmeer: Verbreitung und Vertikalfluß sowie ihre Entwicklung während der letzten 15.000 Jahre.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, **75**: 1-105.
- JOHANNESSEN, O.M. (1986): Brief overview of the physical oceanography.- In: HURDLE, B.G.(ed.), The Nordic Seas, Springer Verlag, New York, S. 103-127.
- JÜNGER, B. (1994): Tiefenwassererneuerung in der Grönlandsee während der letzten 340.000 Jahre.- GEOMAR Report, Kiel, **35**: 1-103.
- KAMINSKI, M.A., GRADSTEIN, F.M., SCOTT, D.B. & MACKINNON, K.D. (1989a): Neogene benthic foraminifer biostratigraphy and deep- water history of Sites 645, 646, and 647, Baffin Bay and Labrador Sea.- In: SRIVASTAVA, S.P., ARTHUR, M., CLEMENT, B. *et al.*, Proc. ODP, Sci. Results, 105, College Station, TX (Ocean Drilling Program): 731-756.
- KASSENS, H. (1990): Verfestigte Sedimentlagen und seismische Reflektoren: Frühdiagenese und Paläo-Ozeanographie in der Norwegischen See.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, **24**: 1-117.
- KNUDSEN, K.L. (1971): Late Quaternary Foraminifera from Vendsyssel, Denmark and Sandnes, Norway; systematic part.- Bull. Geol. Soc. Denmark, **21**: 185-291.
- KOLTERMANN, K. P. (1987): Die Tiefenzirkulation der Grönland-See als Folge des thermohalinen Systems des Europäischen Nordmeeres.- Dissertation, Univ. Hamburg: 1-266a.
- KÖHLER, S.E. (1992): Spätquartäre paläo-ozeanographische Entwicklung des Nordpolarmeeres und Europäischen Nordmeeres anhand von Sauerstoff- und Kohlenstoff-isotopenverhältnissen der planktischen Foraminifere *Neoglobobulimina pachyderma* (sin.).- GEOMAR Report, Kiel, **13**: 1-104.
- KRAUSE, G., MEINKE, J. & SCHWARZ, H. J. (1991): Scientific cruise reports of Arctic expeditions ARK VI/1-4 of RV Polarstern in 1989.- Rep. Polar Res., **87**: 1-110.
- KUBISCH, M. (1992): Die Eisdrift im Arktischen Ozean während der letzten 250.000 Jahre.- GEOMAR Report, Kiel, **16**: 1-100.
- KUHNT, W., HESS, S., ZHIMIN, J. (1999): Quantitative composition of benthic foraminiferal assemblages as a proxy indicator for organic carbon flux rates in the South China Sea.
- LABERIE, L.D. & DUPLESSY, J.C. (1985): Changes in the oceanic $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio during the last 140,000 years: high-latitude surface water records.- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **50**: 217-241.
- LAGOE, M.B. (1977): Recent benthic Foraminifera from the Central Arctic Ocean.- J. Foram. Res., **7(2)**: 106-129.
- LAKE, R.A. & LEWIS, E.L. (1970): Salt rejection by ice during growth.- J. Geophys. Res., **75**: 583-597.
- LINKE, P. (1988): Beobachtungen an lebenden benthischen Foraminiferen aus der Norwegischen See.- Mittlg. Kieler Polarf., **3**: 15-18.

7. LITERATUR

- LLOYD, J.M., KROON, D., BOULTON, G.S., LABAN, C. & FALLICK, A. (1996a): Ice rafting history from the Spitsbergen ice cap over the last 200 kyr.- *Marine Geology*, **131**: 103-121.
- LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, H. (1953): Arctic Foraminifera.- *Smith. Miscellan. Coll.*, **121(2)**: 1-150.
- LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, H. (1964): Sarcodina chiefly "Thecamoebians" and Foraminiferids. In: MOORE, R.C. (ed), *Treatise on invertebrate Paleontology*, Part C. Protista 2. Univ. of Kansas Press: 1-900.
- LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, H. (1988): *Foraminiferal Genera and their Classification*.- Van Nostrand Reinhold Company, New York, Vol I+II: 970+1061.
- LOHMANN, G.P. (1978a): Abyssal benthonic Foraminifera as hydrographic indicators in the western South Atlantic.- *J. Foram. Res.*, **8(1)**: 6-34.
- LUTZE, G.F.(1965): Zur Foraminiferen Fauna der Ostsee.- *Meyniana*, **15**: 75-142.
- LUTZE, G.F. (1979): Benthic Foraminifers at Site 397: Faunal fluctuations and ranges in the Quaternary.- *Initial Reports of the DSDP*, **47(1)**: 419-431.
- LUTZE, G. F. & THIEL, H. (1989): Epibenthic foraminifera from elevated microhabitats: *Cibicides wuellerstorfi* and *Planulina ariminensis*.- *J. Foram. Res.*, **19(2)**: 153-158.
- MACKENSEN, A. (1985): Verbreitung und Umwelt benthischer Foraminiferen in der Norwegischen See.- Unveröffentl. Dissertation., Univ. Kiel: 1-126.
- MACKENSEN, A. (1997): Zur Paläoozeanographie hoher Breiten: Stellvertreterdaten aus Foraminiferen.- *Rep. Polar Res.*, **243**: 1-145.
- MACKENSEN, A., FÜTTERER, D. K., GROBE, H. & SCHMIEDL, G. (1993a): Benthic foraminiferal assemblages from the eastern South Atlantic Polar Front region between 35° and 57°S: Distribution, ecology and fossilization potential.- *Mar. Micropaleont.*, **22**: 33-69.
- MACKENSEN, A. & HALD, M. (1988): *Cassidulina teretis* Tappan and *C. laevigata* d'Orbigny: their modern and late Quaternary distribution in northern seas.- *J. Foram. Res.*, **18**: 16-24.
- MACKENSEN, A., SEJRUP, H. P. & JANSEN, E. (1985): The distribution of living benthic foraminifera on the continental slope and rise off southwest Norway.- *Mar. Micropaleont.*, **9**: 275-306.
- MANGINI, A. (1984): Datierung von Sedimenten und andere Anwendungen der Radionuklide ²³⁰Th, ²³¹Pa und ¹⁰Be in der marinen Geologie.- Habilitationsschrift, Univ. Heidelberg: 1-63.
- MARTINSON, D.G., PISIAS, N.G., HAYS, J.D., IMBRIE, J., MOORE, T.C. & SHACKLETON, N.J. (1987): Age dating and the orbital theory of the ice ages: development of a high-resolution 0 to 300.000 years chronostratigraphy.- *Quaternary Research*, **27**: 1-30.
- MATTHIEBEN, J. (1991): Dinoflagellaten-Zysten im Spätquartär des Europäischen Nordmeeres: Palökologie und Paläo-Ozeanographie.- *GEOMAR Report*, Kiel, **7**: 1-104.
- MAYKUT, G.A. (1985): The ice environment.- In: HORNER, R. (ed.), *Sea ice biota*.- CRC Press. Inc., Boca Raton Florida: 21-82.
- MICHELS, K. (1995): Strömungssortierung quartärer Sedimente des Europäischen Nordmeeres: Analyse von Sinkgeschwindigkeits-Verteilungen.- *Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel*, **55**: 1-122.

- MIDTTUN, L. (1985): Formation of dense bottom water in the Barents Sea.- *Deep Sea Research*, **32(10)**: 1233-1241.
- MUDIE, P.J., KEEN, C.E., HARDY, I.A. & VILKS, G. (1984): Multivariate analysis and quantitative paleoecology of benthic foraminifera in surface and Late Quaternary shelf sediments, northern Canada.- *Mar. Micropaleont.*, **8**: 283-313.
- MURRAY, J.W. (1971a): *An Atlas of British Recent foraminiferids*.- Heinemann Educational Books, London: 1-244.
- MURRAY, J.W. (1973): *Distribution and Ecology of living benthic foraminiferids*.- Heinemann Educational Books, London: 1-274.
- MURRAY, J.W. (1984): Paleogene and Neogene benthic foraminifers from Rockall Plateau.- In: ROBERTS, D.G., SCHNITKER, D. *et al.*, Initial Report of the Deep Sea Drilling Projekt. U.S:Government Printing Office, Washington DC: **81**: 503-534.
- MURRAY, J.W. (1991): *Ecology and Palaeology of Benthic Foraminifera*.- Longman Scientific & Technical, Harlow: 1-397.
- NEES, S. (1989): *Biostratigraphie mit benthischen Foraminiferen im Europäischen Nordmeer für die letzten 350.000 Jahre*.- Unveröffentl. Diplomarbeit, Univ. München: 1-42.
- NEES, S. (1993): *Spätquartäre Benthosforaminiferen des Europäischen Nordmeeres: Veränderungen der Artengesellschaften und Akkumulationsraten bei Klimawechseln*.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, **44**: 1-80.
- NOTHOLT, H. (1998): *Die Auswirkungen der "NorthEastWater"-Polynya auf die Sedimentation vor NO-Grönland und Untersuchungen zur Paläo-Ozeanographie seit dem Mittelweichsel*.- Rep. Polar Res. **275**: 1-182.
- NØRGAARD-PEDERSEN, N. (1996): *Late Quaternary Arctic Ocean sediment records: Surface ocean conditions and provenance of ice-rafted debris*.- Dissertation, Univ. Kiel: 1-115.
- NØVANG, A. (1945): *The zoology of Iceland: Foraminifera*. - In: EJNAR MUKSGAARD (ed).- Copenhagen & Reykjavik, **2** (2): 1-79.
- NÜRNBERG, D. (1991): *Haupt- und Spurenelemente in Foraminiferengehäusen. Hinweise auf klimatische und ozeanographische Änderungen im nördlichen Nordatlantik während des Spätquartärs*.- GEOMAR Report, Kiel, **8**: 1-106.
- OKI, K. (1989): *Ecological Analysis of Benthonic Foraminifera in Kagoshima Bay, South Kyushu, Japan*.- *South Pac. Study*, **10(1)**: 1-191.
- ORBIGNY, A d' (1826): *Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes*.- *An. Sci. Nat.*, **7**: 245-314.
- PAETSCH, H. (1991): *Sedimentation im Europäischen Nordmeer: Radioisotopische, geochemische und tonmineralogische Untersuchungen spätquartärer Ablagerungen*.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, **29**: 1-102.
- PARR, W.J. (1950): *Foraminifera, B.A.N.Z. Antarctic Research Expedition 1929-31*.- Rep. Ser. B. (Zool. and Bot.), **5(6)**: 235-392.
- PERRY, R.K. (1986): *Bathymetry*.- In: HURDLE, B.G. (ed), *The Nordic Seas*, Springer Verlag, New York: 211-234.
- PFFIRMANN, S.L. & SOLHEIM, A. (1989): *Subglacial meltwater discharge in the open-marine todewater glacier environment: observations from Nordaustlandet, Svalbard Archipelago*.- *Marine Geology*, **86**: 265-281.

7. LITERATUR

- PHLEGER, F.B. (1952): Foraminifera distribution in some sediment samples from the Canadian and Greenland Arctic.- Contributions of the Cushman Foundation, J. Foram. Res., **3(2)**: 80-89.
- PHLEGER, F.B. (1964): Patterns of living benthonic foraminifera, Gulf of California.- Symposium on marine geology of the Gulf of California, Memoir, **3**: 337-394.
- PHLEGER, F.B. & PARKER, F.L. (1951): Ecology of foraminifera, Northwest Gulf of Mexico, Part II, Foraminifera species.- Geological Society of Amerika, Memoir, **46**: 1-64.
- PHLEGER, F.B., PARKER, F.L. & PEIRSON, J.F. (1953): North Atlantic Foraminifera.- In: PETTERSON, H. (ed), Sediment cores from the North Atlantic Ocean, Reports of the Swedish Deep Sea Expedition, **7(1)**: 1-22.
- QUADFASEL, D., RUDELS, B. & KURZ, K. (1988): Outflow of dense water from a Svalbardfjord into the Fram Strait.- Deep-Sea Research, **35(7)**: 1143-1150.
- REIMNITZ, E., MARINCOVICH, L., MC CORMICK, M. & BRIGGS, W.M. (1992): Suspension freezing of bottom sediment and biota in the Northwest Passage and implications for Arctic Ocean sedimentation.- Canadian Journal of Earth Sciences, **29**: 693-703.
- REUSS, A.E. (1851): Ueber die fossilen Foraminiferen und Entomostraceen der Septarientone der Umgegend von Berlin.- Zeitschr. Deut. Geol. Ges., **3**: 49-51.
- RICHTER, G. (1965): Zur Ökologie der Foraminiferen: III. Verdriftung und Transport in der Gezeitenzone.- Natur und Museum, **95(2)**: 51-62.
- SARNTHEIN, M. & ALTENBACH, A. V. (1995): Late Quaternary changes in surface water and deep water masses of the Nordic Seas and north-eastern North Atlantic: a review.- Geologische Rundschau, **84**: 89-107.
- SARNTHEIN, M., JANSEN, E. ARNOLD, M. DUPLESSY, J.C. ERLLENKEUSER, H. FLATOY, A. VEUM, T., VOGELANG, E. & WEINELT, M.S. (1992): $\delta^{18}\text{O}$ time-slice reconstruction of meltwater anomalies at Termination I in the North Atlantic between 50 and 80°N.- In: BARD, E. & BROECKER W.S. (eds.), The Last Deglaciation: Absolute and Radiocarbon Chronologies, Springer Verlag Berlin: 183-200.
- SARNTHEIN, M., WINN, K., JUNG, S.J.A., DUPLESSY, J.C. LABEYRIE, L., ERLLENKEUSER, H. & GANSSSEN, G. (1994): Changes in east Atlantic deepwater circulation over the last 30,000 years: Eight time slice reconstructions.- Paleoceanography, **9(2)**: 209-267.
- SCHIEBEL, R. (1992): Rezente benthische Foraminiferen in Sedimenten des Schelfes und oberen Kontinentalhanges im Golf von Guinea (Westafrika).- Berichte - Reports, Geol. Paläont. Univ. Kiel, **51**: 1-179.
- SCHMIEDL, G. (1995): Rekonstruktion der spätquartären Tiefenwasserzirkulation und Produktivität im östlichen Südatlantik anhand von benthischen Foraminiferenvergesellschaftungen.- Rep. Polar Res., **60**: 1-161.
- SCHNITKER, D. (1984): High resolution records of benthic foraminifera in the Late Neogene of the northeastern Atlantic.- In: ROBERTS, D.G., SCHNITKER, D. *et al.*, Initial Report of the Deep Sea Drilling Projekt. U.S:Government Printing Office, Washington DC, **81**: 611-622.
- SCHOLTEN, J.C., BOTZ, R., PAETCH, H., STOFFERS, P. (1994): ^{230}Th flux into Norwegian-Greenland Sea sediments: Evidence for lateral sediment transport during the past 300,000 years.- Earth Plan. Sci. Lett., **121**: 111-124.

- SCHRÖDER-ADAMS, C. J., COLE, F. E., MEDIOLI, F. S., MUDIE, P. J., SCOTT, D. B. & DOBBIN, L. (1990a): Recent arctic shelf foraminifera: Seasonally ice covered vs. perennially ice covered areas.- *J. Foram. Res.*, **20**(1): 8-36.
- SCHWAGER C. (1866): Fossile Foraminiferen von Kar Nicobar. Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde in den Jahren 1857, 1858 und 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wuellerstorff-Urbair. Geologischer Theil.- **2**(1) (Geolog. Beobachtg. no. 2 Paläont. Mitteilg): 187-268
- SCOTT, D.B. & VILKS, G. (1991): Benthonic foraminifera in the surface sediments of the deep-sea Arctic Ocean.- *J. Foram. Res.*, **21**(1): 20-38.
- SEIDENKRANTZ, M.-S. (1995): *Cassidulina teretis* TAPPAN and *Cassidulina neoteretis* new species (Foraminifera): stratigraphic markers for the deep sea and outer shelf areas.- *J. Micropaleontol.*, **14**(2): 145-157.
- SEJRUP, H. P. & GUILBAULT, J. P. (1980): *Cassidulina reniforme* and *C. obtusa* (foraminifera), taxonomy, distribution, and ecology.- *Sarsia*, **65**: 79-85.
- SEJRUP, H.P., FJÆRAN, T., HALD, M., BECK, L., HAGEN, J., MILJETEIG, I., MORVIK, I. & NORVIK, O. (1981): Benthonic foraminifera in surface samples from the Norwegian continental margin between 62°N and 65°N.- *J. Foram. Res.*, **11**: 277-295.
- SMART, C. W., KING, S. C., GOODAY, A. J., MURRAY, J. W. & THOMAS, E. (1994): A benthic foraminiferal proxy of pulsed organic matter paleofluxes.- *Mar. Micropaleont.*, **23**: 89-99.
- SMITH, W.O., BAUMANN, M.E.M., WILSON, D.L. & ALETSEE, L. (1987): Phytoplankton biomass and productivity in the marginal ice zone of the Fram Strait during summer 1984.- *J. Geophys. Res.*, **C7**, **92**: 6777-6786.
- SÖDING, E. (1991): Beitrag zur quartären Entwicklung des westlichen Europäischen Nordmeeres anhand sedimentologischer Untersuchungen an Kern 17728.- Unveröffentl. Diplomarbeit, Univ. Kiel: 1-72.
- SPIELHAGEN, R.F. (1991): Die Eisdrift in der Framstraße während der letzten 200.000 Jahre.- *GEOMAR Report*, Kiel, **4**: 1-133.
- STSCHEDRINA, Z.G.. (1946): New species of Foraminifera from the Arctic ocean. In: Northern Searoute Board Drifting Expedition on the icebreaker „G. Sedov“. **3**: 139-148.
- STEIN, R., SCHUBERT, C., VOGT, C. & FÜTTERER, D. (1994): Stable isotope stratigraphy, sedimentation rates, and salinity changes in the Lates Pleistocene to Holocene eastern central Arctic Ocean.- *Marine Geology*, **119**: 333-355.
- STOW, D.A.V., FAUGÈRES, J.-C., VIANA, A. & GONTHIER, E. (1998): Fossil contourites: a critical review.- *Sedimentary Geology*, **115**: 3-31.
- STREETER, S.S., BELANGER, E.P., KELLOGG, T.B. & DUPLESSY, J.C. (1982): Late Pleistocene Paleo-Oceanography of the Norwegian-Greenland Sea: Benthic Foraminiferal evidence.- *Quat. Res.*, **18**: 72-90.
- STRÖMBERG, J.O. (1989): Northern Svalbard waters.- In: REY, L. & ALEXANDER, V.: Proceedings of the Sixth Conference Comité Arctique International.- Brill., E.J.: 402-425.
- STRUCK, U. (1992): Zur Paläo-Ökologie benthischer Foraminiferen im Europäischen Nordmeer während der letzten 600.000 Jahre.- *Ber. Sonderforschungsbereich 313*, Univ. Kiel, **38**: 1-88.

7. LITERATUR

- STRUCK, U. & NEES, S. (1991): Die stratigraphische Verbreitung von *Siphotextularia rolshauseni* (PHLEGER & PARKER) in Sedimentkernen aus dem Europäischen Nordmeer.- Geol. Jahrb., Reihe A, **128**: 219-225.
- SWIFT, J. H. & KOLTERMANN, K. P. (1988): The origin of Norwegian Sea Deep Water.- J. Geophys. Res., C, **93**: 3563-3569.
- SWIFT, J. H. (1986): The Arctic Waters.- In: HURDLE, B.G.(ed.), The Nordic Seas, Springer Verlag, NewYork: 129-153.
- THIEDE, J. & HEMPEL, G. (1991): Die Expedition ARKTIS-VII/1 mit FS "POLARSTERN" 1990.- Rep. Polar Res., **80**: 1-137.
- THIEDE, J., WINKLER, A., WOLF-WELLING, T., ELDHOLM, O., MYHRE, A.M., BAUMANN, K.-H., HENRICH, R. & STEIN, R. (1998): Late Cenozoic history of the Polar North Atlantic: Results from ocean drilling.- Quat. Sci. Rev., **17**: 185-208.
- THIES, A. (1990): The ecology, distribution and taxonomy of *Crithionina hispida* FLINT, 1899.- In: HEMLEBEN, C. *et al.* (eds), Paleocology, and Taxonomy of agglutinated Foraminifera. Kluwer Academic Publishers, Niederlande: 305-313.
- THIES, A. (1991): Die Benthos-Foraminiferen im Europäischen Nordmeer.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, **31**: 1-135.
- TIMM, S. (1992): Rezente Tiefsee-Foraminiferen aus Oberflächensedimenten des Golfes von Genua (Westafrika). Taxonomie, Verbreitung, Ökologie und Korngrößenfraktion.- Berichte - Reports, Geol.-Paläont. Inst. Univ. Kiel, **59**: 1-192.
- TODD, R. & LOW, D. (1967): Recent Foraminifera from the Gulf of Alaska and southeastern Alaska.- Contr. Paleont., Geol. Surv. Prof. Pap., **573A**: 1-46.
- VAN ANDEL, T.H., HEATH, G.R. & MOORE, T.C. (1975): Cenozoic History and Paleooceanography of the central Equatorial Pacific.- Mem. Geol. Soc. Amer., **143**: 1-134.
- WALSH, I.D. (1995): Particle Dynamics in the NEW Polynya 1992-1993.- In: NorthEast Water Polynya Symposium, Book of Abstracts, Helsingør Denmark: 1-84..
- VOGELSANG, E. (1990): Paläo-Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres an Hand stabiler Kohlenstoff- und Sauerstoffisotope.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, **23**: 1-136.
- WALKER, G & JACOB, E (1798): In: ADAMS, G: Essays on the Microscope.- **2**, London, F. Kanacher.
- WEINELT, M.S. (1993): Schmelzwasserereignisse und klimatische Verstärkerimpulse im Europäischen Nordmeer während der letzten 60.000 Jahre - Hinweise aus hochauflösenden Isotopenkurven.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel, **41**: 1-107.
- WILLIAMSEN, W.C. (1858): On the recent Foraminifera of Great Britain.- Ray Soc., London, **20**: 1-107.
- WOLF, T.C.W. (1991): Paläo-ozeanographisch-klimatische Entwicklung des nördlichen Nordatlantiks seit dem späten Neogen (ODP Legs 105 und 104, DSDP Leg 81).- GEOMAR Report, Kiel, **5**: 1-92.
- WOLLENBURG, I. (1993): Sedimenttransport durch das arktische Meereis: Die rezente lithogene und biogene Materialfracht.- Rep. Polar Res., **127**: 1-159.
- WOLLENBURG, J. (1992): Zur Taxonomie von rezenten benthischen Foraminiferen aus dem Nansen Becken, Arktischer Ozean.- Rep. Polar Res., **112**: 1-128.

- WOLLENBURG, J. (1995): Benthische Foraminiferenfaunen als Wassermassen-, Produktions- und Eisdriftanzeiger im Arktischen Ozean.- Rep. Polar Res., **179**: 1-159.
- WOLLENBURG, J & MACKENSEN A. (1998a): Living benthic foraminifers from the central Arctic Ocean: faunal composition, standing stock and diversity. - Mar. Micropaleont., **34**: 135 - 185.
- WOLLENBURG, J & MACKENSEN A. (1998b): On the vertical distribution of living (rose bengal stained) benthic foraminifers in the Arctic Ocean. - J. Foram. Res., **28(4)**: 268 - 285.

8. Dank:

Für die Vergabe der Arbeit möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Jörn THIEDE bedanken. Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Alexander ALTENBACH, der die Arbeit betreute und durch konstruktive Diskussionen unterstützte. Besonderer Dank gilt auch Prof. Dr. Wolfgang KUHNT für die Betreuung in der Endphase und die konstruktiven Vorschläge zur Arbeit.

Ich bedanke mich für die hilfsbereite und freundliche Unterstützung:

- Herr Harald ERBACHER half als wissenschaftliche Hilfskraft während dreier Monate bei der Aufbereitung der Proben. Frau Dagmar WALDHOF war mir zeitweise bei der Beschaffung der Literatur behilflich.

- Herr Werner Reimann bedampfte die REM-Präparate, Herr Hanno KINKEL half mir bei den REM-Aufnahmen und Frau Ute SCHULD führte die REM-bezogenen fototechnischen Arbeiten durch.

- Dr. Heidemarie KASSENS und Dr. Horst BOHRMANN danke ich für die Bereitstellung unveröffentlicher Daten der Trockendichte und Dr. Uwe PAGELS für CaCO₃ - und CO₂-Daten.

- Dr. Andreas AICHINGER (früher: HAMICH) und Dr. Emanuel SÖDING danke ich für die Überlassung von Probenmaterial und Isotopendaten. Die I-Daten entstanden in der Gruppe um Herrn Prof. Dr. Michael SARNTHEIN.

- Für die Einführung in die Taxonomie benthischer Foraminiferen bedanke ich mich sehr bei Dr. Andrea THIES. Auch danach blieb sie stets für taxonomische Fragen ansprechbar.

Besonders möchte ich mich bei Urban REGENAUER bedanken, der mir beim lay-out der Graphiken sehr geholfen hat. Mein besonderer Dank gilt ebenfalls Dr. Axel MUNNECKE, Dr. Thomas WOLF-WELLING und Herrn Dr. Christian SAMTLEBEN für die anregenden Diskussionen. Für die kritische Durchsicht des Manuskripts und die daraus erwachsenen zahlreichen Diskussionen danke ich Dagmar MAGNUS, Bernd BURKERT, Dr. Birgit, KÖHLER, Dr. Axel MUNNECKE, Dr. Thomas WOLF-WELLING und Dr. Stefan NEEZ.

A Anhang

- AI Liste der Abkürzungen
- AII Synonymieliste
- AIII Die wichtigsten allochthonen Faunenelemente.
Wassertiefe [m] lebender benthischer Arten nach verschiedenen Autoren.

Folgende Daten und Datenquellen sind über die Datenbank PANGAEA
<http://www.pangaea.de/Institutes/IfG> verfügbar.

- TIA-C Daten und Datenquellen (Sauerstoffstratigraphie und
radiometrische Altersbestimmung mit $^{230}\text{Thorium}$)
- TIIA-C Alphabetische Liste der benthischen Foraminiferen-Arten in
Individuen pro g Sediment.
 - a) 125-250 μm
 - b) 125-2000 μm
- TIIIA-C Tabellarische Darstellung der Fisher- α -Indizes der unter-
suchten Kerne in den Fraktionen 125-2000 μm , 250-2000 μm und
125-250 μm .

ANHANG I

AI Abkürzungen:

AF	"Atlantikfauna"
AMS	Accellerator-Mass-Spectrometry
AOD	Arctic Ocean Deep Water
AOE	Atlantischer Oberflächenwassermassen-Einfluß
AR	Akkumulationsraten
ASW	Arctic Sea Water
DBD	Dry Bulk Density
DSDP/ODP	Deep Sea Drillig Program / Ocean Drilling Program
EBDW	Eurasian Basin Deep Water
EGC	East Greenland Current
EIC	East Island Current
FAI	Fisher- α -Index
Gesamt-INDAR	Summe der Individuenakkumulationsraten eines Kerns
GFZ	Greenland-Fracture-Zone
GKG	Großkastengreifer
GSDW	Greenland Sea Deep Water
HR	Hovgaard-Ridge
IAIW	Iceland Arctic Intermediate Water
IfG	Institut für Geowissenschaften
Ind.	Individuen
Ind. / g. Tr. Sed.	Individuen pro g Trockensediment
INDAR	Individuenakkumulationsraten [Individuen * cm^{-2} * ka^{-1}]
IRD	Ice Rafted Debris
J	Jahre
J.v.h.	Jahre vor heute
JMC	Jan Meyen Current
ka	Kilo Jahr = 1.000 Jahre
KAL	Kastenlot
LSR	Lineare Sedimentationsrate [cm/ka]
NAIW	North Atlantic Intermediate Water
NC	Norwegian Current
NOSOFO	North to South Atlantic Ocean Foraminiferal Transects
NSDW	Norwegian Sea Deep Water
POR	Porosität
REM	Raster-Elektronenmikroskop
ST	Stadium
U/Th-Methode	$^{238}\text{Uran}/^{230}\text{Thorium}$ Methode
WBD	Wet Bulk Density
WSC	West Spitsbergen Current

AII Synonymieliste

Die taxonomische Bestimmung der gezählten benthischen Foraminiferen ist weitgehend nach der Artfassung der NOSOFO-Arbeitsgruppe (IfG/Kiel) erfolgt. Die Artenliste der benthischen Foraminiferen ist alphabetisch geordnet. Die Erstzitate stammen weitgehend aus THIES 1991 und WOLLENBURG 1992, 1995.

Ammobaculites agglutinans (D'ORBIGNY 1846)

1960 *A. agglutinans* (d'ORBIGNY) -- BARKER, S. 66 Taf. 32/19-21, 24-26.

1980 *A. agglutinans* (d'ORBIGNY) -- HAAKE, S. 7, Taf. 1/11.

1988 *A. agglutinans* (d'ORBIGNY) -- LOEBLICH & TAPPAN, S. 74, Taf. 58/3-4.

Agglutinierende "Röhren"-Gruppe

Bemerkung: s. Aggl. "Röhren"-Gruppe (Beispiel s. Abb. R)

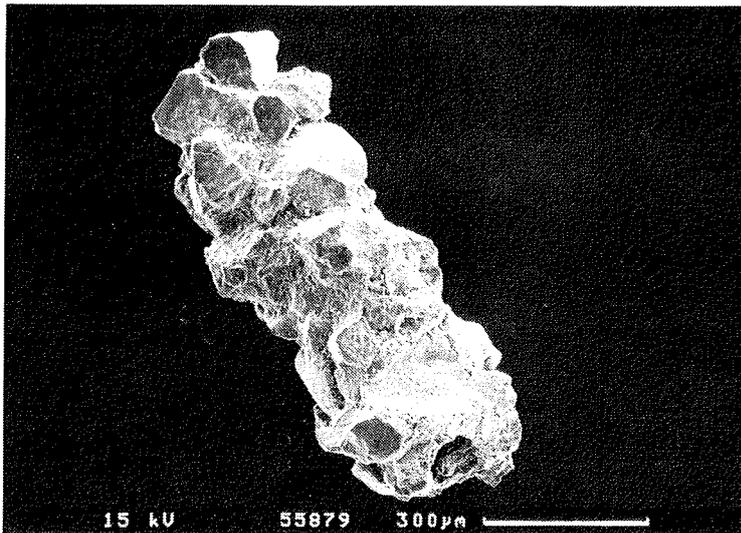


Abb. R: Fragment einer aggl. "Röhre" aus dem Kern PS1745-6 (Teufe 283 cm).

Bucella frigida (CUSHMAN 1952)

1952 *B. frigida* (CUSHMAN) -- ANDERSEN, S. 144, Fig. 4-6.

1952 *Eponides frigidus* (CUSHMAN) -- PHLEGER, S. 84, Taf. 14/23-24.

1953 *B. frigida* (CUSHMAN) -- LOEBLICH & TAPPAN, S. 115, Taf. 22/2-3.

1964 *B. frigida* (CUSHMAN) -- FEYLING-HANSSSEN, S. 337, Taf. 18/15-18.

1967 *B. frigida* (CUSHMAN) -- TODD & LOW, S. 31, Taf. 4/20a-b.

1971 *B. frigida* (CUSHMAN) -- FEYLING-HANSSSEN *et al.*, S. 253, Taf. 8/12-14 und 19(1).

1991 *B. frigida* (CUSHMAN) -- THIES, S. 35, Taf. 19/6a-d, Taf. 20/5,6a-c.

Bulimina marginata D'ORBIGNY 1826

1826 *B. marginata* d'ORBIGNY, Taf. 12/10-12.

1960 *B. marginata* d'ORBIGNY -- BARKER, Taf. 51/3-5.

1971 *B. marginata* d'ORBIGNY -- MURRAY, Taf. 49.

1992 *B. marginata* d'ORBIGNY -- SCHIEBEL, S. 36, Taf. 2/2.

ANHANG II

***Cassidulina obtusa* WILLIAMSON 1858**

- 1945 *C. crassa* d'ORBIGNY -- NØVANG, Abb. 6a-d.
1971a *C. obtusa* WILLIAMSON -- MURRAY, Taf. 79.
1973 *C. obtusa* WILLIAMSON -- MURRAY, Taf. 8/8.
1980 *C. obtusa* WILLIAMSON -- SEJRUP & GUILBAULT, Abb. 2a-e.

***Cassidulina reniforme* NØVANG 1945**

- 1945 *C. crassa* var. *C. reniforme* NØVANG, S. 41, Text-Abb. 6e-h.
1971 *C. crassa* d'ORBIGNY -- FEYLING-HANSEN *et al.*, Taf. 7/18-19.
1980 *C. reniforme* NØVANG -- SEJRUP & GUILBAULT, S. 79-81/2f-k.
1980 *C. reniforme* NØVANG -- RODRIGES *et al.*, S. 59, Taf. 3/3,6,9,11,12, Taf. 5/10-12.
1995 *C. reniforme* NØVANG -- WOLLENBURG, S. 40, Taf. 3/14-15.

***Cassidulina teretis* TAPPAN 1951**

- 1951 *C. teretis* TAPPAN, S. 7,8, Taf. 1/30
1988 *C. teretis* TAPPAN -- MACKENSEN & HALD, S. 17, Taf. 1/8-15.
1989 *C. teretis* TAPPAN -- NEES, Taf. 2/2.
1992 *C. teretis* TAPPAN -- WOLLENBURG, S. 56, Taf. 15/6-7.
1993 *C. teretis* TAPPAN -- MACKENSEN *et al.*, S. 25, Taf. 1/5-6.
1995 *C. teretis* TAPPAN -- SEIDENKRANTZ, S. 148, 12-13

***Cibicidoides wuellerstorfi* (SCHWAGER 1866)**

- 1866 *Anomalina wuellerstorfi* SCHWAGER, S. 258, Taf. 105, 107.
1931 *Planulina wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- CUSHMANN, S. 110, Taf. 19/5-6.
1953 *P. wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- PHLEGER *et al.*, S. 53, Taf. 11/1-2.
1970 *Fontbotia wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- CONZALES-DONOSO & LINARES, S. 238, Taf. 1/4a-c.
1971 *Cibicides wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- HERB, S. 296, Taf. 3/8.
1978a *P. wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- LOHMANN, S. 26, Taf. 2/1-4.
1979 *Cibicidoides wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- LUTZE, S. 426, Taf. 1/5a-b.
1981 *P. wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- CORLISS & HONJO, S. 362, Taf. 8/1-16.
1988 *F. wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- LOEBLICH & TAPPAN, S. 583, Taf. 634/10-12, 635/1-3.
1991 *P. wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- SCOTT & VILKS, S. 32, Taf. 2/13,14.
1991 *C. wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- THIES, S. 30, Taf. 17/5a-d.
1992 *C. wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- STRUCK, S. 17, Taf. 1/3,4.
1993a *C. wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- MACKENSEN *et al.*, S. 58, Taf. 2/4,5.
1995 *Fontbotia wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- WOLLENBURG, S. 42, Taf. 4/15, Taf. 5/1,2.

***Cibicides lobatulus* (WALKER & JACOB 1798)**

- 1798 *Nautilus lobatulus* WALKER & JACOB, S. 642, Taf. 14/36.
1952 *C. lobatulus* (WALKER & JACOB) -- PHLEGER, S. 83, Taf. 14/29.
1967 *C. lobatulus* (WALKER & JACOB) -- TODD & LOW, S. 34, Taf. 5/1-4.
1971 *C. lobatulus* (WALKER & JACOB) -- MURRAY, S. 175, Taf. 73/1-7.
1973 *C. lobatulus* (WALKER & JACOB) -- MURRAY, Taf. 9/4.
1988 *Lobatula lobatulus* (WALKER & JACOB) -- LOEBLICH & TAPPAN, S. 582, Taf. 673/10-13.
1990a *C. lobatulus* (WALKER & JACOB) -- SCHRÖDER-ADAMS *et al.*, S. 24, Taf. 8/15,16.
1991 *C. lobatulus* (WALKER & JACOB) -- THIES, Taf. 17/4a-d, Taf. 18/1-20.
1995 *Lobatula lobatula* (WALKER & JACOB) -- WOLLENBURG, S. 51, 4/12-14.

***Cribrostomoides subglobosum* (SARS 1868)**

- 1868 *Cribrostomoides subglobosum* SARS, ELLIS & MESSINA 190 ff, S. 9273.
1947 *Labrospira subglobosa* SARS -- HÖGLUND, S. 144, Taf. 11/2.
1952 *H. subglobosa* (SARS) -- COLOM, S. 16, Taf. 6/3-9.
1964 *C. subglobosum* (SARS) -- LOEBLICH & TAPPAN, S. 225, Taf. 136/1,2.
1981 *Alveolophragmium subglobosum* (SARS) -- SEJRUP *et al.*, S. 290, Taf. 171.
1991 *C. subglobosum* (SARS) -- THIES, S. 23, Taf. 7/4a-c, Taf. 9, /1-12, Taf. 10/1-13.

1995 *C. subglobosum* (SARS) -- WOLLENBURG, S. 32, Taf. 2/10,11.

***Dentalina advena* CUSHMAN 1923**

1964 *D. advena* CUSHMAN -- FEYLING-HANSEN, S. 269, Taf. 8/9.

***Dentalina communis* D'ORBIGNY 1846**

1960 *D. communis* d'ORBIGNY -- BARKER S. 130, Taf. 62/21-22.

***Dentalina pauperata* D'ORBIGNY 1846**

1953 *D. pauperata* d'ORBIGNY -- LOEBLICH & TAPPAN, S. 57, Taf. 8/7-9.

1989 *D. pauperata* d'ORBIGNY -- NEES, Taf. 1/7.

***Elphidium arcticum* (PARKER & JONES 1875)**

1884 *Polystomella arctica* (PARKER & JONES) -- BRADY, S. 471, Taf. 48/18.

1930 *E. arcticum* (PARKER & JONES) -- CUSHMAN, S. 27, Taf. 11/1-6.

1971 *Elphidiella arctica* (PARKER & JONES) -- KNUDSEN, Taf. 14/1.

Bemerkungen: s. Gruppe der Elphidien; auch Schelfelphidien genannt

***Elphidium excavatum* (TERQUEM 1875)**

1875 *Polstomella excavatum* TERQUEM

1953 *Elphidium clavatum* (CUSHMAN) -- LOEBLICH & TAPPAN, S. 98, Taf. 19/8-10.

1964 *E. incertum clavatum* CUSHMAN -- FEYLING-HANSEN, S. 345, Taf. 20/11-15.

1965 *Cribrononion excavatum* (TERQUEM) -- LUTZE, S. 96, Taf. 15/39-41.

1976 *E. excavatum* forma *clavata* (TERQUEM) -- FEYLING-HANSEN, S. 92, Taf. 8/13-14.

1981 *E. excavatum* (TERQUEM) -- SEJRUP *et al.*, S. 293, Taf. 1/10.

1984 *E. excavatum* forma *clavata* (TERQUEM) -- FEYLING-HANSEN *et al.*, S. 103, Taf. 4/12-13.

Bemerkungen: s. Gruppe der Elphidien; auch Schelfelphidien genannt

***Elphidium incertum* (WILLIAMSON 1858)**

1930 *E. incertum* (WILLIAMSON) -- CUSHMAN, S. 20, Taf. 7/4-10.

Bemerkungen: s. Gruppe der Elphidien; auch Schelfelphidien genannt

***Elphidium* spp.**

Bemerkungen: s. Gruppe der Elphidien; auch Schelfelphidien genannt

***Epistominella exigua* (BRADY 1884)**

1884 *Pulvinulina exigua* BRADY, S. 696, Taf. 103/13-14

1951 *Pseudoparella exigua* BRADY -- PHLEGER & PARKER, S. 28, Taf. 15/6,7.

1953 *E. exigua* (BRADY) -- PHLEGER *et al.*, Taf. 9/35-36.

1960 *E. exigua* (BRADY) -- BARKER, Taf. 103/14.

1980 *E. exigua* (BRADY) -- TODD & LOW, S. 22, Taf. 2/11a-c.

1990 *E. exigua* (BRADY) -- MACKENSEN *et al.*, Taf. 7/1,2.

***Eponides tumidulus* (BRADY 1884)**

1960 *E. tumidulus* (BRADY) -- BARKER, S. 196, Taf. 95/8.

1977 *E. tumidulus* (BRADY) -- LAGOE, Taf. 5/6,11,13.

1992 *E. tumidulus* (BRADY) -- TIMM, S. 56, Taf. 7/5a,b.

***Globocassidulina subglobosa* (BRADY 1881)**

1881 *Cassidulina subglobosa* BRADY, Vol. 21, S. 60

1953 *C. subglobosa* BRADY -- PHLEGER *et al.*, S. 45, Taf. 10/4.

1960 *C. subglobosa* BRADY -- BARKER, Taf. 54/17.

1992 *G. subglobosa* (BRADY) -- SCHIEBEL, S. 47, Taf. 2/14.

1992 *G. subglobosa* (BRADY) -- STRUCK, S. 21, Taf. 3/2.

***Lagena* spp.**

Bemerkung: s. Lageniden-Gruppe

ANHANG II

***Lenticulina gibba* (D'ORBIGNY 1839)**

- 1960 *L. gibba* (d'ORBIGNY) -- BARKER, S. 144, Taf. 69/8-9.
1992 *L. gibba* (d'ORBIGNY) -- STRUCK, S. 19, Taf.5/3.

***Marginulina glabra* (D'ORBIGNY 1826)**

- 1826 *Marginulina glabra* (d'ORBIGNY), S.259, Nr. 6.
1884 *M. glabra* (d'ORBIGNY) -- BRADY, S. 527, Taf. 65/5-6.
1923 *M. glabra* (d'ORBIGNY) -- CUSHMAN, S. 127, Taf. 36/5,6.
1960 *M. obesa* CUSHMAN -- BARKER, S. 136, Taf. 65/5-6.
1967 *M. glabra* (d'ORBIGNY) -- TODD & LOW, S. 22, Taf. 3/8-9.
1971 *M. obesa* CUSHMAN -- HERB, S. 298, Taf.15/3.
1991 *M. glabra* (d'ORBIGNY) -- THIES, S. 29, Taf.17/1a-c, Taf. 18/21-25.

***Melouis barleeaanuu* (WILLIAMSON 1858)**

- 1858 *Nonionina barleeana* WILLIAMSON, S. 32, Abb.68, 69.
1953 *Nonion zaandamae* (VAN VOORTHUYSEN) -- LOEBLICH & TAPPAN, S.87, Taf.16/11-12.
1979 *M. zaandami* (VAN VOORTHUYSEN) -- LUTZE, S. 426, Taf. 1/7.
1991 *Nonion barleeaanum* (WILLIAMSON) -- SCOTT & VILKS, S.30, Taf. 2/9.
1991 *M. barleeaanum* (WILLIAMSON) -- THIES, S. 33, Taf. 19/3a-d.
1993a *M. zaandamae* (VAN VOORTHUYSEN) -- MACKENSEN *et al.*, S. 58, Taf. 3, 4,5.

***Miliolinella subrotunda* (MONTAGU 1803)**

- 1803 *Vermiculum subrotundum* MONTAGU, S. 521, Taf. 1/4.
1884 *Miliolina subrotunda* (MONTAGU) -- BRADY, S.168, Taf. 5/10,11.
1967 *Quinqueloculina subrotunda* (MONTAGU) -- TODD & LOW, S. 19, Taf. 2/15.
1975 *M. subrotunda* (MONTAGU) -- HAAKE, S. 39, Taf. 5/95-97.
1991 *M. subrotunda* (MONTAGU) -- THIES, S. 26, Taf.14/3a-g.
1993 *M. subrotunda* (MONTAGU) -- ALTENBACH *et al.*, S. 294, Taf. 1/1,4.

***Nonion labradoricum* (DAWSON 1860)**

- 1860 *Nonionina labradorica* DAWSON, S. 191, Abb. 4.
1953 *N. labradoricum* (DAWSON) -- LOEBLICH & TAPPAN, S. 86, Taf. 17/1-2.
1964 *Nonionellina labradorica* (DAWSON) -- FEYLING-HANSEN, S. 331, Taf. 17/15-18.
1981 *N. labradoricum* (DAWSON) -- SEJRUP *et al.*, S. 293, Taf. 2/5-6.
1991 *N. labradoricum* (DAWSON) -- THIES, S. 32, Taf. 19/2a-e.

***Oolina hexagona* (WILLIAMSON)**

- 1953 *O. hexagona* (WILLIAMSON) -- LOEBLICH & TAPPAN, S. 69, Taf. 14/1-2.
1977 *O. hexagona* (WILLIAMSON) -- LAGOE, S. 118, Taf. 2/13.
1979 *O. hexagona* (WILLIAMSON) -- HAYWARD & BUZAS, S. 68, Taf. 23/286.
1989 *O. hexagona* (WILLIAMSON) -- NEES, S. 14, Taf. 3/7.

***Oridorsalis umbonatus* (REUSS 1851)**

- 1851 *Rotalina umbonata* REUSS, S. 75, Taf.5/35a-c.
1977 *Eponides tener* BRADY -- LAGOE, S. 127, Taf. 5/3,7,14.
1978 *O. tener* BRADY -- LOHMANN, S. 26, Taf. 4/5-7.
1978 *O. umbonatus* (REUSS) -- LOHMANN, S. 26, Taf. 4/1-3.
1981 *E. umbonatus* (REUSS) -- SEJRUP *et al.*, S. 293, Taf.2/2-3.
1991 *O. umbonatus* (REUSS) -- SCOTT & VILKS, S. 32, Taf. 2/15,16.
1991 *O. umbonatus* (REUSS) -- THIES, S. 34, Taf. 19/4a-e, Taf. 20/1-4.

***Parafissurina groenlandica* (STSCHEDRINA 1946)**

- 1946 *Entosolenia groenlandica* STSCHEDRINA, S. 144, Taf. 4/19
1953 *Parafissurina tectulostoma* -- LOEBLICH & TAPPAN, S.81, Taf. 14/17a-c.
1977 *P. groenlandica* (STSCHEDRINA) -- LAGOE, S. 125, Taf. 3/17.
1980 *P. groenlandica* (STSCHEDRINA) -- TODD & LOW, S. 24, Taf. 2/6a-b.

- 1991 *P. groenlandica* (STSCHEDRINA) -- THIES, S. 29, Taf. 17/2a-c.
 1995 *P. groenlandica* (STSCHEDRINA) -- WOLLENBURG, S. 39, Taf. 3/9.

***Parafissurina ovata* (WIESNER 1931)**

- 1950 *P. ovata* (WIESNER) -- PARR, S. 316, Taf. 10/4.
 1992 *P. ovata* (WIESNER) -- STRUCK, S. 22, Taf. 4/4.

***Protelphidium orbiculare* (BRADY 1881)**

- 1964 *P. orbiculare* (BRADY) -- FEYLING-HANSSSEN, S. 349, Taf. 21/3.
 Bemerkungen: s. Gruppe der Elphidien; auch Schelfelphidien genannt

***Pullenia bulloides* (D'ORBIGNY 1826)**

- 1826 *Nonionina bulloides* d'ORBIGNY, Taf.5/9, 10
 1953 *P. bulloides* (d'ORBIGNY) -- PHLEGER *et al.*, S. 47, Taf. 8/19.
 1981 *P. bulloides* (d'ORBIGNY) -- SEJRUP *et al.*, S. 293, Taf. 2/8.
 1993a *P. bulloides* (d'ORBIGNY) -- MACKENSEN, S. 68, Taf. 3/10,11.

***Pullenia quinqueloba* (REUSS 1851)**

- 1864 *Nonionina quinqueloba* REUSS, S. 47, Taf. 5/31a,b
 1964 *P. quinqueloba* (REUSS) -- PHLEGER, S. 383, Taf. 3/23.
 1989 *P. quinqueloba* (REUSS) -- OKI, S. 149, Taf. 20/7a-c.
 1992 *P. quinqueloba* (REUSS) -- STRUCK, S. 22, Taf. 2/3.

***Pyrgo rotalaria* LOEBLICH & TAPPAN 1953**

- 1953 *Pyrgo rotalaria* LOEBLICH & TAPPAN, S. 47, Taf. 6/5-6.
 1917 *Biloculina murrhyna* SCHWAGER -- CUSHMAN, S. 75, Taf. 29/1a-c.
 1967 *P. rotalaria* LOEBLICH & TAPPAN -- TODD & LOW, S. 21, Taf. 2/31a,b.
 1971 *P. depressa* d'ORBIGNY -- HERB, S. 298, Taf. 13/3a,b.
 1977 *P. rotalaria* LOEBLICH & TAPPAN -- LAGOE, S. 119, Taf. 2/21.
 1980 *P. rotalaria* LOEBLICH & TAPPAN -- TODD & LOW, S. 24, Taf. 2/20.
 1991 *P. rotalaria* LOEBLICH & TAPPAN -- THIES, S. 27, Taf. 14/4a-c, Taf. 15/1-21a,b.

***Quinqueloculina seminula* (LINNÉ 1758)**

- 1960 *Q. seminula* (LINNÉ) -- BARKER, S. 10, Taf. 5/6.
 1992 *Q. seminula* (LINNÉ) -- WOLLENBURG, S. 40, Taf. 10/8e.

***Siphotextularia rolshauseni* PHLEGER & PARKER 1951**

- 1951 *S. rolshauseni* PHLEGER & PARKER, S. 4, Taf. 1/23,24
 1979 *S. catenata* CUSHMAN -- CORLISS, S. 11, Taf. 1/1-2.
 1989 *S. rolshauseni* PHLEGER & PARKER -- NEES, S. 12, Taf. 2/8.
 1992 *S. rolshauseni* PHLEGER & PARKER -- STRUCK, S. 21, Taf. 2/5-7.

***Stainforthia concava* (HÖGLUND 1947)**

- 1947 *Virgulina concava* HÖGLUND, S. 257-261, Taf. 23/3,4.
 1964 *S. concava* (HÖGLUND) -- LOEBLICH & TAPPAN, C561/442, 10,11.
 1992 *S. concava* (HÖGLUND) -- WOLLENBURG, S. 57, Taf. 16/1.

***Stetsonia arctica* (GREEN 1960)**

- 1960 *S. horvathi* GREEN, S. 72, Taf. 1/6
 1989 *S. horvathi* GREEN -- NEES, Taf. 3/4.
 1991 *S. arctica* (GREEN) -- SCOTT & VILKS, S. 35, Taf.3/5-14. u. Taf. 4/8-10.

***Textularia sagittula* DEFRANCE 1826**

- 1960 *T. sagittula* DEFRANCE -- BARKER, Taf. 42/17-18.
 1974 *T. sagittula* DEFRANCE -- LUTZE, Taf. 3/48,49.
 1980 *T. sagittula* DEFRANCE -- HAAKE, Taf. 1/15.
 1985 *T. sagittula* DEFRANCE -- MACKENSEN, Taf. 2/2.

ANHANG II

***Trifarina angulosa* (WILLIAMSON 1858)**

- 1858 *Uvigerina angulosa* WILLIAMSON, Taf. 5/140.
1960 *Angulogerina angulosa* (WILLIAMSON) -- BARKER, Taf. 74/15,16.
1964 *T. angulosa* (WILLIAMSON) -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 450/1-3.
1971 *T. angulosa* (WILLIAMSON) -- MURRAY, S. 123, Taf. 51.
1981 *T. angulosa* (WILLIAMSON) -- SEJRUP *et al.*, S. 293, Taf. 2/10.
1992 *T. angulosa* (WILLIAMSON) -- SCHIEBEL, S. 56, Taf. 3/1a,b.

***Triloculina tricarinata* D'ORBIGNY 1826**

- 1826 *Triloculina tricarinata* d'ORBIGNY, S. 299, Taf. 7/94.
1960 *T. tricarinata* d'ORBIGNY -- BARKER, S. 6, Taf. 3/17a,b.
1964 *T. tricarinata* d'ORBIGNY -- FEYLING-HANSEN, S. 258, Taf. 6/7,8.
1977 *T. trihedra* LOEBLICH & TAPPAN -- LAGOE, S. 120, Taf. 1/10.
1977 *T. frigida* -- LAGOE, S. 120, Taf. 1/12, 17, 18.
1985 *T. frigida* LAGOE -- MACKENSEN, S. 28, Taf. 3/10,11.
1991 *T. tricarinata* d'ORBIGNY -- THIES, S. 28, Taf. 14/6a-d, Taf. 16/1-12.
1991 *T. tricarinata* d'ORBIGNY -- SCOTT & VILKS, S. 35, Taf. 3/3,4.

***Uvigerina peregrina* CUSHMAN 1923**

- 1923 *U. peregrina* CUSHMAN, S. 166, TAF. 42/7-10.
1971 *U. peregrina* CUSHMAN -- FEYLING-HANSEN *et al.*, S. 241, Taf. 7/9-11.
1986 *U. peregrina* CUSHMAN -- LUTZE, S. 32, Taf. 1/1-6.
1992 *U. peregrina* CUSHMAN -- TIMM, S. 67, Taf. 6/2.
1995 *U. peregrina* CUSHMAN -- SCHMIEDL, S. 133 Taf. 3/1,2.

Foraminiferengruppen (s. Textteil):

- Gruppe der agglutinierten "Röhren"
Elphidien-Gruppe
Lageniden-Gruppe

Tab. W: Lebende benthische Arten, ihre Autoren und die Wassertiefe [m].

Arten	Autoren	Wassertiefe [m]
<i>B. frigida</i>	THIES 1991	170 - 700
	SCHÖNFELD 1998, mdl. Mittlg.	< 200
	MURRAY 1973	0 - 180
<i>C. teretis</i>	GREEN 1960	433 - 510
	FETTER 1973	1.200 - 1.372
	SCHRÖDER - ADAMS <i>et al.</i> 1990 b	132 - 294
	ALTENBACH 1992	717 - 884
	MACKENSEN 1985	1.000 - 1.500
	MACKENSEN & HALD 1988	1.000 - 1.500
	WOLLENBURG 1995	200 - 1.400
	aus SEIDENKRANTZ 1995: MURRAY 1984 SCHNIKTER 1984 DIESTER-HAASS & SCHNITKER 1989 FEYLING-HANSEN 1985, 1990a,b	50 - 2.000
	WOLLENBURG & MACKENSEN 1998a	500 - 1.400
	WOLLENBURG & MACKENSEN 1998b	1.024 - 2.045
ALTENBACH 1992	> 717 - 884	
<i>C. lobatulus</i>	SCHRÖDER - ADAMS 1990b	132 - 294
	GREEN 1960	433 - 510
	THIES 1991	> 80 - 600
	WOLLENBURG & MACKENSEN 1998a	< 500
	WOLLENBURG & MACKENSEN 1998b	462 - 752
	MURRAY 1973	0 - 50
	WOLLENBURG 1995	100 - 200
<i>C. reniforme</i>	WOLLENBURG 1995	> 500 - 1400
	SCHRÖDER - ADAMS 1990b	125 - 322
<i>Elphidien spp.</i>	MURRAY 1973	0 - 50
<i>E. excavatum</i>	QVALE & VAN WEERING 1985	< 100
<i>E. clavatum</i>	ALTENBACH 1992	max. 60
<i>N. labradoricum</i>	THIES 1991	200 - 600

Folgende Hefte der Reihe „Berichte zur Polarforschung“ sind bisher erschienen:

- **Sonderheft Nr. 1/1981** – „Die Antarktis und ihr Lebensraum“
Eine Einführung für Besucher – Herausgegeben im Auftrag von SCAR
- **Heft Nr. 1/1982** – „Die Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
zusammengestellt von Heinz Köhnen
- **Heft Nr. 2/1982** – „Deutsche Antarktis-Expedition 1980/81 mit FS „Meteor““
First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzfüänge
zusammengestellt von Norbert Klages
- **Heft Nr. 3/1982** – „Digitale und analoge Krill-Echolot-Rohdatenerfassung an Bord des Forschungsschiffes „Meteor““ (im Rahmen von FIBEX 1980/81, Fahrtabschnitt ANT III), von Bodo Morgenstern
- **Heft Nr. 4/1982** – „Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
Liste der Planktonfänge und Lichtstärkemessungen
zusammengestellt von Gerd Hubold und H. Eberhard Drescher
- **Heft Nr. 5/1982** – „Joint Biological Expedition on RRS 'John Biscoe', February 1982“
by G. Hempel and R. B. Heywood
- **Heft Nr. 6/1982** – „Antarktis-Expedition 1981/82 (Unternehmen ‚Eiswarte‘)“
zusammengestellt von Gode Graevenhorst
- **Heft Nr. 7/1982** – „Marin-Biologisches Begleitprogramm zur Standorterkundung 1979/80 mit MS ‚Polarstern‘ (Pre-Site Survey)“ – Stationslisten der Mikronekton- und Zooplanktonfänge sowie der Bodenfischerei
zusammengestellt von R. Schneppenheim
- **Heft Nr. 8/1983** – „The Post-Fibex Data Interpretation Workshop“
by D. L. Cram and J.-C. Freytag with the collaboration of J. W. Schmidt, M. Mali, R. Kresse, T. Schwinghammer
- **Heft Nr. 9/1983** – „Distribution of some groups of zooplankton in the inner Weddell Sea in summer 1979/80“
by I. Hempel, G. Hubold, B. Kaczmaruk, R. Keller, R. Weigmann-Haass
- **Heft Nr. 10/1983** – „Fluor im antarktischen Ökosystem“ – DFG-Symposium November 1982
zusammengestellt von Dieter Adelong
- **Heft Nr. 11/1983** – „Joint Biological Expedition on RRS 'John Biscoe', February 1982 (II)“
Data of micronekton and zooplankton hauls, by Uwe Piatkowski
- **Heft Nr. 12/1983** – „Das biologische Programm der ANTARKTIS-I-Expedition 1983 mit FS ‚Polarstern‘“
Stationslisten der Plankton-, Benthos- und Grundschnepnetzfüänge und Liste der Probennahme an Robben und Vögeln, von H. E. Drescher, G. Hubold, U. Piatkowski, J. Plötz und J. Voß
- **Heft Nr. 13/1983** – „Die Antarktis-Expedition von MS ‚Polarbjörn‘ 1982/83“ (Sommerkampagne zur Atka-Bucht und zu den Kraul-Bergen), zusammengestellt von Heinz Köhnen
- **Sonderheft Nr. 2/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition von FS ‚Polarstern‘ (Kapstadt, 20. Januar 1983 – Rio de Janeiro, 25. März 1983)“, Bericht des Fahrleiters Prof. Dr. Gotthilf Hempel
- **Sonderheft Nr. 3/1983** – „Sicherheit und Überleben bei Polarexpeditionen“
zusammengestellt von Heinz Köhnen
- **Heft Nr. 14/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition (ANTARKTIS I) von FS ‚Polarstern‘ 1982/83“
herausgegeben von Gotthilf Hempel
- **Sonderheft Nr. 4/1983** – „On the Biology of Krill *Euphausia superba*“ – Proceedings of the Seminar and Report of the Krill Ecology Group, Bremerhaven 12. - 16. May 1983, edited by S. B. Schnack
- **Heft Nr. 15/1983** – „German Antarctic Expedition 1980/81 with FRV ‚Walther Herwig‘ and RV ‚Meteor“ – First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Data of micronekton and zooplankton hauls
by Uwe Piatkowski and Norbert Klages
- **Sonderheft Nr. 5/1984** – „The observatories of the Georg von Neumayer Station“, by Ernst Augstein
- **Heft Nr. 16/1984** – „FIBEX cruise zooplankton data“
by U. Piatkowski, I. Hempel and S. Rakusa-Suszczewski
- **Heft Nr. 17/1984** – „Fahrtbericht (cruise report) der ‚Polarstern‘-Reise ARKTIS I, 1983“
von E. Augstein, G. Hempel und J. Thiede
- **Heft Nr. 18/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht von den Fahrtabschnitten 1, 2 und 3, herausgegeben von D. Fütterer
- **Heft Nr. 19/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht vom Fahrtabschnitt 4, Punta Arenas-Kapstadt (Ant-II/4), herausgegeben von H. Köhnen
- **Heft Nr. 20/1984** – „Die Expedition ARKTIS II des FS ‚Polarstern‘ 1984, mit Beiträgen des FS ‚Valdivia‘ und des Forschungsflugzeuges ‚Falcon 20‘ zum Marginal Ice Zone Experiment 1984 (MIZEX)“
von E. Augstein, G. Hempel, J. Schwarz, J. Thiede und W. Weigel
- **Heft Nr. 21/1985** – „Euphausiid larvae in plankton from the vicinity of the Antarctic Peninsula, February 1982“ by Sigrid Marschall and Elke Mizdalski
- **Heft Nr. 22/1985** – „Maps of the geographical distribution of macrozooplankton in the Atlantic sector of the Southern Ocean“ by Uwe Piatkowski
- **Heft Nr. 23/1985** – „Untersuchungen zur Funktionsmorphologie und Nahrungsaufnahme der Larven des Antarktischen Krills *Euphausia superba* Dana“ von Hans-Peter Marschall

- Heft Nr. 24/1985 – „Untersuchungen zum Periglazial auf der König-Georg-Insel Südshetlandinseln/ Antarktika. Deutsche physiogeographische Forschungen in der Antarktis. – Bericht über die Kampagne 1983/84“ von Dietrich Barsch, Wolf-Dieter Blümel, Wolfgang Flügel, Roland Mäusbacher, Gerhard Stäblein, Wolfgang Zick
- Heft Nr. 25/1985 – „Die Expedition ANTARKTIS III mit FS ‚Polarstern‘ 1984/1985“ herausgegeben von Gotthilf Hempel.
 - Heft Nr. 26/1985 – „The Southern Ocean“; A survey of oceanographic and marine meteorological research work by Hellmer et al.
 - Heft Nr. 27/1986 – „Spätpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, östliche Weddell-See“ von Hannes Grobe
 - Heft Nr. 28/1986 – „Die Expedition ARKTIS III mit ‚Polarstern‘ 1985 mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Rainer Gersonde
 - Heft Nr. 29/1986 – „5 Jahre Schwerpunktprogramm ‚Antarktisforschung‘ der Deutschen Forschungsgemeinschaft.“ Rückblick und Ausblick. Zusammenge stellt von Gotthilf Hempel, Sprecher des Schwerpunktprogramms
 - Heft Nr. 30/1986 – „The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station for 1981 and 1982“ by Marianne Gube and Friedrich Obleitner
 - Heft Nr. 31/1986 – „Zur Biologie der Jugendstadien der Notothenioidei (Pisces) an der Antarktischen Halbinsel“ von A. Kellermann
 - Heft Nr. 32/1986 – „Die Expedition ANTARKTIS IV mit FS ‚Polarstern‘ 1985/86“ mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Dieter Fütterer
 - Heft Nr. 33/1987 – „Die Expedition ANTARKTIS-IV mit FS ‚Polarstern‘ 1985/86 – Bericht zu den Fahrtabschnitten ANT-IV/3-4“ von Dieter Karl Fütterer
 - Heft Nr. 34/1987 – „Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischen Makroplankton“ von U. Piatkowski
 - Heft Nr. 35/1987 – „Zur Verbreitung des Meso- und Makrozooplanktons in Oberflächenwasser der Weddell See (Antarktis)“ von E. Boysen-Ennen
 - Heft Nr. 36/1987 – „Zur Nahrungs- und Bewegungsphysiologie von *Salpa thompsoni* und *Salpa fusiformis*“ von M. Reinke
 - Heft Nr. 37/1987 – „The Eastern Weddell Sea Drifting Buoy Data Set of the Winter Weddell Sea Project (WWSP)“ 1986 by Heinrich Hoerber und Marianne Gube-Lehnardt
 - Heft Nr. 38/1987 – „The Meteorological Data of the Georg von Neumayer Station for 1983 and 1984“ by M. Gube-Lehnardt
 - Heft Nr. 39/1987 – „Die Winter-Expedition mit FS ‚Polarstern‘ in die Antarktis (ANT V/1-3)“ herausgegeben von Sigrid Schnack-Schiel
 - Heft Nr. 40/1987 – „Weather and Synoptic Situation during Winter Weddell Sea Project 1986 (ANT V/2) July 16 - September 10, 1986“ by Werner Rabe
 - Heft Nr. 41/1988 – „Zur Verbreitung und Ökologie der Seegurken im Weddellmeer (Antarktis)“ von Julian Gutt
 - Heft Nr. 42/1988 – „The zooplankton community in the deep bathyal and abyssal zones of the eastern North Atlantic“ by Werner Beckmann
 - Heft Nr. 43/1988 – „Scientific cruise report of Arctic Expedition ARK IV/3“ Wissenschaftlicher Fahrtbericht der Arktis-Expedition ARK IV/3, compiled by Jörn Thiede
 - Heft Nr. 44/1988 – „Data Report for FV ‚Polarstern‘ Cruise ARK IV/1, 1987 to the Arctic and Polar Fronts“ by Hans-Jürgen Hirche
 - Heft Nr. 45/1988 – „Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis)“ von Joachim Voß
 - Heft Nr. 46/1988 – „Meteorological and Oceanographic Data of the Winter-Weddell-Sea Project 1986 (ANT V/3)“ by Eberhard Fahrbach
 - Heft Nr. 47/1988 – „Verteilung und Herkunft glazial-mariner Gerölle am Antarktischen Kontinentalrand des östlichen Weddellmeeres“ von Wolfgang Oskierski
 - Heft Nr. 48/1988 – „Variationen des Erdmagnetfeldes an der GvN-Station“ von Arnold Brodscholl
 - Heft Nr. 49/1988 – „Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton“ von Wilhelm Hagen
 - Heft Nr. 50/1988 – „Die gezeitenbedingte Dynamik des Ekström-Schelfeises, Antarktis“ von Wolfgang Kobarg
 - Heft Nr. 51/1988 – „Ökomorphologie nototheniider Fische aus dem Weddellmeer, Antarktis“ von Werner Ekau
 - Heft Nr. 52/1988 – „Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße“ von Dieter Piepenburg
 - Heft Nr. 53/1988 – „Untersuchungen zur Ökologie des Phytoplanktons im südöstlichen Weddellmeer (Antarktis) im Jan./Febr. 1985“ von Eva-Maria Nöthig
 - Heft Nr. 54/1988 – „Die Fischfauna des östlichen und südlichen Weddellmeeres: geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten“ von Wiebke Schwarzbach
 - Heft Nr. 55/1988 – „Weight and length data of zooplankton in the Weddell Sea in austral spring 1986 (Ant. V/3)“ by Elke Mizdalski
 - Heft Nr. 56/1989 – „Scientific cruise report of Arctic expeditions ARK IV/1, 2 & 3“ by G. Krause, J. Meinke und J. Thiede

- Heft Nr. 57/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS V mit FS ‚Polarstern‘ 1986/87“
Bericht von den Fahrtabschnitten ANT V/4-5 von H. Miller und H. Oerter
- **Heft Nr. 58/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS VI mit FS ‚Polarstern‘ 1987/88“
von D. K. Fütterer
 - Heft Nr. 59/1989** – „Die Expedition ARKTIS V/1a, 1b und 2 mit FS ‚Polarstern‘ 1988“
von M. Spindler
 - Heft Nr. 60/1989** – „Ein zweidimensionales Modell zur thermohalinen Zirkulation unter dem Schelfeis“
von H. H. Hellmer
 - Heft Nr. 61/1989** – „Die Vulkanite im westlichen und mittleren Neuschwabenland,
Vestfjella und Ahlmannryggen, Antarktika“ von M. Peters
 - **Heft Nr. 62/1989** – „The Expedition ANTARKTIS VII/1 and 2 (EPOS I) of RV ‚Polarstern‘
in 1988/89“, by I. Hempel
 - Heft Nr. 63/1989** – „Die Eisalgenflora des Weddellmeeres (Antarktis): Artenzusammensetzung und Biomasse
sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten“ von Annette Bartsch
 - Heft Nr. 64/1989** – „Meteorological Data of the G.-v.-Neumayer-Station (Antarctica)“ by L. Helmes
 - Heft Nr. 65/1989** – „Expedition Antarktis VII/3 in 1988/89“ by I. Hempel, P. H. Schalk, V. Smetacek
 - Heft Nr. 66/1989** – „Geomorphologisch-glaziologische Detailkartierung
des arid-hochpolaren Borgmassivet, Neuschwabenland, Antarktika“ von Karsten Brunk
 - Heft Nr. 67/1990** – „Identification key and catalogue of larval Antarctic fishes“,
edited by Adolf Kellermann
 - Heft Nr. 68/1990** – „The Expedition Antarktis VIII/4 (Epos leg 3) and VII/5 of RV ‚Polarstern‘ in 1989“,
edited by W. Arntz, W. Ernst, I. Hempel
 - Heft Nr. 69/1990** – „Abhängigkeiten elastischer und rheologischer Eigenschaften des Meereises vom
Eisgefüge“, von Harald Hellmann
 - **Heft Nr. 70/1990** – „Die beschalten benthischen Mollusken (Gastropoda und Bivalvia) des
Weddellmeeres, Antarktis“, von Stefan Hain
 - Heft Nr. 71/1990** – „Sedimentologie und Paläomagnetik an Sedimenten der Maudkuppe (Nordöstliches
Weddellmeer)“, von Dieter Cordes
 - Heft Nr. 72/1990** – „Distribution and abundance of planktonic copepods (Crustacea) in the Weddell Sea
in summer 1980/81“, by F. Kurbjewit and S. Ali-Khan
 - Heft Nr. 73/1990** – „Zur Frühdiagenese von organischem Kohlenstoff und Opal in Sedimenten des südlichen
und östlichen Weddellmeeres“, von M. Schlüter
 - Heft Nr. 74/1990** – „Expeditionen ANTARKTIS-VIII/3 und VIII/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1989“
von Rainer Gersonde und Gotthilf Hempel
 - Heft Nr. 75/1991** – „Quartäre Sedimentationsprozesse am Kontinentalhang des Süd-Orkey-Plateaus im
nordwestlichen Weddellmeer (Antarktis)“, von Sigrun Grüning
 - Heft Nr. 76/1990** – „Ergebnisse der faunistischen Arbeiten im Benthal von King George Island
(Südschottlandinseln, Antarktis)“, von Marlin Rauschert
 - Heft Nr. 77/1990** – „Verteilung von Mikroplankton-Organismen nordwestlich der Antarktischen Halbinsel
unter dem Einfluß sich ändernder Umweltbedingungen im Herbst“, von Heinz Klöser
 - Heft Nr. 78/1991** – „Hochauflösende Magnetostratigraphie spätquartärer Sedimente arktischer
Meeresgebiete“, von Norbert R. Nowaczyk
 - Heft Nr. 79/1991** – „Ökophysiologische Untersuchungen zur Salinitäts- und Temperaturtoleranz
antarktischer Grünalgen unter besonderer Berücksichtigung des b-Dimethylsulfoniumpropionat
(DMSP) - Stoffwechsels“, von Ulf Karsten
 - Heft Nr. 80/1991** – „Die Expedition ARKTIS VII/1 mit FS ‚Polarstern‘ 1990“,
herausgegeben von Jörn Thiede und Gotthilf Hempel
 - Heft Nr. 81/1991** – „Paläoglazilogie und Paläozeanographie im Spätquartär am Kontinentalrand des
südlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Martin Melles
 - Heft Nr. 82/1991** – „Quantifizierung von Meereseigenschaften: Automatische Bildanalyse von
Dünnschnitten und Parametrisierung von Chlorophyll- und Salzgehaltsverteilungen“, von Hajo Eicken
 - Heft Nr. 83/1991** – „Das Fließen von Schelfeisen - numerische Simulationen
mit der Methode der finiten Differenzen“, von Jürgen Determann
 - Heft Nr. 84/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII/1-2, 1989 mit der Winter Weddell Gyre Study
der Forschungsschiffe ‚Polarstern‘ und ‚Akademik Fedorov‘“, von Ernst Augstein,
Nikolai Bagriantsev und Hans Werner Schenke
 - Heft Nr. 85/1991** – „Zur Entstehung von Unterwassereis und das Wachstum und die Energiebilanz
des Meereises in der Atka Bucht, Antarktis“, von Josef Kipfstuhl
 - **Heft Nr. 86/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS ‚Polarstern‘ 1989/90. Bericht vom
Fahrtabschnitt ANT-VIII/5“, von Heinz Miller und Hans Oerter
 - Heft Nr. 87/1991** – „Scientific cruise reports of Arctic expeditions ARK VI/1-4 of RV ‚Polarstern‘
in 1989“, edited by G. Krause, J. Meincke & H. J. Schwarz
 - Heft Nr. 88/1991** – „Zur Lebensgeschichte dominanter Copepodenarten (*Calanus finmarchicus*,
C. glacialis, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in der Framstraße“, von Sabine Diel

- Heft Nr. 89/1991** – „Detaillierte seismische Untersuchungen am östlichen Kontinentalrand des Weddell-Meereres vor Kapp Norvegia, Antarktis“, von Norbert E. Kaul
- Heft Nr. 90/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS ‚Polarstern‘ 1989/90. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT-VIII/6-7“, herausgegeben von Dieter Karl Fütterer und Otto Schrems
- Heft Nr. 91/1991** – „Blood physiology and ecological consequences in Weddell Sea fishes (Antarctica)“, by Andreas Kunzmann
- Heft Nr. 92/1991** – „Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeer“, von Nicolai Mumm
- Heft Nr. 93/1991** – „Die Expedition ARKTIS VII mit FS ‚Polarstern‘, 1990. Bericht vom Fahrtabschnitt ARK VII/2“, herausgegeben von Gunther Krause
- Heft Nr. 94/1991** – „Die Entwicklung des Phytoplanktons im östlichen Weddellmeer (Antarktis) beim Übergang vom Spätwinter zum Frühjahr“, von Renate Scharek
- Heft Nr. 95/1991** – „Radioisotopenstratigraphie, Sedimentologie und Geochemie jungquartärer Sedimente des östlichen Arktischen Ozeans“, von Horst Bohrmann
- Heft Nr. 96/1991** – „Holozäne Sedimentationsentwicklung im Scoresby Sund, Ost-Grönland“, von Peter Marienfeld
- Heft Nr. 97/1991** – „Strukturelle Entwicklung und Abkühlungsgeschichte von Heimefrontfjella (Westliches Dronning Maud Land/Antarktika)“, von Joachim Jacobs
- Heft Nr. 98/1991** – „Zur Besiedlungsgeschichte des antarktischen Schelfes am Beispiel der Isopoda (Crustacea, Malacostraca)“, von Angelika Brandt
- * **Heft Nr. 99/1992** – „The Antarctic ice sheet and environmental change: a three-dimensional modelling study“, by Philippe Huybrechts
- * **Heft Nr. 100/1992** – „Die Expeditionen ANTARKTIS IX/1-4 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1990/91“ herausgegeben von Ulrich Bathmann, Meinhard Schulz-Baldes, Eberhard Fahrback, Victor Smetacek und Hans-Wolfgang Hubberten
- Heft Nr. 101/1992** – „Wechselbeziehungen zwischen Schwermetallkonzentrationen (Cd, Cu, Pb, Zn) im Meerwasser und in Zooplanktonorganismen (Copepoda) der Arktis und des Atlantiks“, von Christa Pohl
- Heft Nr. 102/1992** – „Physiologie und Ultrastruktur der antarktischen Grünalge *Prasiola crispa* ssp. *antarctica* unter osmotischem Streß und Austrocknung“, von Andreas Jacob
- * **Heft Nr. 103/1992** – „Zur Ökologie der Fische im Weddellmeer“, von Gerd Hubold
- Heft Nr. 104/1992** – „Mehrkanaelige adaptive Filter für die Unterdrückung von multiplen Reflexionen in Verbindung mit der freien Oberfläche in marinen Seismogrammen“, von Andreas Rosenberger
- Heft Nr. 105/1992** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1991 (REFLEX I)“, von Jörg Hartmann, Christoph Kottmeier und Christian Wamser
- Heft Nr. 106/1992** – „Ostracoden im Epipelagial vor der Antarktischen Halbinsel - ein Beitrag zur Systematik sowie zur Verbreitung und Populationsstruktur unter Berücksichtigung der Saisonalität“, von Rüdiger Kock
- * **Heft Nr. 107/1992** – „ARCTIC '91: Die Expedition ARK-VIII/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1991“, von Dieter K. Fütterer
- Heft Nr. 108/1992** – „Dehnungsbeben an einer Störungszone im Ekström-Schelfeis nördlich der Georg-von-Neumayer-Station, Antarktis. – Eine Untersuchung mit seismologischen und geodätischen Methoden“, von Uwe Nixdorf.
- * **Heft Nr. 109/1992** – „Spätquartäre Sedimentation am Kontinentalrand des südöstlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Michael Weber.
- * **Heft Nr. 110/1992** – „Sedimentfazies und Bodenwasserstrom am Kontinentalhang des norwestlichen Weddellmeeres“, von Isa Brehme.
- Heft Nr. 111/1992** – „Die Lebensbedingungen in den Solekanäichen des antarktischen Meerereises“, von Jürgen Weissenberger.
- Heft Nr. 112/1992** – „Zur Taxonomie von rezenten benthischen Foraminiferen aus dem Nansen Becken, Arktischer Ozean“, von Jutta Wollenburg.
- Heft Nr. 113/1992** – „Die Expedition ARKTIS VIII/1 mit FS ‚Polarstern‘ 1991“, herausgegeben von Gerhard Kattner.
- * **Heft Nr. 114/1992** – „Die Gründungsphase deutscher Polarforschung, 1865 - 1875“, von Reinhard A. Krause.
- Heft Nr. 115/1992** – „Scientific Cruise Report of the 1991 Arctic Expedition ARK VIII/2 of RV ‚Polarstern‘ (EPOS II)“, by Eike Racher.
- Heft Nr. 116/1992** – „The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station (Antarctica) for 1988, 1989, 1990 and 1991“, by Gert König-Langlo.
- Heft Nr. 117/1992** – „Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der zentralen Heimefrontfjella (westliches Dronning Maud Land / Antarktis)“, von Peter Schulze.
- Heft Nr. 118/1993** – „Die mafischen Gänge der Shackleton Range / Antarktika: Petrographie, Geochemie, Isotopengeochemie und Paläomagnetik“, von Rüdiger Hotten.
- * **Heft Nr. 119/1993** – „Gefrierschutz bei Fischen der Polarmeere“, von Andreas P. A. Wöhrmann.
- * **Heft Nr. 120/1993** – „East Siberian Arctic Region Expedition '92: The Laptev Sea - its Significance for Arctic Sea-Ice Formation and Transpolar Sediment Flux“, by D. Dethleff, D. Nürnberg, E. Reimnitz, M. Saarso and Y. P. Sacchenko. – „Expedition to Novaja Zemlja and Franz Josef Land with RV ‚Dalnie Zelentsy‘“, by D. Nürnberg and E. Groth.

- **Heft Nr. 121/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1992“, herausgegeben von Michael Spindler, Gerhard Dieckmann und David Thomas
- Heft Nr. 122/1993** – „Die Beschreibung der Korngestalt mit Hilfe der Fourier-Analyse: Parametrisierung der morphologischen Eigenschaften von Sedimentpartikeln“, von Michael Diepenbroek.
- **Heft Nr. 123/1993** – „Zerstörungsfreie hochauflösende Dichteuntersuchungen mariner Sedimente“, von Sebastian Garland.
- Heft Nr. 124/1993** – „Umsatz und Verteilung von Lipiden in arktischen marinen Organismen unter besonderer Berücksichtigung unterer trophischer Stufen“, von Martin Graeve.
- Heft Nr. 125/1993** – „Ökologie und Respiration ausgewählter arktischer Bodenfischarten“, von Christian F. von Dörrien.
- Heft Nr. 126/1993** – „Quantitative Bestimmung von Paläoumweltparametern des Antarktischen Oberflächenwassers im Spätquartier anhand von Transferfunktionen mit Diatomeen“, von Ulrich Zielinski
- **Heft Nr. 127/1993** – „Sedimenttransport durch das arktische Meereis: Die rezente lithogene und biogene Materialfracht“, von Ingo Wollenburg.
- Heft Nr. 128/1993** – „Cruise ANTARKTIS X/3 of RV ‚Polarstern‘: CTD-Report“, von Marek Zwierz.
- Heft Nr. 129/1993** – „Reproduktion und Lebenszyklen dominanter Copepodenarten aus dem Weddellmeer, Antarktis“, von Frank Kurbjeweit
- Heft Nr. 130/1993** – „Untersuchungen zu Temperaturregime und Massenhaushalt des Fichner-Ronne-Schelfeises, Antarktis, unter besonderer Berücksichtigung von Anfrrier- und Abschmelzprozessen“, von Klaus Grosfeld
- Heft Nr. 131/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/5 mit FS ‚Polarstern‘ 1992“, herausgegeben von Rainer Gersonde
- Heft Nr. 132/1993** – „Bildung und Abgabe kurzketziger halogener Kohlenwasserstoffe durch Makroalgen der Polarregionen“, von Frank Laturnus
- Heft Nr. 133/1994** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1993 (REFLEX II)“, by Christoph Kottmeier, Jörg Hartmann, Christian Wamser, Axel Bocher, Christof Lüpkes, Dietmar Freese and Wolfgang Cohrs
- **Heft Nr. 134/1994** – „The Expedition ARKTIS-IX/1“, edited by Hajo Eicken and Jens Meincke
- Heft Nr. 135/1994** – „Die Expeditionen ANTARKTIS X/6-8“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Victor Smetacek, Hein de Baar, Eberhard Fahrbach und Gunter Krause
- Heft Nr. 136/1994** – „Untersuchungen zur Ernährungsökologie von Kaiserpinguinen (*Aptenodytes forsteri*) und Königspinguinen (*Aptenodytes patagonicus*)“, von Klemens Pütz
- **Heft Nr. 137/1994** – „Die kanozoische Vereisungsgeschichte der Antarktis“, von Werner U. Ehrmann
- Heft Nr. 138/1994** – „Untersuchungen stratosphärischer Aerosole vulkanischen Ursprungs und polarer stratosphärischer Wolken mit einem Mehrwellenlängen-Lidar auf Spitzbergen (79° N, 12° E)“, von Georg Beyerle
- Heft Nr. 139/1994** – „Charakterisierung der Isopodenfauna (Crustacea, Malacostraca) des Scotia-Bogens aus biogeographischer Sicht: Ein multivariater Ansatz“, von Holger Winkler.
- Heft Nr. 140/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS X/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1992“, herausgegeben von Peter Lemke
- Heft Nr. 141/1994** – „Satellitenaltimetrie über Eis – Anwendung des GEOSAT-Altimeters über dem Ekströmisen, Antarktis“, von Clemens Heidland
- Heft Nr. 142/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Scientific cruise report of RV ‚Polarstern‘ Arctic cruises ARK IX/2 and 3, USCG ‚Polar Bear‘ cruise NEWP and the NEWLand expedition“, edited by Hans-Jürgen Hirche and Gerhard Kattner
- Heft Nr. 143/1994** – „Detaillierte refraktionsseismische Untersuchungen im inneren Scoresby Sund Ost-Grönland“, von Nolker Fechner
- Heft Nr. 144/1994** – „Russian-German Cooperation in the Siberian Shelf Seas: Geo-System Laptev Sea“, edited by Heidemarie Kassens, Hans-Wolfgang Hubberten, Sergey M. Pryamikov and Rüdiger Stein
- **Heft Nr. 145/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report of RV ‚Polarstern‘ Arctic Cruises IX/2 and 3“, edited by Gerhard Kattner and Hans-Jürgen Hirche.
- Heft Nr. 146/1994** – „Radiation Measurements at the German Antarctic Station Neumayer 1982 - 1992“, by Torsten Schmidt and Gerd König-Langlo.
- Heft Nr. 147/1994** – „Krustenstrukturen und Verlauf des Kontinentalrandes im Weddell-Meer / Antarktis“, von Christian Hübscher.
- **Heft Nr. 148/1994** – „The expeditions NORILSK/TAYMYR 1993 and BUNGER OASIS 1993/94 of the AWI Research Unit Potsdam“, edited by Martin Melles.
- **Heft Nr. 149/1994** – „Die Expedition ARCTIC '93. Der Fahrabschnitt ARK-IX/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1993“, herausgegeben von Dieter K. Fütterer.
- Heft Nr. 150/1994** – „Der Energiebedarf der Pygoscelis-Pinguine: eine Synopse“, von Boris M. Culik.
- Heft Nr. 151/1994** – „Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea“, edited by Heidemarie Kassens and Valeriy Y. Karpuy.
- Heft Nr. 152/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS-X mit FS ‚Polarstern‘ 1992. Bericht von den Fahrabschnitten / ANT-X / 1a und 2“, herausgegeben von Heinz Miller.
- Heft Nr. 153/1994** – „Aminosäuren und Huminstoffe im Stickstoffkreislauf polarer Meere“, von Ulrike Hubberten.
- Heft Nr. 154/1994** – „Regional and seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea“, by Claudio Richter.

- Heft Nr. 155/1995 – „Benthos in polaren Gewässern“, herausgegeben von Christian Wiencke und Wolf Arntz.
- Heft Nr. 156/1995 – „An adjoint model for the determination of the mean oceanic circulation, air-sea fluxes and mixing coefficients“, by Reiner Schlitzer.
- Heft Nr. 157/1995 – „Biochemische Untersuchungen zum Lipidstoffwechsel antarktischer Copepoden“, von Kirsten Fahl.
- ** Heft Nr. 158/1995 – „Die Deutsche Polarforschung seit der Jahrhundertwende und der Einfluß Erich von Drygalskis“, von Cornelia Lüdecke.
- * Heft Nr. 159/1995 – „The distribution of $\delta^{18}\text{O}$ in the Arctic Ocean: Implications for the freshwater balance of the halocline and the sources of deep and bottom waters“, by Dorothea Bauch.
- * Heft Nr. 160/1995 – „Rekonstruktion der spätquartären Tiefenwasserzirkulation und Produktivität im östlichen Südatlantik anhand von benthischen Foraminiferenvergesellschaftungen“, von Gerhard Schmiedl.
- Heft Nr. 161/1995 – „Der Einfluß von Salinität und Lichtintensität auf die Osmolytkonzentrationen, die Zellvolumina und die Wachstumsraten der antarktischen Eisdiatomeen *Chaetoceros* sp. und *Navicula* sp. unter besonderer Berücksichtigung der Aminosäure Prolin“, von Jürgen Nothnagel.
- Heft Nr. 162/1995 – „Meerestransportiertes lithogenes Feinmaterial in spätquartären Tiefseesedimenten des zentralen östlichen Arktischen Ozeans und der Framstraße“, von Thomas Letzig.
- Heft Nr. 163/1995 – „Die Expedition ANTARKTIS-XI/2 mit FS ‚Polarstern‘ 1993/94“, herausgegeben von Rainer Gersonde.
- Heft Nr. 164/1995 – „Regionale und altersabhängige Variation gesteinsmagnetischer Parameter in marinen Sedimenten der Arktis“, von Thomas Frederichs.
- Heft Nr. 165/1995 – „Vorkommen, Verteilung und Umsatz biogener organischer Spurenstoffe: Sterole in antarktischen Gewässern“, von Georg Hanke.
- Heft Nr. 166/1995 – „Vergleichende Untersuchungen eines optimierten dynamisch-thermodynamischen Meereismodells mit Beobachtungen im Weddellmeer“, von Holger Fischer.
- * Heft Nr. 167/1995 – „Rekonstruktionen von Paläo-Umweltparametern anhand von stabilen Isotopen und Faunen-Vergesellschaftungen planktischer Foraminiferen im Südatlantik“, von Hans-Stefan Niebler
- Heft Nr. 168/1995 – „Die Expedition ANTARKTIS XII mit FS ‚Polarstern‘ 1993/94. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT XII/1 und 2“, herausgegeben von Gerhard Kattner und Dieter Karl Fütterer
- Heft Nr. 169/1995 – „Medizinische Untersuchung zur Circadianrhythmik und zum Verhalten bei Überwinterern auf einer antarktischen Forschungsstation“, von Hans Wortmann
- Heft-Nr. 170/1995 – DFG-Kolloquium: Terrestrische Geowissenschaften – Geologie und Geophysik der Antarktis.
- Heft Nr. 171/1995 – „Strukturentwicklung und Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der nördlichen Heimfrontfjella (westliches Dronning Maud Land/Antarktika)“, von Wilfried Bauer.
- Heft Nr. 172/1995 – „Die Struktur der Erdkruste im Bereich des Scoresby Sund, Ostgrönland: Ergebnisse refraktionseismischer und gravimetrischer Untersuchungen“, von Holger Mandler.
- Heft Nr. 173/1995 – „Paläozoische Akkretion am paläopazifischen Kontinentalrand der Antarktis in Nordvictorialand – P-T-D-Geschichte und Deformationsmechanismen im Bowers Terrane“, von Stefan Matzer.
- Heft Nr. 174/1995 – „The Expedition ARKTIS-X/2 of RV ‚Polarstern‘ in 1994“, edited by Hans-W. Hubberten
- Heft Nr. 175/1995 – „Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1994“, edited by Christine Siegert and Gmitry Bolshiyarov.
- * Heft Nr. 176/1995 – „Russian-German Cooperation: Laptev Sea System“, edited by Heidemarie Kassens, Dieter Piepenburg, Jörn Thiede, Leonid Timokhov, Hans-Wolfgang Hubberten and Sergey M. Priamikov.
- Heft Nr. 177/1995 – „Organischer Kohlenstoff in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans: Terrigener Eintrag und marine Produktivität“, von Carsten J. Schubert
- Heft Nr. 178/1995 – „Cruise ANTARKTIS XII/4 of RV ‚Polarstern‘ in 1995: CTD-Report“, by Jüri Sildam.
- Heft Nr. 179/1995 – „Benthische Foraminiferenfaunen als Wassermassen-, Produktions- und Eisdriftnanzeiger im Arktischen Ozean“, von Jutta Wollenburg.
- Heft Nr. 180/1995 – „Biogenopal und biogenes Barium als Indikatoren für spätquartäre Produktivitätsänderungen am antarktischen Kontinentalhang, atlantischer Sektor“, von Wolfgang J. Bonn.
- Heft Nr. 181/1995 – „Die Expedition ARKTIS X/1 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1994“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
- Heft Nr. 182/1995 – „Laptev Sea System: Expeditions in 1994“, edited by Heidemarie Kassens.
- Heft Nr. 183/1996 – „Interpretation digitaler Parasound Echolotaufzeichnungen im östlichen Arktischen Ozean auf der Grundlage physikalischer Sedimenteigenschaften“, von Uwe Bergmann.
- Heft Nr. 184/1996 – „Distribution and dynamics of inorganic nitrogen compounds in the troposphere of continental, coastal, marine and Arctic areas“, by Maria Dolores Andrés Hernández.
- Heft Nr. 185/1996 – „Verbreitung und Lebensweise der Aphroditen und Polynoiden (Polychaeta) im östlichen Weddellmeer und im Lazarevmeer (Antarktis)“, von Michael Stiller.
- Heft Nr. 186/1996 – „Reconstruction of Late Quaternary environmental conditions applying the natural radionuclides ^{230}Th , ^{10}Be , ^{231}Pa and ^{238}U : A study of deep-sea sediments from the eastern sector of the Antarctic Circumpolar Current System“, by Martin Frank.
- Heft Nr. 187/1996 – „The Meteorological Data of the Neumayer Station (Antarctica) for 1992, 1993 and 1994“, by Gert König-Langlo and Andreas Herber.
- Heft Nr. 188/1996 – „Die Expedition ANTARKTIS-XI/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1994“, herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe.
- Heft Nr. 189/1996 – „Die Expedition ARKTIS-VII/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1990“, herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe

- Heft Nr. 190/1996** – "Cruise report of the Joint Chilean-German-Italian Magellan 'Victor Hensen' Campaign in 1994", edited by Wolf Arntz and Matthias Gorny.
- Heft Nr. 191/1996** – „Leitfähigkeits- und Dichtemessung an Eisbohrkernen“, von Frank Wilhelms.
- Heft Nr. 192/1996** – „Photosynthese-Charakteristika und Lebensstrategie antarktischer Makroalgen“, von Gabriele Weykam.
- Heft Nr. 193/1996** – „Heterogene Reaktionen von N_2O_5 und HBr und ihr Einfluß auf den Ozonabbau in der polaren Stratosphäre“, von Sabine Seisel.
- Heft Nr. 194/1996** – „Ökologie und Populationsdynamik antarktischer Ophiuroiden (Echinodermata)“, von Corinna Dahm.
- Heft Nr. 195/1996** – „Die planktische Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) im Weddellmeer, Antarktis“, von Doris Berberich.
- Heft Nr. 196/1996** – „Untersuchungen zum Beitrag chemischer und dynamischer Prozesse zur Variabilität des stratosphärischen Ozons über der Arktis“, von Birgit Heese.
- Heft Nr. 197/1996** – "The Expedition ARKTIS-XI/2 of 'Polarstern' in 1995", edited by Gunther Krause.
- Heft Nr. 198/1996** – „Geodynamik des Westantarktischen Riftsystems basierend auf Apatit-Spaltspuranalysen“, von Frank Lisker.
- Heft Nr. 199/1996** – "The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report on CTD Measurements of RV 'Polarstern' Cruises ARKTIS IX/2 and 3", by Gerion Budéus und Wolfgang Schneider.
- Heft Nr. 200/1996** – "Stability of the Thermohaline Circulation in analytical and numerical models", by Gerrit Lohmann.
- Heft Nr. 201/1996** – „Trophische Beziehungen zwischen Makroalgen und Herbivoren in der Potter Cove (King George-Insel, Antarktis)“, von Katrin Iken.
- Heft Nr. 202/1996** – „Zur Verbreitung und Respiration ökologisch wichtiger Bodentiere in den Gewässern um Svalbard (Arktis)“, von Michael K. Schmid.
- Heft Nr. 203/1996** – „Dynamik, Rauigkeit und Alter des Meereises in der Arktis – Numerische Untersuchungen mit einem großskaligen Modell“, von Markus Harder.
- Heft Nr. 204/1996** – „Zur Parametrisierung der stabilen atmosphärischen Grenzschicht über einem antarktischen Schelfeis“, von Dörthe Handorf.
- Heft Nr. 205/1996** – "Textures and fabrics in the GRIP ice core, in relation to climate history and ice deformation", by Thorsteinn Thorsteinsson.
- Heft Nr. 206/1996** – „Der Ozean als Teil des gekoppelten Klimasystems: Versuch der Rekonstruktion der glazialen Zirkulation mit verschiedenen komplexen Atmosphärenkomponenten“, von Kerstin Fieg.
- Heft Nr. 207/1996** – „Lebensstrategien dominanter antarktischer Oithonidae (Cyclopoida, Copepoda) und Oncaeidae (Poecilostomatoida, Copepoda) im Bellingshausenmeer“, von Cornelia Metz.
- Heft Nr. 208/1996** – „Atmosphäreinfluß bei der Fernerkundung von Meereis mit passiven Mikrowellenradiometern“, von Christoph Oelke.
- Heft Nr. 209/1996** – „Klassifikation von Radarsatellitendaten zur Meereisererkennung mit Hilfe von LIne-Scanner-Messungen“, von Axel Bocher.
- Heft Nr. 210/1996** – „Die mit ausgewählten Schwämmen (Hexactinellida und Demospongiae) aus dem Weddellmeer, Antarktis, vergesellschaftete Fauna“, von Kathrin Kunzmann.
- Heft Nr. 211/1996** – "Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1995 and the Expedition KOLYMA 1995", by Dima Yu. Bolshiyarov and Hans-W. Hubberten.
- Heft Nr. 212/1996** – "Surface-sediment composition and sedimentary processes in the central Arctic Ocean and along the Eurasian Continental Margin", by Ruediger Stein, Gennadij I. Ivanov, Michael A. Levitan, and Kirsten Fahl.
- Heft Nr. 213/1996** – „Gonadenentwicklung und Eiproduktion dreier *Calanus*-Arten (Copepoda): Freilandbeobachtungen, Histologie und Experimente“, von Barbara Niehoff.
- Heft Nr. 214/1996** – „Numerische Modellierung der Übergangszone zwischen Eisschild und Eisschelf“, von Christoph Mayer.
- Heft Nr. 215/1996** – „Arbeiten der AWI-Forschungsstelle Potsdam in Antarktika, 1994/95“, herausgegeben von Ulrich Wand.
- Heft Nr. 216/1996** – „Rekonstruktion quartärer Klimaänderungen im atlantischen Sektor des Südpolarmeeres anhand von Radiolarien“, von Uta Brathauer.
- Heft Nr. 217/1996** – „Adaptive Semi-Lagrange-Finite-Elemente-Methode zur Lösung der Flachwassergleichungen: Implementierung und Parallelisierung“, von Jörn Behrens.
- Heft Nr. 218/1997** – "Radiation and Eddy Flux Experiment 1995 (REFLEX III)", by Jörg Hartmann, Axel Bocher, Dietmar Freese, Christoph Kottmeier, Dagmar Nagel and Andreas Reuter.
- Heft Nr. 219/1997** – „Die Expedition ANTARKTIS-XII mit FS 'Polarstern' 1995. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-XII/3, herausgegeben von Wilfried Jokat und Hans Oerter.
- Heft Nr. 220/1997** – „Ein Beitrag zum Schwerfeld im Bereich des Weddellmeeres, Antarktis. Nutzung von Altimetermessungen des GEOSAT und ERS-1“, von Tilo Schöne.
- Heft Nr. 221/1997** – „Die Expeditionen ANTARKTIS-XIII/1-2 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1995/96“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Mike Lukas und Victor Smetacek.
- Heft Nr. 222/1997** – "Tectonic Structures and Glaciomarine Sedimentation in the South-Eastern Weddell Sea from Seismic Reflection Data", by László Oszkó.

Heft Nr. 223/1997 – „Bestimmung der Meereisdicke mit seismischen und elektromagnetisch-induktiven Verfahren“, von Christian Haas.

Heft Nr. 224/1997 – „Troposphärische Ozonvariationen in Polarregionen“, von Silke Wessel.

Heft Nr. 225/1997 – „Biologische und ökologische Untersuchungen zur kryopelagischen Amphipodenfauna des arktischen Meereises“, von Michael Poltermann.

Heft Nr. 226/1997 – „Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XI/1 of RV 'Polarstern' in 1995“, edited by Eike Rächor.

Heft Nr. 227/1997 – „Der Einfluß kompatibler Substanzen und Kryoprotektoren auf die Enzyme Malatdehydrogenase (MDH) und Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6P-DH) aus *Acrosiphonia arctica* (Chlorophyta) der Arktis“, von Katharina Kück.

Heft Nr. 228/1997 – „Die Verbreitung epibenthischer Mollusken im chilenischen Beagle-Kanal“, von Katrin Linse.

Heft Nr. 229/1997 – „Das Mesozooplankton im Laptevmeer und östlichen Nansen-Becken - Verteilung und Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer“, von Hinrich Hanssen.

Heft Nr. 230/1997 – „Modell eines adaptierbaren, rechnergestützten, wissenschaftlichen Arbeitsplatzes am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung“, von Lutz-Peter Kurdelski.

Heft Nr. 231/1997 – „Zur Ökologie arktischer und antarktischer Fische: Aktivität, Sinnesleistungen und Verhalten“, von Christopher Zimmermann.

Heft Nr. 232/1997 – „Persistente chlororganische Verbindungen in hochantarktischen Fischen“, von Stephan Zimmermann.

Heft Nr. 233/1997 – „Zur Ökologie des Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP)-Gehaltes temperierter und polarer Phytoplanktongemeinschaften im Vergleich mit Laborkulturen der Coccolithophoride *Emiliania huxleyi* und der antarktischen Diatomee *Nitzschia lecontei*“, von Doris Meyerdierks.

Heft Nr. 234/1997 – „Die Expedition ARCTIC '96 des FS „Polarstern“ (ARK XIII) mit der Arctic Climate System Study (ACSYS)“, von Ernst Augstein und den Fahrtteilnehmern.

Heft Nr. 235/1997 – „Polonium-210 und Blei-210 im Südpolarmeer: Natürliche Tracer für biologische und hydrographische Prozesse im Oberflächenwasser des Antarktischen Zirkumpolarstroms und des Weddellmeeres“, von Jana Friedrich.

Heft Nr. 236/1997 – „Determination of atmospheric trace gas amounts and corresponding natural isotopic ratios by means of ground-based FTIR spectroscopy in the high Arctic“, by Arndt Meier.

Heft Nr. 237/1997 – „Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR/SEVERNAYA ZEMLYA 1996“, edited by Martin Melles, Birgit Hagedorn and Dmitri Yu. Bolshiyarov.

Heft Nr. 238/1997 – „Life strategy and ecophysiology of Antarctic macroalgae“, by Iván M. Gómez.

Heft Nr. 239/1997 – „Die Expedition ANTARKTIS XIII/4-5 des Forschungsschiffes „Polarstern“ 1996“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach und Dieter Gerdes.

Heft Nr. 240/1997 – „Untersuchungen zur Chrom-Speziation in Meerwasser, Meereis und Schnee aus ausgewählten Gebieten der Arktis“, von Heide Giese.

Heft Nr. 241/1997 – „Late Quaternary glacial history and paleoceanographic reconstructions along the East Greenland continental margin: Evidence from high-resolution records of stable isotopes and ice-rafted debris“, by Seung-Il Nam.

Heft Nr. 242/1997 – „Thermal, hydrological and geochemical dynamics of the active layer at a continuous permafrost site, Taymyr Peninsula, Siberia“, by Julia Boike.

Heft Nr. 243/1997 – „Zur Paläoozeanographie hoher Breiten: Stellvertreterdaten aus Foraminiferen“, von Andreas Mackensen.

Heft Nr. 244/1997 – „The Geophysical Observatory at Neumayer Station, Antarctica, Geomagnetic and seismological observations in 1995 and 1996“, by Alfons Eckstaller, Thomas Schmidt, Viola Graw, Christian Müller and Johannes Røgenhagen.

Heft Nr. 245/1997 – „Temperaturbedarf und Biogeographie mariner Makroalgen - Anpassung mariner Makroalgen an tiefe Temperaturen“, von Bettina Bischoff-Bäsmann.

Heft Nr. 246/1997 – „Ökologische Untersuchungen zur Fauna des arktischen Meereises“, von Christine Friedrich.

Heft Nr. 247/1997 – „Entstehung und Modifizierung von marinen gelösten organischen Substanzen“, von Berit Kirchoff.

Heft Nr. 248/1997 – „Laptev Sea System: Expeditions in 1995“, edited by Heidemarie Kassens.

Heft Nr. 249/1997 – „The Expedition ANTARKTIS XIII/3 (EASIZ I) of RV 'Polarstern' to the eastern Weddell Sea in 1996“, edited by Wolf Arntz and Julian Gutt.

Heft Nr. 250/1997 – „Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie und Biodiversität des Mega-Epibenthos der Arktis und Antarktis“, von Adreas Starmans.

Heft Nr. 251/1997 – „Zeitliche und räumliche Verteilung von Mineralvergesellschaftungen in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans und ihre Nützlichkeit als Klimaindikatoren während der Glazial/Interglazial-Wechsel“, von Christoph Vogt.

Heft Nr. 252/1997 – „Solitäre Ascidien in der Potter Cove (King George Island, Antarktis). Ihre ökologische Bedeutung und Populationsdynamik“, von Stephan Kühne.

Heft Nr. 253/1997 – „Distribution and role of microprotozoa in the Southern Ocean“, by Christine Klaas.

Heft Nr. 254/1997 – „Die spätquartäre Klima- und Umweltgeschichte der Bunge-Oase, Ostantarktis“, von Thomas Kulbe.

- Heft Nr. 255/1997** – "Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XIII/2 of RV 'Polarstern' in 1997", edited by Ruediger Stein and Kirsten Fahl.
- Heft Nr. 256/1998** – „Das Radionuklid Tritium im Ozean: Meßverfahren und Verteilung von Tritium im Südatlantik und im Weddellmeer“, von Jürgen Sültenfuß.
- Heft Nr. 257/1998** – „Untersuchungen der Saisonalität von atmosphärischem Dimethylsulfid in der Arktis und Antarktis“, von Christoph Kleeefeld.
- Heft Nr. 258/1998** – „Bellingshausen- und Amundsenmeer: Entwicklung eines Sedimentationsmodells“, von Frank-Oliver Nitsche.
- Heft Nr. 259/1998** – "The Expedition ANTARKTIS-XIV/4 of RV 'Polarstern' in 1997", by Dieter K. Fütterer.
- Heft Nr. 260/1998** – „Die Diatomeen der Laptevsee (Arktischer Ozean): Taxonomie und biogeographische Verbreitung“, von Holger Cremer
- Heft Nr. 261/1998** – „Die Krustenstruktur und Sedimentdecke des Eurasischen Beckens, Arktischer Ozean: Resultate aus seismischen und gravimetrischen Untersuchungen“, von Estella Weigelt.
- Heft Nr. 262/1998** – "The Expedition ARKTIS-XIII/3 of RV 'Polarstern' in 1997", by Gunther Krause.
- Heft Nr. 263/1998** – „Thermo-tektonische Entwicklung von Oates Land und der Shackleton Range (Antarktis) basierend auf Spaltspuranalysen“, von Thorsten Schäfer.
- Heft Nr. 264/1998** – „Messungen der stratosphärischen Spurengase ClO, HCl, O₃, N₂O, H₂O und OH mittels flugzeuggetragener Submillimeterwellen-Radiometrie“, von Joachim Urban.
- Heft Nr. 265/1998** – „Untersuchungen zu Massenhaushalt und Dynamik des Ronne Ice Shelves, Antarktis“, von Astrid Lambrecht.
- Heft Nr. 266/1998** – "Scientific Cruise Report of the Kara Sea Expedition of RV 'Akademic Boris Petrov' in 1997", edited by Jens Matthiessen and Oleg Stepanets.
- Heft Nr. 267/1998** – „Die Expedition ANTARKTIS-XIV mit FS ‚Polarstern‘ 1997. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-XIV/3“, herausgegeben von Wilfried Jokat und Hans Oerter.
- Heft Nr. 268/1998** – „Numerische Modellierung der Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Meereis in der arktischen Eisrandzone“, von Gerit Birnbaum.
- Heft Nr. 269/1998** – "Katabatic wind and Boundary Layer Front Experiment around Greenland (KABEG '97)", by Günther Heinemann.
- Heft Nr. 270/1998** – "Architecture and evolution of the continental crust of East Greenland from integrated geophysical studies", by Vera Schlindwein.
- Heft Nr. 271/1998** – "Winter Expedition to the Southwestern Kara Sea - Investigations on Formation and Transport of Turbid Sea-Ice", by Dirk Dethleff, Per Loewe, Dominik Weiel, Hartmut Nies, Gesa Kuhlmann, Christian Bahe and Gennady Tarasov.
- Heft Nr. 272/1998** – „FTIR-Emissionsspektroskopische Untersuchungen der arktischen Atmosphäre“, von Edo Becker.
- Heft Nr. 273/1998** – „Sedimentation und Tektonik im Gebiet des Agulhas Rückens und des Agulhas Plateaus („SETA-RAP“)", von Gabriele Uenzelmann-Neben.
- Heft Nr. 274/1998** – "The Expedition ANTARKTIS XIV/2", by Gerhard Kattner.
- Heft Nr. 275/1998** – „Die Auswirkung der 'NorthEastWater'-Polynya auf die Sedimentation von NO-Grönland und Untersuchungen zur Paläo-Ozeanographie seit dem Mittelweichsel“, von Hanne Notholt.
- Heft Nr. 276/1998** – „Interpretation und Analyse von Potentialfelddaten im Weddellmeer, Antarktis: der Zerfall des Superkontinents Gondwana“, von Michael Studinger.
- Heft Nr. 277/1998** – „Koordiniertes Programm Antarktisforschung“. Berichtskolloquium im Rahmen des Koordinierten Programms „Antarktisforschung mit vergleichenden Untersuchungen in arktischen Eisgebieten“, herausgegeben von Hubert Miller.
- Heft Nr. 278/1998** – „Messung stratosphärischer Spurengase über Ny-Ålesund, Spitzbergen, mit Hilfe eines bodengebundenen Mikrowellen-Radiometers“, von Uwe Raffalski.
- Heft Nr. 279/1998** – "Arctic Paleo-River Discharge (APARD). A New Research Programme of the Arctic Ocean Science Board (AOSB)", edited by Ruediger Stein.
- Heft Nr. 280/1998** – „Fernerkundungs- und GIS-Studien in Nordostgrönland“ von Friedrich Jung-Rothenhäusler.
- Heft Nr. 281/1998** – „Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän anhand von aquatischen Palynomorphen“, von Martina Kunz-Pirrung.
- Heft Nr. 282/1998** – "Scavenging of ²³¹Pa and ²³⁰Th in the South Atlantic: Implications for the use of the ²³¹Pa/²³⁰Th ratio as a paleoproductivity proxy", by Hans-Jürgen Walter.
- Heft Nr. 283/1998** – „Sedimente im arktischen Meereis - Eintrag, Charakterisierung und Quantifizierung“, von Frank Lindemann.
- Heft Nr. 284/1998** – „Langzeitanalyse der antarktischen Meereisbedeckung aus passiven Mikrowellendaten“, von Christian H. Thomas.
- Heft Nr. 285/1998** – „Mechanismen und Grenzen der Temperaturanpassung beim Pierwurm *Arenicola marina* (L.)“, von Angela Sommer.
- Heft Nr. 286/1998** – „Energieumsätze benthischer Filtrierer der Potter Cove (King George Island, Antarktis)", von Jens Kowalke.
- Heft Nr. 287/1998** – "Scientific Cooperation in the Russian Arctic: Research from the Barents Sea up to the Laptev Sea", edited by Eike Rachor.

- Heft Nr. 288/1998** – „Alfred Wegener. Kommentiertes Verzeichnis der schriftlichen Dokumente seines Lebens und Wirkens“, von Ulrich Wutzke.
- Heft Nr. 289/1998** – „Retrieval of Atmospheric Water Vapor Content in Polar Regions Using Spaceborne Microwave Radiometry“, by Jungang Miao.
- Heft Nr. 290/1998** – „Strukturelle Entwicklung und Petrogenese des nördlichen Kristallingürtels der Shackleton Range, Antarktis: Proterozoische und Ross-orogene Krustendynamik am Rand des Ostantarktischen Kratons“, von Axel Brommer.
- Heft Nr. 291/1998** – „Dynamik des arktischen Meereises - Validierung verschiedener Rheologieansätze für die Anwendung in Klimamodellen“, von Martin Kreyscher.
- Heft Nr. 292/1998** – „Anthropogene organische Spurenstoffe im Arktischen Ozean, Untersuchungen chlorierter Biphenyle und Pestizide in der Laptevsee, technische und methodische Entwicklungen zur Probenahme in der Arktis und zur Spurenstoffanalyse“, von Sven Utschakowski.
- Heft Nr. 293/1998** – „Rekonstruktion der spätquartären Klima- und Umweltgeschichte der Schirmacher Oase und des Wohlthat Massivs (Ostantarktika)“, von Markus Julius Schwab.
- Heft Nr. 294/1998** – „Besiedlungsmuster der benthischen Makrofauna auf dem ostgrönländischen Kontinentalhang“, von Klaus Schnack.
- Heft Nr. 295/1998** – „Gehäuseuntersuchungen an planktischen Foraminiferen hoher Breiten: Hinweise auf Umweltveränderungen während der letzten 140.000 Jahre“, von Harald Hommers.
- Heft Nr. 296/1998** – „Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XIII/1 of RV 'Polarstern' in 1997“, edited by Michael Spindler, Wilhelm Hagen and Dorothea Stübing.
- Heft Nr. 297/1998** – „Radiometrische Messungen im arktischen Ozean - Vergleich von Theorie und Experiment“, von Klaus-Peter Johnsen.
- Heft Nr. 298/1998** – „Patterns and Controls of CO₂ Fluxes in Wet Tundra Types of the Taimyr Peninsula, Siberia - the Contribution of Soils and Mosses“, by Martin Sommerkorn.
- Heft Nr. 299/1998** – „The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica. Synopsis of research performed within the frame of the Argentinian-German Cooperation at the Dallmann Laboratory and Jubany Station (King George Island, Antarctica, 1991 - 1997)“, by Christian Wiencke, Gustavo Ferreyra, Wolf Arntz & Carlos Rinaldi.
- Heft Nr. 300/1999** – „The Kara Sea Expedition of RV 'Akademik Boris Petrov' 1997: First Results of a Joint Russian-German Pilot Study“, edited by Jens Matthiessen, Oleg V. Stepanets, Ruediger Stein, Dieter K. Fütterer, and Eric M. Galimov.
- Heft Nr. 301/1999** – „The Expedition ANTARKTIS XV/3 (EASIZ II)“, edited by Wolf E. Arntz and Julian Gutt.
- Heft Nr. 302/1999** – „Sterole im herbstlichen Weddellmeer (Antarktis): Großräumige Verteilung, Vorkommen und Umsatz“, von Anneke Mühlebach.
- Heft Nr. 303/1999** – „Polare stratosphärische Wolken: Lidar-Beobachtungen, Charakterisierung von Entstehung und Entwicklung“, von Jens Biele.
- Heft Nr. 304/1999** – „Spätquartäre Paläoumweltbedingungen am nördlichen Kontinentalrand der Barents- und Kara-See. Eine Multi-Parameter-Analyse“, von Jochen Knies.
- Heft Nr. 305/1999** – „Arctic Radiation and Turbulence Interaction Study (ARTIST)“, by Jörg Hartmann, Frank Albers, Stefania Argentini, Axel Bochert, Ubaldo Bonafé, Wolfgang Cohrs, Alessandro Conidi, Dietmar Freese, Teodoro Georgiadis, Alessandro Ippoliti, Lars Kaleschke, Christof Lüpkes, Uwe Maixner, Giangiuseppe Mastrantonio, Fabrizio Ravegnani, Andreas Reuter, Giuliano Trivellone and Angelo Viola.
- Heft Nr. 306/1999** – „German-Russian Cooperation: Biogeographic and biostratigraphic investigations on selected sediment cores from the Eurasian continental margin and marginal seas to analyze the Late Quaternary climatic variability“, edited by Robert R. Spielhagen, Max S. Barash, Gennady I. Ivanov, and Jörn Thiede.
- Heft Nr. 307/1999** – „Struktur und Kohlenstoffbedarf des Makrobenthos am Kontinentalhang Ostgrönlands“, von Dan Seiler.
- Heft Nr. 308/1999** – „ARCTIC '98: The Expedition ARK-XIV/1a of RV 'Polarstern' in 1998“, edited by Wilfried Jokat.
- Heft Nr. 309/1999** – „Variabilität der arktischen Ozonschicht: Analyse und Interpretation bodengebundener Millimeterwellenmessungen“, von Björn-Martin Sinnhuber.
- Heft Nr. 310/1999** – „Rekonstruktion von Meereisdrift und lerrigenem Sedimenteintrag im Spätquartär: Schwermineralassoziationen in Sedimenten des Laptev-See-Kontinentalrandes und des zentralen Arktischen Ozeans“, von Marion Behrends.
- Heft Nr. 311/1999** – „Parameterisierung atmosphärischer Grenzschichtprozesse in einem regionalen Klimamodell der Arktis“, von Christoph Abegg.
- Heft Nr. 312/1999** – „Solare und terrestrische Strahlungswechselwirkung zwischen arktischen Eisflächen und Wolken“, von Dietmar Freese.
- Heft Nr. 313/1999** – „Snow accumulation on Ekströmsen, Antarctica“, by Elisabeth Schlosser, Hans Oerter and Wolfgang Graf.
- Heft Nr. 314/1999** – „Die Expedition ANTARKTIS XV/4 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1998“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
- Heft Nr. 315/1999** – „Expeditions in Siberia in 1998“, edited by Volker Rachold.
- Heft Nr. 316/1999** – „Die postglaziale Sedimentationsgeschichte der Laptevsee: schwermineralogische und sedimentpetrographische Untersuchungen“, von Bernhard Peregovich.
- Heft-Nr. 317/1999** – „Adaption an niedrige Temperaturen: Lipide in Eisdiatomeen“, von Heidi Lehmal.
- Heft-Nr. 318/1999** – „Effiziente parallele Lösungsverfahren für elliptische partielle Differentialgleichungen in der numerischen Ozeanmodellierung“, von Natalja Rakowsky.

Heft-Nr. 319/1999 – „The Ecology of Arctic Deep-Sea Copepods (Euchaetidae and Aetideidae). Aspects of their Distribution, Trophodynamics and Effect on the Carbon Flux“, by Holger Auel.

Heft-Nr. 320/1999 – „Modellstudien zur arktischen stratosphärischen Chemie im Vergleich mit Meßdaten“, von Veronika Eyring.

Heft-Nr. 321/1999 – „Analyse der optischen Eigenschaften des arktischen Aerosols“, von Dagmar Nagel.

Heft-Nr. 322/1999 – „Messungen des arktischen stratosphärischen Ozons: Vergleich der Ozonmessungen in Ny-Ålesund, Spitzbergen, 1997 und 1998“, von Jens Langer.

Heft-Nr. 323/1999 – „Untersuchung struktureller Elemente des südöstlichen Weddellmeeres / Antarktis auf der Basis mariner Potentialfelddaten“, von Uwe F. Meyer.

Heft-Nr. 324/1999 – „Geochemische Verwitterungstrends eines basaltischen Ausgangsgesteins nach dem spätpleistozänen Gletscherrückzug auf der Taimyrhalbinsel (Zentralsibirien) - Rekonstruktion an einer sedimentären Abfolge des Lama Sees“, von Stefanie K. Harwart.

Heft-Nr. 325/1999 – „Untersuchungen zur Hydrologie des arktischen Meereises - Konsequenzen für den kleinskaligen Stofftransport“, von Johannes Freitag.

Heft-Nr. 326/1999 – „Die Expedition ANTARKTIS XIV/2 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1998“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach.

Heft-Nr. 327/1999 – „Gemeinschaftsanalytische Untersuchungen der Harpacticoidenfauna der Magellanregion, sowie erste similitätsanalytische Vergleiche mit Assoziationen aus der Antarktis“, von Kai Horst George.

Heft-Nr. 328/1999 – „Rekonstruktion der Paläo-Umweltbedingungen am Laptev-See-Kontinentalrand während der beiden letzten Glazial/Interglazial-Zyklen anhand sedimentologischer und mineralogischer Untersuchungen“, von Claudia Müller.

Heft-Nr. 329/1999 – „Räumliche und zeitliche Variationen atmosphärischer Spurengase aus bodengebundenen Messungen mit Hilfe eines Michelson Interferometers“, von Justus Notholt.

Heft-Nr. 330/1999 – „The 1998 Danish-German Excursion to Disko Island, West Greenland“, edited by Angelika Brandt, Helge A. Thomsen, Henning Heide-Jørgensen, Reinhardt M. Kristensen and Hille Ruhberg.

Heft-Nr. 331/1999 – „Poseidon“ Cruise No. 243 (Reykjavik - Greenland - Reykjavik, 24 August - 11 September 1998): Climate change and the Viking-age fjord environment of the Eastern Settlement, sw Greenland“, by Gerd Hoffmann, Antoon Kuijpers, and Jörn Thiede.

Heft-Nr. 332/1999 – „Modeling of marine biogeochemical cycles with an emphasis on vertical particle fluxes“, by Regina Usbeck.

Heft-Nr. 333/1999 – „Die Tanaidaceenfauna des Beagle-Kanals und ihre Beziehungen zur Fauna des antarktischen Festlandssockels“, von Anja Schmidt.

Heft-Nr. 334/1999 – „D-Aminosäuren als Tracer für biogeochemische Prozesse im Fluß-Schelf-Ozean-System der Arktis“, von Hans Peter Fitznar.

Heft-Nr. 335/1999 – „Ökophysiologische Ursachen der limitierten Verbreitung reptanter decapoder Krebse in der Antarktis“, von Markus Frederich.

Heft-Nr. 336/1999 – „Ergebnisse der Untersuchung des grönländischen Inlandeises mit dem elektromagnetischen Reflexionsverfahren in der Umgebung von NGRIP“, von Fidan Göktas.

Heft-Nr. 337/1999 – „Paleozoic and mesozoic tectono-thermal history of central Dronning Maud Land, East Antarctica, – evidence from fission-track thermochronology“, by Stefanie Meier.

Heft-Nr. 338/1999 – „Probleme hoher Stoffwechselraten bei Cephalopoden aus verschiedenen geographischen Breiten“, von Susanne Zielinski.

Heft-Nr. 339/1999 – „The Expedition ARKTIS XV/1“, edited by Gunther Krause.

Heft-Nr. 340/1999 – „Microbial Properties and Habitats of Permafrost Soils on Taimyr Peninsula, Central Siberia“, by Nicolé Schmidt.

Heft-Nr. 341/1999 – „Photoacclimation of phytoplankton in different biogeochemical provinces of the Southern Ocean and its significance for estimating primary production“, by Astrid Bracher.

Heft-Nr. 342/1999 – „Modern and Late Quaternary Depositional Environment of the St. Anna Trough Area, Northern Kara Sea“, edited by Ruediger Stein, Kirsten Fahl, Gennadij I. Ivanov, Michael A. Levitan, and Gennady Tarasov.

Heft-Nr. 343/1999 – „ESF-IMPACT Workshop/Oceanic impacts: mechanisms and environmental perturbations, 15 - 17 April 1999 in Bremerhaven“, edited by Rainer Gersonde and Alexander Deutsch.

Heft-Nr. 344/1999 – „Die Klimageschichte der hohen nördlichen Breiten seit dem mittleren Miozän: Hinweise aus sedimentologischen-Ionmineralogischen Analysen (OPD Leg 151, zentrale Framstraße)“, von Amelie Winkler.

Heft-Nr. 345/1999 – „Kurzfristige Klimaschwankungen im Scotiamer und Ergebnisse zur Kalbungsgeschichte der Antarktis während der letzten 200 000 Jahre“, von Annette Hofmann.

Heft-Nr. 346/2000 – „Glazialmarine Sedimentationsentwicklung am westantarktischen Kontinentalrand im Amundsen- und Bellingshausenmeer - Hinweise auf Paläumweltveränderungen während der quartären Klimazyklen“, von Claus-Dieter Hillenbrand.

Heft-Nr. 347/2000 – „Zur Ökologie des Phytoplanktons im arktischen Laptevmeer - ein jahreszeitlicher Vergleich“, von Kirsten Tuschling.

Heft-Nr. 348/2000 – „Untersuchungen zum Fettstoffwechsel des Südlichen See-Elefanten (*Mirounga leonina* L.) in der Antarktis“, von Sven Ramdohr.

Heft-Nr. 349/2000 – „Licht- und Temperatureinfluß auf den enzymatischen Oxidationsschutz der antarktischen Eisdiatomee *Entomoneis kufferathii* Manguin“, von Raimund Schriek.

- Heft-Nr. 350/2000** – „Die Expedition ARKTIS XV/3 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1999“
herausgegeben von Ursula Schauer.
- Heft-Nr. 351/2000** – „Dissolution kinetics of biogenic silica in marine environments“, by Dirk Rickert.
- Heft-Nr. 352/2000** – „Geometrie und Kinematik des tertiären Deckenbaus im West Spitzbergen Falten- und Überschiebungsgürtel, Brøggerhalvøya, Svalbard“, von Kerstin Saalman.
- Heft-Nr. 353/2000** – „Zur Ökologie der Benthos-Foraminiferen der Potter Cove (King George Island, Antarktis)“, von Michaela Mayer.
- Heft-Nr. 354/2000** – „Expeditions in Siberia in 1999“, edited by Volker Rachold.
- Heft-Nr. 355/2000** – „Temperaturrekonstruktion im Tropischen Atlantik für das Letzte Glaziale Maximum: CLIMAP neu betrachtet.“, von Carsten Porthun.
- Heft-Nr. 356/2000** – „Niederfrequente Variabilität großräumiger atmosphärischer Zirkulationsstrukturen in spektralen Modellen niedriger Ordnung“, von Antje Weisheimer.
- Heft-Nr. 357/2000** – „Late Quaternary paleoclimatic reconstructions along the Eurasian continental margin“, by Hans Peter Kleiber.
- Heft-Nr. 358/2000** – „Holocene environmental history of East Greenland - evidence from lake sediments“, by Bernd Wagner.
- Heft-Nr. 359/2000** – „Scientific Cooperation in the Russian Arctic: Ecology of the White Sea with Emphasis on its Deep Basin“, edited by Eike Rachor.
- Heft-Nr. 360/2000** – „Scientific Cruise Report of the Joint Russian-German Kara-Sea Expedition of RV 'Akademik Boris Petrov' in 1999“, edited by Ruediger Stein and Oleg Stepanets.
- Heft-Nr. 361/2000** – „Planktic foraminifer ecology and stable isotope geochemistry in the Arctic Ocean: implications from water column and sediment surface studies for quantitative reconstructions of oceanic parameters“ by Renate Volkmann.
- Heft-Nr. 362/2000** – „Eisbohrkernuntersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Variabilität von Temperatur und Niederschlagsrate im Spätholozän in Nordgrönland“, von Matthias Schwager.
- Heft-Nr. 363/2000** – „Benthische Peracarida (Crustacea, Malacostraca) des arktischen Mellemfjordes, West-Grönland“, von Anne-Nina Lörz.
- Heft-Nr. 364/2000** – Die Expeditionen ANTARKTIS XVI / 3-4 des Forschungsschiffes „POLARSTERN“ 1999,
herausgegeben von Ulrich Bathmann, Victor Smetacek und Manfred Reinke.
- Heft-Nr. 365/2000** – „Organic carbon in Late Quaternary sediments: Responses to paleoenvironmental changes in the Laptev and Kara seas (Arctic Ocean)“, by Bettina Boucsein.
- Heft-Nr. 366/2000** – „Flugzeuggestützte Topographie- und Schweremessung: Meßsystem und Anwendung auf die Region Framstraße, Spitzbergen und Nordostgrönland“, von Tobias Boebel.
- Heft-Nr. 367/2000** – „Messung dielektrischer Eigenschaften polarer Eiskerne“, von Frank Wilhelms.
- Heft-Nr. 368/2000** – „The Expedition ARKTIS-XV/2 of RV 'Polarstern' in 1999“, edited by Wilfried Jokat.
- Heft-Nr. 369/2000** – „Interpretation seismischer und gravimetrischer Daten des Weddellmeeres, Antarktis“, von Johannes Rogenhagen.
- Heft-Nr. 370/2000** – „Struktureigenschaften und Nahrungsbedarf der Zoobenthosgemeinschaften im Bereich des Lomonossowrückens im Arktischen Ozean“, von Hendrik Deubel.
- Heft-Nr. 371/2000** – „Die Rolle der Schneebedeckung für die Kryptogamen-Vegetation in der maritimen Antarktis (Potter-Halbinsel, King George Island)“, von Jana Barbro Winkler.
- Heft-Nr. 372/2000** – „Biodiversity of the Weddell Sea: macrozoobenthic species (demersal fish included) sampled during the expedition ANT XIII/3 (EASIZ I) with RV 'Polarstern“, edited by Julian Gutt, Boris I. Sirenko, Wolf E. Arntz, Igor S. Smirnov, and Claude De Broyer.
- Heft-Nr. 373/2000** – „Benthische Foraminiferen im Boreas-Becken, Grönlandsee: Verbreitung und paläo-ozeanographische Rekonstruktionen für die letzten 450.000 Jahre“, von Sabine Magnus.

* vergiffen/out of print.
** nur noch beim Autor/only from the author.

