

24. März 1994

798-1

66b

BERICHTE

aus dem

SONDERFORSCHUNGSBEREICH 313

VERÄNDERUNGEN DER UMWELT - DER NÖRDLICHE NORDATLANTIK



Nr. 44

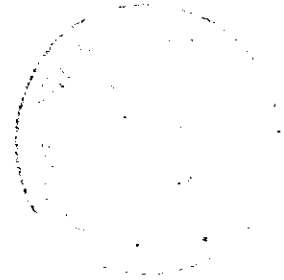
Spätquartäre Benthosforaminiferen des  
Europäischen Nordmeeres: Veränderungen  
der Artengesellschaften und Akkumulationsraten  
bei Klimawechseln

STEFAN NEES

2945

66b

Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel	Nr. 44	S.1 - 80	1.12.1993
--	--------	----------	-----------



Nr. 44

Spätquartäre Benthosforaminiferen des  
Europäischen Nordmeeres: Veränderungen der  
Artengesellschaften und Akkumulationsraten  
bei Klimawechseln

Stefan Nees

## ZUSAMMENFASSUNG/ABSTRACT

An Sedimentkernen von vier Positionen aus der Framstraße, dem Europäischen Nordmeer und dem nördlichen Nordatlantik wurden in einer hochauflösenden Probendichte von 1 bis 2 cm die Taphozöosen benthischer Foraminiferen untersucht. Von besonderem Interesse waren die Auswirkungen der massiven klimatischen Umschwünge glazial/interglazialer Übergänge (Terminationen I und II) und die Reaktionen des Benthos auf die Veränderungen im Wasserkörper. Mit Hilfe multivariater Analytik wurden die Faunendaten untersucht und das Artenspektrum in seiner zeitlichen Entwicklung dargestellt.

Die wichtigsten Arten benthischer Foraminiferen im Europäischen Nordmeer sind *Oridorsalis umbonatus*, *Cibicidoides wuellerstorfi*, die Gruppe der Cassidulinen, *Pyrgo rotalaria*, *Globocassidulina subglobosa* und die fossil überwiegend nur fragmentarisch überlieferungsfähigen Röhren agglutinierender Arten.

Sowohl die Termination I als auch die Termination II bilden sich in den Taphozöosen benthischer Foraminiferen als **zweiteiliger Übergang** vom Glazial zum Interglazial ab. Nach einem älteren INDAR-Maximum (**Individuen-Akkumulationsraten** = Individuen/cm<sup>2</sup> \* 1.000 y; **Europäisches Nordmeer**: durchschnittlich 3.000 - 6.000 Individuen/cm<sup>2</sup> \* 1.000 y, im **nördlichen Nordatlantik** durchschnittlich 150 Individuen/cm<sup>2</sup> \* 1.000 y) folgt eine Phase mit verringerten Werten. Das zweite, jüngere Maximum erreicht ähnliche INDAR wie das ältere Maximum. Die interglazialen INDAR liegen im Europäischen Nordmeer bei durchschnittlich 700 Individuen/cm<sup>2</sup> \* 1.000 y, im nördlichen Nordatlantik bei durchschnittlich 200 Individuen/cm<sup>2</sup> \* 1.000 y.

Das Auftreten des älteren INDAR-Maximums zeigt eine eindeutige **Zeittransgressivität** zwischen dem nördlichen Nordatlantik (12.400 J.v.h.) und der Framstraße (8.900 J.v.h.). Der Zeitversatz seines Auftretens von Süden nach Norden beträgt etwa 3.500 Jahre, die mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit 0,78 km pro Jahr. Innerhalb des Europäischen Nordmeeres ergibt sich eine mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit von 0,48 km/y. Diese Zeittransgressivität wird als Abbild der progressiven Ausbreitung des **Nord-Atlantik- und Norwegen-Stromes** nach Norden während der Deglaziation gedeutet.

Die Dynamik der Faunenentwicklung wird definiert als INDAR-Zunahme pro Zeitabschnitt. Das ältere INDAR-Maximum zeigt in beiden untersuchten glazial/interglazialen Übergängen eine **exponentielle Steigerung** von Süden nach Norden. Termination II ist generell durch eine höhere Dynamik als Termination I gekennzeichnet.

Im Europäischen Nordmeer können einzelne regionale, isotopisch identifizierte **Schmelzwasserereignisse** durch die hohe Probenauflösung in einem INDAR-Anstieg endobenthischer und *t*-ubiquitärer Arten nachvollzogen werden. Während der Termination I zeigt das relative Minimum zwischen den beiden INDAR-Maxima eine hohe zeitliche Korrelation mit einem Abfall errechneter **Oberflächentemperaturen**.

Diese Erkenntnisse werden als Hinweis auf die enge Koppelung des Benthos an Oberflächenverhältnisse gedeutet. Im Nordatlantik zeigt dieses klimatische Signal im Benthos eine geringere Amplitude als im Europäischen Nordmeer. Die epibenthische Art *Cibicidoides wuellerstorfi* ermöglicht es jedoch, die Veränderlichkeit der Bodenwasserverhältnisse aufzuzeigen. Generell ist an allen Kernstationen erst mit dem Auftreten des jüngeren INDAR-Maximums ein verstärktes Einsetzen einer lateralen Bodenströmung zu beobachten.

Im Vergleich mit weiteren paläoklimatologischen Datensätzen zeigen benthische Foraminiferen eine deutliche Kohärenz zu Veränderungen der atmosphärischen und Meeresoberflächentemperaturen und dem postglazialen Anstieg des Meeresspiegels. Die mittelbare Abhängigkeit der benthischer Foraminiferenfauna von klimatischen Schwankungen ist zwar an regionale Veränderungen gebunden, aber in einem größeren Kontext eindeutig globalen Klimaschwankungen untergeordnet.

Four long sediment cores from locations in the Framstrait, the Norwegian-Greenland Seas and the northern North Atlantic were analysed in a high resolution sampling mode (1 - 2 cm density) for their benthic foraminiferal content. In particular the impact of the intense climatic changes at glacial/interglacial transitions (terminations I and II) on the benthic community have been of special interest. The faunal data were investigated by means of multivariate analysis and represented in their chronological occurrence.

The most prominent species of benthic foraminifera in the Norwegian-Greenland Seas are *Oridorsalis umbonatus*, *Cibicidoides wuellerstorfi*, the group of *Cassidulina*, *Pyrgo rotalaria*, *Globocassidulina subglobosa* and fragmented tubes of arenaceous species.

The climatic signal of termination I as well as termination II is recorded in the fossil foraminiferal tests as **divided transition** from glacial to interglacial. The elder INDAR maximum (**individuals accumulation rate** = individuals/cm<sup>2</sup>\* 1.000 y; Norwegian-Greenland Seas: average 3.000 - 6.000 individuals/cm<sup>2</sup>\* 1.000 y; northern North Atlantic: average 150 individuals/cm<sup>2</sup>\* 1.000 y) is followed by a period of decreased values. The second, younger maximum reaches comparable values as the elder maximum. The interglacial INDAR are in average 700 individuals/cm<sup>2</sup>\* 1.000 y in the Norwegian-Greenland Seas and 200 individuals/cm<sup>2</sup>\* 1.000 y in average in the northern North Atlantic.

The occurrence of the elder INDAR maximum shows a distinct chronological transgressivity between the northern North Atlantic (12.400 ybp.) and the Framstrait (8.900 ybp.). The time shift from south to north amounts 3.500 yrs., the average expanding velocity 0,78 km per year. Within the Norwegian-Greenland Seas the average expanding velocity amounts 0,48 km per year. This chronological transgressivity is interpreted as impact of the progressive expanding of the **North Atlantic** and the **Norwegian Current** during the deglaciation.

The dynamic of the faunal development is defined as increasing INDAR per time. The elder INDAR maximum shows in both glacial/interglacial transitions an **exponential increase** from south to north. Termination II is characterized by a general higher dynamic as termination I.

By means of the high resolution sampling density the impact of regional isotopic recognized **melt-water events** is recognized by an increase of endobenthic and *t*-ubiquitous species in the Norwegian-Greenland Seas sediments. During termination I the relative minimum between both INDAR maxima occur chronological with an decrease of calculated **sea surface temperatures**.

This is interpreted as indication of the close pelagic - benthic coupling. The climatic signal in the northern North Atlantic recorded in the fossil benthic foraminiferal community shows a lower amplitude as in the Norwegian-Greenland Seas. The occurrence of the epibenthic *Cibicidoides wuellerstorfi* allows to evaluate the variability of the bottom water mass. In general at all core locations increasing lateral bottom currents are recognized with the occurrence of the second younger INDAR maximum.

In comparison with various paleo-climatological data sets fossil benthic foraminifers show a distinct coherence with changes of the atmospheric temperatures, the SSTs and the postglacial sea level increase. The benthic foraminiferal fauna is bound indirectly on and indicative for regional climatic changes, but principal dependent upon global climatic changes.

ZUSAMMENFASSUNG/ABSTRACT

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.0	EINLEITUNG .....	1
1.1	Terminationen und benthische Foraminiferen.....	1
1.2	Die Präzisierung des klimatischen Signals.....	3
1.3	Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres und des nordöstlichen Nordatlantiks .....	5
2.0	SEDIMENTKERNE UND ANGEWANDTE ANALYTISCHE VERFAHREN.....	9
2.1	Probenmaterial.....	9
2.2	Stratigraphie der Sedimentkerne.....	10
2.3	Probenaufbereitung und Auszählverfahren.....	14
2.4	Datenaufbereitung.....	15
2.5	Multivariate Analysemethoden .....	16
3.0	TAXONOMIE.....	17
4.0	RESULTATE DER MIKROSKOPISCHEN UND ANALYTISCHEN VERFAHREN.....	19
4.1	Gesamtakkumulationsraten.....	19
4.1.1	Übergang Stadium 6 zu Stadium 5.....	19
4.1.2	Übergang Stadium 2 zu Stadium 1.....	21
4.2	Die Fluktuation der Taphozöosen.....	24
4.2.1	Übergang Stadium 6 zu Stadium 5.....	24
4.2.2	Übergang Stadium 2 zu Stadium 1.....	32
4.3	Multivariate Analyse der INDAR-Datensätze und Definition der Artengruppierungen .....	40
5.0	DIE FAUNENENTWICKLUNG AN DEN ÜBERGÄNGEN VON GLAZIAL ZU INTERGLAZIAL.....	48
5.1	Die diskontinuierliche und zeittransgressive Entwicklung zum Interglazial.....	48

## II INHALTSVERZEICHNIS

---

	Seite
5.2 Die Dynamik in der Faunenentwicklung.....	52
5.3 Schmelzwasserereignisse und Oberflächentemperaturen.....	54
6.0 PALÄO-ÖKOLOGISCHE AUSWERTUNGEN UND PALÄO- OZEANOGRAPHISCHE REKONSTRUKTIONEN .....	58
6.1 Ozeanographische Implikationen .....	58
6.2 Die Korrelation mit weiteren paläoklimatologischen Datensätzen.....	64
7.0 SCHLUßFOLGERUNGEN UND AUSBLICK.....	69
8.0 LITERATUR.....	73

DANKSAGUNG

ANHANG

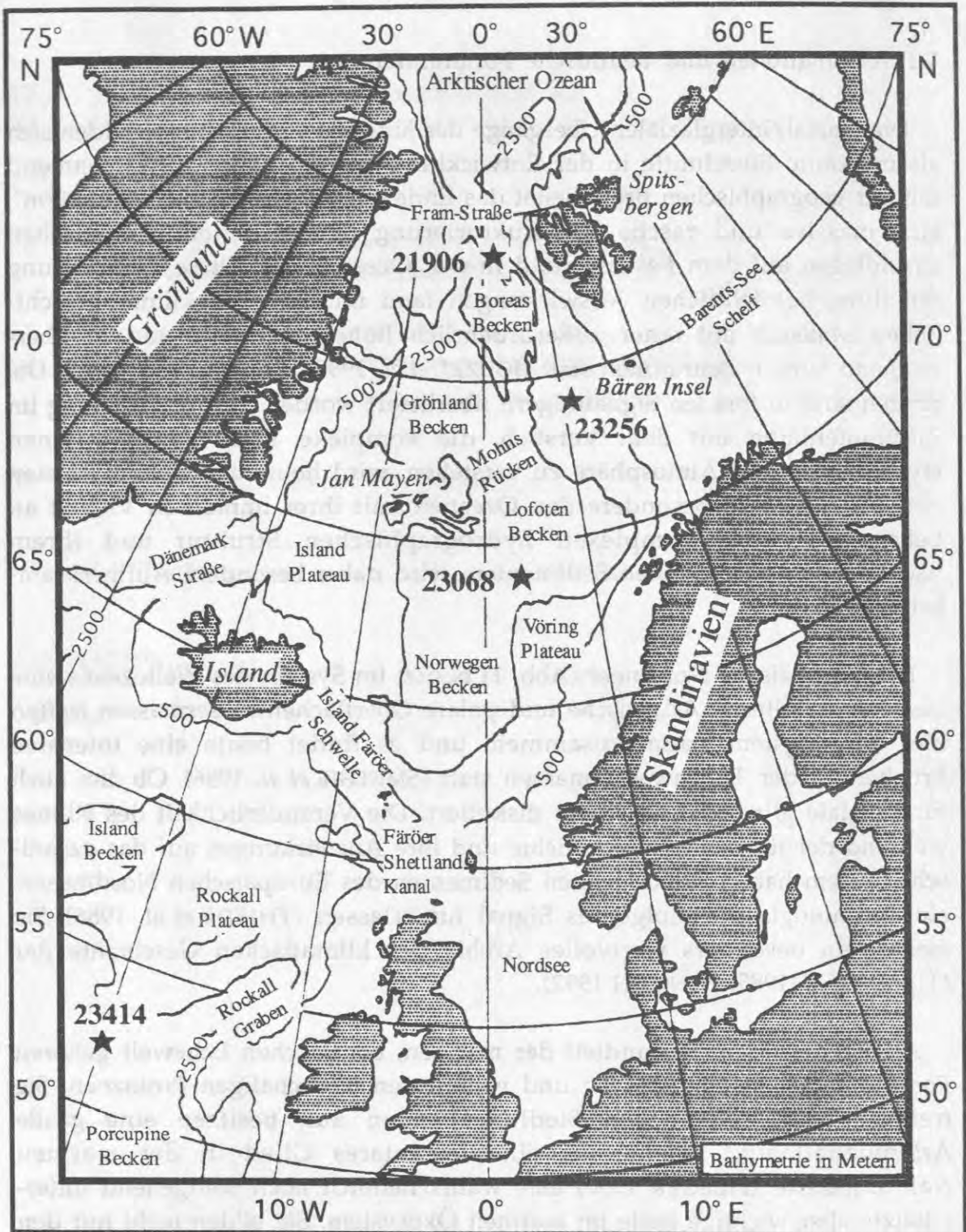
## 1.0 EINLEITUNG

### 1.1 Terminationen und benthische Foraminiferen

Die glazial/interglazialen Übergänge der jüngsten Erdgeschichte bilden sich als markante Einschnitte in der Entwicklung der Biosphäre ab. Zunehmend mit der geographischen Breite leitet das Ende einer Eiszeit, die "Termination", eine massive und rasche Umstrukturierung der gesamten ökologischen Grundlagen auf dem Festland und in den Ozeanen ein. Diese Veränderung mit ihren beträchtlichen Auswirkungen fand im erd- und klimageschichtlichen Maßstab mit einer außerordentlich hohen Dynamik und in überraschend kurzen Zeiträumen statt (JOUZEL *et al.* 1987a, TAYLOR *et al.* 1993). Die Spuren sind in fossilen Signalträgern überliefert worden. Ihre Erforschung im Zusammenhang mit dem Versuch, die komplexe Vernetzung zwischen Hydrosphäre und Atmosphäre zu verstehen, wird heute auf vielen Gebieten vorangetrieben. Insbesondere den Ozeanen, mit ihrer immensen Vielfalt an Lebewesen, ihrer komplexen hydrographischen Struktur und ihrem "Gedächtnis", den marinen Sedimenten, wird dabei besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Das Europäische Nordmeer (Abb. 1) besitzt im System des Weltozeans eine besondere Stellung. Atlantische und polare Oberflächenwassermassen treffen hier auf engstem Raum zusammen, und es findet heute eine intensive Erneuerung der Tiefenwassermassen statt (SMETHIE *et al.* 1986). Ob dies auch für Glaziale gilt, wird weiterhin diskutiert. Die Veränderlichkeit des Klimas während der jüngsten Erdgeschichte und ihre Auswirkungen auf das ozeanische System haben jedoch in den Sedimenten des Europäischen Nordmeeres ein chronologisch verfolgbares Signal hinterlassen (THIEDE *et al.* 1986). Sie stellen ein besonders wertvolles Archiv der klimatischen Geschichte dar (THIEDE *et al.* 1985, HENRICH 1992).

Als ein wichtiger Bestandteil der marinen, benthischen Lebewelt gehören Foraminiferen zu den größten und wichtigsten hartschaligen Protozoen. Sie treten in z.T. sehr hohen Siedlungsdichten auf, besitzen eine große Artenvielfalt und spielen als ein elementares Glied in der marinen Nahrungskette (HEEGER 1990) eine wahrscheinlich noch weitgehend unterschätzte aber wichtige Rolle im marinen Ökosystem. Sie bilden nicht nur den größten Anteil an benthischer Biomasse (GOODAY 1986), sondern erreichen auch erstaunlich hohe Umsatzraten (GERLACH *et al.* 1985). Durch Untersuchungen an rezenten Faunen konnten art- und artgruppenspezifische Abhängigkeiten von Wassermassenparametern, sedimentologischen und ökologischen Parametern herausgearbeitet werden. Die Erkenntnis, daß ihr



**Abb. 1:** Physiographie des nord-östlichen Nordatlantiks und des Europäischen Nordmeeres. Als einzige Verbindung zwischen dem Arktischen und dem Atlantischen Ozean mit einem bedeutenden Wassermassenaustausch spielt dieses Meeresgebiet eine Schlüsselrolle für die Ozeanographie des Weltozeans. Die bearbeiteten Kernstationen sind mit Sternen und GIK-Nummern gekennzeichnet (GIK = Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum, Universität Kiel).

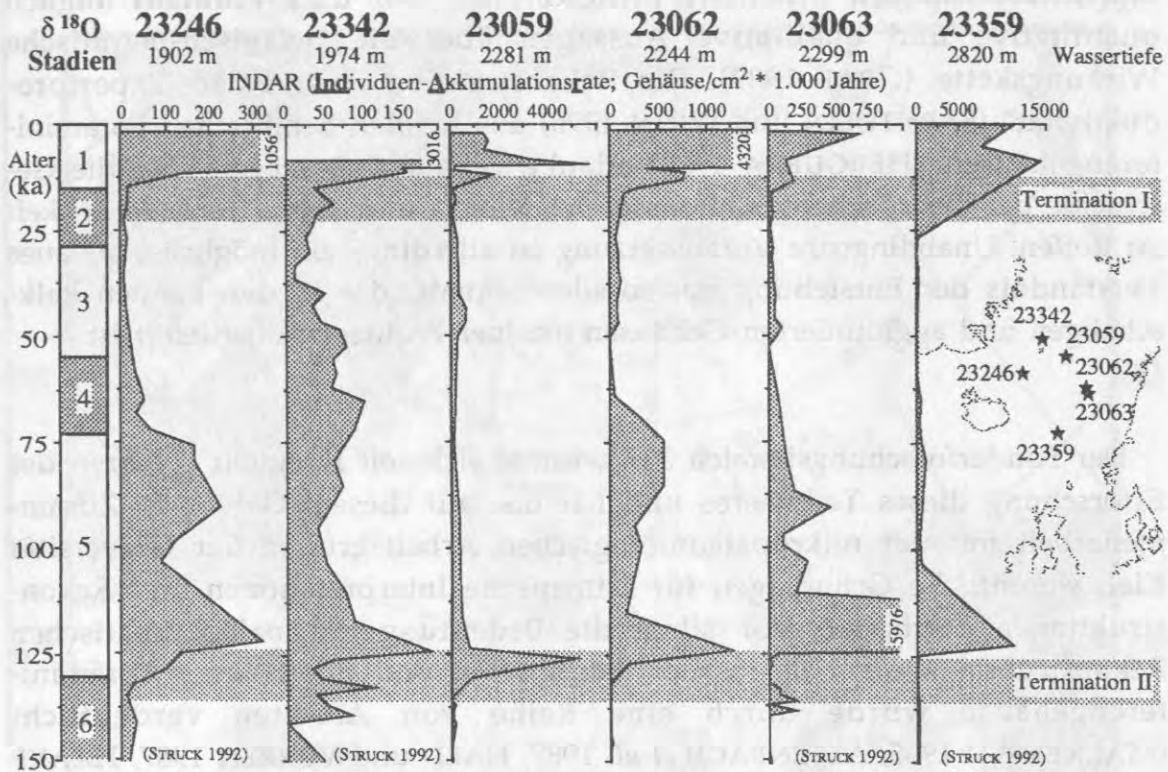


Vorkommen sich jedoch primär an den trophischen Qualitäten der Bodenwassermassen orientiert (MACKENSEN 1987 u.a.), erfordert folglich quantitative und qualitative Aussagen über die pelagisch-benthische Wirkungskette (GRAF 1989). Die Rekonstruktion einer Paläo-"Exportproduktivität" (SARNTHEIN und WINN 1990) aus fossilen benthischen Foraminiferegehäusen (HERGUERA 1992) erlaubt, genauere Aussagen über die Geschichte der Oberflächenverhältnisse, des Klimas und deren Veränderlichkeit zu treffen. Unabdingbare Voraussetzung ist allerdings ein möglichst genaues Verständnis der Entstehung des fossilen Signals, das in den kleinen kalkschaligen und agglutinierten Gehäusen mariner Protozoen überliefert ist.

Der Sonderforschungsbereich 313 widmet sich seit nunmehr 8 Jahren der Erforschung dieses Teilmeeres und hat u.a. auf diesem Gebiet, in Zusammenarbeit mit der mikropaläontologischen Arbeitsgruppe der Universität Kiel, wesentliche Grundlagen für klimatische Interpretationen und Rekonstruktionen erarbeitet. Vor allem die Bedeutung des paläoklimatischen Rekonstruktionspotentials fossiler, benthischer und planktischer Foraminiferegehäuse wurde durch eine Reihe von Arbeiten verdeutlicht (MACKENSEN 1985, ALTENBACH *et al.* 1987, HALD und VORREN 1987, HAAKE und PFLAUMANN 1989, LINKE 1989, NEES 1989, HEEGER 1990, THIES 1991, BAUCH 1992, STRUCK 1992, ALTENBACH 1992, STRUCK eingereicht).

## 1.2 Die Präzisierung des klimatischen Signals

Die Umsetzung des klimatische Signals in paläoklimatische Rekonstruktionen, insbesondere durch eine hohe zeitliche Auflösung, verbunden mit einer quantitativen Datenerhebung, steckt allerdings bislang in den Anfängen. Bisherige Untersuchungen über längere Zeiterien von Tiefseekernen verfolgten zumeist beschreibende bzw. stratigraphische Ziele (JOHNSON 1980, HAAKE und PFLAUMANN 1989, NEES 1989, NEES in Druck). STRUCK (1992) erstellte den bisher ausführlichsten Datensatz über die Fluktuationen der Taphozöosen in dem zentralen Bereich des Europäischen Nordmeeres für die letzten 600.000 Jahre (Abb. 2).



**Abb. 2:** Akkumulationsraten benthischer Foraminiferen einiger Sedimentkerne aus dem zentralen Europäischen Nordmeer. In allen bisher untersuchten Kernen bilden die Individuen-Akkumulationsraten (INDAR) nach den glazial/interglazialen Übergängen (Terminationen) ausgeprägte Maxima (z.T. aus STRUCK 1992).

Insbesondere markante klimatische Veränderungen, wie sie an glazialen/interglazialen Übergängen auftreten, werden jedoch quantitativ und qualitativ deutlich von der fossilen Foraminiferenfauna nachgezeichnet (STRUCK 1992). Die z.T. weiten Beprobungsabstände erschweren aber eine genauere Betrachtung besonderer Ereignisse. Die Erfolge bei der Hochauflösung und Interpretation der Sauerstoffisotopen-Stratigraphie (WEINELT 1993), verbunden mit den Ergebnissen anderer Arbeiten an spät-quartären Foraminiferengemeinschaften, werfen vor allem folgende Fragen auf:

- Kann durch eine engere Beprobung der Sedimentkerne die Veränderlichkeit innerhalb benthischer Foraminiferengemeinschaften qualitativ und quantitativ verbessert werden?
- Erlaubt die Hochauflösung eine Verbesserung der paläo-ökologischen, -klimatischen und -ozeanographischen Informationen und somit eine exaktere

Interpretation und Rekonstruktion insbesondere der Veränderung der Bodenwassermassen?

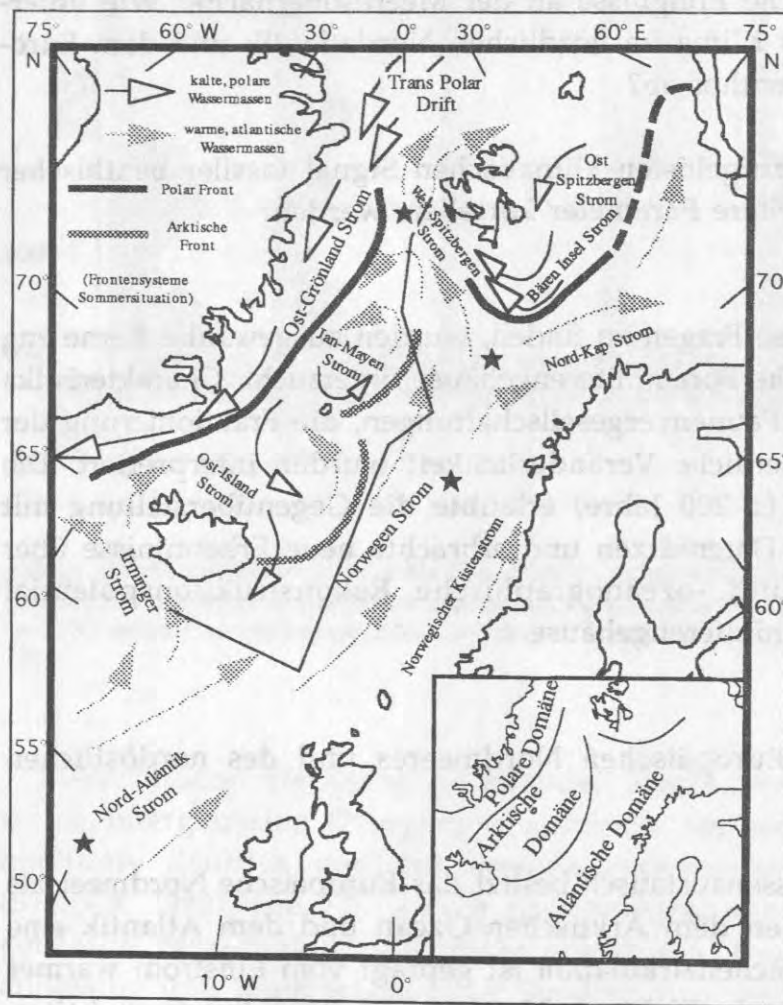
- Wie bilden sich die kurzfristigen glazialen/interglazialen Übergänge im Benthos ab? Läßt die zeitlich hohe Auflösung exaktere Aussagen über zeit-transgressive Entwicklungen zu?
- Reagieren benthische Foraminiferen auf lokale/regionale paläo-ozeanographische und klimatische Ereignisse an der Meeresoberfläche? Wie unterschiedlich bildet sich das Klima im nördlichen Nordatlantik und dem Europäischen Nordmeer im Benthos ab?
- Können mit dem hochaufgelösten klimatischen Signal fossiler benthischer Foraminiferengehäuse weitere Parameter korreliert werden?

Um Antworten auf diese Fragen zu finden, wurden ausgewählte Kerne eng beprobt und auf benthische Foraminiferengehäuse untersucht. Charakteristika einzelner Indikatorarten, Faunenvergesellschaftungen, die Fraktionierung der Gesamtfaua und ihre zeitliche Veränderlichkeit wurden interpretiert. Die erlangte Hochauflösung ( $\pm 200$  Jahre) erlaubte die Gegenüberstellung mit anderen klimarelevanten Datensätzen und erbrachte neue Erkenntnisse über das paläo-klimatische und -ozeanographische Rekonstruktionspotential fossiler benthischer Foraminiferengehäuse.

### 1.3 Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres und des nordöstlichen Nordatlantiks

Im globalen Wassermassenaustausch besitzt das Europäische Nordmeer als Verbindungsglied zwischen dem Arktischen Ozean und dem Atlantik eine Schlüsselrolle. Die Oberflächenzirkulation ist geprägt vom Einstrom warmer atlantischer Wassermassen in Richtung Norden und vom Ausstrom kalter, polarer Wassermassen in Richtung Süden (Abb. 3). Als Ausläufer des Golfstromes transportiert der Nord-Atlantik-Strom über die Island-Färöer-Schwelle temperierte und salzreiche Wassermassen ins östliche Europäische Nordmeer und bildet dort die atlantische Domäne (SWIFT 1986). Der Nord-Atlantik-Strom findet seine Fortsetzung als Norwegen-Strom und West-Spitzbergen-Strom bis in den Arktischen Ozean (Abb. 5). Ein Ausläufer zweigt nördlich der skandinavischen Festlandsmasse als Nord-Kap-Strom östlich in die Barentssee ab. Die Trans-Polar-Drift befördert von Norden geringer salinare, kalte Wassermassen als Ost-Grönland-Strom in südliche Richtung,

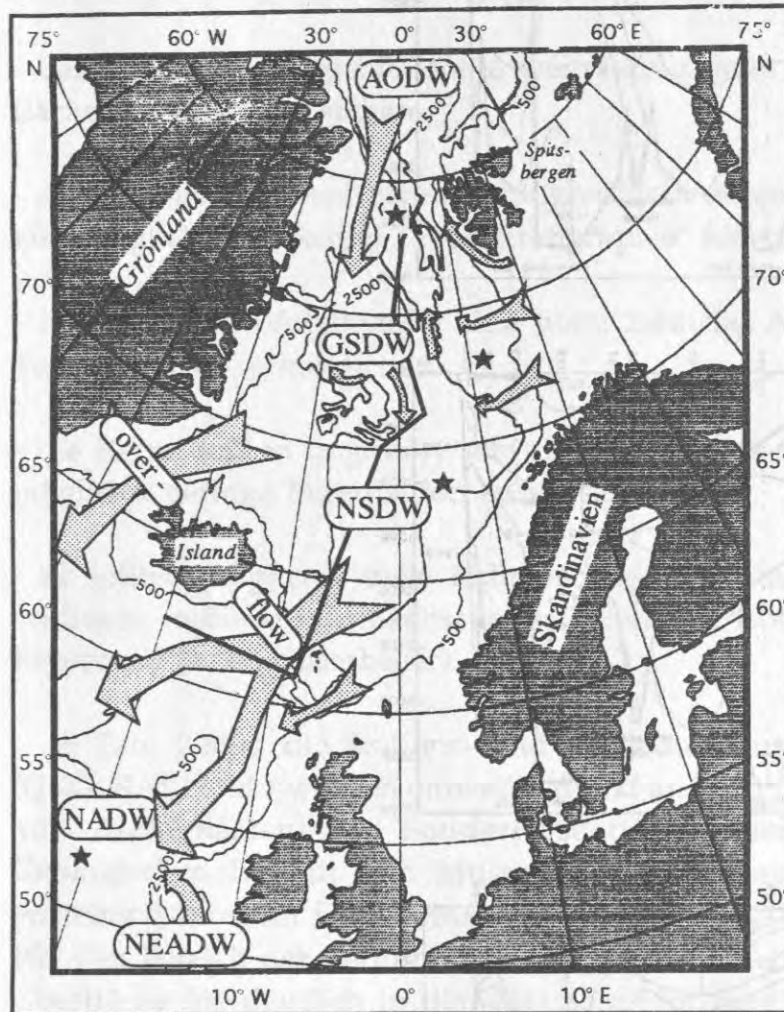
welche die polare Domäne im westlichen Europäischen Nordmeer bilden. Über die Dänemarkstraße erreichen diese Wassermassen den nördlichen Nordatlantik. Die zentralen Bereiche des Europäischen Nordmeeres sind charakterisiert durch zwei Mischsysteme der beiden primären Wassermassen und bilden die arktische Domäne. Die arktische Front trennt die arktische von der atlantischen Domäne, die Polar-Front grenzt die polare von der arktischen Domäne ab.



**Abb. 3:** Die moderne Oberflächenzirkulation im Europäischen Nordmeer und dem südlich angrenzenden Nordatlantik (SWIFT 1986, KOLTERMANN 1987). Die ozeanographischen Fronten (nach JOHANNESSEN 1986) sind in ihrer Sommersituation dargestellt (ozeanographische Domänen nach SWIFT 1986; \* Kernlokationen, — Profilschnitt, s. Abb. 5).

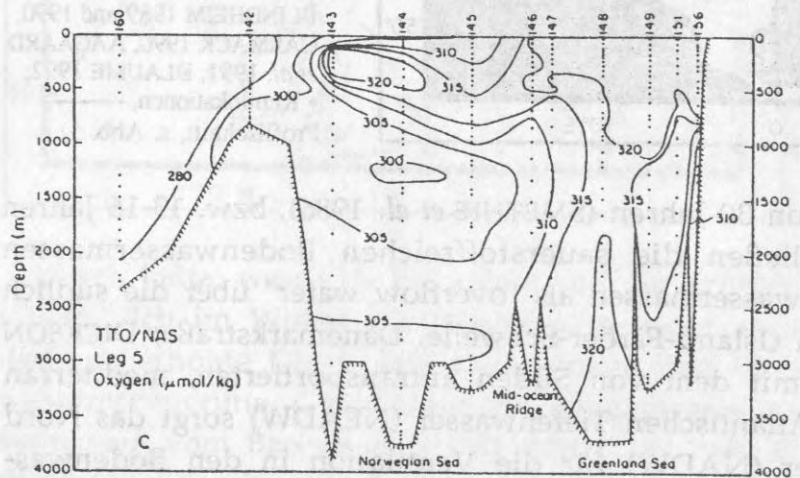
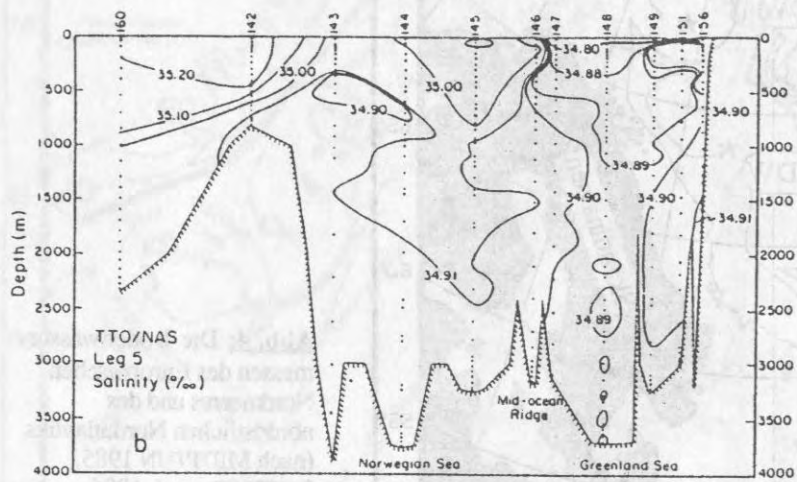
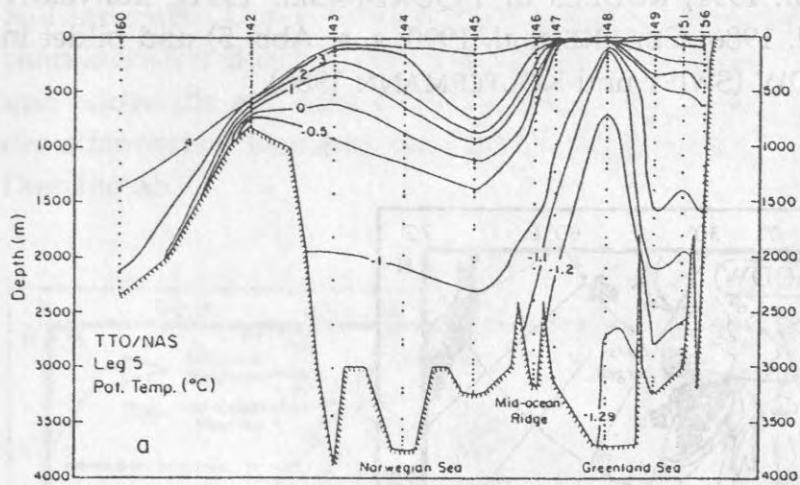
Durch kalte, westliche Fallwinde von der grönländischen Festlandsmasse kühlen sich im Winter die Wassermassen der arktischen Domäne ab. Die dadurch erhöhte Dichte läßt sie absinken und führt zu verstärkter Tiefenwassererneuerung. Gemeinsam mit hangabwärts transportierten Bodenwassermassen vom Barentssee-Schelf (MIDTTUN 1986, BLINDHEIM 1989) werden die beiden dominanten Bodenwassermassen des Europäischen Nordmeeres gebildet: das Norwegensee Tiefenwasser (NSDW) im Bereich des Norwegen und des Lofoten Beckens und das Grönlandsee Tiefenwasser (GSDW) im Bereich des Grönland Beckens (Abb. 4). Das GSDW wird über die westlichen

Bereiche der Framstraße mit salzreichem Arktischen Tiefenwasser (AODW) versorgt (AAGAARD *et al.* 1991, RUDELS und QUADFASEL 1991), konvektiv vermischt (SMETHIE *et al.* 1986, CLARKE *et al.* 1990; s. a. Abb. 5) und bildet in dieser Mischung das NSDW (SWIFT und KOLTERMANN 1988).



**Abb. 4:** Die Bodenwassermassen des Europäischen Nordmeeres und des nordöstlichen Nordatlantiks (nach MIDTTUN 1985, SMETHIE *et al.* 1986, QUADFASEL *et al.* 1988, BLINDHEIM 1989 und 1990, CARMACK 1990, AAGAARD *et al.* 1991, BLAUME 1992; \* Kernlokationen, — Profilschnitt, s. Abb. 5).

Nach Verweilzeiten von 30 Jahren (SMETHIE *et al.* 1986), bzw. 13-16 Jahren (HEINZE *et al.* 1990) fließen die sauerstoffreichen Bodenwassermassen vermischt mit Zwischenwassermassen als "overflow water" über die südlich begrenzenden Schwellen (Island-Färöer-Schwelle, Dänemarkstraße; DICKSON *et al.* 1990). Vermischt mit dem von Süden antransportierten, mediterran beeinflussten Nord-Ost Atlantischen Tiefenwasser (NEADW) sorgt das Nord Atlantische Tiefenwasser (NADW) für die Ventilation in den Bodenwassermassen des Weltozeans (BROECKER 1987, 1991).



**Abb. 5:** Temperatur (a), Salinität (b) und Sauerstoffgehalt (c) im Europäischen Nordmeer entlang eines N-S-Profil-schnitts (s. Abb. 3 und 4; aus SMETHIE *et al.* 1986).

## 2.0 SEDIMENTKERNE UND ANGEWANDTE ANALYTISCHE VERFAHREN

### 2.1 Probenmaterial

Die Auswahl der Sedimentkerne für die geplanten Untersuchungen wurden nach folgenden Kriterien getroffen:

- das Untersuchungsgebiet sollte weiträumig unter dem Einfluß einer Oberflächenwassermasse stehen.
- die Sedimente sollten bereits stratigraphisch eingeordnet worden sein, bzw. eine möglichst eindeutige "Protostratigraphie" für eine Beprobung erlauben.
- die Sedimentabfolge sollte eine hohe zeitliche Auflösung im Bereich der Terminationen ermöglichen.
- die Kerne sollten ungestört sein und im Bereich der Beprobungsabschnitte möglichst geringe Bioturbation aufweisen.
- es sollten möglichst viele Rahmendaten der ausgewählten Kerne bereits vorliegen (sedimentphysikalische Daten, stabile Isotopenmessungen, sonstige Ergebnisse anderer Bearbeiter).

In Tab. 1 sind die Stations- und Kerndaten zusammengefaßt. Die Kerne (GKG, KAL, KOL) wurden entweder direkt an Bord der Forschungsschiffe oder aus Archivkästen des Sonderforschungsbereichs 313 (SFB 313), des Geologischen Institut und Museums der Universität Kiel (GIK) und des Forschungszentrum für Marine Geowissenschaften (GEOMAR), Kiel beprobt. Für den Bereich der Termination I wurden sämtliche Sedimentkerne von der Oberfläche bis deutlich in den glazialen Horizont hinein scheibenförmig (1 bzw. 2 cm dick) in 1 bzw. 2 cm Abständen beprobt (ca. 100 ml, s. Abb. 8 "Probenaufbereitung"). Der stratigraphische Anschluß der Großkastengreifer zu den langen Kastenlotkernen erfolgte über eine isotopestratigraphisch geeichte Teufenkorrektur. Die Beprobung der Horizonte der Termination II erfolgte entsprechend. Die genauen Beprobungsteufen und -intervalle der einzelnen Kerne sind im Anhang 1 aufgelistet. Die entsprechende Alterszuordnung bezieht sich in der gesamten Arbeit auf den rechnerischen Teufenmittelpunkt der beprobten Sedimentscheibe.

**Tab. 1:** Stationsliste und Kerndaten der in dieser Arbeit untersuchten Sedimentkerne (GKG = Großkastengreifer, KAL = Kastenlot, KOL = Kolbenlot; Daten aus: THIEDE und HEMPEL 1991, HIRSCHLEBER *et al.* 1988, GERLACH *et al.* 1986, SUESS und ALTENBACH 1992; \* Verlust der Sedimentoberfläche bei der Kernentnahme.)

## Kernpositionen und -daten

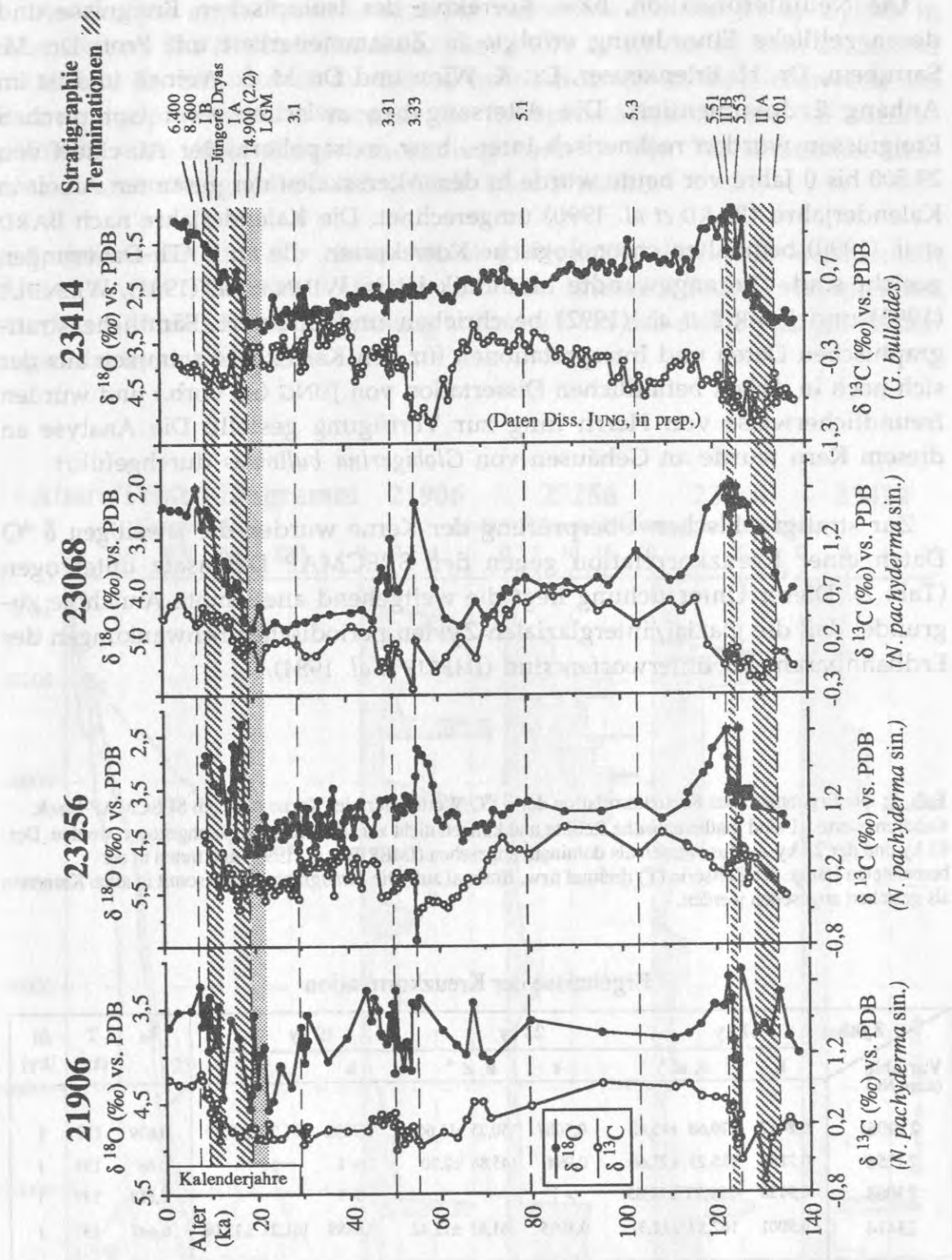
Kern Nummer GIK	Gerät	Geographische Koordinaten		Wassertiefe (m)	Kerngewinn (cm)	Forschungsschiff	Expedition	Jahr
		Länge	Breite					
21906 - 1	GKG	2° 9.00' W	76° 50.52' N	2990	37	PFVS Polarstem	ARKTIS VII/1	1990
21906 - 2	KAL	2° 9.19' W	76° 50.18' N	2939	652	"	"	"
23256 - 1	KOL	10° 56.60' E	73° 10.30' N	2061	960*	FS Meteor	M 7/2	1988
23068 - 2	GKG	1° 30.15' E	67° 49.99' N	2228	44	FS Meteor	M 2/2	1986
23068 - 3	KAL	1° 30.30' E	67° 50.06' N	2231	760	"	"	"
23414 - 6	GKG	20° 17.40' W	53° 32.20' N	2201	34	FS Meteor	M 17/2	1991
23414 - 9	KAL	20° 17.30' W	53° 32.20' N	2196	908	"	"	"

GIK = Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum, Universität Kiel; GKG = Großkastengreifer; KAL = Kastenlot; KOL = Kolbenlot

## 2.2 Stratigraphie der Kerne

Die stratigraphische Einordnung der Sedimentkerne wurde in großen Teilen von anderen Bearbeitern übernommen (s. Anhang 2). Die hohe zeitliche Auflösung in dieser Arbeit erforderte in den entsprechenden Kernabschnitten eine entsprechend hohe Auflösung der Sauerstoffisotopen-Stratigraphie. Aus diesem Grund wurde in Datierungslücken jeweils aus den "Zwischenproben" *Neogloboquadrina pachyderma* (sin.) für die Analysen der Isotopenverhältnisse ausgelesen (Kerne 21906, 23256, 23068). Die Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotopenverhältnisse der Gehäuse wurden an einem MAT 251 Massenspektrometer des <sup>14</sup>C-Labors, Institut für Reine und Angewandte Kernphysik der Universität Kiel (Dr. H. Erlenkeuser), gemessen. Die Aufbereitung der Proben und die Methodik der Isotopenanalyse ist in VOGELSANG (1990) und WEINELT (1993) beschrieben und wurde analog angewandt. Die gemessenen Isotopenverhältnisse wurden in die vorhandenen Datensätze integriert. Im Anhang 3 sind die nachgemessenen Zwischenteufen und vorhandenen Datensätze mit Quellennachweisen aufgelistet. Abb. 6 zeigt die Entwicklung der <sup>18/16</sup>O- und <sup>13/12</sup>C-Isotopen-Verhältnisse in den bearbeiteten Kernen seit 140.000 Jahren vor heute.





**Abb. 6:** Die Entwicklung der  $\delta^{18}\text{O}$  und  $\delta^{13}\text{C}$  Isotopenverhältnisse über den Zeitraum der vergangenen 140.000 Jahre in den hier untersuchten Kernen. Einzelne isotopische Ereignisse und Zeitabschnitte wurden markiert, bzw. mit einem Raster unterlegt. Die jeweils in zwei Abschnitte (A und B) geteilten Abschmelzphasen der Terminations (I und II) sind durch eine Schraffur gekennzeichnet. Die Werte wurden an Gehäusen von *Neogloboquadrina pachyderma* sin. gemessen. Für Kern 23414 wurden Gehäuse von *Globigerina bulloides* verwendet. (Unter Verwendung von Daten aus VOGELANG 1990, HAMICH 1991, WEINELT 1993, JUNG in Vorb., Daten und Datenquellen s. Anhang 3, LGM = letztes glaziales Maximum.)

Die Neuinterpretation, bzw. Korrektur der isotopischen Ereignisse und deren zeitliche Einordnung erfolgte in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. M. Sarnthein, Dr. H. Erlenkeuser, Dr. K. Winn und Dr. M. S. Weinelt und ist im Anhang 2 dokumentiert. Die Altersangaben zwischen zwei isotopischen Ereignissen wurden rechnerisch inter-, bzw. extrapoliert. Der Abschnitt von 29.500 bis 0 Jahre vor heute wurde in den Altersskalen der gesamten Arbeit in Kalenderjahre (BARD *et al.* 1990) umgerechnet. Die Kalenderjahre nach BARD *et al.* (1990) beinhalten chronologische Korrekturen, die an U/Th-Datierungen geeicht sind. Die angewandte Methodik ist in WINN *et al.* (1991), WEINELT (1993) und IMBRIE *et al.* (1992) beschrieben und erläutert. Sämtliche stratigraphischen Daten und Interpretationen für den Kern 23414 stammen aus der sich noch in Arbeit befindlichen Dissertation von JUNG (in Vorb.) und wurden freundlicherweise von Herrn Jung zur Verfügung gestellt. Die Analyse an diesem Kern wurde an Gehäusen von *Globigerina bulloides* durchgeführt.

Zur stratigraphischen Überprüfung der Kerne wurden die jeweiligen  $\delta^{18}\text{O}$  Daten einer Kreuzkorrelation gegen den SPECMAP Datensatz unterzogen (Tab. 2). Dieser Untersuchung liegt die weitgehend anerkannte Annahme zugrunde, daß die glazial/interglazialen Zyklen periodischen Schwankungen der Erdbahnparameter unterworfen sind (IMBRIE *et al.* 1984).

**Tab. 2:** Die Ergebnisse der Kreuzkorrelation der  $\delta^{18}\text{O}$  Werte aller vier Kerne mit dem SPECMAP-Stack. Kohärenzwerte  $>1$  sind mathematische Relikte und können nicht zur Interpretation herangezogen werden. Der 41 ky und der 23 ky Zyklus werden als dominant angesehen (IMBRIE *et al.* 1992) und treten in der berechneten Länge der Zeitserie (T) dreimal bzw. fünfmal auf. Die Stratigraphie kann somit in allen Kernen als gesichert angesehen werden.

#### Ergebnisse der Kreuzkorrelation

Zyklen Variable (Kern Nr.)	41 ky		23 ky		19 ky		$k_0$	T (ky)	$\Delta t$ (ky)
	k	$\phi, \angle^\circ$	k	$\phi, \angle^\circ$	k	$\phi, \angle^\circ$			
21906	0,8457	179,68 $\pm 15,82$	0,9087	150,25 $\pm 11,66$	0,7892	151,35 $\pm 19,27$	0,639	137	1
23256	0,7282	135,23 $\pm 23,66$	0,9941	145,86 $\pm 2,90$	> 1	—	0,663	135	1
23068	0,9128	-209,92 $\pm 11,85$	> 1	—	> 1	—	0,668	137	1
23414	0,9001	162,57 $\pm 12,31$	0,8985	161,63 $\pm 12,42$	0,8889	161,21 $\pm 13,08$	0,642	137	1

k = Kohärenz

$\phi$  = Phasenwinkel mit Abweichung (80 % Vertrauensschwelle)

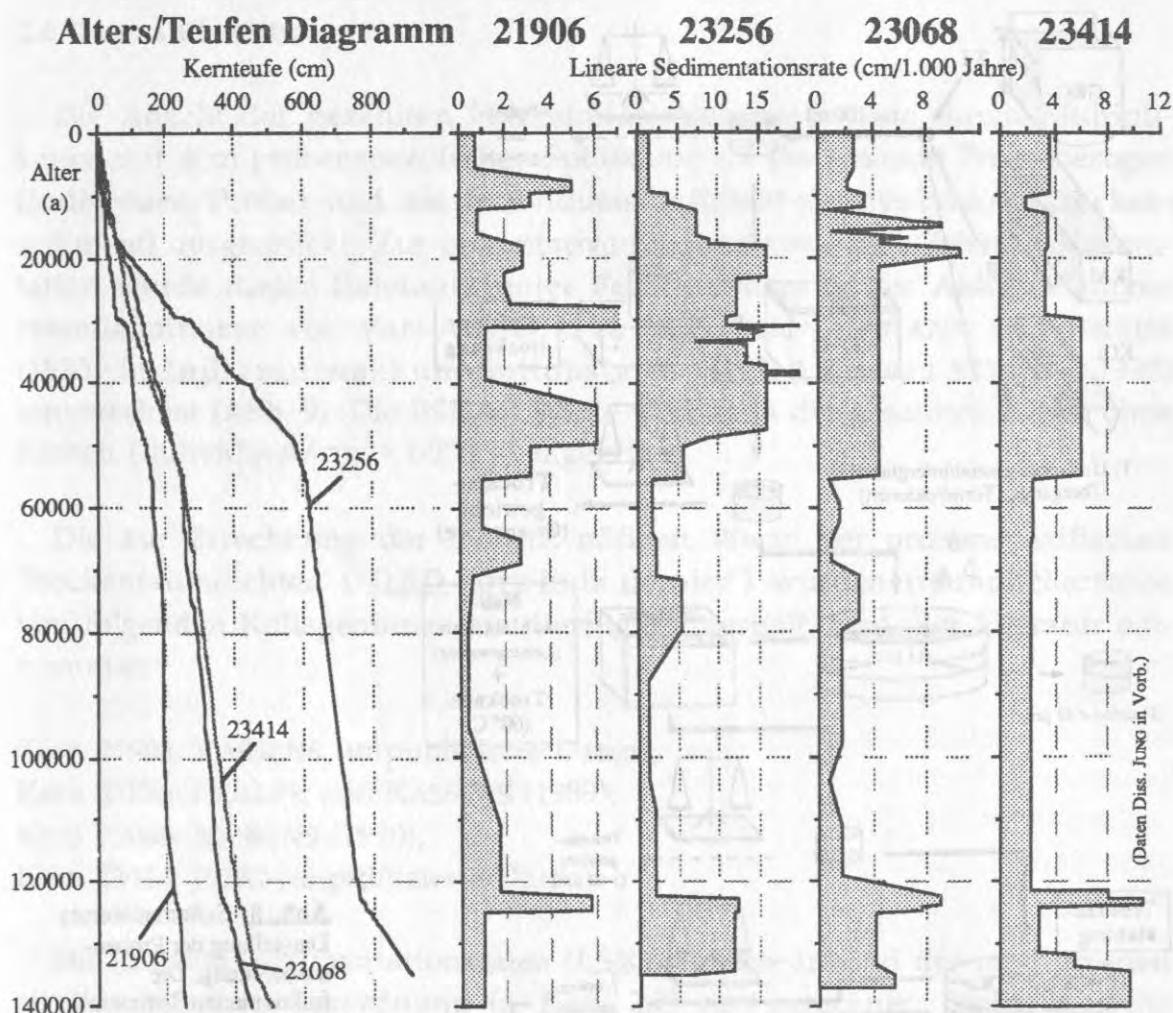
$k_0$  = Kohärenzschwellenwert (80 % Vertrauensschwelle)

T = Länge der berechneten Zeitserie

$\Delta t$  = berechnete Zeitschritte

Die Analyse ergab hohe Kohärenzen besonders für den 41 ky Zyklus in allen Kernen. Die fehlende Kohärenz für den 19 ky Zyklus in Kern 23256 und für den 23 ky und den 19 ky Zyklus im Kern 23068 ist möglicherweise auf Zuordnungsprobleme im Bereich der Isotopenstadien 3.1 bis 5.3 zurückzuführen. Die Alters/Teufenzuordnung kann in den Terminationen dennoch als zuverlässig gelten (frdl. mündl. Mitt. STRUCK).

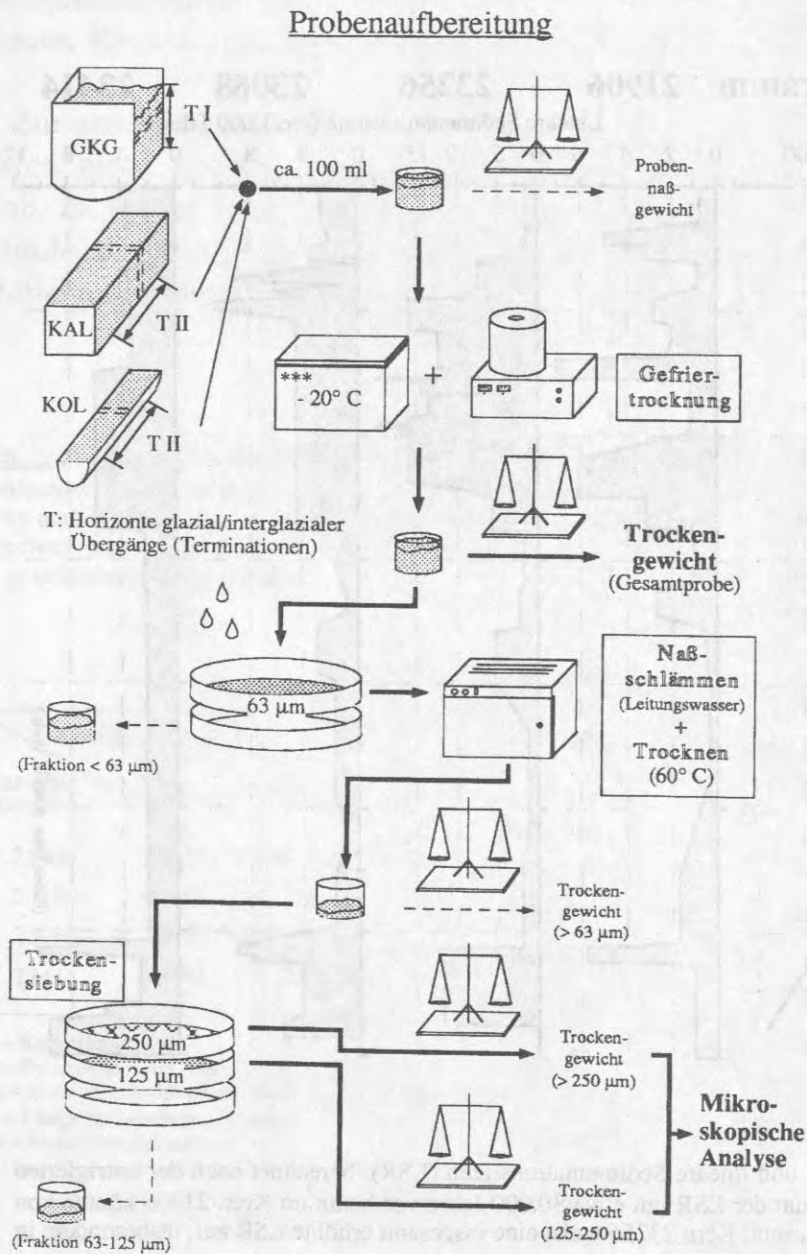
Basierend auf der für diese Arbeit gültigen Stratigraphie wurden ein Alters/Teufen Diagramm erstellt und die linearen Sedimentationsraten errechnet (Abb. 7). Diese Berechnung stützt sich auf das den jeweiligen Proben zugeordnete, absolute Alter.



**Abb. 7:** Alters/Teufen Diagramm und lineare Sedimentationsraten (LSR), berechnet nach der korrigierten Isotopenstratigraphie. Ein Maximum der LSR um etwa 30.000 Jahre vor heute im Kern 21906 könnte von einer Schüttung verursacht worden sein. Kern 23256 weist eine insgesamt erhöhte LSR auf, insbesondere in glazialen Abschnitten.

## 2.3 Probenaufbereitung und Auszählverfahren

Die Aufbereitung der Sedimentproben folgte einem bewährten, standardisierten Verfahren (Abb. 8); es ermöglicht eine schonende und zerstörungsfreie Probenaufbereitung mariner Sedimente (STRUCK 1992). Kalkschalige Mikrofossilien werden nicht angegriffen. Durch eine vorsichtige Vorgehensweise bei den Schläm- und Siebschritten wurde eine Zerstörung agglutinierter Foraminiferengehäuse weitgehend vermieden (LINKE 1986). In den zur Analyse gelangenden Proben kann der Foraminiferengehalt somit insgesamt mikroskopisch erfasst werden.



**Abb. 8:** Schematisiertes Darstellung der Probenaufbereitung. Die fraktionierten Sedimentproben ( $125 - 250\ \mu\text{m}$ ,  $> 250\ \mu\text{m}$ ) wurden anschließend mikroskopisch analysiert und mit dem Trockengewicht der Gesamtprobe verrechnet (s. Abb. 9).

Mit einem Binokular wurden in den beiden Subfraktionen (125 - 250  $\mu\text{m}$ , >250  $\mu\text{m}$ ) der Sedimentproben wenigstens 300 benthische Foraminiferengehäuse taxonomisch bestimmt und gezählt. Die Proben wurden dazu mit einem Probenteiler nach Erfahrungswerten in eine ausreichend erscheinende Teilmenge aufgeteilt. Die Blattweite des Probenteilers beträgt maximal 2.000  $\mu\text{m}$ , wodurch die Korngröße nach oben begrenzt wurde. Die Erfassung und Speicherung der Zählergebnisse erfolgte mit einem BASIC-Programm des "Canadian Museum of Nature" (s. Anhang 3) und einem Personal Computer. Dieses ursprünglich zur Zählung von Plankton ausgelegte Programm erlaubt die Zuordnung einzelner Taxa zu individuell definierten Tasten des Computers und speichert die Anzahl der entsprechenden Tastenanschläge.

#### 2.4 Datenaufbereitung

Die Anzahl der gezählten Foraminiferengehäuse wurde durch Multiplikation mit dem probenspezifischen Splitfaktor auf die gesamte Probe bezogen (Individuen/Probe) und als Individuenhäufigkeit (Individuen/g Trockensediment) ausgedrückt. Zur quantitativen Bilanzierung der Gehäuseakkumulation wurde dieser Datensatz unter Berücksichtigung der Akkumulationsratendefinitionen von VAN ANDEL *et al.* (1975) und EHRMANN und THIEDE (1985) in Individuenakkumulationsraten (**INDAR** *sensu* STRUCK 1992) umgerechnet (Abb. 9). Die INDAR-Werte werden in der gesamten Arbeit ohne Einheit (Individuen/ $\text{cm}^2 \cdot 1.000 \text{ y}$ ) angegeben.

Die zur Errechnung der INDAR nötigen Werte der probenspezifischen Trockenraumdichten ("**DBD** - **dry bulk density**") wurden freundlicherweise von folgenden KollegenInnen zur Verfügung gestellt, bzw. der Literatur entnommen:

Kern 21906: KASSENS (unpublizierte Daten),

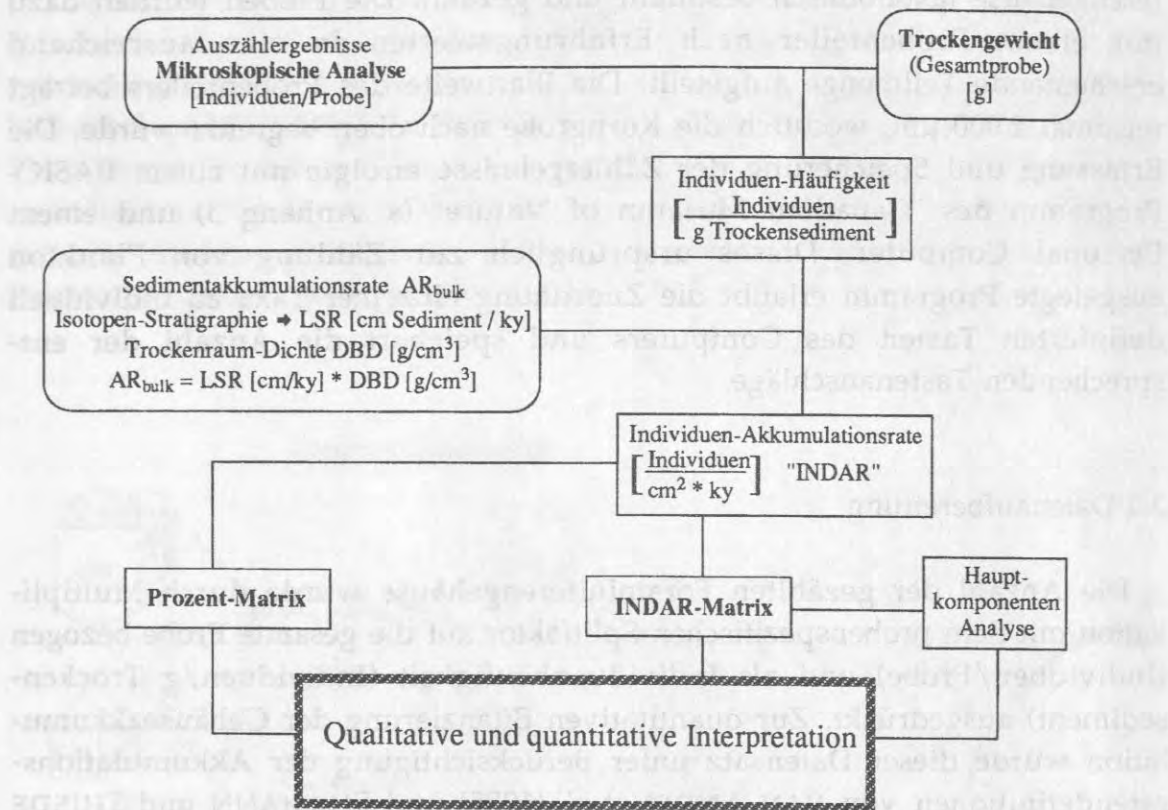
Kern 23256: HOLLER und KASSENS (1989),

Kern 23068: KASSENS (1990),

Kern 23414: JUNG (unpublizierte Daten).

Die linearen Sedimentationsraten (**LSR**) wurden anhand der modifizierten stratigraphischen Einordnung (s. Kap. 2.2) neu errechnet. Die graphische Darstellung der Ergebnisse (Prozentverteilungen und INDAR) erfolgt in Kurvenverläufen gegen eine Zeitachse und ermöglicht somit eine Korrelation untereinander [Alter (a), bzw. J.v.h. = Jahre vor heute].

## Datenanalyse



**Abb. 9:** Die methodische Datenaufbereitung der gezählten Gehäuse benthischer Foraminiferen. Das Verfahren ist ausführlich in STRUCK (1992) beschrieben. Es erlaubt die Erstellung eines Datensatzes zur quantitativen Bilanzierung des Gehäuseeintrags unter Berücksichtigung sedimentphysikalischer und stratigraphischer Parameter.

### 2.5 Multivariate Analysemethoden

Sämtliche INDAR-Datensätze des Gesamtfraktion (125 - 2.000  $\mu\text{m}$ ) über den Zeitraum glazial/interglazialer Übergänge wurden mit einem multivariaten statistischen Verfahren untersucht. Dieses Analyseverfahren ermöglicht u.a. mathematisch die Gruppierung von Arten, welche charakteristische Gemeinsamkeiten aufweisen und erleichtert somit eine Interpretation der Daten (BACKHAUS *et al.* 1990, JOBSON 1992). Die einzelnen Arten werden mit "Ladungen" belegt, deren Größe ein Maß für die Zugehörigkeit zu einer Gruppe darstellt. Die Charakteristika der einzelnen Gruppen wurden anhand der gruppierten Einzelarten und ihrer Ladung interpretiert. Zur Anwendung kam eine Hauptkomponentenanalyse (R-Mode) mit einer unzentrierten, standardisierten Korrelationsmatrix der Rohdaten. Eine Standardisierung der Rohdaten vermeidet verzerrende Effekte dominanter Spezies, dämpft allerdings gleichzeitig auch die maximale Höhe der Faktorladungen (ZIELINSKI

1993). Das Koordinatensystem der Faktoren wurde orthogonal rotiert, um die Unkorreliertheit der Faktoren, resp. die Unabhängigkeit der Variablen, zu erhalten. Von besonderem Interesse war die zeitliche Entwicklung der Artengruppen, weswegen ein Verfahren gewählt wurde, das sogenannte "site scores" errechnet (KOVACH 1988). Die Größe der Ladungen dieser "scores" wichtet die "Bedeutung" der zugehörigen Gruppe (Faktor) zu jeder einzelnen Probe (= Teufe, resp. Alter). Zur Überprüfung des ausgewählten Verfahrens wurde an einem Datensatz (INDAR Gesamtfraktion, Kern 21906 Termination I) zusätzlich ein heute übliches, multivariates Verfahren (Faktorenanalyse, Produkt-Moment-Korrelation, Hauptachsenlösung mit Varimax-Rotation) vorgenommen (vgl. ALTENBACH 1992). Die Einteilung der Hauptarten-Gruppierung war dabei nahezu deckungsgleich, die Trennschärfe zwischen den Artengruppen jedoch zielgemäß etwas besser im hier angewandten Verfahren (frdl. mündl. Mitt. ALTENBACH 1993).

### 3.0 TAXONOMIE

Es wurden 51 verschiedene Arten benthischer Foraminiferen unterschieden. Sie beinhalten agglutinierende (textulariide), kalzitisch-perforate ("rotaliide") und kalzitisch-imperforate (Milliliter) Formen. Die vollständige Artenliste ist in Anhang 4 beigelegt. Zusätzlich zu den Einzelarten wurden vier Faunengruppen unterschieden. Sie fassen nach verschiedenen, für diese Arbeit zweckmäßige Kriterien einzelne Spezies zusammen. Die taxonomische Bestimmung der gezählten Foraminiferen erfolgte in Abstimmung mit der NOSOFO-Arbeitsgruppe der mikropaläontologischen Abteilung um Prof. Dr. G. Lutze des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Kiel. Mit Hilfe von Belegzellen dieser Gruppe und neuer, relevanter Arbeiten (THIES 1991, SCHIEBEL 1992, STRUCK 1992, TIMM 1992) wurde die Bestimmung auf der aktuellsten, taxonomischen Grundlage durchgeführt. Im Anhang 4 ist eine ausführliche Synonymliste mit der verwendeten Belegliteratur aufgeführt.

#### Faunengruppen:

##### Cassidulinen - Gruppe

In dieser Gruppe wurden *C. laevigata* und *C. teretis* zusammengefaßt. Eine taxonomische Unterscheidung fossiler Gehäuse der beiden Taxa ist nur bei besonders guter Erhaltung gewährleistet (MACKENSEN und HALD 1988). TAPPAN (1951) beschreibt *C. teretis* mit gut ausgebildetem Nabelknopf und

deutlicher Perforation. Diese Merkmale können in fossilen Sedimenten verlorengegangen sein. Die von BELANGER und STREETER (1980) als *C. teretis* beschriebene Art wird von SEJRUP *et al.* (1981) als *C. laevigata* betrachtet.

#### Elphidien - Gruppe

Sämtliche Arten des Genus *Elphidium* wurden taxonomisch nicht näher bestimmt und quantitativ in einer Gruppe zusammengefaßt. Diese Arten stammen aus Schelfsedimenten und sind im abyssalen arktischen/subarktischen Bereich als allochthone Faunenelemente anzusprechen (GREEN 1960, LAGOE 1979, MURRAY 1991, u.a.).

#### Lageniden - Gruppe

In dieser Faunengruppe wurden die vielgestaltigen Vertreter der Gattung *Lagena* zusammengefaßt. Die vorwiegend langgestreckten, hyalinen Gehäuse treten sehr sporadisch und mit geringen Häufigkeiten auf (s. a. STRUCK 1992). Eine artmäßige taxonomische Bestimmung wird häufig durch abgebrochene Fortsätze und Mündungsmerkmale verhindert.

#### Gruppe der agglutinierten Röhren

Sämtliche Teile und Fragmente röhrenförmiger, agglutinierender Foraminiferen wurden in der Gruppe der agglutinierten Röhren zusammengefaßt. Sie bezeichnen taxonomisch nicht näher bestimmbare Fragmente verschiedener Röhrensandschaler. Nach den umfangreichen Untersuchungen von THIES (1991) an rezenten Sedimenten dürften vor allem Fragmente der Gattungen *Astrorhiza* sp., *Rhabdammina* sp., *Saccorhiza* sp. und *Hyperammina* sp. an der Bildung dieser Faunengruppe beteiligt sein. Die fragilen Röhren sind in den fossilen Sedimenten in den seltensten Fällen vollständig erhalten. Eine Zählung einzelner Bruchstücke, die eindeutig röhrenförmigen Charakter haben mußten, konnte demnach nur semiquantitativ erfolgen.

Die Erhaltungszustände der Foraminiferengehäuse in den untersuchten Sedimenten sind sehr gut. Spuren von Karbonatlösung, wie z.B. unter dem Mikroskop erkennbare Korrosion der Gehäuseoberflächen, wurden sehr selten beobachtet. Sie traten dann ausschließlich an einzelnen Gehäusen in glazialen Horizonten auf und dokumentierten sich z.B. durch fehlenden



Glanz bei Milioliden (z. B. *Pyrgo rotalaria*) oder gerundete Reste feiner, gehäusemorphologischer Strukturen. Spuren einer massiven Karbonatlösung, wie sich in unterschiedlichen Lösungsstadien befindliche Foraminiferegehäuse in einer Probe, wurden nicht beobachtet. Die Untersuchungen zur chemischen Lösung benthischer Foraminiferegehäuse in unterschiedlichen Wassertiefen von CORLISS und HONJO (1981) bestätigen diese Befunde. Mehrkammerige agglutinierende Foraminiferen sind ebenfalls in sehr guter Erhaltung gefunden worden. Durch ihre Gehäuseform begünstigt (bi- und triserial und involut planspiral) widerstehen sie der Beanspruchung durch die Probenaufbereitung (sanftes Schlämmen).

Auf eine Aufzählung artspezifischer, ökologischer Kenntnisse, welche letztendlich eine paläo-ökologische Interpretation erlauben, wird in dieser Arbeit verzichtet. Es wird dabei auf publizierte Ergebnisse zurückgegriffen und auf die entsprechende Literatur hingewiesen. Der Vollständigkeit halber sei auf folgende Arbeiten mit umfangreichen Kapiteln zu diesem Thema hingewiesen: MURRAY 1991, ALTENBACH 1992.

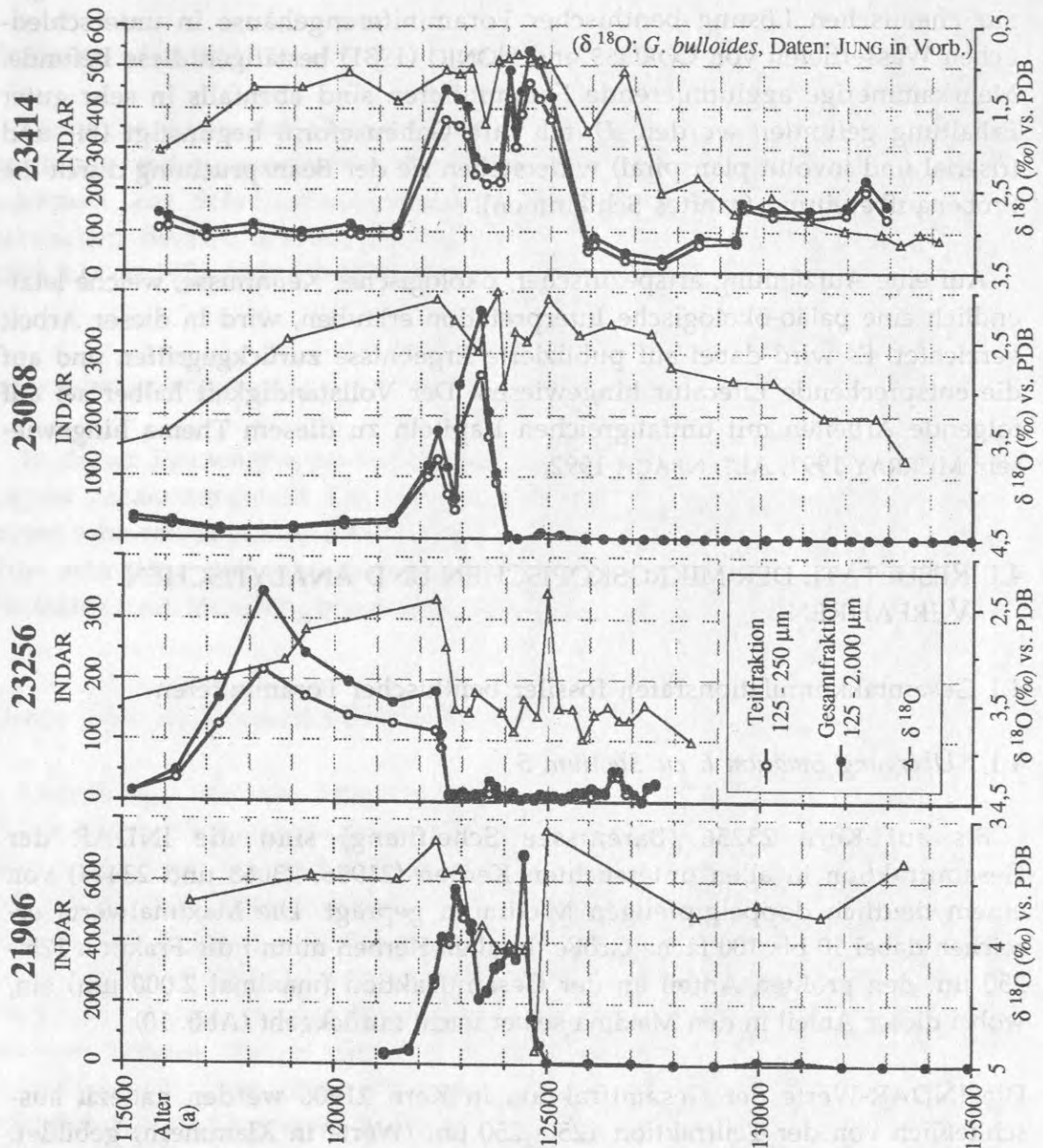
#### 4.0 RESULTATE DER MIKROSKOPISCHEN UND ANALYTISCHEN VERFAHREN

##### 4.1 Gesamtakkumulationsraten fossiler benthischer Foraminiferen

###### 4.1.1 Übergang Stadium 6 zu Stadium 5

Bis auf Kern 23256 (Barentssee Schelfhang) sind die INDAR der Gesamtfraktion in allen untersuchten Kernen (21906, 23068 und 23414) von einem deutlich doppelgipfeligen Maximum geprägt. Die Maximalwerte erreichen dabei 10 bis 100 fache Größe. In allen Kernen nimmt die Fraktion 125 - 250  $\mu\text{m}$  den größten Anteil an der Gesamtfraktion (maximal 2.000  $\mu\text{m}$ ) ein, wobei dieser Anteil in den Maxima selber leicht zurückgeht (Abb. 10).

Die INDAR-Werte der Gesamtfraktion in Kern 21906 werden nahezu ausschließlich von der Teilfraktion 125 - 250  $\mu\text{m}$  (Werte in Klammern) gebildet. Abgesehen von einem kleinen Maximum von 124 (123) bei 130.000 J.v.h. treten von 135.000 bis 125.000 J.v.h. nur sehr geringe INDAR-Werte <62 (<61) auf. Innerhalb der folgenden 525 Jahre wird bis 124.500 J.v.h. das größte Maximum mit 6.854 (6.842) erreicht. Ein zweites Maximum zeigt sich 122.900 J.v.h. mit 5.767 (5.492). Das dazwischenliegende Minimum erreicht nach



**Abb. 10:** Die Entwicklung der Gesamtakkumulationsraten, sowie die  $\delta^{18}\text{O}$  Kurve von 135.000 bis 115.000 J.v.h. Ausgefüllte Punkte markieren die Werte der Gesamtfraction (125 - 2.000  $\mu\text{m}$ ), offene Kreise die Werte der Fraction 125 - 250  $\mu\text{m}$ , offene Dreiecke die Werte der Isotopenkurve. Die Struktur der INDAR-Kurve in Kern 23256 zeigt einen eigenen, zu den anderen Kernen sehr unterschiedlichen Verlauf. Dieser Kern stammt vom Hangfuß des Barentssee Schelfs.

allmählicher Abnahme seinen Tiefpunkt bei 123.400 J.v.h. mit 2.186 (2.120). Von dem jüngeren Maximum nehmen die INDAR-Werte bis zur jüngsten Probe bei 121.200 J.v.h. kontinuierlich auf 402 (342) ab.

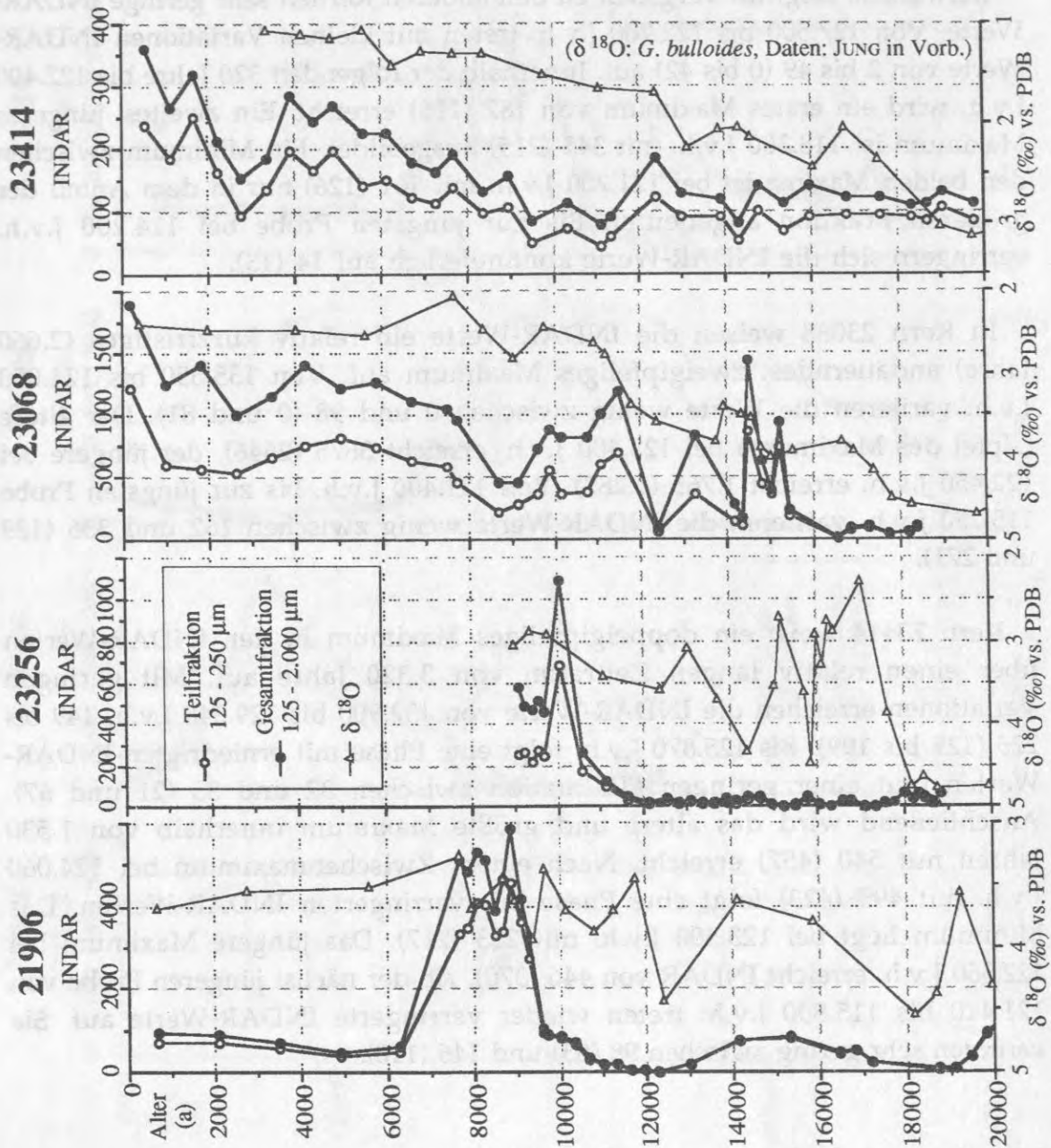
Kern 23256 zeigt im Vergleich zu den anderen Kernen sehr geringe INDAR-Werte. Von 127.500 bis 122.700 J.v.h. treten mit kleinen Variationen INDAR-Werte von 2 bis 49 (0 bis 42) auf. Innerhalb der folgenden 320 Jahre bis 122.400 J.v.h. wird ein erstes Maximum von 182 (116) erreicht. Ein zweites, jüngeres Maximum ist 118.300 J.v.h. mit 345 (215) ausgebildet. Ein Minimum zwischen den beiden Maxima ist bei 121.200 J.v.h. mit 161 (126) nur in dem Anteil der größeren Fraktion angedeutet. Bis zur jüngsten Probe bei 114.200 J.v.h. verringern sich die INDAR-Werte kontinuierlich auf 14 (13).

In Kern 23068 weisen die INDAR-Werte ein relativ kurzfristiges (2.660 Jahre) andauerndes, zweigipfeliges Maximum auf. Von 135.650 bis 124.050 J.v.h. variieren die Werte wenig zwischen 0 und 98 (0 und 81). Der ältere Gipfel des Maximums bei 123.400 J.v.h. erreicht 3675 (2646), der jüngere bei 122.450 J.v.h. erreicht 1.765 (1.287). Von 121.400 J.v.h. bis zur jüngsten Probe 115.250 J.v.h. variieren die INDAR-Werte wenig zwischen 162 und 336 (129 und 271).

Kern 23414 weist ein doppelgipfeliges Maximum in den INDAR-Werten über einen relativ langen Zeitraum von 3.320 Jahre auf. Mit geringen Variationen erreichen die INDAR-Werte von 132.900 bis 129.340 J.v.h. 149 bis 226 (129 bis 199). Bis 125.870 J.v.h. folgt eine Phase mit erniedrigten INDAR-Werten und einer geringen Fluktuation zwischen 32 und 85 (21 und 67). Anschließend wird das ältere und größte Maximum innerhalb von 1.530 Jahren mit 540 (457) erreicht. Nach einem Zwischenmaximum bei 124.060 J.v.h. mit 495 (423) folgt eine Phase mit verringerten INDAR-Werten. Das Minimum liegt bei 123.500 J.v.h. mit 253 (217). Das jüngere Maximum bei 122.560 J.v.h. erreicht INDAR von 446 (370). Ab der nächst jüngeren Probe von 121.440 bis 115.800 J.v.h. treten wieder verringerte INDAR-Werte auf. Sie variieren sehr gering zwischen 98 (83) und 146 (110).

#### 4.1.2 Übergang Stadium 2 zu Stadium 1

In Kern 21906 wird die gesamte benthische Foraminiferenfauna von 20.000 bis 9.600 J.v.h. nahezu ausschließlich von der 125 µm-Fraktion gebildet (Abb. 11). Ab 9.300 J.v.h. nimmt dieser Anteil ab und verändert sich bis in die jüngste Probe nurmehr gering. Die INDAR-Werte der Gesamtfraktion erreichen zwischen 20.000 bis 9.620 J.v.h. zwei kleinere Maxima (bei 19.800 und



**Abb. 11:** Die Entwicklung der Akkumulationsraten benthischer Foraminiferen in den hier untersuchten Kernen seit den letzten 20.000 Jahren. Ausgefüllte Punkte markieren die Werte der Gesamtfraktion (125 - 2.000 µm), offene Kreise die Werte der Fraktion 125 - 250 µm, offene Dreiecke die Werte der Isotopenkurve. Die kleine Fraktion stellt den größeren Anteil an der Gesamtfaua. Zur Sedimentoberfläche hin nimmt dieser Anteil in den drei nördlichen Kernen ab. Das Verhältnis der Fraktionen ist dagegen in Kern 23414 nahezu über den ganzen Kernverlauf konstant.

15.000 J.v.h.). Das Maximum bei 15.000 J.v.h. wird durch eine allmähliche Steigerung der INDAR von 17.000 von 12 (11) aufgebaut und erreicht einen Maximalwert von 933. Ein Minimalwert (16 (12)) wird wieder allmählich bei 12.150 erreicht. Innerhalb von ca. 700 Jahren erreichen die INDAR-Werte ab 9.600 J.v.h. um 8.900 J.v.h. ihren Spitzenwert von 5863 (4555). 8.500 J.v.h. folgt ein Minimum von 3878 (3266) INDAR. 8.100 J.v.h. wird ein zweites Maximum gebildet mit INDAR-Werten von 5282 (4068). Zwischen 7.000 J.v.h. und 6.300 J.v.h. fallen die INDAR auf einen Wert von 600 (460) zurück. Diese Größenordnung von 465 und 924 (364 und 699) behalten sie bis in die jüngste Probe (700 J.v.h.) bei.

In Kern 23256 bildet der Anteil der 125  $\mu\text{m}$ -Fraktion an der Gesamtfraction von 18.820 bis 11.100 J.v.h. nahezu das gesamte Vorkommen, um sich dann bis 9.100 J.v.h. zu verringern. Von 18.820 bis 11.600 J.v.h. schwanken die INDAR-Werte gering zwischen 70 und 0 (64 und 0). Die insgesamt geringen Individuenakkumulationsraten erreichen im gesamten Beprobungsabschnitt ein ausgeprägtes Maximum von 1.090 (682) um 10.060 J.v.h. Innerhalb von 1.560 Jahren wird das Maximum erreicht. Im Anschluß daran verringern sich die INDAR-Werte wieder und variieren von 9.720 bis 9.100 J.v.h. auf gleichbleibendem Niveau zwischen 461 und 585 (214 und 273).

Im Kern 23068 bestimmt von 18.370 bis 15.450 J.v.h. die 125  $\mu\text{m}$ -Fraktion das benthische Foraminiferenvorkommen. Ab 11.400 bis zur jüngsten Probe (200 J.v.h.) nimmt deren Anteil deutlich ab. Von 18.370 bis 16.530 J.v.h. erlangen die INDAR-Werte 14 bis 110 (13 bis 99). Zwischen 16.530 und 14.370 J.v.h. zeigen die Werte ein doppelgipfeliges Maximum von 940 (737) bei 15.240 J.v.h. und 1431 (865) bei 14.500 J.v.h. Ein weiteres, kleines Maximum mit 828 (365) wird bei 13.270 J.v.h. durch eine Probe belegt. Ab 12.380 J.v.h. unterschreiten bis zur jüngsten Probe die INDAR-Werte nicht mehr 450 (233). Sie erreichen bei 11.500 J.v.h. ein Maximum (von 1.180 (690) und bei 8.680 J.v.h. ein weiteres, leichtes Minimum von 454 (224). Von 7.500 J.v.h. an betragen die INDAR-Werte kontinuierlich über 1.000 (500), und deuten bei 200 J.v.h. ein jüngstes Maximum mit dem höchsten Wert von 1.896 (1.218) an.

Das benthische Foraminiferenvorkommen im Kern 23414 über den Zeitraum von 19.800 bis 560 J.v.h. ist bestimmt durch ein sehr konstantes Verhältnisses der 125  $\mu\text{m}$ -Fraktion zur Gesamtfraction. Es zeigt sich eine kontinuierliche Zunahme der INDAR-Werte von der ältesten Probe von 113 (85) bis zur jüngsten Probe von 360 (237). Diese Zunahme vollzieht sich mit sehr geringen Fluktuationen, welche keine besonders ausgeprägten Minima, bzw. Maxima zeigt. Bei 12.400 J.v.h. erreichen die Werte ein Maximum mit 184 (121). Zwischen 11.100 und 9.520 J.v.h. ist ein Minimum angedeutet mit

INDAR-Werten von 79 (44) und 84 (51). Bis 3.920 J.v.h. steigen die Werte bis auf 284 (198) an und bilden ein Maximum. Während der folgenden 2.230 Jahre bis 1.680 J.v.h. ist ein Rückgang der INDAR-Werte zu beobachten mit einem Minimum bei 2.800 J.v.h. mit 153 (95). 1.680 und 560 J.v.h. weisen die höchsten INDAR-Werte auf mit 317 bzw. 360 (249 bzw. 237).

#### 4.2 Die Fluktuation der Taphozöosen

Die Darstellung der Foraminiferenvergesellschaftungen erfolgt in zwei Abschnitten. Zunächst werden die jeweils sechs häufigsten Arten mit ihrem prozentualen Anteil an der gesamten benthischen Foraminiferenfauna und ihren Akkumulationsraten beschrieben. Die Prozentangaben in glazialen Horizonten zeigen dabei häufig Extremwerte, die sich durch geringe INDAR-Werte ergeben. Dies ist bei der Interpretation zu berücksichtigen. Im zweiten Teil werden weitere häufige Arten, ökologische Indikatorarten und Arten mit stratigraphisch relevantem oder sonstigen auffallendem Vorkommen gezeigt. In Tab. 3 sind die häufigsten Arten in alphabetischer Reihenfolge zusammengestellt.

**Tab. 3:** Alphabetische Auflistung der häufigsten benthischen Foraminiferenarten in den untersuchten Sedimentkernen.

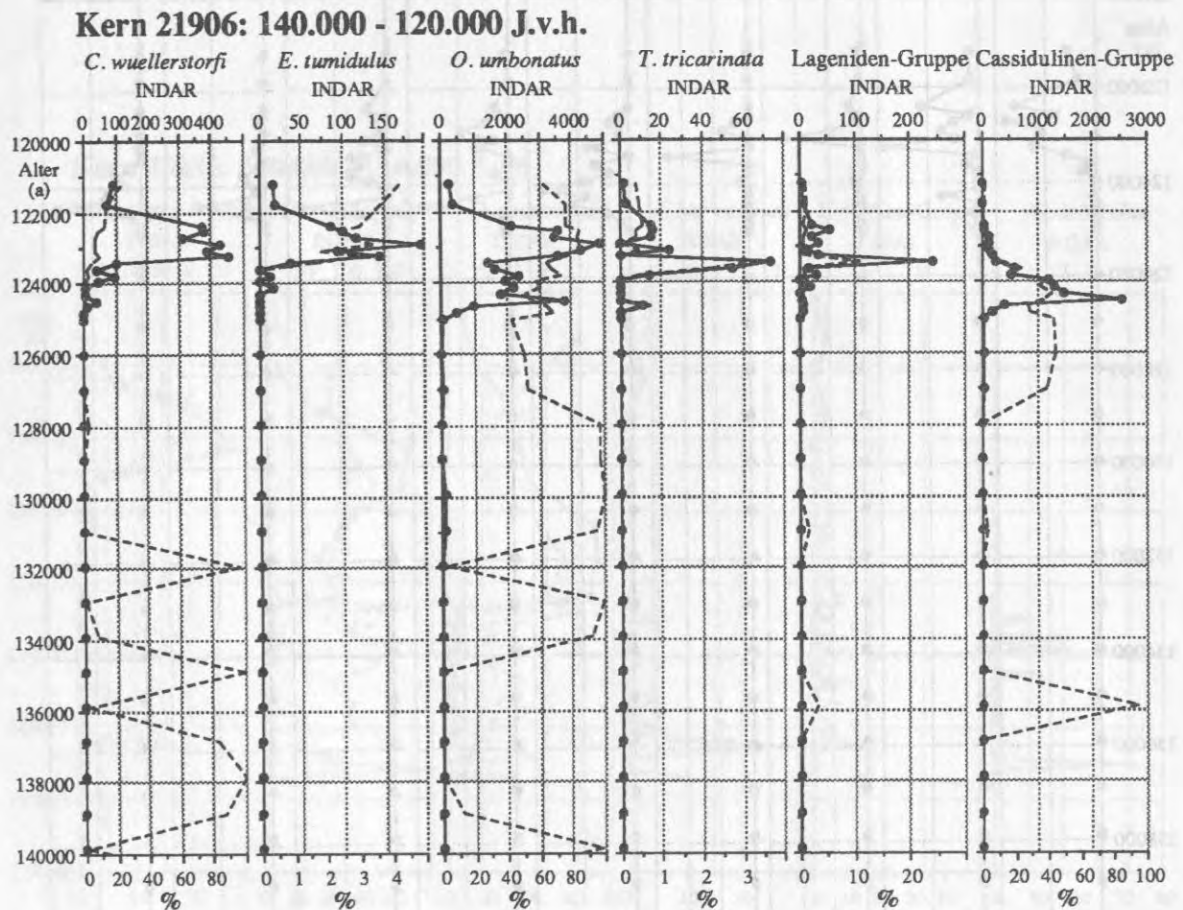
#### Die häufigsten Arten der benthischen Foraminiferen

<i>agglutinierte Röhren</i>	<i>Globocassidulina subglobosa</i>
<i>Bulimina marginata</i>	Gruppe der Cassidulinen
<i>Cassidulina reniforme</i>	Gruppe der Elphidien
<i>Cibicides lobatulus</i>	Gruppe der Lageniden
<i>Cibicidoides wuellerstorfi</i>	<i>Melonis barleeaanum</i>
<i>Cribrostomoides subglobosum</i>	<i>Oridorsalis umbonatus</i>
<i>Epistominella exigua</i>	<i>Pyrgo rotalaria</i>
<i>Eponides tumidulus</i>	<i>Triloculina tricarinata</i>

##### 4.2.1 Übergang Stadium 6 zu Stadium 5

Das Vorkommen der benthischen Foraminiferen in Kern 21906 ist charakterisiert durch eine etwa 3.000 Jahre dauernde Phase stark erhöhter INDAR-Werte (Abb. 12). *Oridorsalis umbonatus* erreicht dabei als häufigste Art bei 123.000 J.v.h. einen Spitzenwert von 4.950. Ihre Prozentanteile vari-

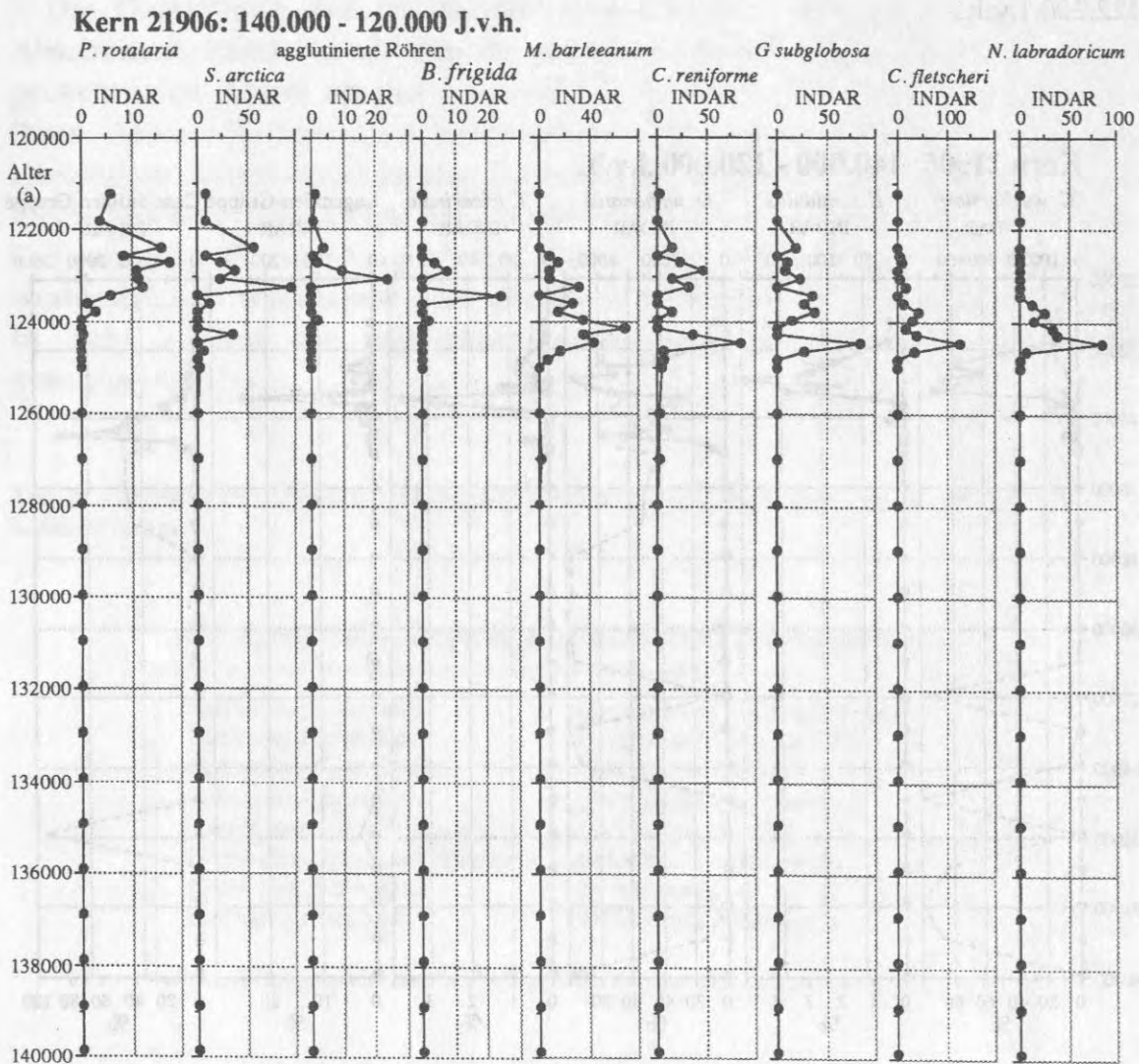
ieren in dieser Phase zwischen 45% und 85%. Die Cassidulinen-Gruppe bildet als zweithäufigste Faunengruppe ein markantes, ältestes Maximum bei 124.600 J.v.h. mit 2.630 und einem Prozentanteil von 40%. Der Bereich erhöhter INDAR-Werte wird zeitlich versetzt von verschiedenen Arten mit unterschiedlich ausgebildeten Maxima geprägt. *O. umbonatus* bildet gemeinsam mit der Cassidulinen-Gruppe das älteste Maximum. *Triloculina tricarinata* bildet gemeinsam mit der Lageniden-Gruppe bei 123.500 ein Maximum. *Cibicidoides wuellerstorfi*, *O. umbonatus* und *Eponides tumidulus* bilden gemeinsam ein jüngstes Maximalvorkommen von ca. 123.250 bis 122.200 J.v.h.



**Abb. 12:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 21906 zwischen 140.000 und 120.000 Jahren vor heute. Zusätzlich ist der entsprechende prozentuale Anteil dargestellt (----).

Die selteneren Arten zeigen ebenfalls ein zeitlich versetztes Auftreten ihrer INDAR-Maxima (Abb. 13). Ein älteres Maximum bei 124.500 J.v.h. wird hauptsächlich von *Cibicides fletscheri*, *Nonion labradoricum*, *Globo-*

*cassidulina subglobosa*, *Cassidulina reniforme* und *Melonis barleeaanum* aufgebaut. Der Bereich jüngerer Maxima zwischen 123.400 und 122.500 J.v.h. wird von der Gruppe der agglutinierten Röhren, *B. frigida*, *Stetsonia arctica* und *Pyrgo rotalaria* gebildet.

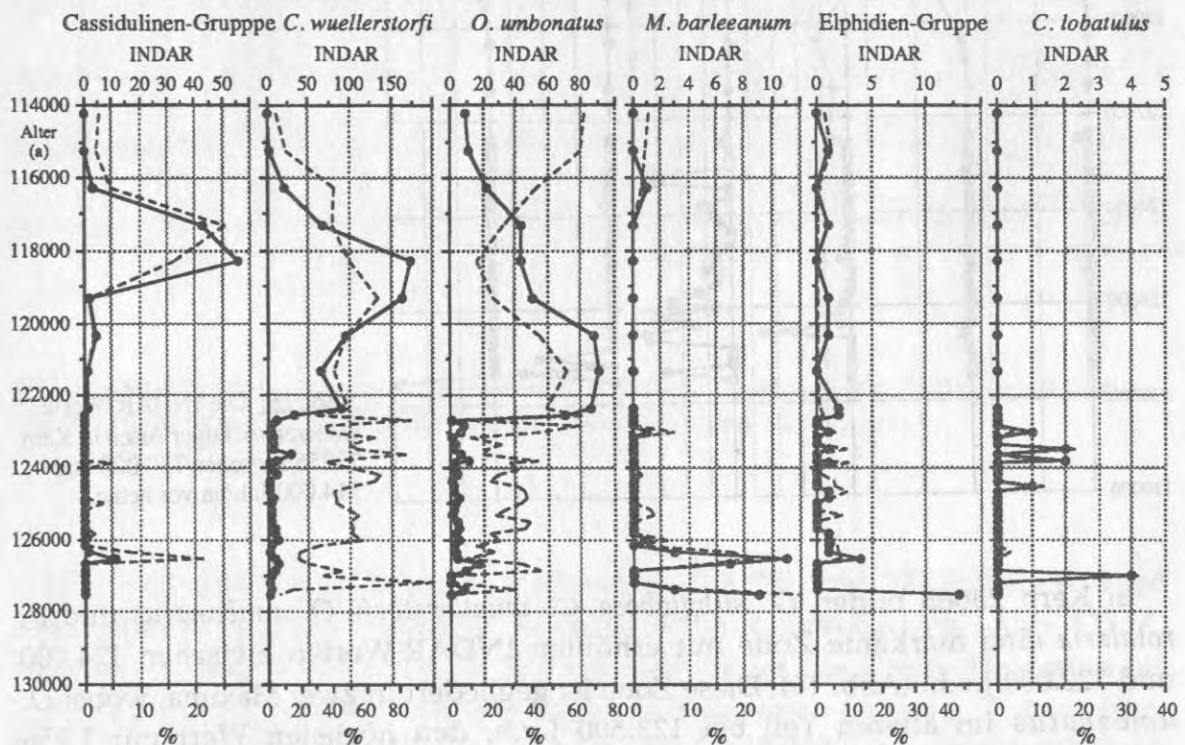


**Abb. 13:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 21906 zwischen 140.000 und 120.000 Jahren vor heute.



In Kern 23256 erreichen die INDAR benthischer Foraminiferen bei der Cassidulinen-Gruppe, *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus* erhöhte Werte von 122.500 bis 116.500 J.v.h. (Abb. 14). *C. wuellerstorfi* als häufigste Art erreicht ein Maximum bei 118.300 J.v.h. mit 147. Die Prozentanteile betragen zwischen 40% und 60%. Die Cassidulinen-Gruppe erreicht ebenfalls bei 118.300 J.v.h. ein Maximum mit INDAR 56 und 50%. *O. umbonatus* tritt in einem zeitlichen Abschnitt von 122.500 bis 119.400 J.v.h. mit einem Maximum bei 123.200 J.v.h. mit einem INDAR-Wert von 92 auf. Die Prozentanteile schwanken zwischen 30% und 50%. *M. barleeanum*, die Elphidien-Gruppe und *Cibicides lobatulus* erreichen mit geringen INDAR-Werten (11) einige geringe Vorkommen zwischen 127.600 und 123.000 J.v.h. Die Prozentwerte übersteigen nur bei *M. barleeanum* zwischen 127.600 und 126.500 J.v.h. 20%.

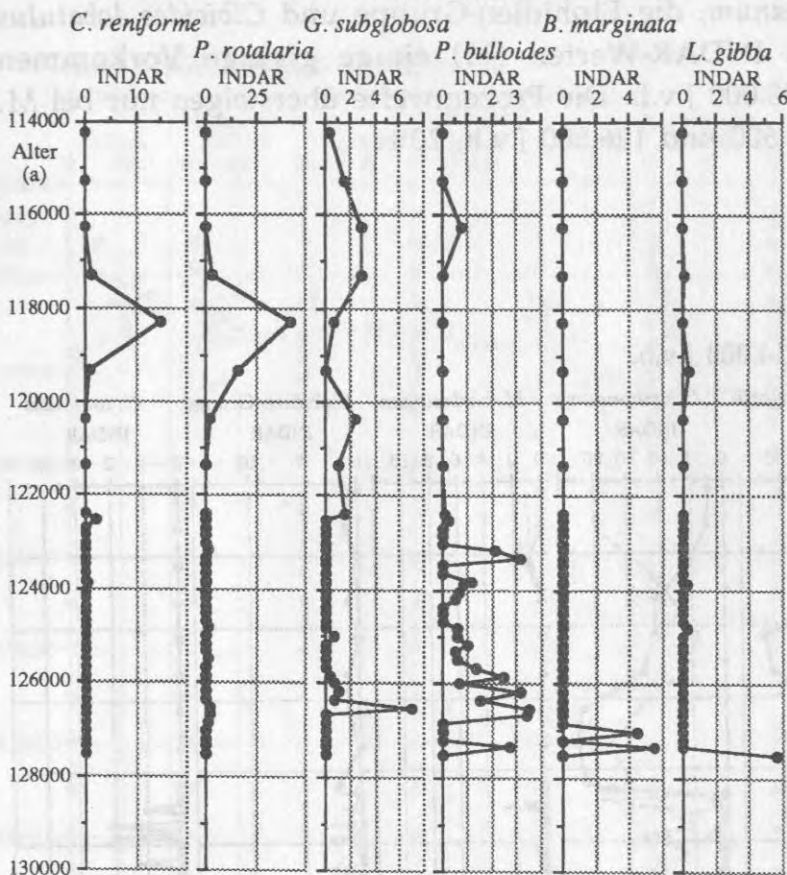
**Kern 23256: 130.000 - 114.000 J.v.h.**



**Abb. 14:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 23256 zwischen 130.000 und 114.000 Jahren vor heute. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (----).

Die selteneren Arten treten in zwei Bereichen mit erhöhten INDAR-Werte in Erscheinung (Abb. 15). Der älteren Abschnitt von 127.000 bis 123.000 J.v.h. ist charakterisiert von Maxima bei *G. subglobosa*, *Pullenia bulloides*, *Bulimina marginata* und *Lenticulina gibba*. Bei 18.300 J.v.h. bilden *C. reniforme* und *P. rotalaria* gemeinsam ein INDAR-Maximum mit 15, bzw. 41. *G. subglobosa* erreicht ebenfalls im jüngeren Kernabschnitt zwischen 117.200 und 116.000

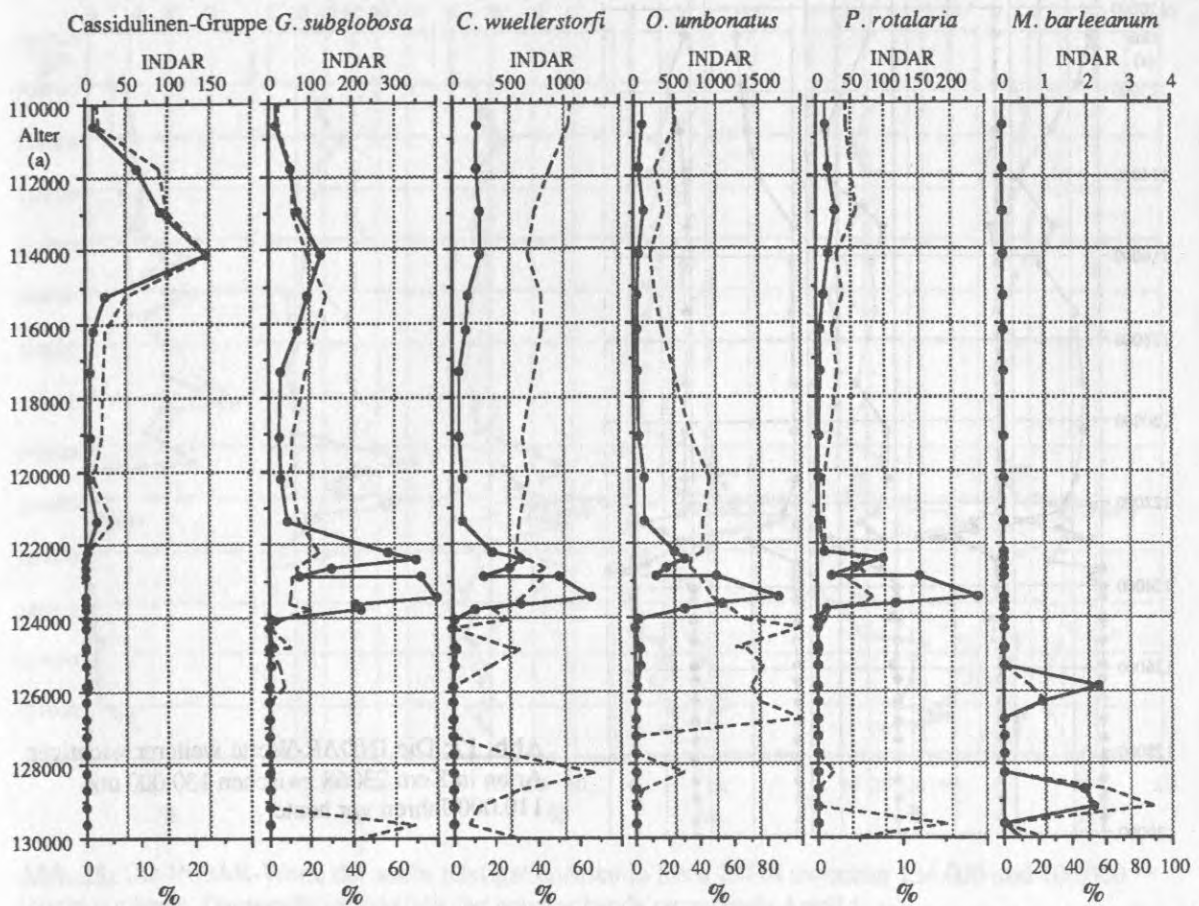
#### Kern 23256: 130.000 - 114.000 J.v.h.



**Abb. 15:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 23256 zwischen 130.000 und 114.000 Jahren vor heute.

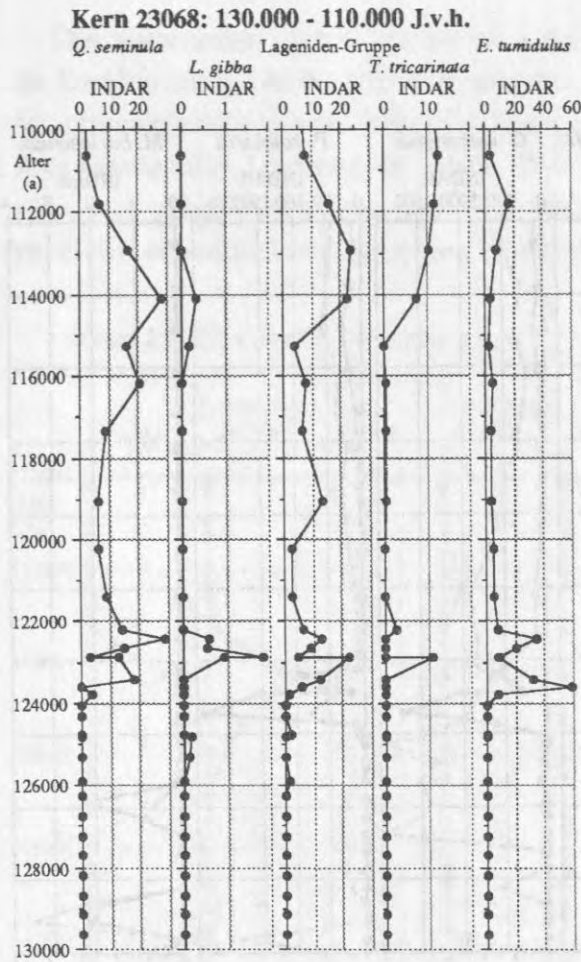
In Kern 23068 bilden *G. subglobosa*, *C. wuellerstorfi*, *O. umbonatus* und *P. rotalaria* eine markante Zone mit erhöhten INDAR-Werten zwischen 124.000 und 122.000 J.v.h. (Abb. 16). Diese Zone ist gegliedert in zwei Maxima, wobei *O. umbonatus* im älteren Teil bei 123.500 J.v.h. den höchsten Wert mit 1.256 erreicht. Ihr Prozentanteil beträgt etwa 40%, in glazialen Horizonten werden 80% - 100% erreicht. Dieses Maximum wird von den anderen drei Arten mit INDAR-Werten von 398 (*G. subglobosa*), 1.256 (*C. wuellerstorfi*) und 232 (*P. rotalaria*) nachvollzogen. *M. barleeanum* erreicht zwei Maxima 126.000 J.v.h. und 129.000 J.v.h. mit dem Wert 2,2. Die *Cassidulinen*-Gruppe bildet in einem ausgedehnten Bereich von 115.200 bis 110.750 J.v.h. ein Maximum mit 148 bei 114.100 J.v.h. aus.

**Kern 23068: 130.00 - 110.000 J.v.h.**



**Abb. 16:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 23068 zwischen 130.000 und 110.000 Jahren vor heute. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (----).

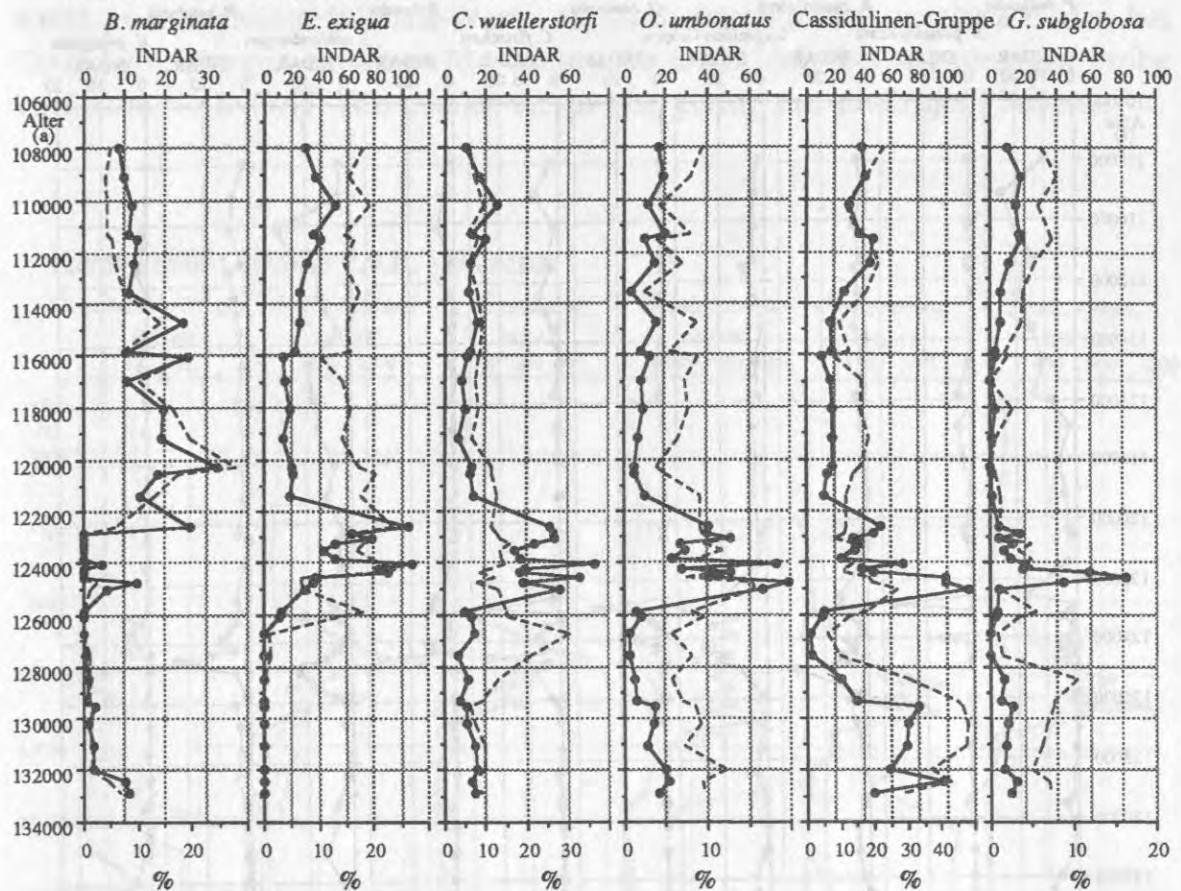
Das doppelgipfelige Maximum zwischen 123.500 und 122.000 J.v.h. wird von weiteren, weniger häufigen Arten ebenfalls nachvollzogen (Abb. 17). *E. tumidulus* erreicht mit 58 den Höchstwert und bildet das älteste Maximum bei 123.500 J.v.h. *Quinqueloculina seminula*, die Lageniden-Gruppe, *T. tricarinata* und *E. tumidulus* erreichen von ca. 116.000 - 111.000 J.v.h. leicht erhöhten INDAR-Werten auf.



**Abb. 17:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 23068 zwischen 130.000 und 110.000 Jahren vor heute.

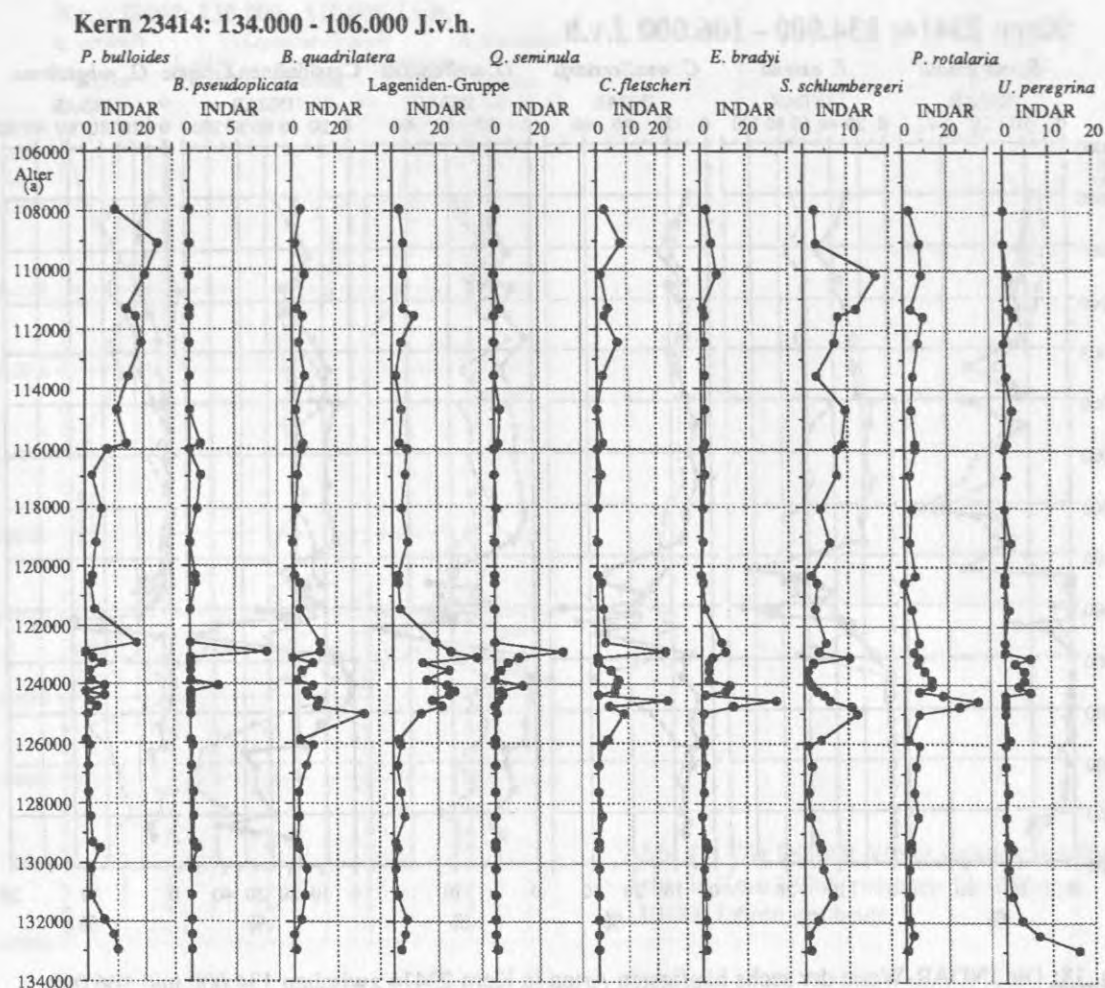
In Kern 23414 lassen sich die INDAR-Werte der benthischen Foraminiferen zwischen 133.000 und 108.000 J.v.h. in drei Bereiche gliedern (Abb. 18). von 133.000 bis 128.000 J.v.h. dominiert die Cassidulinen-Gruppe mit INDAR-Werten zwischen 70 und 80. Zwischen 126.000 und 122.000 J.v.h. besteht eine Zone mit mehreren Minima und Maxima, die von den meisten Arten aufgebaut wird und in denen die höchsten INDAR-Werte erreicht werden. Das älteste Maximum bei 124.700 J.v.h. bilden *G. subglobosa* mit 82 und 15%, die Cassidulinen-Gruppe mit 118 und 26% und *O. umbonatus* mit 79 und 16%. Das jüngste Maximum bei 123.000 J.v.h. bilden *B. marginata* mit 27 und 7%, *E. exigua* mit 107 und 23% und *C. wuellerstorfi* mit 52 und 12%. Im Vergleich mit den glazialen Horizonten verzeichnet *B. marginata* von 123.000 bis 108.000 J.v.h. deutlich höhere INDAR-Werte (zwischen 8 und 32) und Prozentanteile (zwischen 4 und 27%).

**Kern 23414: 134.000 - 106.000 J.v.h.**



**Abb. 18:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 23414 zwischen 134.000 und 106.000 Jahren vor heute. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (----).

Die drei charakteristischen Bereiche der INDAR-Werte sind bei den weniger häufigen Arten nicht sehr deutlich ausgeprägt (Abb. 19). *Sigmoilopsis schlumbergeri* und *Uvigerina peregrina* erreichen zwischen 133.000 und 128.000 J.v.h. erhöhte Werte (16 und 6). Die Zone mit mehreren INDAR-Maxima zwischen 126.000 und 122.000 J.v.h. wird von allen abgebildeten Arten mit unterschiedlichen Intensitäten nachvollzogen. Das ältere Maximum bei 124.700 J.v.h. bilden *P. rotalaria* (33), *S. schlumbergeri* (13), *eggerella bradyi* (34), *C. fletscheri* (24) und *Bolivinita quadrilatera* (32). Das jüngere Maximum bei 123.000 J.v.h. bilden *S. schlumbergeri* (11), *C. fletscheri* (23), *Q. seminula* (31), die Lageniden-Gruppe (38), *Bolivina pseudoplicata* (9) und *P. bulloides* (17). In dem jüngsten Abschnitt (118.000 bis 108.000 J.v.h.) erreichen *S. schlumbergeri*, *P. rotalaria* und *P. bulloides* erhöhte INDAR-Werte zwischen 4 und 26.

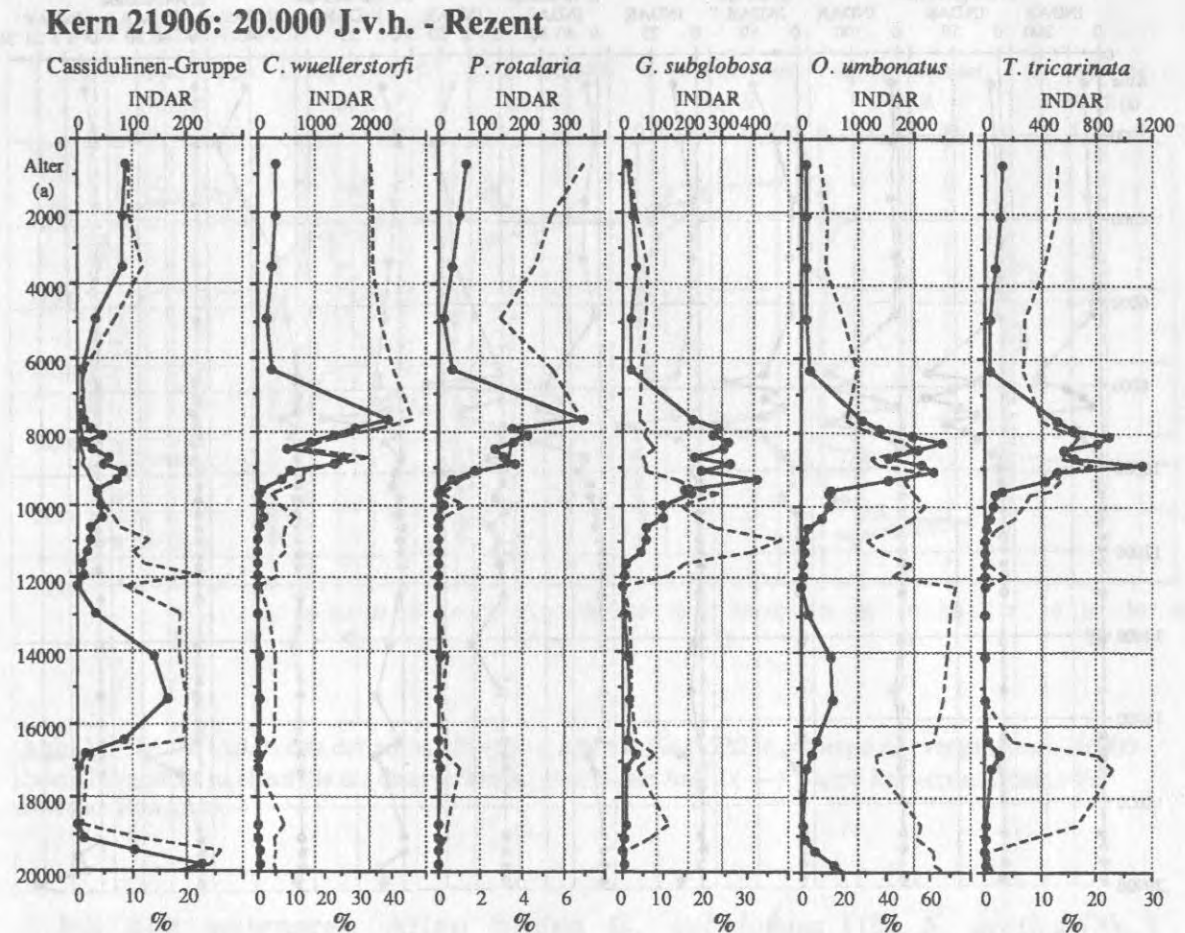


**Abb. 19:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 23414 zwischen 134.000 und 106.000 Jahren vor heute.

#### 4.2.2 Übergang Stadium 2 zu Stadium 1

In Kern 21906 sind die letzten 20.000 Jahre in den INDAR-Werten der benthischen Foraminiferen durch drei Zonen mit Maxima charakterisiert (Abb. 20). Zwischen 19.000 und 20.000 J.v.h. erreichen die Cassidulinen-Gruppe 220 und einen Prozentanteil 26% und *O. umbonatus* 610 und 62%. Bei 16.800 J.v.h. erreicht *T. tricarinata* ein zeitlich lokales Maximum ihres prozentualen Anteils mit 24%. Ein zweites Maximum wird ebenfalls von Cassidulinen-Gruppe (153, 19%) und *O. umbonatus* (512, 68%) zwischen 14.000 und 16.000 J.v.h. gebildet. Ab ca. 11.000 J.v.h. ist ein allmählicher Zuwachs der INDAR dieser Gruppen und zusätzlich von *G. subglobosa* zu verzeichnen. Der folgende Bereich erhöhter INDAR-Werte ist in mehrere Zwischenmaxima gegliedert und wird zeitlich versetzt von verschiedenen Arten gebildet, wobei *C. wuellerstorfi* mit 2.398 (46%) bei 7.720 J.v.h. und *O. umbonatus* mit 2.443 (51%) Spitzenwerte erreichen. *T. tricarinata*, *G. subglobosa*, *O. umbonatus* und

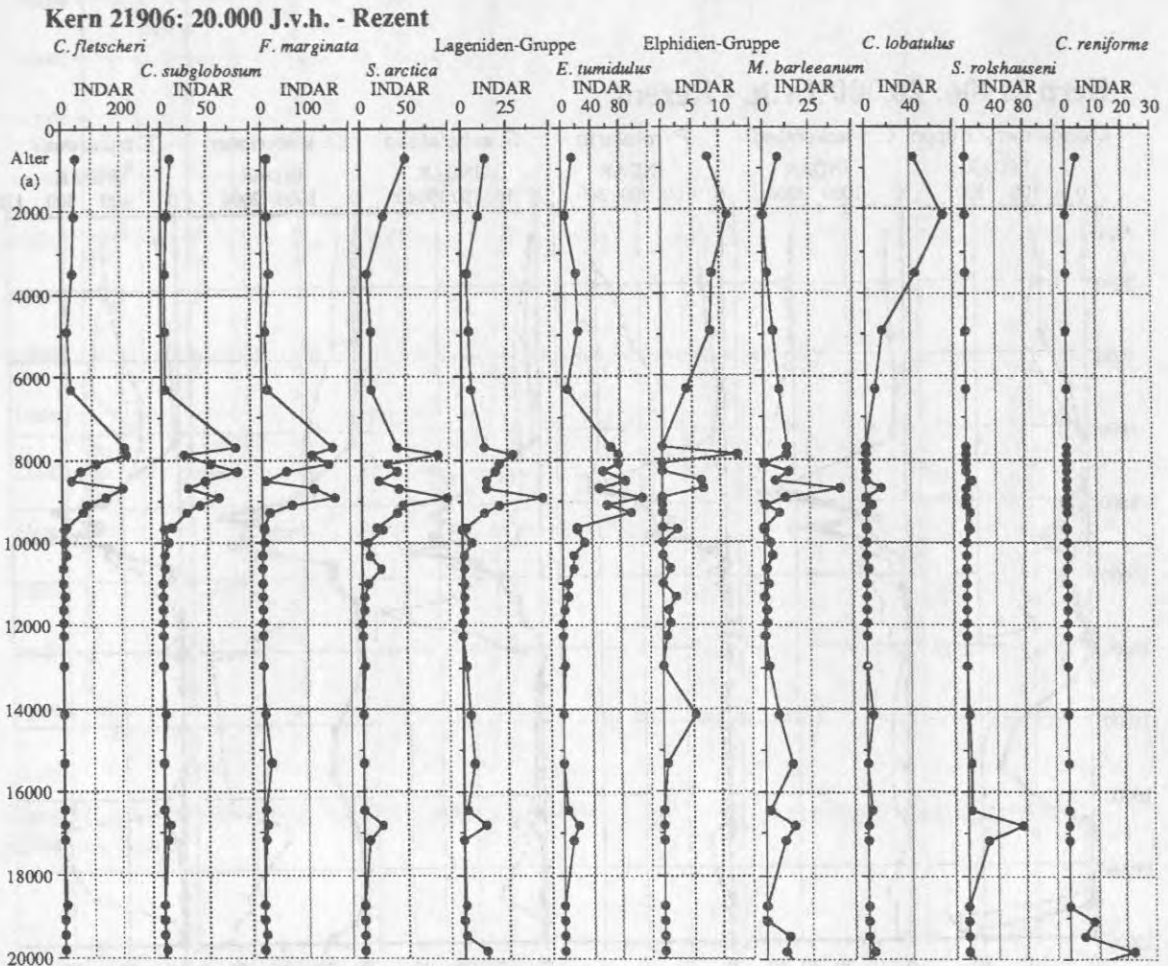
die Cassidulinen-Gruppe erreichen überwiegend im älteren Bereich (9.800 - 8.600 J.v.h.) erhöhte INDAR-Werte. *C. wuellerstorfi* und *P. rotalaria* bilden bei 7.900 J.v.h. ein gemeinsames Maximum. Ab 6.300 J.v.h. bis zur jüngsten Probe variieren die INDAR-Werte aller Arten nur gering auf niedrigem Niveau.



**Abb. 20:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 21906 während der vergangenen 20.000 Jahre. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (----).

Die drei Bereiche mit erhöhten INDAR-Werten werden von weiteren, weniger häufigen Arten ebenfalls nachgezeichnet (Abb. 21). Einige kleinere Maxima erreichen *C. reniforme* (23) bei 19.800 J.v.h., *Siphotextularia rolshauseni* (76) bei 15.000 J.v.h., die Elphidien-Gruppe bei 14.000 und 2.000 J.v.h. (5, 12) und *C. lobatulus* (74) bei 2.000 J.v.h. Die Zone erhöhter INDAR mit wechselnden Maxima zwischen 9.500 und 7.500 J.v.h. wird von *M.*

*barleeanum* (max. 27), der Elphidien-Gruppe (max. 14), *E. tumidulus* (max. 106), der Lageniden-Gruppe (max. 46), *S. arctica* (max. 98), *Fissurina marginata* (max. 153), *Cribrostomoides subglobosum* (max. 161) und *C. fletscheri* (max. 211) gebildet.



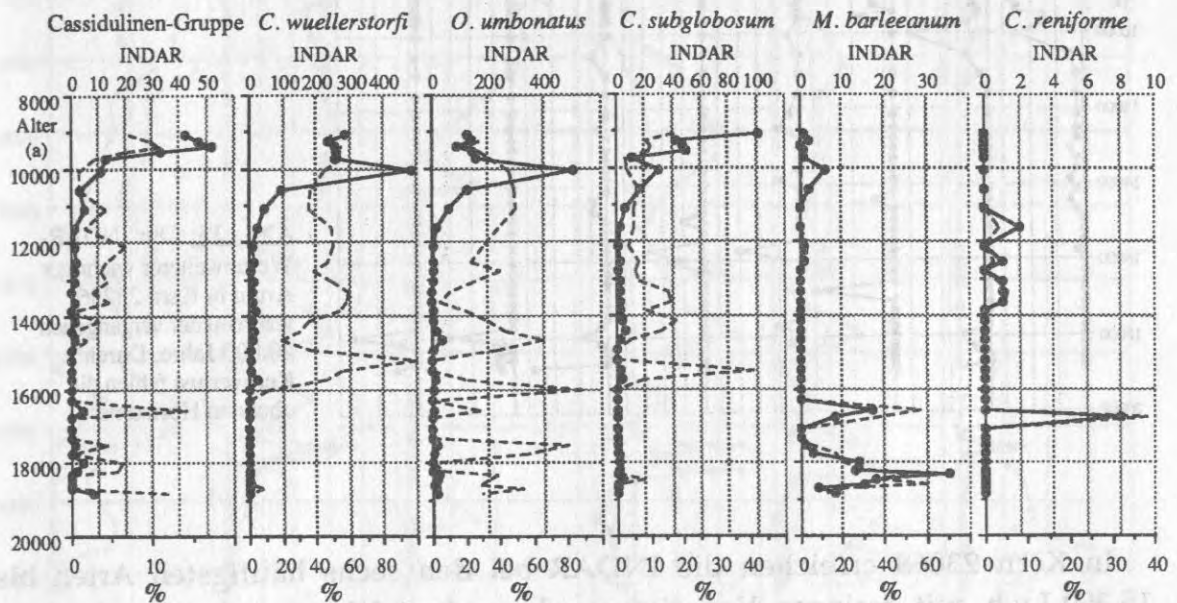
**Abb. 21:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 21906 während der vergangenen 20.000 Jahre.

In Kern 23256 bilden die INDAR-Werte der sechs häufigen Arten im Zeitraum von 20.000 bis 8.000 J.v.h. drei markante Maxima aus (Abb. 22). 18.300 J.v.h. erreicht *M. barleeanum* einen Höchstwert (35, 52%) und gemeinsam mit *C. reniforme* (8, 38%) einen zweiten bei 16.600 J.v.h. mit 18 und 58%. *C. reniforme* bildet einige kleinere Maxima zwischen 13.900 und 11.200 J.v.h. mit Höchstwerten von 2 (5%). Ab 11.600 J.v.h. beginnt ein Bereich mit generell erhöhten INDAR-Werten, die zunächst allmählich ansteigen und zeitlich versetzt von Maxima verschiedener Arten gebildet werden. *C. wuellerstorfi* (487, 88%), *O. umbonatus* (498, 42%), *C. subglobosum* (29, 4%) und *M. barleeanum* (6, 1%) bilden das älteste Maximum bei 10.100 J.v.h. Ein



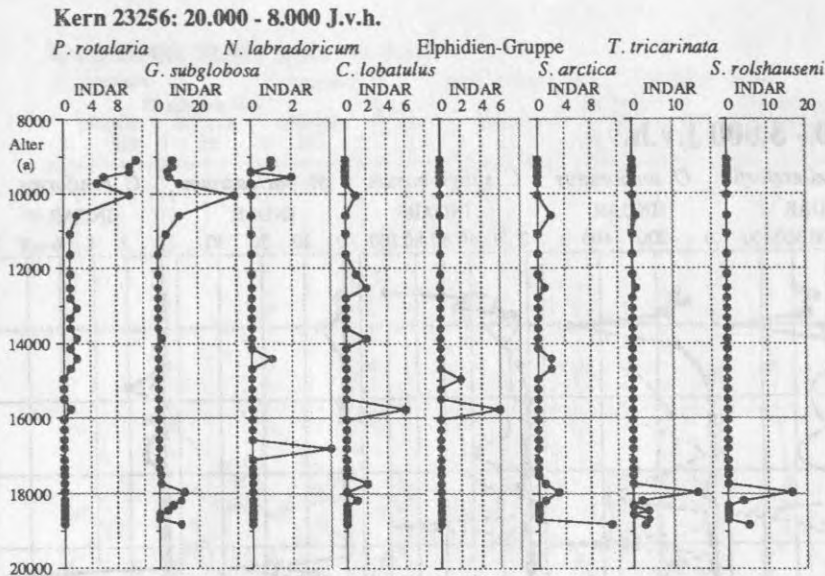
jüngeres Maximum bei 9.400 J.v.h. wird von der Cassidulinen-Gruppe (52, 11%) und *C. subglobosum* (50, 10%) gebildet. Die jüngste Probe bei 9.100 J.v.h. zeigt bei der Cassidulinen-Gruppe (42, 7), *C. wuellerstorfi* (294, 49%), *O. umbonatus* (147, 19%) und *C. subglobosum* (104, 16%) erhöhte INDAR-Werte.

**Kern 23256: 20.000 - 8.000 J.v.h.**



**Abb. 22:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 23256 während der vergangenen 20.000 Jahre. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (---). Durch Kernverlust fehlen die obersten Horizonte.

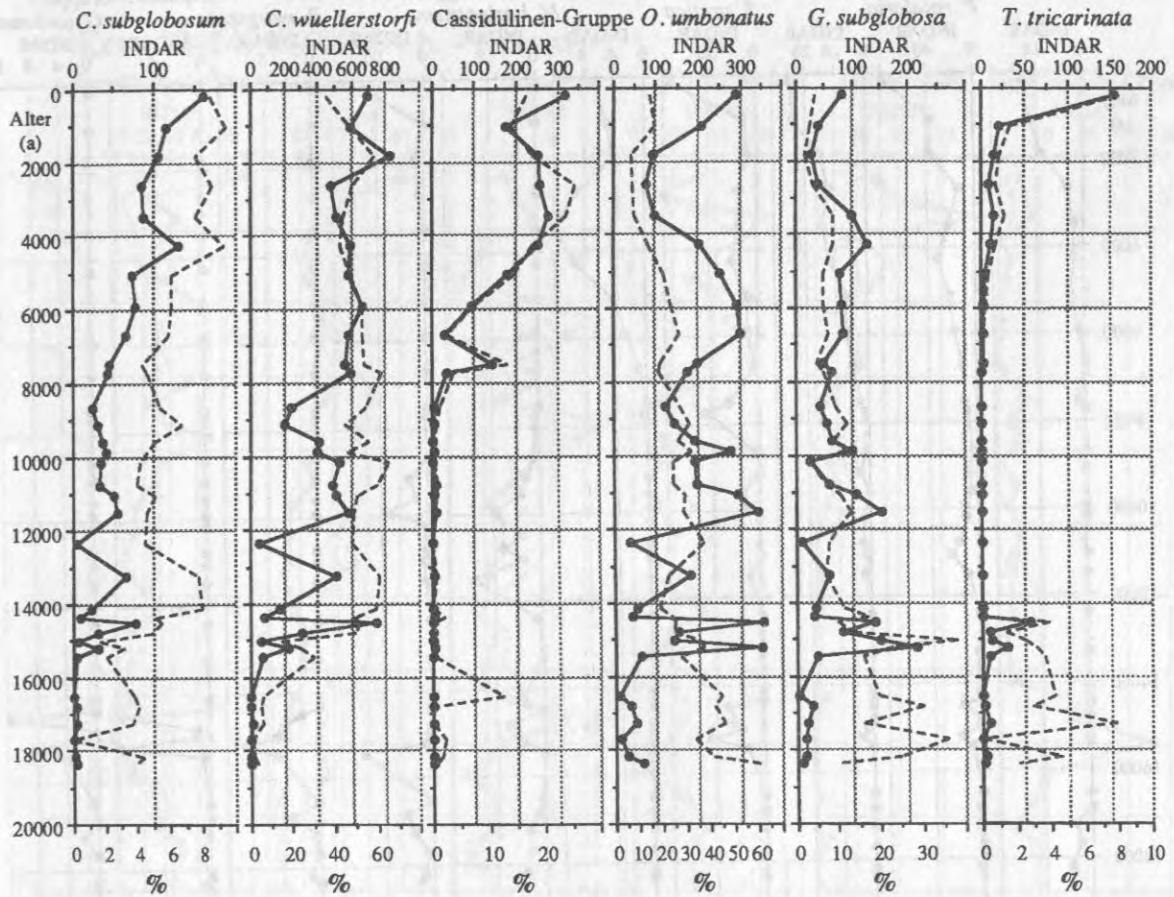
Bei den selteneren Arten bilden *G. subglobosa* (15), *S. arctica* (3), *T. tricarinata* (17) und *S. rolshauseni* (17) bei 18.000 J.v.h. ein gemeinsames Maximum (Abb. 23). Die INDAR-Werte von *P. rotalaria* und *G. subglobosa* steigen ab 11.000 J.v.h. allmählich an und erreichen bei 10.100 J.v.h. ein erstes Maximum (9, 39). Dieses wird zeitgleich von *C. lobatulus* (1) nachgezeichnet. Die jüngste Probe bei 9.100 J.v.h. zeigt bei *P. rotalaria* (9) und *N. labradoricum* (1) erhöhte INDAR-Werte.



**Abb. 23:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 23256 während der vergangenen 20.000 Jahre. Durch Kernverlust fehlen die obersten Horizonte.

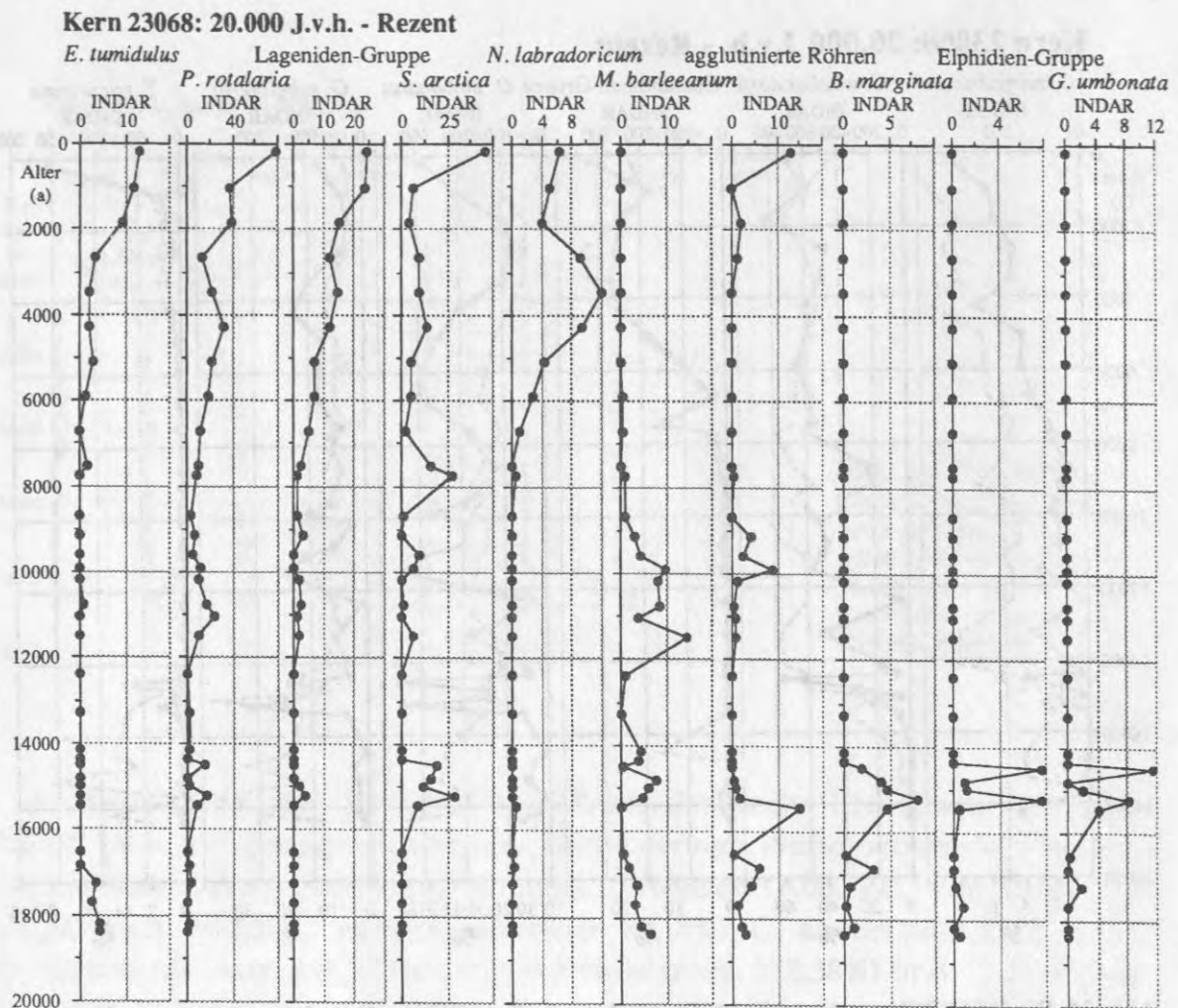
In Kern 23068 erreichen die INDAR bei den sechs häufigsten Arten bis 15.300 J.v.h. mit geringen Variationen sehr geringe Werte, wobei die Prozentanteile hohe Werte und Schwankungen aufweisen (Abb. 24). Von 15.300 bis 14.200 J.v.h. bilden *C. subglobosum* (max. 83, 8%), *C. wuellerstorfi* (772, 51%), *O. umbonatus* (max. 403, 37%), *G. subglobosa* (max. 218, 38%) und *T. tricarinata* (max. 66,4%) ein doppelgipfeliges Maximum aus. Zwischen 12.300 und 8.600 J.v.h. wird von *C. subglobosum* (max. 58, 5%), *C. wuellerstorfi* (max. 594, 50%), *O. umbonatus* (max. 342, 29%) und *G. subglobosa* (max. 151, 13%) ein weiteres doppelgipfeliges Maximum gebildet. Zwischen 8.000 und 4.000 J.v.h. zeigen *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus* eine Phase erhöhter INDAR-Werte (ca. 600 und 50%, ca. 300 und 25%). Von 4.000 bis 2.000 J.v.h. zeigt die Cassidulinen-Gruppe einen Bereich erhöhter INDAR-Werte (ca. 270 und 30%). Bis zur jüngsten Probe (200 J.v.h.) steigen bei allen sechs Arten die INDAR leicht an.

**Kern 23068: 20.000 J.v.h. - Rezent**



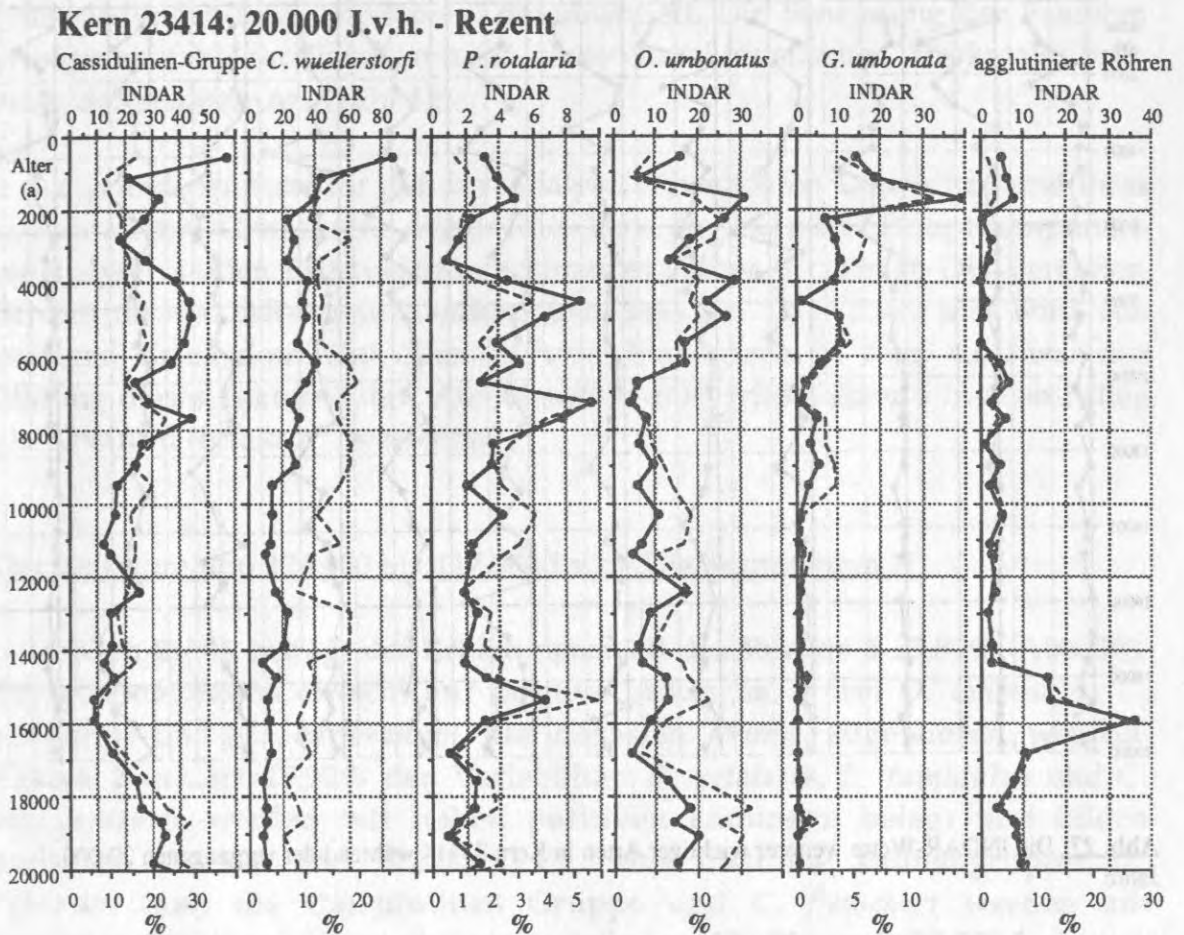
**Abb. 24:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 23068 während der vergangenen 20.000 Jahre. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (----).

Die Variation der INDAR bei den seltenen Arten deutet ebenfalls drei Bereiche erhöhter Werte an. Ein doppelgipfeliges Maximum ist bei *S. arctica* (max. 27), der Elphidien-Gruppe (6) und *G. umbonata* (11) zu beobachten (Abb. 25). *B. marginata* (8) und die Gruppe der agglutinierenden Röhren (16) bilden dabei nur das ältere Maximum bei 15.100 J.v.h. nach. *M. barleeaanum* erreicht zwischen 12.000 und 9.000 J.v.h. erhöhte INDAR-Werte (max. 15 bei 11.550 J.v.h.). Die Gruppe der agglutinierenden Röhren zeigt ein kleines Maximum bei 9.900 J.v.h. (8). Bei 7.800 J.v.h. bildet *S. arctica* (26) ein weiteres Maximum. *N. labradoricum* zeigt eine Phase erhöhter INDAR zwischen 4.200 und 1.900 J.v.h. (max. 10 bei 3.600 J.v.h.). Bis zur jüngsten Probe (200 J.v.h.) steigen bei allen sechs Arten die INDAR leicht an.



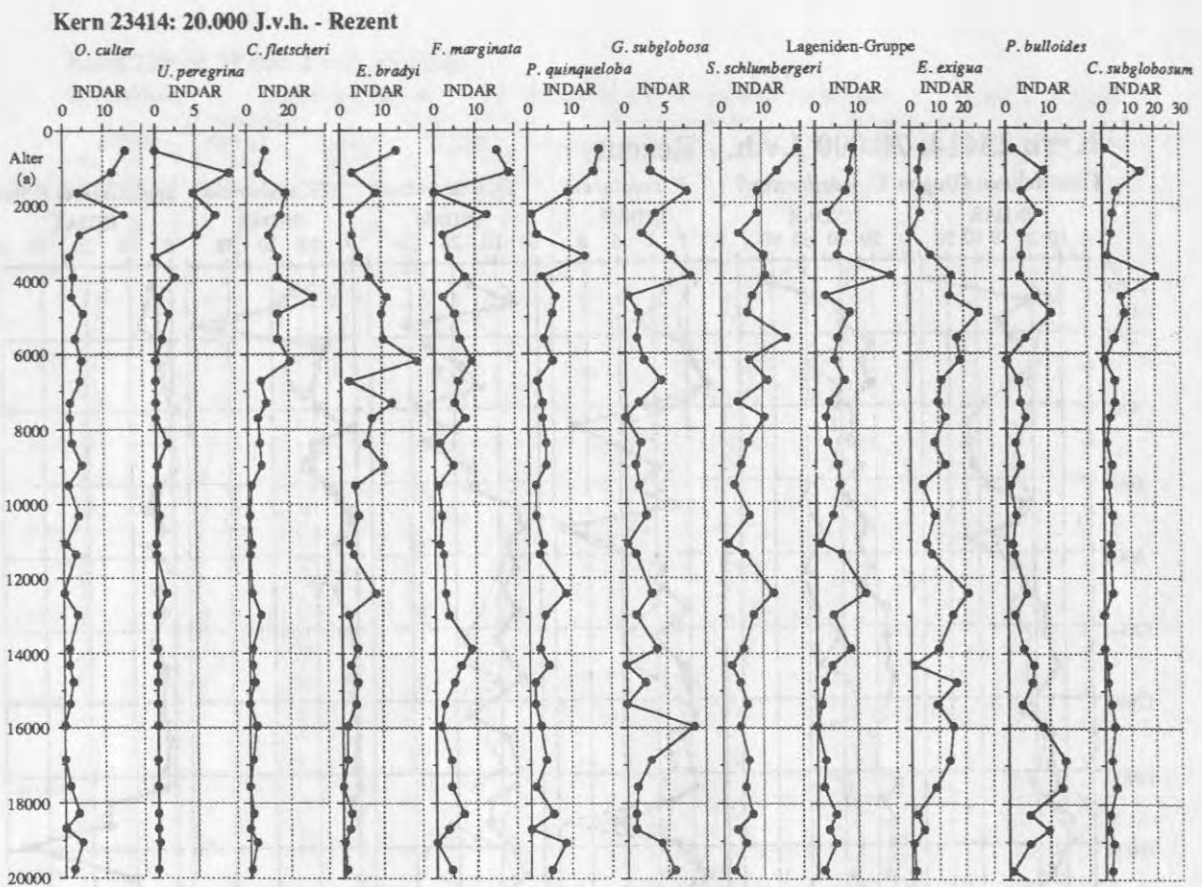
**Abb. 25:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 23068 während der vergangenen 20.000 Jahre.

In Kern 23414 sind die Cassidulinen-Gruppe, *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus* die häufigsten Arten während der vergangenen 20.000 Jahre (Abb. 26). Sie kommen durchgehend mit INDAR-Werten von 20-30 vor und zeigen eine geringe Variation. Die Prozentanteile variieren ebenfalls gering (Cassidulinen-Gruppe 15-20%, *C. wuellerstorfi* 10-20%, *O. umbonatus* 5-15%). Ab 10.000 J.v.h. ist eine generelle Zunahme der INDAR zu beobachten. Die Gruppe der agglutinierten Röhren bildet ein ausgeprägtes Maximum zwischen 18.000 und 14.000 J.v.h. mit einem Höchstwert von 35 (25%). *P. rotalaria* zeigt ebenfalls ein ausgeprägtes Maximum bei 15.300 J.v.h. mit 6,5 (6%). *G. umbonata* erreicht ein Maximum um 1.800 J.v.h. mit 38 (13%).



**Abb. 26:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 23414 während der vergangenen 20.000 Jahre. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (----).

Sämtliche weiteren wichtigen Arten kommen fast ausschließlich durchgehend mit geringen INDAR-Werten (5-10) und wenig ausgeprägter Fluktuation während der letzten 20.000 Jahre vor (Abb. 27). Prägnante Maxima sind nicht zu beobachten. *P. bulloides* erreicht zwischen 18.000 und 16.000 J.v.h. erhöhte INDAR mit maximal 14. Um 4.000 J.v.h. bilden *G. subglobosum* (7), die Lageniden-Gruppe (19) und *C. subglobosum* (21) ein kleines gemeinsames Maximum.



**Abb. 27:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 23414 während der vergangenen 20.000 Jahre.

#### 4.3 Multivariate Analyse der INDAR-Datensätze und Definition der Artengruppierungen

Die INDAR-Datensätze stellen ein multivariates Problem dar, das eine zeitliche, eine räumliche und zahlreiche variablenspezifische Dimensionen beinhaltet. Die spezifischen Eigenschaften von Arten- und Artgruppen in ihrer zeitlichen und räumlichen Entwicklung können mit multivariater Analytik erfaßt und auf wenige beschreibende Merkmale reduziert werden. Wie bei anderen statistisch-mathematischen Methoden kann damit allerdings keinesfalls eine, z.B. ökologische Analyse der Daten oder gar eine Interpretation "errechnet" werden. Auf der Basis des Eingabedatensatzes erlaubt ihre Wertung die Gruppierung von Variablen, die sich durch gemeinsame Merkmale auszeichnen. Dies erleichtert eine Interpretation, wobei die charakteristischen Merkmale allerdings wiederum nur durch Betrachtung der Eingangsvariablen (hier: Arten) gewertet werden können. Die Untersuchun-

gen von DETTMER (1993) zeigen, daß die angestrebte Gruppierung der Variablen trotz verschiedener von ihm angewandter Verfahren (Cluster-Analysen) im wesentlichen erhalten bleibt und als solche eine gesicherte Interpretationsgrundlage darstellt. Im Anhang 7 und 8 sind die hier errechneten Faktorladungen und "site-scores" dokumentiert. Die Benennung der Faktoren erfolgte rein beschreibend anhand eines charakteristischen Merkmals, bzw. einer dominanten Art (Tab. 4).

Aufgrund der Struktur der zur Analyse verwendeten Datensätze und ihres quantitativen Charakters ergab die hier angewandte Hauptkomponentenanalyse in allen Fällen einen dominanten Faktor (Faktor 1). Die Veränderlichkeit der INDAR-Werte (Gesamtfaua, Fraktion 125 - 2.000  $\mu\text{m}$ ) wird von wenigen Arten dominant quantitativ nachvollzogen (s. Kap. 4.0), was zur Bildung dieses Faktors führt. Aus diesem Grund wird **Faktor 1** in allen Fällen als "**Quantitativfaktor**" bezeichnet.

#### Der Zeitraum von 125.400 bis 117.000 J.v.h.: Die Termination II

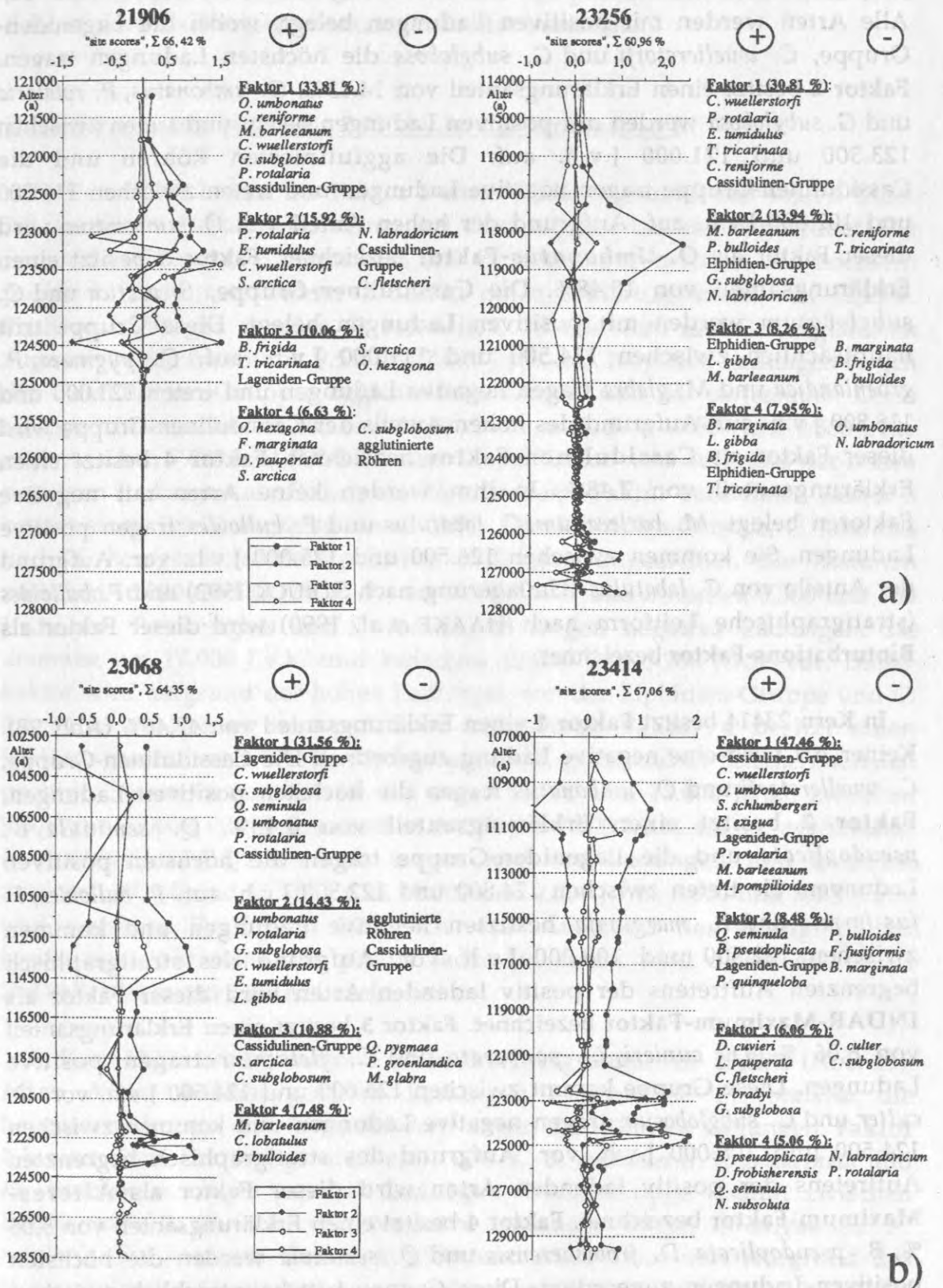
In Kern 21906 beträgt der Erklärungsanteil des **Faktors 1** 33,81% (Abb. 28). Die gesamte Fauna erreicht nur positive Ladungen, wobei *O. umbonatus*, *C. reniforme* und *M. barleeanum* die höchsten Werte zugewiesen werden. **Faktor 2** erklärt 15,92% der Variabilität. *P. rotalaria*, *E. tumidulus* und *C. wuellerstorfi* werden mit hohen positiven Ladungen belegt und bilden zwischen 123.500 und 122.000 J.v.h. eine distinkte Faunengruppe. *N. labradoricum*, die Cassidulinen Gruppe und *C. fletscheri* werden mit negativen Ladungen belegt und treten zwischen 124.800 und 123.500 J.v.h. auf. Dieser Faktor wird aufgrund der hohen positiven Ladungen von *P. rotalaria* und *C. wuellerstorfi* als **Rotalaria-Wuellerstorfi-Faktor** bezeichnet. **Faktor 3** besitzt einen Erklärungsanteil von 10,06%. *B. frigida*, *T. tricarinata* und die Lageniden-Gruppe werden mit hohen positiven Ladungen belegt. Sie treten zwischen 124.000 und 123.300 J.v.h. auf. *S. arctica* und *O. hexagona* tragen negative Ladungen und haben zwei Vorkommen, 124.800 und 124.000 und zwischen 123.300 und 122.500 J.v.h. Dieser Faktor wird als **Infauna-Faktor** bezeichnet. *B. frigida* ist als Infauna-Art bekannt (MURRAY 1991). *T. tricarinata* wird von ALTENBACH (1992) als *t*-ubiquitär (*sensu* LINKE und LUTZE 1992) ausgewiesen. **Faktor 4** besitzt nur noch einen Erklärungsanteil von 6,63%. Er gruppiert mit positiven Ladungen *O. hexagona*, *F. marginata*, *D. pauperata* und *S. arctica*. *C. subglobosum* und die Gruppe der agglutinierten Röhren erhalten negative Ladungen. Die hohen negativen Ladungen dieser Arten implizieren die Bezeichnung **agglutinierender Faktor**.

In Kern 23256 besitzt **Faktor 1** einen Erklärungsanteil von 30,81% (Abb. 28). Sämtliche Taxa wurden mit positiven Ladungen belegt, wobei *C. wuellerstorfi*, *P. rotalaria* und *E. tumidulus* am höchsten laden. **Faktor 2** besitzt einen Erklärungsanteil von 13,94%. *M. barleeanum*, *P. bulloides* und die Elphidien-Gruppe werden positive Ladungen zugeordnet. Dieser Gruppe tritt vor allem zwischen 127.500 und 126.500 J.v.h. in Erscheinung. *C. reniforme* und *T. tricarinata* werden mit negative Ladungen belegt und treten nur um 118.250 J.v.h. auf. Die Artgruppierung läßt keine eindeutige Interpretation dieses Faktors zu. Die Anteile der Elphidien-Gruppe und *C. reniforme* lassen Umlagerung vermuten (STRUCK 1992). In Verbindung mit dem ebenfalls hohen Anteil der stratigraphischen Leitform *P. bulloides* (HAAKE et al. 1990) wird dieser Faktor aber als **Bioturbations-Faktor** bezeichnet. **Faktor 3** besitzt einen Erklärungsanteil von 8,26%. Die Elphidien-Gruppe, *L. gibba* und *M. barleeanum* werden mit positiven Ladungen belegt und treten nur um 127.000 J.v.h. auf. *B. marginata*, *B. frigida* und *P. bulloides* erhalten negative Ladungen. Diese Gruppe kommt zwischen 127.500 und 126.000 J.v.h. vor. Dieser Faktor wird aufgrund des hohen Anteils der Elphidien-Gruppe als **Umlagerungs-Faktor** bezeichnet. **Faktor 4** mit 7,95% Erklärungsanteil belegt *B. marginata*, *L. gibba* und *B. frigida* mit positiven Ladungen, Diese Gruppe tritt nur um 118.250 J.v.h. auf. Negative Ladungen besitzen *O. umbonatus* und *N. labradoricum*. Sie treten vor allem zwischen 122.500 und 119.000 J.v.h. und zwischen 118.00 und 114.000 J.v.h. auf. Dieser Faktor wird aufgrund der hohen Anteile von *B. marginata* (MURRAY 1991) und *O. umbonatus* als **Infauna-Faktor** bezeichnet. *O. umbonatus* wird als infaunal und *t*-ubiquitär beschrieben (ALTENBACH 1992).

**Tab. 4:** Zusammenstellung der Faktorendefinitionen.

Definitionen der Faktoren				
Kern Nr.	21906	23256	23068	23414
<b>Termination I</b>				
Faktor 1	Quantitativfaktor	Quantitativfaktor	Quantitativfaktor	Quantitativfaktor
Faktor 2	<i>Rotalaria-wuellerstorfi</i> -Faktor	Bioturbations-Faktor	<i>O. umbonatus</i> -Faktor	INDAR-Maximum-Faktor
Faktor 3	Infauna-Faktor	Umlagerungs-Faktor	<i>Cassidulinen</i> -Faktor	Älteres-Maximum-Faktor
Faktor 4	Agglutinierender-Faktor	Infauna-Faktor	Bioturbations-Faktor	Jüngeres-Maximum-Faktor
<b>Termination II</b>				
Faktor 1	Quantitativfaktor	Quantitativfaktor	Quantitativfaktor	Quantitativfaktor
Faktor 2	<i>Rotalaria-wuellerstorfi</i> -Faktor	<i>Rolshauseni</i> -Faktor	<i>Cassidulinen</i> -Faktor	Infauna-Faktor
Faktor 3	Umlagerungs-Faktor	<i>Reniforme</i> -Faktor	Agglutinierender-Faktor	Umlagerungs-Faktor
Faktor 4	INDAR-Maximum-Faktor	Umlagerungs-Faktor	Umlagerungs-Faktor	Agglutinierender-Faktor





**Abb. 28:** "Site-scores" der einzelnen Proben über den Verlauf der Termination II, Kerne 21906 und 23256 (a) und Kerne 23068 und 23414 (b). Dargestellt sind die ersten vier Faktoren, die den Großteil der Proben erklären (siehe Summe der Prozentanteile). Die Tabellen listen die Variablen entsprechend ihren positiven/negative Ladungen ab-, bzw. aufsteigend auf.

In Kern 23068 besitzt **Faktor 1** einen Erklärungsanteil von 31,56% (Abb. 28). Alle Arten werden mit positiven Ladungen belegt, wobei die Lageniden-Gruppe, *C. wuellerstorfi* und *G. subglobosa* die höchsten Ladungen tragen. **Faktor 2** besitzt einen Erklärungsanteil von 14,43%. *O. umbonatus*, *P. rotalaria* und *G. subglobosa* werden mit positiven Ladungen belegt und treten zwischen 123.300 und 121.000 J.v.h. auf. Die agglutinierten Röhren und die Cassidulinen-Gruppe tragen negative Ladungen und treten zwischen 114.500 und 102.500 J.v.h. auf. Aufgrund der hohen Anteil von *O. umbonatus* wird dieser Faktor als **O.-Umbonatus-Faktor** bezeichnet. **Faktor 3** besitzt einen Erklärungsanteil von 10,48%. Die Cassidulinen-Gruppe. *S. arctica* und *C. subglobosum* werden mit positiven Ladungen belegt. Diese Gruppe tritt hauptsächlich zwischen 114.500 und 111.000 J.v.h. auf. *Q. pygmaea*, *P. groenlandica* und *M. glabra* tragen negative Ladungen und treten 123.000 und 118.800 J.v.h. auf. Aufgrund des hohen Anteils der Cassidulinen-Gruppe wird dieser Faktor als **Cassidulinen-Faktor** bezeichnet. **Faktor 4** besitzt einen Erklärungsanteil von 7,48%, In ihm werden keine Arten mit negative Faktoren belegt. *M. barleeanum*, *C. lobatulus* und *P. bulloides* tragen positive Ladungen. Sie kommen zwischen 126.500 und 125.000 J.v.h. vor. Aufgrund der Anteile von *C. lobatulus* (Umlagerung nach STRUCK 1992) und *P. bulloides* (stratigraphische Leitform nach HAAKE *et al.* 1990) wird dieser Faktor als **Bioturbations-Faktor** bezeichnet.

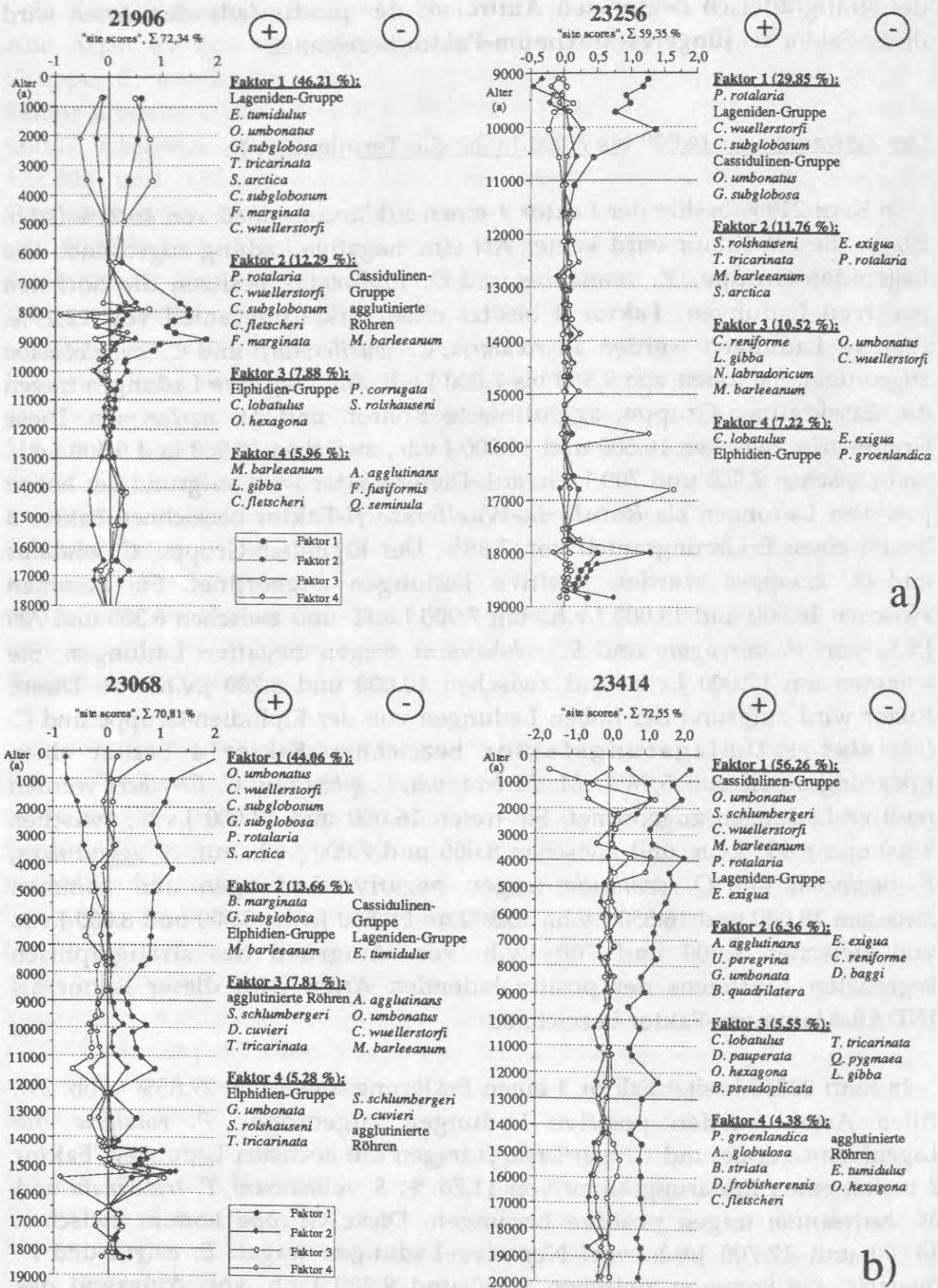
In Kern 23414 besitzt **Faktor 1** einen Erklärungsanteil von 47,46% (Abb. 28). Keiner Art wird eine negative Ladung zugeordnet. Die Cassidulinen-Gruppe, *C. wuellerstorfi* und *O. umbonatus* tragen die höchsten positiven Ladungen. **Faktor 2** besitzt einen Erklärungsanteil von 8,48%. *Q. seminula*, *B. pseudoplicata* und die Lageniden-Gruppe tragen die höchsten positiven Ladungen. Sie treten zwischen 124.800 und 122.500 J.v.h. auf. *P. bulloides*, *F. fusiformis* und *B. marginata* besitzen negative Ladungen und kommen zwischen 122.500 und 108.000 J.v.h. vor. Aufgrund des stratigraphisch begrenzten Auftretens der positiv ladenden Arten wird dieser Faktor als **INDAR-Maximum-Faktor** bezeichnet. **Faktor 3** besitzt einen Erklärungsanteil von 6,06 %. *D. cuvieri*, *L. pauperata* und *C. fletscheri* tragen positive Ladungen. Diese Gruppe kommt zwischen 126.000 und 124.500 J.v.h. vor. *O. culter* und *C. subglobosum* tragen negative Ladungen und kommen zwischen 124.500 und 108.000 J.v.h. vor. Aufgrund des stratigraphisch begrenzten Auftretens der positiv ladenden Arten wird dieser Faktor als **Älteres-Maximum-Faktor** bezeichnet. **Faktor 4** besitzt einen Erklärungsanteil von 5,06 %, *B. pseudoplicata*, *D. frobisherensis* und *Q. seminula* werden die höchsten positiven Ladungen zugeordnet. Diese Gruppe tritt hauptsächlich zwischen 123.100 und 122.700 J.v.h. auf. *N. labradoricum* und *P. rotalaria* tragen negative Ladungen und kommen zwischen 126.000 und 123.100 J.v.h. vor. Aufgrund

des stratigraphisch begrenzten Auftretens der positiv ladenden Arten wird dieser Faktor als **Jüngerer-Maximum-Faktor** bezeichnet.

#### Der Zeitraum von 14.000 bis 7.000 J.v.h.: die Termination I

In Kern 21906 besitzt der **Faktor 1** einen Erklärungsanteil von 46,21% (Abb. 29). In diesem Faktor wird keiner Art eine negative Ladung zugeordnet. Die Lageniden-Gruppe, *E. tumidulus* und *O. umbonatus* besitzen die höchsten positiven Ladungen. **Faktor 2** besitzt einen Erklärungsanteil von 12,29%. Positive Ladungen werden *P. rotalaria*, *C. wuellerstorfi* und *C. subglobosum* zugeordnet. Sie treten von 9.500 bis 7.000 J.v.h. auf. Negative Ladungen tragen die Cassidulinen-Gruppe, agglutinierte Röhren und *M. barleeanum*. Diese Gruppe tritt zwischen 16.500 und 13.000 J.v.h., zwischen 10.500 und 9.500 J.v.h. und zwischen 7.000 und 700 J.v.h. auf. Dieser Faktor wird aufgrund der hohen positiven Ladungen als **Rotalaria-Wuellerstorfi-Faktor** bezeichnet. **Faktor 3** besitzt einen Erklärungsanteil von 7,88%. Der Elphidien-Gruppe, *C. lobatulus* und *O. hexagona* werden positive Ladungen zugeordnet. Sie kommen zwischen 16.000 und 13.000 J.v.h., um 7.900 J.v.H. und zwischen 6.300 und 700 J.v.h. vor. *P. corrugata* und *S. rolshauseni* tragen negative Ladungen. Sie kommen um 17.000 J.v.h. und zwischen 10.000 und 8.200 J.v.h. vor. Dieser Faktor wird aufgrund der hohen Ladungen von der Elphidien-Gruppe und *C. lobatulus* als **Umlagerungsfaktor** bezeichnet. **Faktor 4** besitzt einen Erklärungsanteil von 5,96%. *M. barleeanum*, *L. gibba* und *C. fletscheri* werden positive Ladungen zugeordnet. Sie treten 16.000 und 13.000 J.v.h., zwischen 9.500 und 8.600 J.v.h. und zwischen 8.000 und 7.000 J.v.h. auf. *A. agglutinans*, *F. fusiformis* und *Q. seminula* tragen negative Ladungen und kommen zwischen 18.000 und 16.550 J.v.h., 10.500 und 9.500 J.v.h., 8.600 und 8.000 J.v.h. und zwischen 7.000 und 700 J.v.h. vor. Aufgrund des stratigraphisch begrenzten Auftretens der positiv ladenden Arten wird dieser Faktor als **INDAR-Maximum-Faktor** bezeichnet.

In Kern 23256 besitzt **Faktor 1** einen Erklärungsanteil von 29,85% (Abb. 29). Allen Arten werden positive Ladungen zugeordnet. *P. rotalaria*, die Lageniden-Gruppe und *C. wuellerstorfi* tragen die höchsten Ladungen. **Faktor 2** besitzt einen Erklärungsanteil von 11,76%. *S. rolshauseni*, *T. tricarinata* und *M. barleeanum* tragen positive Ladungen. Diese Gruppe kommt zwischen 18.800 und 17.700 J.v.h. vor. Negative Ladungen tragen *E. exigua* und *P. rotalaria*. Sie kommen zwischen 9.700 und 9.200 J.v.h. vor. Aufgrund des stratigraphischen Auftretens von *S. rolshauseni* (STRUCK und NEES 1991, NEES und STRUCK eingereicht) wird dieser Faktor als **Rolshauseni-Faktor** bezeichnet. **Faktor 3** besitzt einen Erklärungsanteil von 10,52%. Positive



**Abb. 29:** Die "site scores" der ersten vier Faktoren in den hier untersuchten Kernen über den Verlauf der vergangenen 20.000 Jahre (a: Kerne 21906 und 23256; b: Kerne 23068 und 23414). Die Prozentsumme bezeichnet die addierten Erklärungsanteile. Die Tabellen listen die Variablen entsprechend ihren positiven/negative Ladungen ab-, bzw. aufsteigend auf.

Ladungen tragen *C. reniforme*, *L. gibba* und *N. labradoricum*. Sie kommen um 16.700 J.v.h. vor. *O. umbonatus* und *C. wuellerstorfi* werden negative Ladungen zugeordnet. Sie treten zwischen 11.000 und 9.600 J.v.h. auf. Die hohe positive Ladung von *C. reniforme* führte zu der Bezeichnung **Reniforme-Faktor**. **Faktor 4** besitzt einen Erklärungsanteil von 7,22%. *C. lobatulus* und die Elphidien-Gruppe besitzen positive Ladungen und kommen um 15.700 J.v.h. vor. *E. exigua* und *P. groenlandica* werden negative Ladungen zugeordnet. Sie treten um 18.000 J.v.h. und zwischen 9.600 und 9.200 J.v.h. auf. Die hohen positiven Ladungen von *C. lobatulus* und der Elphidien-Gruppe führten zu der Bezeichnung **Umlagerungs-Faktor**.

In Kern 23068 besitzt **Faktor 1** einen Erklärungsanteil von 44,06% (Abb. 29). Allen Arten werden positive Ladungen zugeordnet. *O. umbonatus*, *C. wuellerstorfi* und *C. subglobosum* tragen die höchsten Ladungen. **Faktor 2** besitzt einen Erklärungsanteil von 13,66%. *B. marginata*, *G. subglobosa* und der Elphidien-Gruppe werden positive Ladungen zugeordnet. Diese Gruppe tritt zwischen 18.400 bis 14.000 J.v.h. und von 12.500 bis 6.600 J.v.h. auf. Die Cassidulinen-Gruppe, die Lageniden-Gruppe und *E. tumidulus* tragen negative Ladungen. Sie kommen zwischen 6.600 und 200 J.v.h. vor. **Faktor 2** wird aufgrund der hohen Ladungen von der Cassidulinen-Gruppe als **Cassidulinen-Faktor** bezeichnet. **Faktor 3** besitzt einen Erklärungsanteil von 7,81 %. Die agglutinierten Röhren, *S. schlumbergeri* und *D. cuvieri* tragen positive Ladungen. Diese Gruppe kommt zwischen 18.400 und 14.800 J.v.h. und von 3.500 bis 200 J.v.h. vor. Negative Ladungen tragen *A. agglutinans*, *O. umbonatus* und *C. wuellerstorfi*. Sie kommen zwischen 14.500 und 4.000 J.v.h. vor. **Faktor 3** wird aufgrund der hohen Ladungen von agglutinierten Röhren, *S. schlumbergeri* und *A. agglutinans* als **agglutinierender-Faktor** bezeichnet. **Faktor 4** besitzt einen Erklärungsanteil von 5,28%. Die Elphidien-Gruppe, *G. umbonata* und *S. rolshauseni* tragen positive Ladungen. Sie kommen zwischen 18.000 und 16.500 J.v.h., um 15.200 J.v.h. und um 14.500 J.v.h. vor. Negative Ladungen tragen *S. schlumbergeri*, *D. cuvieri* und die agglutinierten Röhren. Diese Gruppe tritt um 15.400 J.v.h. und zwischen 14.400 und 4.200 J.v.h. auf. **Faktor 4** wird aufgrund der hohen Ladungen der Elphidien-Gruppe als **Umlagerungs-Faktor** bezeichnet.

In Kern 23414 besitzt **Faktor 1** einen Erklärungsanteil von 56,26% (Abb. 29). Allen Arten werden positive Ladungen zugeordnet. Die Cassidulinen-Gruppe, *O. umbonatus* und *S. schlumbergeri* tragen die höchsten positiven Ladungen. **Faktor 2** besitzt einen Erklärungsanteil von 6,36%. Positive Ladungen werden *A. agglutinans*, *U. peregrina* und *G. umbonata* zugeordnet. Diese Gruppe tritt von 2.300 und 500 J.v.h. auf. Negative Ladungen besitzen *E. exigua*, *C. reniforme* und *D. baggi*. Sie treten hauptsächlich zwischen 18.000 und 14.000

J.v.h. auf. Aufgrund der hohen Ladungen von *A. agglutinans* und *U. peregrina* (sensu LUTZE 1986) wird dieser Faktor als **Infauna-Faktor** bezeichnet. **Faktor 3** besitzt einen Erklärungsanteil von 5,55%. *C. lobatulus*, *D. pauperata* und *O. hexagona* tragen positive Ladungen. Diese Gruppe kommt zwischen 16.500 und 14.500 J.v.h., um 4.000 J.v.h. und um 1.700 J.v.h. vor. Negative Ladungen tragen *T. tricarinata*, *Q. pygmaea* und *L. gibba*. Diese Gruppe von 1.500 bis 500 J.v.h. vor. *C. lobatulus* gilt als Charakterart der Schelf-Fauna (GREEN 1960). Aufgrund ihrer hohen Ladung wird dieser Faktor als **Umlagerungs-Faktor** bezeichnet. **Faktor 4** besitzt einen Erklärungsanteil von 4,38%. *P. groenlandica*, *A. globulosa* und *B. striata* tragen positive Ladungen. Sie kommen zwischen 4.900 und 3.500 J.v.h. vor. Die agglutinierten Röhren, *E. tumidulus* und *O. hexagona* besitzen negative Ladungen und kommen um 3.400 J.v.h. und zwischen 2.000 und 500 J.v.h. vor. Aufgrund der hohen Ladung der agglutinierten Röhren wird dieser Faktor als **agglutinierender-Faktor** bezeichnet.

## 5.0 DIE FAUNENENTWICKLUNG AN DEN ÜBERGÄNGEN VON GLAZIAL ZU INTERGLAZIAL

### 5.1 Die diskontinuierliche und zeittransgressive Entwicklung zum Interglazial

Der Übergang von einer Eiszeit zur Warmzeit stellt in globaler Hinsicht eine massive und sehr einschneidende Veränderung der gesamten Umwelt in höheren Breiten dar. Der klimatische Umschwung vom glazialen zum interglazialen Modus erfolgt allerdings nicht durch ein einmaliges "Umschalten", sondern vollzieht sich in zwei oder drei Schritten: die Terminationen werden unterteilt in A, B (BROECKER *et al.* 1988, DUPLESSY *et al.* 1981) und C (MIX und RUDDIMAN 1985). Die Terminationen A und B sind in  $\delta^{18}\text{O}$  - Kurven mariner Sedimentkerne nachzuweisen (BERGER *et al.* 1987, SARNTHEIN und TIEDEMANN 1990, JANSEN und VEUM 1990, WINN *et al.* 1991).

Hochauflösende Analysen der benthischen Foraminiferenfauna über die Terminationen I und II weisen eine Reaktion der Foraminiferen auf den klimatischen Umschwung ebenfalls in zwei massiven Entwicklungsschüben nach (s. Abb. 10 und 11). Die INDAR der Gesamtf fauna (Fraktion 125 - 2.000  $\mu\text{m}$ ) erreichen in allen untersuchten Kernen unter glazialen Bedingungen nur geringe Werte, die wenig variieren. Schmelzwasserereignisse oder andere lokale Phänomene, wie z.B. vorübergehend eisfreie Wasserflächen und/oder Bodenströmungen, mögen die Ursache sein für vereinzelt auftretende, kurzfristig erhöhte INDAR. Anschließend werden während beider Terminationen innerhalb kurzer Zeit extrem erhöhte INDAR erreicht und bilden ein

erstes Maximum (**älteres INDAR-Maximum**). Die Cassidulinen-Gruppe, *O. umbonatus* und *N. labradoricum* sind die häufigsten Arten während dieser ersten Phase (s. Tab. 4, *O.-umbonatus*- und *Cassidulinen*-Faktor). Nach einem Rückgang der Werte wird ein zweites Maximum gebildet (**jüngere INDAR-Maximum**). Neben den Arten des älteren Maximums erreichen nun zusätzlich *C. wuellerstorfi*, *P. rotalaria* und *C. subglobosum* höhere INDAR (s. Tab. 4, *Rotalaria-wuellerstorfi*-Faktor).

In den Kernen 21906, 23068 und 23414 werden die Maxima der **Termination II** zwischen 124.500 und 122.500 J.v.h. eingeordnet. Aufgrund stratigraphischer Unsicherheiten durch die Interpretation der Sauerstoffisotopenkurve können die Maximum-Ereignisse zeitlich zwischen den Kernen weniger genau als zur Termination I korreliert werden. Die bioturbate Verwühlung des Sediments in Kern 23256 läßt in diesem Zeitraum keine gesicherten Aussagen zu (s. Abb. 32). Die Zusammensetzung der benthischen Foraminiferenfauna deutet auf ein zwar zeitlich/stratigraphisch versetztes, jedoch vergleichbares Muster hin. Das ältere INDAR-Maximum wird überwiegend von *O. umbonatus* gebildet (122.500 J.v.h.), das jüngere Maximum zusätzlich von *C. wuellerstorfi* und *P. rotalaria*.

SEIDENKRANTZ (1993) beschreibt eine ähnliche quantitative Verteilung der benthischen Foraminiferen aus zwei Bohrungen auf der Insel Anholt (Kattegat) am Übergang von der Saale-Kaltzeit zur Eem-Warmzeit. Das zwischen den beiden Maxima liegende Minimum zeigt sich ebenfalls in ihren Ergebnissen und wird als Kälteeinbruch ähnlich dem der Jüngeren Dryas gedeutet. Zeitlich korreliert der Rückgang der INDAR-Werte mit einer globalen Meeresspiegelabsenkung von +6 m auf -8 m (124.000 - 122.000 J.v.h.), dokumentiert in Riff-Terrassen in Neuguinea (CHAPPELL und SHACKLETON 1986). In Sauerstoffisotopenprofilen des "Summit"-Eiskerns wurden darüber hinaus drei warme Substadien des Stadiums 5e identifiziert (GRIP MEMBERS 1993). Diese zeigen jedoch stratigraphisch keine Kohärenz mit den INDAR-Maxima benthischer Foraminiferen.

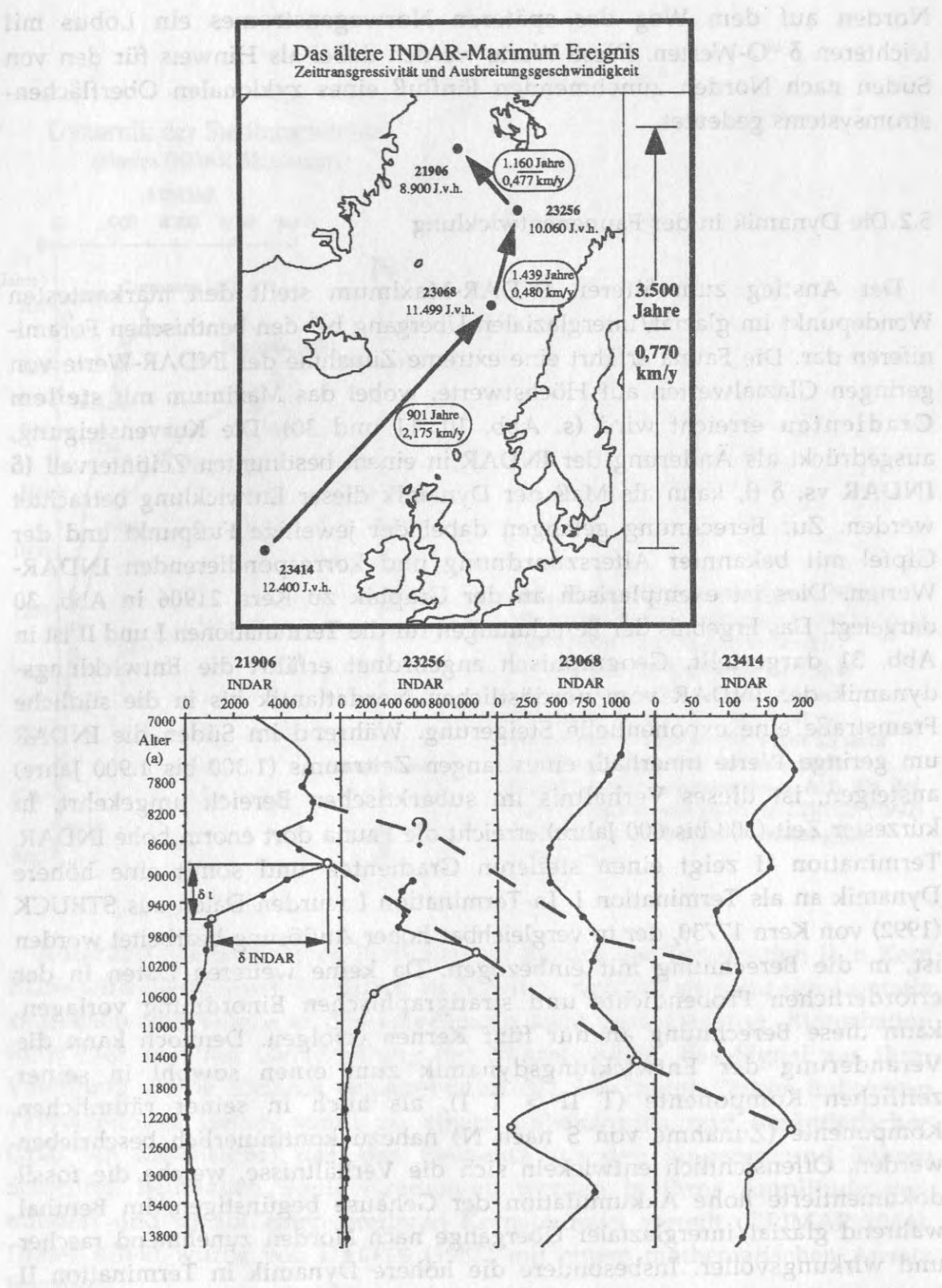
Im Bereich der **Termination I** beginnen die benthischen Foraminiferen sich zunächst nur langsam zu vermehren, was sich an einem bis zu 1.500 Jahre andauernden, allmählichen Anstieg der INDAR-Werte zeigt (s. Abb. 11). Unmittelbar darauf folgt eine enorme Vermehrung, die schließlich innerhalb kürzester Zeit das 500 - 1.000 Jahre andauernde ältere INDAR-Maximum bildet. Dieses INDAR-Maximum fällt zeitlich mit der **Termination I B** (10.400 - 9.900 J.v.h., BROECKER *et al.* 1988) zusammen. Daran schließt sich ein etwa 1.000 Jahre andauerndes Minimum an. In Kern HM 79-6/4 aus dem südöstlichen Europäischen Nordmeer beschreiben KOÇ-KARPUZ und JANSEN

(1992) ein vergleichbares Ereignis. Errechnete Oberflächentemperaturen zeigen dort eine etwa 300 Jahre anhaltende Verringerung um  $2^{\circ}\text{C}$  zwischen 10.100 und 9.600 J.v.h. Sie bezeichnen dieses Ereignis als "Jüngere Dryas II". Der Beginn dieser Temperaturabsenkung tritt zeitgleich mit FAIRBANKS's (1989) Schmelzwasser-Ereignis I B auf. Unveröffentlichte Temperaturdaten (s. Kap. 5.3) bestätigen diese kurze Phase eines Temperaturrückgangs (SCHULZ in Vorb.). Auf dieses Minimum folgt schließlich das zweite, jüngere INDAR-Maximum. Es zeichnet sich durch einen meist geringeren Maximalwert aus als das Ältere, umfaßt aber eine vergleichbare Zeitdauer von etwa  $1.000 \pm 500$  Jahren. Nach diesem jüngeren Maximum fallen die Akkumulationsraten auf kleinere Werte zurück. Diese liegen jedoch um das zwei- bis zehnfache über glazialen Niveau.

Die Entwicklung der INDAR benthischer Foraminiferen läßt einen diskontinuierlichen glazial/interglazialen Übergang erkennen. Im Vergleich der vier untersuchten Kerne zeigt das ältere INDAR-Maximum in Termination I zusätzlich einen prägnanten zeitlichen Versatz. Während es im Bereich des Rockall-Plateaus (Kern 23414) gegen 12.400 J.v.h. auftritt, erreichen die benthischen Foraminiferen in der südlichen Framstraße (Kern 21906) ihren ersten INDAR-Höchstwert um 8.900 J.v.h. Kern 23068 und Kern 23256 bilden auf diesem Transsekt zeitliche Zwischenschritte (Abb. 30). Das ältere INDAR-Maximum ist in Kern 23068 auf 11.499 J.v.h., in Kern 23256 auf 10.060 J.v.h. datiert. Der Zeitversatz dieses INDAR -Maximums vom nordöstlichen Nordatlantik bis in die südliche Framstraße beträgt 3.500 Jahre, was einer durchschnittlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit von  $0,78\text{ km pro Jahr}$  entspräche. Zwischen den Kernen 23414 und 23068 befindet sich allerdings die Island-Färöer Schwelle, die vermutlich eine lineare Ausbreitungsgeschwindigkeit verhindert hat (Abb. 30). Die Geschwindigkeitsangabe von  $2,17\text{ km/y}$  wird demnach als überhöht angesehen, wohingegen die Werte zwischen den Kernen 23068, 23256 und 21906 als realistisch gelten können. Die klimatische Progression der Deglaziation hätte sich demnach mit einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von etwa  $0,48\text{ km/y}$  von Süden nach Norden im Benthos des Europäischen Nordmeeres ausgebreitet (Abb. 30).

Die zeittransgressive Ausbreitung des INDAR-Maximums nach Norden muß als eine fortschreitende Veränderung ökologischer, für benthische Foraminiferen zunehmend vorteilhafter Bedingungen interpretiert werden. Dies gilt insbesondere für die charakteristischen Arten des älteren INDAR-Maximums (s.o.). Die von WEINELT (1993) in einzelnen Zeitscheiben dokumentierte Verteilung der  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten, gemessen an *N. pachyderma* (sin.), vermittelt im Europäischen Nordmeer ein ähnliches, zeittransgressives Bild. Zwischen 12.400 J.v.h. und 9.000 J.v.h. entwickelt sich von Süden nach



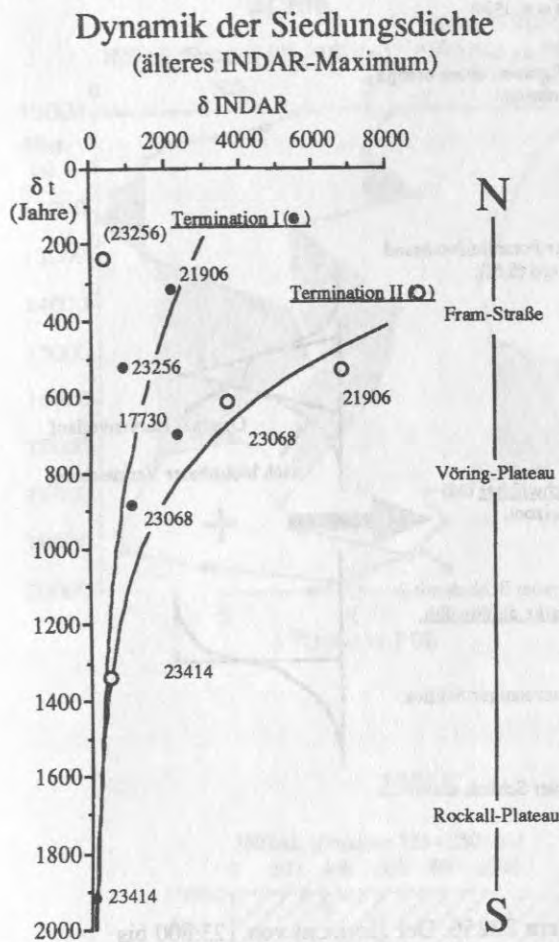


**Abb. 30:** Im Bereich der Termination I zeigen die INDAR-Werte einen zeitlichen Versatz von Süden nach Norden. Das ältere Maximum-Ereignis tritt mit einer durchschnittlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit von 0,78 km/y in der südlichen Framstraße 3.500 Jahre später auf als auf dem Rockall-Plateau. Die mit einem offenen Kreis gekennzeichneten Probenpunkte wurden für die Berechnung der Entwicklungs-Dynamik verwendet (s. Kap. 5.2 und Abb. 31).

Norden auf dem Weg des späteren Norwegenstromes ein Lobus mit leichteren  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten. Diese Werte werden dabei als Hinweis für den von Süden nach Norden zunehmenden Einfluß eines zyklonalen Oberflächenstromsystems gedeutet.

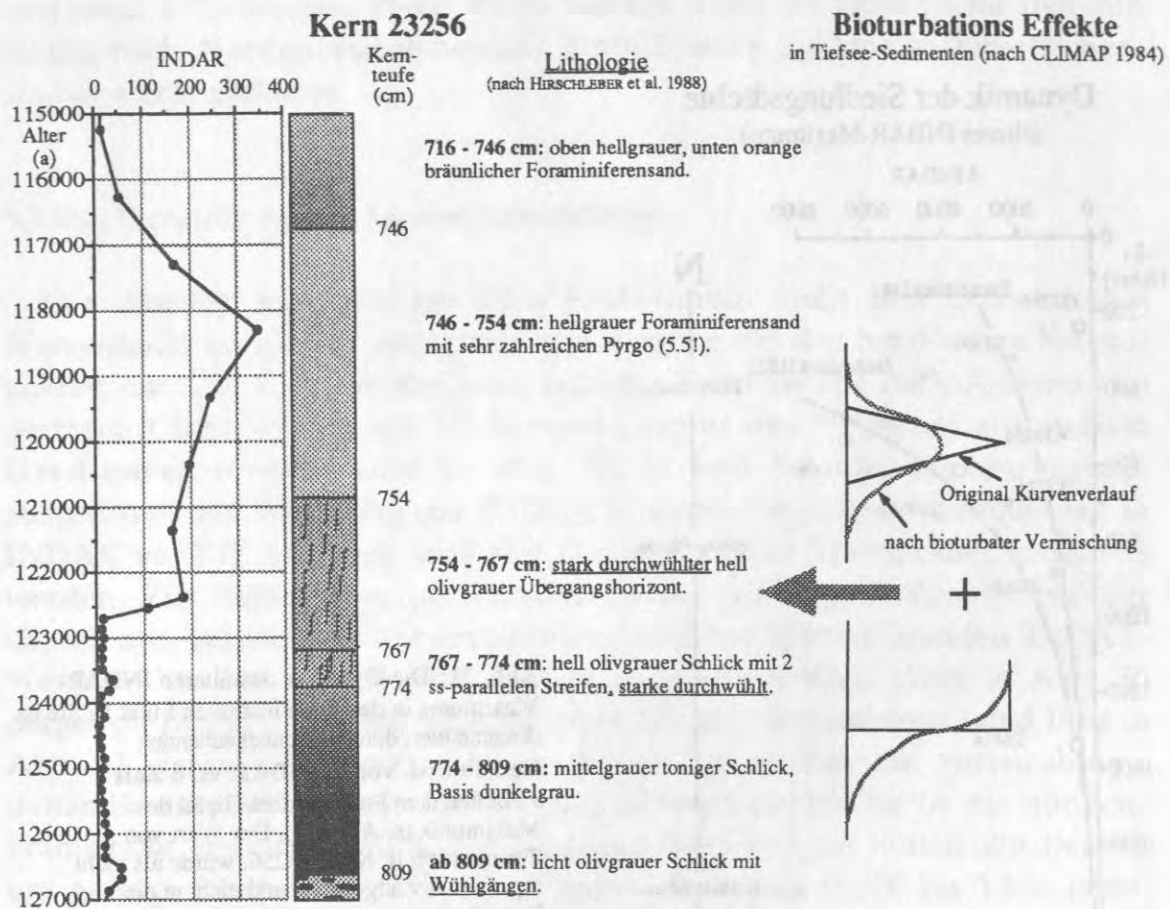
## 5.2 Die Dynamik in der Faunenentwicklung

Der Anstieg zum älteren INDAR-Maximum stellt den markantesten Wendepunkt im glazial/interglazialen Übergang bei den benthischen Foraminiferen dar. Die Fauna erfährt eine extreme Zunahme der INDAR-Werte von geringen Glazialwerten auf Höchstwerte, wobei das Maximum mit **steilem Gradienten** erreicht wird (s. Abb. 10, 11 und 30). Die Kurvensteigung, ausgedrückt als Änderung der INDAR in einem bestimmten Zeitintervall ( $\delta \text{ INDAR vs. } \delta t$ ), kann als Maß der Dynamik dieser Entwicklung betrachtet werden. Zur Berechnung gelangen dabei der jeweilige Fußpunkt und der Gipfel mit bekannter Alterszuordnung und korrespondierenden INDAR-Werten. Dies ist exemplarisch an der Graphik zu Kern 21906 in Abb. 30 dargelegt. Das Ergebnis der Berechnungen für die Terminationen I und II ist in Abb. 31 dargestellt. Geographisch angeordnet erfährt die Entwicklungsdynamik der INDAR vom nordöstlichen Nordatlantik bis in die südliche Framstraße eine exponentielle Steigerung. Während im Süden die INDAR um geringe Werte innerhalb eines langen Zeitraums (1.300 bis 1.900 Jahre) ansteigen, ist dieses Verhältnis im subarktischen Bereich umgekehrt. In kürzester Zeit (300 bis 600 Jahre) erreicht die Fauna dort enorm hohe INDAR. Termination II zeigt einen steileren Gradienten und somit eine höhere Dynamik an als Termination I. In Termination I wurden Daten aus STRUCK (1992) von Kern 17730, der in vergleichbar hoher Auflösung bearbeitet worden ist, in die Berechnung mit einbezogen. Da keine weiteren Daten in der erforderlichen Probendichte und stratigraphischen Einordnung vorlagen, kann diese Berechnung an nur fünf Kernen erfolgen. Dennoch kann die Veränderung der Entwicklungsdynamik zum einen sowohl in seiner zeitlichen Komponente ( $T \text{ II} > T \text{ I}$ ), als auch in seiner räumlichen Komponente (Zunahme von S nach N) nahezu kontinuierlich beschrieben werden. Offensichtlich entwickeln sich die Verhältnisse, welche die fossil dokumentierte hohe Akkumulation der Gehäuse begünstigen, im Benthos während glazial/interglazialer Übergänge nach Norden zunehmend rascher und wirkungsvoller. Insbesondere die höhere Dynamik in Termination II bestätigt die Ergebnisse von STRUCK (1992), der in zahlreichen Sedimentkernen häufig um ein Vielfaches erhöhte INDAR benthischer Foraminiferen in diesen Horizonten beschreibt.



**Abb. 31:** Die Dynamik des älteren INDAR-Maximums in den Terminations I und II. Sie ist dokumentiert durch die entsprechenden Verhältnisse von  $\delta$  INDAR vs.  $\delta$  Zeit zwischen dem Fuß und dem Gipfel des Maximums (s. Abb. 30). Der Wert von Termination II, Kern 23256, wurde als nicht repräsentativ angesehen und nicht in die Berechnung mit aufgenommen (s. Abb. 32). Bei Termination I wurden Daten aus STRUCK (1992) für den Kern 17730 in die Berechnung mit einbezogen.

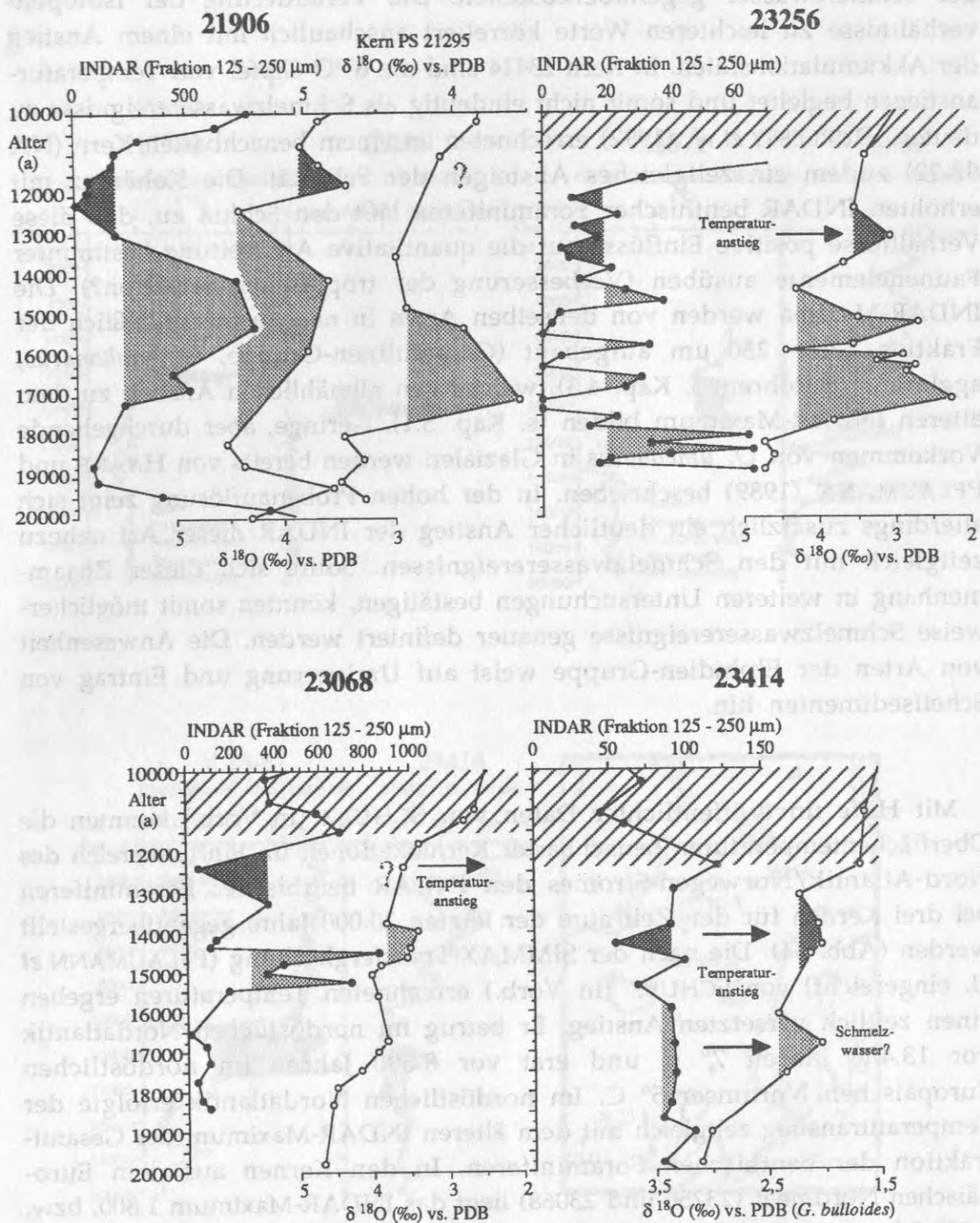
Aufgrund des bioturbaten Einflusses im Bereich der Termination II in Kern 23256 wird dieser Wert ( $\delta$  INDAR vs.  $\delta$  Zeit, s. Abb. 31) als nicht repräsentativ angesehen und wurde in der Berechnung nicht berücksichtigt. Bioturbation führt hier zu einer Umverteilung der Mikrofossilien, das Signal aus ihrer Verteilung wurde dadurch geglättet (Abb. 32). Die in den Proben indizierten Taphozönosen stellen somit zu einem unbekanntem und veränderlichen Grad ein Mischsignal dar, das Elemente aus den jüngeren und älteren Schichten beinhaltet. Steile Gradienten werden in ihrer Amplitude vermindert und so auf einen breiteren Kernabschnitt verteilt (CLIMAP 1984). Dieser Effekt wurde von DALFES (1987) mit einem mathematischen Ansatz bestätigt.



**Abb. 32:** Die bioturbate Glättung der INDAR-Kurve in Kern 23256. Der Horizont von 123.800 bis 120.900 J.v.h. ist intensiv verwühlt worden und hat sehr wahrscheinlich das ältere Maximum der Termination II in diesem Kern "geglättet". Die entsprechenden Mechanismen wurden z.B. von CLIMAP (1984) diskutiert.

### 5.3 Schmelzwasserereignisse und Oberflächentemperaturen

Schmelzwasserereignisse stellen meist regionale oder lokale Besonderheiten dar, die sich im Fossilien vor allem in leichteren  $\delta^{18}\text{O}$  Verhältnissen planktischer Foraminiferen dokumentieren. Allerdings ist nur in Verbindung mit bekannten Oberflächentemperaturen (SST) die Identifikation eines Schmelzwasserereignisses eindeutig. In den Kernen 23256 und 23068 konnten mit Hilfe unveröffentlichter SST-Daten von SCHULZ (in Vorb.) Schmelzwasserereignisse identifiziert werden. In der südlichen Framstraße (Kern 21906) wurde im Vergleich mit Kern PS 21295 (JONES und KEIGWIN 1988) ebenfalls ein solches Ereignis zwischen 17.000 und 15.000 J.v.h. erkannt (Abb. 33). Zudem wurde ein vergleichbares Schmelzwasserereignis von SPIELHAGEN (frdl. mündl. Mitt.) in Kern 21291 in der westlichen Framstraße beobachtet. Die

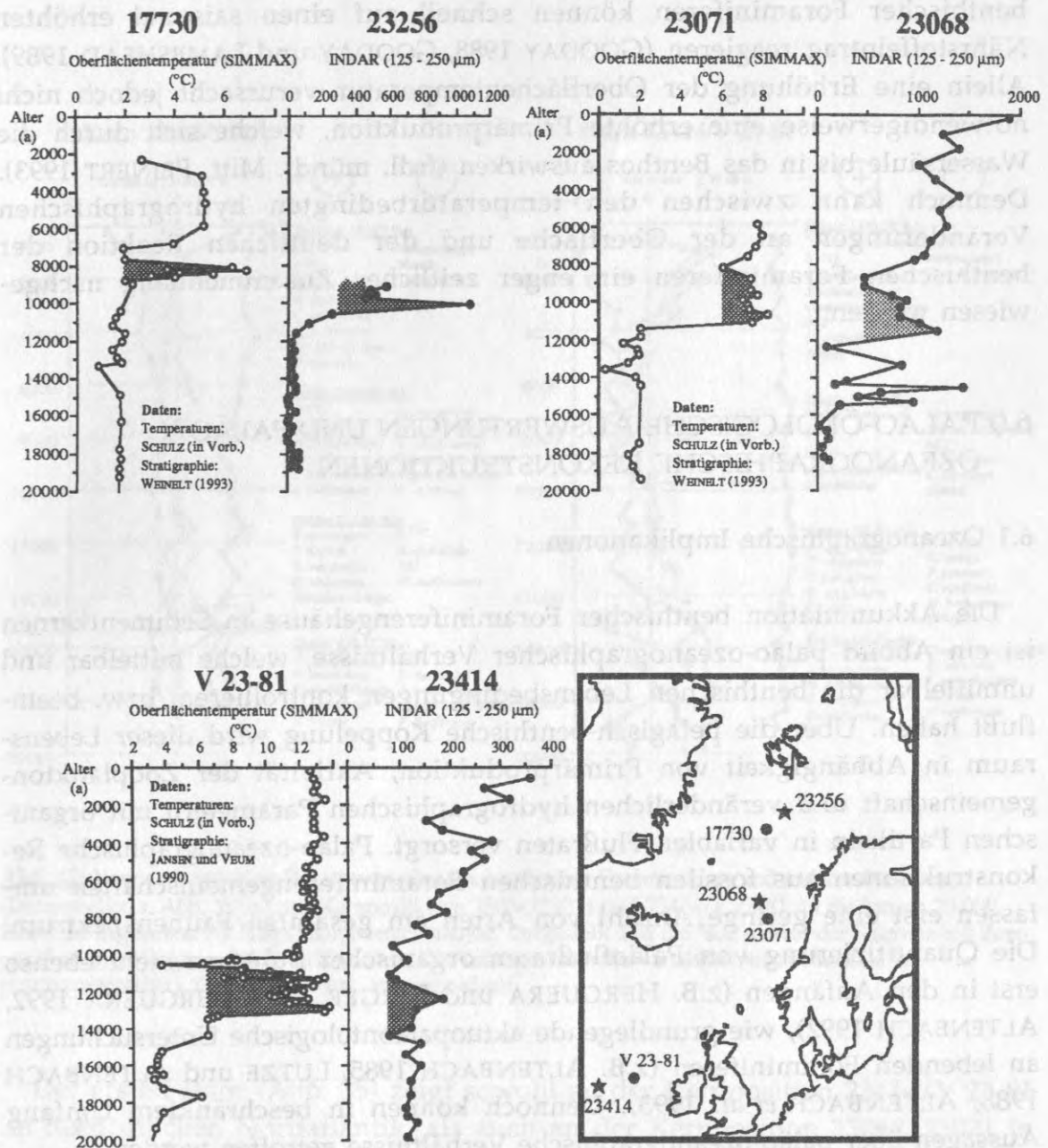


**Abb. 33:** In drei Kernen (21906, 23256, 23068) zeigen die INDAR-Werte der benthischen Foraminiferen eine hohe chronologische Übereinstimmung mit einem Schmelzwasserereignis vor ca. 14.000 - 17.000 Jahren. Die Daten für den Kern 21295 stammen aus JONES und KEIGWIN (1988).

hochauflösende Untersuchung fossiler benthischer Foraminiferengehäuse ermöglichte in drei Kernen eine Zunahme der INDAR zeitlich dem Auftreten der Schmelzwässer gegenüberzustellen. Die Veränderung der Isotopenverhältnisse zu leichteren Werten korreliert anschaulich mit einem Anstieg der Akkumulationsraten. In Kern 23414 sind die  $\delta^{18}\text{O}$ -Gipfel von Temperaturanstiegen begleitet und somit nicht eindeutig als Schmelzwasserereignisse zu deuten. DUPLESSY *et al.* (1992) errechneten an einem benachbarten Kern (NA 87-22) zudem ein zeitgleiches Ansteigen der Salinität. Die Kohärenz mit erhöhten INDAR benthischer Foraminiferen läßt den Schluß zu, daß diese Verhältnisse positive Einflüsse auf die quantitative Ausbreitung bestimmter Faunenelemente ausüben (Verbesserung der trophischen Situation?). Die INDAR-Maxima werden von denselben Arten in nahezu ausschließlich der Fraktion 125 - 250  $\mu\text{m}$  aufgebaut (Cassidulinen-Gruppe, *O. umbonatus*, agglutinierte Röhren; s. Kap. 4.3), welche den allmählichen Anstieg zu dem älteren INDAR-Maximum bilden (s. Kap. 5.1). Geringe, aber durchgehende Vorkommen von *O. umbonatus* in Glazialen werden bereits von HAAKE und PFLAUMANN (1989) beschrieben. In der hohen Probenauflösung zeigt sich allerdings zusätzlich ein deutlicher Anstieg der INDAR dieser Art nahezu zeitgleich mit den Schmelzwasserereignissen. Sollte sich dieser Zusammenhang in weiteren Untersuchungen bestätigen, könnten somit möglicherweise Schmelzwasserereignisse genauer definiert werden. Die Anwesenheit von Arten der Elphidien-Gruppe weist auf Umlagerung und Eintrag von Schelfsedimenten hin.

Mit Hilfe unveröffentlichter Daten von SCHULZ (in Vorb.) konnten die Oberflächentemperaturen benachbarter Kernlokationen im Einflußbereich des Nord-Atlantik/Norwegen-Stromes den INDAR benthischer Foraminiferen bei drei Kernen für den Zeitraum der letzten 20.000 Jahre gegenübergestellt werden (Abb. 34). Die nach der SIMMAX-Transfergleichung (PFLAUMANN *et al.* eingereicht) von SCHULZ (in Vorb.) errechneten Temperaturen ergeben einen zeitlich versetzten Anstieg. Er betrug im nordöstlichen Nordatlantik vor 13.400 Jahren  $7^{\circ}\text{C}$  und erst vor 8.600 Jahren im nordöstlichen Europäischen Nordmeer  $5^{\circ}\text{C}$ . Im nordöstlichen Nordatlantik erfolgte der Temperaturanstieg zeitgleich mit dem älteren INDAR-Maximum der Gesamtfraktion der benthischen Foraminiferen. In den Kernen aus dem Europäischen Nordmeer (23256 und 23068) liegt das INDAR-Maximum 1.800, bzw. 1.000 Jahre vor dem Temperaturanstieg. Möglicherweise ist dieser Zeitversatz auf stratigraphische Ungenauigkeiten zurückzuführen. Generell zeigt sich jedoch eine zeitliche Übereinstimmung zwischen dem distinkten Temperaturanstieg und dem Anstieg der INDAR. Dies ließe den Schluß zu,

daß die benthische Foraminiferenfauna nahezu ohne zeitliche Verzögerung und unmittelbar auf eine Erwärmung der Oberflächenwassermassen reagiert.



**Abb. 34:** Die an benachbarten Kernen errechneten Meeresoberflächentemperaturen korrelieren mit dem drastischen Anstieg der INDAR-Werte der benthischen Foraminiferen (unveröff. Daten von SCHULZ in Vorb., berechnet nach PFLAUMANN *et al.* eingereicht).

Bei Rezentuntersuchungen an Sedimentfallen konnte bereits mehrfach eine schnelle und direkte pelagisch-benthische Koppelung nachgewiesen werden. Eine Erhöhung der Primärproduktion verursachte bereits innerhalb weniger Tage eine Steigerung des Nährstoffflusses und der Sedimentation von Phytodetritus, der sich bis in die Tiefsee verfolgen läßt (GRAF 1989, ASPER *et al.* 1992). Insbesondere verschiedene Arten speziell angepaßter, filtrierender benthischer Foraminiferen können schnell auf einen saisonal erhöhten Nährstoffeintrag reagieren (GOODAY 1988, GOODAY und LAMBSHEAD 1989). Allein eine Erhöhung der Oberflächentemperatur verursacht jedoch nicht notwendigerweise eine erhöhte Primärproduktion, welche sich durch die Wassersäule bis in das Benthos auswirken (frdl. mündl. Mitt. PEINERT 1993). Dennoch kann zwischen den temperaturbedingten hydrographischen Veränderungen an der Oberfläche und der deutlichen Reaktion der benthischen Foraminiferen ein enger zeitlicher Zusammenhang nachgewiesen werden.

## 6.0 PALÄO-ÖKOLOGISCHE AUSWERTUNGEN UND PALÄO-OZEANOGRAPHISCHE REKONSTRUKTIONEN

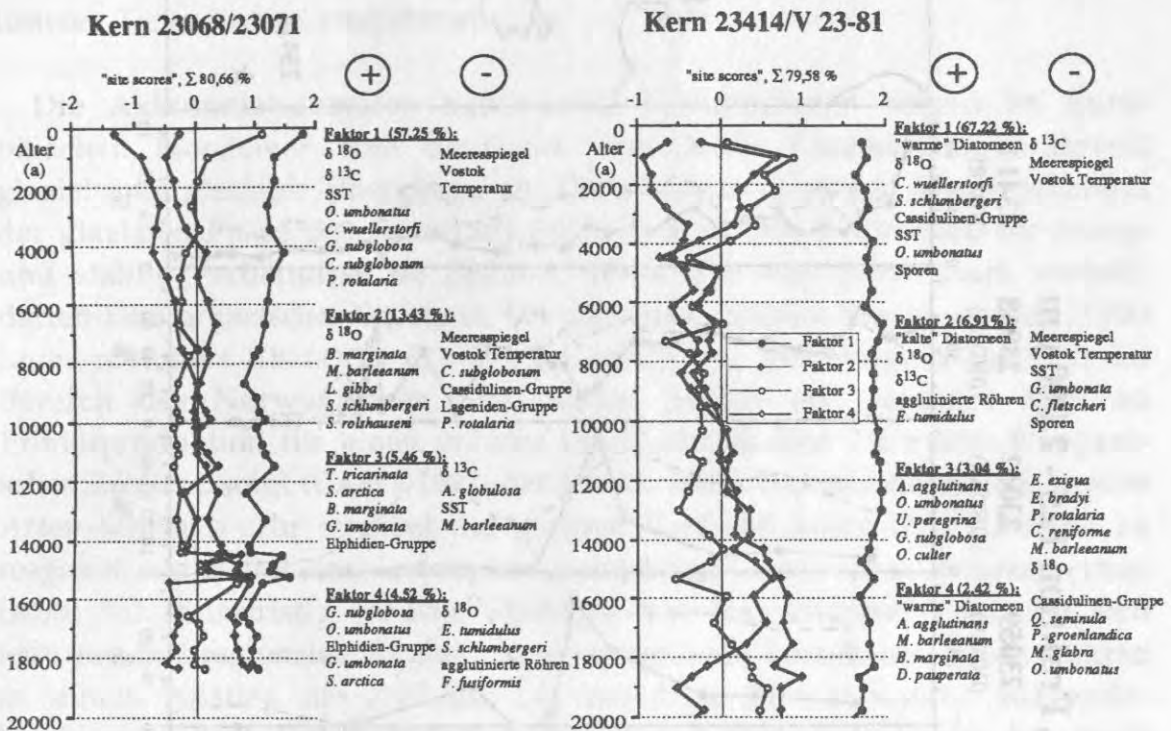
### 6.1 Ozeanographische Implikationen

Die Akkumulation benthischer Foraminiferengehäuse in Sedimentkernen ist ein Abbild paläo-ozeanographischer Verhältnisse, welche mittelbar und unmittelbar die benthischen Lebensbedingungen kontrollieren, bzw. beeinflussen haben. Über die pelagisch-benthische Koppelung wird dieser Lebensraum in Abhängigkeit von Primärproduktion, Aktivität der Zooplanktongemeinschaft und veränderlichen hydrographischen Parametern mit organischen Partikeln in variablen Flußraten versorgt. Paläo-ozeanographische Rekonstruktionen aus fossilen benthischen Foraminiferengemeinschaften umfassen erst eine geringe Anzahl von Arten am gesamten Faunenspektrum. Die Quantifizierung von Paläoflußraten organischer Substanz steht ebenso erst in den Anfängen (z.B. HERGUERA und BERGER 1991, HERGUERA 1992, ALTENBACH 1992), wie grundlegende aktuopaläontologische Untersuchungen an lebenden Foraminiferen (z.B. ALTENBACH 1985, LUTZE und ALTENBACH 1988, ALTENBACH *et al.* 1993). Dennoch können in beschränktem Umfang Aussagen über paläo-ozeanographische Verhältnisse getroffen werden.

Der Vergleich von Akkumulationsraten fossiler benthischer Foraminiferengehäuse mit weiteren bekannten, klimatisch beeinflussten Parametern ermöglicht eine Gegenüberstellung ökologischer Veränderlichkeiten. Vorhandene Datensätze an zwei Kernpositionen für die Termination I ermöglichten

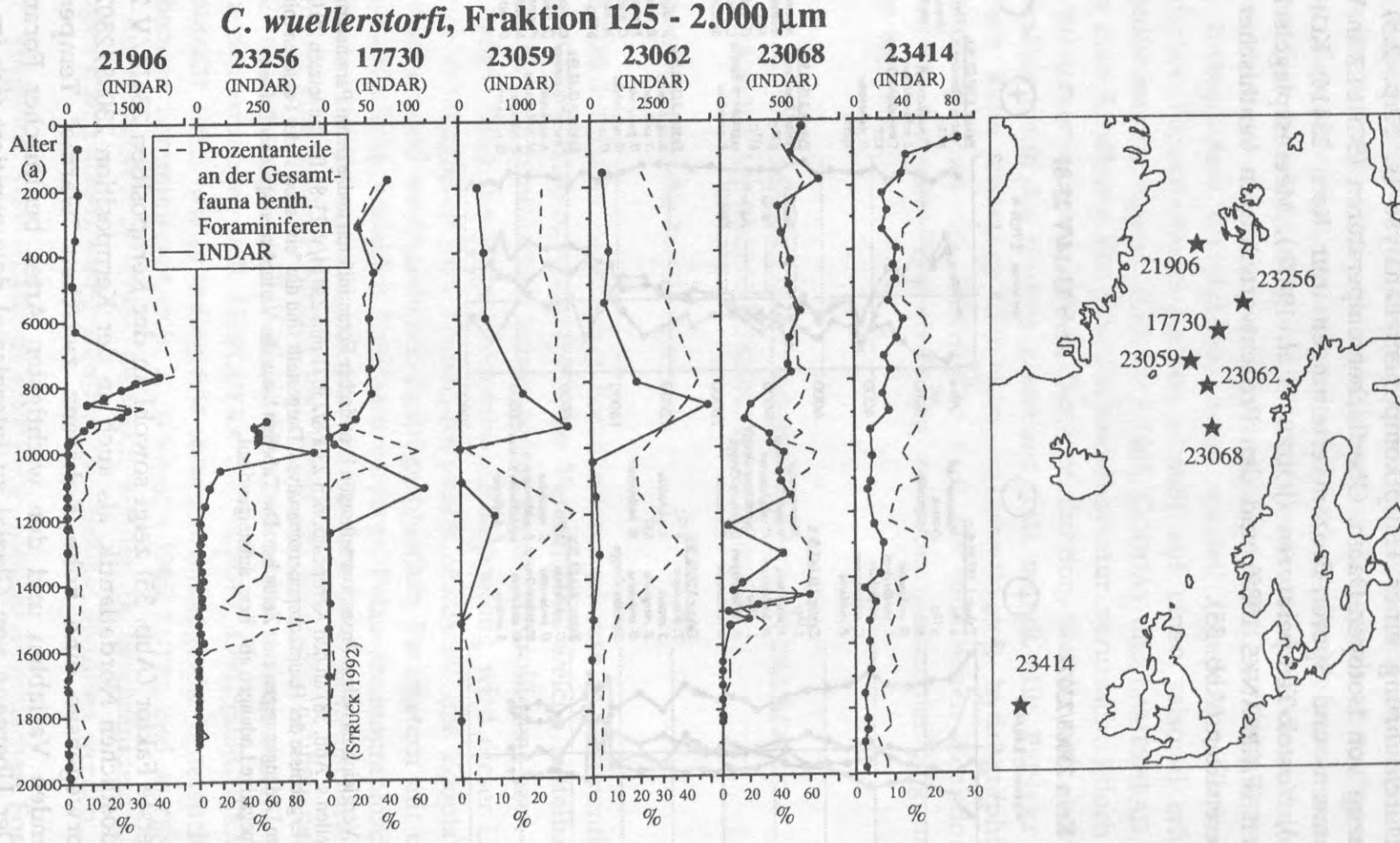


die Durchführung einer Hauptkomponentenanalyse (s. Kap. 2.5) unter Einbezug von Isotopen-Daten, Oberflächentemperaturen (SCHULZ in Vorb.), Diatomeen- und Sporen-Prozentverteilungen (nur Kern 23414; KOHLY in Vorb.), Vostok-Temperaturen (JOUZEL *et al.* 1987b), Meeresspiegelschwankungen (FAIRBANKS 1989) und den Prozentverteilungen benthischer Foraminiferenarten (Abb. 35).



**Abb. 35:** Vergleich zwischen Prozentverteilungen benthischer Foraminiferen und anderen Parametern (Datenquellen s. Abb. 38) an den Kernpositionen 23068/23071 und 23414/V 23-81 für die letzten 20.000 Jahre: die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse. Dargestellt sind die "site scores" der Faktoren mit ihren errechneten Ladungen gegen eine Zeitachse. Die Tabellen listen die Variablen entsprechend ihren positiven/negative Ladungen ab-, bzw. aufsteigend auf.

Der erste Faktor (Abb. 35) zeigt sowohl an der Kernposition 23414/V 23-81 im nordöstlichen Nordatlantik, als auch an der Kernposition 23068/23071 in der Norwegensee eine hohe Kohärenz zwischen "warme" Temperatur anzeigenden Variablen und den wichtigsten Arten benthischer Foraminiferen. Der Übergang von Glazial zu Interglazial dokumentiert sich im Vorzeichenwechsel der "site scores" des zweiten Faktors bei etwa 12.000 bis 11.000 J.v.h. Dieser Faktor ist an Kernposition 23414/V 23-81 überwiegend von atmosphärischen bzw. Oberflächen-Variablen charakterisiert, was auf eine nur



**Abb. 36:** Die INDAR der Art *Cibicides wuellerstorfi* in der Fraktion 125 - 2.000  $\mu\text{m}$  dargestellt im Vergleich mit dem prozentualen Anteil an der Gesamtfauuna im Verlauf über die Termination 1. Diese epibenthische Foraminifere gilt als zuverlässiger Anzeiger für stärkere Bodenströmungen (LUTZE und THIEL 1989).

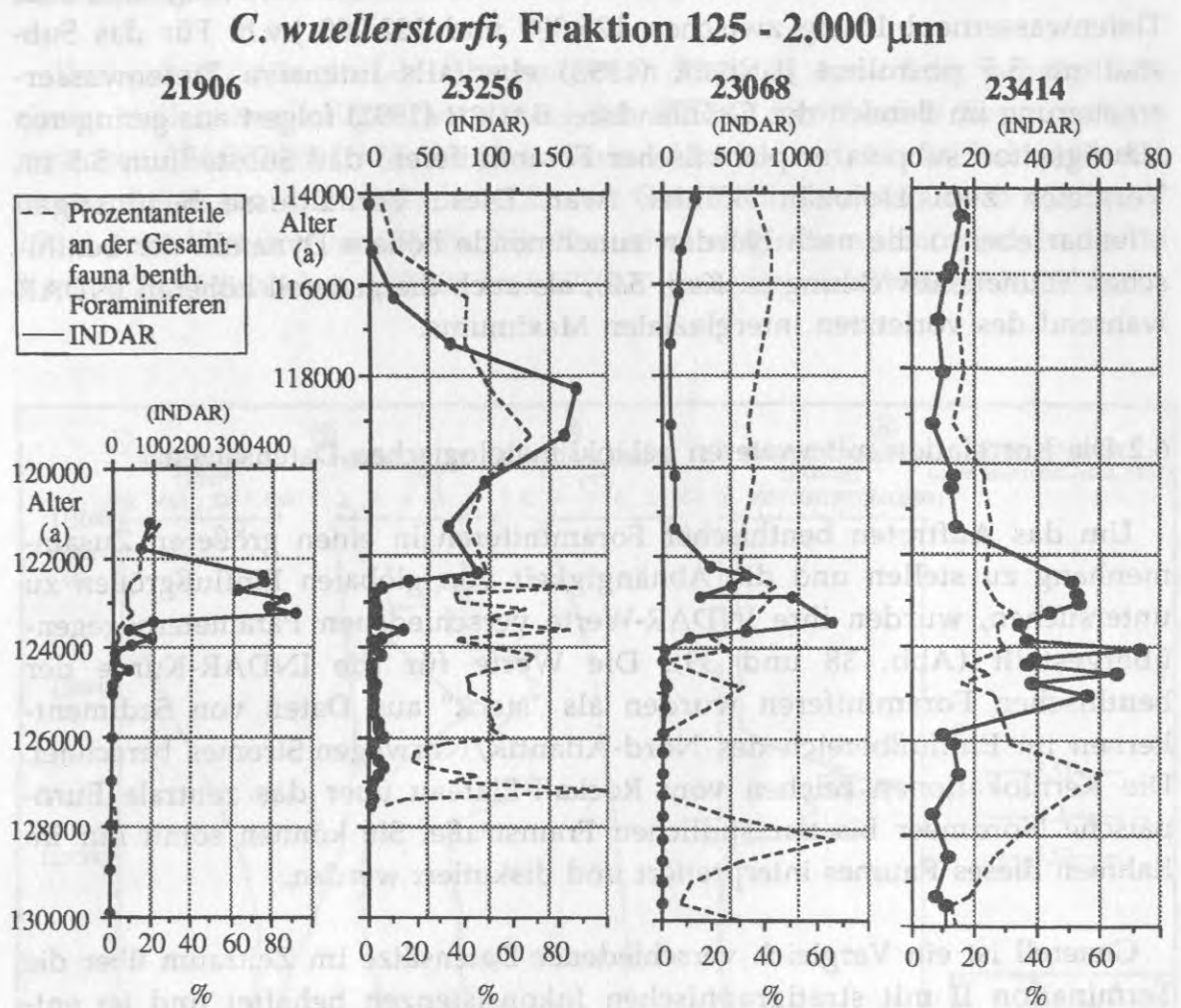
geringe Veränderung im Benthal hinweist. Dies wird von Tiefenwasserrekonstruktionen für das Holozän und das letzte Glazial im nord-östlichen Atlantik von MOYES *et al.* (1982) und CARALP (1987) bestätigt. Darüberhinaus unterstützen die geringen Variationen der INDAR und des prozentualen Anteils der Art *C. wuellerstorfi* in Kern 23414 (Abb. 36) diese Beobachtung. *C. wuellerstorfi* gilt als zuverlässiger Anzeiger für vorhandene Bodenströmungen und advektiven Lateraltransport organischer Substanz (LUTZE und THIEL 1989). Ebenso bestätigen sie die Ergebnisse von LABEYRIE *et al.* (1992), die für diesen Zeitraum für den Nordatlantik ein relativ warmes und gut durchlüftetes Tiefenwasser postulieren.

Die Akkumulationsraten benthischer Foraminiferen zeigen im Europäischen Nordmeer eine deutliche ozeanische Veränderung während glazial/interglazialer Übergänge an. Die zunächst geringen Werte während der glazialen Phase des Sauerstoff-Isotopen-Stadiums 2 sprechen für ruhige und stabile Verhältnisse im Benthal, verbunden mit einem stark verminderten Fluß organischer Substanz. Für das letzte glaziale Maximum um 18.000 J.v.h. postuliert KELLOGG (1980) eine ganzjährig geschlossene Eisdecke im Bereich der Norwegischen See, wobei jedoch ein geringes Maß an Primärproduktion für einen nahezu ununterbrochenen Partikelfluß organischer Substanz sorgt (CAREY 1987, ANDERSEN 1989). Insbesondere die kleineren Arten scheinen sehr sensibel auf geringe Veränderungen ihrer Umwelt zu reagieren und somit einer zumindest ganzjährigen Eisdecke zu widersprechen (Abb. 33). Kurzfristig erhöhte Einträge von Nahrungspartikeln, die sich teilweise mit regionalen Schmelzwasserereignissen korrelieren lassen, führen zu einem Anstieg der INDAR. Die beteiligte Fauna besteht aus endobenthischen, bzw. *t*-ubiquitären Arten. Laterale Partikeladvektion hat somit im nördlichen Europäischen Nordmeer während dieser Phase nur untergeordnet stattgefunden. Dagegen weisen geringe Vorkommen filtrierender Arten während eines solchen Ereignisses im östlichen Europäischen Nordmeer (Kerne 23059, 23062 und 23068) dort zumindest auf kurzfristig wirkende Bodenströmungen hin (s. Abb. 36). Ein intensiver Gasaustausch mit der Atmosphäre und somit eine meereisfreie Oberfläche wird von WEINELT (1993) aufgrund niedriger  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte für unwahrscheinlich erklärt. Die allmähliche Etablierung eines, dem rezenten vergleichbaren, anti-ästuarinen Strömungsmusters mit dem Einstrom warmen atlantischen Wassers in die östliche Norwegensee in der Zeit vor 12.400 J.v.h. wird für möglich gehalten. Der frühzeitige Zerfall des Barentssee-Eisschildes aufgrund eines massiven Meeresspiegelanstiegs (s. Abb. 38), wie von JONES und KEIGWIN (1988) postuliert, könnte ebenfalls mit den erhöhten INDAR benthischer Foraminiferen in Verbindung gebracht werden.

Vor dem massiven Anstieg der INDAR benthischer Foraminiferen zum zeittransgressiven älteren Maximums (s. Kap. 5.1) zeigen die Werte einen zunächst leichten und allmählichen Anstieg. Diese, bis zu 1.500 Jahre andauernde Phase kann als ein erstes Einsetzen erhöhter vertikaler Nährstoffflüsse ohne Lateraladvektion gedeutet werden. Erst das tatsächliche Erreichen der maximalen INDAR muß als eine Reaktion auf hydrographische Veränderungen während des beginnenden Einstromes warmer, atlantischer Wassermassen in die südöstliche Norwegische See (JANSEN und BJØRKLUND 1985) interpretiert werden. Aufgrund der faunistischen Zusammensetzung dürften diese Veränderungen zunächst in größerem Ausmaß die Oberflächenwassermassen betroffen haben. Der Anteil epibenthischer Arten zeigt allerdings auch eine schon vorhandene Tiefenzirkulation an.

Die folgende Phase einer deutlichen Stagnation der Akkumulationsraten wird, allerdings nur in geringer Siedlungsdichte, durch die Anwesenheit von agglutinierenden Formen dokumentiert. *C. wuellerstorfi* zeigt nahezu in allen Kernen einen Rückgang der INDAR bevor das zweite Maximum erreicht wird. Die hohen Gesamthäufigkeiten sowohl von Epibenthonten als auch Endobenthonten lassen auf optimale Lebensbedingungen und vor allem hohe Nahrungsversorgung während dieses Ereignisses schließen. Dies wird von NÜRNBERG (1991) bestätigt, der den Einstrom atlantischer Wassermassen mit erhöhten Nährstoffgehalten nachweist. Ein lateraler Transport organischer Partikel muß die gesamte Benthosfauna bestens versorgt haben. Der Rückgang der INDAR nach diesem Maximum auf "interglaziales" Niveau ist nicht eindeutig auf ein ozeanographisches Ereignis zurückzuführen. Die Oberflächenzirkulation des Europäischen Nordmeeres hat sich, zumindest nach dem Abbild in den stabilen Isotopen, seit ca. 9.000 J.v.h. nicht mehr verändert (WEINELT 1993). Aller Wahrscheinlichkeit nach haben sich die trophischen Verhältnisse nach dem jüngeren INDAR-Maximum durch eine Veränderung der Zooplanktongemeinschaft zuungunsten der Fußraten in das Benthos entwickelt.

Eine Rekonstruktion der paläo-ozeanographischen Entwicklung während des glazial/interglazialen Übergangs von Stadium 6 zu Stadium 5 ist nicht in entsprechender Auflösung wie zur Termination I möglich. Dennoch zeigen die INDAR benthischer Foraminiferen einen vergleichbaren Verlauf und lassen auf eine ähnliche ozeanographische Entwicklung schließen. Die glazialen Werte des Stadiums 6 liegen ebenfalls sehr niedrig. Das INDAR-Maximum ist ebenfalls zweiteilig, wobei das ältere Vorkommen höhere Werte aufweist. Das ältere INDAR-Maximum liegt bei den Kernen 21906, 23068 und 23414 jeweils ca. 1.000 bis 1.5000 Jahre vor dem Auftreten von *C. wuellerstorfi* (Abb. 37). Das von PAETSCH (1991) anhand eines Anstiegs des



**Abb. 37:** Die INDAR der Art *Cibicoides wuellerstorfi* in der Fraktion 125 - 2.000  $\mu\text{m}$  dargestellt im Vergleich mit dem prozentualen Anteil an der Gesamtfauuna im Verlauf über die Termination II.

Ti/Al-Verhältnisses interpretierte Neueinsetzen des Norwegenstromes zwischen 125.000 und 135.000 J.v.h. kann im benthischen Signal nachvollzogen werden. Die von DUPLESSY und SHACKLETON (1985) postulierte Tiefenwasserneubildung zwischen 127.000 und 122.000 J.v.h. kann aufgrund des hohen Anteils epibenthischen Arten während des älteren INDAR-Maximums erst ab ca 124.000 J.v.h. bestätigt werden. Dies entspricht auch den Ergebnissen von VOGELANG (1990), die erst ab diesem Zeitpunkt eine grundlegende Veränderung des ozeanischen Systems im Europäischen Nordmeere rekonstruiert hat. Ebenso postuliert BIRGISDÓTTIR (1991) einen sehr starken Einfluß von atlantischen Oberflächenwassermassen im westlichen Europäischen Nordmeer während des Substadiums 5.5. Insbesondere im Bereich der Norwegischen See schließt PAETSCH (1991) wegen einer drastischen Verringerung des Cd-Gehaltes, gemessen an Gehäusen von *C. wueller-*

*torfi*, im Tiefenwasser auf eine intensive vertikale Durchmischung und/oder Tiefenwasserneubildung zwischen 125.000 und 122.000 J.v.h. Für das Substadium 5.5 postuliert JÜNGER (1993) ebenfalls intensive Tiefenwassererneuerung im Bereich der Grönlandsee. BAUCH (1992) folgert aus geringeren Häufigkeiten subpolarer planktischer Foraminiferen, daß Substadium 5.5 im Vergleich zum Holozän "kühler" war. Diese Verhältnisse begünstigen offenbar ebenso die nach Norden zunehmende höhere Dynamik der benthischen Faunenentwicklung (s. Kap. 5.2), als auch die generell höheren INDAR während des vorletzten interglazialen Maximums.

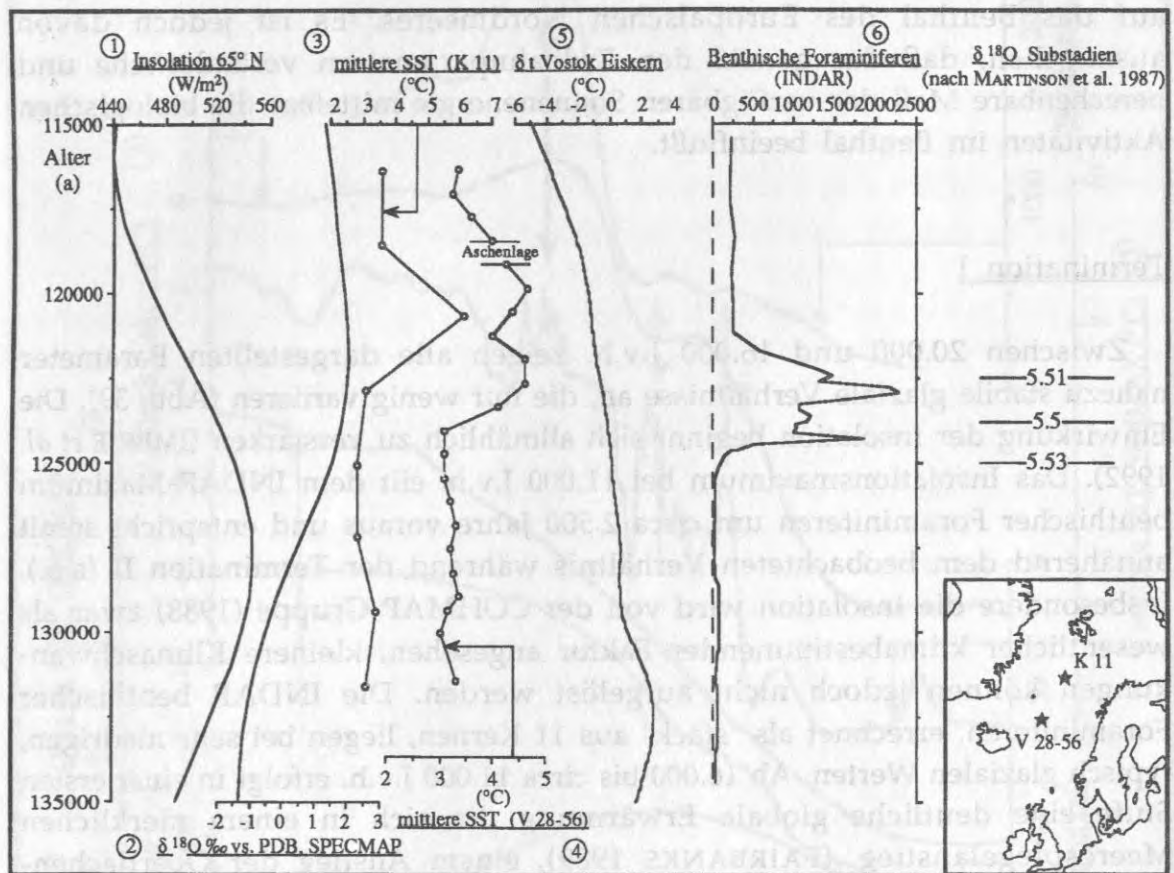
## 6.2 Die Korrelation mit weiteren paläoklimatologischen Datensätzen

Um das Auftreten benthischer Foraminiferen in einen größeren Zusammenhang zu stellen und die Abhängigkeit von globalen Einflußgrößen zu untersuchen, wurden ihre INDAR-Werte verschiedenen Parametern gegenübergestellt (Abb. 38 und 39). Die Werte für die INDAR-Kurve der benthischen Foraminiferen wurden als "stack" aus Daten von Sedimentkernen im Einflußbereich des Nord-Atlantik/Norwegen-Stromes berechnet. Die Kernlokationen reichen vom Rockall-Plateau über das zentrale Europäische Nordmeer bis zur südlichen Framstraße. Sie können somit nur im Rahmen dieses Raumes interpretiert und diskutiert werden.

Generell ist ein Vergleich verschiedener Datensätze im Zeitraum über die Termination II mit stratigraphischen Inkonsistenzen behaftet und ist entsprechend zu interpretieren. Ebenso verhindern diagenetische Prozesse und eine geringere stratigraphische Auflösung die Bestimmung und Erfassung kleinskaliger klimatischer Ereignisse. Die Ergebnisse der in Kap. 5 beschriebenen Beobachtungen können jedoch als Diskussionsgrundlage und erste Hinweise auf mögliche Zusammenhänge dienen. Die INDAR benthischer Foraminiferen, errechnet als "stack" aus vier Kernen, zeigen in den glazialen Verhältnissen des ausgehenden Stadiums 6 sehr geringe Werte und wenig Variation. Das Maximum der atmosphärischen Temperatur um 132.500 J.v.h., errechnet aus dem Vostok Eiskern (JOUZEL *et al.* 1993), hat im direkten Vergleich offensichtlich keinerlei Auswirkungen auf das Benthos. Allerdings ist die stratigraphische Korrelation des Vostok Eiskerns und weiterer terrestrischer Beobachtungen ("Devils Hole"-Bohrkern, WINOGRAD *et al.* 1992) im Vergleich mit der konventionellen, marinen  $\delta^{18}\text{O}$ -Stratigraphie noch im Fluß und wird derzeit diskutiert. DANSGAARD *et al.* (1993) vermuten die Ursache für den Zeitversatz im marinen Signal in klimatischen Instabilitäten und damit verbundenen Verzögerungen während des Abschmelzens der kontinentalen Eisschilde.

Termination II

Der glazial/interglaziale Übergang von Stadium 6 zu 5 ist geprägt von einem steilen zweiteiligen Maximum der INDAR benthischer Foraminiferen zwischen 124.000 und 122.000 J.v.h. Dieses Maximum kann zeitlich grob mit einem Ansteigen damaliger, errechneter Oberflächentemperaturen (CLIMAP 1984) korreliert werden (Abb. 38). Das zweiteilige Temperaturmaximum in Kern V 28-56 zwischen 120.000 und 125.000 J.v.h. ist aller Wahrscheinlichkeit



**Abb. 38:** Die Korrelation der INDAR-Werte benthischer Foraminiferen mit regionalen und globalen paläoklimatischen Datensätzen im Bereich der Termination II. Die INDAR-Maxima bei 124.200 und 122.700 Jahren vor heute korrelieren mit einem ersten Maximum errechneter Oberflächentemperaturen und dem Gipfel der  $\delta^{18}\text{O}$  SPECMAP Kurve.

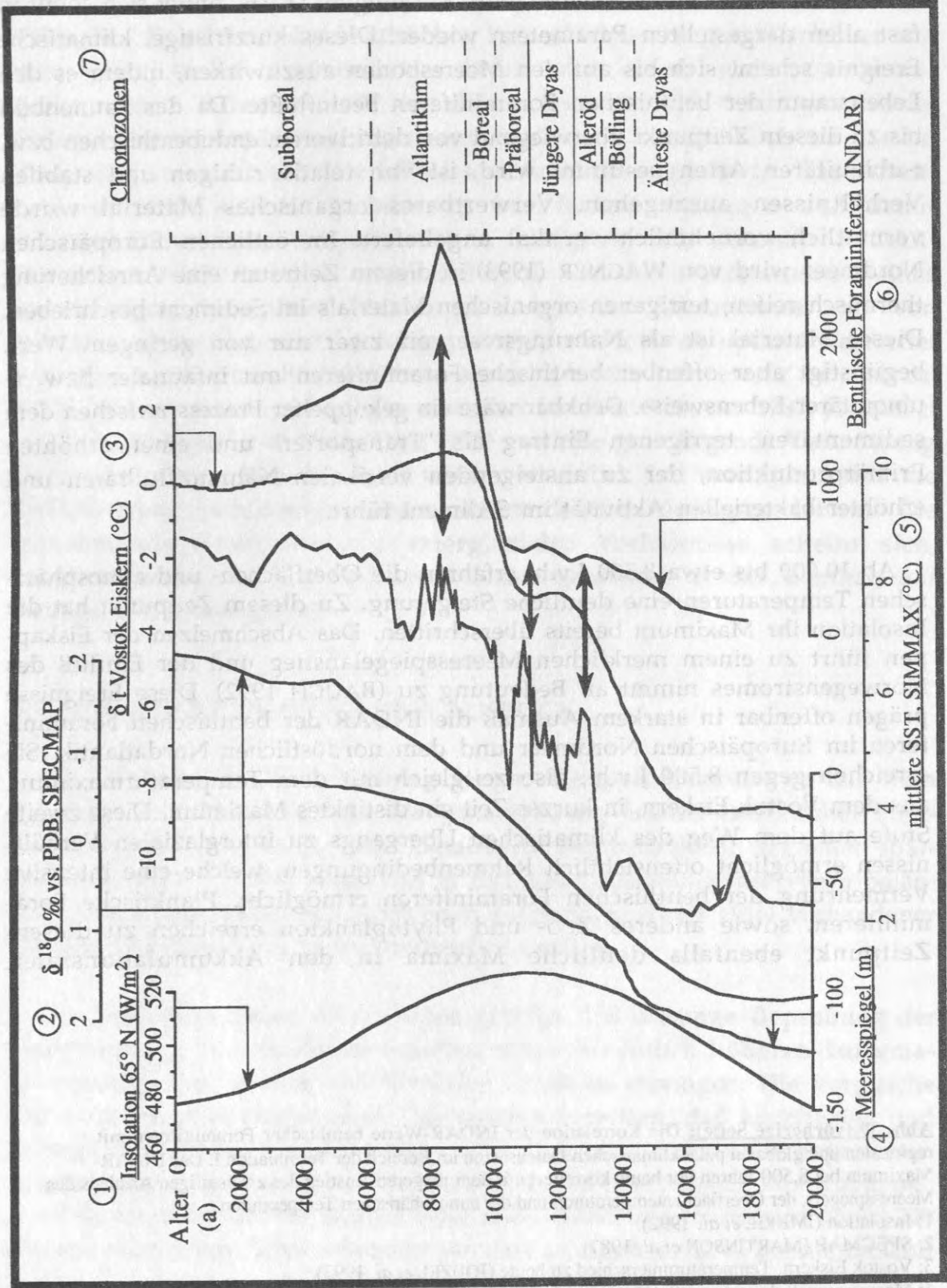
- 1: Insolation (IMBRIE *et al.* 1992).
- 2: SPECMAP (MARTINSON *et al.* 1987).
- 3: Mittlere Oberflächentemperatur (SST) an Kern K 11 (Daten: CLIMAP 1984, Stratigraphie: KELLOGG *et al.* 1978)
- 4: Mittlere Oberflächentemperatur (SST) an Kern V 28-56 (Daten: CLIMAP 1984, Stratigraphie: KELLOGG *et al.* 1978)
- 5: Vostok Eiskern, Temperaturunterschied zu heute (JOUZEL *et al.* 1993).
- 6: INDAR benthische Foraminiferen, errechnet als Stack aus 4 Kernen vom Rockall-Plateau bis zur Framstraße.

nach mit dem ebenfalls zweiteiligen INDAR-Maximum kohärent. Mögliche Zusammenhänge zwischen lokalen Oberflächentemperaturen und den Akkumulationsraten benthischer Foraminiferengehäuse sind bereits in Kapitel 5.3 diskutiert worden. Die beiden INDAR Maxima zeigen ebenfalls eine zeitliche Kohärenz mit dem Gipfel der leichten  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte der stark geglätteten SPECMAP Kurve (MARTINSON *et al.* 1987), der als interglaziales Substadium 5.5 interpretiert wird. Das Maximum der Insolation ist etwa 3.000 Jahre vor dem Gipfel des älteren INDAR-Maximums benthischer Foraminiferen erreicht (IMBRIE *et al.* 1992). Der energetische Einfluß der Sonneneinstrahlung zeigt somit offensichtlich keinen unmittelbaren Einfluß auf das Benthos des Europäischen Nordmeeres. Es ist jedoch davon auszugehen, daß das gemäß den Erdbahnparametern veränderliche und berechenbare Maß der verfügbaren Sonnenenergie mittelbar die biologischen Aktivitäten im Benthos beeinflusst.

#### Termination I

Zwischen 20.000 und 16.000 J.v.h. zeigen alle dargestellten Parameter nahezu stabile glaziale Verhältnisse an, die nur wenig variieren (Abb. 39). Die Einwirkung der Insolation beginnt sich allmählich zu verstärken (IMBRIE *et al.* 1992). Das Insolationsmaximum bei 11.000 J.v.h. eilt dem INDAR-Maximum benthischer Foraminiferen um circa 2.500 Jahre voraus und entspricht somit annähernd dem beobachteten Verhältnis während der Termination II (s.o.). Insbesondere die Insolation wird von der COHMAP Gruppe (1988) zwar als wesentlicher klimabestimmender Faktor angesehen, kleinere Klimaschwankungen können jedoch nicht aufgelöst werden. Die INDAR benthischer Foraminiferen, errechnet als "stack" aus 11 Kernen, liegen bei sehr niedrigen, typisch glazialen Werten. Ab 16.000 bis circa 11.000 J.v.h. erfolgt in einer ersten Stufe eine deutliche globale Erwärmung die sich in einem merklichen Meeresspiegelanstieg (FAIRBANKS 1989), einem Anstieg der Oberflächentemperaturen (SCHULZ Diss. in Vorb.) und der atmosphärischen Temperatur, errechnet aus dem Vostok Eiskern (JOUZEL *et al.* 1987b), dokumentiert. Diese erste Stufe des Übergangs vom Glazial zum Interglazial hat offensichtlich nur einen geringen Einfluß auf die INDAR benthischer Foraminiferen im Nordmeer. Zwischen 13.000 und 11.000 J.v.h. folgt mit dem Erreichen des Insolationsmaximums eine Phase der Stagnation, welche sowohl in den Temperaturen, dem Stand des Meeresspiegels als auch den benthischen Foraminiferen zu beobachten ist. Der leichte Rückgang der Temperaturen kann mit einer Unterbrechung des Meeresspiegelanstiegs korreliert werden (Abb. 39). Der allmähliche Anstieg der INDAR der Foraminiferen stagniert in





**Abb. 39:** Die Korrelation der INDAR-Werte benthischer Foraminiferen mit regionalen und globalen paläoklimatischen Datensätzen im Bereich der Termination I (Fortsetzung folgende Seite).

diesem Zeitraum. Dieser Zeitabschnitt, die Jüngere Dryas, findet sich somit in fast allen dargestellten Parametern wieder. Dieses kurzfristige, klimatische Ereignis scheint sich bis auf den Meeresboden auszuwirken, indem es den Lebensraum der benthischen Foraminiferen beeinflusste. Da das Faunenbild bis zu diesem Zeitpunkt überwiegend von detritivoren, endobenthischen bzw. *t*-ubiquitären Arten bestimmt wird, ist von relativ ruhigen und stabilen Verhältnissen auszugehen. Verwertbares organisches Material wurde vermutlich vornehmlich vertikal angeliefert. Im östlichen Europäischen Nordmeer wird von WAGNER (1993) in diesem Zeitraum eine Anreicherung thermisch reifen, terrigenen organischen Materials im Sediment beschrieben. Dieses Material ist als Nahrungsreservoir zwar nur von geringem Wert, begünstigt aber offenbar benthische Foraminiferen mit infaunaler bzw. *t*-ubiquitärer Lebensweise. Denkbar wäre ein gekoppelter Prozess zwischen dem sedimentären, terrigenen Eintrag als "Transporter" und einer erhöhten Primärproduktion, der zu ansteigenden vertikalen Nährstoffflußraten und erhöhter bakteriellen Aktivität im Sediment führt.

Ab 10.000 bis etwa 8.500 J.v.h. erfahren die Oberflächen- und atmosphärischen Temperaturen eine deutliche Steigerung. Zu diesem Zeitpunkt hat die Insolation ihr Maximum bereits überschritten. Das Abschmelzen der Eiskappen führt zu einem merklichen Meeresspiegelanstieg und der Einfluß des Norwegenstromes nimmt an Bedeutung zu (BAUCH 1992). Diese Ereignisse prägen offenbar in starkem Ausmaß die INDAR der benthischen Foraminiferen im Europäischen Nordmeer und dem nordöstlichen Nordatlantik. Sie erreichen gegen 8.500 J.v.h., also zeitgleich mit dem Temperaturmaximum aus dem Vostok Eiskern, in kurzer Zeit ein distinktes Maximum. Diese zweite Stufe auf dem Weg des klimatischen Übergangs zu interglazialen Verhältnissen ermöglicht offensichtlich Rahmenbedingungen, welche eine intensive Vermehrung der benthischen Foraminiferen ermöglicht. Planktische Foraminiferen, sowie anderes Zoo- und Phytoplankton erreichen zu diesem Zeitpunkt ebenfalls deutliche Maxima in den Akkumulationsraten

**Abb. 39 (vorherige Seite):** Die Korrelation der INDAR-Werte benthischer Foraminiferen mit regionalen und globalen paläoklimatischen Datensätzen im Bereich der Termination I. Das INDAR-Maximum bei 8.500 Jahren vor heute korreliert mit dem jüngeren Anstieg des zweistufigen Anstiegs des Meeresspiegels, der Oberflächentemperaturen und der atmosphärischen Temperaturen.

1: Insolation (IMBRIE *et al.* 1992).

2: SPECMAP (MARTINSON *et al.* 1987).

3: Vostok Eiskern, Temperaturunterschied zu heute (JOUZEL *et al.* 1993).

4: Meeresspiegelschwankung (FAIRBANKS 1989).

5: Oberflächentemperatur (SST), errechnet als Stack von 3 Kernen vom Rockall-Plateau bis zum Mohnsrücken (Daten von SCHULZ Diss. in Vorb.).

6: INDAR benthische Foraminiferen, errechnet als Stack aus 11 Kernen vom Rockall-Plateau bis zur Framstraße (Daten z. T. aus STRUCK 1992).

7: Chronozonen (MANGERUD 1974; FAIRBANKS 1990).

(BAUMANN 1990, KOÇ-KARPUZ und SCHRADER 1990, MATTHIEBEN 1991, BAUCH 1992). Das Faunenbild der benthischen Foraminiferen ist gekennzeichnet von den schon bisher vorhandenen Arten und einem nun neu hinzugekommenen hohen Anteil von Epibenthonten. Die hydrographische Situation im Europäischen Nordmeer hat sich wahrscheinlich zu diesem Zeitpunkt interglazialen Verhältnissen deutlich angenähert. Das Artenspektrum läßt auf die Etablierung von Bodenströmungen und damit verbunden intensive Lateraladvektion schließen. Das distinkte INDAR-Maximum 8.500 J.v.h. ist möglicherweise auf das "Aufbrauchen" eines kurzfristigen, intensiven Nahrungseintrages zurückzuführen, der von schnell reagierenden und hochangepaßten Foraminiferen optimal verwertet werden konnte. Obwohl die globale, atmosphärische Temperatur sich seit ca. 8.000 J.v.h. nur noch geringfügig verändert hat (DANSGAARD 1987, JOUZEL *et al.* 1987a, JOHNSEN *et al.* 1992, KERR 1993) und eine grundlegende Veränderung der hydrographischen Situation unwahrscheinlich ist, verringern sich die INDAR-Werte nach dem Maximum auf ein deutlich niedrigeres Niveau. Die zunehmende Konsolidierung interglazialer Verhältnisse scheint sich, möglicherweise durch verringerten Nahrungsexport in das Benthos, auf heutige Werte einzupegeln.

## 7.0 SCHLUßFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Die hochauflösende Beprobung langer Tiefseesedimentkerne aus dem Europäischen Nordmeer und die Untersuchung fossiler benthischer Foraminiferengehäuse erlaubte eine detaillierte Rekonstruktion schneller spätquartärer Klimaumschwünge. Das in den Mikrofossilien konservierte paläoklimatische Signal konnte zeitlich hoch aufgelöst und mit Hilfe vorhandener Datensätze präziser wie bisher beschrieben werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben gezeigt, daß die **enge Beprobung** der Sedimentkerne in 1 cm breite Scheiben einen wesentlich **höheren Informationsgehalt** über zeitlich veränderliche Variablen erbringen. Die Vergleiche mit weiteren paläoklimatischen Datensätzen beweisen, daß kurzfristige und geringe ökologische Veränderungen sich in fossilen Foraminiferengehäusen wiederfinden lassen. Unter Berücksichtigung offensichtlicher Bioturbations-, bzw. Umlagerungseffekte erlaubt diese hohe Auflösung im Bereich von  $\pm 200$  Jahren, kurzfristige Schwankungen sichtbar zu machen. Dies konnte anhand hoher Kohärenzen mit anderen hochauflösenden klimatischen Rekonstruktionen untermauert werden.

Sowohl Termination I als auch Termination II zeigen im Benthos ein **diskontinuierliches Signal des glazial/interglazialen Übergangs**: die Akkumulationsraten benthischer Foraminiferen besitzen im Glazial sehr geringe Werte. Nach einer Phase allmählicher Vermehrung wird in sehr kurzer Zeit das erste Maximum des **zweistufigen Übergangs** mit extrem hohen INDAR erreicht. Die Raten verringern sich wieder stark, bevor der zweite Gipfel erreicht wird. Danach vermindern sich die Akkumulationsraten auf kleinere Werte, die jedoch deutlich über glazialen Niveau liegen. Das ältere INDAR-Maximum zeigt im Vergleich der bearbeiteten Kerne ein deutlich **zeittransgressives** Auftreten während der Termination I. Die Distanz zwischen dem nördlichen Nordatlantik bis in die Framstraße wird mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von **0,78 km/y** in Richtung Norden überwunden.

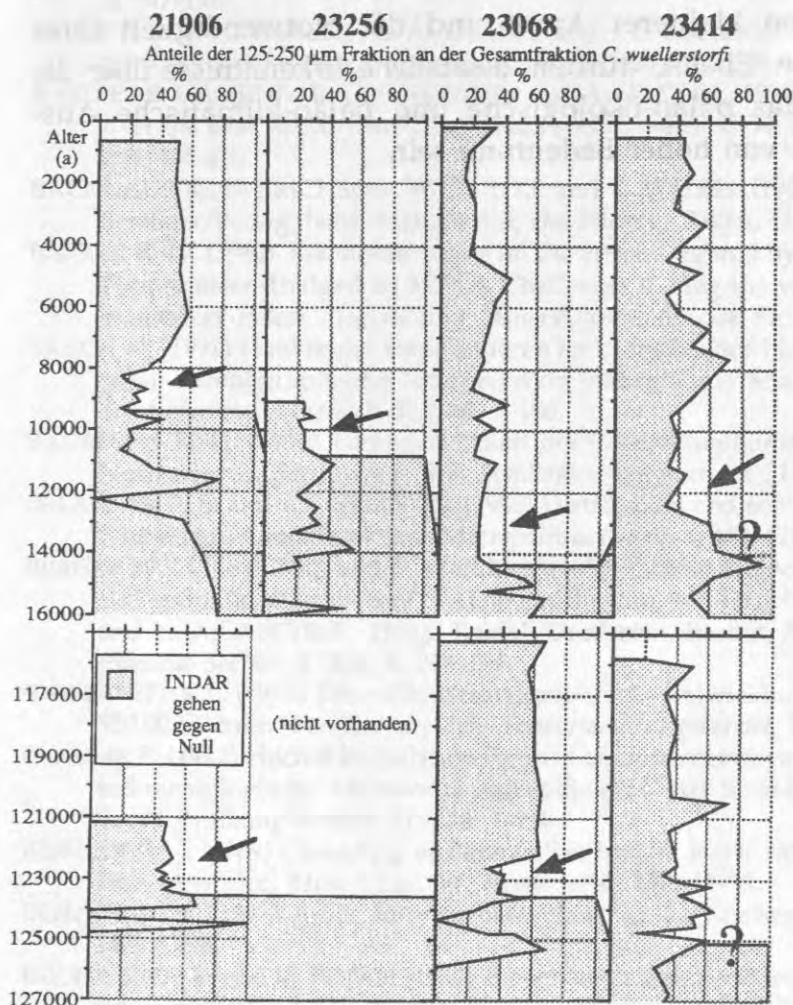
Die **quantitativen Untersuchungen** haben gezeigt, daß die absoluten Zuwachsraten sowohl eine zeitliche, als auch eine räumliche Komponente besitzen. Das Erreichen des ersten Maximums, in der Regel mit höchsten INDAR, geschieht während der Termination II in wesentlich kürzerer Zeit als zur Termination I. Diese **Dynamik** erfährt vom nördlichen Nordatlantik eine in die südliche Framstraße **exponentiell zunehmende Steigerung**. In dem nördlichsten Kern werden während der Termination II die höchsten INDAR in kürzester Zeit erreicht.

Der Vergleich mit errechneten **Oberflächentemperaturen** hat durch die enge Probandichte eine hohe zeitliche Kohärenz mit der Zunahme der INDAR benthischer Foraminiferen ergeben. Dies wird als Hinweis auf die **enge Koppelung** zwischen den ozeanischen Veränderungen im oberen Teil der Wassersäule und den Verhältnissen im Benthos gedeutet. Ebenso scheinen kurzfristige, regionale **Schmelzwasserereignisse** Auswirkungen bis zum Meeresboden zu haben. Entsprechende isotopisch identifizierte Oberflächenwassermassen treten zeitgleich mit einer Zunahme der endobenthischen und *t*-ubiquitären Foraminiferenfauna auf.

**Multivariate Analysemethoden** erlaubten den Vergleich und die Interpretation verschiedener Datensätze und ergaben interpretierbare Gruppierungen zwischen exogenen Parametern, Daten planktischer Organismen und den INDAR benthischer Foraminiferen. Im **Nordatlantik** zeigt sich während eines glazial/interglazialen Übergangs eine gedämpfte Resonanz des Benthos auf die klimatisch veränderten Oberflächenverhältnisse. Wohingegen im zentralen **Europäischen Nordmeer** verschiedene Arten benthischer Foraminiferen deutlich an die klimatisch bedingten Veränderungen in der Oberfläche gebunden sind.

Die hydrographischen Veränderungen im Europäischen Nordmeer während glazial/interglazialer Übergänge können vor allem anhand der Vorkommen der epibenthischen Foraminifere *C. wuellerstorfi* rekonstruiert werden. Während endobenthische und *t*-ubiquitäre Arten bereits hohe INDAR-Werte während des älteren Maximums erlangen, tritt *C. wuellerstorfi* erst während des jüngeren Maximums mit erhöhten Werten auf. Diese Tatsache wird als generell spätes Einsetzen einer lateralen Tiefenadvektion interpretiert. Abgesehen von kurzfristigen Vorkommen, die mit den ozeanischen Veränderungen durch regionale Schmelzwasserereignisse in Verbindung gebracht werden, werden für das Benthos bis zum Erreichen des jüngeren Maximums ruhige und stabile Verhältnisse postuliert. Die hydrographische Modifikation der Tiefenwasserverhältnisse erfolgt von Süden nach Norden zeitlich versetzt.

Anhand eines Vergleichs zwischen dem quantitativen Auftreten benthischer Foraminiferen und weiteren paläoklimatischen Datensätzen

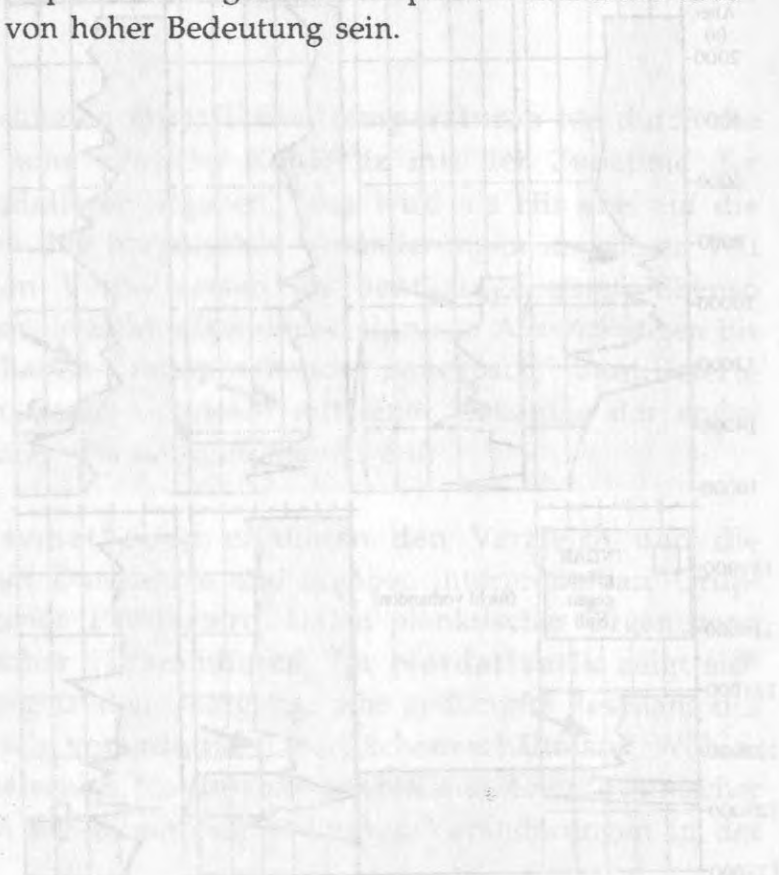


**Abb. 40:** Die prozentualen Anteile der Fraktion 125 - 250 µm an der Gesamtfraction 125 - 2.000 µm bei der Art *Cibicidoides wuellerstorfi*. Während der Phase der INDAR-Maxima verringern sich die prozentualen Anteile der kleineren Fraktion in allen Kernen (s. Pfeile).

konnte eine mittelbare Abhängigkeit des Benthos von klimatischen Veränderungen gezeigt werden. Die hohe zeitliche Kohärenz von INDAR-Maximum und Klimaverbesserungen unterstreicht die Bedeutung paläoklimatischer Rekonstruktionen aus fossilen benthischen Foraminiferengehäusen.

Die Untersuchung der benthischen Foraminiferenfauna in zwei Fraktionen hat ergeben, daß innerartspezifisch während glazial/interglazialer Übergänge Größenvariationen auftreten. Abb. 40 zeigt die Entwicklung der 125 - 250 µm Fraktion im Vergleich zu der Gesamtfraktion von *C. wuellerstorfi*. Während der INDAR-Maxima verringert sich in allen Kernen aus dem Europäischen Nordmeer der Anteil der kleineren Gehäuse.

Die Bedeutung der Gehäusegröße von fossilen Foraminiferen für ökologische und klimatische Rekonstruktionen ist noch wenig geklärt. Einen Zusammenhang zwischen der Gehäusegröße und -morphologie und verfügbaren organischen Materials hat CARALP (1989) für die Art *Melonis barleeanum* untersucht. Weiterhin hat SCHRÖDER (1987) bereits auf die Relevanz der Vorkommen kleinerer Arten und die Notwendigkeit ihrer Untersuchung hingewiesen. Ebenso dürften zusätzliche Erkenntnisse über die Erhaltungsfähigkeit für das paläo-ökologische und paläo-klimatische Aussagepotential dieser Arten von hoher Bedeutung sein.



## 8.0 LITERATUR

- AAGAARD K., E. FAHRBACH, J. MEINCKE and J. H. SWIFT (1991) Saline outflow from the Arctic Ocean: its contribution to the Deep Waters of the Greenland, Norwegian, and Iceland Seas. *Journal of Geophysical Research*, **96/C11**, 20.433-20.441.
- ALTENBACH A. V. (1985) *Die Biomasse der benthischen Foraminiferen - Auswertungen von "Meteor" - Expeditionen im östlichen Nordatlantik*. Unveröffentlichte Dissertation, Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Kiel, 168 S.
- ALTENBACH A. V. (1992) *Verteilungsmuster benthischer Foraminiferen im Arktischen Ozean und in glazialen und interglazialen Sedimenten des Europäischen Nordmeeres*. Habilitationsschrift, mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Kiel, 111 S.
- ALTENBACH A. V., T. HEEGER, P. LINKE, M. SPINDLER und A. THIES (1993) *Miliolinella subrotunda* (Montagu), a miliolid foraminifer building large detritic tubes for a temporary epibenthic lifestyle. *Marine Micropaleontology*, **20**, 293-301.
- ALTENBACH A. V., G. F. LUTZE and P. WEINHOLZ (1987) Beobachtungen an Benthos-Foraminiferen (Teilprojekt A3). *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **6**, 1-86.
- van ANDEL T. H., G. R. HEATH and T. C. MOORE (1975) Cenozoic history and paleoceanography of the central equatorial Pacific. *Geological Society of America Memoirs*, **143**, 1-134.
- ANDERSEN O. G. N. (1989) Primary production, chlorophyll, light, and nutrients beneath the Arctic sea ice. In: *The Arctic Seas*, Y. HERMAN, Hrsg., Reinhold van Nostrand, New York, S. 147-191.
- ASPER V. L., W. G. DEUSER, G. A. KNAUER and S. E. LOHRENZ (1992) Rapid coupling of sinking particle fluxes between surface and deep ocean waters. *Nature*, **357**, 670-672.
- BARD E., B. HAMELIN, R. G. FAIRBANKS and A. ZINDLER (1990) Calibration of the <sup>14</sup>C timescale over the past 30.000 years using mass spectrometric U-Th ages from Barbados corals. *Nature*, **345**, 405-410.
- BACKHAUS K., B. ERICHSON, W. PLINKE and R. WEIBER (1990) *Multivariate Analysemethoden*. Springer Verlag; New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, 416 S.
- 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. *Society of economical Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, **9**, 238 S.
- BAUCH H. (1992) Planktische Foraminiferen im Europäischen Nordmeer - ihre Bedeutung für die paläo-ozeanographische Interpretation während der letzten 600.000 Jahre. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **40**, 1-108.
- BAUMANN K.-H. (1990) Veränderlichkeit der Coccolithophoridenflora des Europäischen Nordmeeres. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **22**, 1-146.
- BELANGER P. E. and S. S. STREETER (1980) Distribution and ecology of benthic foraminifera in the Norwegian-Greenland Sea. *Micropaleontology*, **5**, 401-428.
- BERGER W. H., S. BURKE and E. VINCENT (1987) Glacial-Holocene transition: climate pulsations and sporadic shutdown of NADW production. In: *Abrupt Climatic Change*, W. H. BERGER and L. D. LABEYRIE, Hrsg., Reidel, Dordrecht, Boston, NATO ASI Series, *Mathematical and Physical Section*, **C 216**, S. 279-298.
- BIRGISDÓTTIR L. (1991) Die paläo-ozeanographische Entwicklung der Islandsee in den letzten 550.000 Jahren. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **34**, 1-186.
- BLAUME F. (1992) Hochakkumulationsgebiete am norwegischen Kontinentalhang: sedimentologische Abbilder topographie-geführter Strömungsmuster. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **36**, 1-150.
- BLINDHEIM J. (1989) Cascading of Barents Sea bottom water into the Norwegian Sea. *Rapports et Procès-Verbaux, Rèun. Cons. int. Explor. Mer*, **188**, 49-58.
- BLINDHEIM J. (1990) Arctic Intermediate Water in the Norwegian Sea. *Deep-Sea Research*, **37/9**, 1475-1489.
- BOLTOVSKOY E. and V. TOTAH (1992) Preservation index and preservation potential of some foraminiferal species. *Journal of Foraminiferal Research*, **22**, 267-273.

- 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. (1987) The biggest chill. *Natural History Magazine*, 97, 74-82.
- BROECKER W. S. (1991) The great ocean conveyor. *Oceanography*, 4(2), 79-89.
- BROECKER W. S., M. ANDREE, W. WOLFLI, H. OESCHGER, G. BONANI, J. KENNETT and D. PETEET (1988) The chronology of the last deglaciation: implications to the cause of the Younger Dryas event. *Paleoceanography*, 3/1, 1-19.
- CARALP M. H. (1987) Deep-sea circulation in the northeastern Atlantic over the past 30.000 years: the benthic foraminiferal record. *Oceanologica Acta*, 10, 27-40.
- CARALP M. H. (1989) Size and morphology of the benthic foraminifers *Melonis barleeanum*. Relationship with marine organic matter. *Journal of Foraminiferal Research*, 19(3), 235-245.
- CAREY A. G. (1987) Particle flux beneath fast sea ice in the shallow southwest Beaufort Sea, Arctic Ocean. *Marine Ecological Progressive Series*, 40, 247-257.
- CARMACK E. C. (1990) Large-Scale Physical Oceanography of Polar Oceans. In: *Polar Oceanography*, W. O. SMITH jr., Hrsg., Academic Press, San Diego, New York, Boston, S. 171-222.
- CHAPPELL J. and N. J. SHACKLETON (1986) Oxygen isotopes and sea level. *Nature*, 324, 137-140.
- CLARKE R. A., J. H. SWIFT, J. L. REID and K. P. KOLTERMANN (1990) The formation of Greenland Sea Deep Water: double diffusion or deep convection? *Deep-Sea Research*, 37/5, 1385-1424.
- CLIMAP Project Members (1984) The Last Interglacial Ocean. *Quaternary Research*, 21, 123-224.
- COHMAP Members (1988) Climatic changes of the last 18.000 years: Observations and model simulations. *Science*, 241, 1043-1052.
- CORLISS B. H. (1979 a) Recent deep-sea benthonic foraminiferal distributions in the southeast Indian Ocean: inferred bottom-water routes and ecological implications. *Marine Geology*, 31, 115-138.
- CORLISS B. H. (1979 b) Taxonomy of recent deep-sea benthonic foraminifera from the southeast Indian Ocean. *Micropaleontology*, 25(1), 1-19.
- CORLISS B. H. and S. HONJO (1981) Dissolution of deep-sea benthonic foraminifera. *Micropaleontology*, 27, 356-378.
- CUSHMAN J. A. (1910) A monograph of the Foraminifera in the North Pacific Ocean. Part I: Astorhizidae and Lituolidae. *Smithsonian Institution of the U.S. National Museum, Bulletin*, 71(1), 1-134.
- CUSHMAN J. A. (1911) A monograph of the foraminifera of the North Pacific Ocean, Part II, Textulariidae. *Smithsonian Institution of the U.S. National Museum, Bulletin*, 71(2), 108 S.
- CUSHMAN J. A. (1917) A monograph of the foraminifera of the North Pacific Ocean, Part VI, Miliolidae. *Smithsonian Institution of the U.S. National Museum, Bulletin*, 71(6), 108 S.
- CUSHMAN J. A. (1923) The Foraminifera of the Atlantic Ocean. Part IV: Lagenidae. *Smithsonian Institution of the U.S. National Museum, Bulletin*, 104(4), 1-228.
- CUSHMAN J. A. (1931) The Foraminifera of the Atlantic Ocean. Part VII: Rotaliidea, Amphisteginidae, Calcarinidae, Cymbaloporettidae, Globorotalidae, Anomalinidae, Planorbulinidae, Rupertinidae and Homotremidae. *Smithsonian Institution of the U.S. National Museum, Bulletin*, 104(8), 1-179.
- CHAPMAN F. and W. J. PARR (1937) Foraminifera. Australasian Antarctic Expedition 1911-1914. *Scientific Reports Series, C*, 1(2), 190 S.
- DALFES H. N. (1987) Detection of abrupt changes in deep-sea sediment cores: the forward problem. In: *Abrupt Climatic Change*, W. H. BERGER and L. D. LABEYRIE, Hrsg., Reidel, Dordrecht, Boston, *NATO ASI Series, Mathematical and Physical Section, C* 216, 357-363.
- DANSGAARD W. (1987) Ice core evidence of abrupt climatic changes. In: *Abrupt Climatic Change*, W. H. BERGER and L. D. LABEYRIE, Hrsg., Reidel, Dordrecht, Boston, *NATO ASI Series, Mathematical and Physical Section, C* 216, 223-234.
- DANSGAARD W., S. J. JOHNSEN, H. B. CLAUSEN, D. DAHL-JENSEN, N. S. GUNDESTRUP, C. U. HAMMER, C. S. HVIDBERG, J. P. STEFFENSEN, A. E. SVEINBJÖRNSDÓTTIR, J. JOUZEL and G. BOND (1993) Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature*, 364, 218-220.
- DETTMER A. (1993) *Diatomeen-Taphozöosen als Anzeiger paläo-ozeanographischer Entwicklungen im pliozänen und quartären Nordatlantik*. Unveröffentlichte Dissertation, GEOMAR, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 113 S.



- DICKSON R. R., E. M. GMITROWICZ and A. J. WATSON (1990) Deep-water renewal in the northern North Atlantic. *Nature*, **344**, 848-850.
- DUPLESSY J. C., G. DELIBRIAS, J. C. TURON, C. PUJOL and J. DUPRAT (1981) Deglacial warming of the Northeastern Atlantic Ocean: correlation with the paleoclimatic evolution of the European continent. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **35**, 121-144.
- DUPLESSY J. C., L. LABEYRIE, M. ARNOLD, M. PATERNE, J. DUPRAT and T. C. E. van WEERING (1992) Changes in surface salinity of the North Atlantic Ocean during the last deglaciation. *Nature*, **358**, 485-487.
- DUPLESSY J. C. and N. J. SHACKLETON (1985) Response of global deep-water circulation to Earth's climate change 135.000 - 107.000 years ago. *Nature*, **316**, 500-507.
- EHRMANN W. and J. THIEDE (1985) History of Mesozoic and Cenozoic sediment fluxes to the North Atlantic Ocean. *Contributions to Sedimentology*, **15**, 1-109.
- FAIRBANKS R. G. (1989) A 17.000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, **342**, 637-642.
- FAIRBANKS R. G. (1990) The age and origin of the "Younger Dryas climate event" in Greenland ice cores. *Paleoceanography*, **5/6**, 937-948.
- FEYLING-HANSEN R. W., J. A. JOERGENSEN, K. L. KNUDSEN and A.-L. L. ANDERSEN (1971) Late Quaternary Foraminifera from Vendsyssel, Denmark and Sandnes, Norway. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **21**, 67-317.
- GALLOWAY J. J. and S. G. WISSLER (1927) Pleistocene foraminifera from the Lomita Quarry, Palos Verdes Hills, California. *Journal of Paleontology*, **1**, 35-87.
- GERLACH S. A., A. E. HAHN and M. SCHRAGE (1985) Size spectra of benthic biomass and metabolism. *Marine Ecology Progress Series*, **26**, 161-173.
- GERLACH S. A., J. THIEDE, G. GRAF and F. WERNER (1986) Forschungsschiff METEOR, Reise 2 vom 19. Juni bis 16. Juli 1986. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **4**, 1-140.
- GOODAY A. J. (1986) Meiofaunal foraminiferans from the bathyal Porcupine Seabight (NE-Atlantic): Size structure, standing stock, taxonomic composition, species diversity and vertical distribution in the sediment. *Deep Sea Research*, **33(10)**, 1345-1373.
- GOODAY A. J. (1988) A response by benthic Foraminifera to the deposition of phytodetritus in the deep sea. *Nature*, **332**, 70-73.
- GOODAY A. J. and P. J. D. LAMBSHEAD (1989) Influence of seasonally deposited phytodetritus on the benthic foraminiferal populations in the bathyal northeast Atlantic: the species response. *Marine Ecology Progress Series*, **58**, 53-67.
- GONZALES-DONOSO J. M. and D. LINARES (1970) Datos sobre los foraminiferos del Tortonense de Alcala la Real. *Revista España de Micropaleontología*, **2(3)**, 235-242.
- GRAF G. (1989) Benthic-pelagic coupling in a deep-sea benthic community. *Nature*, **341**, 437-43.
- GREEN E. (1960) Ecology of some arctic Foraminifera. *Micropaleontology*, **6(1)**, 57-78.
- GRIP (GREENLAND ICE-CORE PROJECT) MEMBERS (1993) Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core. *Nature*, **364**, 203-207.
- HAAKE F. W. (1962) Untersuchungen an der Foraminiferen-Fauna im Wattgebiet zwischen Langeoog und dem Festland. *Meyniana*, **12**, 25-64.
- 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., H. ERLLENKEUSER and U. PFLAUMANN (1990) *Pullenia bulloides* (ORBIGNY) in Sediments of the Norwegian/Greenland Sea and the Northeastern Atlantic Ocean: Paleo-Oceanographic Evidence. In: *Studies in Benthic Foraminifera*, BENTHOS '90, Tokai University Press, Sendai, Japan, S. 235-244.
- HAAKE F. W. and U. PFLAUMANN (1989) Late Pleistocene foraminiferal stratigraphy on the Voering Plateau, Norwegian Sea. *Boreas*, **18**, 343-356.
- HALD M. and T. VORREN (1987) Foraminiferal stratigraphy and environment of Late Weichselian deposits on the continental shelf off Troms, Northern Norway. *Marine Micropaleontology*, **12**, 129-160.
- HAMICH A. (1991) *Sedimentäre Untersuchungen eines Kernes (GIK 21906-2) der Grönlandsee*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Geol.-Pal. Institut und Museum, Univ. Kiel, Kiel, 78 S.
- HAYWARD B. and M. A. BUZAS (1979) Taxonomy and Paleoecology of Early Miocene benthic foraminifera of North New Zealand and the North Tasman Sea. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, **36**, 154 S.

- HEEGER T. (1990) Elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Ernährungsbiologie benthischer Foraminiferen. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **21**, 1-139.
- HEINZE C., P. SCHLOSSER, K. P. KOLTERMANN and J. MEINCKE (1990) A tracer study of the deep water renewal in the European polar seas. *Deep-Sea Research*, **37/9**, 1425-1453.
- HENRICH R. (1992) *Beckenanalyse des Europäischen Nordmeeres: Pelagische und glaziomarine Sedimentflüsse im Zeitraum 2,6 Ma bis rezent.* - Habilitationsschrift, mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Kiel, 345 S.
- HERB R. (1971) Distribution of recent benthonic foraminifera in the Drake Passage. In: *Biology of the Antarctic Seas IV*, G. A. LLANO and J. E. WALLEN, Hrsg., *Antarctic Research Series*, **17**, 251-300.
- HERGUERA J. C. (1992) Deep-sea benthic foraminifera and biogenic opal: Glacial to postglacial productivity changes in the western equatorial Pacific. *Marine Micropaleontology*, **19**, 79-98.
- HERGUERA J. C. and W. H. BERGER (1991) Paleoproductivity from benthic foraminifera abundance: glacial to postglacial change in west-equatorial Pacific. *Geology*, **19**, 1173-1176.
- HERON-ALLEN E. and A. EARLAND (1930) The Foraminifera of the Plymouth district. I and II. *Royal Microscopical Society of London, Journal, Series 3/50*, 161-199.
- HIRSCHLEBER H., F. THEILEN, W. BALZER, B. von BODUNGEN and J. THIEDE (1988, Hrsg.) Forschungsschiff METEOR, Reise 7 vom 1. Juni bis 28. September 1988. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **10**, 1-358.
- HÖGLUND H. (1947) Foraminifera in the Gullmar Fjord and the Skagerrak. *Zool. Bidrag Uppsala*, **26**, 1-328.
- HOLLER P. and H. KASSENS (1989) Sedimentphysikalische Eigenschaften aus dem Europäischen Nordmeer (Datenreport F.S. Meteor, Reise 7). *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **15**, 1-61.
- IMBRIE J., E. A. BOYLE, S. C. CLEMENS, A. DUFFY, W. R. HOWARD, G. KUKLA, J. KUTZBACH, D. G. MARTINSON, A. MCINTYRE, A. C. MIX, B. MOLFINO, J. J. MORLEY, L. C. PETERSON, N. G. PISIAS, W. L. PRELL, M. E. RAYMO, N. J. SHACKLETON and J. R. TOGGWEILER (1992) On the structure and origin of major glaciation cycles. 1. Linear responses to Milankovitch forcing. *Paleoceanography*, **7/6**, 701-738.
- IMBRIE J., J. G. HAYS, D. G. MARTINSON, A. MCINTYRE, A. C. MIX, J. J. MORLEY, N. G. PISIAS, W. L. PRELL and N. J. SHACKLETON (1984) The orbital theory of Pleistocene climates: Support from a revised chronology of the marine  $\delta^{18}\text{O}$  record. In: *Milankovitch and Climate*, A. L. BERGER, J. IMBRIE, J. G. HAYS, G. KUKLA and B. SALZMAN, Hrsg., Reidel, Hinham, S. 269-305.
- JANSEN E. and K. R. BJØRKLUND (1985) Surface circulation in the Norwegian Sea, 15.000 B.P. to present. *Boreas*, **14**, 243-257.
- JANSEN E. and T. VEUM (1990) Evidence for two-step deglaciation and its impact on North Atlantic deep water circulation. *Nature*, **343**, 612-616.
- JOBSON J. D. (1992) *Applied multivariate data analysis*. Springer Verlag; New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, 731 S.
- JOHANNESSEN O. M. (1986) Brief overview of the physical oceanography. In: *The Nordic Seas*. B. G. HURDLE, Hrsg., Springer Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, S. 103-127.
- JOHNSEN S. J., H. B. CLAUSEN, W. DANSGAARD, K. FUHRER, N. GUNDESTRUP, C. U. HAMMER, P. IVERSEN, J. JOUZEL, B. STAUFFER and J. P. STEFFENSEN (1992) Irregular glacial interstadials recorded in a new Greenland ice core. *Nature*, **359**, 311-313.
- JOHNSON R. F. (1980) *One-centimeter Stratigraphy in Foraminiferal Ooze: Theory and Practice*. Unveröffentlichte Dissertation, University of California, San Diego, Scripps Institution of Oceanography reference number 80-18, 202 S.
- JONES G. A. and L. D. KEIGWIN (1988) Evidence from Fram Strait (78° N) for early deglaciation. *Nature*, **336**, 56-59.
- JORISSEN F. J. (1987) The distribution of benthic Foraminifera in the Adriatic Sea. *Marine Micropaleontology*, **12**, 21-48.
- JOUZEL J., N. I. BARKOV, J. M. BARNOLA, M. BENDER, J. CHAPPELLAZ, C. GENTHON, V. M. KOTLYAKOV, V. LIPENKOV, C. LORIUS, J. R. PETIT, D. RAYNAUD, G. RAISBECK, C. RITZ, T. SOWERS, M. STIEVENARD, F. YIOU and P. YIOU (1993) Extending the Vostok ice-core record of palaeoclimate to the penultimate glacial record, *Nature*, **364**, 407-412.

- JOUZEL J., C. LORIS, L. MERLIVAT and J.-R. PETIT (1987a) Abrupt climatic changes: the Antarctic ice record during the Late Pleistocene. In: *Abrupt Climatic Change*, W. H. BERGER and L. D. LABEYRIE, Hrsg., Reidel, Dordrecht, Boston, NATO ASI Series, Mathematical and Physical Section, C 216, S. 235-246.
- JOUZEL J., C. LORIS, J.-R. PETIT, C. GENTHON, N. I. BARKOV, V. M. KOTLYAKOV and V. M. PETROV (1987b) Vostok ice core: a continuous isotope temperature record over the last climatic cycle (160.000 years). *Nature*, 329, 403-408
- JÜNGER B. (1993) *Paläozeanographie in der Grönlandsee während der letzten 340.000 Jahre: Einfluß von Schmelzwasser und Eisbedeckung auf die Tiefenwassererneuerung*. Unveröffentlichte Dissertation, GEOMAR, Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- JUNG S. J. A. (in Vorb.) *Der Wassermassenaustausch zwischen Norwegisch-Grönländischer See und Nordatlantik im Spätquartär - hochauflösende  $\delta^{18}\text{O}$ -Zeitreihen*. Unveröffentlichte Dissertation, Sonderforschungsbereich 313, Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- KASSENS H. (1990) Verfestigte Sedimentlagen und seismische Reflektoren: Frühdiagenese und Paläo-Ozeanographie in der Norwegischen See. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, 24, 1-117.
- KELLOGG T. B. (1980) Paleoclimatology and paleo-oceanography of the Norwegian and Greenland seas: glacial-interglacial contrasts. *Boreas*, 9, 115-137.
- KELLOGG T. B., J. C. DUPLESSY and N. J. SHACKLETON (1978) Planktonic foraminiferal and oxygen isotopic stratigraphy and paleoclimatology of Norwegian Sea deep-sea cores. *Boreas*, 7, 61-73.
- KERR R. A. (1993) How ice age climate got the shakes. *Science*, 260, 890-892.
- KOÇ-KARPUZ N. and E. JANSEN (1992) A high-resolution diatom record of the last deglaciation from the SE Norwegian Sea: documentation of rapid climatic changes. *Paleoceanography*, 7/4, 499-520.
- KOHL A. (in Vorb.) *Aktuopaläontologische Untersuchungen zur Verbreitung und Vertikalfluß von Diatomeen sowie ihre raumzeitliche Entwicklung im Jungquartär*. - Unveröffentlichte Dissertation, Sonderforschungsbereich 313, Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- KOLTERMANN K. (1987) *Die Tiefenzirkulation der Grönlandsee als Folge des thermohalinen Systems des Europäischen Nordmeeres*. Unveröffentlichte Dissertation, Univ. Hamburg, Hamburg, 287 S.
- KOVACH W. L. (1988) Multivariate methods of analyzing paleoecological data. In: *Methods and applications of plant paleoecology*, W. A. DIMICHELE and S. L. WING, Hrsg., *The Paleontological Society Special Publication*, 3, 72-104.
- LABEYRIE L. D., J. C. DUPLESSY, J. DUPRAT, A. JUILLET-LECLERC, J. MOYES, E. MICHEL, N. KALLEL and N. SHACKLETON (1992) Changes in the vertical structure of the North Atlantic Ocean between glacial and modern times. *Quaternary Science Review*, 11, 401-413.
- LAGOE M. B. (1977) Recent benthic foraminifera from the Central Arctic Ocean. *Journal of Foraminiferal Research*, 7(2), 106-129.
- LAGOE M. B. (1979) Recent benthonic foraminiferal biofacies in the Arctic Ocean. *Micropaleontology*, 25, 214-224.
- LARSEN A. R. (1982) Foraminifera from off the West Coast of Africa. *Atlantide Reports*, Copenhagen, 13, 49-149.
- LEROY D. O. and K. A. HODGKINSON (1975) Benthonic foraminifera and some Pteropoda from a deep-water dredge sample, northern Gulf of Mexico. *Micropaleontology*, 21(4), 420-447.
- LINKE P. (1986) *Biomasse und Stoffwechsel-Leistungen benthischer Foraminiferen*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Kiel; Kiel.
- LINKE P. (1989) Lebendbeobachtungen und Untersuchungen des Energiestoffwechsels benthischer Foraminiferen aus dem Europäischen Nordmeer. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, 18, 1-123.
- LINKE P. and G. F. LUTZE (1992) Microhabitat preferences of benthic foraminifera - a static concept or a dynamic adaption to optimize food acquisition? *Marine Micropaleontology*, 20, 215-234.
- LIPPS J. H. (1983) Biotic Interactions in Benthic Foraminifera. In: *Biotic Interactions in Recent and Fossil Benthic Communities*, M. J. S. TEVESZ and P. L. MCCALL, Hrsg., Plenum Press, New York, London, S. 331-376.
- LOEBLICH A. R. and H. TAPPAN (1953) Studies of Arctic Foraminifera. *Smithsonian Miscellaneous Collection*, 121(7), 1-150.

- LOEBLICH A. R. and H. TAPPAN (1964) Sarcodina, chiefly "Thecamoebians" and Foraminiferida. In: *Treatise on Invertebrate Paleontology*, R. C. MOORE, Hrsg., Geological Society of America and University of Kansas Press, Kansas, **Part C. Protista**, 2, I-II, 900 S.
- LOEBLICH A. R. and H. TAPPAN (1988) *Foraminiferal genera and their classification*. Van Norstrand Reinholdy, New York, 2 Bände, 970 S.
- LOHMANN G. P. (1978) Abyssal benthonic Foraminifera as hydrographic indicators in the western South Atlantic. *Journal of Foraminiferal Research*, **8**, 6-34.
- LUCZKOWSKA E. (1974) Miliolidae (Foraminiferida) from the Miocene of Poland, Part II: Biostratigraphy, Palaeoecology and Systematics. *Acta Paleontologica Polonica*, **19(1)**, 1-176.
- 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. (1980) Depth distribution of benthic foraminifera on the continental margin off NW-Africa. *Meteor Forschungsergebnisse*, Reihe C, **32**, 31.80.
- LUTZE G. F. (1986) *Uvigerina* species of the eastern North Atlantic. In: *Atlantic-European Oligocene to recent Uvigerina*, G. J. VAN DER ZWAAN, F. J. JORISSEN, P. J. J. M. VERHALLEN and C. H. VON DANIELS, Hrsg., *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, **35**, 21-46.
- LUTZE G. F. and A. V. ALTENBACH (1988) *Rupertina stabilis* (WALLICH), a highly adapted suspension feeding foraminifer. *Meyniana*, **40**, 55-69.
- LUTZE G. F. and H. THIEL (1989) Epibenthic foraminifera from elevated microhabitats: *Cibicidoides wuellerstorfi* and *Planulina ariminensis*. *Journal of Foraminiferal Research*, **19**, 153-158.
- MACKENSEN A. (1985) *Verbreitung und Umwelt benthischer Foraminiferen in der Norwegischen See*. Unveröffentlichte Dissertation, Geologisch-Paläontologisches Institut, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 126 S.
- MACKENSEN A. (1987) Benthische Foraminiferen auf dem Island-Schottland Rücken: Umweltanzeiger an der Grenze zweier ozeanischer Räume. *Paläontologische Zeitschrift*, **61(3/4)**, 149-179.
- MACKENSEN A and M. HALD (1988) *Cassidulina teretis* and *C. laevigata* d'ORBIGNY: their modern and Late Quaternary distribution in Northern Seas. *Journal of Foraminiferal Research*, **18**, 16-24.
- MANGERUD J., S. T. ANDERSEN, B. E. BERGLUND and J. J. DONNER (1974) Quaternary stratigraphy of Norden, proposal for terminology and classification. *Boreas*, **3**, 109-128.
- MARTINSON D. G., N. G. PISIAS, J. D. HAYS, J. IMBRIE, T. C. MOORE and N. J. SHACKLETON (1987) Age dating and the orbital theory of the ice ages: development of a high-resolution 0 to 300.000-year chronostratigraphy. *Quaternary Research*, **27**, 1-30.
- MATTHIËSEN J. (1991) Dinoflagellaten-Cysten im Spätquartär des Europäischen Nordmeeres: Palökologie und Paläo-Ozeanographie. *GEOMAR Report*, **7**, 1-104.
- MIDTUN L. (1985) Formation of dense bottom water in the Barents Sea. *Deep-Sea Research*, **32/10**, 1233-1241.
- MIX A. C. and W. F. RUDDIMAN (1985) Structure and timing of the last deglaciation: Oxygen isotope evidence. *Quaternary Science Reviews*, **4**, 59-108.
- MOYES J., M. LABRACHERIE, J.-P. PEYPOUQUET, C. PUJOL, J.-L. TURON (1982) Macroorganismes, indicateurs de la circulation oceanique dans l'Atlantique nord-oriental durant le dernier cycle climatique du Quaternaire. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux*, **31**, 365-378.
- MURRAY J. W. (1971) *An Atlas of recent Foraminiferids*. Heineman Educational Books; London, 274 S.
- MURRAY J. W. (1991) *Ecology and Palaeology of Benthic Foraminifera*. Longman Scientific & Technical, Harlow, 397 S.
- NEES S. (1989) *Biostratigraphie mit benthischen Foraminiferen im Europäischen Nordmeer für die letzten 350.000 Jahre*. Unveröff. Diplom Arbeit, Institut für Paläontologie und Historische Geologie, Univ. München; München, 42 S.
- NEES S. (in Druck) The benthic foraminiferal record of Late Quaternary glacial/interglacial cycles in core E 36-23, SE Tasman Plateau. In: *The Evolution of the Tasman Sea Basin. Proceedings of the Tasman Sea Conference (November 1992, Christchurch, New Zealand)*. G. J. VAN DER LINGEN, K. M. SWANSON and R. J. MUIR, Hrsg., Balkema Publishers, Rotterdam.
- NEES S. and U. STRUCK (eingereicht) *Siphotextularia rolshauseni* (PHLEGER & PARKER), biostratigraphical and paleoceanographical evidences in Norwegian-Greenland Sea sediments. *Journal of Foraminiferal Research*.

- NÜRNBERG D. (1991) Haupt- und Spurenelemente in Foraminiferengehäusen. Hinweise auf klimatische und ozeanographische Änderungen im nördlichen Nordatlantik während des Spätquartärs. *GEOMAR Report*, 8, 1-117.
- OKI K. (1989) Ecological Analysis of Benthonic Foraminifera in Kagoshima Bay, South Kyushu, Japan. *South Pacific Study*, 10(1), 1-191.
- D'ORBIGNY A. D. (1826) Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes. *Ann. Sci. nat. Paris*, ser. 1/7, 245-314.
- PAETSCH H. (1991) Sedimentation im Europäischen Nordmeer: Radioisotopische, geochemische und tonmineralogische Untersuchungen spätquartärer Ablagerungen. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, 29, 1-102.
- PARKER F. B. (1958) Eastern Mediterranean Foraminifera. *Reports of the Swedish Deep-Sea Expedition*, 8, Sediments Cores, 4, 219-285.
- PFLAUMANN U., J. DUPRAT, C. PUJOL and L. D. LABEYRIE (eingereicht) SIMMAX, a transfer technique to deduce Atlantic sea surface temperatures from planktonic foraminifera - the 'EPOCH' approach. *Paleoceanography*.
- PHLEGER F. B. (1952) Foraminifera in some sediment samples from the Greenland Arctic. *Contributions of the Cushman Foundation, Journal of Foraminiferal Research*, 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, 377-394.
- PHLEGER F. B. and F. L. PARKER (1951) Ecology of foraminifera, Northwest Gulf of Mexico, Part II, Foraminifera species. - *Geological Society of America, Memoir*, 46, 1-64.
- PHLEGER F. B., F. L. PARKER, and J. F. PEIRSON (1953) North Atlantic Foraminifera. In: *Reports of the Swedish Deep Sea Expedition*, H. PETTERSON, Hrsg., Sediment cores from the North Atlantic Ocean, 7(1), 1-22.
- QUADFASEL D., B. RUDELS and K. KURZ (1988) Outflow of a dense water from a Svalbardfjord into the Fram Strait. *Deep-Sea Research*, 35, 1143-1150.
- RUDELS B. and D. QUADFASEL (1991) Convection and deep water formation in the Arctic Ocean - Greenland System. *Journal of Marine Systems*, 2, 435-450.
- SARNTHEIN M. and R. TIEDEMANN (1990) Younger Dryas-style cooling events at glacial terminations I-VI at ODP Site 658: Associated benthic  $\delta^{13}\text{C}$  anomalies constrain meltwater hypothesis. *Paleoceanography*, 5/6, 1041-1055.
- SARNTHEIN M. and K. WINN (1990) Reconstruction of Low and Middle Latitude Export Productivity, 30.000 Years BP to Present: Implications for Global Carbon Reservoir. In: *Climate-Ocean Interactions*, M. E. SCHLESINGER, Hrsg., Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, S. 319-342.
- SCHIEBEL R. (1992) Rezente benthische Foraminiferen in Sedimenten des Schelfes und oberen Kontinentalhanges im Golf von Guinea (Westafrika). *Berichte, Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum Universität Kiel*, 51, 1-179.
- SCHRÖDER C. J. (1987) Can smaller benthic foraminifera be ignored in paleoenvironmental analysis? *Journal of Foraminiferal Research*, 17(2), 101-105.
- SCHULZ H. (in Vorb.) Meeresoberflächentemperaturen im frühholozänen Klimaoptimum um 10.000 Jahre vor heute - Auswirkungen des frühholozänen Insolationsmaximums. Unveröffentlichte Dissertation, Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum, Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- SCHWAGER C. (1866) *Fossile Foraminiferen von Kap 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) (Geologische Beobachtungen, no. 2, Paläontologische Mitteilungen), 187-268.
- SCOTT D. B. and G. VILKS (1991) Benthic foraminifera in the surface sediments of the deep-sea Arctic Ocean. *Journal of Foraminiferal Research*, 20(1), 20-39.
- SEIDENKRANTZ M.-S. (1993) Benthic foraminiferal and stable isotope evidence for a "Younger Dryas" cold spell at the Saalian-Eemian transition, Denmark. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 102, 103-120.
- SEILER W. C. (1975) Tiefenverteilung benthischer Foraminiferen am portugiesischen Kontinentalhang. *Meteor Forschungsergebnisse, Reihe C*, 23, 47-94.
- SEJRUP H. P., T. FJÆRAN, M. HALD, L. BECK, J. HAGEN, I. MILJETEIG, I. MORVIK and O. NORVIK (1981) Benthic foraminifera in surface samples from the Norwegian continental margin between 62° N and 65° N. *Journal of Foraminiferal Research*, 11, 277-295.

- SEJRUP H. P. and J. P. GUILBAULT (1980) *Cassidulina reniforme* and *C. obtusa* (Foraminifera), distribution and ecology. *Sarsia*, **65**, 79-85.
- SMETHIE W. M., Jr., H. G. OSTLUND and H. H. LOOSLI (1986) Ventilation of the deep Greenland and Norwegian sea: evidence from krypton-85, tritium, carbon-14 and argon-39. *Deep-Sea Research*, **33/5**, 675-703.
- STRUCK U. (1992) Zur Paläo-Ökologie benthischer Foraminiferen im Europäischen Nordmeer während der letzten 600.000 Jahre. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **38**, 1-129.
- STRUCK U. (eingereicht) Benthic Foraminiferal Paleoceanography - Evidence from Norwegian-Greenland Sea-Sediments (the last 450.000 y). *Marine Geology*.
- STRUCK U. and S. NEES (1991) Die stratigraphische Verbreitung von *Siphotextularia rolshauseni* (PHLEGER & PARKER) in Sedimentkernen aus dem Europäischen Nordmeer. *Geologisches Jahrbuch Reihe A*, **128**, 243-249.
- SUESS E. and A. V. ALTENBACH (1992) EUROPÄISCHES NORDMEER, Reise Nr. 17, 15. Juli - 29. August 1991. *METEOR-Berichte, Universität Hamburg*, **92-3**, 1-164.
- SWIFT J. H. (1986) The Arctic Waters. In: *The Nordic Seas*, B. G. HURDLE, Hrsg., Springer Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, S. 129-151.
- SWIFT J. H. and K. P. KOLTERMANN (1988) The Origin of Norwegian Sea Deep Water. *Journal of Geophysical Research*, **93/C4**, 3563-3569.
- TAPPAN H. (1951) Northern Alaska index foraminifera. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, **2**, 1-8.
- TAYLOR K. C., G. W. LAMOREY, G. A. DOYLE, R. B. ALLEY, P. M. GROOTE, P. A. MAYEWSKI, J. W. C. WHITE and L. K. BARLOW (1993) The "flickering switch" of late Pleistocene climate change. *Nature*, **361**, 432-436.
- THIEDE J., G. W. DIESEN, B.-E. KNUDSEN and T. SNÅRE (1986) Patterns of Cenozoic sedimentation in the Norwegian-Greenland Sea. *Marine Geology*, **69**, 323-352.
- THIEDE J., S. A. GERLACH and G. WEFER (1985) Sedimentation im Europäischen Nordmeer, Organisation und Forschungsprogramm des Sonderforschungsbereichs für den Zeitraum 1985 - 1987. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **1**, 1-110.
- THIEDE J. and G. HEMPEL (1991, Hrsg.) Die Expedition ARKTIS-VII/1 mit FS "POLARSTERN" 1990. *Berichte zur Polarforschung*, **80**, 1-137.
- THIES A. (1991) Die Benthos-Foraminiferen im Europäischen Nordmeer. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **31**, 1-97.
- TIMM S. (1992) Rezente Tiefsee-Benthosforaminiferen aus Oberflächensedimenten des Golfes von Guinea (Westafrika) - Taxonomie, Verbreitung, Ökologie und Korngrößenfraktionen. *Berichte, Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum Universität Kiel*, **59**, 192 S.
- TODD R. and D. LOW (1967) Recent Foraminifera from the Gulf of Alaska and southeastern Alaska. *Contributions on Palaeontology, Geological Survey Prof. Papers*, **573 A**, 1-46.
- TODD R. and D. LOW (1980) Foraminifera of the Kara and Greenland Seas. *Contributions on Palaeontology, Geological Survey Prof. Papers*, **1070**, 1-30.
- TODD R. and D. LOW (1981) Marine Flora and Fauna of the Northeastern U.S., Protozoa: Sarcodina benthic Foraminifera. *NOAA Technical Reports, NMFS Circular*, **439**, 1-51.
- VOGELANG E. (1990) Paläo-Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres an Hand stabiler Kohlenstoff- und Sauerstoffisotope. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **23**, 1-136.
- WAGNER T. (1993) Organisches Material in pelagischen Sedimenten: Glazial/Interglaziale Variationen im Europäischen Nordmeer. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **42**, 1-138.
- WEINELT M. S. (1993) Schmelzwasserereignisse und klimatische Verstärkerimpulse im Europäischen Nordmeer während der letzten 60.000 Jahre - Hinweise aus hochauflösenden Isotopenkurven. *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **41**, 1-107.
- WINN K., M. SARNTHEIN and H. ERLLENKEUSER (1991)  $\delta^{18}\text{O}$  Stratigraphy and Chronology of Kiel Sediments Cores from the East Atlantic. *Berichte, Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum Universität Kiel*, **45**, 1-99.
- WINOGRAD I. J., T. B. COPLEN, J. M. LANDWEHR, A. C. RIGGS, K. R. LUDWIG, B. J. SZABO, P. T. KOLESAR and K. M. REVESZ (1992) Continuous 500.000-year climate record from vein calcite in Devils Hole, Nevada. *Science*, **258**, 255-260.
- ZIELINSKI U. (1993) Quantitative Bestimmung von Paläoumweltparametern des Antarktischen Oberflächenwassers im Spätquartär anhand von Transferfunktionen mit Diatomeen. *Berichte zur Polarforschung*, **126**, 148 S.

## DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. J. Thiede möchte ich für die Anregung und Betreuung dieser Arbeit danken. Herr Dr. habil A. Altenbach sorgte mit gelegentlich schmerzhaften, aber immer konstruktiven Kommentaren und Diskussionen für nötige Kurskorrekturen. Sein intensives Engagement und stetes Interesse waren eine große Hilfe.

Besonderen Dank möchte ich meinen unmittelbaren KollegInnen aussprechen, ohne deren Arbeitsgruppenverständnis und Anteilnahme diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre: Mara Weinelt, Uli Struck, Christian Hass, Hartmut Schulz, Simon Jung und Henning Bauch. Insbesondere Mara Weinelt, Simon Jung und Hartmut Schulz danke ich darüberhinaus für die Überlassung von bisher z.T unveröffentlichten Daten. Claudia Didié und Jörn Geletneky waren als wissenschaftliche Hilfskräfte maßgeblich an der Probenaufbereitung beteiligt. Heidi Kassens stellte dankenswerter Weise unveröffentlichte DBD-Daten für den Kern 21906 zu Verfügung.

Darüberhinaus gilt mein Dank den Arbeitsgruppen des SFB 313, der Mikropaläontologie des Geologischen Institutes, Universität Kiel, und der Paläozooarchäologie des GEOMAR, den Kapitänen und Besatzungen der Forschungsschiffe und der Deutschen Forschungsgemeinschaft, welche die Arbeit im Rahmen des SFB 313 finanziell unterstützte.

Meinen Eltern danke ich besonders für ihr stetes Interesse und ihre umfassende Unterstützung. Susanne möchte ich danken, daß sie mir in dieser arbeitsreichen und manchmal anstrengenden Zeit geduldig und hilfsbereit zur Seite stand.

# Anhang

- Anhang 1: Beprobungsmodus der Sedimentkerne.  
Anhang 2: BASIC - Zählprogramm.  
Anhang 3: Sauerstoffisotopenstratigraphie: Daten und Datenquellen (Kern 23414 s. JUNG in Vorb.).  
Anhang 4: Taxonomie, Synonymliste und Bestimmungsliteratur.  
Anhang 5: Datensätze benthische Foraminiferen/Gramm Trockensediment, Fraktion 125 - 250 µm (die Teufen beziehen sich auf den rechnerischen Probenmittelpunkt.).  
Anhang 6: Datensätze benthische Foraminiferen/Gramm Trockensediment, Fraktion 125 - 2.000 µm.  
Anhang 7: Faktorladungen und site scores, Termination I.  
Anhang 8: Faktorladungen und site scores, Termination II.  
Anhang 9: Abbildungs- und Tabellenunterschriften in deutscher und englischer Sprache.

## Abkürzungen:

GKG: Großkastengreifer  
KAL: Kastenlot  
KOL: Kolbenlot  
Vgs.: VOGELSANG  
J.v.h.: Jahre vor heute  
DBD: "dry bulk density",  
Trockenraumgewicht  
Tr.gw.: Probentrockengewicht

*A. aggl.:* *A. agglutinans*  
*A. glob.:* *A. globulosa*  
agg.-Gp.: Gruppe d. aggl. Röhren  
*B. frig.:* *B. frigida*  
*B. marg.:* *B. marginata*  
*B. psdp.:* *B. pseudoplicata*  
*B. quad.:* *B. quadrilatera*  
*B. stri.:* *B. striata*  
*C. flet.:* *C. fletscheri*  
*C. loba:* *C. lobatulus*  
*C. plan.:* *C. planorbis*  
*C. reni.:* *C. reniforme*  
*C. subg.:* *C. subglobosum*  
*C. wuel.:* *C. wuellerstorfi*  
Cas.-Gp.: Cassidulinen-Gruppe  
*D. baggi:* *D. baggi*  
*D. cuvi.:* *D. cuvieri*  
*D. frob.:* *D. frobisherensis*  
*D. paup.:* *D. pauperata*  
*E. brad.:* *E. bradyi*  
*E. exig.:* *E. exigua*

*E. tumi.:* *E. tumidulus*  
Elp.-Gp.: Elphidien-Gruppe  
*F. fusi.:* *F. fusiformis*  
*F. marg.:* *F. marginata*  
*G. subg.:* *G. subglobosa*  
*G. umbo.:* *G. umbonata*  
*L. paup.:* *L. pauperata*  
Lag.-Gp.: Lageniden-Gruppe  
*M. barl.:* *M. barleeaanum*  
*M. glab.:* *M. glabra*  
*M. pomp.:* *M. pompilioides*  
*N. auri.:* *N. auricula*  
*N. labr.:* *N. Labradoricum*  
*N. subs.:* *N. subsoluta*  
*O. cult.:* *O. culter*  
*O. hexa.:* *O. hexagona*  
*O. umbo.:* *O. umbonatus*  
*P. bull.:* *P. bulloides*  
*P. corr.:* *P. corrugata*  
*P. groe.:* *P. groenlandica*  
*P. quin.:* *P. quinqueloba*  
*P. rota.:* *P. rotalaria*  
*Q. pygm.:* *Q. pygmaea*  
*Q. semi.:* *Q. seminula*  
*R. stab.:* *R. stabilis*  
*S. arct.:* *S. arctica*  
*S. rols.:* *S. rolshauseni*  
*S. schl.:* *S. schlumbergeri*  
*T. angu.:* *T. angulosa*  
*T. tric.:* *T. tricarinata*  
*U. pere.:* *U. peregrina*



## Anhang 1: Beprobungsmodus der Sedimentkerne

Beprobungsintervalle:

Kern Nr.	Gerät	Termination I	Termination II
21906 - 1	GKG	0 - 29 cm, 1 cm Scheiben, lückenlos	
21906 - 2	KAL	30 - 42 cm, 1 cm Scheiben, lückenlos	218 - 262 cm, 1 cm Scheiben, lückenlos
23256 - 1	KOL	5 - 79 cm, 2 cm Scheiben, lückenlos	740 - 819 cm, 2 cm Scheiben, lückenlos
23068 - 2	GKG	0 - 39 cm, 1 cm Scheiben, jeder 2. cm	
23068 - 3	KAL	39 - 60 cm, 1 cm Scheiben, jeder 2. cm	330 - 428 cm, 1 cm Scheiben, jeder 2. cm
23414 - 6	GKG	0 - 34 cm, 2 cm Scheiben, lückenlos	
23414 - 9	KAL	28 - 68 cm, 2 cm Scheiben, lückenlos	370 - 448 cm, 2 cm Scheiben, lückenlos

## Anhang 2: BASIC - Zählprogramm

(share ware) erhältlich bei:

Paul B. Hamilton  
Botany Division,  
National Museum of Natural Sciences  
(Canadian Museum of Nature)  
PO Box 3443, Station D, Ottawa  
CANADA, K1P 6P4

"Computerized Plankton Counter, Canadian Museum of Nature; vers. 2.6; June 1990"

## Anhang 3: Sauerstoffisotopenstratigraphie: Daten- und Datenquellen

### Kern 21906

Teufe (cm)	Alter (J.v.h.)	Zeit- scheibe	Alters- interpr.	Daten- quelle	LSR	$\delta$ 18-O ‰	$\delta$ 13-C ‰	Teufe (cm)	Alter (J.v.h.)	Zeit- scheibe	Alters- interpr.	Daten- quelle	LSR	$\delta$ 18-O ‰	$\delta$ 13-C ‰
0,5	700		extrapol.	Hamich	0,71	3,69	0,87	Fortsetzung:							
2	2800		extrapol.	eigene	0,71	3,54	0,79	185,5	70800	4.24	nach Vgs.	Hamich	0,58	4,05	0,30
4	5600		extrapol.	eigene	0,71	3,51	0,80	190,5	79455	5.1	nach Vgs.	Hamich	0,32	3,63	0,48
5,5	7700		eigene	Hamich	5,00	3,26	0,94	195,5	95123		interpol.	Hamich	0,32	3,75	0,79
7	8000		interpol.	eigene	5,00	3,68	0,87	200,5	110790	5.4	Hamich	Hamich	1,73	3,83	0,73
10,5	8700		interpol.	Hamich	5,00	3,45	0,65	205,5	113686		interpol.	Hamich	1,73	3,77	0,78
12	9000		interpol.	eigene	5,00	3,62	0,70	210,5	116583		interpol.	Hamich	1,73	3,67	0,61
14	9400		interpol.	eigene	5,00	3,93	0,61	215,5	119479		interpol.	Hamich	1,73	3,46	0,58
15,5	9700	1.1	nach Vgs.	Hamich	3,15	3,37	0,42	219	121506		interpol.	eigene	1,73	3,48	0,56
17	10176		interpol.	eigene	3,15	3,71	0,33	220,5	122375	5.51	Hamich	Hamich	5,71	3,17	0,40
19	10812		interpol.	eigene	3,15	3,87	0,55	222	122638		interpol.	eigene	5,71	3,44	0,48
20,5	11288		interpol.	Hamich	3,15	3,70	0,38	224	122988		interpol.	eigene	5,71	3,40	0,43
22	11765		interpol.	eigene	3,15	3,46	0,00	225,5	123250		interpol.	Hamich	5,71	4,05	0,21
24	12400	J. Dryas	eigene	0,86	4,43	0,32	227	123513		interpol.	eigene	5,71	3,86	0,18	
25,5	14140		interpol.	Hamich	0,86	3,62	0,13	229	123863		interpol.	eigene	5,71	4,07	-0,02
27	15880		interpol.	eigene	0,86	3,80	0,07	230,5	124125		interpol.	Hamich	5,71	4,01	-0,09
29	18200	2.22	nach Vgs.	eigene	2,80	4,55	0,21	232,5	124475		interpol.	Hamich	5,71	4,07	-0,01
30,5	18737		interpol.	Hamich	2,80	4,38	0,20	234	124738		interpol.	eigene	5,71	4,89	0,33
32	19273		interpol.	eigene	2,80	3,57	0,17	235,5	125000	5.53	Hamich	Hamich	1,01	3,09	-0,30
34	19989		interpol.	eigene	2,80	4,31	0,04	239	128464		interpol.	eigene	1,01	3,78	0,11
36	20704		interpol.	eigene	2,80	3,98	0,03	240,5	129948		interpol.	Hamich	1,01	3,68	-0,62
38	21420		interpol.	eigene	2,80	3,90	0,00	242	131433		interpol.	eigene	1,01	3,78	-0,02
40,5	22314	2.2	Hamich	Hamich	1,99	4,56	0,25	244	133412		interpol.	eigene	1,01	3,34	0,14
42	23067		interpol.	eigene	1,99	4,47	0,03	246	135392		interpol.	eigene	1,01	3,81	0,28
45,5	24823		eigene	Hamich	1,99	4,09	0,03	248	137371		interpol.	eigene	1,01	3,99	0,16
50,5	27333	(2.4)	Martinson	Hamich	2,31	4,33	0,17	250,5	139845		interpol.	Hamich	1,01	3,87	0,02
55,5	29500	3.1	Samthein	Hamich	23,33	3,69	0,12	252	141330	6.3	interpol.	eigene	0,35	3,79	0,07
60,5	29714		interpol.	Hamich	23,33	3,91	-0,06	254	147047		interpol.	eigene	0,35	4,09	0,26
65,5	29929		interpol.	Hamich	23,33	3,84	0,14	255,5	151335		interpol.	Hamich	0,35	4,13	0,08
70,5	30143		interpol.	Hamich	23,33	4,06	0,13	257	155623		interpol.	eigene	0,35	4,02	-0,02
75,5	30357		interpol.	Hamich	23,33	3,84	0,15	259	161340	6.41	Martinson	eigene	1,15	4,13	-0,13
80,5	30571		interpol.	Hamich	23,33	3,89	0,20	260,5	162648		interpol.	Hamich	1,15	4,24	0,07
85,5	30786		interpol.	Hamich	23,33	3,84	0,21	265,5	167009		interpol.	Hamich	1,15	4,03	0,09
90,5	31000		eigene	Hamich	1,16	3,56	0,03	270,5	171370	6.5	nach Vgs.	Hamich	2,07	3,82	-0,06
95,5	35293		interpol.	Hamich	1,16	4,05	0,15	277,5	174746		interpol.	Hamich	2,07	4,21	0,03
100,5	39587		interpol.	Hamich	1,16	3,81	0,13	280,5	176192		interpol.	Hamich	2,07	4,15	0,14
105,5	43880	3.13	eigene	Hamich	6,08	3,30	0,13	290,5	181014		interpol.	Hamich	2,07	3,92	0,19
110,5	44702	(Ende Kal.j.)	interpol.	Hamich	6,08	3,63	0,31	293,5	182461		interpol.	Hamich	2,07	4,01	0,62
115,5	45524		interpol.	Hamich	6,08	3,39	0,28	295,5	183426		interpol.	Hamich	2,07	3,57	0,57
120,5	46346		interpol.	Hamich	6,08	3,52	0,27	300,5	185837		interpol.	Hamich	2,07	3,64	0,56
122,5	46675		interpol.	Hamich	6,08	3,75	0,38	305,5	188248		interpol.	Hamich	2,07	3,57	0,57
125,5	47168		interpol.	Hamich	6,08	3,79	0,22	310,5	190659		interpol.	Hamich	2,07	3,51	0,59
130,5	47990		interpol.	Hamich	6,08	3,87	0,31	315,5	193070	7.1	Hamich	Hamich		3,36	0,52
135,5	48812		interpol.	Hamich	6,08	3,57	0,35								
137	49059		interpol.	eigene	6,08	3,80	0,31								
139	49388		interpol.	eigene	6,08	3,45	0,20								
140,5	49635		interpol.	Hamich	6,08	3,81	0,39								
142	49881		interpol.	eigene	6,08	4,18	0,27								
144	50210	3.3	Martinson	eigene	3,15	3,30	-0,13								
145,5	50686		interpol.	Hamich	3,15	3,88	0,22								
147	51163		interpol.	eigene	3,15	3,92	0,14								
149	51798		interpol.	eigene	3,15	4,13	-0,06								
150,5	52274		interpol.	Hamich	3,15	3,85	0,13								
152	52751		interpol.	eigene	3,15	3,85	0,04								
154	53386		interpol.	eigene	3,15	4,14	0,18								
155,5	53862		interpol.	Hamich	3,15	3,43	0,20								
158,5	54815		interpol.	Hamich	3,15	3,47	-0,01								
160,5	55450	3.33	eigene	Hamich	1,02	3,38	-0,07								
165,5	60335		interpol.	Hamich	1,02	3,73	0,12								
168,5	63266		interpol.	Hamich	1,02	3,88	0,02								
170,5	65220	4.22	nach Vgs.	Hamich	2,69	3,98	0,28								
175,5	67080		interpol.	Hamich	2,69	3,44	0,54								
180,5	68940		interpol.	Hamich	2,69	4,00	0,55								

Zitate: HAMICH (1991)  
 VOGELSANG (1990)  
 MARTINSON et al (1987)  
 SARNTHEIN (mündl. Mitt.)



## Anhang 3: Sauerstoffisotopenstratigraphie: Daten- und Datenquellen, Forts.

### Kern 23256

Teufe (cm)	Alter (J.v.h.)	Zeit- scheibe	Alters- interpr.	Daten- quelle	LSR	$\delta$ 18-O ‰	$\delta$ 13-C ‰
Fortsetzung:							
690	79455	5.1	nach Vgs.	eigene	5,43	3,74	0,48
700	87485		interpol.	eigene	1,25	3,94	0,86
710	95515		interpol.	Weinelt	1,25	3,95	0,82
720	103545	5.3	nach Vgs.	Weinelt	1,25	3,76	0,48
730	108634		interpol.	Weinelt	1,96	4,08	0,78
740	113723		interpol.	Weinelt	1,96	3,79	0,61
741	114232		interpol.	eigene	1,96	3,59	0,57
747	117286		interpol.	eigene	1,96	3,23	0,46
750	118813		interpol.	Weinelt	1,96	3,06	0,42
751	119321		interpol.	eigene	1,96	2,75	0,26
757	122375	5.51	nach Vgs.	eigene	1,96	2,42	0,17
760	122614		interpol.	Weinelt	12,57	2,92	0,26
763	122852		interpol.	eigene	12,57	3,57	0,31
767	123170		interpol.	eigene	12,57	3,61	0,25
769	123330		interpol.	eigene	12,57	3,39	0,32
777	123966		interpol.	eigene	12,57	3,6	0,45
780	124205		interpol.	Weinelt	12,57	3,8	0,35
783	124443		interpol.	eigene	12,57	3,47	0,37
787	124761		interpol.	eigene	12,57	3,65	0,38
790	125000	5.53	nach Vgs.	Weinelt	11,88	2,37	0,92
793	125252		interpol.	eigene	11,88	3,57	0,41
797	125589		interpol.	eigene	11,88	3,56	0,39
800	125842		interpol.	Weinelt	11,88	3,88	0,57
803	126094		interpol.	eigene	11,88	3,63	0,51
807	126431		interpol.	eigene	11,88	3,55	0,43
810	126683		interpol.	Weinelt	11,88	3,68	0,03
813	126936		interpol.	eigene	11,88	3,67	0,11
817	127272		interpol.	eigene	11,88	3,53	0,41
830	128367		interpol.	Weinelt	11,88	3,89	0,4
900	134258		interpol.	Weinelt	11,88	4,03	-0,07
910	135100	6.2	nach Vgs.	Weinelt	6,74	4,23	-0,11

Zitate: VOGELANG (1990)  
WEINELT (1993)

### Anhang 3: Sauerstoffisotopenstratigraphie: Daten- und Datenquellen. Forts.

#### Kern 23068

Teufe (cm)	Alter (J.v.h.)	Zeitscheibe	Altersinterpr.	Datenquelle	LSR ‰	‡ 18-O ‰	‡ 13-C ‰	Teufe (cm)	Alter (J.v.h.)	Zeitscheibe	Altersinterpr.	Datenquelle	LSR ‰	‡ 18-O ‰	‡ 13-C ‰
1	405		Weinelt	Vogelsang	2,71	2,40	0,46	Fortsetzung:							
5	2026		Weinelt	Vogelsang	2,71	2,46	0,59	315	95114		interpol.	Vogelsang	1,66	3,76	0,51
10	4052		Weinelt	Vogelsang	2,71	2,47	0,70	319	97523		interpol.	Vogelsang	1,66	3,90	0,59
14	5674		Weinelt	Vogelsang	2,71	2,55	0,52	329	103545	5.3	nach Vgs.	Vogelsang	0,83	3,26	0,39
19	7700	7.000	Weinelt	Vogelsang	2,14	2,06	0,39	335	110790	5.4	nach Vgs.	Vogelsang	1,73	3,83	0,62
20	8400		Weinelt	Vogelsang	2,14	2,46	0,43	339	113107		interpol.	Vogelsang	1,73	3,75	0,52
24	9100		Weinelt	Vogelsang	2,14	2,81	0,58	344	116003		interpol.	Vogelsang	1,73	3,42	0,63
25	9800	9.000	Weinelt	Vogelsang	3,46	2,45	0,49	349	118900		interpol.	Vogelsang	1,73	2,48	0,18
29	10956		Weinelt	Vogelsang	3,47	2,64	0,50	355	122375	5.51	nach Vgs.	Vogelsang	9,00	2,07	-0,02
30	11244		Weinelt	Vogelsang	3,46	2,78	0,44	359	122820		interpol.	Vogelsang	9,00	2,29	0,08
32	11822		Weinelt	Weinelt	3,46	3,39	0,42	364	123375		interpol.	Vogelsang	9,00	2,60	0,06
34	12400	J. Dryas	Weinelt	Vogelsang	0,71	3,60	0,50	365	123487		interpol.	eigene	9,00	2,28	0,10
35	13800	11.800	Weinelt	Vogelsang	6,25	3,82	0,45	368	123820	5.5	nach Vgs.	eigene	7,63	2,00	0,09
36	13960		Weinelt	Vogelsang	6,82	3,41	0,42	369	123951		interpol.	Vogelsang	7,63	2,96	0,13
39	14400	12.400	Weinelt	Weinelt	9,22	3,51	0,48	371	124213		interpol.	Vogelsang	7,63	2,41	0,04
41	14617		Weinelt	Weinelt	9,26	3,55	0,38	373	124476		interpol.	eigene	7,63	2,50	0,02
43	14833		Weinelt	Weinelt	9,22	3,91	0,41	377	125000	5.53	nach Vgs.	eigene	4,16	2,08	0,15
45	15050		Weinelt	Weinelt	9,23	4,02	0,44	380	125721		interpol.	Vogelsang	4,16	2,44	-0,07
50	15592		Weinelt	Vogelsang	0,90	3,94	0,25	383	126443		interpol.	eigene	4,16	2,33	0,00
51	16700		Weinelt	Weinelt	6,67	3,83	0,16	387	127405		interpol.	eigene	4,16	2,43	0,02
53	17000	13.500	Weinelt	Weinelt	4,62	3,94	0,13	389	127886		interpol.	Vogelsang	4,16	2,77	-0,14
55	17433		Weinelt	Weinelt	4,61	4,17	0,25	395	129329		interpol.	Vogelsang	4,16	2,89	-0,14
57	17867		Weinelt	Weinelt	4,62	4,51	0,17	399	130290		interpol.	Vogelsang	4,16	2,91	-0,15
59	18300		Weinelt	Weinelt	10,62	4,57	0,09	404	131493		interpol.	Vogelsang	4,16	3,27	-0,02
75	19806	LGM	Weinelt	Vogelsang	10,63	4,70	0,21	409	132695		interpol.	Vogelsang	4,16	3,26	-0,07
93	21500	18.000	Weinelt	Vogelsang	4,54	4,29	-0,03	412	133417		interpol.	Vogelsang	4,16	3,70	0,10
99	22823		Weinelt	Vogelsang	4,54	4,74	0,18	419	135100	6.2	nach Vgs.	Vogelsang	5,62	4,21	0,10
109	25027		Weinelt	Vogelsang	4,54	4,58	0,22	430	137058		interpol.	Vogelsang	5,62	3,96	-0,04
119	27232		Weinelt	Vogelsang	4,54	4,72	0,24	454	141330	6.3	nach Vgs.	Vogelsang	3,81	0,42	
129	29436		Weinelt	Vogelsang	4,54	4,60	0,21								
139	31641		Weinelt	Vogelsang	4,54	4,57	0,08								
149	33845		Weinelt	Vogelsang	4,54	4,49	0,09								
162	36711		Weinelt	Vogelsang	4,54	4,44	0,24								
183	41341		Weinelt	Vogelsang	4,54	4,39	0,38								
194	43766		Weinelt	Vogelsang	4,54	4,35	0,33								
204	45970		Weinelt	Vogelsang	4,54	4,55	0,35								
211	47513		Weinelt	eigene	4,54	3,80	-0,06								
213	47954		Weinelt	eigene	4,54	3,56	0,02								
217	48836		Weinelt	eigene	4,53	3,70	-0,04								
220	49498		Weinelt	eigene	4,54	4,04	0,16								
223	50159	3.3	Weinelt	eigene	4,54	3,01	-0,09								
227	51041		Weinelt	eigene	4,54	3,94	0,20								
230	51702		Weinelt	eigene	4,54	4,00	0,12								
244	54789		Weinelt	Vogelsang	4,54	3,43	-0,24								
247	55450	55.500	Weinelt	Vogelsang	0,72	2,33	0,23								
250	59637	(Ende Kal.j.)	Weinelt	Vogelsang	1,61	3,95	-0,08								
254	62118		interpol.	Vogelsang	1,61	4,52	0,07								
259	65220	4.22	eigene	Vogelsang	0,90	4,65	0,27								
262	68568		interpol.	Vogelsang	0,90	4,19	0,05								
264	70800	4.24	eigene	Vogelsang	2,89	4,48	0,40								
269	72531		interpol.	Vogelsang	2,89	4,39	0,48								
274	74262		interpol.	Vogelsang	2,89	4,11	0,36								
277	75301		interpol.	Vogelsang	2,89	3,97	0,53								
279	75993		interpol.	Vogelsang	2,89	4,02	0,49								
284	77724		interpol.	Vogelsang	2,89	3,81	0,63								
289	79455	5.1	eigene	Vogelsang	1,66	3,76	0,61								
296	83671		interpol.	Vogelsang	1,66	3,95	0,72								
299	85478		interpol.	Vogelsang	1,66	3,93	0,67								
304	88489		interpol.	Vogelsang	1,66	3,84	0,69								
309	91500		interpol.	Vogelsang	1,66	3,99	0,73								

Zitate: VOGELSANG (1990)  
WEINELT (1993)

## Anhang 4: Taxonomie und Synonymliste

Die taxonomische Bestimmung der gezählten Faunen erfolgte mit Hilfe von Belegzellen aus der mikropaläontologischen Arbeitsgruppe des Geologischen Instituts der Universität Kiel und ausgewählter Literatur. Anschließend folgt eine Synonymliste und die verwendete taxonomische Bestimmungsliteratur.

### *Ammobaculites agglutinans* (d'ORBIGNY)

- 1960 *A. agglutinans* - BARKER, S. 66, Taf. 32 (19-21 und 24-26).  
1980 *A. agglutinans* - HAAKE, S. 7, Taf.1 (11).  
1988 *A. agglutinans* - LOEBLICH & TAPPAN, S. 74, Taf. 58 (3-4).

### *Anomalina globulosa* (CHAPMAN & PARR)

- \*1937 *A. globulosa* - CHAPMAN & PARR, S. 117, Taf. 9 (27).  
1971 *A. globulosa* - FEYLING-HANSSSEN et al., S. 258, Taf. 9 (1-3).

### *Bolivina pseudoplicata* HERON-ALLEN & EARLAND

- \*1930 *B. pseudoplicata* - HERON-ALLEN & EARLAND, S. 81, Taf. 3 (36-40).  
1971 *B. pseudoplicata* - FEYLING-HANSSSEN et al., S. 243, Taf. 7 (16) und 18 (11).

### *Bolivinita quadrilatera* (SCHWAGER)

- 1964 *B. quadrilatera* - LOEBLICH & TAPPAN, S. C548, Taf. 434 (1-3).

### *Buccella frigida* (CUSHMANN)

- 1964 *B. frigida* - FEYLING-HANSSSEN, S. 337, Taf. 18 (15-18).  
1971 *B. frigida* - FEYLING-HANSSSEN et al., S. 253, Taf. 8 (12-14) und 19 (1).

### *Bulimina marginata* d'ORBIGNY

- \*1826 *B. marginata* - d'ORBIGNY, Taf. 12 (10-12).  
1960 *B. marginata* - BARKER, Taf. 51 (3-5).  
1971 *B. marginata* - FEYLING-HANSSSEN et al., S. 235, Taf. 6 (17-20).  
1971 *B. marginata* - MURRAY, Taf. 49.  
1980 *B. marginata* - LUTZE, S. 41.

### *Bulimina striata* d'ORBIGNY

- 1971 *B. striata* - FEYLING-HANSSSEN et al., S. 236, Taf. 6 (21).

### *Cassidulina laevigata* d'ORBIGNY

- 1971 *C. laevigata* - FEYLING-HANSSSEN et al., S. 246, Taf. 7 (20,21) und 18 (12).  
1981 *C. laevigata* - SEJRUP et al., S. 290, Taf. 1 (5).  
(s. Cassidulinen - Artengruppe)

### *Cassidulina reniforme* NÖRVANG

- 1980 *C. reniforme* - SEJRUP & GUILBAULT, S. 79-85, Abb. 2.  
1992 *C. reniforme* - STRUCK, S. 21, Taf. 3 (3).

### *Cassidulina teretis* TAPPAN

- 1988 *C. teretis* - MACKENSEN & HALD, S. 17, Taf. 1 (8-15).  
1989 *C. teretis* - NEES, Taf. 2 (2).  
1992 *C. teretis* - STRUCK, Taf. 1 (7).  
(s. Cassidulinen - Artengruppe)

### *Cibicides fletscheri* GALLOWAY & WISSLER

- \*1927 *Cibicides fletscheri* - GALLOWAY & WISSLER, S. 49.  
1988 *C. fletscheri* - LUTZE, Taf. 32 (11).  
1992 *C. teretis* - STRUCK, Taf. 1 (7).

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

- .1884 *Truncatulina lobatulus* - BRADY, S. 660, Taf. 92 (10).  
1952 *C. lobatulus* - PHLEGER, S. 83, Taf. 14 (29).  
1992 *C. lobatulus* - STRUCK, S. 17, Taf. 5 (1).

### *Cibicidoides wuellerstorfi* (SCHWAGER)

- \*1866 *Anomalina wuellerstorfi* - SCHWAGER, S. 258, Taf. 7 (105, 107).  
.1884 *Truncatulina wuellerstorfi* - BRADY, S. 622, Taf. 93 (8-9).  
.1931 *Planulina wuellerstorfi* - CUSHMAN, S. 110, Taf. 19 (5-6).  
1953 *P. wuellerstorfi* - PHLEGER et al., S. 53, Taf. 11 (1-2).  
.1970 *Fontbotia wuellerstorfi* - GONZALES-DONOSO & LINARES, S. 238, Taf. 1 (4 a-c).  
.1971 *Cibicides wuellerstorfi* - HERB, S. 296, Taf. 3 (8).  
1978 *P. wuellerstorfi* - LOHMANN, S. 26, Taf. 2 (1-4).  
.1979 *Cibicidoides wuellerstorfi* - LUTZE, S. 426, Taf. 1 (5 a-b).  
1992 *C. wuellerstorfi* - STRUCK, S. 17, Taf. 1 (3-4).

### *Cribrostomoides subglobosum* (SARS)

- .1884 *Haplophragmium latidorsatum* BORNEMANN - BRADY, S. 307, Taf. 34 (7, 8, 10).  
1910 *Cribrostomoides bradyi* (SARS) - CUSHMAN, S. 108, Taf. 167 (a-b).  
.1947 *Labrospira subglobosa* (SARS) - HÖGLUND, S. 144, Taf. 11 (2).  
1964 *C. subglobosum* - LOEBLICH & TAPPAN, S. C225, Taf. 136 (1, 2).  
.1981 *Alveolophragmium subglobosum* (SARS) - SEJRUP et al., S. 290, Taf. 1 (1).  
1992 *C. subglobosum* - STRUCK, S. 16, Taf. 1 (5, 6).

### *Cyclogyra planorbis* (SCHULTZE)

- 1964 *C. planorbis* (SCHULTZE) - LOEBLICH & TAPPAN, S. C 438, Taf. 329 (1, 2).

**Dentalina baggi GALLOWAY & WISSLER**

- 1953 *D. baggi* - LOEBLICH & TAPPAN, S. 54, Taf. 9 (10-15).  
1971 *D. baggi* - FEYLING-HANSEN et al., S. 199, Taf. 3 (1).  
1989 *D. baggi* - NEES, S. 13, Taf. 1 (2).

**Dentalina cuvieri d'ORBIGNY**

- 1964 *D. cuvieri* - LOEBLICH & TAPPAN, S. C516, Taf. 403 (3).  
1988 *D. cuvieri* - LOEBLICH & TAPPAN, S. 395, Taf. 439 (19).  
1989 *D. cuvieri* - NEES, S. 13, Taf. 1 (6).

**Dentalina frobisherensis LOEBLICH & TAPPAN**

- 1971 *D. frobisherensis* - FEYLING-HANSEN et al., S. 200, Taf. 3 (2).

**Dentalina pauperata GALLOWAY & WISSLER**

- 1953 *D. pauperata* - LOEBLICH & TAPPAN, S. 54, Taf. 9 (10-15).  
1971 *D. pauperata* - FEYLING-HANSEN et al., S. 199, Taf. 3 (1).

**Eggerella bradyi (CUSHMAN)**

- \*1911 *E. bradyi* - CUSHMAN, S. 54, Taf. 87 (= *Verneulina bradyi* CUSHMAN).  
1964 *E. bradyi* - LOEBLICH & TAPPAN, S. C275, Taf. 186 (1).

**Epistominella exigua (BRADY)**

- .1951 *Pseudoparella exigua* (BRADY) - PHLEGER & PARKER, S. 28, Taf. 15 (6, 7).  
1953 *E. exigua* - PHLEGER et al., S. 43, Taf. 9 (35-36).  
1960 *E. exigua* - BARKER, Taf. 103 (14)  
1980 *E. exigua* - TODD & LOW, S. 22, Taf. 2 (11 a-c).  
1980 *E. exigua* - HAAKE - S. 13, Taf. 2 (36).

**Eponides tumidulus (BRADY)**

- 1951 *E. tumidulus* - PHLEGER & PARKER, S. 21, Taf. 95 (8).  
1960 *E. tumidulus* - BARKER, S. 196, Taf. 95 (8).  
1977 *E. tumidulus* - LAGOE, S. 127, Taf. 5 (6, 11, 31).  
1992 *E. tumidulus* - TIMM, S. 56, Taf. 7 (5 a-b).

**Fissurina marginata SEGUENZA**

- 1979 *F. marginata* - HAYWARD & BUZAS, S. 57, Taf. 16 (207).  
1981 *F. marginata* - TODD & LOW, S. 26, Taf. 76 (73 a-c).

**Fursenkoina fusiformis WILLIAMSON**

- 1980 *F. fusiformis* - HAAKE, S. 14, Taf. 3 (13-14).  
1988 cf. *Fursenkoina squamosa* ORBIGNY - LOEBLICH & TAPPAN, S. 135, Taf. 578 (18-23).

**Globocassidulina subglobosa BRADY**

- 1953 *C. subglobosa* - PHLEGER et al., S. 45, Taf. 10 (4).  
1960 *C. subglobosa* - BARKER, Taf. 54 (17)  
1980 *C. subglobosa* - LUTZE, S. 44  
1992 *G. subglobosa* - STRUCK, S. 21, Taf. 3 (2).  
1992 *G. subglobosa* - SCHIEBEL, S. 47, Taf. 2 (14).

**Gyroidina umbonata (SILVESTRI)**

- 1958 *G. umbonata* - PARKER, S. 266, Taf. 3 (19-20).  
1975 *G. umbonata* - SEILER, S. 90, Taf. 2 (27-28).  
1980 *G. umbonata* - HAAKE, S. 17, Taf. 3 (22).

**Laticarinina pauperata (PARKER & JONES)**

- 1953 *L. pauperata* - PHLEGER et al., S. 49, Taf. 11 (5-6).  
1976 *L. pauperata* - PFLUM et al., S. 74, Taf. 1 (10).  
1982 *L. pauperata* - LARSEN, S. 70, Taf. 15 (5).  
1992 *L. pauperata* - TIMM, S. 58, Taf. 7 (13).

**Lenticulina gibba (d'ORBIGNY)**

- 1960 *L. gibba* - BARKER, S. 144, Taf. 69 (8-9).  
1964 *L. (Robulus) cf. gibba* - FEYLING-HANSEN, S. 278, Taf. 9 (11).

**Marginulina glabra d'ORBIGNY**

- 1923 *M. glabra* - CUSHMAN, S. 127, Taf. 36 (5-6).  
1967 *M. glabra* - TODD & LOW, S. 22, Taf. 3 (8-9).  
1992 *M. glabra* - STRUCK, S. 17, Taf. 4 (7).

**Melonis barleeianum (WILLIAMSON)**

- 1953 *Nonion zaandame* (VOORTHUYSEN) - LOEBLICH & TAPPAN, S. 87, Taf. 16 (11-12).  
1979 *M. zaandami* (VOORTHUYSEN) - LUTZE, S. 426, Taf. 1 (7).  
1981 *N. barleeianum* - SEJRUP et al., S. 293, Taf. 1 (12).  
1987 *M. barleeianum* - JORISSEN, S. 42, Taf. 4 (8).  
1991 *M. barleeianum* - THIES, S. 33, Taf. 19 (3 a-d).  
1992 *M. barleeianum* - STRUCK, S. 18, Taf. 4 (6).

**Melonis pompilioides FICHTEL & MOLL**

- 1979 *M. pompilioides* - LUTZE, S. 428, Taf. 2 (1 a-b).

**Nodosaria subsoluta CUSHMAN**

- \*1923 *N. subsoluta* - CUSHMAN, S. 74, Taf. 13 (1).

**Nonion labradoricum DAWSON**

- 1953 *N. labradoricum* - LOEBLICH & TAPPAN, S. 86, Taf. 17 (1-2).  
1971 *N. labradoricum* - FEYLING-HANSEN et al., S. 262, Taf. 10 (1-2).  
1981 *N. labradoricum* - SEJRUP et al., S. 293, Taf. 2 (5-6).  
1992 *N. labradoricum* - STRUCK, S. 18, Taf. 3 (8).

**Nonionella auricula HERON-ALLEN & EARLAND**

- 1953 *N. auricula* - LOEBLICH & TAPPAN, S. 92, Taf. 16 (6-10).  
1971 *N. auricula* - FEYLING-HANSEN et al., S. 265, Taf. 10 (7-9).

**Oolina hexagona (WILLIAMSON)**

- 1953 *O. hexagona* - LOEBLICH & TAPPAN, S. 69, Taf. 14 (1-2).  
1971 *O. hexagona* - FEYLING-HANSEN et al., S. 224, Taf. 17 (6).  
1989 *O. hexagona* - NEES, S. 14, Taf. 3 (7).

**Oridorsalis umbonatus (REUSS)**

- 1977 *Eponides umbonatus* - LAGOE, S. 127,  
Taf. 5 (3, 7, 14).  
1979 *O. tener* - CORLISS (a), S. 17, Taf. (10-15).  
1981 *O. umbonatus* - SEJRUP et al., S. 293, Taf 2 (2-3).

**Osangularia culter (PARKER & JONES)**

- 1953 *O. culter* - PHLEGER et al., S. 42, Taf. 9 (11, 16).  
1975 *O. culter* - LEROY & HODGKINSON, S. 436,  
Taf. 9 (18).  
1982 *O. culter* - LARSEN, S. 72, Taf. 25 (1-2).  
1992 *O. culter* - TIMM, S. 61, Taf. 7 (10 a-b).

**Parafissurina groenlandica (STSCHEDRINA)**

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

**Patellina corrugata WILLIAMSON**

- 1953 *P. corrugata* - LOEBLICH & TAPPAN, S. 114,  
Taf. 21 (4, 5).  
1964 *P. corrugata* - FEYLING-HANSEN, S. 335, Taf. 18,  
Taf. 9.  
1988 *P. corrugata* - LOEBLICH & TAPPAN, S. 306,  
Taf. 320 (7-14).  
1989 *P. corrugata* - NEES, S. 14, Taf. 3 (2).

**Pullenia bulloides (d'ORBIGNY)**

- 1953 *P. bulloides* - PHLEGER et al., S. 47, Taf. 8 (19).  
1971 *P. bulloides* - FEYLING-HANSEN et al., S. 266,  
Taf. 10 (13-14).  
1981 *P. bulloides* - SEJRUP et al., S. 293, Taf. 2 (8).  
1992 *P. bulloides* - STRUCK, S. 20, Taf. 2 (1-2).

**Pullenia quinqueloba (REUSS)**

- 1964 *P. quinqueloba* - PHLEGER, S. 383, Taf. 3 (23).  
1989 *P. quinqueloba* - OKI, S. 149, Taf. 7 (a-c).  
1992 *P. quinqueloba* - STRUCK, S. 22, Taf. 2 (3).

**Pyrgo rotalaria LOEBLICH & TAPPAN**

- 1917 *Biloculina murrhyna* - CUSHMAN, S. 75,  
Taf. 29 (1 a-c).  
1967 *P. rotalaria* - TODD & LOW, S. 21, Taf. 2 (31 a-b).  
1977 *P. rotalaria* - LAGOE, S. 119, Taf. 2 (21).  
1980 *P. rotalaria* - TODD & LOW, S. 24, Taf. 2 (20).  
1991 *P. rotalaria* - THIES, S. 27, Taf. 14 (4 a-c) und  
15 (1-21).

**Quinqueloculina pygmaea REUSS**

- 1974 *Q. pygmaea* - LUCZKOWSKA, S. 60, Taf. 27 (2).  
1980 *Q. pygmaea* - HAAKE, S. 24, Taf. 1 (18).

**Quinqueloculina seminula (LINNÉ)**

- 1960 *Q. seminula* - BARKER, S. 10, Taf. 5 (25-26).  
1962 *Q. seminula* - HAAKE, S. 31, Taf. 1 (13-14).  
1971 *Q. seminulum* - FEYLING-HANSEN et al., S. 194,  
Taf. 1 (18-20).

**Rupertina stabilis WALLICH**

- 1953 *R. stabilis* - PHLEGER et al, S. 50, Taf. 11 (19).  
1988 *R. stabilis* - LUTZE & ALTENBACH, S. 31-46,  
Fig. 3-5.  
1991 *R. stabilis* - THIES, S. 32, Taf. 19 (1 a-e).

**Sigmoilopsis schlumbergeri (SILVESTRI)**

- 1960 *S. schlumbergeri* - BARKER, S. 16, Taf. 8 (1-4).  
1989 *S. schlumbergeri* - OKI, S. 89, Taf. 5 (a-b).  
1992 *S. schlumbergeri* - STRUCK, S. 21, Taf. 3 (6).

**Siphotextularia rolshauseni PHLEGER & PARKER**

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

**Stetsonia arctica (GREEN)**

- \*1960 *S. horvathi* - GREEN, S. 72, Taf. 1 (6).  
1989 *S. horvathi* - NEES, S. 12, Taf. 3 (4).  
1991 *S. arctica* - SCOTT & VILKS, S. 35, Taf. 3 (5-14).

**Trifarina angulosa (WILLIAMSON)**

- 1971 *T. angulosa* - MURRAY, S. 123, Taf. 51.  
1981 *T. angulosa* - SEJRUP et al., S. 293, Taf. 2 (10).  
1992 *T. angulosa* - STRUCK, S. 21, Taf. 5 (2).

**Triloculina tricarinata d'ORBIGNY**

- 1953 *T. trihedra* - LOEBLICH & TAPPAN, S. 45,  
Taf. 4 (10).  
1960 *T. tricarinata* - BARKER, S. 6, Taf. 3 (17 a-b).  
1964 *T. tricarinata* - FEYLING-HANSEN, S. 258,  
Taf. 6 (7-8).  
1977 *T. frigida* - LAGOE, S. 120, Taf. 1 (12, 17-18).  
1985 *T. frigida* - MACKENSEN, S. 28, Taf. 3 (10-11).  
1992 *T. tricarinata* - STRUCK, S. 17, Taf. 1 (8).

**Uvigerina peregrina CUSHMAN**

- 1947 *U. peregrina* - HÖGLUND, S. 279, Taf. 23 (9),  
Text Fig. 291-304.  
1971 *U. peregrina* - FEYLING-HANSEN et al., S. 241,  
Taf. 7 (9-11).  
1986 *U. peregrina* - LUTZE, S. 32, Taf. 1 (1-6).  
1992 *U. peregrina* - TIMM, S. 67, Taf. 6 (2).

**FAUNENGRUPPEN (s. Textteil):**

Cassidulinen - Gruppe

Elphidien - Gruppe

Lageniden - Gruppe

Gruppe der agglutinierten Röhren























**Kern 23068, Fortsetzung**

Teufe (cm)	Alter (J.v.h.)	DBD* (g/ccm)	Tr.gw. (g)	A. aggl. A. glob.	agg.-Gp. B. frig.	B. marg. B. psdp.	B. quad. B. stri.	C. flet. C. loba.	C. plan. C. reni.	C. subg. C. wuel.	Cas.-Gp. D. baggi	D. cuvi. D. frob.	D. paup. E. brad.	E. exig. E. tumi.	Elp.-Gp. F. fusi.	F. marg. G. subg.
362,50	122871	0,65	25,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,21	0,00	0,00	0,00	0,00	56,51
364,50	123431	0,65	23,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	81,38	0,00	0,00	0,00	0,00	64,83
366,50	123607	0,70	23,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	62,07	0,00	0,00	0,00	0,00	38,62
368,50	123783	0,80	23,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,48	0,00	0,00	0,00	0,00	35,11
370,50	124046	0,91	31,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
372,50	124309	1,01	34,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
374,50	124790	1,04	44,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	1,81
376,50	124834	1,08	28,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
378,50	125315	1,11	41,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77
380,50	125887	1,14	36,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
382,50	126278	1,14	42,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
384,50	126759	1,14	37,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
386,50	127240	1,14	40,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
388,50	127721	1,14	47,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
390,50	128202	1,14	43,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
392,50	128683	1,14	40,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
394,50	129165	1,14	35,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
396,50	129646	1,13	36,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
398,50	130127	1,12	37,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
400,50	130608	1,11	48,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
402,50	131089	1,10	26,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
404,50	131656	1,09	43,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
406,50	132137	1,10	39,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
408,50	132533	1,13	40,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
410,50	133014	1,17	47,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
412,50	133579	1,17	40,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39
414,50	134060	1,17	39,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
416,50	134540	1,17	43,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37
418,50	134939	1,17	40,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
420,50	135295	1,15	42,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,19
422,50	135651	1,10	36,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
424,50	136007	1,05	39,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,00	0,41
426,50	136363	1,00	36,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
428,50	136580	0,95	40,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10







**Kern 23414, Fortsetzung**

Teufe (cm)	Alter (J.v.h.)	DBD* (g/ccm)	Tr.gw. (g)	<i>A. aggl.</i> <i>A. glob.</i>	<i>agg.-Gp.</i> <i>B. frig.</i>	<i>B. marg.</i> <i>B. psdp.</i>	<i>B. quad.</i> <i>B. stri.</i>	<i>C. flet.</i> <i>C. loba.</i>	<i>C. plan.</i> <i>C. reni.</i>	<i>C. subg.</i> <i>C. wuel.</i>	<i>Cas.-Gp.</i> <i>D. baggi</i>	<i>D. cuvi.</i> <i>D. frob.</i>	<i>D. paup.</i> <i>E. brad.</i>	<i>E. exig.</i> <i>E. tumi.</i>	<i>Elp.-Gp.</i> <i>F. fusi.</i>	<i>F. marg.</i> <i>G. subg.</i>													
403	122560		38,11	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	0,00	2,10	0,00	0,42	0,00	0,00	2,94	0,42	3,36	8,40	0,42	0,00	0,00	0,00	0,84	16,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84
405	122880		42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	2,25	0,00	3,74	0,00	0,00	2,25	0,00	2,99	8,23	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	10,48	0,00	0,00	0,00	0,00	2,99	
407	123065		37,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,69	0,84	3,37	5,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	
409	123250		44,73	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	1,43	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	4,29	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,87	0,36	0,00	0,00	0,00	2,15	
411	123500		46,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,00	0,69	0,00	0,00	0,34	0,00	2,40	5,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	6,86	0,00	0,00	0,00	0,00	1,37	
413	123820		48,81	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,66	0,00	0,00	0,33	0,00	3,28	3,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	7,54	0,00	0,00	0,33	0,00	1,97	
415	124060		43,55	0,00	0,00	0,37	0,00	0,37	1,10	0,00	0,37	0,00	0,00	1,10	0,00	5,51	8,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	12,49	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20	
417	124200		49,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,00	0,64	0,00	0,00	0,32	0,00	2,26	4,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	9,34	0,00	0,00	0,32	0,00	2,26	
419	124340		43,22	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22	0,74	2,22	5,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,37	0,00	0,00	0,00	0,00	6,66	
421	124530		47,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,34	0,00	2,68	0,00	0,00	0,00	0,00	4,02	11,40	0,00	0,67	0,00	0,00	3,35	4,02	0,00	0,00	0,00	9,39		
423	124760		37,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27	0,00	1,27	0,00	0,42	0,00	0,00	1,27	0,42	0,85	11,41	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27	3,80	0,42	0,00	0,00	5,07	
425	125000		50,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	3,79	0,00	0,63	0,00	0,00	1,90	0,00	3,79	13,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,16	0,00	0,00	0,00	0,63	
427	125870		41,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,53	0,00	1,15	0,00	0,00	0,38	0,00	1,15	4,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	4,98	0,00	0,00	0,00	0,00	1,53	
429	126040		39,68	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	4,03	0,00	0,40	0,00	0,00	2,02	0,00	1,61	4,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	4,44	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	
431	126740		47,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,17	2,19	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17	
433	127600		46,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	0,68	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17	
435	128470		45,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,70	0,00	0,35	0,00	0,35	0,00	1,75	8,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	2,80	
437	129340		55,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	1,16	12,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	2,03	
439	129510		38,02	0,00	0,00	0,00	0,84	0,21	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	1,47	27,14	0,00	0,21	0,00	0,00	0,42	0,00	0,63	0,00	1,68	0,00	4,42	
441	130210		45,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	1,41	0,00	1,77	25,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	3,53	
443	131070		51,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	2,17	0,00	0,00	0,00	1,86	0,00	2,80	28,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,31	0,00	3,73	
445	131940		46,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	1,36	0,00	0,00	0,00	2,04	0,00	4,09	23,17	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,36	0,00	3,07	
447	132420		55,59	0,00	0,00	0,00	0,00	2,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,59	0,00	2,59	35,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,15	0,00	1,15	0,00	5,76	
449	132900		48,22	0,00	0,00	0,00	0,00	2,82	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	1,66	0,00	1,99	16,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,83	0,00	4,15	



**Kern 23414, Fortsetzung**

Teufe (cm)	<i>G. umbo.</i>	<i>L. paup.</i>	<i>M. barl.</i>	<i>M. pomp.</i>	<i>N. labr.</i>	<i>O. cult.</i>	<i>O. umbo.</i>	<i>P. corr.</i>	<i>P. quin.</i>	<i>Q. pygm.</i>	<i>R. stab.</i>	<i>S. rols.</i>	<i>T. angu.</i>	<i>U. pere.</i>	Summe													
	<i>L. gibba</i>	Lag.-Gp.	<i>M. glab.</i>	<i>N. auri.</i>	<i>N. subs.</i>	<i>O. hexa.</i>	<i>P. bull.</i>	<i>P. groe.</i>	<i>P. rota.</i>	<i>Q. semi.</i>	<i>S. arct.</i>	<i>S. schl.</i>	<i>T. tric.</i>															
403	2,94	0,00	0,00	2,94	0,84	0,00	0,84	0,42	0,00	0,00	2,10	0,00	6,30	2,52	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,84	0,00	59,20	
405	0,00	0,00	0,00	4,49	0,75	0,00	0,00	3,74	0,00	0,00	0,00	0,00	6,74	0,00	0,00	0,75	3,74	0,00	0,00	5,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	61,37
407	0,84	0,84	0,00	5,90	0,00	0,00	0,00	1,69	0,00	0,00	0,84	0,00	7,58	0,00	0,00	2,53	2,53	0,00	0,84	1,69	0,00	0,00	0,84	0,84	0,00	0,00	0,84	51,40
409	0,72	0,36	0,00	2,15	1,07	0,00	0,36	1,07	0,36	0,00	0,72	0,00	4,29	0,72	0,00	1,07	0,36	0,36	0,00	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,36	37,92
411	1,03	0,00	0,00	4,11	1,71	0,00	0,34	1,03	0,34	0,00	1,03	0,00	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,00	0,34	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,34	0,69	34,97
413	2,95	0,98	0,00	2,29	0,00	0,00	0,33	1,31	0,00	0,00	0,33	0,00	3,61	0,33	0,00	0,98	1,31	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	34,42
415	1,10	0,00	0,00	2,57	0,73	0,00	0,73	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	8,45	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	49,60
417	2,26	0,64	0,00	3,22	0,64	0,00	0,32	0,64	0,00	0,00	0,64	0,00	3,22	0,00	0,00	0,00	0,97	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,64	35,12
419	1,48	0,37	0,00	2,96	0,00	0,00	0,37	0,37	0,00	0,00	1,11	0,00	5,92	0,74	0,00	0,00	1,11	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	0,37	0,00	44,42
421	0,67	0,00	1,34	2,01	1,34	0,00	0,67	1,34	0,00	0,00	0,00	0,00	4,69	0,00	0,00	1,34	0,67	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	52,29
423	2,96	0,42	0,42	2,54	0,42	0,00	0,00	1,69	0,85	0,00	0,00	0,00	8,88	0,42	0,00	0,00	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,42	0,00	0,42	0,00	48,61	
425	0,00	0,00	0,00	1,26	1,26	0,00	0,00	1,26	1,26	0,00	0,00	0,00	7,59	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,63	0,00	42,35	
427	0,00	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,91	0,00	0,00	0,38	0,77	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,15	0,00	0,38	0,38	22,59
429	0,00	0,00	0,00	1,21	1,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	3,23	0,40	0,00	0,00	1,21	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,82
431	0,00	0,00	0,00	0,84	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	1,01	0,34	0,00	0,00	0,50	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,50	0,00	0,34	0,00	12,11	
433	0,00	0,00	0,00	1,37	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	0,17	0,00	0,17	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	7,85	
435	0,35	0,00	0,00	1,75	0,35	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	0,35	0,00	0,70	0,00	0,00	1,05	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	21,71	
437	0,00	0,15	0,00	0,15	0,73	0,00	0,58	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	1,74	0,58	0,00	0,29	0,58	0,29	0,00	0,00	0,00	0,58	0,73	0,00	0,15	0,00	23,64	
439	0,00	0,00	0,00	0,63	1,89	0,00	1,05	0,00	0,21	0,00	0,21	0,00	4,84	1,26	0,00	0,42	2,31	0,21	0,00	0,00	0,00	0,84	0,21	0,00	0,21	0,00	52,39	
441	0,00	0,00	0,00	0,35	1,77	0,00	0,35	0,00	0,35	0,00	0,35	0,00	4,59	0,35	0,00	0,35	2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,71	0,00	0,35	0,00	47,01	
443	0,00	0,00	0,00	0,62	0,93	0,00	0,93	0,00	0,31	0,31	0,00	0,00	4,04	0,31	0,00	0,62	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	1,24	0,00	0,62	0,00	51,86	
445	0,00	0,00	0,00	2,39	0,68	0,00	0,34	0,00	1,02	0,00	0,34	0,00	7,50	2,04	0,00	1,02	2,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	0,34	0,00	0,00	0,34	56,57	
447	0,00	0,00	0,00	1,73	2,88	0,00	0,00	1,73	0,00	0,00	0,00	0,00	7,48	2,30	0,00	2,01	1,15	0,86	0,00	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,58	0,00	73,39	
449	0,00	0,00	0,00	1,16	3,15	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4,98	2,82	0,00	0,17	1,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,66	0,17	0,00	0,66	44,795	























**Kern 23068, Fortsetzung**

Teufe (cm)	Alter (J.v.h.)	Tr.gw. (g)	A. aggl.	agg.-Gp.	B. marg.	B. quad.	C. flet.	C. plan.	C. subg.	Cas.-Gp.	D. cuvi.	D. paup.	E. exig.	Elp.-Gp.	F. marg.
			A. glob.	B. frig.	B. psdp.	B. stri.	C. loba.	C. reni.	C. wuel.	D. baggi	D. frob.	E. brad.	E. tumi.	F. fusi.	G. subg.
364,5	123431	23,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	210,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
366,5	123607	23,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	113,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
368,5	123783	23,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	32,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
370,5	124046	31,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
372,5	124309	34,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
374,5	124790	44,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
376,5	124834	28,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	6,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
378,5	125315	41,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
380,5	125887	36,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
382,5	126278	42,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
384,5	126759	37,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
386,5	127240	40,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
388,5	127721	47,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
390,5	128202	43,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
392,5	128683	40,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
394,5	129165	35,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
396,5	129646	36,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
398,5	130127	37,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
400,5	130608	48,61	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
402,5	131089	26,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
404,5	131656	43,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
406,5	132137	39,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
408,5	132533	40,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
410,5	133014	47,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,34	0,00	0,02	0,00	0,00
412,5	133579	40,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
414,5	134060	39,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
416,5	134540	43,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
418,5	134939	40,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
420,5	135295	42,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
422,5	135651	36,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
424,5	136007	39,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,03	0,13	0,00	0,00
426,5	136363	36,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
428,5	136580	40,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00







**Kern 23414, Fortsetzung**

Teufe	Alter	Tr.gw.	A. aggl.	agg.-Gp.	B. marg.	B. quad.	C. flet.	C. plan.	C. subg.	Cas.-Gp.	D. cuvi.	D. paup.	E. exig.	Elp.-Gp.	F. marg.																
(cm)	(J.v.h.)	(g)	A. glob.	B. frig.	B. psdp.	B. stri.	C. loba.	C. reni.	C. wuel.	D. baggi	D. frob.	E. brad.	E. tumi.	F. fusi.	G. subg.																
403	122560	38,11	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	0,00	2,10	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	0,63	8,19	8,40	0,42	0,00	0,00	0,00	1,47	16,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84
405	122880	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	2,25	0,00	3,93	0,00	0,00	0,00	0,00	2,25	0,37	9,17	8,23	0,00	0,00	0,19	0,00	1,87	11,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,99
407	123065	37,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,69	1,05	8,43	5,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	12,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84
409	123250	44,73	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,18	6,98	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	8,05	0,36	0,00	0,00	0,00	2,15	
411	123500	46,67	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,69	0,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,17	5,49	5,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	6,86	0,00	0,00	0,00	0,00	1,37	
413	123820	48,81	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,69	0,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	5,74	3,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	8,03	0,00	0,00	0,33	0,00	1,97	
415	124060	43,55	0,00	0,00	0,37	0,00	0,55	0,37	1,10	0,00	0,73	0,00	0,00	1,10	0,37	8,63	8,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,47	12,68	0,00	0,00	0,00	0,00	2,39	
417	124200	49,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,00	0,64	0,00	0,00	0,32	0,16	4,51	4,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,29	9,67	0,00	0,00	0,32	0,00	2,26		
419	124340	43,22	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22	1,11	4,26	5,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	10,37	0,00	0,00	0,00	0,00	6,85		
421	124530	47,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,34	0,00	2,68	0,00	0,00	0,00	0,00	7,54	11,40	0,00	0,67	0,00	0,00	3,86	4,19	0,00	0,00	3,86	4,19	0,00	0,00	0,00	9,39	
423	124760	37,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1,48	0,00	1,27	0,00	0,42	0,00	0,00	1,27	0,42	4,44	11,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,69	4,02	0,42	0,00	0,00	0,00	5,07		
425	125000	50,62	0,00	0,00	0,08	0,00	0,63	0,00	3,79	0,00	1,03	0,00	0,00	1,90	0,00	6,40	13,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	3,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63		
427	125870	41,78	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	1,53	0,00	1,39	0,29	0,00	0,38	0,00	4,21	4,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	5,07	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21		
429	126040	39,68	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,05	4,03	0,00	0,50	0,05	0,00	2,02	0,15	5,44	4,44	0,05	0,00	0,05	0,00	0,40	4,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17		
431	126740	47,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	0,00	0,08	0,34	0,00	0,34	0,17	5,85	1,18	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	
433	127600	46,88	0,00	0,00	0,21	0,00	0,17	0,09	0,85	0,00	0,09	0,04	0,00	0,68	0,04	2,60	1,19	0,00	0,00	0,43	0,00	0,30	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00	2,80	
435	128470	45,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,04	0,70	0,00	0,35	0,18	0,00	0,35	0,04	3,59	8,10	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,35	0,00	0,15	0,00	2,03	
437	129340	55,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,04	0,44	0,00	0,00	0,07	0,00	0,29	0,00	2,39	12,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,44	0,04	0,00	0,00	0,15	0,00	4,42		
439	129510	38,02	0,00	0,00	0,00	1,00	0,21	0,84	0,00	0,11	0,00	0,00	0,21	0,00	3,58	27,14	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,74	0,00	0,63	0,00	1,74	0,00	4,42	0,00	3,53	
441	130210	45,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	1,41	0,00	3,84	25,14	0,04	0,00	0,00	0,04	0,40	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	3,53		
443	131070	51,52	0,00	0,00	0,00	1,01	0,04	2,17	0,00	0,00	0,00	0,00	1,86	0,00	5,98	28,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,31	0,00	0,31	0,00	3,07	0,00	3,07		
445	131940	46,95	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00	1,36	0,00	0,00	0,09	0,00	2,04	0,00	6,18	23,22	1,02	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	1,36	0,00	0,00	3,07	0,00	3,07	
447	132420	55,59	0,00	0,00	0,00	0,00	3,78	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	2,59	0,00	4,96	35,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,15	0,00	1,15	0,00	5,76	0,00	5,76		
449	132900	48,22	0,00	0,00	0,00	3,82	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	1,66	0,00	5,06	16,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,17	0,00	0,83	0,00	4,15	0,00	4,15		



Kern 23414, Fortsetzung

Teufe (cm)	<i>G. umbo.</i>	<i>L. paup.</i>	<i>M. barl.</i>	<i>M. pomp.</i>	<i>N. labr.</i>	<i>O. cult.</i>	<i>O. umbo.</i>	<i>P. corr.</i>	<i>P. quin.</i>	<i>Q. pygm.</i>	<i>R. stab.</i>	<i>S. rols.</i>	<i>T. angu.</i>	<i>U. pere.</i>	Summe													
(cm)	<i>L. gibba</i>	Lag.-Gp.	<i>M. glab.</i>	<i>N. auri.</i>	<i>N. subs.</i>	<i>O. hexa.</i>	<i>P. bull.</i>	<i>P. groe.</i>	<i>P. rota.</i>	<i>Q. semi.</i>	<i>S. arct.</i>	<i>S. schl.</i>	<i>T. tric.</i>															
403	2,94	0,00	0,00	3,15	1,05	0,00	1,89	0,42	0,00	0,00	2,10	0,00	6,51	2,73	0,00	0,84	0,63	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00	0,84	0,00	71,37	
405	0,37	0,00	0,56	4,49	0,94	0,00	0,19	3,74	0,00	0,19	0,00	0,00	6,92	0,00	0,00	1,12	3,93	0,75	0,00	5,43	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	72,97
407	0,84	0,84	0,21	5,90	0,21	0,00	0,21	1,90	0,00	0,00	0,84	0,00	8,00	0,42	0,00	2,74	3,16	1,05	0,84	1,69	0,00	0,00	0,84	1,69	0,00	0,00	0,84	62,35
409	1,43	0,36	0,00	2,15	1,07	0,00	0,54	1,07	0,54	0,00	0,72	0,00	4,29	0,89	0,00	1,25	0,72	0,89	0,00	0,89	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,36	0,36	44,36
411	1,37	0,00	0,00	4,11	1,71	0,00	0,69	1,03	0,34	0,00	1,03	0,00	4,80	0,17	0,00	0,17	0,17	1,54	0,00	0,34	0,00	0,00	0,34	0,17	0,00	0,34	0,69	40,80
413	3,28	1,15	0,00	2,46	0,00	0,00	0,33	1,31	0,00	0,00	0,33	0,00	3,61	0,33	0,00	0,98	1,31	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,66	40,81	
415	1,47	0,00	0,18	2,94	0,73	0,00	1,29	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	8,63	0,73	0,00	0,00	0,00	1,47	0,00	1,47	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,37	58,05
417	2,42	0,64	0,32	3,22	0,64	0,00	0,32	0,64	0,00	0,00	0,64	0,00	3,22	0,00	0,00	0,32	1,29	0,81	0,00	0,32	0,00	0,00	0,16	0,32	0,00	0,32	0,64	40,60
419	1,85	0,37	0,00	2,96	0,00	0,00	0,37	0,37	0,00	0,00	1,11	0,00	5,92	0,74	0,00	0,19	1,67	2,04	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,37	0,00	50,53
421	0,84	0,00	1,51	2,01	1,34	0,00	0,67	1,34	0,00	0,00	0,00	0,00	4,69	0,17	0,00	1,68	1,17	3,86	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	61,85
423	3,17	0,42	0,42	2,54	0,85	0,00	0,21	1,69	0,85	0,00	0,00	0,00	9,09	0,42	0,00	0,21	1,48	2,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	1,27	0,00	0,42	0,00	58,34
425	0,24	0,00	0,00	1,42	1,34	0,00	0,32	1,26	1,26	0,00	0,00	0,08	7,66	0,08	0,00	0,79	0,08	0,79	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	1,42	0,00	0,63	0,00	48,68
427	0,05	0,00	0,00	1,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	2,30	0,00	0,00	0,38	0,77	0,77	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	1,63	0,00	0,38	0,38	27,91	
429	0,00	0,00	0,00	1,26	1,61	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	3,43	0,50	0,00	0,00	1,36	2,72	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	35,43
431	0,13	0,08	0,00	0,84	0,50	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	1,09	0,34	0,00	0,08	0,50	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,63	0,00	0,34	0,00	19,05
433	0,00	0,04	0,00	1,41	0,00	0,00	0,04	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	1,02	0,17	0,00	0,17	0,34	1,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,09	12,54	
435	0,39	0,04	0,00	1,79	0,35	0,00	0,22	0,00	0,70	0,00	0,13	1,53	0,35	0,00	0,74	0,18	1,84	1,05	0,13	0,00	0,00	0,35	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	27,09
437	0,04	0,22	0,00	0,22	0,87	0,00	0,65	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	1,85	0,58	0,00	0,33	0,62	0,87	0,00	0,00	0,00	0,58	1,16	0,00	0,15	0,11	26,90	
439	0,00	0,05	0,00	0,63	2,26	0,00	1,47	0,00	0,21	0,05	0,21	0,00	5,00	1,47	0,00	0,42	2,31	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	1,32	0,00	0,21	0,42	58,50
441	0,04	0,04	0,00	0,44	1,90	0,00	0,71	0,00	0,35	0,00	0,35	0,00	4,77	0,35	0,00	0,35	2,12	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	1,50	0,13	0,35	0,13	52,18
443	0,04	0,04	0,00	0,74	1,20	0,00	1,44	0,00	0,31	0,35	0,00	0,00	4,35	0,62	0,00	0,62	0,62	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	2,56	0,00	0,62	0,54	60,13
445	0,04	0,00	0,00	2,51	0,94	0,00	0,51	0,00	1,02	0,00	0,38	0,00	7,75	2,34	0,00	1,02	2,81	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	1,19	0,04	0,00	1,41	63,56
447	0,04	0,00	0,00	1,76	3,92	0,00	0,07	0,00	1,73	0,04	0,04	0,00	7,92	3,20	0,00	2,01	1,22	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,32	0,00	0,58	2,70	83,50
449	0,00	0,08	0,00	1,24	3,98	0,00	0,83	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	5,56	3,48	0,00	0,17	1,00	0,25	0,00	0,33	0,00	0,00	0,66	0,50	0,00	0,00	5,56	57,65



## Anhang 7: Faktorladungen und site scores. Termination I

### Kern 21906

	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6	F 7	Alter	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6	F 7
	46,21 %	12,29 %	7,88 %	5,96 %	4,16 %	3,78 %	3,19 %	(J.v.h.)	46,21 %	12,29 %	7,88 %	5,96 %	4,16 %	3,78 %	3,19 %
A.agg	0,094	-0,035	0,149	-0,541	-0,001	0,028	-0,147	700	0,614	-0,105	0,486	-0,156	-0,063	0,011	0,279
agg.-	0,117	-0,398	-0,138	-0,197	0,044	-0,306	-0,537	2100	0,525	-0,255	0,759	-0,533	-0,012	-0,214	-0,090
B.fri	0,166	0,078	-0,125	0,055	-0,230	-0,166	0,062	3500	0,369	-0,178	0,806	-0,418	-0,071	-0,297	0,251
B.str	0,014	-0,086	0,104	0,085	-0,162	0,457	-0,149	4900	0,249	-0,062	0,291	-0,054	0,030	-0,045	0,005
C.fle	0,241	0,136	0,126	0,139	0,094	-0,043	0,019	6300	0,231	-0,011	0,116	0,019	0,013	-0,039	0,052
C.lob	0,075	-0,122	0,431	-0,278	-0,074	-0,228	0,161	7700	1,296	0,483	-0,113	0,288	-0,014	-0,167	0,085
C.pla	0,022	-0,039	0,276	-0,190	-0,046	-0,212	0,212	7900	1,459	0,185	0,748	0,521	0,514	0,250	-0,225
C.ren	0,049	-0,282	-0,015	0,098	-0,398	-0,004	0,333	8100	1,457	0,325	-0,357	-0,903	0,075	0,573	0,184
C.sub	0,249	0,144	-0,139	-0,009	-0,078	-0,060	0,002	8300	1,171	0,235	-0,265	0,063	-0,126	-0,113	-0,106
C.wue	0,243	0,155	0,054	0,098	0,057	0,009	0,041	8500	1,050	0,188	-0,211	-0,276	-0,197	0,080	-0,125
Cas.-	0,177	-0,457	0,101	0,043	-0,394	0,133	0,092	8700	1,195	0,036	0,166	0,317	0,075	-0,164	0,125
E.tum	0,293	0,070	-0,082	-0,022	0,012	-0,091	-0,109	8900	1,763	0,455	-0,275	0,226	-0,241	-0,203	0,116
Elp.-	0,140	-0,046	0,507	-0,068	0,099	0,008	-0,037	9100	0,930	0,120	-0,102	0,049	-0,146	-0,037	-0,087
F.fus	0,106	0,082	-0,141	-0,395	-0,048	0,350	0,048	9300	0,813	0,045	-0,118	0,094	-0,088	-0,119	-0,212
F.mar	0,243	0,130	-0,027	0,056	0,055	0,026	0,137	9618	0,304	-0,081	-0,019	-0,198	-0,043	-0,088	-0,257
G.sub	0,274	0,089	-0,074	-0,021	-0,041	-0,074	-0,290	9700	0,285	-0,111	0,028	-0,096	-0,005	-0,052	-0,262
L.gib	0,087	-0,195	0,166	0,256	0,150	0,483	-0,187	10018	0,336	-0,290	-0,062	-0,308	-0,034	-0,195	-0,438
Lag.-	0,296	-0,063	-0,023	0,076	-0,018	-0,005	0,121	10335	0,202	-0,133	-0,047	-0,022	-0,045	-0,076	-0,160
M.bar	0,220	-0,326	-0,047	0,261	0,108	-0,116	0,185	10653	0,128	-0,008	0,033	0,017	-0,016	-0,021	-0,033
O.hex	0,103	0,006	0,388	0,120	0,317	0,100	-0,083	10971	0,091	-0,056	-0,014	0,000	-0,022	-0,033	-0,064
O.umb	0,289	0,004	-0,132	0,019	-0,154	0,080	-0,126	11288	0,103	-0,111	0,008	-0,046	-0,002	-0,075	-0,147
P.cor	0,102	-0,255	-0,237	-0,235	0,411	0,228	0,164	11606	0,051	-0,077	0,002	-0,025	0,005	-0,050	-0,085
P.rot	0,240	0,172	0,002	0,021	0,001	0,008	0,063	11924	0,046	-0,100	0,019	-0,009	-0,036	0,041	-0,109
Q.sem	0,156	0,088	-0,085	-0,344	-0,059	0,259	0,235	12241	0,016	-0,034	0,012	-0,018	0,007	-0,023	-0,044
S.arc	0,265	0,108	0,117	0,107	0,083	-0,098	-0,048	12980	0,079	-0,145	-0,028	-0,028	-0,025	-0,065	-0,114
S.rol	0,063	-0,282	-0,205	-0,015	0,471	-0,140	0,310	14140	0,236	-0,380	0,306	0,192	-0,247	0,641	-0,157
T.ang	0,037	-0,254	-0,079	0,013	-0,038	-0,037	-0,247	15300	0,253	-0,338	0,067	0,155	-0,116	0,146	0,053
T.tri	0,271	0,120	-0,093	-0,016	-0,017	0,002	0,005	16460	0,117	-0,138	0,029	0,036	-0,085	0,050	0,018
								16818	0,341	-0,289	-0,167	0,015	0,344	-0,061	0,179
								17175	0,199	-0,312	-0,180	-0,120	0,220	-0,089	-0,072
								18737	0,018	0,002	-0,002	0,003	-0,003	-0,001	-0,002
								19094	0,049	-0,171	-0,025	0,006	-0,144	-0,045	0,030
								19452	0,160	-0,346	-0,026	0,046	-0,160	-0,057	0,001
								19810	0,325	-0,617	0,011	0,155	-0,600	0,014	0,351
								20168	0,401	-0,622	0,002	0,227	0,057	0,428	0,061
								20525	0,625	-1,157	-0,232	0,027	-0,058	-0,052	-0,293
								20883	0,524	-0,644	-0,155	0,137	-0,071	-0,162	0,264
								21241	0,505	-0,588	-0,375	-0,107	0,477	-0,128	0,131
								21599	0,126	-0,203	-0,102	-0,001	0,198	0,000	0,061
								22100	0,116	-0,127	-0,034	-0,012	0,130	-0,018	0,024
								22314	0,086	-0,147	-0,089	-0,022	0,134	-0,028	0,058
								22816	0,096	-0,151	-0,112	-0,021	0,204	-0,071	0,080
								23318	0,179	-0,242	-0,181	-0,036	0,340	-0,015	0,229

## Anhang 7: Faktorladungen und site scores. Termination I. Fortsetzung

### Kern 23256

	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6	F 7	Alter	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6	F 7
	29,85 %	11,76 %	10,52 %	7,22 %	6,04 %	4,78 %	4,08 %	(J.v.h.)	29,85 %	11,76 %	10,52 %	7,22 %	6,04 %	4,78 %	4,08 %
agg.-	0,044	0,049	-0,023	0,017	-0,167	-0,159	0,551	9106	1,258	-0,345	-0,015	-0,105	0,194	0,011	-0,026
C.lob	0,052	0,045	-0,018	0,699	0,165	0,012	-0,001	9260	1,183	-0,475	0,029	-0,223	0,636	0,102	0,079
C.ren	0,030	-0,027	0,580	0,058	-0,107	-0,075	-0,021	9415	0,934	-0,185	-0,119	-0,050	0,030	-0,003	-0,060
C.sub	0,334	-0,171	-0,023	-0,047	0,135	-0,005	0,015	9569	0,992	-0,241	0,132	-0,084	0,126	0,016	-0,023
C.wue	0,369	-0,119	-0,079	0,050	-0,184	-0,052	-0,056	9723	0,757	0,027	-0,164	0,067	-0,553	-0,046	-0,373
Cas.-	0,333	-0,153	-0,022	-0,106	0,234	0,010	-0,030	10060	1,372	0,072	-0,242	0,258	-0,614	-0,090	0,026
D.pau	0,093	0,009	-0,057	0,034	-0,338	-0,036	-0,337	10580	0,443	0,172	-0,073	0,031	-0,243	-0,178	0,444
E.exi	0,238	-0,201	0,026	-0,135	0,406	0,074	0,041	11100	0,147	-0,019	-0,028	0,012	-0,052	-0,022	0,005
E.tum	0,006	-0,009	0,036	0,007	-0,014	-0,041	-0,040	11620	0,065	-0,027	0,133	0,018	-0,037	-0,025	-0,005
Elp.-	0,013	0,009	-0,013	0,652	0,221	0,019	-0,015	12140	0,045	0,001	-0,004	0,105	0,024	0,010	0,002
F.mar	0,006	-0,008	-0,003	0,000	0,002	-0,012	0,000	12534	0,082	0,059	0,065	0,208	0,060	-0,031	0,013
G.sub	0,320	0,212	-0,077	0,070	-0,275	-0,099	0,024	12803	0,119	-0,110	0,000	-0,080	0,296	0,063	0,070
L.gib	0,025	-0,025	0,575	0,042	-0,106	-0,062	-0,016	13071	0,066	-0,029	0,062	0,009	-0,014	-0,015	-0,004
Lag.-	0,379	0,229	-0,033	-0,037	-0,073	0,126	-0,085	13340	0,035	-0,017	0,067	0,008	-0,013	-0,012	-0,003
M.bar	0,126	0,379	0,148	0,000	-0,053	0,510	0,116	13609	0,048	-0,030	0,102	0,013	-0,023	-0,054	-0,044
N.lab	0,143	-0,110	0,527	-0,019	0,055	-0,041	-0,002	13877	0,093	-0,003	-0,019	0,216	0,034	-0,007	0,000
O.umb	0,329	-0,036	-0,088	0,095	-0,325	-0,076	0,076	14146	0,051	-0,027	-0,010	0,000	0,004	-0,016	0,000
P.gro	0,115	-0,131	0,007	-0,111	0,408	0,091	0,096	14414	0,121	0,007	0,107	-0,007	0,029	-0,067	0,052
P.qui	0,010	0,020	-0,004	-0,001	0,011	-0,203	0,577	14683	0,078	0,063	-0,011	-0,002	0,018	-0,264	0,640
P.rot	0,385	-0,173	-0,055	0,015	0,027	-0,031	-0,009	14952	0,008	0,002	-0,005	0,212	0,068	0,005	-0,004
S.arc	0,074	0,347	0,019	-0,037	0,133	-0,288	0,290	15220	0,002	-0,001	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000
S.rol	0,079	0,479	0,027	-0,090	0,237	-0,168	-0,179	15489	0,010	-0,005	-0,001	-0,001	0,002	0,000	0,000
T.tri	0,080	0,478	0,030	-0,088	0,224	-0,126	-0,182	15757	0,109	0,030	-0,037	1,264	0,356	0,024	-0,016
U.per	0,018	0,080	0,023	-0,007	-0,061	0,695	0,236	16026	0,004	-0,001	-0,001	0,001	-0,004	-0,001	0,001
								16563	0,070	0,137	0,054	-0,004	-0,014	0,194	0,044
								16783	0,203	-0,081	1,642	0,082	-0,173	-0,080	-0,018
								17540	0,058	0,046	-0,019	0,016	-0,137	-0,109	0,407
								17760	0,043	0,074	0,003	0,209	0,046	0,009	0,035
								17980	0,486	1,281	0,068	-0,181	0,361	-0,174	-0,264
								18200	0,332	0,465	0,018	0,069	0,010	0,098	-0,036
								18325	0,247	0,378	0,092	0,008	-0,118	0,408	0,081
								18450	0,201	0,329	0,050	-0,021	-0,014	0,191	-0,010
								18574	0,145	0,257	0,065	-0,013	-0,099	0,902	0,261
								18699	0,038	0,148	0,019	-0,019	0,042	0,014	-0,032
								18824	0,338	0,719	0,026	-0,076	0,156	-0,260	0,202

## Anhang 7: Faktorladungen und site scores. Termination I. Fortsetzung

### Kern 23068

	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6	F 7	Alter	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6	F 7
	44,06 %	13,66 %	7,81 %	5,28 %	4,55 %	4,40 %	3,59 %	(J.v.h.)	44,06 %	13,66 %	7,81 %	5,28 %	4,55 %	4,40 %	3,59 %
A.agg	0,167	-0,036	0,099	0,035	0,324	0,100	0,289	202	2,058	-0,762	0,757	0,169	0,337	0,223	0,563
A.glo	0,186	0,003	-0,343	-0,256	0,115	0,206	0,014	1014	1,207	-0,741	0,166	0,060	-0,109	-0,962	-0,349
agg.-	0,134	0,080	0,333	-0,350	0,195	0,066	0,131	1825	1,067	-0,572	0,088	-0,073	0,039	-0,255	0,007
B.mar	0,092	0,332	0,219	0,059	-0,147	-0,045	-0,068	2636	0,832	-0,443	0,114	-0,003	-0,687	0,337	-0,210
C.sub	0,329	-0,150	-0,067	-0,011	-0,045	0,034	-0,092	3447	0,955	-0,456	0,124	0,135	-0,347	0,425	-0,052
C.wue	0,362	-0,042	-0,254	-0,092	0,048	0,006	-0,156	4258	1,201	-0,259	-0,263	-0,091	-0,258	0,400	-0,125
Cas.-	0,207	-0,241	0,089	0,022	-0,155	0,117	-0,046	5069	0,845	-0,217	-0,240	-0,043	-0,074	-0,239	-0,377
D.bag	0,078	-0,117	-0,016	0,006	-0,067	-0,455	-0,338	5880	0,821	-0,050	-0,312	-0,070	0,092	0,128	-0,094
D.cuv	0,024	0,122	0,308	-0,388	0,057	0,065	-0,299	6692	0,799	0,037	-0,396	-0,129	0,275	0,189	0,021
D.fro	0,085	0,195	0,057	-0,086	-0,512	0,020	0,066	7501	0,776	0,069	-0,070	-0,043	0,356	0,065	0,079
D.pau	0,131	-0,143	-0,018	-0,086	0,004	-0,267	-0,022	7750	0,628	0,075	-0,202	-0,030	0,108	0,159	0,017
E.tum	0,181	-0,213	0,206	0,016	0,000	-0,309	0,150	8684	0,271	0,059	-0,174	-0,049	0,034	0,022	-0,036
Elp.-	0,092	0,274	0,089	0,386	0,054	-0,023	-0,198	9139	0,366	0,099	-0,178	-0,167	0,070	0,033	0,022
F.fus	0,111	-0,160	0,111	0,024	0,029	-0,436	-0,046	9604	0,456	0,151	-0,230	-0,105	0,060	0,026	0,021
F.mar	0,079	0,164	0,106	-0,013	0,178	-0,024	0,006	9893	0,718	0,281	-0,312	-0,354	0,163	-0,022	0,167
G.sub	0,326	0,280	-0,188	0,073	-0,068	0,096	-0,066	10182	0,468	0,101	-0,304	-0,196	0,039	-0,112	0,058
G.umb	0,089	0,261	0,134	0,282	0,136	0,027	-0,324	10767	0,542	0,082	-0,297	-0,158	0,029	-0,181	0,055
L.gib	0,053	0,215	0,120	-0,092	-0,387	-0,142	0,222	11057	0,619	0,159	-0,323	-0,096	0,073	-0,015	-0,037
Lag.-	0,222	-0,234	0,111	0,052	-0,102	-0,095	-0,031	11499	0,883	0,342	-0,643	-0,323	0,055	-0,052	0,125
M.bar	0,135	0,263	-0,233	-0,259	-0,111	-0,217	0,372	12384	0,061	0,027	-0,042	-0,016	0,004	-0,010	0,005
M.gla	0,044	-0,075	0,034	-0,001	-0,351	0,178	-0,136	13269	0,526	0,047	-0,336	-0,168	-0,030	-0,001	-0,101
N.lab	0,173	-0,208	0,066	0,007	-0,296	0,214	-0,150	14154	0,185	0,080	-0,146	-0,071	-0,007	-0,020	0,033
O.umb	0,378	0,195	-0,278	-0,033	0,160	-0,050	-0,075	14371	0,121	0,085	-0,101	-0,051	-0,018	-0,033	0,048
P.gro	0,008	0,024	0,023	-0,009	-0,021	-0,154	0,274	14506	1,022	0,670	-0,008	0,621	0,308	0,100	-0,480
P.rot	0,269	-0,154	0,101	0,026	0,093	-0,028	0,066	14804	0,593	0,724	0,023	-0,150	-0,836	-0,143	0,325
Q.pyg	0,135	-0,172	0,172	0,083	-0,115	0,328	0,180	15021	0,517	0,598	0,001	0,046	-0,238	-0,003	0,032
S.arc	0,235	0,073	0,151	0,170	0,025	0,158	0,146	15238	1,153	1,243	0,256	0,734	-0,022	-0,106	0,012
S.rol	0,063	0,227	0,103	0,261	-0,041	-0,162	0,171	15455	0,450	0,718	1,033	-0,882	0,112	0,124	-0,461
S.sch	0,032	0,146	0,330	-0,417	0,094	0,016	-0,202	16536	0,011	0,003	-0,003	0,002	0,001	0,002	-0,001
T.tri	0,165	-0,063	0,255	0,196	0,150	0,082	0,199	16836	0,162	0,203	0,182	-0,192	0,054	0,003	0,021
								17269	0,253	0,212	0,268	-0,237	0,208	-0,044	0,060
								17703	0,129	0,147	0,063	0,027	-0,074	-0,136	0,168
								18181	0,155	0,139	0,077	-0,019	-0,040	-0,292	0,422
								18370	0,268	0,407	0,204	-0,121	-0,079	-0,274	0,282



## Anhang 8: Faktorladungen und site scores, Termination II

### Kern 21906

	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6	F 7	Alter	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6	F 7
	33,81 %	15,92 %	10,06 %	6,63 %	6,16 %	4,77 %	4,26 %	(J.v.h.)	33,81 %	15,92 %	10,06 %	6,63 %	6,16 %	4,77 %	4,26 %
agg.-	0,145	0,212	-0,063	-0,449	0,278	0,164	0,124	121217	0,178	0,174	-0,054	-0,016	0,038	-0,151	0,043
B.fri	0,128	0,108	0,453	0,059	-0,137	0,203	-0,127	121796	0,112	0,102	-0,025	0,021	-0,009	-0,009	-0,002
B.str	0,213	-0,241	-0,037	-0,020	-0,197	0,236	-0,286	122375	0,771	0,521	-0,063	0,170	-0,006	0,023	0,239
C.fle	0,231	-0,313	-0,086	-0,078	-0,124	0,025	0,050	122550	0,595	0,461	-0,099	0,239	-0,078	0,020	-0,015
C.lob	0,104	-0,158	0,032	0,175	0,478	-0,025	-0,266	122725	0,892	0,530	-0,012	0,026	0,052	-0,561	-0,523
C.ren	0,275	-0,103	-0,195	-0,095	-0,202	0,116	-0,042	122900	0,933	0,624	-0,166	-0,129	0,002	0,207	-0,125
C.sub	0,097	0,147	-0,033	-0,499	0,255	0,087	0,158	123075	0,911	0,722	-0,152	-0,970	0,469	0,209	0,205
C.wue	0,263	0,302	-0,114	0,008	0,018	0,030	-0,009	123250	1,164	0,583	-0,612	0,632	-0,219	0,136	-0,033
Cas.-	0,247	-0,332	-0,019	0,011	0,080	0,019	0,026	123425	0,851	0,287	1,466	0,132	-0,354	0,319	-0,061
D.pau	0,146	-0,014	0,369	0,251	0,206	0,193	0,265	123600	0,589	-0,132	0,420	-0,209	0,034	-0,673	-0,017
E.exi	0,018	0,037	-0,018	-0,008	0,021	-0,106	0,034	123775	0,675	-0,273	0,041	-0,115	-0,296	-0,421	0,634
E.tum	0,241	0,303	-0,113	0,039	0,007	0,049	-0,139	123950	0,637	-0,468	0,375	0,356	0,933	0,135	0,229
Elp.-	0,129	-0,040	0,205	-0,067	0,054	-0,606	-0,053	124125	0,680	-0,626	-0,058	0,218	0,544	-0,031	-0,414
F.fus	0,005	-0,005	0,021	-0,015	0,018	-0,294	-0,040	124300	0,797	-0,361	-0,211	0,382	0,010	-0,084	0,463
F.mar	0,177	0,038	-0,143	0,313	-0,092	-0,143	0,459	124475	1,494	-1,337	-0,288	-0,398	-0,451	0,259	-0,217
G.sub	0,257	-0,186	0,132	-0,266	-0,185	0,011	0,051	124650	0,333	-0,239	0,030	-0,050	0,009	0,003	-0,059
L.gib	0,067	-0,057	0,014	-0,058	-0,161	-0,295	0,497	124825	0,072	-0,033	-0,011	0,004	0,007	0,005	-0,011
Lag.-	0,161	0,119	0,434	0,103	-0,196	0,156	-0,041	125000	0,023	-0,008	-0,014	-0,002	-0,011	0,006	0,000
M.bar	0,267	-0,218	-0,072	0,150	0,246	-0,102	-0,102	125990	0,010	-0,007	-0,002	-0,002	-0,001	0,000	-0,001
N.lab	0,214	-0,347	-0,071	-0,066	-0,067	-0,001	0,027	126979	0,013	-0,008	-0,006	0,001	0,002	0,000	-0,003
O.hex	0,130	0,154	-0,198	0,341	-0,126	0,092	-0,029	127969	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O.umb	0,354	0,094	-0,078	-0,075	0,077	-0,011	-0,028	128959	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
P.bul	0,063	-0,098	0,125	0,179	0,506	0,094	0,180	129948	0,005	0,001	-0,001	-0,001	0,001	0,000	0,000
P.cor	0,088	0,111	-0,004	0,013	0,028	-0,393	-0,410	130938	0,004	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
P.rot	0,251	0,312	-0,052	0,013	0,004	-0,091	-0,071	131928	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S.arc	0,227	0,222	-0,206	0,232	-0,039	0,004	0,094	132918	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T.tri	0,170	0,105	0,441	-0,104	-0,104	-0,160	0,025	133907	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								134897	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								135887	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								136876	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								137866	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								138856	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								139845	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								140835	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								143694	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								146552	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								149411	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								151335	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								154194	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								157052	0,007	-0,003	-0,004	-0,002	-0,003	0,002	-0,001
								157924	0,029	-0,020	-0,005	-0,004	0,004	0,001	0,001
								158796	0,054	-0,027	0,006	0,002	0,012	-0,001	-0,006
								162648	0,048	-0,023	0,062	-0,029	0,032	-0,420	-0,051
								163520	0,057	0,003	-0,007	-0,065	0,026	0,026	0,015
								164393	0,063	-0,014	0,020	-0,046	-0,006	-0,002	0,009

## Anhang 8: Faktorladungen und site scores, Termination II, Fortsetzung

### Kern 23256

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	Alter	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
	30,81 %	13,94 %	8,26 %	7,95 %	7,29 %	6,76 %	5,47 %	(J.v.h.)	30,81 %	13,94 %	8,26 %	7,95 %	7,29 %	6,76 %	5,47 %
<i>B.fri</i>	0,009	0,154	-0,381	0,282	-0,007	-0,248	0,029	114232	0,111	0,148	-0,028	-0,292	0,036	-0,082	-0,075
<i>B.mar</i>	0,009	0,145	-0,427	0,316	-0,029	-0,367	0,163	115250	0,076	0,166	0,053	-0,148	-0,052	-0,123	-0,309
<i>B.psd</i>	0,009	0,061	0,005	0,007	-0,023	0,005	-0,201	116268	0,160	0,282	-0,008	-0,191	-0,056	-0,126	-0,418
<i>C.lob</i>	0,009	0,051	-0,196	0,135	-0,060	-0,304	0,262	117286	0,735	0,198	0,064	-0,382	-0,014	-0,262	-0,038
<i>C.ren</i>	0,302	-0,143	0,023	0,173	0,207	0,019	-0,049	118304	2,327	-0,559	0,043	0,437	0,477	0,068	-0,107
<i>C.wue</i>	0,363	0,007	0,001	-0,156	-0,159	-0,112	0,096	119321	1,045	-0,008	-0,101	-0,175	-0,745	0,236	0,327
<i>Cas.-</i>	0,299	-0,039	0,043	0,040	0,180	-0,071	-0,144	120339	0,682	0,201	0,054	-0,504	-0,027	-0,375	0,101
<i>D.bag</i>	0,221	-0,125	0,018	0,187	0,235	0,028	-0,075	121357	0,316	0,115	0,020	-0,324	-0,192	-0,263	0,038
<i>D.fro</i>	0,126	0,052	-0,132	0,003	-0,526	0,379	0,141	122375	0,370	0,200	0,096	-0,309	-0,228	-0,290	0,000
<i>E.tun</i>	0,327	-0,110	-0,001	0,075	-0,010	0,063	0,055	122534	0,319	0,099	0,086	-0,235	-0,174	-0,240	0,124
<i>Elp.-</i>	0,066	0,345	0,460	0,226	-0,132	-0,079	0,141	122693	0,017	0,001	0,000	-0,009	-0,008	-0,007	0,005
<i>F.mar</i>	0,263	-0,069	0,032	-0,023	0,166	-0,123	-0,003	122852	0,018	0,006	0,001	-0,021	-0,012	-0,018	0,006
<i>G.sub</i>	0,149	0,312	0,062	-0,133	-0,061	-0,122	-0,543	123011	0,027	0,072	0,005	0,038	-0,023	-0,078	0,068
<i>G.umb</i>	0,025	0,095	0,005	-0,177	-0,022	-0,109	-0,327	123170	0,040	0,132	-0,095	0,028	-0,004	0,067	-0,075
<i>L.gib</i>	0,013	0,227	0,459	0,283	-0,045	-0,049	0,278	123330	0,045	0,203	-0,141	0,037	-0,009	0,096	-0,114
<i>Lag.-</i>	0,295	0,031	0,019	-0,286	-0,212	-0,205	0,151	123489	0,020	0,048	-0,046	0,064	-0,041	-0,138	0,122
<i>M.bar</i>	0,051	0,475	0,163	0,159	0,153	0,068	-0,027	123648	0,050	0,005	0,001	-0,032	-0,025	-0,025	0,014
<i>N.lab</i>	0,079	0,260	-0,118	-0,367	0,335	0,136	0,290	123807	0,102	0,102	-0,123	-0,015	-0,085	-0,155	0,107
<i>O.umb</i>	0,259	0,125	0,014	-0,382	-0,189	-0,321	0,092	123887	0,025	0,095	-0,012	0,024	-0,016	0,022	-0,026
<i>P.bul</i>	0,075	0,464	-0,329	0,110	-0,004	0,243	-0,275	124046	0,021	0,069	-0,047	0,006	-0,006	0,027	-0,036
<i>P.gro</i>	0,027	0,243	-0,146	-0,227	0,379	0,286	0,329	124205	0,033	0,070	-0,047	0,000	-0,012	0,022	-0,033
<i>P.rot</i>	0,332	-0,107	-0,006	0,132	0,118	0,089	0,011	124364	0,006	0,001	0,000	-0,004	-0,003	-0,003	0,002
<i>Q.sem</i>	0,212	-0,002	-0,127	0,125	-0,350	0,403	0,040	124523	0,009	0,012	-0,040	0,021	-0,017	-0,068	0,056
<i>T.tri</i>	0,308	-0,137	-0,011	0,204	0,121	0,124	-0,040	124682	0,011	0,027	0,035	0,011	-0,013	-0,011	0,012
								124841	0,039	0,094	-0,012	0,020	-0,017	0,018	-0,024
								125000	0,039	0,106	-0,040	-0,010	-0,014	0,013	-0,101
								125168	0,020	0,068	-0,047	0,009	-0,005	0,029	-0,037
								125336	0,007	0,001	0,000	-0,005	-0,004	-0,004	0,002
								125505	0,032	0,068	-0,047	0,006	-0,006	0,027	-0,035
								125673	0,030	0,071	-0,047	-0,001	-0,011	0,021	-0,034
								125842	0,042	0,162	-0,060	0,037	-0,019	0,054	-0,064
								126010	0,070	0,227	0,011	0,015	-0,044	0,008	-0,292
								126178	0,394	0,276	-0,305	0,185	-0,678	0,715	-0,040
								126347	0,067	0,290	-0,020	0,055	0,009	0,054	-0,138
								126515	0,305	0,961	0,123	0,129	0,039	0,043	-0,607
								126683	0,220	0,901	-0,321	-0,479	0,733	0,514	0,478
								126852	0,202	-0,088	0,014	0,115	0,160	0,003	-0,046
								127020	0,019	0,135	-0,435	0,311	-0,070	-0,488	0,321
								127188	0,003	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	0,001
								127356	0,077	0,570	-0,837	0,595	-0,014	-0,445	0,043
								127525	0,110	0,842	1,008	0,598	-0,087	-0,088	0,404

## Anhang 8: Faktorladungen und site scores, Termination II, Fortsetzung

### Kern 23068

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	Alter (J.v.h.)	F 1 31,56 %	F 2 14,43 %	F 3 10,88 %	F 4 7,48 %	F 5 6,86 %	F 6 5,14 %	F 7 3,87 %
	31,56 %	14,43 %	10,88 %	7,48 %	6,86 %	5,14 %	3,87 %	103073	0,427	-0,602	-1,269	0,009	0,031	-0,066	0,023
agg.-	0,199	-0,339	0,001	-0,009	-0,070	-0,407	0,042	105488	0,426	-0,435	0,260	0,170	1,155	0,095	0,127
C.lob	0,000	0,001	0,001	0,637	-0,110	0,001	0,060	110625	0,446	-0,445	-0,814	0,010	0,059	0,329	-0,065
C.sub	0,211	-0,171	0,189	-0,026	-0,174	-0,004	0,018	111783	0,772	-0,477	0,305	-0,049	-0,340	0,795	-0,013
C.wue	0,342	0,242	-0,084	0,003	0,052	0,040	0,054	112940	1,043	-0,737	0,384	-0,047	-0,320	-0,095	-0,003
Cas.-	0,214	-0,305	0,230	-0,023	-0,159	-0,050	-0,020	114099	1,115	-0,765	0,508	-0,007	-0,016	-0,333	-0,003
D.cuv	0,075	0,006	0,045	0,105	0,495	0,018	-0,163	115257	0,253	0,033	0,055	-0,007	-0,042	-0,072	-0,026
D.fro	0,091	-0,123	0,104	-0,024	-0,184	0,576	-0,012	116172	0,283	0,050	0,047	-0,008	-0,048	-0,084	-0,032
E.tum	0,272	0,232	-0,075	-0,011	-0,035	0,091	0,161	117330	0,178	0,010	0,020	-0,005	-0,031	-0,030	-0,018
F.mar	0,050	-0,112	0,089	0,085	0,626	0,069	0,122	119070	0,371	-0,305	-0,207	-0,019	-0,149	-0,694	0,063
G.sub	0,329	0,262	-0,011	0,007	0,051	-0,036	0,009	120228	0,126	0,051	0,005	-0,003	-0,012	-0,020	0,007
L.gib	0,105	0,134	-0,023	0,035	0,038	-0,032	-0,913	121387	0,166	0,041	0,025	-0,005	-0,024	-0,034	0,000
Lag.-	0,372	-0,106	0,064	-0,018	-0,139	-0,089	-0,068	122203	0,517	0,226	0,022	0,086	0,420	-0,017	-0,111
M.bar	0,002	0,003	0,002	0,745	-0,106	0,001	-0,002	122425	0,884	0,517	-0,040	-0,005	-0,025	-0,090	-0,137
M.gla	0,050	-0,155	-0,434	0,004	0,017	-0,048	0,022	122649	0,539	0,320	-0,036	0,000	-0,012	-0,044	-0,171
O.hex	0,130	-0,221	0,188	0,058	0,441	-0,123	0,085	122867	0,274	0,208	-0,035	0,016	0,019	-0,020	-0,446
O.umb	0,286	0,320	-0,071	-0,001	0,036	0,014	0,167	122871	1,089	0,383	-0,073	-0,004	-0,014	0,076	-0,130
P.bul	0,000	0,000	0,000	0,115	-0,020	0,001	-0,008	123431	1,183	0,860	-0,152	-0,014	0,022	-0,005	0,302
P.cor	0,062	-0,141	-0,260	-0,006	-0,065	-0,475	0,064	123607	0,712	0,580	-0,140	-0,012	0,005	0,083	0,273
P.gro	0,073	-0,187	-0,488	0,007	0,036	0,163	-0,037	123783	0,447	0,102	0,105	-0,020	-0,109	-0,014	0,077
P.rot	0,284	0,287	-0,069	-0,008	0,004	0,037	0,160	124046	0,010	0,010	-0,002	0,000	0,001	0,001	0,004
Q.pyg	0,074	-0,193	-0,509	0,007	0,035	0,136	-0,029	124309	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Q.sem	0,328	0,034	0,104	-0,010	-0,061	-0,198	-0,117	124790	0,030	0,007	0,000	-0,001	-0,004	-0,004	0,001
S.arc	0,194	-0,298	0,229	-0,010	-0,072	0,205	0,023	124834	0,014	0,013	-0,004	0,000	0,002	0,001	0,006
T.tri	0,254	-0,292	-0,106	0,011	0,075	0,322	-0,058	125315	0,011	0,011	-0,002	0,000	0,002	0,000	0,004
								125887	0,011	0,000	0,002	0,228	-0,036	-0,002	-0,001
								126278	0,001	0,001	0,000	0,114	-0,016	0,000	0,000
								126759	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
								127240	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								127721	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								128202	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								128683	0,001	0,001	0,001	0,229	-0,033	0,000	0,000
								129165	0,001	0,001	0,001	0,229	-0,033	0,000	0,000
								129646	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								130127	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								130608	0,000	0,000	0,000	0,114	-0,016	0,000	0,000
								131089	0,001	0,001	0,000	0,114	-0,016	0,000	0,000
								131656	0,001	0,001	0,000	0,230	-0,036	0,001	-0,008
								132137	0,001	0,002	0,001	0,683	-0,108	0,001	0,031
								132533	0,002	-0,001	0,001	0,170	-0,030	0,000	0,016
								133014	0,058	0,068	-0,010	0,018	0,019	-0,018	-0,488
								133579	0,003	0,004	0,002	0,968	-0,153	0,001	0,047
								134060	0,001	0,002	0,001	0,399	-0,062	0,001	0,016
								134540	0,059	0,074	-0,013	0,019	0,021	-0,017	-0,487
								134939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								135295	0,001	0,001	0,001	0,229	-0,033	0,000	0,000
								135651	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
								136007	0,061	0,040	0,013	0,168	0,202	-0,001	-0,312
								136363	0,002	0,002	0,001	0,229	-0,032	0,000	0,000
								136580	0,004	0,001	0,001	0,114	-0,017	0,000	0,001





## Anhang 9: Abbildungs- und Tabellenunterschriften in deutscher und englischer Sprache

**Abb. 1:** Physiographie des nord-östlichen Nordatlantiks und des Europäischen Nordmeeres. Als einzige Verbindung zwischen dem Arktischen und dem Atlantischen Ozean mit einem bedeutenden Wassermassenaustausch spielt dieses Meeresgebiet eine Schlüsselrolle für die Ozeanographie des Weltozeans. Die bearbeiteten Kernstationen sind mit Sternen und GIK-Nummern gekennzeichnet (GIK = Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum, Universität Kiel).

*Physiography of the north-eastern Atlantic and the Norwegian-Greenland Seas. This part of the ocean holds a key position in terms of considerable deep-water exchange between the Arctic and the Atlantic Ocean. the core locations are marked with an asterisk (GIK = Institute of Geology and Palaeontology, Kiel University).*

**Abb. 2:** Akkumulationsraten benthischer Foraminiferen einiger Sedimentkerne aus dem zentralen Europäischen Nordmeer. In allen bisher untersuchten Kernen bilden die Individuen-Akkumulationsraten (INDAR) nach den glazialen/interglazialen Übergängen (Terminationen) ausgeprägte Maxima (z.T. aus STRUCK 1992).

*Accumulation rates of various sediment cores of the Norwegian-Greenland Seas. Every core shows markable INDAR-maxima at the glacial/interglacial transitions ("terminations"; INDAR = specimen accumulation rates; data partly from STRUCK 1992).*

**Abb. 3:** Die moderne Oberflächenzirkulation im Europäischen Nordmeer und dem südlich angrenzenden Nordatlantik (SWIFT 1986, KOLTERMANN 1987). Die ozeanographischen Fronten (nach JOHANNESSEN 1986) sind in ihrer Sommersituation dargestellt

(ozeanographische Domänen nach SWIFT 1986; \* Kernlokationen, — Profilschnitt, s. Abb. 5).

*The modern surface circulation pattern of the Norwegian-Greenland Seas and the north-eastern North-Atlantic (SWIFT 1986, KOLTERMANN 1987). The oceanographic frontal system is presented in its summer situation*

*(oceanographic domains after SWIFT 1986; \* core locations, — oceanographic section, s. fig. 5).*

**Abb. 4:** Die Bodenwassermassen des Europäischen Nordmeeres und des nordöstlichen Nordatlantiks (nach MIDTTUN 1985, SMETHIE *et al.* 1986, QUADFASEL *et al.* 1988, BLINDHEIM 1989, BLINDHEIM 1990, CARMACK 1990, AAGAARD *et al.* 1991, BLAUME 1992;

\* Kernlokationen, — Profilschnitt, s. Abb. 5).

*The deep-water masses of the Norwegian-Greenland Seas and the north-eastern North-Atlantic (after MIDTTUN 1985, SMETHIE *et al.* 1986, QUADFASEL *et al.* 1988, BLINDHEIM 1989, BLINDHEIM 1990, CARMACK 1990, AAGAARD *et al.* 1991, BLAUME 1992;*

*\* core locations, — oceanographic section, s. fig. 5).*

**Abb. 5:** Temperatur (a), Salinität (b) und Sauerstoffgehalt (c) im Europäischen Nordmeer entlang eines N-S-Profilschnitts (s. Abb. 3 und 4; aus SMETHIE *et al.* 1986).

*Temperature (a), salinity (b) and oxygen content (c) in the Norwegian-Greenland Seas along a N-S section (s. fig. 3 and 4; from SMETHIE *et al.* 1986).*

**Abb. 6:** Die Entwicklung der  $\delta^{18}\text{O}$  und  $\delta^{13}\text{C}$  Isotopenverhältnisse über den Zeitraum der vergangenen 140.000 Jahre in den hier untersuchten Kernen. Einzelne isotopische Ereignisse und Zeitabschnitte wurden markiert, bzw. mit einem Raster unterlegt. Die jeweils in zwei Abschnitte (A und B) geteilten Abschmelzphasen der Terminationen (I und II) sind durch eine Schraffur gekennzeichnet. Die Werte wurden an Gehäusen von *Neogloboquadrina pachyderma* sin. gemessen. Für Kern 23414 wurden Gehäuse von *Globigerina bulloides* verwendet. (Unter Verwendung von Daten aus VOGELSANG 1990, HAMICH 1991, WEINELT 1993, JUNG in Vorb., Daten und Datenquellen s. Anhang 3, LGM = letztes glaziales Maximum.)

*The  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  isotopic ratios of the last 140.000 years in the investigated cores. Individual isotopic events and periods are marked by pattern or designation. The divided glacial/interglacial transitions (terminations A and B) are hatched. The isotopic ratios are measured on tests of *Neogloboquadrina pachyderma* sin. except of core 23414 where *Globigerina bulloides* was used. (with data from VOGELSANG 1990, HAMICH 1991, WEINELT 1993, JUNG in prep., see appendix 3 for data and datasources, LGM = last glacial maximum.)*

**Abb. 7:** Alters/Teufen Diagramm und lineare Sedimentationsraten (LSR), berechnet nach der korrigierten Isotopenstratigraphie. Ein Maximum der LSR um etwa 30.000 Jahre vor heute im Kern 21906 könnte von einer Schüttung verursacht worden sein. Kern 23256 weist eine insgesamt erhöhte LSR auf, insbesondere in glazialen Abschnitten.

*Age/depth control and linear sedimentation rates (LSR) according to the adjusted oxygen isotope stratigraphy. The LSR maximum at 30.000 ybp in core 21906 is presumably a result of a sedimentary event. In particular in glacial sections core 23256 shows in general increased LSR.*

**Abb. 8:** Schematisierte Darstellung der Probenaufbereitung. Die fraktionierten Sedimentproben (125 - 250  $\mu\text{m}$ , >250  $\mu\text{m}$ ) wurden anschließend mikroskopisch analysiert und mit dem Trockengewicht der Gesamtprobe verrechnet (s. Abb. 9).

*Schematic description of the sample processing. The fractionated sediment samples (125 - 250  $\mu\text{m}$ , >250  $\mu\text{m}$ ) were analysed by microscope and the results compensated with the bulk dry weight (s. fig. 9).*

**Abb. 9:** Die methodische Datenaufbereitung der gezählten Gehäuse benthischer Foraminiferen. Das Verfahren ist ausführlich in STRUCK (1992) beschrieben. Es erlaubt die Erstellung eines Datensatzes zur quantitativen Bilanzierung des Gehäuseeintrags unter Berücksichtigung sedimentphysikalischer und stratigraphischer Parameter.

*The data processing of the benthic foraminiferal test counts. This procedure, described in Struck (1992) in detail, allows the quantitative review of test flux regarding to sediment-physical and stratigraphic properties.*

**Abb. 10:** Die Entwicklung der Gesamtakkumulationsraten, sowie die  $\delta^{18}\text{O}$  Kurve von 135.000 bis 115.000 J.v.h. Ausgefüllte Punkte markieren die Werte der Gesamtfraktion (125 - 2.000  $\mu\text{m}$ ), offene Kreise die Werte der Fraktion 125 - 250  $\mu\text{m}$ , offene Dreiecke die Werte der Isotopenkurve. Die Struktur der INDAR-Kurve in Kern 23256 zeigt einen eigenen, zu den anderen Kernen sehr unterschiedlichen Verlauf. Dieser Kern stammt vom Hangfuß des Barentssee Schelfs.

*Benthic foraminiferal accumulations rates and  $\delta^{18}\text{O}$  ratios 135.000 to 115.000 ybp. Dots mark the fraction 125 - 2.000  $\mu\text{m}$ , open circles the fraction 125 - 250  $\mu\text{m}$  and triangles the isotopic ratios. Core 23256 shows to the other cores a different shape of the INDAR curve. Its location is close to the slope of the Barentssee shelf.*

**Abb. 11:** Die Entwicklung der Akkumulationsraten benthischer Foraminiferen in den hier untersuchten Kernen seit den letzten 20.000 Jahren. Ausgefüllte Punkte markieren die Werte der Gesamtfraktion (125 - 2.000  $\mu\text{m}$ ), offene Kreise die Werte der Fraktion 125 - 250  $\mu\text{m}$ , offene Dreiecke die Werte der Isotopenkurve. Die kleine Fraktion stellt den größeren Anteil an der Gesamtfauna. Zur Sedimentoberfläche hin nimmt dieser Anteil in den drei nördlichen Kernen ab. Das Verhältnis der Fraktionen ist dagegen in Kern 23414 nahezu über den ganzen Kernverlauf konstant.

*Benthic foraminiferal accumulations rates in the investigated cores of the last 20.000 yrs. Dots mark the fraction 125 - 2.000  $\mu\text{m}$ , open circles the fraction 125 - 250  $\mu\text{m}$  and triangles the isotopic ratios. The small fraction dominates the fauna. Towards the sediment surface this portion decreases in three cores. In core 23414 the relation of the fractions is almost constant along the whole core section.*

**Abb. 12:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 21906 zwischen 140.000 und 120.000 Jahren vor heute. Zusätzlich ist der entsprechende prozentuale Anteil dargestellt (---).

*The INDAR of six major species in core 21906, 140.000 and 120.000 ybp. The broken line marks the percentage portion.*

**Abb. 13:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 21906 zwischen 140.000 und 120.000 Jahren vor heute.

*The INDAR of other important species in core 21906, 140.000 and 120.000 ybp.*

**Abb. 14:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 23256 zwischen 130.000 und 110.000 Jahren vor heute. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (---).

*The INDAR of six major species in core 23256, 130.000 and 110.000 ybp. The broken line marks the percentage portion.*

**Abb. 15:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 23256 zwischen 130.000 und 110.000 Jahren vor heute.

*The INDAR of other important species in core 23256, 130.000 and 110.000 ybp.*

**Abb. 16:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 23068 zwischen 130.000 und 110.000 Jahren vor heute. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (---).

*The INDAR of six major species in core 23068, 130.000 and 110.000 ybp. The broken line marks the percentage portion.*

**Abb. 17:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 23068 zwischen 130.000 und 110.000 Jahren vor heute.

*The INDAR of other important species in core 23068, 130.000 and 110.000 ybp.*

**Abb. 18:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 23414 zwischen 134.000 und 106.000 Jahren vor heute. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (---).

*The INDAR of six major species in core 23414, 134.000 and 106.000 ybp. The broken line marks the percentage portion.*

**Abb. 19:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 23414 zwischen 134.000 und 106.000 Jahren vor heute.

*The INDAR of other important species in core 23414, 134.000 and 106.000 ybp.*

**Abb. 20:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 21906 während der vergangenen 20.000 Jahre. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (---).

*The INDAR of six major species in core 21906 of the past 20.000 yrs. The broken line marks the percentage portion.*

**Abb. 21:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 21906 während der vergangenen 20.000 Jahre.

*The INDAR of other important species in core 21906 of the past 20.000 yrs.*

**Abb. 22:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 23256 während der vergangenen 20.000 Jahre. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (—). Durch Kernverlust fehlen die obersten Horizonte.

*The INDAR of six major species in core 23256 of the past 20.000 yrs. The broken line marks the percentage portion. Due to sediment loss the uppermost section is missing.*

**Abb. 23:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 23256 während der vergangenen 20.000 Jahre. Durch Kernverlust fehlen die obersten Horizonte.

*The INDAR of other important species in core 23256 of the past 20.000 yrs. Due to sediment loss the uppermost section is missing.*

**Abb. 24:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 23068 während der vergangenen 20.000 Jahre. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (----).

*The INDAR of six major species in core 23068 of the past 20.000 yrs. The broken line marks the percentage portion.*

**Abb. 25:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 23068 während der vergangenen 20.000 Jahre.

*The INDAR of other important species in core 23068 of the past 20.000 yrs.*

**Abb. 26:** Die INDAR-Werte der sechs häufigsten Arten in Kern 23414 während der vergangenen 20.000 Jahre. Dargestellt ist ebenfalls der entsprechende prozentuale Anteil (----).

*The INDAR of six major species in core 23414 of the past 20.000 yrs. The broken line marks the percentage portion.*

**Abb. 27:** Die INDAR-Werte weiterer wichtiger Arten in Kern 23414 während der vergangenen 20.000 Jahre.

*The INDAR of other important species in core 23414 of the past 20.000 yrs.*

**Abb. 28:** "Site-scores" der einzelnen Proben über den Verlauf der Termination II, Kerne 21906 und 23256 (a) und Kerne 23068 und 23414 (b). Dargestellt sind die ersten vier Faktoren, die den Großteil der Proben erklären (siehe Summe der Prozentanteile). Die Tabellen listen die Variablen entsprechend ihren positiven/negative Ladungen ab-, bzw. aufsteigend auf.

*The site scores along the termination II of sediment cores 21906 and 23256 (a) and cores 23068 and 23414 (b). Shown are the first four factors, which explain the major part of the variance of the samples (see sum of percentages). The tables list the variables according to their positive/negative loadings de-, ascending.*

**Abb. 29:** Die "site scores" der ersten vier Faktoren in den hier untersuchten Kernen über den Verlauf der vergangenen 20.000 Jahre (a: Kerne 21906 und 23256; b: Kerne 23068 und 23414). Die Prozentsumme bezeichnet die addierten Erklärungsanteile. Die Tabellen listen die Variablen entsprechend ihren positiven/negative Ladungen ab-, bzw. aufsteigend auf.

*Site scores of the first four factors in the investigated cores of the past 20.000 yrs. (a: sediment cores 21906 and 23256; b: cores 23068 and 23414). The sum of percentages explains the major part of the variance of the samples. The tables list the variables according to their positive/negative loadings de-, ascending.*

**Abb. 30:** Im Bereich der Termination I zeigen die INDAR-Werte einen zeitlichen Versatz von Süden nach Norden. Das ältere Maximum-Ereignis tritt mit einer durchschnittlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit von 0,78 km/y in der südlichen Framstraße 3.500 Jahre später auf als auf dem Rockall-Plateau. Die mit einem offenem Kreis gekennzeichneten Probenpunkte wurden für die Berechnung der Entwicklungs-Dynamik verwendet (s. Kap. 5.2 und Abb. 31).

*The INDAR-values show a remarkable time shift from south to north over the last glacial/interglacial transition. The elder maximum occurs in the Framstrait with an expanding velocity of 0,78 km/y 3.500 years later than at the Rockall Plateau. Open circles mark samples used for the development dynamic calculation (s. chapter 5.2 and fig. 31).*

**Abb. 31:** Die Dynamik des älteren INDAR-Maximums in den Terminationen I und II. Sie ist dokumentiert durch die entsprechenden Verhältnisse von  $\delta$  INDAR vs.  $\delta$  Zeit zwischen dem Fuß und dem Gipfel des Maximums (s. Abb. 30). Der Wert von Termination II, Kern 23256, wurde als nicht repräsentativ angesehen und nicht in die Berechnung mit aufgenommen (s. Abb. 32). Bei Termination I wurden Daten aus STRUCK (1992) für den Kern 17730 in die Berechnung mit einbezogen.

*The development dynamic of the elder INDAR-maximum at the terminations I and II. The calculation rests upon the  $\delta$  INDAR vs.  $\delta$  time between foot and peak of the maximum (s. fig. 30). Due to bioturbation (see. fig. 32) the value of termination II, core 23256, was rejected. The data of core 17730 are from Struck (1992).*

**Abb. 32:** Die bioturbate Glättung der INDAR-Kurve in Kern 23256. Der Horizont von 123.800 bis 120.900 J.v.h. ist intensiv verwühlt worden und hat sehr wahrscheinlich das ältere Maximum der Termination II in diesem Kern "geglättet". Die entsprechenden Mechanismen wurden z.B. von CLIMAP (1984) diskutiert.

*The bioturbate smoothing of the INDAR-curve of core 23256. The section from 123.800 to 120.900 ybp was bioturbated intensely. This led presumably to a smoothing of the elder maximum in the core. Corresponding mechanisms are discussed by CLIMAP (1984).*

**Abb. 33:** In drei Kernen (21906, 23256, 23068) zeigen die INDAR-Werte der benthischen Foraminiferen eine hohe chronologische Übereinstimmung mit einem Schmelzwasserereignis vor ca. 14.000 - 17.000 Jahren. Die Daten für den Kern 21295 stammen aus JONES und KEIGWIN (1988).

*Three cores (21906, 23256, 23068) show a high chronological coherence with a meltwater event 14.000 - 17.000 ybp. The data of core 21295 are from JONES and KEIGWIN (1988).*

**Abb. 34:** Die an benachbarten Kernen errechneten Meeresoberflächentemperaturen korrelieren mit dem drastischen Anstieg der INDAR-Werte der benthischen Foraminiferen (unveröff. Daten von SCHULZ in Vorb., berechnet nach PFLAUMANN *et al.* eingereicht).

*Calculated sea surface temperatures follow the distinct increase of INDAR of benthic foraminifera (unpubl. data by SCHULZ in prep., calculated after PFLAUMANN *et al.* submitted).*

**Abb. 35:** Vergleich zwischen Prozentverteilungen benthischer Foraminiferen und anderen Parametern (Datenquellen s. Abb. 38) an den Kernpositionen 23068/23071 und 23414/V 23-81 für die letzten 20.000 Jahre: die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse. Dargestellt sind die "site scores" der Faktoren mit ihren errechneten Ladungen gegen eine Zeitachse. Die Tabellen listen die Variablen entsprechend ihren positiven/negative Ladungen ab-, bzw. aufsteigend auf.

*The results of a principal component analysis in order to compare the percentage rates of benthic foraminifera with other parameters (data sources see fig. 38) at the core locations 23068/23071 and 34414/V 23-81 for the last 20.000 yrs. Shown are the site scores of the factors along a time axis. The tables list the variables according to their positive/negative loadings de-, ascending.*

**Abb. 36:** Die INDAR der Art *Cibicidoides wuellerstorfi* in der Fraktion 125 - 2.000  $\mu$ m dargestellt im Vergleich mit dem prozentualen Anteil an der Gesamtfaua im Verlauf über die Termination I. Diese epibenthische Foraminifere gilt als zuverlässiger Anzeiger für stärkere Bodenströmungen (LUTZE und THIEL 1989).

*The INDAR of *Cibicidoides wuellerstorfi* (125 - 2.000  $\mu$ m) shown in comparison with the percentage portion of the whole fauna along the termination I. This epibenthic foraminifera is well known as indicator for increased bottom currents (LUTZE and THIEL 1989).*

**Abb. 37:** Die INDAR der Art *Cibicidoides wuellerstorfi* in der Fraktion 125 - 2.000  $\mu$ m dargestellt im Vergleich mit dem prozentualen Anteil an der Gesamtfaua im Verlauf über die Termination II.

*The INDAR of *Cibicidoides wuellerstorfi* (125 - 2.000  $\mu$ m) shown in comparison with the percentage portion of the whole fauna along the termination II.*

**Abb. 38:** Die Korrelation der INDAR-Werte benthischer Foraminiferen mit regionalen und globalen paläoklimatischen Datensätzen im Bereich der Termination II. Die INDAR-Maxima bei 124.200 und 122.700 Jahren vor heute korrelieren mit einem ersten Maximum errechneter Oberflächentemperaturen und dem Gipfel der  $\delta^{18}\text{O}$  SPECMAP Kurve.

- 1: Insolation (IMBRIE *et al.* 1992).
- 2: SPECMAP (MARTINSON *et al.* 1987).
- 3: Mittlere Oberflächentemperatur (SST) an Kern K 11 (Daten: CLIMAP 1984, Stratigraphie: KELLOGG *et al.* 1978)
- 4: Mittlere Oberflächentemperatur (SST) an Kern V 28-56 (Daten: CLIMAP 1984, Stratigraphie: KELLOGG *et al.* 1978)
- 5: Vostok Eiskern, Temperaturunterschied zu heute (JOUZEL *et al.* 1993).
- 6: INDAR benthische Foraminiferen, errechnet als Stack aus 4 Kernen vom Rockall-Plateau bis zur Framstraße.

*The correlation of benthic foraminiferal INDAR with regional and global paleoclimatological datasets at termination II. The INDAR-maxima at 124.200 and 122.700 ybp. correlate with the first maximum of calculated sea surface temperatures and the peak of the  $\delta^{18}\text{O}$  SPECMAP curve.*

- 1: Insolation (IMBRIE *et al.* 1992).
- 2: SPECMAP (MARTINSON *et al.* 1987).
- 3: Average sea surface temperatures (SST) for core K 11 (data: CLIMAP 1984, stratigraphy: KELLOGG *et al.* 1978)
- 4: Average sea surface temperatures (SST) for core V 28-56 (data: CLIMAP 1984, stratigraphy: KELLOGG *et al.* 1978)
- 5: Vostok icecore, temperature difference to present (JOUZEL *et al.* 1993).
- 6: INDAR of benthic foraminifera, calculated as stack of 4 cores from the Rockall-Plateau to the Framstrait.

**Abb. 39:** Die Korrelation der INDAR-Werte benthischer Foraminiferen mit regionalen und globalen paläoklimatischen Datensätzen im Bereich der Termination I. Das INDAR-Maximum bei 8.500 Jahren vor heute korreliert mit dem jüngeren Anstieg des zweistufigen Anstiegs des Meeresspiegels, der Oberflächentemperaturen und der atmosphärischen Temperaturen.

- 1: Insolation (IMBRIE *et al.* 1992).
- 2: SPECMAP (MARTINSON *et al.* 1987).
- 3: Vostok Eiskern, Temperaturunterschied zu heute (JOUZEL *et al.* 1993).
- 4: Meeresspiegelschwankung (FAIRBANKS 1989).
- 5: Oberflächentemperatur (SST), errechnet als Stack von 3 Kernen vom Rockall-Plateau bis zum Mohnsrücken (Daten von SCHULZ Diss. in Vorb.).
- 6: INDAR benthische Foraminiferen, errechnet als Stack aus 11 Kernen vom Rockall-Plateau bis zur Framstraße (Daten z. T. aus STRUCK 1992).

7: Chronozonen (MANGERUD 1974; FAIRBANKS 1990).

*The correlation of benthic foraminiferal INDAR with regional and global paleoclimatological data at termination I. The INDAR-maxima at 8.500 ybp. correspond with the younger increase of the divided sea level curve, the calculated sea surface temperatures and the atmospheric temperatures.*

- 1: Insolation (IMBRIE *et al.* 1992).
- 2: SPECMAP (MARTINSON *et al.* 1987).
- 3: Vostok icecore, temperature difference to present (JOUZEL *et al.* 1993).
- 4: Sea level curve (FAIRBANKS 1989).
- 5: Average sea surface temperatures (SST), calculated as stack of 3 cores from the Rockall-Plateau to the Mohns Ridge (data by SCHULZ in prep.).
- 5: INDAR of benthic foraminifera, calculated as stack of 11 cores from the Rockall-Plateau to the Framstrait (data partly from STRUCK 1992).
- 7: Chronozones (MANGERUD 1974; FAIRBANKS 1990).

**Abb. 40:** Die prozentualen Anteile der Fraktion 125 - 250  $\mu\text{m}$  an der Gesamtfraktion 125 - 2.000  $\mu\text{m}$  bei der Art *Cibicidoides wuellerstorfi*. Während der Phase der INDAR-Maxima verringern sich die prozentualen Anteile der kleineren Fraktion in allen Kernen (s. Pfeile).

*The percentage portion of the fraction 125 - 250  $\mu\text{m}$  of the total fraction (125 - 2.000  $\mu\text{m}$ ) of *Cibicidoides wuellerstorfi*. During this period of the INDAR-maxima the percentage portions decrease significantly in all cores (see arrows).*

**Tab. 1:** Stationsliste und Kerndaten der in dieser Arbeit untersuchten Sedimentkerne (GKG = Großkastengreifer, KAL = Kastenlot, KOL = Kolbenlot; Daten aus: THIEDE und HEMPEL 1991, HIRSCHLEBER *et al.* 1988, GERLACH *et al.* 1986, SUESS und ALTENBACH 1992; \* Verlust der Sedimentoberfläche bei der Kernentnahme.)

*Stationlist and core data (GKG = box core; KAL = long box core; KOL = piston core; data from: THIEDE and HEMPEL 1991, HIRSCHLEBER *et al.* 1988, GERLACH *et al.* 1986, SUESS and ALTENBACH 1992; \* loss of sediment surface whilst core recovery).*

**Tab. 2:** Die Ergebnisse der Kreuzkorrelation der  $\delta^{18}\text{O}$  Werte aller vier Kerne mit dem SPECMAP-Stack. Kohärenzwerte  $>1$  sind mathematische Relikte und können nicht zur Interpretation herangezogen werden. Der 41 ky und der 23 ky Zyklus werden als dominant angesehen (IMBRIE *et al.* 1992) und treten in der berechneten Länge der Zeitserie (T) dreimal bzw. fünfmal auf. Die Stratigraphie kann somit in allen Kernen als gesichert angesehen werden.

*The results of a cross correlation analysis of  $\delta^{18}\text{O}$  ratios of all sediment cores with the SPECMAP-stack. Coherency values  $>1$  are mathematical relicts and not interpretable. The 41 ky and 23 ky cycle are dominant (IMBRIE *et al.* 1992) and occur in the analysed time series (T) three times resp. five times. The stratigraphy of the cores is respected to be reliable.*

**Tab. 3:** Alphabetische Auflistung der häufigsten benthischen Foraminiferenarten in den untersuchten Sedimentkernen.

*Alphabetic listing of the most frequent benthic foraminiferal species in the investigated sediment cores.*