

**Mikrohabitatansprüche benthischer Foraminiferen  
in Sedimenten des Südatlantiks**

**Microhabitat preferences of benthic foraminifera  
in South Atlantic Ocean sediments**

---

**Stefanie Schumacher**

**Ber. Polarforsch. Meeresforsch. 403 (2001)  
ISSN 1618 - 3193**

**Stefanie Schumacher**

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung  
Columbusstraße, D-27568 Bremerhaven

Die vorliegende Arbeit ist die inhaltlich unveränderte Fassung einer Dissertation, die 2001 im Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen angefertigt wurde.

## Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	3
Abstract.....	4
1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG .....	5
2. STAND DER FORSCHUNG .....	6
3. UNTERSUCHUNGSGEBIET .....	8
3.1. Geographie .....	8
3.2. Ozeanographie .....	8
3.2.1. Strömungen.....	8
3.2.2. Wassermassen.....	11
3.3. Primärproduktion im Oberflächenwasser .....	14
3.4. Marine Sedimente .....	16
3.4.1. Oberflächensedimente.....	16
3.4.2. Multicorer-Kurzkerne .....	19
4. MATERIAL UND METHODEN.....	21
4.1. Probenmaterial und Probennahme .....	21
4.2. Mikropaläontologische Probenaufbereitung und Zählmethode .....	25
4.3. Färbemethodik .....	28
4.4. Berechnung von numerischen Faunenparametern .....	28
4.5. Statistische Methoden .....	30
4.5.1. Aufbereitung der Zähldaten.....	30
4.5.2. Grundlagen der Q-Modus Hauptkomponentenanalyse .....	31
4.5.3. Regressionsanalyse.....	32
4.6. Primärproduktion und organische Kohlenstoffflußraten .....	32
4.7. Bestimmung der stabilen Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope .....	33
4.7.1. Stabile Kohlenstoff- und Sauerstoffisotopenverhältnisse in Gehäusen benthischer Foraminiferen .....	33
4.7.2. Bestimmung des stabilen Kohlenstoffisotopenverhältnisses des im Meerwasser gelösten anorganischen Kohlenstoffs.....	33
4.8. Bestimmung des Sauerstoffgehalts anhand von benthischen Foraminiferen .....	34
4.9. Bestimmung der Primärproduktion mit der BFAR.....	36
5. TAXONOMIE BENTHISCHER FORAMINIFEREN.....	38
6. BENTHISCHE FORAMINIFERENFAUNEN.....	58
6.1. Unterordnungen.....	58
6.2. Numerische Faunenparameter.....	61
6.2.1. Siedlungsdichten und Foraminiferenzahl.....	61
6.2.2. Diversität, Äquität, Artenzahl.....	63
6.2.3. Habitattiefe und Durchschnittliche Lebenstiefe (ALD).....	65
6.3. Lebenstiefen einzelner Arten.....	65
6.4. Beschreibung der Faunenvergesellschaftungen.....	74
6.5. Bestimmung von Umweltparametern aus benthischen Foraminiferenfaunen .....	85
6.5.1. Mikrohabitat und Sauerstoffgehalte im Porenwasser .....	85
6.5.2. Nahrungsangebot und Mikrohabitatansprüche .....	88
6.6. Isotopenmessungen an Gehäusen benthischer Foraminiferen.....	91
6.6.1. $\delta^{13}\text{C}$ -Messungen.....	91
6.6.2. $\delta^{18}\text{O}$ -Messung.....	94
7. DISKUSSION.....	96
7.1. Siedlungsdichten.....	96

7.2. Relative Foraminiferenzahlen im Sediment, Habitattiefe und Durchschnittliche Lebenstiefe (ALD) .....	97
7.3. Mikrohabitate .....	99
7.3.1. Epifauna .....	100
7.3.2. Infauna A1 und A2 .....	100
7.3.3. Infauna B1 und B2 .....	102
7.4. Abschätzung der Produktion im Oberflächenwasser anhand von benthischen Foraminiferenfaunen .....	108
7.5. Berechnungen des Sauerstoffgehalts des Bodenwassers .....	112
7.6. Isotopenmessungen und ihre Aussagekraft in der Paläozeanographie .....	114
8. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUßFOLGERUNG .....	119
Danksagung .....	121
Literaturverzeichnis .....	122
FOTOTAFELN .....	134

## Kurzfassung

Zur Untersuchung von Mikrohabitatansprüchen benthischer Foraminiferen wurden Multicorer-Proben bis in 15 cm Sedimenttiefe aus dem südlichen Südatlantik zwischen 35°S und 70°S und dem nördlichen Angola-Becken bearbeitet. Die Multicorer-Kurzkerne wurden in 1 cm Intervallen beprobt. Das Probenmaterial wurde getrennt auf den Gehalt an lebenden (mit Bengalrosa gefärbte) und toten benthischen Foraminiferen untersucht. Die gewonnenen Zählraten, die sich daraus ergebenden Faunenparameter (Siedlungsdichte, Foraminiferenzahl, Diversität, Äquität, Allgemeine Lebenstiefe und Habitattiefe) und die aus einer Q-Modus Hauptkomponentenanalyse errechneten Faunenvergesellschaftungen wurden mit Umweltparametern in Beziehung gesetzt. Basierend auf die Faunenzusammensetzungen, die Faunenparameter und die Kohlenstoffisotopenzusammensetzung der Gehäuse kalkiger benthischer Foraminiferen wurde die Aussagekraft über quantitative und qualitative Primärproduktionsbestimmungen getestet. Aus den Faunenzusammensetzungen wurden Sauerstoffgehalte des Porenwassers berechnet und die Möglichkeit zu Rekonstruktionen des Bodenwassersauerstoffgehalts diskutiert.

Für die Q-Modus Hauptkomponentenanalyse wurden 3 Faunen gebildet, Fauna A (Lebend-Fauna der Sedimentoberfläche), Fauna B (Gesamt-Fauna, alle lebenden Individuen eines Kurzkerne) und Fauna T (Tot-Fauna der Sedimentoberfläche). Die Analyse zeigt für alle drei Faunen z.T. nahezu identische Vergesellschaftungen. Lebende benthische Foraminiferen kommen in den Sedimenten des südlichen Südatlantiks bis in 11 cm Sedimenttiefe, in den Sedimenten des Angola-Beckens bis in 5 cm Sedimenttiefe vor. Zwischen 30 und 70 % der Fauna lebt auf und in dem ersten Zentimeter des Sediments. Mit zunehmender Sedimenttiefe nehmen Siedlungsdichte, Artenzahl und Diversität ab. Es werden fünf verschiedene Mikrohabitate unterschieden. Epifaunale Arten leben an der Sedimentoberfläche. Infaunale Arten werden je nach absoluten Lebenstiefen und Siedlungsmaxima in 4 Typen unterteilt. In unterschiedlichen Sedimenttiefen dominieren verschiedene Arten. Häufig sind Arten anzutreffen, die durchgehend von der Sedimentoberfläche bis in 5 cm oder 10 cm Sedimenttiefe vorkommen. Seltener dagegen sind Arten, die zwar auf der Sedimentoberfläche vorkommen können, jedoch nur tiefer im Sediment dominant sind. Ein Siedlungsmaximum im Sediment zwischen 3 cm und 8 cm zeigen nur wenige benthische Foraminiferen. Sie zeigen eine Abhängigkeit von geringen Sauerstoffgehalten im Porenwasser. Aufgrund der Spezialisierung einiger Arten auf geringe Sauerstoffkonzentrationen konnten die Sauerstoffgehalte des Porenwassers kalkuliert werden. Es zeigt sich aber, daß eine quantitative Bestimmung des Bodenwassersauerstoffgehalts aus Thanatozönosen problematisch ist.

Mit zunehmender Wassertiefe nehmen parallel zu dem organischen Kohlenstofffluß die Siedlungsdichten ab. Die Primärproduktionen wurden aus den Siedlungsdichten und den Benthischen Foraminiferenzahlen kalkuliert. Berechnungen weisen unterschiedlich genaue Ergebnisse auf. Die quantitative Berechnung von Primärproduktionen über die absolute Häufigkeit benthischer Foraminiferen bleibt daher problematisch.

Anhand von Kohlenstoff- und Sauerstoffisotopenmessungen an Schalen infaunaler Arten wurde der Einfluß des Mikrohabitats auf die Isotopenwerte untersucht. Infaunale Arten zeigen deutlich leichtere, von den Stationen abhängige  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte als das überstehende Bodenwasser. Die Werte für die Arten *Bulimina aculeata*, *Trifarina angulosa* und *Uvigerina peregrina* ändern sich in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe jedoch nicht. Sie spiegeln ein Mischsignal der Porenwasser  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte wider, die von den Gehalten organischen Materials und den Sauerstoffeindringtiefen gesteuert werden.

## Abstract

Benthic foraminiferal assemblages were analyzed on forty-eight surface sediment samples which were taken with a multiple corer from the southern South Atlantic Ocean and the northern Angola-Basin. The short cores were split into 1-cm-thick slices down to 15 cm sediment depth. Live (with Rose Bengal stained) and dead faunas were counted separately. The data were used to calculate numerical faunal characteristics like standing stocks, benthic foraminifera accumulation rates, diversity, average living depth, and habitat depth. Additionally the live and dead faunas were grouped into a number of principal faunal endmembers by Q-mode principal component analysis. Faunal composition, numerical faunal characteristics, and isotopic composition of calcareous tests were correlated with available environmental variables. Oxygen content in pore water and rates of primary production were calculated by faunal composition and benthic foraminifera accumulation rate.

Some principal faunal endmembers of the analysis for the living fauna of the sediment surface, for the living fauna down to 11 cm sediment depth, and for the dead fauna of the sediment surface show almost identical assemblages. The total number of live specimens decreases with decreasing organic carbon flux rates. Living benthic foraminifera are found down to a maximum sediment depth of 11 cm in the southern South Atlantic Ocean and down to 5 cm in the northern Angola-Basin with a maximum number of specimens in the uppermost centimeter. Standing stock, species number, and diversity decrease with increasing sediment depth. Between 30 and 70 % of the total living population settle on the surface and within the uppermost centimeter of the sediment. Epifaunal species are living on the surface and within the first centimeter of the sediment. Most of infaunal species depict a maximum abundance near the surface. In sediments with low oxygen penetration depth specific calcareous species clearly depict a subsurface maximum.

Comparisons of pore water dissolved oxygen contents calculated according to the Benthic Foraminiferal Dissolved-Oxygen Index originally defined for paleobottom water dissolved oxygen contents by Kaiho (1994) with measured pore water oxygen data show good agreement only in sediments suffering from low oxygen conditions. Primary production values calculated according to the benthic foraminifera accumulation rate method of HERGUERA & BERGER (1991) can be too high compared to estimates primarily based on satellite observation data ("Dahlem" Map).

The average stable carbon isotopic composition of calcareous tests of live and dead infaunal species with a maximum abundance near the sediment surface (*Bulimina aculeata*, *Trifarina angulosa* and *Uvigerina peregrina*) does not vary significantly with the sediment depth. These species show a negative offset from bottom water  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ . Infaunal species with a maximum abundance near the sediment surface vertically migrate within the upper sediment. Therefore these species record an average isotope signal of the pore water which depends on the organic carbon flux and reflects general, but site specific average pore water  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  values. High organic matter values and low oxygen contents in pore water are documented by low  $\delta^{13}\text{C}$  values in the tests.

## 1. Einleitung und Fragestellung

Die Bildung von schwerem Tiefen- und Bodenwasser in den polaren und subpolaren Meeren wird spätestens seit dem frühen Oligozän im Süden als der Motor der ozeanischen Zirkulation angesehen. Entscheidend für die Klimaentwicklung der Erde sind Bildungsort und Bildungsrate der Tiefen- und Bodenwassermasse. Gleichzeitig ist die Klimaentwicklung der Erde auch von den zeitlichen Veränderungen der Orbitalparameter abhängig (IMBRIE ET AL. 1989; IMBRIE ET AL. 1992; BROECKER & TAKAHASHI 1993). Für die Rekonstruktion der spätquartären Klimaschwankungen ist daher unter anderem die Kenntnis der Tiefen- und Bodenwasserverbreitung und -beschaffenheit wichtig. Um Tiefen- und Bodenwassermassen rekonstruieren zu können, werden benthische Organismen benötigt, an die spezielle Anforderungen gestellt werden. Sie müssen weltweit in der Tiefsee weit verbreitet vorkommen. Desweiteren müssen sie die chemische Zusammensetzung der sie umgebenden Wassermassen in ihren fossil erhaltungsfähigen Hartteilen speichern. Die Zusammensetzung der Arten soll sich den Umweltgegebenheiten anpassen und rasch und empfindlich auf Änderungen der Umwelt reagieren. Benthische Foraminiferen erfüllen diese Anforderungen gut.

Benthische Foraminiferen besiedeln alle Lebensräume im marinen Bereich. In ihren kalkigen Gehäusen speichern sie über die Verhältnisse der stabilen Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope Informationen über Temperatur (EPSTEIN & MAYEDA 1953) und Salinität (DUPLESSY ET AL. 1991), sowie über die Nährstoffe der Boden- und Tiefenwassermasse (CURRY ET AL. 1988). In der Zusammensetzung der Fauna sind weiterhin Informationen über das Bodenwasser enthalten. Hier sind besonders die Sauerstoffkonzentration des Bodenwassers (KAIHO 1994), die Nährstoffmenge (HERGUERA & BERGER 1991) und die Karbonatsättigung des Bodenwassers (VERNAL ET AL. 1992) von Bedeutung. Daneben können einzelne Arten über den Zustand des organischen Kohlenstoffs Auskunft geben (GOODAY 1988; CARALP 1989). Durch die infaunale Lebensweise vieler benthischer Foraminiferen werden quantifizierte Aussagen zu der Beschaffenheit des Bodenwassers erschwert. Bislang ist über die verschiedenen Steuerungsparameter der Infauna nur wenig bekannt. Viele Arbeiten beschäftigen sich nur mit einer quantifizierbaren Größe wie z.B. dem Sauerstoffgehalt des Boden- und Porenwassers (ALVE & BERNHARD 1995). Erst in den letzten Jahren wurde versucht, die beiden Steuerungsfaktoren Sauerstoff und Nahrungsangebot kombiniert zu sehen (LOUBERE 1997).

In der vorliegenden Arbeit wird versucht aus unterschiedlichen Gebieten des Südatlantiks die Siedlungsmuster benthischer Foraminiferen zu erfassen. Die Gebiete spiegeln unterschiedliche, z.T. extreme Umweltbedingungen wider. Insgesamt konnten 48 Stationen auf den Gehalt an lebenden (mit Bengalrosa gefärbten) und z.T. auch toten Foraminiferen bis in 15 cm Sedimenttiefe untersucht werden. Im Vordergrund stehen zwei verschiedene Arbeitsansätze. Zum einen wird die Zusammensetzung der gesamten Fauna und ihre Abhängigkeit von den physikochemischen Gegebenheiten des Boden- und Porenwassers betrachtet. Daneben wird auch auf die Mikrohabitatansprüche einzelner Arten eingegangen. Aus der Faunenzusammensetzung werden Methoden der paläozeanographischen Rekonstruktionen, wie die Berechnung des Sauerstoffgehalts und des organischen Kohlenstoffflusses, überprüft. Zum anderen wird auf die Isotopenchemie der Gehäuse benthischer Foraminiferen eingegangen. Hierbei stehen Gehäuse infaunaler Arten im Vordergrund. Es soll überprüft werden inwieweit und wie infaunale Arten mit in die Betrachtung bei paläozeanographischen Rekonstruktionen einbezogen werden können.

## 2. Stand der Forschung

Benthische Foraminiferen kommen weit verbreitet im marinen Milieu vor. Ihre Gehäuse werden für paläoökologische und paläozeanographische Rekonstruktionen sowie zu stratigraphischen Untersuchungen herangezogen. Rezent stellen benthische Foraminiferen eine bedeutende Gruppe des Tiefsee-Meiobenthos dar. Fossil kommen Gehäuse benthischer Foraminiferen seit dem Kambrium gesichert vor. Präkambrische Vorkommen werden diskutiert (LANGER 1999).

Ende des 19. Jahrhunderts wurde begonnen, die rezente Artenvielfalt benthischer Foraminiferen und ihre kosmopolitische Verbreitung zu dokumentieren (BRADY 1884). Dieser Arbeit folgten zahlreiche taxonomische Arbeiten (u.a. CUSHMAN 1910-1917; CUSHMAN 1918-1931; HERON-ALLEN & EARLAND 1922). Die reinen taxonomischen Forschungen wurden schon früh um die Untersuchungen zur Ökologie benthischer Foraminiferen erweitert. Im Vordergrund stand die Frage, welche Umweltfaktoren die Zusammensetzung benthischer Foraminiferenfaunen und ihre Verbreitung steuern. Ermöglicht wurden großräumige Untersuchungen zur Ökologie durch die Färbemethode von WALTON (1952). Mit dieser Technik war es erstmals im großen Umfang möglich, eine Unterscheidung zwischen lebenden (mit Protoplasma gefüllten) und toten Gehäusen zu machen.

Die ersten Arbeiten zur Ökologie und Verbreitung benthischer Tiefseeforaminiferen konzentrierten sich auf eine vertikale Zonierung der Wassersäule, in der Arten bestimmten Wassertiefen zugeordnet wurden (BANDY 1953). Dieser Ansatz wurde von STREETER (1973) und SCHNITKER (1974) aufgenommen und modifiziert. Sie gingen davon aus, daß Zusammensetzung und Verbreitung benthischer Foraminiferenvergesellschaftungen von den physikochemischen Eigenschaften der Wassermassen abhängig sind. LUTZE & COULBOURN (1984) charakterisieren dagegen für den nordwestlichen afrikanischen Kontinentalhang bestimmte Hochproduktionsfaunen, die an die Zufuhr organischen Materials gebunden sind. Es folgen in verschiedenen Ozeangebieten weitere Untersuchungen zur Faunenabhängigkeit von der Zufuhr organischen Materials (MACKENSEN ET AL. 1985; CORLISS & CHEN 1988; ALTENBACH & SARNTHEIN 1989).

Benthische Foraminiferen sind nicht auf die Sedimentoberfläche beschränkt. BOLTOVSKOY (1966) beschrieb ein aktives Leben benthischer Foraminiferen in Flachwassersedimenten. THIEL (1975), COULL ET AL. (1977) und BASOV & KHUSID (1983) zeigten, daß benthische Foraminiferen auch in der Tiefsee im Sediment leben können. Lebende benthische Foraminiferen können bis in 30 cm Sedimenttiefe gefunden werden (MURRAY 1991). CORLISS (1985) und GOODAY (1986) postulierten für die Tiefsee eine vertikale Verbreitung epifaunaler und infaunaler Arten im Sediment. Weiterführende Untersuchungen zeigten, daß benthische Foraminiferen verschiedene Mikrohabitate über und im Sediment besiedeln (CORLISS 1985; MACKENSEN & DOUGLAS 1989, CORLISS & EMERSON 1990; CORLISS 1991; LINKE & LUTZE 1993). Dabei wurde im Laufe der Zeit deutlich, daß das Mikrohabitat benthischer Foraminiferen nicht allein von der Sedimenttiefe abhängig ist. Benthische Foraminiferen wandern aktiv im Sediment, um speziellen physikalischen und chemischen Bedingungen zu folgen (ALVE & BERNHARD 1995). Unter den zahlreichen Faktoren, die eine infaunale Fauna steuern können, sehen viele Autoren in den neueren Untersuchungen den Sauerstoffgehalt des Boden- und Porenwassers als den wichtigsten Faktor an (BARMAWIDJAJA ET AL. 1992; JORISSEN ET AL. 1992; JORISSEN ET AL. 1995). Dabei wird von einem Sauerstoffgradienten im Sediment ausgegangen. Aus größeren Sedimenttiefen wird eine Fauna beschrieben, von der angenommen wird, daß sie niedrige Sauerstoffgehalte toleriert und anoxische Bedingungen überdauern kann (ALVE 1994, ALVE & BERNHARD 1995). Diese Beobachtungen gelten für pelagische Bereiche, in denen die Sauerstoffeindringtiefen mehrere Zentimeter mächtig sind. In

Küsten- und Schelfsedimenten mit typischen geringen Sauerstoffeindringtiefen (RASMUSSEN & JØRGENSEN 1992; REVSBECH 1989a; REVSBECH ET AL. 1989b) kann diese tiefe Infauna nicht gefunden werden.

Andere Autoren gehen davon aus, daß der wichtigste Faktor zur Steuerung der Mikrohabitatwahl die Zufuhr organischen Materials ist (CORLISS & EMERSON 1990; LOUBERE ET AL. 1993). So beobachteten u.a. SHIRAYAMA (1984), CORLISS (1991) und LOUBERE ET AL. (1993) flache Mikrohabittiefen bei geringeren organischen Kohlenstoffflüssen. Einen Wechsel in der Habitattiefe in Abhängigkeit von der Saisonalität, besonders des saisonalen organischen Kohlenstoffflusses, beschreiben KITAZATO & OHGA (1995) und OHGA & KITAZATO (1997).

Inzwischen wird immer stärker die Auffassung vertreten, daß die Gehalte an organischem Kohlenstoff und gelöstem Sauerstoff zusammen auf die vertikale und laterale Verbreitung benthischer Foraminiferenfaunen Einfluß nehmen (ALVE & BERNHARD 1995; LOUBERE 1997). Hohe organische Kohlenstoffgehalte im Sediment führen zu einer raschen Sauerstoffzehrung. So beschreibt LOUBERE (1997) z.B. vier verschiedene Produktionsgebiete, denen bestimmte Sauerstoffgehalte zugeordnet sind.

Zur Mikrohabitatwahl benthischer Foraminiferen werden in der letzten Zeit immer häufiger Laborversuche durchgeführt. Dabei galt bislang nur dem Sauerstoffgehalt des Bodenwassers die Aufmerksamkeit (ALVE & BERNHARD 1995). MOODLEY ET AL. (1998a) dagegen haben erstmals auch die Sauerstoffgehalte des Porenwassers gemessen. Sie unterscheiden zwei Gruppen von Foraminiferen, die einerseits wenig und andererseits viel Sauerstoff bevorzugen. Die Autoren weisen jedoch darauf hin, daß neben Sauerstoff auch andere Faktoren eine noch unbekannt, aber entscheidende Rolle bei der Wahl des Mikrohabitats spielen. Neben diesen Laborversuchen zur Abhängigkeit benthischer Foraminiferenfaunen von den Sauerstoffkonzentrationen wurden auch zahlreiche Versuche zur Abhängigkeit von der Nahrungszufuhr und zur Ernährungsstrategie durchgeführt. So zeigen BERNHARD & BOWSER 1992, daß Individuen der Unterordnung *Allogromina* sich von Bakterien ernähren. Andere Arten nehmen frischen Phytodetritus auf und weisen sich damit als typische Epifauna aus (GOODAY 1988; TURLEY ET AL. 1993). Der Infauna dagegen wird eine Ernährung basierend auf älterem organischen Material zugeschrieben (CARALP 1989). Somit wird deutlich, daß neben der Nahrungsmenge auch die Nahrungsqualität für die Mikrohabitatwahl eine Bedeutung hat. Alle diese Untersuchungen machen deutlich, daß die vertikale Verbreitung und Zusammensetzung benthischer Foraminiferenfaunen im Sediment überwiegend von den Hauptsteuerungsparametern organischer Kohlenstofffluß und Sauerstoffkonzentration des Boden- und Porenwassers geprägt sind.

### **3. Untersuchungsgebiet**

#### **3.1. Geographie**

Die Untersuchungsgebiete liegen im südlichen Südatlantik sowie im nördlichen Teil des Angola-Beckens (Abb. 3.1).

Der östliche Südatlantik wird von mehreren nordost-südwest verlaufenden Rückensystemen in Becken mit Wassertiefen bis zu 5500 m gegliedert (Abb. 3.1). Die Rückensysteme gehen auf "Hot Spots" zurück, die seit der Öffnung des Südatlantiks lang gezogene Erhebungen bilden (O'CONNOR & LE ROEX 1992). Im Norden trennt die Guinea-Schwelle das Guinea-Becken von dem sich südlich anschließendem Angola-Becken. Der Walfisch-Rücken trennt das Angola-Becken von dem südlich gelegenen Kap-Becken. Im Süden schließen sich der Agulhas-Rücken und der nordwest-südost verlaufende Meteor-Rücken an. Diese Rücken begrenzen das Agulhas-Becken im Norden und Westen. Im Süden schließt sich das komplexe System des Südamerikanisch-Atlantischen-Rückens an, das in den Südwest-Indischen-Rücken übergeht und die Enderby-Tiefsee-Ebene im Norden begrenzt. Im Süden wird diese Tiefsee-Ebene mit Wassertiefen bis zu 6000 m von dem antarktischen Kontinentalhang und den vorgelagerten Erhebungen des Astrid-Rückens und der Maud-Kuppe begrenzt.

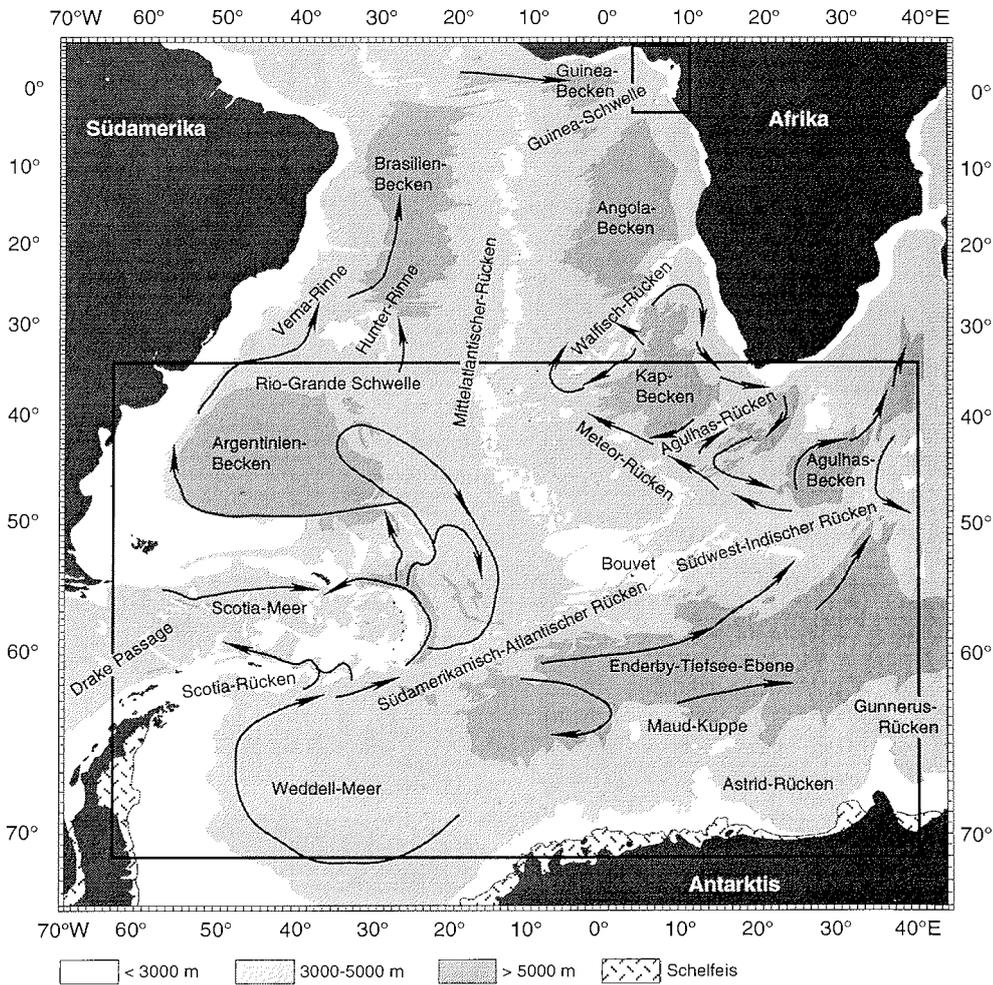
Der westliche Südatlantik gliedert sich in zwei tiefe Becken, die durch von West nach Ost verlaufende Schwellen voneinander getrennt werden (Abb. 3.1). Das im Norden gelegene Brasil-Becken ist im Südwesten von dem Argentinien-Becken durch die Rio Grande-Schwelle getrennt. Im Süden wird das Argentinien-Becken mit Wassertiefen unter 6000 m von dem Scotia-Rücken begrenzt. Dieses Rückensystem umgrenzt das Scotia-Meer. Der Scotia-Rücken hat Erhebungen bis 1000 m.

#### **3.2. Ozeanographie**

##### **3.2.1. Strömungen**

###### **Oberflächenwasserzirkulation**

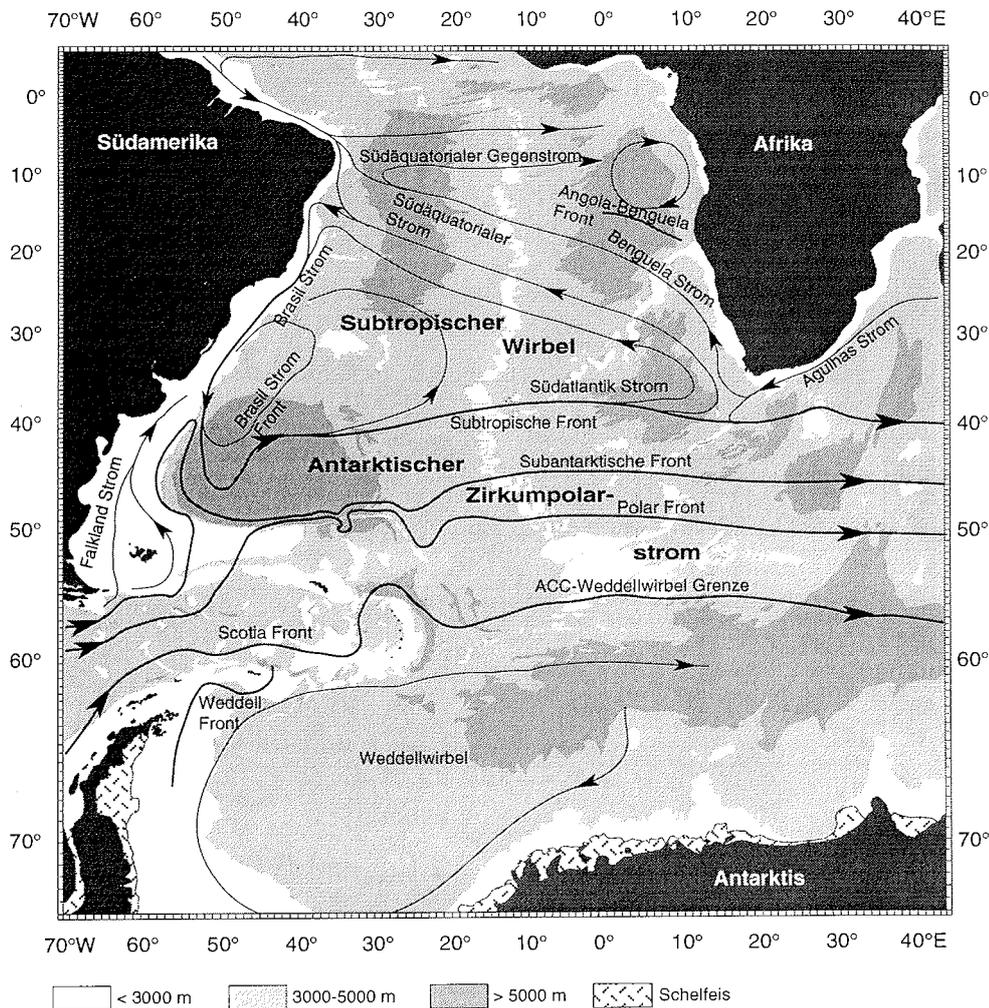
Die oberflächennahen Wassermassen des Arbeitsgebietes werden von zwei verschiedenen Zirkulationssystemen geprägt (Abb. 3.2). Nördlich von 40°S liegt das Gebiet im Einfluß des subtropischen Wirbels, einer großräumigen antizyklonischen Zirkulation im tropischen und subtropischen Südatlantik (PETERSON & STRAMMA 1991). Der subtropische Wirbel transportiert Oberflächenwasser aus dem Südatlantik und dem Indischen Ozean nach Nordwesten (PETERSON & STRAMMA 1991). Detaillierte Informationen zu dem subtropischen Wirbel geben PETERSON & STRAMMA (1991). Das Angola-Becken steht im Einfluß des zyklonisch strömenden Angola-Wirbels. Im Süden trennt die Angola-Benguela-Front (ABF) die warmen Wassermassen des Angola-Wirbels von den kalten Oberflächenwassermassen des Benguela-Stroms, der in nördliche Richtung strömt (JANSEN ET AL. 1996).



**Abb. 3.1:** Bathymetrische Übersichtskarte des Südatlantiks mit Lage der Arbeitsgebiete (Rahmen), Bathymetrische Information nach GEBCO (1975-1981). Bodenwasserzirkulation (Pfeile) nach GEORGI (1981), ZENK (1981), REID (1969), ORSI (1993), CONNARY & EWING (1974), SHANNON & CHAPMAN (1991).

Die Oberflächenzirkulation im südlichen Südatlantik wird von dem Antarktischen Zirkumpolarstrom (ACC), der um den Antarktischen Kontinent in östlicher Richtung strömt, geprägt (Abb. 3.2). Im Atlantik wird der ACC im Süden von dem Weddellwirbel begrenzt, die Nordgrenze bildet die Subtropische Front (WHITHWORTH 1988; PETERSON & STRAMMA 1991; ORSI, 1993).

### 3. Untersuchungsgebiet



**Abb. 3.2:** Übersichtskarte der Oberflächenwasserzirkulation und die Lage der Fronten im Südatlantik nach PETERSON & STRAMMA (1991).

Der ACC wird von ozeanographischen Fronten in einzelne Strombänder unterteilt. Fronten sind schmale Regionen (50 - 100 km), die durch Gradienten in Temperatur, Salinität und Nährstoffgehalt charakterisiert sind (Tab. 3.1) (WHITHWORTH 1988). Die Lage der Fronten verläuft im östlichen Südatlantik über weite Strecken nahezu latitudinal. Im Gegensatz dazu weist der westliche Südatlantik einen komplexeren Frontenverlauf auf. Hier strömt der ACC aus dem pazifischen Sektor des Südpolarmees durch die Drake-Passage zwischen Feuerland und der Antarktischen Halbinsel in den Südatlantik. Dieser "Düseneffekt" führt in Verbindung mit der unruhigen Meeresbodentopographie im Scotia-Meer zu einem gestörten Strömungsverlauf und damit zu einem komplexen Frontenverlauf des ACCs.

**Tab. 3.1:** Positionen der Fronten des Antarktischen Zirkumpolarstroms und Oberflächenwassertemperaturen an den Fronten im östlichen Bereich des atlantischen Sektors des Südpolarmeeres nach LUTJEHARMS (1985) und LUTJEHARMS & VALENTINE (1984).

Front	Abkürzung	Position (Breite [°S])			Temperatur [°C]		
		von	bis	mittlere	von	bis	mittlere
Subtropische Front	STF	40°35'	42°36'	41°40'	17,9	10,6	14,2
Subantarktische Front	SAF	45°15'	47°25'	46°23'	9,0	5,1	7,0
Polarfront	PF	49°39'	50°47'	50°18'	4,1	2,5	3,4

#### Tiefen- und Bodenwasserzirkulation

Meeresbodentopographie und Corioliskraft beeinflussen die thermohaline Zirkulation der Tiefen- und Bodenwassermassen. Im Gegensatz zu der antizyklonischen Zirkulation der Oberflächenwassermassen mit Ausnahme des Weddellwirbels ist die Zirkulation der Tiefen- und Bodenwassermassen in den einzelnen Becken unterhalb von 3500 m Wassertiefe zyklonisch (TUCHOLKE & EMBLEY 1984, REID 1989). Die Bodenwasserzirkulation wird entscheidend durch den Verlauf der Rückensysteme des Südatlantiks bestimmt (Abb. 3.1). Im östlichen Südatlantik gelangen Boden- und Tiefenwasser antarktischen Ursprungs über mehrere tiefe Einschnitte im Südwest-Indischen-Rücken und im Agulhas-Rücken in das Kap- und Agulhas-Becken (TUCHOLKE & EMBLEY 1984). Das nördlich gelegene Angola-Becken ist dagegen weitgehend von den südlichen Becken isoliert. Im Norden verbindet die Romanche-Bruchzone das Guinea-Becken mit dem westlichen Atlantik. Im westlichen Südatlantik verbindet die Vema- und die Hunter-Rinne das Brasil-Becken mit dem Argentinien-Becken, so daß ein Boden- und Tiefenwasseraustausch möglich ist (FAUGÈRES & STOW 1993).

#### 3.2.2. Wassermassen

Der Südatlantik wird von mehreren Wassermassen durchströmt, die sich in ihren physikochemischen Eigenschaften deutlich unterscheiden (Tab. 3.2, Abb. 3.3).

Die Oberflächenwassermassen des ACC sind das Subantarktische Oberflächenwasser (SASW) in der Subantarktischen Zone und das Antarktische Oberflächenwasser (AASW) südlich der Polarfront. Nördlich des ACCs schließen sich das Südatlantische-Subtropische Oberflächenwasser (SASSW) und das darunter liegende südatlantische Zentralwasser (SACW) an (Abb. 3.3).

Temperatur und Salzgehalt des SASW nehmen von Norden nach Süden ab, die Sauerstoffkonzentration nimmt zu (WHITHWORTH & NOWLIN 1987). Die Polarfront trennt das SASW im Norden von dem AASW im Süden. Das AASW ist kälter, sauerstoffreicher und nährstoffreicher als das SASW. Im Winter ist das AASW eine nahezu homogene Wassermasse bis in 250 m Wassertiefe. Im Sommer legt sich eine Winterwasserlage des Weddell-Meer unter das AASW, das Temperaturen unter 0°C aufweist (HELLMER & BERSCH 1985). An der Polarfront sinkt das AASW ab, vermischt sich mit den Wassermassen des SASW und des südwärtsströmenden Nordatlantischen Tiefenwassers (NADW) und bildet das Antarktische Zwischenwasser (AAIW) (PETERSON & WHITHWORTH 1989). Diese Wassermasse sinkt nach Norden hin weiter ab und läßt sich bis zum Äquator in ihren Eigenschaften verfolgen.

### 3. Untersuchungsgebiet

**Tab. 3.2:** Potentielle Temperaturen, Salinitäten und mittlere Wassertiefen wichtiger Wassermassen im Südatlantik. Zusammengestellt nach EMERY & MEINKE (1986), REID (1989), PETERSON & STRAMMA (1991).

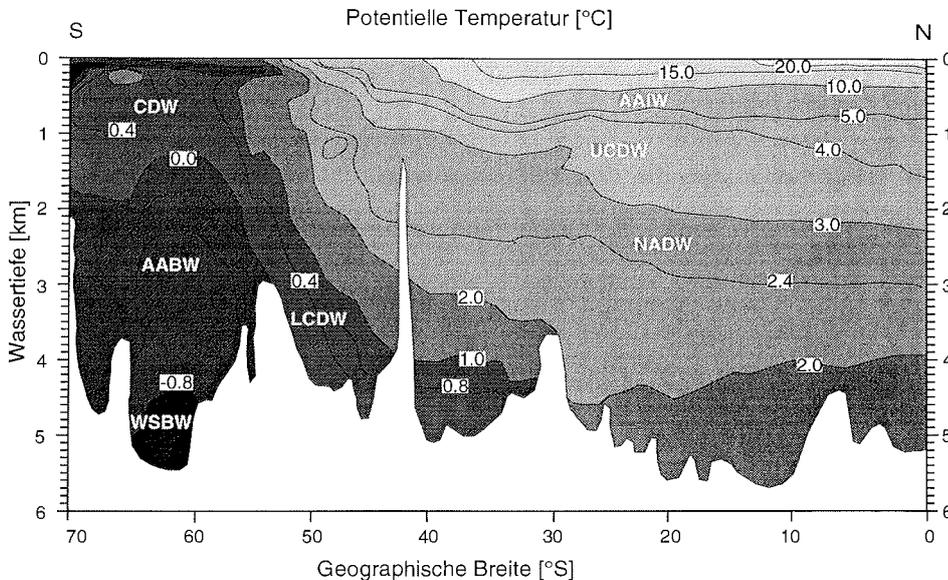
Wassermasse	Abkürzung	Wassertiefe [m]	pot. Temperatur [°C]	Salinität [‰]
Südatlantisches Subtropisches Oberflächenwasser	SASSW	0 - 200	16-26	>35,5
Subantarktisches Oberflächenwasser	SASW	0 - 500	5 - 10	34,8 - 35,5
Antarktisches Oberflächenwasser	AASW	0 - 200	-1,5 - 1	34,0 - 34,5
Südatlantisches Zentralwasser	SACW	200 - 500	5 - 18	34,3 - 35,8
Antarktisches Zwischenwasser	AAIW	500 - 1000	3 - 6	33,8 - 34,8
Zirkumpolares Tiefenwasser	CDW	1000 - 4000	0 - 2,5	34,6 - 34,8
Oberes Zirkumpolares Tiefenwasser	UCDW	1000 - 1600	2 - 5	34,6 - 34,7
Nordatlantisches Tiefenwasser	NADW	Angola-Becken > 1600  1600 - 4000	1,5 - 4	34,8 - 35,0
Unteres Zirkumpolares Tiefenwasser	LCDW	nördliche Becken > 4000	0,1 - 2	34,8 - 35,0
Antarktisches Bodenwasser	AABW	südliche Becken > 4000 m	-0,7 - 0	34,64 - 34,72

Drei Tiefen- und Bodenwassermassen lassen sich im Südatlantik unterscheiden (Tab. 3.2, Abb. 3.3): das Antarktische Bodenwasser (AABW), das Nordatlantische Tiefenwasser (NADW) und das Zirkumpolare Tiefenwasser (CDW).

#### Antarktisches Bodenwasser (AABW)

Das AABW ist ein kaltes (-0,7 bis 0°C), mäßig salines (34,65 ‰), nährstoff- und sauerstoffreiches Bodenwasser (REID 1989). Es breitet sich in den Becken unterhalb 4000 m Wassertiefe aus. Das AABW wird heute zu etwa 70 bis 80 % im Weddell-Meer vor dem Ronne-Filchner-Schelfeis gebildet (FOLDVIK & GAMMELSRØD 1988). Ein großer Anteil des AABW gelangt über den Süd-Sandwich-Graben in den westlichen Südatlantik (GEORGI 1981). Geringe Mengen des AABW fließen weiter nach Norden bis in den Nordatlantik (DIETRICH ET AL. 1975). Der östliche Südatlantik wird, bedingt durch die Barrierewirkung des Atlantisch-Indischen-Rückens, nicht vom AABW beeinflusst. Das AABW breitet sich dort nur bis in die Enderby-Tiefsee-Ebene aus. Im Norden des Südatlantiks

gelangt AABW über die Romanche-Bruchzone in die vom NADW geprägten Guinea- und Angola-Becken. Das Bodenwasser unterhalb von 4800 m hat einen AABW-Anteil von etwa 20 bis 30 % (VAN BENNEKOM & BERGER 1984).



**Abb. 3.3:** Hydrographischer Schnitt mit den potentiellen Temperaturen durch den östlichen Südatlantik entlang des 0° Längengrades vom Äquator bis in die Antarktis (nach REID 1989). AABW = Antarktisches Bodenwasser, AAIW = Antarktisches Zwischenwasser, CDW = Zirkumpolares Tiefenwasser, LCDW = Unteres Antarktisches Tiefenwasser, NADW = Nordatlantisches Tiefenwasser, UCDW = Oberes Zirkumpolares Tiefenwasser, WSBW = Weddell-Meer Bodenwasser.

#### Nordatlantisches Tiefenwasser (NADW)

Der größte Teil der Wassersäule des Südatlantiks wird vom NADW eingenommen. Dieses überlagert das AABW und das LCDW in 2500 bis 4000 m Tiefe und strömt südwärts. Das im Nordatlantik gebildete NADW ist warm (1,5 - 4°C), salzreich (34,8 - 35,0 ‰), sauerstoffreich und nährstoffarm (REID 1989). Es gelangt zwischen 45°S und 50°S in den ACC und mit ihm in den Indischen und Pazifischen Ozean. Dabei überlagert es in den südlichen Becken des Südatlantiks dichteres antarktisches Tiefenwasser. Im Angola-Becken füllt das NADW auch die tiefen Beckenbereiche aus.

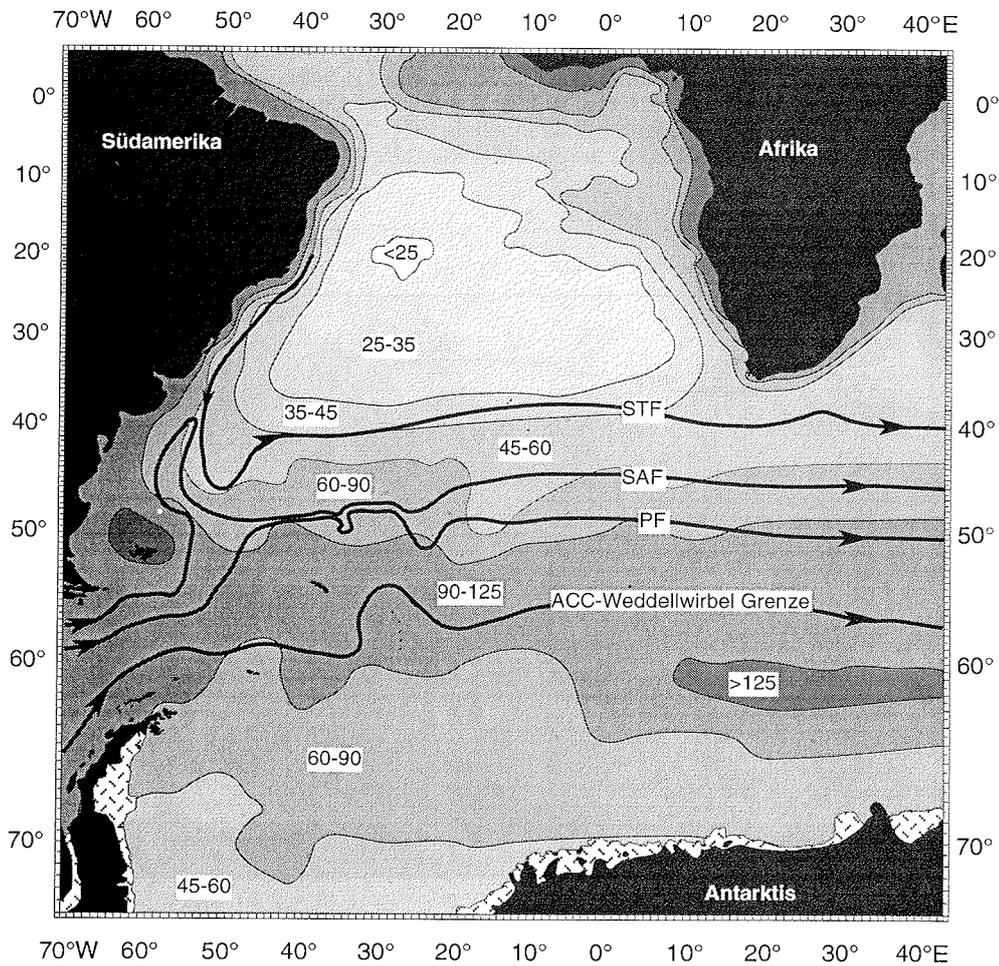
#### Zirkumpolares Tiefenwasser (CDW)

Das CDW fließt mit dem ACC in Wassertiefen zwischen 500 und 2500 m in östlicher Richtung um den Antarktischen Kontinent. Das CDW setzt sich zu 45 % aus Wassermassen des Weddell-Meeres, zu 30 % aus Wassermassen des Indischen und des Pazifischen Ozeans und zu 25 % aus NADW zusammen (BROECKER & TAKAHASHI 1985). Die Temperaturen liegen zwischen 0,2 und 2°C, die Salinität zwischen 34,6 und 34,7 ‰ (EMERY & MEINCKE 1986). Südlich von

45°S teilt das NADW das CDW in das Untere Zirkumpolare Tiefenwasser (LCDW) und das Obere Zirkumpolare Tiefenwasser (UCDW). Das LCDW gelangt über den Atlantisch-Indischen-Rücken in den östlichen Südatlantik und füllt dort das Agulhas- und das Kap-Becken bis in 4000 m Wassertiefe. Der Walfisch-Rücken verhindert weitestgehend eine weitere Verbreitung nach Norden. Geringe Anteile, die in das Angola-Becken gelangen, werden mit dem NADW vermischt (CONNERY & EWING 1974; SHANNON & CHAPMAN 1991). Das UCDW fließt zwischen dem AAIW und dem NADW nach Norden. Es ist durch ein Sauerstoffminimum und ein Nährstoff- und Silikatmaximum gekennzeichnet. Das UCDW läßt sich über den gesamten Südatlantik verfolgen (REID 1989; STRAMMA & PETERSON 1989).

#### 3.3. Primärproduktion im Oberflächenwasser

In der Tiefsee sind benthische Organismen auf den Eintrag organischer Substanz aus dem Oberflächenwasser angewiesen, die im südlichen Südatlantik überwiegend von der Höhe der Primärproduktion abhängig ist. Die Primärproduktion unterliegt im ACC und im Weddell-Meer starken saisonalen Schwankungen und weist geographische Unterschiede auf (Abb. 3.4). Im ACC nimmt die durchschnittliche Primärproduktion nach Süden zu und erreicht zwischen der Polarfront und der Wintermeereisgrenze ein Maximum (BERGER 1989). Nördlich des ACCs zeigt die Primärproduktion eine deutliche geographische Variabilität. Ein Bereich mit hoher Produktion (125 bis 180  $\text{gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$ ) liegt im Küstenauftriebsgebiet vor der südwestlichen afrikanischen Küste zwischen 34 und 15°S. Es schließt sich seewärts ein Übergangsbereich an, der dann in das Gebiet mit relativ niedriger Primärproduktion übergeht (30 bis 70  $\text{gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$ ). Die küstennahen Gebiete des Angola-Beckens sind durch hohe Produktionen geprägt. Hier liegt im Süden das Angola/Namibia-Küstenauftriebsgebiet mit Primärproduktionsraten bis zu 180  $\text{gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$ . Im Norden schließt sich ein ozeanisches Hochproduktionsgebiet mit Primärproduktionen zwischen 90 und 125  $\text{gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$  an. Der Schelf ist durch einen saisonalen Küstenauftrieb charakterisiert ( $>125 \text{ gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$ ) (SOLTWEDEL 1997; BERGER 1989).

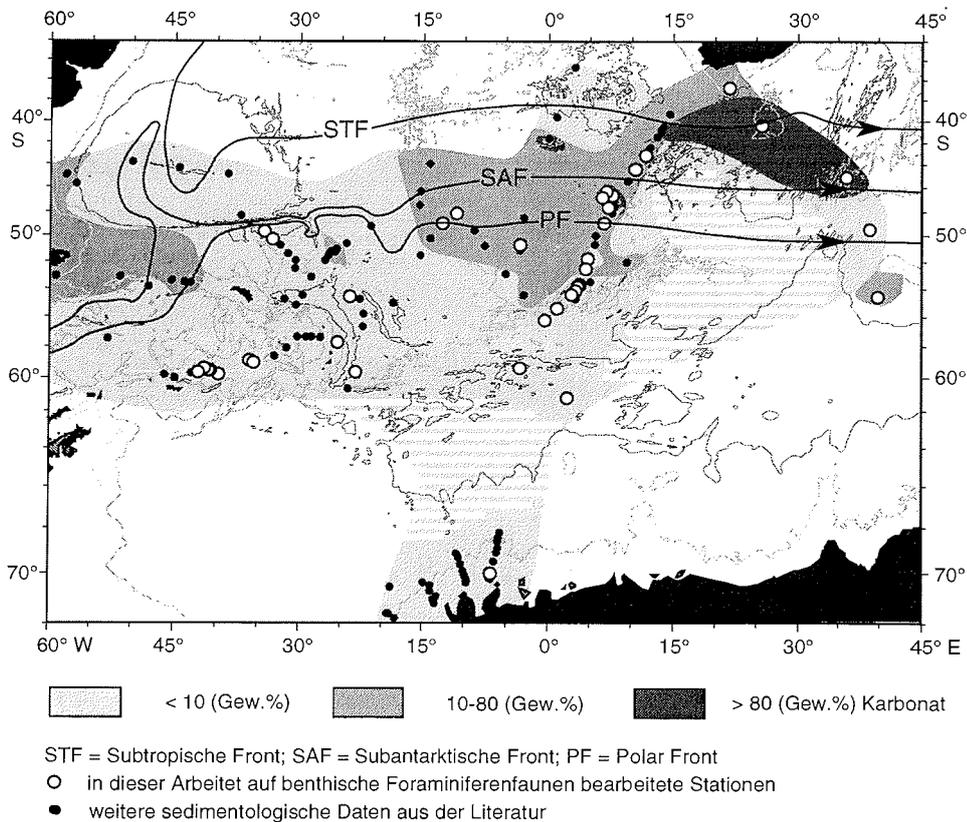


**Abb. 3.4:** Übersichtskarte über die Primärproduktion im Südatlantik. Die Zahlen geben die Primärproduktion in  $\text{gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$  an (nach BERGER ET AL. 1987, BERGER 1989). Mit angegeben sind die Fronten des Antarktischen Zirkumpolarstroms STF = Subtropische Front, SAF = Subantarktische Front, PF = Polar Front.

### 3.4. Marine Sedimente

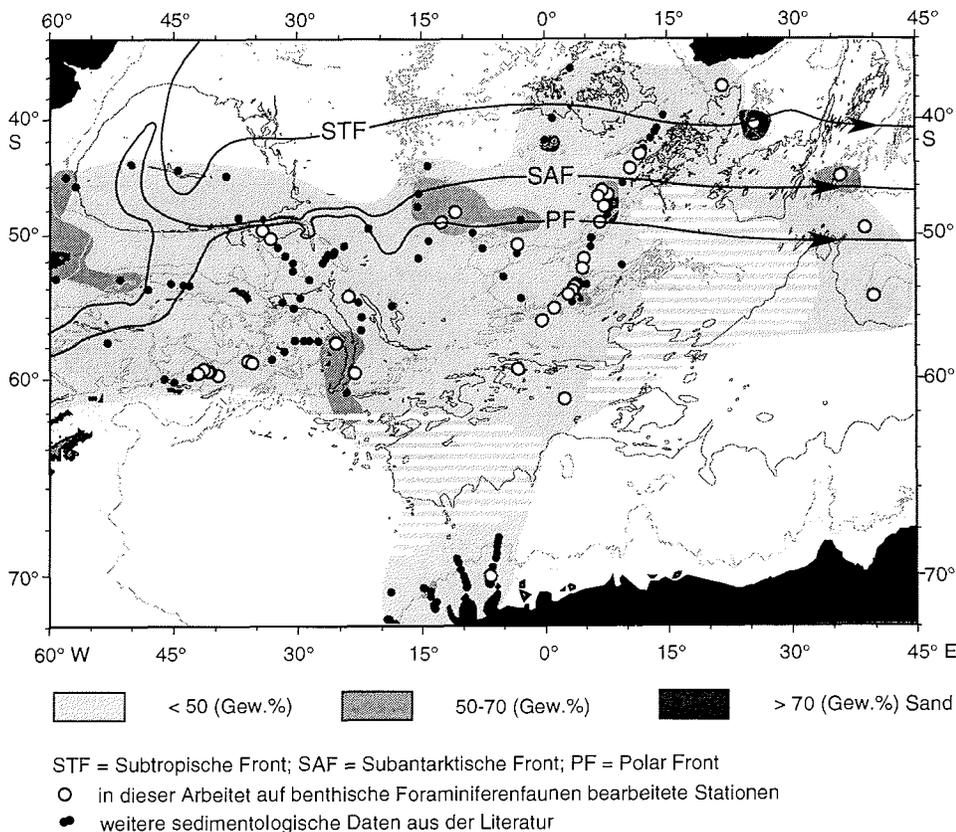
#### 3.4.1. Oberflächensedimente

Im Untersuchungsgebiet im atlantischen Sektor des Südpolarmeeres lassen sich unterschiedliche Sedimentationsgebiete erkennen (Abb. 3.5 bis Abb. 3.7). Nördlich der Polarfront besteht das Sediment aus Foraminiferensanden. In größeren Wassertiefen unterhalb der Lysokline, die im östlichen Südatlantik unter 4000 m liegt (MACKENSEN ET AL. 1993a), nimmt der Sand- und Karbonatgehalt ab. Unterhalb der Karbonatkompensationstiefe (CCD) bei ca. 5000 m geht der Sandanteil auf weniger als 20 % zurück (MACKENSEN ET AL. 1993a).



**Abb. 3.5:** Verteilungskarte des Karbonatgehaltes in den Oberflächensedimenten des südlichen Südatlantiks (nach: MACKENSEN ET AL. 1990, 1993a, 1995; HARLOFF & MACKENSEN 1997 und Kuhn unpubl. Daten).

Südlich der Polarfront bis zu der nördlichen Ausbreitung des Wintermeereises liegt der Bereich der Hochproduktion, aus der eine hohe Akkumulation biogenen Opals resultiert (DEMASTER 1981, DEFELICE & WISE 1981). Bei den Sedimenten handelt es sich um Diatomeen-Schlämme mit einem Sandanteil unter 20 % (Abb. 3.6). Der Karbonatgehalt ist mit unter 10 Gew.% sehr gering. In flachen Gebieten am Atlantisch-Indischen Rücken kommt es durch Auswaschung des Sediments zu einer Anreicherung gröberer Materials (MACKENSEN ET AL. 1993a). In der Enderby-Tiefsee-Ebene werden pelagische Tone mit geringen Karbonatgehalten abgelagert (Abb. 3.5, Abb. 3.6) (DEFELICE & WISE 1981). Im Süden schließt sich der antarktische Kontinentalhang mit siltigen und tonigen, z.T. sand- und kies-führenden Sedimenten an. Der Karbonatgehalt liegt hier je nach Wassertiefe zwischen 0 und 13 Gew.% (MACKENSEN ET AL. 1990). Der westliche Südatlantik wird von sehr feinkörnigen Diatomeen-Schlämmen dominiert. Nur in flacheren Zonen kommen auch gröbere Sedimente mit Sand und Kies vor. Die Ablagerungen können auch vulkanische Aschen und Bimssteinpartikel enthalten. Der Karbonatgehalt ist aufgrund des karbonataggressiven AABWs sehr gering (Abb.

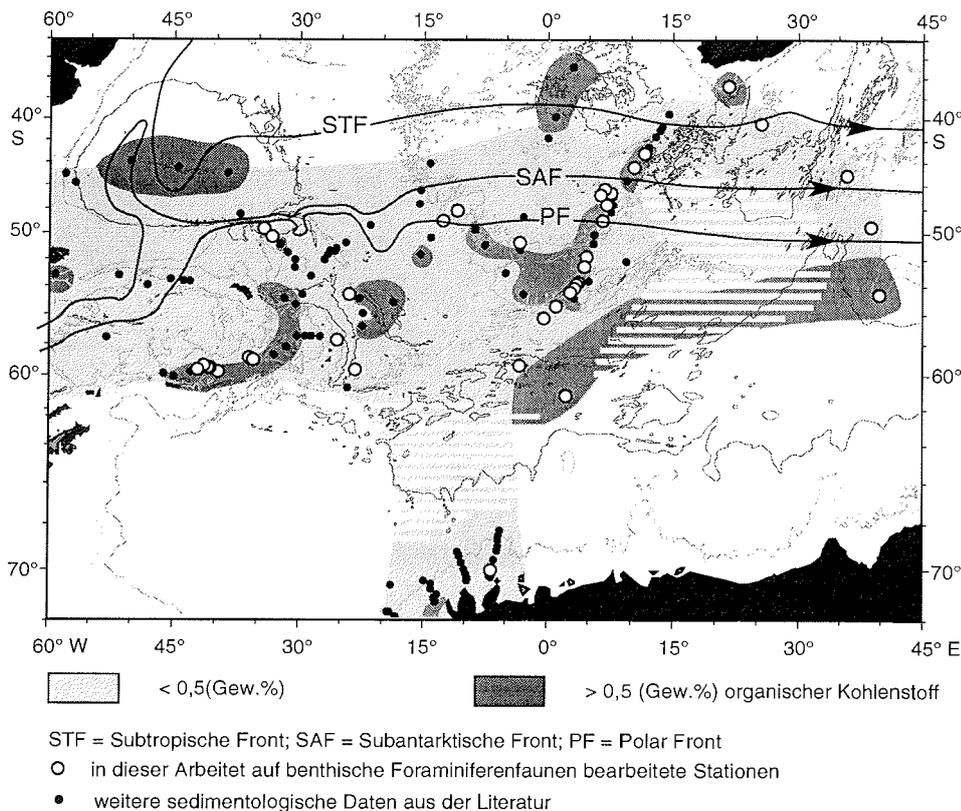


**Abb. 3.6:** Verteilungskarte des Sandgehaltes in den Oberflächensedimenten des südlichen Südatlantiks (nach: MACKENSEN ET AL. 1990, 1993a, 1995; HARLOFF & MACKENSEN 1997 und Kuhn unpubl. Daten).

### 3. Untersuchungsgebiet

3.5) (HARLOFF & MACKENSEN 1997). Im Angola-Becken herrschen feinkörnige, nannofossilführende Sedimente vor. Die Karbonatgehalte liegen zwischen 10 und 50 Gew.%. Dieses feinkörnige Material kann durch die Zufuhr von Kongo und Niger reich an terrigenem Material sein (bis zu 60 %) (SCHULZ ET AL. 1998).

Die Gehalte an organischem Kohlenstoff im Oberflächensediment hängen im wesentlichen von der Primärproduktion im Oberflächenwasser, der Ablagerungstiefe und der Sedimentationsrate ab (MÜLLER & SUESS 1979; BERGER 1989). Die organischen Kohlenstoffgehalte erreichen in den Oberflächensedimenten im südlichen Südatlantik Werte bis 1 Gew.% (Abb. 3.7). Die Sedimente im östlichen Südatlantik zeigen eine Korrelation des organischen Materials mit der Verteilung der sedimentären Feinfraktion (MACKENSEN ET AL. 1993a). Gebiete mit einem Silt- und Tonanteil > 80 Gew.% weisen häufig 0,5 Gew.% und mehr organisches Material auf, während grobkörnigere, karbonatreichere Sedimente dagegen geringere



**Abb. 3.7:** Verteilungskarte des organischen Kohlenstoffgehaltes in den Oberflächensedimenten des südlichen Südatlantiks (nach: MACKENSEN ET AL. 1990, 1993a, 1995; HARLOFF & MACKENSEN 1997 und Kuhn unpubl. Daten).

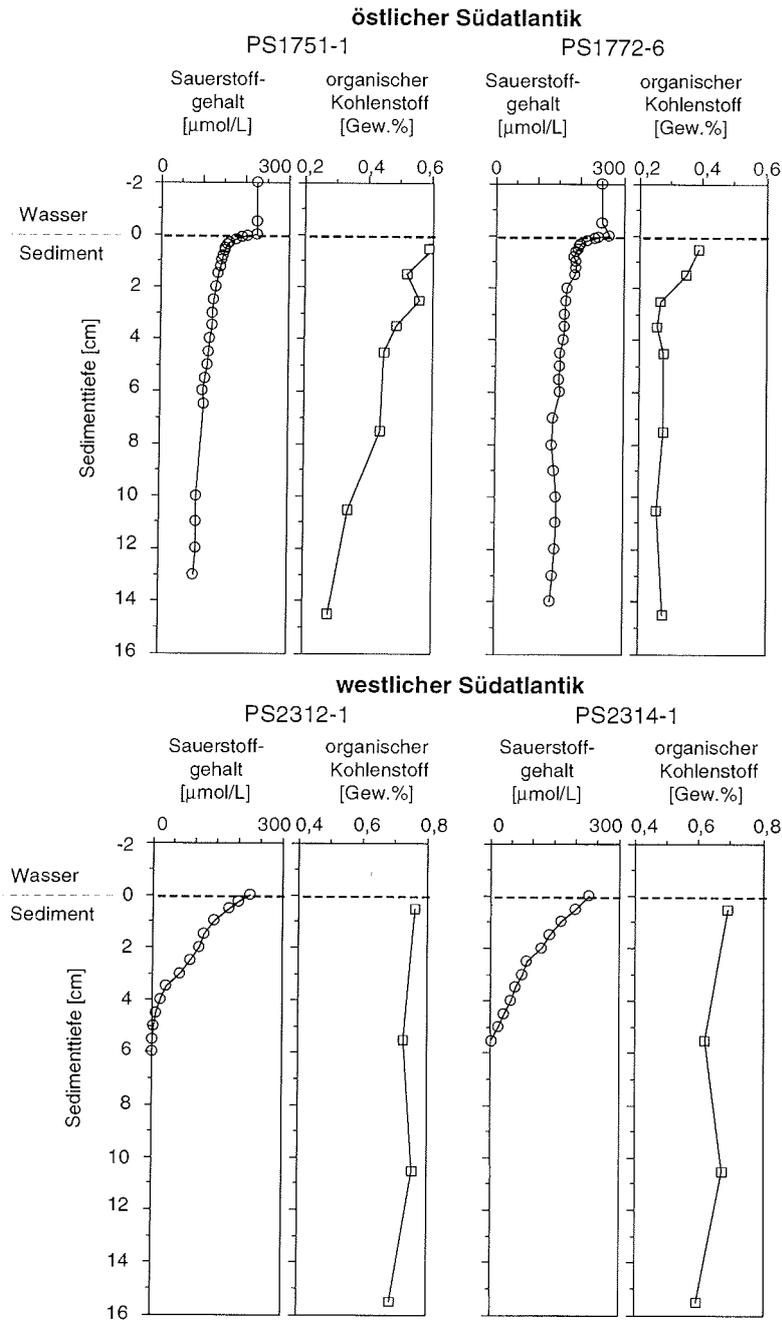
Gehalte aufweisen (Abb. 3.8). Die Ablagerungen des Scotia-Meereres enthalten ebenso wie die Sedimente des östlichen Südatlantiks niedrige organische Kohlenstoffgehalte zwischen 0,2 und 0,8 Gew.% (Abb. 3.8). Dagegen zeigen die größeren Sedimente des Angola-Beckens weitaus höhere organische Kohlenstoffgehalte (0,8 bis 4,0 Gew.%).

Die Sedimentationsraten schwanken im Untersuchungsgebiet stark. In Gebieten nördlich der Polarfront dominieren Sedimentationsraten zwischen 1,5 und 2,5 cm/ka. Zwischen der Polarfront und der nördlichen Wintermeereisbedeckung liegen die Sedimentationsraten zwischen 9 und 75 cm/ka. Dagegen schließt sich nach Süden ein Gebiet mit sehr niedrigen Sedimentationsraten ( $<1$  cm/ka) an (FÜTTERER 2000). Am östlichen Kontinentalhang der Antarktis betragen die Sedimentationsraten etwa 4 cm/ka (BONN 1995). Das Angola-Becken ist durch hohe Sedimentationsraten geprägt. Die Sedimentationsraten der hemipelagischen Ablagerungen am südwest-afrikanischen Kontinentalhang liegen meistens über 4 cm/ka und können Werte bis 200 cm/ka erreichen (SCHNEIDER 1991; GINGELE 1992).

#### 3.4.2. Multicorer-Kurzkern

Die Korngrößenzusammensetzung der Sedimente der Kurzkern ändert sich in den ersten Zentimetern nur unwesentlich. Daher ist für die vertikale Verbreitung benthischer Foraminiferenfaunen der Sauerstoffgehalt des Porenwassers und der Gehalt an organischem Material im Sediment von besonderer Bedeutung.

Im Scotia-Meer überwiegen feinkörnige Sedimente. Der Gehalt an organischem Material beträgt an der Sedimentoberfläche zwischen 0,3 und 0,8 Gew.%. An der Sediment-Wassergrenze beträgt die Sauerstoffkonzentration, wie auch in den anderen Tiefseegebieten, bis 5 ml/L (SCHLÜTER 1990). Der Sauerstoff ist schon in wenigen Zentimetern (bis 10 cm) des Sediments aufgezehrt (Abb. 3.8). Auffällig sind die niedrigen Sauerstoffeindringtiefen bei höheren organischen Kohlenstoffgehalten im Sediment. Die Profile zeigen mit zunehmender Sedimenttiefe bis in 26 cm kaum eine Abnahme der organischen Kohlenstoffgehalte. Im östlichen Südatlantik überwiegen die für den tiefen Ozean typischen gut durchlüfteten Sedimente mit einer Sauerstoffzehrung in Tiefen bis 1 m (RUTGERS VAN DER LOEFF 1990). Besonders die grobkörnigeren Sedimente zeigen mit zunehmender Sedimenttiefe eine Abnahme an organischem Kohlenstoff. Der Sauerstoffgehalt nimmt von der Sediment-Bodenwassergrenze bis zu 15 cm Sedimenttiefe nur geringfügig ab. Die Kurzkern aus dem Angola-Beckens zeigen alle eine sehr niedrige Sauerstoffeindringtiefe bei hohen organischen Kohlenstoffgehalten.



**Abb. 3.8:** Sauerstoffgehalte des Porenwassers und organische Kohlenstoffgehalte des Sedimentes in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe für je zwei Stationen aus dem östlichen und dem westlichen Südatlantik Daten aus: RUTGERS VAN DER LOEFF 1990 (Sauerstoffgehalte östlicher Südatlantik), SCHLÜTER ET AL. 1993 (Sauerstoffgehalte westlicher Südatlantik), Kuhn unpubl. Daten (organische Kohlenstoffgehalte).

## 4. Material und Methoden

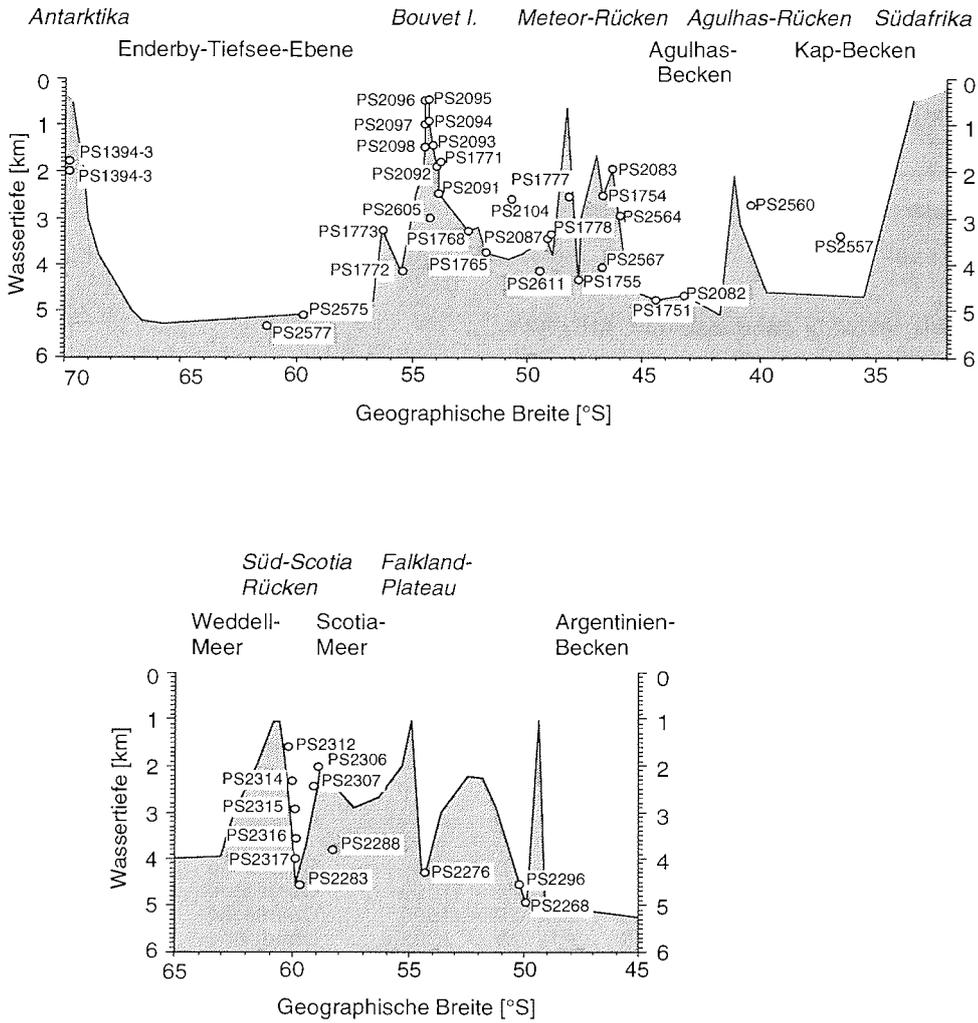
### 4.1. Probenmaterial und Probennahme

Das in dieser Arbeit untersuchte Probenmaterial wurde zwischen 1989 und 1998 während der Fahrtabschnitte ANT-VII/3, ANT-IX/4, ANT-X/5 und ANT-XI/4 des Forschungsschiffs "Polarstern" und des Fahrtabschnittes M41/1 des Forschungsschiffs "Meteor" gewonnen (GERSONDE & HEMPEL 1990; BATHMANN ET AL. 1992; GERSONDE 1993; SCHULZ ET AL. 1998; Kuhn, in Vorb.) (s. Tabelle 4.1).

Insgesamt konnten 48 Kurzkerne, die überwiegend auf Profilen über den Meteor-Rücken und aus dem Scotia-Meer, sowie aus dem nördlichen Angola-Becken genommen wurden (Abb. 4.1, Abb. 4.2), untersucht werden. Davon sind 9 Kurzkerne aus einem Profil über den Meteor-Rücken von SCHMIDT 1997 und 2 Kurzkerne vom östlichen antarktischen Kontinentalhang von MACKENSEN & DOUGLAS 1989 beschrieben worden. Bezüglich der physikochemischen Eigenschaften der jeweiligen Wassermasse, der Nährstoffsituation und der Sedimentzusammensetzung deckt das Probenetz sehr unterschiedliche Lebensräume in Wassertiefen zwischen 500 und 5300 m ab. Für die Gewinnung des Probenmaterials wurde der Multicorer (MUC) eingesetzt (BARNETT ET AL. 1984). Auf die ermittelten Daten kann im Internet über das Informationssystem PANGAEA (<http://www.pangaea.de>) zugegriffen werden.

Die Erfassung der rezenten benthischen Foraminiferenfauna und ihrer Verbreitungsmuster auf und in den ersten Zentimetern des Sediments setzt eine weitgehend ungestörte Beprobung der oberflächennahen Sedimente voraus. Dieses kann in besonderem Maße mit dem Multicorer erreicht werden (BARNETT ET AL. 1984). Für die Bearbeitung der benthischen Foraminiferenfaunen werden 4 bis 6 MUC Rohre (Durchmesser 6 cm) bzw. 2 Rohre (Durchmesser 10 cm) beprobt (Abb. 4.3). Die Kurzkerne werden zentimeterweise bis in eine Sedimenttiefe von 5 cm sowie in den Intervallen 7 bis 8 cm, 10 bis 11 cm und 14 bis 15 cm in 1 cm dicke Scheiben geschnitten. Die Kurzkerne des Fahrtabschnittes M41/1 aus dem Angola-Becken wurden durchgehend bis in 15 cm Sedimenttiefe in 1 cm Scheiben beprobt. Die Sedimentproben werden mit einem Bengalrosa-Ethanol-Gemisch (1gl-1) (WALTON 1952; LUTZE 1964) in Weithals-Kautexflaschen konserviert und bis zur Aufbereitung bei 4°C gelagert.





**Abb. 4.2:** Projektion der Stationen des südlichen Südatlantiks auf eine Profillinie a) östlicher Südatlantik einschließlich der Stationen PS1777-7 und PS1778-1 auf 0°, b) westlicher Südatlantik auf 30°W.

#### 4. Material und Methoden

**Tab. 4.1:** Verzeichnis der Stationen. Angegeben sind die Probennahmegeräte, die geographische Lage und die Wassertiefe. Daneben sind, wenn vorhanden, Bearbeitungen auf benthische Foraminiferenfaunen im Oberflächensediment oder im Kurzkern bis 15 cm Sedimenttiefe aus der Literatur angegeben a = MACKENSEN & DOUGLAS 1989; b = MACKENSEN ET AL. 1993a; c = SCHMIDT 1997; d = HARLOFF & MACKENSEN 1997.

Station	Gerät	Geogr. Breite (°)	Geogr. Länge (°)	Wassertiefe (m)	Bearbeitet in früheren Arbeiten	Publikationen
<b>"Polarstern" - Fahrtabschnitt ANT-IV/3</b>						
PS1394-1	GKG	70°05'S	6°41'W	1985	0-15 cm	a
PS1394-3	GKG	70°06'S	6°47'W	1795	0-15 cm	a
<b>"Polarstern" - Fahrtabschnitt ANT-VIII/3</b>						
PS1751-2	MUC	44°29,9'S	10°28,9'E	4770	0-15 cm	b; c
PS1754-2	GKG	46°46,0'S	7°35,6'E	2476	0-15 cm	b; c
PS1755-1	MUC	47°47,3'S	7°06,2'E	4263	Oberfläche	b
PS1765-1	MUC	52°35,3'S	4°27,9'E	3298	0-15 cm	b; c
PS1768-1	MUC	51°49,9'S	4°51,8'E	3749	Oberfläche	b
PS1771-4	MUC	53°45,5'S	3°46,9'E	1811	Oberfläche	b
PS1772-6	MUC	55°27,5'S	1°10,0'E	4136	Oberfläche	b
PS1773-2	MUC	56°19,2'S	0°28,9'W	3267	0-15 cm	b; c
PS1777-7	MUC	48°14,0'S	11°02,0'W	2556	Oberfläche	b
PS1778-1	MUC	49°00,7'S	12°42,2'W	3361	0-15 cm	b; c
<b>"Polarstern" - Fahrtabschnitt ANT-IX/4</b>						
PS2082-3	MUC	43°13,1'S	11°45,5'E	4661	Oberfläche	b
PS2083-1	MUC	46°22,2'S	7°02,2'E	1955	0-15 cm	b; c
PS2087-1	MUC	49°08,1'S	6°42,4'E	3451	0-15 cm	b; c
PS2091-1	MUC	53°52,3'S	3°35,9'E	2490	0-15 cm	b; c
PS2092-1	MUC	54°00,6'S	3°28,7'E	1897	Oberfläche	b
PS2093-1	MUC	54°10,3'S	3°22,8'E	1441	Oberfläche	b
PS2094-1	MUC	54°17,3'S	3°16,1'E	937	Oberfläche	b
PS2095-1	MUC	54°18,5'S	3°13,9'E	486	0-15 cm	b; c
PS2096-1	MUC	54°30,4'S	3°01,0'E	502	Oberfläche	b
PS2097-1	MUC	54°31,5'S	2°53,9'E	1020	Oberfläche	b
PS2098-1	MUC	54°32,4'S	2°48,0'E	1500	Oberfläche	b
PS2104-1	MUC	50°44,6'S	3°12,7'W	2592	Oberfläche	b
<b>"Polarstern" - Fahrtabschnitt ANT-X/5</b>						
PS2268-6	MUC	49°43,7'S	34°20,9'W	5131	Oberfläche	d
PS2269-5	MUC	50°22,3'S	33°14,7'W	4781	Oberfläche	d
PS2276-2	MUC	54°38,1'S	23°57,3'W	4381	Oberfläche	d
PS2283-6	MUC	59°44,1'S	23°16,5'W	4696	Oberfläche	d
PS2288-1	MUC	57°45,4'S	25°20,2'W	3921	Oberfläche	d
PS2306-1	MUC	58°59,9'S	35°50,4'W	1979	Oberfläche	d
PS2307-2	MUC	59°03,5'S	35°34,6'W	2528	Oberfläche	d
PS2312-1	MUC	59°49,6'S	39°42,3'W	1666	Oberfläche	d
PS2314-1	MUC	59°32,9'S	40°30,6'W	2333	Oberfläche	d
PS2315-1	MUC	59°32,6'S	40°49,4'W	2911	Oberfläche	d
PS2316-1	MUC	59°29,0'S	41°20,1'W	3639	Oberfläche	d
PS2317-1	MUC	59°38,4'S	41°59,3'W	4035	Oberfläche	d

Tab. 4.1: Fortsetzung

Station	Gerät	Geogr. Breite (°)	Geogr. Länge (°)	Wassertiefe (m)	Bearbeitet in früheren Arbeiten	Publikationen
<b>"Polarstern" - Fahrtabschnitt ANT-XI/4</b>						
PS2557-2	MUC	36°55,2'S	21°49,5'E	3312		
PS2560-3	MUC	40°32,2'S	25°34,1'E	2644		
PS2564-2	MUC	46°08,5'S	35°54,0'E	3035		
PS2567-1	MUC	46°56,1'S	6°36,1'E	4101		
PS2575-1	MUC	59°27,9'S	3°12,9'W	5063		
PS2577-2	MUC	61°14,0'S	2°11,6'E	5350		
PS2605-1	MUC	54°39,4'S	39°55,3'E	2996		
PS2611-1	MUC	49°29,0'S	38°47,9'E	4275		
<b>"Meteor" - Fahrtabschnitt M41/1</b>						
GeoB 4901-6	MUC	2°40,7'N	6°43,2'E	2186		
GeoB 4906-5	MUC	0°41,4'S	8°22,9'E	1249		
GeoB 4909-4	MUC	2°04,2'S	8°37,5'E	1308		
GeoB 4913-4	MUC	5°30,2'S	11°04,3'E	1297		

Gleichzeitig mit den Geräten zur Oberflächenbeprobung wurden mit einer CTD-Festspeichersonde Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoff der Wassersäule bestimmt (GERSONDE & HEMPEL 1990; BATHMANN ET AL. 1992; GERSONDE, 1993; SCHULZ ET AL. 1998). Auf dem Fahrtabschnitt M41/1 wurde an ausgewählten Stationen auch der Elinor (Lander-Gerät mit Kammer) (SCHULZ ET AL. 1998) eingesetzt. So konnten u.a. detaillierte in situ Sauerstoffprofile des Porenwassers gemessen werden.

Das überstehende Wasser in den Multicorer Rohren wurde für die isotopen-geochemische Untersuchung des Wassers beprobt. Dabei wurden die Wasserproben (250 ml) für die  $\delta^{13}\text{C}$ -Messung mit 500  $\mu\text{l}$  gesättigter Quecksilberchlorid-Lösung ( $\text{HgCl}_2$ ) vergiftet. Um die Proben luftundurchlässig zu verschließen wurde der verschlossene Flaschenhals mit Wachs versiegelt. Auch diese Proben wurden bis zur weiteren Aufbereitung bei 4°C gelagert.

## 4.2. Mikropaläontologische Probenaufbereitung und Zählmethode

Das Flußdiagramm (Abb. 4.3) zeigt die wesentlichen Schritte der Probenaufbereitung. Die gefärbten Proben werden vorsichtig über ein 2 mm und ein 63  $\mu\text{m}$  Sieb zur Abtrennung der Sand- und Grobfraction geschlämmt. Die Rückstände werden bei 60° C getrocknet. Die Fraktion 63  $\mu\text{m}$  bis 2 mm wird über ein 125  $\mu\text{m}$  Sieb in die Fraktionen 63 bis 125  $\mu\text{m}$  und 125  $\mu\text{m}$  bis 2 mm unterteilt.

Verschiedene Autoren betrachten bei der Bearbeitung benthischer Foraminiferen unterschiedliche Fraktionen (z.B. HERGUERA & BERGER 1991 >150  $\mu\text{m}$ ; LINKE & LUTZE 1993 >250  $\mu\text{m}$ ; LOHMANN 1978 >250  $\mu\text{m}$ ). Dabei stellt sich das Problem, daß manche Arten Häufigkeitsmaxima innerhalb der Population unterhalb 250  $\mu\text{m}$  haben, so z.B. *Epistominella exigua* und *Eponides pussilus* (GOODAY 1993). In dieser Arbeit wurden die Fraktionen 125  $\mu\text{m}$  bis 2 mm und >2 mm bearbeitet, da der Großteil der benthischen Foraminiferen im Untersuchungsgebiet Gehäuse-durchmesser >125  $\mu\text{m}$  besitzen (TIMM 1992; SCHMIEDL & MACKENSEN 1997; MACKENSEN & DOUGLAS 1989, MACKENSEN ET AL. 1990, MACKENSEN ET AL. 1993a). Auf eine quantitative Bearbeitung der Fraktion 63  $\mu\text{m}$  bis 125  $\mu\text{m}$  wurde deshalb verzichtet. In anderen Gebieten, z.B. im Arktischen Ozean, kann jedoch

#### 4. Material und Methoden

---

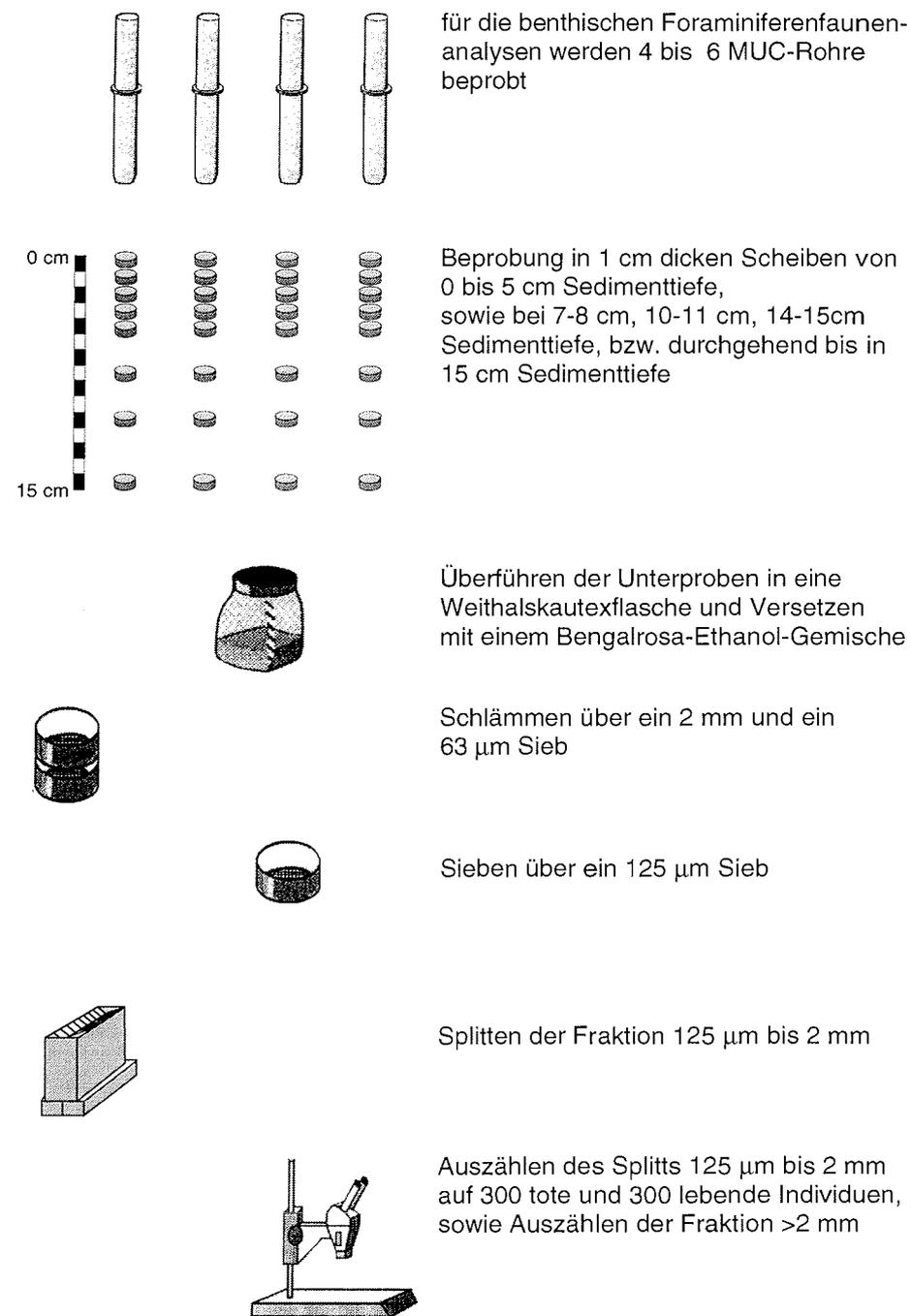


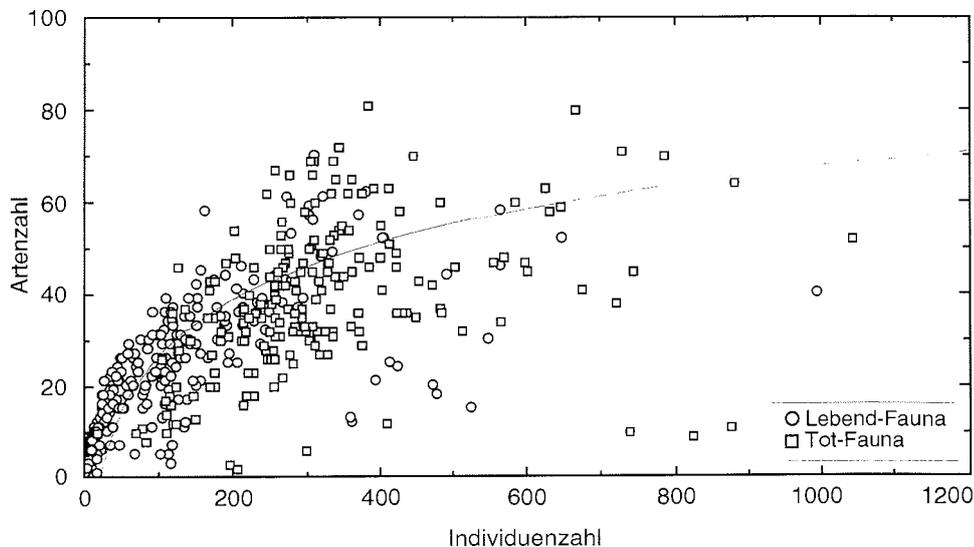
Abb. 4.3: Diagramm der Probennahme und Probenbearbeitung.

diese Fraktion einen erheblichen Anteil an der Fauna stellen (SCHRÖDER ET AL. 1987; WOLLENBURG 1992; WOLLENBURG & MACKENSEN 1998a).

Die Fraktion 125 µm bis 2 mm wird mit einem Mikroprobenteiler so geteilt, daß möglichst 300 lebende Individuen (gefärbte Gehäuse) und 300 leere Gehäuse (ungefärbte Gehäuse) unter dem Binokular nach Arten bzw. Gattungen bestimmt und gezählt werden können. In tieferen Sedimenttiefen sind häufig nicht ausreichend gefärbte Individuen in dem Probenmaterial enthalten. Die gesamten lebenden Faunen und ein repräsentativer Teil der toten Faunen der ausgezählten Proben wurde als Belegmaterial in "Fema"-Zellen ausgelesen. Die Fraktion >2 mm enthält nur wenige Individuen und wurde daher vollständig bestimmt und gezählt.

Zur Dokumentation wurden von den wichtigen Arten Präparate für das Raster-elektronenmikroskop hergestellt und Photoaufnahmen angefertigt. Dazu wurde Photopapier mit dem elektrisch leitfähigen Kleber Leit-C auf Aluminiumträger geklebt. Die Foraminiferen wurden mit Wasser auf das Photopapier aufgebracht. Die Präparate wurden zuerst mit Kohle und dann mit Gold bedampft.

In Abb. 4.4 ist das Verhältnis Artenzahl zu gezählter Individuenzahl dargestellt. Der logarithmische Verlauf zeigt, wie auch in anderen Arbeiten beschrieben (u.a. SCHMIEDL 1995), daß sich ab etwa 300 Individuen die Artenzahl nicht mehr wesentlich ändert. Die Anzahl von 300 Individuen wird daher für die statistische Auswertung als ausreichend angesehen (IMBRIE & KIPP 1971; MACKENSEN ET AL. 1985; MURRAY 1991; SCHMIEDL & MACKENSEN 1997; WOLLENBURG & MACKENSEN 1998a).



**Abb. 4.4:** Beziehung zwischen der Summe der gezählten Individuen und Artenzahlen aller Proben.

### 4.3. Färbemethodik

Das Färben von Protoplasma mit Bengalrosa wurde zur Unterscheidung von zum Zeitpunkt der Probennahme lebender und toter benthischer Foraminiferen von WALTON (1952) angewendet und später von LUTZE (1964) modifiziert. Durch die passive Färbung der Proteine im Zytoplasma und in den Membranen ergeben sich Probleme, die seit langem diskutiert werden. BERNHARD (1988) beschreibt Laborversuche, bei denen auch nach vier Wochen nach dem Tod einer Foraminifere eine intensive Rotfärbung eintritt. Aufgrund eines schlechteren Protoplasmaabbaus in tieferen Teufen nimmt die Fehlerquote mit zunehmenden Sedimenttiefe zu (BERNHARD 1988; MACKENSEN & DOUGLAS 1989). Protoplasma epifaunaler bis flachinfaunaler Arten wird in 25 Tagen bis 2 Jahren abgebaut. Die Abbauzeit des Plasmas flach- bis tiefinfaunaler Arten beträgt mehr als 2 Jahre (CORLISS & EMERSON 1990). Die Abbauzeit des Protoplasmas ist nicht allein von der Sedimenttiefe sondern auch von der Sauerstoffkonzentration des Porenwassers abhängig. In Sedimenten mit einer starken Bioturbation wird Protoplasma schneller abgebaut als in anoxischen Sedimenten (JORISSEN ET AL. 1995). Damit ist besonders in den tieferen Teufen in Sedimenten mit einer niedrigen Sauerstoffeindringtiefe mit einer zu großen Anzahl gefärbter Foraminiferen zu rechnen. Trotz der Problematik des passiven Färbens sind das Färben mit Bengalrosa neben der Methode von WALKER (1974) mit Sudan Black B zur Zeit die einzigen Methoden zur quantitativen Erfassung lebender Faunen. MURRAY & BOWSER (2000) geben einen Überblick über die Möglichkeiten der Färbemethodik zur Unterscheidung lebender benthischer Foraminiferen. Direkte Lebendbeobachtungen und ATP-Messungen sind für eine quantitative Erfassung im größeren Rahmen zu zeitaufwendig.

### 4.4. Berechnung von numerischen Faunenparametern

Eine quantitative Erfassung der benthischen Foraminiferen ermöglicht Berechnungen verschiedener Faunenparameter. Diese Faunenparameter können die Faunenzusammensetzung näher charakterisieren. Die in dieser Arbeit berechneten Faunenparameter sind die Siedlungsdichte, Foraminiferenzahl, Benthische-Foraminiferen-Akkumulationsrate, Diversität und Äquität einer Fauna. Zusätzlich werden die Gesamt-Faunen (alle lebenden Individuen eines Kurzkerns) durch die Habitattiefe (SHIRAYAMA 1984) und die durchschnittliche Lebenstiefe (ALD) (JORISSEN ET AL. 1995) bestimmt.

#### Siedlungsdichte

Die Siedlungsdichte ist die Anzahl der gefärbten (lebenden) Individuen in 50 cm<sup>3</sup> einer Probe. Als Gesamtsiedlungsdichte wird in dieser Arbeit die Summe aller Siedlungsdichten eines Kurzkerns bezeichnet. Da die Beprobung der Kurzkerns nicht die Sedimenttiefen 5-7 cm, 8-10 cm und 11-14 cm berücksichtigt, stellen die berechneten Gesamtsiedlungsdichten Mindestwerte dar.

$$SD = \frac{N_{\text{lebend}}}{TV * V} * 50 \quad (1)$$

mit

SD = Siedlungsdichte [N<sub>lebend</sub> 50cm<sup>-3</sup>]

N<sub>lebend</sub> = Anzahl der gefärbten Gehäuse in der Unterprobe

TV = Teilungsverhältnis der Unterprobe

V = Naßvolumen der Probe [cm<sup>-3</sup>]

## Foraminiferenzahl und Benthische-Foraminiferen-Akkumulationsrate

Die Foraminiferenzahl gibt die Anzahl leerer Gehäuse in 50 cm<sup>3</sup> des Oberflächensediments wieder. Da die Anzahl der leeren Gehäuse im Sediment abhängig von den Sedimentationsraten ist, wird neben der Foraminiferenzahl auch die Benthische-Foraminiferen-Akkumulationsrate (BFAR) bestimmt. Für die Berechnung der BFAR wird die Foraminiferenzahl auf das Trockengewicht der Probe bezogen (vergl. HERGUERA & BERGER 1991).

$$\text{BFZ}_{\text{rezent}} = \frac{N_{\text{tot}}}{\text{TV} * V} * 50 \quad (2)$$

$$\text{BFZ}_{\text{gew.}} = \frac{N_{\text{tot}}}{\text{TV} * \text{Gew}} * 50 \quad (3)$$

$$\text{BFAR} = \text{BFZ}_{\text{gew.}} * \text{SR} * \text{DBD} \quad (4)$$

mit

BFZ<sub>rezent</sub> = benthische Foraminiferenzahl in der Oberflächenprobe [N<sub>tot</sub> 50cm<sup>-3</sup>]

BFZ<sub>gew.</sub> = benthische Foraminiferenzahl in Kurzkernproben [N<sub>tot</sub> 50cm<sup>-3</sup>]

N<sub>tot</sub> = Anzahl der leeren Gehäuse in der Unterprobe

TV = Teilungsverhältnis der Unterprobe

V = Naßvolumen der Probe [cm<sup>-3</sup>]

Gew = Trockengewicht der Sedimentprobe

SR = Sedimentationsrate [cm ka<sup>-1</sup>]

DBD = Trockendichte des Sedimentes [g cm<sup>-3</sup>]

## Diversität

In dieser Arbeit wird der Shannon-Wiener-Index nach SHANNON (1948) zur Berechnung der Diversitäten herangezogen. Der Shannon-Wiener-Index berücksichtigt die Zahl der Arten und ihre relativen Häufigkeiten. Berechnet wurden die Diversitäten für jede Probe. Die Gesamtdiversität gibt die Diversität der Gesamtfaua eines Kurzkerns wieder.

$$H(S) = -1 \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (5)$$

mit

H(S) = Diversität

S = Artenzahl

p<sub>i</sub> = Anteil der i-ten Art (relative Häufigkeit in %/100)

Der Wert H(S) ist um so größer, je gleichmäßiger die Individuen einer Probe auf die Arten verteilt sind und je mehr Arten in einer Probe vorkommen. H(S) liegt zwischen Null und dem natürlichen Logarithmus (ln) der Artenzahl.

##### Äquität

Die Äquität E (Dominanz) ist ein Maß für die relativen Häufigkeiten der vorkommenden Arten. E wird maximal 1, wenn in einer Fauna die Individuen gleichmäßig auf alle Arten verteilt sind. Je stärker die Dominanz weniger Arten ist, desto kleiner wird E (BUZAS & GIBSON 1969).

$$E = \frac{e^{H(S)}}{S} \quad (6)$$

mit

E = Äquität

e = Eulersche Zahl = 2,7183

H(S) = Diversität

S = Artenzahl

##### Habitattiefe

Die Habitattiefe wird als die Tiefe im Sediment definiert, in der 95 % der lebenden Individuen erfaßt werden (SHIRAYAMA 1984). Da nur bis in eine Sedimenttiefe von 5 cm durchgehend die Kurzkerne beprobt wurden und die nächste Probe bei 7 bis 8 cm liegt, kann die berechnete Habitattiefe von der wahren Habitattiefe abweichen.

##### Durchschnittliche Lebenstiefe

Zur Bestimmung der durchschnittlichen Lebenstiefe (ALD) (JORISSEN ET AL. 1995) werden die Individuenzahlen mit dem Teufenintervall multipliziert. Dadurch wird bei dieser Bestimmung die Infauna stärker berücksichtigt als bei der Bestimmung der Habitattiefe.

$$ALD_x = \sum_{i=1,x} \frac{(n_i * D_i)}{N} \quad (7)$$

mit

ALD<sub>x</sub> = durchschnittliche Lebenstiefe

x = untere Grenze der tiefsten Probe mit lebenden benthischen Foraminiferen

n<sub>i</sub> = Anzahl der Individuen im Teufenintervall

D<sub>i</sub> = Mittlere Tiefe des Teufenintervalls

#### 4.5. Statistische Methoden

##### 4.5.1. Aufbereitung der Zählraten

Es wurden drei Datenmatrizen erstellt (Tab. 4.2).

1. Der Datensatz Fauna A umfaßt die Lebend-Fauna aller Proben der Sedimentoberfläche.
2. Der Datensatz Fauna B wird aus der Gesamtf fauna (alle lebenden Individuen eines Kurzkernes) gebildet.
3. Der Datensatz Fauna T beinhaltet die Tot-Fauna der Sedimentoberfläche.

Die Rohdatensätze wurden nach der Methode von MACKENSEN ET AL. (1990) auf die jeweiligen Datensätze gekürzt. Für die prozentuale Verteilung werden folgende Taxa beachtet: Taxa, die in einer Probe mit mehr als 1 % vorkommen und in mindestens zwei Proben bzw. Stationen auftreten.

**Tab. 4.2:** Liste der Rohdatensätze (Zählraten) und der modifizierten Datensätze für die weitere statistische Auswertung. m=arithmetrischer Mittelwert.

Faunen	Rohdatensätze			Ausgangsdatsätze für Statistik in mindestens 2 Stationen, >1 %	
	Gezählte Individuen	Proben	Arten	Proben	Arten
Fauna A	97-996 (m=282)	48	241	48	128
Fauna B	191-3026 (m=713)	48	241	48	127
Fauna T	104-1045 (m=337)	47	226	47	131

#### 4.5.2. Grundlagen der Q-Modus Hauptkomponentenanalyse

Multivariate statistische Analysemethoden können zur Interpretation der Verbreitungsmuster von Foraminiferenvergesellschaftungen herangezogen werden. Eine häufig angewendete Methode für die Charakterisierung benthischer Foraminiferenfaunen ist das Verfahren der Q-Modus Hauptkomponentenanalyse mit anschließender Varimax-Rotation (u.a. CORLISS 1979b; MACKENSEN ET AL. 1985, MACKENSEN ET AL. 1993a; HARLOFF & MACKENSEN 1997; SCHMIEDL & MACKENSEN 1997; WOLLENBURG & MACKENSEN 1998a).

In dieser Arbeit wurde zur Berechnung der rezenten Faunenverbreitung die Q-Modus Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation angewandt. Die Analyse wurde mit dem kommerziell vertriebenen Statistikprogramm SYSTAT® 5.2.1 ausgeführt (Tab. 4.3). Die Grundlagen der Hauptkomponentenanalyse werden hier nur kurz erläutert. Detaillierte Beschreibungen geben BACKHAUS ET AL. (1989) und SWAN & SANDILANDS (1995).

Grundlage der Q-Modus Hauptkomponentenanalyse ist die Annahme, daß zwischen den Häufigkeiten der Variablen (Arten) in den Objekten (Proben) eine lineare Beziehung besteht. Bei der Analyse werden Proben, die eine ähnliche proportionale Artenzusammensetzung haben, zusammengefaßt. So wird die große Zahl der Arten (Variablen) zu einer kleineren, überschaubaren Anzahl voneinander unabhängiger Variablen (Hauptkomponenten, Vergesellschaftungen) zusammengefaßt. Die Berechnung liefert zwei für die Interpretation erforderliche Datenmatrizen.

**Tab. 4.3:** Lösung der Q-Modus Hauptkomponentenanalyse

Datensatz	Komponenten	Erklärte Ausgangs- varianz
Fauna A (48 Proben, 128 Arten)	8	79 %
Fauna B (48 Proben, 127 Arten)	8	82 %
Fauna T (47 Proben, 131 Arten)	8	74 %

##### I. Faktorladungs-Matrix (Q-Mode Varimax Factor Loading Matrix):

Die Faktorladung gibt Auskunft über die Anteile einer Hauptkomponente (Foraminiferenvergesellschaftung) an einer Probe. Der Wert der Faktorladung kann positiv oder negativ sein und liegt zwischen 0 und 1 bzw. -1 und 0. Statistisch signifikant sind Werte größer als 0,4 bzw. kleiner als -0,4 (MALMGREN & HAQ 1982). BACKHAUS ET AL. (1989) gibt als statistisch signifikante Werte größer als 0,5 bzw. kleiner als -0,5 an. Die Kommunalität gibt Auskunft über die Übereinstimmung des gewählten Faktormodells mit der tatsächlichen Artengemeinschaft. Die Kommunalität errechnet sich aus der Summe der quadrierten Faktorladung. Sie wird 1 bei einer vollständigen Erklärung der Ausgangsvarianz.

##### II. Faktorenwerte-Matrix (Q-Mode Varimax Factor Scores Matrix):

Der Anteil der einzelnen Arten an der errechneten Vergesellschaftung wird durch die Faktorenwerte angegeben. Entsprechend der Faktorladung sind die Werte positiv oder negativ.

#### 4.5.3. Regressionsanalyse

Die Regressionsanalyse beschreibt die Zusammenhänge zwischen einer abhängigen Variablen und einer (einfache lineare Regression) oder mehreren unabhängigen Variablen (multiple lineare Regression).

Der Korrelationskoeffizient ( $r$  bzw.  $R$ ) ist ein Maß für die Abhängigkeit der abhängigen von der bzw. den unabhängigen Variablen. Der Korrelationskoeffizient wird um so größer, je höher der Anteil der erklärten Streuung an der Gesamtstreuung ist. Wird die gesamte Streuung erklärt, beträgt der Korrelationskoeffizient 1. Besteht zwischen den Variablen keine Beziehung, wird der Korrelationskoeffizient 0.

Es bestehen mehrere Möglichkeiten einen zufälligen Zusammenhang zwischen den Variablen auszuschließen. Zunächst wird die Erklärungskraft der Regressionsgleichung als Ganzes getestet (Prüfung des Bestimmtheitsmaßes, BACKHAUS ET AL. 1989). Mit dem t-Test werden die einzelnen Regressionskoeffizienten überprüft. Der t-Test zeigt, ob die unabhängige Variable einen systematischen Einfluß auf die abhängigen Variablen hat oder nicht. Für den t-Test wird eine Vertrauenswahrscheinlichkeit von 95 % gefordert.

Die Regressionsanalyse dient in der vorliegenden Arbeit zur Erkennung der Abhängigkeit der errechneten Faunenvergesellschaftungen (unabhängige Variable) von einzelnen Umweltparametern (abhängige Variablen). Die Umweltparameter werden von den sedimentologischen Parametern und den hydrographischen gestellt.

#### 4.6. Primärproduktion und organische Kohlenstoffflußraten

Die organischen Kohlenstoffflußraten wurden für die einzelnen Stationen auf der Basis der "Dahlem"-Karte (BERGER 1989) mit Hilfe der von BERGER (1989) aufgestellten Gleichungen bestimmt. Etwa 10 % des organischen Materials der photischen Zone (Primärproduktion) sinkt ab; dieses ist die Exportproduktion  $J(z)$ . Die Menge des organischen Materials, das den Meeresboden erreicht, ist von der Wassertiefe abhängig (MÜLLER & SUESS 1979, BERGER 1989). Daraus ergeben sich die beiden Formeln zur Berechnung der organischen Kohlenstoffflußraten (BERGER 1989):

für Stationen flacher als 1000 m

$$J(z) = \frac{0,2*PP}{z} \quad (8)$$

für Stationen tiefer als 1000 m.

$$J(z) = \frac{0,17*PP}{z} + 0,01*PP \quad (9)$$

mit

$J(z)$  = Flußrate von organischem Material zum Meeresboden [ $\text{gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$ ]  
 PP = Primärproduktion im Oberflächenwasser [ $\text{gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$ ] (BERGER 1989)  
 z = Wassertiefe [100 m]

#### 4.7. Bestimmung der stabilen Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope

Für die paläozeanographischen Rekonstruktionen werden häufig stabile Isotopenverhältnisse kalkiger Gehäuse benthischer Foraminiferen herangezogen. Daher wurden auch in diesen Untersuchungen die Sauerstoff- und die Kohlenstoffisotope sowohl an gefärbten als auch an leeren Gehäusen benthischer Foraminiferen bestimmt. Desweiteren wurden die Kohlenstoffisotope des Bodenwassers gemessen.

##### 4.7.1. Stabile Kohlenstoff- und Sauerstoffisotopenverhältnisse in Gehäusen benthischer Foraminiferen

In dieser Arbeit wurden stabilen Kohlenstoff- und Sauerstoffisotopenverhältnisse der Arten *Bulimina aculeata*, *Uvigerina peregrina*, *Trifarina angulosa* und *Melonis zaandamae* bestimmt. Die Präparation der Proben erfolgt mit einer automatischen Karbonataufbereitungsanlage (KIEL II), die direkt mit einem Massenspektrometer (FINNIGAN MAT 251) gekoppelt ist. Das Karbonat der Foraminiferen wird mit einer 100%-igen Orthophosphorsäure ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) bei  $72^\circ\text{C}$  gelöst. Das freigesetzte  $\text{CO}_2$ -Gas wird über Kühlfallen von den Wasserresten gereinigt und über Kapillare in das Gasmassenspektrometer eingelassen. Gemessen werden die Isotopenzusammensetzungen gegen einen internen Laborstandard, der über den NBS 19 (National Bureau Standards) gegen die VPDB-Skala (Vienna Pee Dee Belemnite) geeicht ist. Die Meßgenauigkeit des verwendeten Laborstandards betrug während des Untersuchungszeitraums (1998)  $\pm 0,02 \text{ ‰}$  für den Kohlenstoff und  $\pm 0,06 \text{ ‰}$  für den Sauerstoff.

##### 4.7.2. Bestimmung des stabilen Kohlenstoffisotopenverhältnisses des im Meerwasser gelösten anorganischen Kohlenstoffs

Zur Bestimmung des Isotopenverhältnisses des gelösten anorganischen Kohlenstoffs im Meerwasser ( $\delta^{13}\text{C}_{\Sigma\text{CO}_2}$ ) wird das  $\Sigma\text{CO}_2$  in einer manuellen Präparationslinie durch Reaktion mit 100 %-iger Orthophosphorsäure bei  $25^\circ\text{C}$  aus dem Meerwasser ausgetrieben (KROOPNIK 1974; MOOK 1978). An einem FINNIGAN MAT DELTA-S wurde dann das  $\delta^{13}\text{C}$ -Verhältnis des  $\Sigma\text{CO}_2$  bestimmt. Die Messungen einschließlich der Präparation wurden wiederholt, um die Messungen zu

verifizieren. Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Verhältnisse des gelösten anorganischen Kohlenstoffs des Bodenwassers werden entsprechend der VPDB-Skala angegeben. Die externe Reproduzierbarkeit war für die Messungen besser als  $\pm 0,1 \text{ ‰}$  (MACKENSEN ET AL. 1993b).

#### 4.8. Bestimmung des Sauerstoffgehalts anhand von benthischen Foraminiferen

Benthische Foraminiferen zeigen eine Anpassung an verschiedene Sauerstoffgehalte (KAIHO 1994; ALVE & BERNHARD 1995; MOODLEY ET AL. 1998a). KAIHO (1994) ordnet Arten definierten Sauerstoffzonen zu. Basierend auf diese Zuordnung hat KAIHO (1994) den Benthischen-Foraminiferen-Sauerstoffindex (BFOI) für die Berechnung des Sauerstoffgehalts des Bodenwassers aufgestellt. In dieser Arbeit wird anhand der lebenden Fauna mit diesem Index der Sauerstoffgehalt des Porenwassers bestimmt. Kalkige Arten, die in diesen Untersuchungen vorkommen und von KAIHO (1994) nicht beschrieben wurden, werden den Sauerstoffzonen zugeordnet. Die Zurodung erfolgt aus Beobachtungen von Faunenverbreitungen lebender Foraminiferen bis in 15 cm Sedimenttiefe bei unterschiedlichen Sauerstoffgehalten im Porenwasser.

Der BFOI berechnet sich aus dem Verhältnis oxischer zu dysoxischer Arten zueinander.

$$\text{BFOI} = \frac{\text{O}}{\text{O} + \text{D}} * 100 \quad (10)$$

mit

BFOI = Benthischer-Foraminiferen-Sauerstoff-Index

O = Anzahl der Individuen der oxischen Gruppe

D = Anzahl der Individuen der dysoxischen Gruppe

Enthält die Fauna keine Arten der oxischen Gruppe, so wird der Index aus dem Verhältnis der intermediären Arten zu den dysoxischen Arten berechnet.

$$\text{BFOI} = \left( \frac{\text{I}}{\text{I} + \text{D}} - 1 \right) * 50 \quad (11)$$

mit

BFOI = Benthischer-Foraminiferen-Sauerstoff-Index

I = Anzahl der Individuen der suboxischen Gruppe A und B

D = Anzahl der Individuen der dysoxischen Gruppe

Für den Index zwischen 50 und 95 besteht keine Korrelation mit dem Sauerstoffgehalt. Das bedeutet, daß der BFOI nur für Sauerstoffgehalte unter ca. 3,5 ml/L im Bodenwasser angewendet werden kann (KAIHO 1994).

**Tab. 4.4:** Zuordnung kalkiger Arten in die Sauerstoffzonen nach KAIHO (1994). Aufgeführt sind Merkmale der Arten einer Sauerstoffzone und Arten, die von KAIHO (1994) beschrieben wurden. Kalkige Arten, die in diesen Untersuchungen vorkommen und von Kaiho (1994) nicht beschrieben wurden, sind in der rechten Spalte aufgeführt. Die Zuordnung zu den Sauerstoffzonen basiert auf Beobachtungen von lebenden Foraminiferenfaunen bei verschiedenen Sauerstoffkonzentrationen im Porenwasser.

Sauerstoffzone	Merkmal nach KAIHO(1994)	Arten nach KAIHO (1994)	weitere Arten aus dieser Arbeit
<b>oxisch</b> > 1,5 ml/L Sauerstoff	- $\geq 350 \mu\text{m}$ - dicke Schale - epifaunal in sauerstoffreichem Bodenwasser	<i>Cibicides</i> spp. <i>Cibicidoides havanensis</i> <i>Cibicidoides kullenbergi</i> <i>Cibicidoides mundulus</i> <i>Cibicidoides robertsonianus</i> <i>Cibicidoides wuellerstorfi</i> <i>Cibicidoides</i> spp. <i>Globocassidulina subglobosa</i> <i>Laticarinata pauperata</i> <i>Pyrgo murrhina</i> <i>Quinqueloculina</i> spp. <i>Triloculina</i> spp. <i>Nuttallides</i> spp.	<i>Cornuspira foliacea</i> <i>Cornuspira involvens</i> <i>Discorbinella berthelothi</i> <i>Pyrgo williamsoni</i> <i>Spirophthalmidium pusillum</i> <i>Epistominella exigua</i> <i>Nuttallides umbonifer</i>
<b>suboxisch</b> Gruppe A 0,3 -1,5 ml/L Sauerstoff	- Individuen der oxischen Zone $\leq 350 \mu\text{m}$		<i>Globocassidulina subglobosa</i> <i>Globocassidulina rossensis</i>
<b>suboxisch</b> Gruppe B 0,3-1,5 ml/L Sauerstoff	- epifaunal und infaunal bei hohen Sauerstoffgehalten im Bodenwasser - epifaunal bei niedrigen Sauerstoffgehalten im Bodenwasser	<i>Alabamina</i> spp. <i>Astrononion pusillum</i> <i>Bolivinatina quadrilatera</i> <i>Bulimina striata</i> <i>Cancris inaequalis</i> <i>Cassidulina</i> spp. <i>Ceratobulimina pacifica</i> <i>Dentalina</i> spp. (dicke Schale) <i>Ehrenbergina pacifica</i> <i>Eilohedra nipponica</i> <i>Favocassidulina favus</i> <i>Fissurina</i> spp. <i>Gyroidina</i> spp. <i>Gyroidinoides</i> spp. <i>Hoeglundia elegans</i> <i>Lagena</i> spp. <i>Lenticulina</i> spp. <i>Melonis</i> spp. <i>Nodosaria</i> spp. <i>Nonion</i> spp. <i>Oridorsalis</i> spp. <i>Pleurostomella</i> spp. <i>Pullenia</i> spp. <i>Rosalina columbiensis</i> <i>Sphaeroidinoides bulloides</i> <i>Stainfortia apertura</i> <i>Stilostomella</i> spp. <i>Tosaia hanzawai</i> <i>Trifarina</i> spp. <i>Uvigerina</i> spp.	<i>Astrononion echolsi</i> <i>Baggina philippinensis</i> <i>Bulimina alaziensis</i> <i>Bulimina costata</i> <i>Bulimina pupoides</i> <i>Cassidulinoides porrectus</i> <i>Ehrenbergina glabra</i> <i>Ehrenbergina trigona</i> <i>Gavellinopsis translucens</i> <i>Ioanella tumidula</i> <i>Oolina</i> spp. <i>Osangularia culter</i> <i>Parafissurina</i> spp. <i>Robertina</i> spp. <i>Robertinoides bradyi</i> <i>Robertina chapmani</i>

#### 4. Material und Methoden

Tab 4.4: Fortsetzung

Sauerstoffzone	Merkmal nach KAIHO(1994)	Arten nach KAIHO (1994)	weitere Arten aus dieser Arbeit
<b>suboxisch</b> Gruppe C 0,3-1,5 ml/L Sauerstoff	- dünnwandig - Mikrohabitate zwischen Gruppe B und disoxisch	<i>Bulimina aculeata</i> <i>Nonionella</i> spp. <i>Elphidium excavatum</i>	<i>Bulimina mexicana</i>
<b>dysoxisch</b> 0,1-0,3 ml/L Sauerstoff	- dünnwandig - klein (spiralförmig Ø <200 µm elongat <500 µm) - porenreich - infaunal bei Sauerstoffgehalt > 2ml/l im Bodenwasser	<i>Bolivina decussata</i> <i>Bolivina interjuncta</i> <i>Bolivina pacifica</i> <i>Bolivina pusilla</i> <i>Bolivina robusta</i> <i>Bolivina seminuda</i> <i>Bolivina</i> spp. <i>Bulimina exilis</i> <i>Cassidulina tumida</i> <i>Chilostomella oolina</i> <i>Chilostomella ovoida</i> <i>Dentalina</i> spp. (klein, dünn) <i>Fursenkoina complanata</i> <i>Fursenkoina rotundata</i> <i>Globobulimina auriculata</i> <i>Globobulimina apyrula</i> <i>Gyroidina multiloculata</i> <i>Pleurostomella</i> spp. <i>Rutherfordia</i> spp. <i>Suggrundia eckisi</i>	<i>Fursenkoina earlandi</i>

#### 4.9. Bestimmung der Primärproduktion mit der BFAR

In dieser Arbeit werden die Primärproduktionen mit Hilfe der Benthischen-Foraminiferen-Akkumulationsrate (BFAR) (HERGUERA & BERGER 1991) berechnet.

Da zwischen der Siedlungsdichte der benthischen Foraminiferen und dem organischen Kohlenstofffluß eine Korrelation besteht, kann über die Benthische-Foraminiferen-Akkumulationsrate (BFAR) (s. Kap. 4.4) die Primärproduktion bestimmt werden (HERGUERA & BERGER 1991). Nach HERGUERA & BERGER (1991) werden pro 1 mg organischen Kohlenstoff, der den Meeresboden erreicht, eine benthische Foraminifere >150 µm abgelagert. Die Menge des organischen Kohlenstoffs, der den Meeresboden erreicht, ist von der Primärproduktion im Oberflächenwasser und von der Wassertiefe abhängig (BERGER 1989) (s. Kap. 4.6).

Aus diesen Annahmen ergibt sich folgende Gleichung zur Berechnung der Primärproduktion aus benthischen Foraminiferen (HERGUERA & BERGER 1991).

$$PP = \frac{z \cdot (31 + 1,06 \cdot BFAR)}{100 \cdot (k + r \sqrt{z})} \quad (12)$$

mit

PP = Primärproduktion [gCm<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>]

z = Wassertiefe [m]

BFAR = Benthische-Foraminiferen-Akkumulationsrate [N cm<sup>-2</sup>ka<sup>-1</sup>]

k = PP/4

Daraus ergibt sich nach Umformung folgende Gleichung:

$$PP_{1,2} = -\sqrt{z} \pm \sqrt{z * \left( 1 + \frac{1}{25} * (31 + 1,06 * BFAR) \right)} \quad (13)$$

In dieser Arbeit wird die Primärproduktion mit der BFAR der Fraktion >125 µm berechnet. Ein Korrekturfaktor für die Differenz zwischen der 125 µm und der von HERGUERA & BERGER (1991) zur Berechnung genommenen 150 µm Fraktion konnte aufgrund der sehr unterschiedlichen Zusammensetzung der Foraminiferenfaunen nicht gefunden werden.

## 5. Taxonomie benthischer Foraminiferen

Die taxonomische Bestimmung der in dieser Arbeit vorkommenden benthischen Foraminiferen erfolgte nach LOEBLICH & TAPPAN (1988) und JONES (1994), die Bestimmung der Trochamminacea nach BRÖNNIMANN & WHITTAKER (1988). Die *Aschemonellinae* und *Komokiaceae* werden in dieser Arbeit im Gegensatz zu LOEBLICH & TAPPAN (1988) nicht mit zu den Xenophyophora sondern mit zu den Foraminifera gestellt. Um das Literaturverzeichnis nicht zu sehr aufzublähen, wurde auf die Zitate der Erstbeschreibung weitgehend verzichtet. Der Originalname, mit \* gekennzeichnet, wurde mit aufgeführt, um das Auffinden der Erstbeschreibung über ELLIS & MESSINA (1949) zu ermöglichen.

Insgesamt wurden in dieser Arbeit 275 Taxa (Arten und Gattungen) erfaßt. Davon gehen 155 Taxa in die statistische Bearbeitung mit ein.

Ordnung: **Foraminiferida** EICHWALD 1830

Unterordnung: **Allogromiina** LOEBLICH & TAPPAN 1961

*Nodellum membranaceum* (BRADY 1879)

- 1879 *Reophax membranaceum* BRADY
- 1992 *N. membranaceum* (BRADY) -- WOLLENBURG, S. 7, Taf. 1, Fig. 1
- 1994 *N. membranaceum* (BRADY) -- JONES, S. 38, Taf. 32, Fig. 1-4

*Palcopsinella aurantiaca* EARLAND 1934 Taf. 1, Fig. 6

- \* 1934 *P. aurantiaca* EARLAND
- 1986 *P. aurantiaca* EARLAND -- SCHRÖDER, S. 29, Taf. 1, Fig. 1
- 1998a *P. aurantiaca* EARLAND -- WOLLENBURG & MACKENSEN, S. 182, Taf. 1, Fig. 1-2

Unterordnung: **Textulariina** DELAGE & HÉROUARD 1896

*Adercotryma glomerata* (BRADY 1878) Taf. 3, Fig. 1

- \* 1878 *Lituola glomerata* BRADY
- 1986 *A. glomerata* (BRADY) -- SCHRÖDER, S. 47, Taf. 16, Fig. 10-11
- 1990 *A. glomerata* (BRADY) -- CHARNOCK & JONES, S. 185-186, Taf. 10, Fig. 1-3, Taf. 22, Fig. 1
- 1990 *A. glomerata* (BRADY) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 3, Fig. 7-8
- 1992 *A. glomerata* (BRADY) -- TIMM, S. 17, Taf. 4, Fig. 1
- 1994 *A. glomerata* (BRADY) -- JONES, S. 40, Taf. 34, Fig. 15-18
- 1995 *A. glomerata* (BRADY) -- SCHMIEDL, S. 132, Taf. 1, Fig. 12
- 1998a *A. glomerata* (BRADY) -- WOLLENBURG & MACKENSEN, S. 177, Taf. 2, Fig. 12

*Alterammina alternans* (EARLAND 1934)

- \* 1934 *Trochammina alternans* EARLAND
- 1988 *Alterammina alternans* (EARLAND) -- BRÖNNIMANN & WHITTAKER, S. 123-126, Taf. 45, Fig. A-J, Taf. 46, Fig. A-D

- Ammobaculites agglutinans* (D'ORBIGNY 1846) Taf. 4, Fig. 1
- \* 1846 *Spirolina agglutinans* D'ORBIGNY
  - 1986 *A. agglutinans* (D'ORBIGNY) -- SCHRÖDER, S. 50, Taf. 21, Fig. 1-4
  - 1990 *A. agglutinans* (D'ORBIGNY) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 5, Fig. 8
  - 1994 *A. agglutinans* (D'ORBIGNY) -- JONES, S. 39, Taf. 32, Fig. 19-20, 24-26
  - 1995 *A. agglutinans* (D'ORBIGNY) -- SCHMIEDL, S. 132, Taf. 1, Fig. 8-9
- Ammobaculites filiformis* (EARLAND 1934) Taf. 2, Fig. 2
- \* 1934 *Ammobaculites agglutinans* (D'ORBIGNY) var. *filiformis* EARLAND
  - 1986 *Ammobaculites agglutinans* (D'ORBIGNY) var. *filiformis* EARLAND -- SCHRÖDER, S. 50-51, Taf. 21, Fig. 5-6
  - 1992 *A. filiformis* (EARLAND) -- TIMM, S. 18, Taf. 2, Fig. 11
  - 1994 *A. filiformis* (EARLAND) -- JONES, S. 39, Taf. 32, Fig. 21?, 22-23
- Ammodiscus incertus* (D'ORBIGNY 1839) Taf. 1, Fig. 9
- \* 1839 *Operculina incerta* D'ORBIGNY
  - 1986 *A. incertus* (D'ORBIGNY) -- SCHRÖDER, S. 39, Taf. 10, Fig. 10a-b
  - 1994 *Ammodiscus anguillae* HØGLUND -- JONES, S. 43, Taf. 38, Fig. 1, 3
- Ammolagena clavata* (JONES & PARKER 1860) Taf. 1, Fig. 8
- \* 1860 *Trochammina irregularis* var. *clavata* JONES & PARKER
  - 1986 *A. clavata* (JONES & PARKER) -- SCHRÖDER, S. 40, Taf. 11, Fig. 13
  - 1990 *A. clavata* (JONES & PARKER) -- CHARNOCK & JONES, S. 155, Taf. 2, Fig. 9, Taf. 14, Fig. 7
  - 1994 *A. clavata* (JONES & PARKER) -- JONES, S. 46, Taf. 41, Fig. 12-16
- Ammomarginulina ensis* WIESNER 1931 Taf. 4, Fig. 4
- \* 1931 *A. ensis* WIESNER
  - 1987 *A. ensis* WIESNER -- MACKENSEN ET AL., Taf. 11, Fig. e
  - 1988 *A. ensis* WIESNER -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 60, Fig. 7
  - 1990 *A. ensis* WIESNER -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 5, Fig. 3
- Ammomarginulina foliacea* (BRADY 1881) Taf. 4, Fig. 5
- \* 1881 *Haplophragmium foliaceum* BRADY
  - 1986 *A. foliacea* (BRADY) -- SCHRÖDER, S. 51, Taf. 21, Fig. 10-13
  - 1990 *Eratidus foliaceus* (BRADY) -- CHARNOCK & JONES, S. 181, Taf. 9, Fig. 10, Taf. 20, Fig. 9
  - 1990 *A. foliacea* (BRADY) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 5, Abb. 5-6
  - 1992 *A. foliacea* (BRADY) -- TIMM, S. 19, Taf. 2, Fig. 14
  - 1994 *Eratidus foliaceus* (BRADY) -- JONES, S. 40, Taf. 33, Fig. 20-25
- Ammomarginulina recurva* EARLAND 1934 Taf. 4, Fig. 6-7
- \* 1934 *Ammomarginulina foliacea* (BRADY) var. *recurva* EARLAND
  - 1986 *A. recurva* EARLAND -- SCHRÖDER, Taf. 21, Fig. 15-17
  - 1990 *A. recurva* EARLAND -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 5, Fig. 1-2

*Ammoscalaria pseudospiralis* (WILLIAMSON 1858) Taf. 4, Fig. 3

- \* 1858 *Protonina pseudospiralis* WILLIAMSON
- 1974 *A. pseudospiralis* (WILLIAMSON) -- LUTZE, S. 12, Taf. 2, Fig. 36-39
- 1994 *A. pseudospiralis* (WILLIAMSON) -- JONES, S. 39, Taf. 33, Fig. 1-4
- 1995 *A. pseudospiralis* (WILLIAMSON) -- SCHMIEDL, S. 133, Taf. 1, Fig. 7

*Aschemonella ramuliformis* BRADY 1879

- \* 1879 *A. ramuliformis* BRADY
- 1994 *A. ramuliformis* BRADY-- JONES, S. 35, Taf. 27, Fig. 12-15

Die beiden Arten *Aschemonella ramuliformis* und *Aschemonella scabra* werden für die statistische Auswertung als *Aschemonella* spp. zusammengefaßt.

*Aschemonella scabra* BRADY 1879 Taf. 1, Fig. 7

- \* 1879 *A. scabra* BRADY
- 1994 *A. scabra* BRADY -- JONES, S. 35, Taf. 27, Fig. 1-2

Siehe auch *Aschemonella ramuliformis*

*Astrammia rara* RHUMBLER 1931

- \* 1931 *A. rara* RHUMBLER
- 1988 *A. rara* RHUMBLER -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 23, Fig. 10-14

*Astrorhiza angulosa* BRADY 1884

- \* 1884 *A. angulosa* BRADY
- 1986 *A. angulosa* BRADY -- SCHRÖDER, S. 29, Taf. 1, Fig. 5
- 1994 aff. *Astrorhiza granulosa* (BRADY) -- JONES, S. 32, Taf. 20, Fig. 10-23

Da die Gattung *Astrorhiza* sehr variabel ist und nicht immer eindeutig bestimmt werden konnte, werden in der Statistik *Astrorhiza angulosa* und nicht näher bestimmte Individuen der Gattung *Astrorhiza* zu *Astrorhiza* spp. zusammengefaßt

*Bathysiphon rufus* DE FOLIN 1886

- \* 1886 *B. rufus* DE FOLIN
- 1992 *B. rufus* DE FOLIN -- WOLLENBURG, S. 11, Taf. 1, Fig. 8

*Bathysiphon rufus* und nicht näher bestimmte Individuen der Gattung *Bathysiphon* werden für die statistische Auswertung zu *Bathysiphon* spp. zusammengefaßt.

*Buzasina galeata* (BRADY 1881)

- \* 1881 *Trochammina galeata* BRADY
- 1960 *Cystammina galeata* (BRADY) -- BARKER, Taf. 40, Fig. 19-23
- 1986 *Cystammina galeata* (BRADY) -- SCHRÖDER, S. 54, Taf. 17, Fig. 12-13
- 1990 *B. galeata* (BRADY) -- CHARNOCK & JONES, S. 166-167, Taf. 5, Fig. 1, Taf. 16, Fig. 1
- 1994 *B. galeata* (BRADY) -- JONES, S. 45, Taf. 40, Fig. 19-23

*Buzasina ringens* (BRADY 1879)

- \* 1879 *Trochammina ringens* BRADY
- 1986 *Cribrostomoides ringens* (BRADY) -- SCHRÖDER, S. 47, Taf. 18, Fig. 13-14
- 1994 *B. ringens* (BRADY) -- JONES, S. 45, Taf. 40, Fig. 17-18

*Cribrostomoides jeffreysii* (WILLIAMSON 1858) Taf. 3, Fig. 9

- \* 1858 *Nonionina jeffreysii* WILLIAMSON
- 1974 *C. jeffreysii* (WILLIAMSON) -- LUTZE, S. 5, Taf. 2, Fig. 25-26
- 1990 *C. jeffreysii* (WILLIAMSON) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 4, Fig. 1
- 1992 *C. jeffreysii* (WILLIAMSON) -- WOLLENBURG, S. 27, Taf. 5, Fig. 1,4

*Cribrostomoides scitulum* (BRADY 1881) Taf. 3, Fig. 10

- \* 1881 *Haplophragmium scitulum* BRADY
- 1986 *Recurvoides scitulum* (BRADY) -- SCHRÖDER, S. 48, Taf. 18, Fig. 1-4
- 1990 *Labrospira scitula* (BRADY) -- CHARNOCK & JONES, S. 172, Taf. 6, Fig. 9-10, Taf. 17, Fig. 6
- 1992 *C. scitulum* (BRADY) -- TIMM, S. 21, Taf. 3, Fig. 16
- 1994 *Veleoninoides scitulum* (BRADY) -- JONES, S. 41, Taf. 34, Fig. 11-13

*Cribrostomoides subglobosus* (M. SARS 1868) Taf. 3, Fig. 7-8

- \* 1868 *Lituola subglobosa* SARS
- 1986 *C. subglobosus* (M. SARS) -- SCHRÖDER, S. 48, Taf. 18, Fig. 15-16
- 1990 *C. subglobosus* (M. SARS) -- CHARNOCK & JONES, S. 168, Taf. 5, Fig. 4-6, Taf. 16, Fig. 3
- 1990 *C. subglobosus* (M. SARS) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 4, Fig. 7-9
- 1994 *C. subglobosus* (M. SARS) -- JONES, S. 40, Taf. 34, Fig. 8-10
- 1992 *C. subglobosus* (M. SARS) -- TIMM, S. 21-22, Taf. 3, Fig. 17
- 1995 *C. subglobosus* (M. SARS) -- SCHMIEDL, S. 133, Taf. 10, Fig. 1
- 1998a *C. subglobosus* (M. SARS) -- WOLLENBURG & MACKENSEN, S. 177, Taf. 2, Fig. 10-11

*Cribrostomoides weddellensis* (EARLAND 1936) Taf. 3, Fig. 12

- \* 1936 *Haplophragmoides weddellensis* EARLAND
- 1986 *C. weddellensis* (EARLAND) -- SCHRÖDER, S. 48, Taf. 19, Fig. 1-4
- 1990 *C. weddellensis* (EARLAND) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 4, Fig. 4-5

*Cribrostomoides wiesneri* (PARR 1950) Taf. 3, Fig. 11

- \* 1950 *Labrospira wiesneri* PARR
- 1986 *C. wiesneri* (PARR) -- SCHRÖDER, S. 48, Taf. 17, Fig. 10-12
- 1992 *Labrospira wiesneri* PARR -- TIMM, S. 26, Taf. 3, Fig. 11
- 1990 *C. wiesneri* (PARR) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 4, Fig. 2-3
- 1994 *Veleroninoides wiesneri* (PARR) -- JONES, S. 45, Taf. 40, Fig. 14-15

*Crithionina* sp.

- 1988 aff. *Crithionina mamilla* GOËS -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 28, Fig. 1-4

## 5. Taxonomie benthischer Foraminiferen

---

### *Cyclammina cancellata* BRADY 1879

- \* 1879 *C. cancellata* BRADY
- 1994 *C. cancellata* BRADY -- JONES, S. 43, Taf. 37, Fig. 8-16

### *Cyclammina pusilla* BRADY 1881

- \* 1881 *C. pusilla* BRADY
- 1994 *C. pusilla* BRADY -- JONES, S. 43, Taf. 37, Fig. 20-23

### *Cyclammina trullisata* (BRADY 1870)

- \* 1879 *Trochammina trullisata* BRADY
- 1986 *C. trullisata* (BRADY) -- SCHRÖDER, S. 49-50, Taf. 18, Fig. 10
- 1990 *C. trullisata* (BRADY) -- MACKENSEN, S. 252, Taf. 8, Fig. 4-5
- 1994 *C. trullisata* (BRADY) -- JONES, S.45, Taf. 40, Fig. 13,16

### *Cystammina pauciloculata* (BRADY 1879)

- \* 1879 *Trochammina pauciloculata* BRADY
- 1986 *C. pauciloculata* (BRADY) -- SCHRÖDER, S. 54, Taf. 17, Fig. 14-15
- 1988 *C. pauciloculata* (BRADY) -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 68, Fig. 1-6
- 1990 *C. pauciloculata* (BRADY) -- CHARNOCK & JONES, S. 168.169, Taf. 5, Fig. 7, Taf. 16, Fig. 4

### *Deuterammina grahami* BRÖNNIMANN & WHITTAKER 1988      Taf. 5, Fig. 6-7

- \* 1988 *D. grahami* BRÖNNIMANN & WHITTAKER -- BRÖNNIMANN & WHITTAKER, S. 107, Taf. 38, 39
- 1998a *D. grahami* BRÖNNIMANN & WHITTAKER -- WOLLENBURG & MACKENSEN, S. 177, Taf. 2, Fig. 6-8

### *Deuterammina montagui* BRÖNNIMANN & WHITTAKER 1988

- \* 1988 *D. montagui* BRÖNNIMANN & WHITTAKER -- BRÖNNIMANN & WHITTAKER, S. 112-116 , Taf. 41, Fig. A-K, Taf. 42, Fig. A-H

*Deuterammina montagui* und nicht näher bestimmte Individuen der Gattung *Deuterammina* werden für die statistische Auswertung als *Deuterammina* spp. zusammengefaßt.

### *Discammina compressa* (GOËS, 1882)

- \* 1882 *Lituolina irregularis* var. *compressa* GOËS
- 1986 *D. compressa* (GOËS) -- SCHRÖDER, S. 48, Taf. 18, Fig. 7-8
- 1994 *D. compressa* (GOËS) -- JONES, S. 40, Taf. 33, Fig. 26-28

### *Eggerella bradyi* (CUSHMAN 1911)

Taf. 4, Fig. 10

- \* 1911 *Verneuilina bradyi* CUSHMAN
- 1979a *E. bradyi* (CUSHMAN) -- CORLISS, S. 5, Taf. 1, Fig. 3-4
- 1986 *E. bradyi* (CUSHMAN) -- SCHRÖDER, S. 55, Taf. 22, Fig. 1-4
- 1990 *E. bradyi* (CUSHMAN) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 3, Fig. 9-10
- 1994 *E. bradyi* (CUSHMAN) -- JONES, S. 51, Taf. 47, Fig. 4-7
- 1995 *E. bradyi* (CUSHMAN) -- SCHMIEDL, S. 133, Taf. 1, Fig. 13

*Glomospira gordialis* (JONES & PARKER 1860) Taf. 1, Fig. 10

- \* 1860 *Trochammina squamata* var. *gordialis* JONES & PARKER
- 1986 *G. gordialis* (JONES & PARKER) -- SCHRÖDER, S. 39, Taf. 11, Abb. 1-2
- 1988 *G. gordialis* (JONES & PARKER) -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 38, Fig. 5-6
- 1990 *G. gordialis* (JONES & PARKER) -- CHARNOCK & JONES, S. 156, Taf. 2, Fig. 12, Taf. 14, Fig. 9
- 1994 *G. gordialis* (JONES & PARKER) -- JONES, S. 43, Taf. 38, Fig. 7-8

*Haplophragmoides bradyi* (ROBERTSON 1891) Taf. 3, Fig. 4

- \* 1891 *Trochammina bradyi* ROBERTSON
- 1986 *H. bradyi* (ROBERTSON) -- SCHRÖDER, S. 46, Taf. 16, Fig. 8
- 1990 *H. bradyi* (ROBERTSON) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 7, Fig. 3,6

*Haplophragmoides rotulatum* (BRADY 1881)

- \* 1881 *Haplophragmium rotulatum* BRADY
- 1960 *H. rotulatum* (BRADY) -- BARKER, Taf. 34, Fig. 5-6
- 1986 *H. rotulatum* (BRADY) -- SCHRÖDER, S. 46, Taf. 18, Fig. 3-4
- 1994 *Evolutinella rotulata* (BRADY) -- JONES, S. 40, Taf. 34, Fig. 5-6

*Haplophragmoides sphaeriloculus* CUSHMAN 1910 Taf. 3, Fig. 2-3

- \* 1910 *H. sphaeriloculus* CUSHMAN
- 1986 *H. sphaeriloculus* CUSHMAN -- SCHRÖDER, S. 47, Taf. 18, Fig. 5-7
- 1992 *H. sphaeriloculus* CUSHMAN -- WOLLENBURG, S. 28, Taf. 5, Fig. 7-8

*Hippocrepina flexibilis* (WIESNER 1931)

- 1931 *Technitella flexibilis* WIESNER
- 1992 *H. flexibilis* (WIESNER) -- WOLLENBURG, S. 20, Taf. 3, Fig. 6

*Hormosina globulifera* BRADY 1879 Taf. 1, Fig. 3

- \* 1879 *H. globulifera* BRADY
- 1986 *H. globulifera* BRADY -- SCHRÖDER, S. 41, Taf. 13, Fig. 1-3
- 1988 *H. globulifera* BRADY -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 45, Fig. 19-20, nicht 18
- 1994 *H. globulifera* BRADY -- JONES, S. 44, Taf. 39, Fig. 1-4, 6

*Hormosinella distans* (BRADY 1881)

- \* 1881 *Reophax distans* BRADY
- 1960 *Reophax distans* BRADY -- BARKER, Taf. 31, Fig. 17-22
- 1986 *Reophax distans* BRADY -- SCHRÖDER, S. 44, Taf. 16, Fig. 3-5, 9
- 1988 *H. distans* (BRADY) -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 44, Fig. 8-9
- 1992 *Hormosina distans* (BRADY) -- TIMM, S. 23, Taf. 2, Fig. 10
- 1994 *H. distans* (BRADY) -- JONES, S. 38, Taf. 31, Fig. 18-22

*Hormosinella ovicula* (BRADY 1879) Taf. 2, Fig. 8

- \* 1879 *Hormosina ovicula* BRADY
- 1986 *Reophax ovicula* (BRADY) -- SCHRÖDER, S. 45, Taf. 13, Fig. 5
- 1988 *Reophanus oviculus* (BRADY) -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 46, Fig. 10
- 1990 *H. ovicula* (BRADY) -- CHARNOCK & JONES, S. 164, Taf. 4, Fig. 13, Taf. 15, Fig. 13

## 5. Taxonomie benthischer Foraminiferen

---

1994 *H. ovicula* (BRADY) -- JONES, S. 44, Taf. 39, Fig. 7-9

### *Hyperammina* spp.

Taf. 1, Fig. 5

zusammengefaßt sind alle Individuen der Gattung *Hyperammina*.

### *Karrieriella bradyi* (CUSHMAN 1911)

- \* 1911 *Gaudryina bradyi* CUSHMAN
- 1979a *K. bradyi* (CUSHMAN) -- CORLISS, S. 5, Taf. 1, Fig. 5-6
- 1986 *K. bradyi* (CUSHMAN) -- SCHRÖDER, S. 55, Taf. 22, Fig. 8-9
- 1994 *K. bradyi* (CUSHMAN) -- JONES, Taf. 46, Fig. 1-4

### *Karrerulina conversa* (GREZYBOWSKI 1901)

Taf. 4, Fig. 11

- 1901 *Gaudryina conversa* GREZYBOWSKI
- 1990 *K. conversa* (GREZYBOWSKI) -- CHARNOCK & JONES, S. 195-196, Taf. 12, Fig. 19, Taf. 25, Fig. 10
- 1990 *Karrieriella conversa* (GREZYBOWSKI) -- KAMINSKI ET AL., S. 370, Taf. 8, Fig. 5
- 1994 *K. conversa* (GREZYBOWSKI) -- JONES, S. 51, Taf. 46, Fig. 17-19

### *Lagenammina difflugiformis* (BRADY 1879)

Taf. 2, Fig. 6

- \* 1897 *Reophax difflugiformis* BRADY
- 1986 *Reophax difflugiformis* BRADY -- SCHRÖDER, S. 43, Taf. 14, Fig. 11
- 1988 *L. difflugiformis* (BRADY) -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 21, Fig. 7-8
- 1990 *L. difflugiformis* (BRADY) -- CHARNOCK & JONES, S. 146, Taf. 1, Fig. 2
- 1990 *Reophax difflugiformis* BRADY -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 6, Abb. 9
- 1992 *L. difflugiformis* (BRADY) -- WOLLENBURG, S. 14-15, Taf. 2, Fig. 3-4
- 1994 *L. difflugiformis* (BRADY) -- JONES, S. 36, Taf. 30, Fig. 1-3
- 1994 *L. arenulata* (SKINNER) -- JONES, S. 37, Taf. 30, Fig. 5
- 1994 *L. ampullacea* (BRADY) -- JONES, S. 37, Taf. 30, Fig. 6

Da *L. difflugiformis* nur schwer von der ersten Kammer von *Reophax bilocularis* zu unterscheiden ist, wird in der statistischen Bearbeitung *L. difflugiformis* mit *R. bilocularis* zu *R. bilocularis* zusammengefaßt (MACKENSEN ET AL. 1990)

### *Lagenammina tubulata* (RHUMBLER 1931)

Taf. 2, Fig. 5

- 1931 *Saccamina tubulata* RHUMBLER
- 1986 *L. tubulata* (RHUMBLER) -- SCHRÖDER, S. 37, Taf. 10, Fig. 2

### *Marsipella cylindrica* BRADY 1882

- 1882 *M. cylindrica* BRADY
- 1994 *M. cylindrica* BRADY -- JONES, S. 34, Taf. 24, Fig. 20-22

### *Martinotiella communis* (D'ORBIGNY 1846)

Taf. 4, Fig. 9

- \* 1846 *Clavulina communis* D'ORBIGNY
- 1988 *M. communis* (D'ORBIGNY) -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 190, Fig. 3-4
- 1990 *M. communis* (D'ORBIGNY) -- CHARNOCK & JONES, S. 192-193, Taf. 12, Fig. 10-11, Taf. 25, Fig. 2
- 1994 *M. communis* (D'ORBIGNY) -- JONES, S. 52, Taf. 48, Fig. 1-2, 4-8, 3?

*Martinotiella communis* und *Multifidella nodulosa* sind nur schwer voneinander zu trennen. Daher werden sie hier in der statistischen Auswertung zu *Martinotiella communis* zusammengefaßt.

*Milliammina arenacea* (CHAPMAN, 1916)

- 1916 *Milliammina oblonga* var. *arenacea* CHAPMAN
- 1990 *M. arenacea* (CHAPMAN) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 2, Fig. 4-5

*Multifidella nodulosa* (CUSHMAN 1927)

- \* 1927 *Clavulina communis* var. *nodulosa* CUSHMAN
- 1988 *M. nodulosa* (CUSHMAN) -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 190, Fig. 8-9
- 1990 *Martinotiella nodulosa* (CUSHMAN) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 2, Fig. 8-9
- 1994 *M. nodulosa* (CUSHMAN) -- JONES, S. 52-53, Taf. 48, Fig. 9-13

Siehe auch *Martinotiella communis*.

*Paratrochammina (Paratrochammina) challengeri* (BRÖNNIMANN & WHITTAKER, 1988) Taf. 5, Fig. 1-3

- \* 1865 *Trochammina globigeriniformis* PARKER & JONES
- 1986 *Trochammina* cf. *globigeriniformis* PARKER & JONES -- SCHRÖDER, S. 52, Taf. 19, Fig. 5-8
- 1988 *P. (Paratrochammina) challengeri* BRÖNNIMANN & WHITTAKER -- BRÖNNIMANN & WHITTAKER, S. 43-44, Taf. 16, Fig. H-K
- 1990 *Trochamminopsis challengeri* (BRÖNNIMANN & WHITTAKER) -- CHARNOCK & JONES, S. 189, Taf. 11, Fig. 7-10, Taf. 22, Fig. 6
- 1992 *Trochammina globigeriniformis* PARKER & JONES -- TIMM, S. 38, Taf. 4, Fig. 2
- 1994 *P. challengeri* (PARKER & JONES) -- JONES, S. 41-42, Taf. 35, Fig. 10

*Paratrochammina (Lepidoparatrochammina) bartrami* (HEDLY, HURDLE & BURDETT 1967)

- \* 1967 *Trochammina bartrami* HEDLY, HURDLE & BURDETT
- 1988 *Paratrochammina (Lepidoparatrochammina) bartrami* (HEDLY, HURDLE & BURDETT) -- BRÖNNIMANN & WHITTAKER, S. 59-61, Taf. 22, Fig. A-C, Taf. 23, Fig. B-L, Taf. 24, Fig. E

*Pelosina* spp.

- 1994 aff. *Pelosina cylindrica* BRADY-- JONES, S. 34-35, Taf. 26, Fig. 1-6

*Portatrochammina bipolaris* BRÖNNIMANN & WHITTAKER 1980 Taf. 5, Fig. 4-5

- 1960 *T. nana* (BRADY) -- BARKER, Taf. 35, Fig. 6, nicht Fig. 7-8
- \* 1988 *Portatrochammina bipolaris* BRÖNNIMANN & WHITTAKER -- Brönnimann & WHITTAKER, S. 70-71, Taf. 20-31
- 1990 *T. nana* (BRADY) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 3, Fig. 4-6
- 1994 *Portatrochammina bipolaris* BRÖNNIMANN & WHITTAKER -- JONES, S. 41, Taf. 35, Fig. 6

*Psammosphaera fusca* SCHULZ 1875

Taf. 2, Fig. 1

- \* 1875 *P. fusca* SCHULZ
- 1986 *P. fusca* SCHULZ -- SCHRÖDER, S. 36, Taf. 10, Fig. 1
- 1990 *P. fusca* SCHULZ -- CHARNOCK & JONES, S. 146, Taf. 1, Fig. 4
- 1990 *P. fusca* SCHULZ -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 2, Fig. 7
- 1994 *P. fusca* SCHULZ -- JONES, S. 31, Taf. 18, Fig. 1-8

*Recurvoides contortus* EARLAND 1934

Taf. 3, Fig. 5-6

- \* 1934 *R. contortus* EARLAND
- 1988 *R. contortus* EARLAND -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 68, Fig. 7-14
- 1990 *R. contortus* EARLAND -- SCHRÖDER, S. 333, Taf. 3, Fig. 6, Taf. 7, Fig. 3-4

*Reophax bilocularis* FLINT 1899

Taf. 2, Fig. 7

- \* 1899 *R. bilocularis* FLINT
- 1986 *R. bilocularis* FLINT -- SCHRÖDER, S. 42-43., Taf. 14, Fig. 8-13; Taf. 24
- 1990 *R. bilocularis* FLINT -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 6, Fig. 10-12
- 1992 *R. bilocularis* FLINT -- TIMM, S. 28-29, Taf. 2, Fig. 3
- 1992 *R. bilocularis* FLINT -- WOLLENBURG, S. 24, Taf. 4, Fig. 4
- 1997 *R. bilocularis* FLINT -- SCHMIEDL ET AL., S. 275, Taf. 1, Fig. 3-4

Siehe auch *Lagenammina difflugiformis*.

*Reophax dentaliniformis* BRADY 1881

Taf. 2, Fig. 10

- \* 1881 *R. dentaliniformis* BRADY
- 1986 *R. dentaliniformis* BRADY -- SCHRÖDER, S. 43, Taf. 14, Fig. 6-7
- 1990 *R. dentaliniformis* BRADY -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 6, Fig. 3
- 1992 *R. dentaliniformis* BRADY -- TIMM, S. 30, Taf. 2, Fig. 4
- 1994 *R. dentaliniformis* BRADY -- JONES, S. 37, Taf. 30, Fig. 21-22

*Reophax fusiformis* (WILLIAMSON 1858)

- \* 1858 *Proteonina fusiformis* WILLIAMSON
- 1986 *R. fusiformis* (WILLIAMSON) -- SCHRÖDER, S. 44, Taf. 15, Fig. 9
- 1990 *R. fusiformis* (WILLIAMSON) -- CHARNOCK & JONES, S. 164, Taf. 4, Fig. 16, Taf. 15, Fig. 14
- 1994 *R. fusiformis* (WILLIAMSON) -- JONES, S. 37, Taf. 30, Fig. 7-11
- 1998a *R. fusiformis* (WILLIAMSON) -- WOLLENBURG & MACKENSEN, S. 182, Taf. 1, Fig. 12

*Reophax guttifer* BRADY 1899

Taf. 2, Fig. 9

- \* 1899 *R. guttifer* BRADY
- 1960 *R. guttifer* BRADY -- BARKER, Taf. 31, Fig. 10-15
- 1986 *R. guttifer* BRADY -- SCHRÖDER, S. 44, Taf. 15, Fig. 12-13
- 1990 *Hormosinella guttifera* (BRADY) -- CHARNOCK & JONES, S. 164, Taf. 4, Fig. 12, Taf. 15, Fig. 12
- 1992 *Hormosina guttifera* (BRADY) -- TIMM, S. 24, Taf. 2, Fig. 9
- 1992 *R. guttifer* BRADY -- WOLLENBURG, S. 24, Taf. 4, Fig. 7
- 1994 *Hormosinella guttifera* (BRADY) -- JONES, S. 38, Taf. 31, Fig. 10-15
- 1998a *R. guttifer* BRADY -- WOLLENBURG & MACKENSEN, S. 182, Taf. 1, Fig. 8

*Reophax micaceus* EARLAND 1934 Taf. 2, Fig. 13

- \* 1934 *R. micaceus* EARLAND
- 1992 *R. micaceus* EARLAND -- TIMM, S. 33, Taf. 2, Fig. 6
- 1992 *R. micaceus* EARLAND -- WOLLENBURG, S. 25, Taf. 4, Fig. 8

*Reophax nodulosus* BRADY 1879 Taf. 2, Fig. 12

- \* 1879 *R. nodulosus* BRADY
- 1986 *R. nodulosus* BRADY -- SCHRÖDER, S. 45, Taf. 15, Fig. 11
- 1988 *Pseudonodosinella nodulosa* (BRADY) -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 46, Fig. 5-6
- 1994 *R. nodulosus* BRADY -- JONES, S. 38, Taf. 31, Fig. 6-9

*Reophax pilulifer* BRADY 1884 Taf. 2, Fig. 4

- \* 1884 *R. pilulifer* BRADY
- 1960 *R. pilulifer* BRADY -- BARKER, Taf. 30, Fig. 18-20
- 1986 *R. pilulifer* BRADY -- SCHRÖDER, S. 45, Taf. 15, Fig. 1-5
- 1990 *Hormosina pilulifera* (BRADY) -- CHARNOCK & JONES, S. 162, Taf. 4, Fig. 5, Taf. 15, Fig. 7
- 1990 *R. pilulifer* BRADY -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 6, Fig. 1-2, 4
- 1994 *Hormosina pilulifera* (BRADY) -- JONES, S. 37, Taf. 30, Fig. 18-20

*Reophax scorpiurus* MONTFORT 1808 Taf. 2, Fig. 11

- \* 1808 *R. scorpiurus* MONTFORT
- 1960 *R. scorpiurus* MONTFORT -- BARKER, Taf. 30, Fig. 15-17
- 1986 *R. scorpiurus* MONTFORT -- SCHRÖDER, S. 42, Taf. 14, Fig. 1-5, Taf. 23
- 1992 *R. scorpiurus* MONTFORT -- TIMM, S. 33-34, Taf. 1, Fig. 15
- 1995 *R. scorpiurus* MONTFORT -- WOLLENBURG, S. 35, Taf. 1, Fig. 10

*Reophax spiculifer* BRADY 1884

- \* 1884 *R. spiculifer* BRADY
- 1990 *R. spiculifer* BRADY -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 6, Fig. 7-8
- 1992 *R. spiculifer* BRADY -- TIMM, S. 34, Taf. 2, Fig. 7
- 1994 *R. spiculifer* BRADY -- JONES, S. 38, Taf. 31, Fig. 16-17

*Rhabdammina abyssorum* SARS, in CARPENTER 1869

- \* 1869 *R. abyssorum* SARS, in CARPENTER
- 1986 *R. abyssorum* SARS, in CARPENTER -- SCHRÖDER, S. 30, Taf. 2, Fig. 1a-c
- 1990 *R. abyssorum* SARS, in CARPENTER -- CHARNOCK & JONES, S. 153, Taf. 1, Fig. 23-24, Taf. 13, Fig. 22
- 1994 *R. abyssorum* SARS, in CARPENTER -- JONES, S. 32, Taf. 21, Fig. 1-8; 10-13

*Rhabdammina discreta* BRADY 1879

- \* 1879 *R. discreta* BRADY
- 1986 *R. discreta* BRADY -- SCHRÖDER, S. 31, Taf. 3, Fig. 2
- 1994 *R. discreta* BRADY -- JONES, S. 22, Taf. 22, Fig. 7-10

Für die statistische Bearbeitung werden alle Bruchstücke der Gattungen *Rhabdammina* mit Ausnahme von *Rhabdammina abyssorum* sowie von *Hyperammina*, die nicht eindeutig zugeordnet werden können, sowie *Rhabdammina discreta* und *Rhabdammina linearis* als *Rhabdammina* spp. (Taf. 1, Fig. 3-4) gezählt.

## 5. Taxonomie benthischer Foraminiferen

---

### *Rhabdammina linearis* BRADY 1879

- \* 1879 *R. linearis* BRADY
- 1986 *R. linearis* BRADY -- SCHRÖDER, S. 32, Taf. 2, Fig. 4a-b
- 1992 *R. linearis* BRADY -- TIMM, S. 35-36, Taf. 1, Fig. 6
- 1994 *R. linearis* BRADY -- JONES, S. 32, Taf. 22, Fig. 1-3, 5-6

Siehe auch *Rhabdammina discreta*

### *Rhizammina algaeformis* BRADY 1879

Taf. 1, Fig. 1-2

- \* 1879 *R. algaeformis* BRADY
- 1986 *R. algaeformis* BRADY -- SCHRÖDER, S. 32, Taf. 4, Fig. 1a-h
- 1992 *R. algaeformis* BRADY -- TIMM, S. 36, Taf. 1, Fig. 1
- 1992 *R. algaeformis* BRADY -- WOLLENBURG, S. 12, Taf. 1, Fig. 10-11
- 1994 *R. algaeformis* BRADY -- JONES, S. 36, Taf. 28, Fig. 1-11

### *Saccammina sphaerica* BRADY 1879

- \* 1879 *S. sphaerica* BRADY
- 1986 *S. sphaerica* BRADY -- SCHRÖDER, S. 37, Taf. 10, Fig. 4a, b
- 1988 *S. sphaerica* BRADY -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 23, Fig. 8
- 1990 *S. sphaerica* BRADY -- CHARNOCK & JONES, S. 147, Taf. 1, Fig. 7
- 1994 *S. sphaerica* BRADY -- JONES, S. 31, Taf. 18, Fig. 11-15

### *Saccorhiza ramosa* (BRADY 1879)

Taf. 2, Fig. 2

- \* 1879 *Hyperammina ramosa* BRADY
- 1986 *S. ramosa* (BRADY) -- SCHRÖDER, S.35, Taf. 7, Fig. 1a-d
- 1992 *S. ramosa* (BRADY) -- TIMM, S. 37, Taf. 1, Fig. 7
- 1994 *S. ramosa* (BRADY) -- JONES, S. 33, Taf. 23, Fig. 15-19

### *Sigmoilopsis schlumbergeri* (SILVESTRI 1904)

Taf. 4, Fig. 13

- \* 1904 *Sigmoilina schlumbergeri* SILVESTRI
- 1986 *S. schlumbergeri* (SILVESTRI) -- VAN MORKHOVEN ET AL., S. 57-59, Taf. 18
- 1986 *S. schlumbergeri* (SILVESTRI) -- SCHRÖDER, S. 56, Taf. 21, Fig. 9
- 1994 *S. schlumbergeri* (SILVESTRI) -- JONES, S. 23-24, Taf. 8, Fig. 1-4
- 1995 *S. schlumbergeri* (SILVESTRI) -- SCHMIEDL, Taf. 1, Fig. 11

### *Siphotextularia catenata* (CUSHMAN 1911)

- \* 1911 *Textularia catenata* CUSHMAN
- 1979a *S. catenata* (CUSHMAN) -- CORLISS, S. 5, Taf. 1, Fig. 1-2
- 1995 *S. catenata* (CUSHMAN) -- SCHMIEDL, S. 135, Taf. 1, Fig. 6

### *Sorosphaera consociata* (RHUMBLER 1931)

- \* 1931 *Psammophax consociata* RHUMBLER
- 1986 *S. consociata* (RHUMBLER) -- SCHRÖDER, S. 36, Taf. 10, Fig. 3
- 1992 *S. consociata* (RHUMBLER) -- WOLLENBURG, S. 14, Taf. 2, Fig. 2

*Spirosigmoilina tenuis* (CZJZEK 1848) Taf. 4, Fig. 12

- \* 1848 *Quinqueloculina tenuis* CZJZEK
- 1994 *Spirosigmoilina tenuis* (CZJZEK) -- JONES, S. 26, Taf. 10, Fig. 7-8, 11

*Subreophanus aduncus* (BRADY 1882)

- \* 1882 *Reophax adunca* BRADY
- 1960 *Reophax aduncus* BRADY -- BARKER, Taf. 31, Fig. 23-26
- 1986 *S. aduncus* (BRADY) -- SCHRÖDER, S. 46, Taf. 16, Fig. 6-8
- 1988 *S. aduncus* (BRADY) -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 44, Fig. 17-20
- 1990 *Subreophax adunca* (BRADY) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 6, Fig. 5
- 1992 *Subreophax aduncus* (BRADY) -- WOLLENBURG, S. 26, Taf. 4, Fig. 14
- 1994 *S. aduncus* (BRADY) -- JONES, S. 38, Taf. 31, Fig. 23-26

*Technitella legumen* NORMAN 1878

- \* 1878 *T. legumen* NORMAN
- 1992 *T. legumen* NORMAN -- WOLLENBURG, S. 16, Taf. 2, Fig. 7
- 1994 *T. legumen* NORMAN -- JONES, S. 34, Taf. 25, Fig. 8-10

*Textularia agglutinans* D'ORBIGNY 1839 Taf. 4, Fig. 8

- \* 1839 *T. agglutinans* D'ORBIGNY
- 1994 *T. agglutinans* D'ORBIGNY -- JONES, S. 48, Taf. 43, Fig. 1-3

*Textularia agglutinans* und *Textularia wiesneri* werden für die statistische Auswertung zu *Textularia* spp. zusammengefaßt.

*Textularia wiesneri* EARLAND 1933

- \* 1933 *T. wiesneri* EARLAND
- 1986 *T. wiesneri* EARLAND -- SCHRÖDER, S. 52, Taf. 22, Fig. 15
- 1990 *T. wiesneri* EARLAND -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 5, Fig. 4, 9

Siehe auch *Textularia agglutinans*

*Thurammina papillata* BRADY 1879 Taf. 4, Fig. 14

- \* 1879 *T. papillata* BRADY
- 1986 *T. papillata* BRADY -- SCHRÖDER, S. 38, Taf. 10, Fig. 9a-b
- 1988 *T. papillata* BRADY -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 21, Fig. 22
- 1992 *T. papillata* BRADY -- WOLLENBURG, S. 17-18, Taf. 3, Fig. 1
- 1994 *T. papillata* BRADY -- JONES, Taf. 36, Fig. 7-18

*Tolypammina vagans* (BRADY 1879)

- \* 1879 *Hyperammina vagans* BRADY
- 1988 *T. vagans* (BRADY) -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 37, Fig. 12
- 1992 *T. vagans* (BRADY) -- WOLLENBURG, S. 21, Taf. 4, Fig. 1
- 1994 *T. vagans* (BRADY) -- JONES, S. 33, Taf. 24, Fig. 1-5

5. Taxonomie benthischer Foraminiferen

---

*Trochammina globulosa* CUSHMAN 1920

- \* 1920 *Trochammina globulosa* CUSHMAN
- 1986 *T. globulosa* CUSHMAN -- SCHRÖDER, S. 52, Taf. 19, Fig. 9-11

*Trochammina heronalleni* (MIKHALEVICH 1972)

- \* 1972 *Tritaxis heronalleni* MIKHALEVICH
- 1988 *T. heronalleni* (MIKHALEVICH) -- BRÖNNIMANN & WHITTAKER, S. 28-30, Taf. 11, Fig. A-G

*Trochammina* sp. 3

- 1986 *Trochammina* sp. 3 -- SCHRÖDER, S. 53, Taf. 20, Fig. 1-4

*Trochammina squamata* JONES & PARKER 1860

- \* 1860 *T. squamata* JONES & PARKER
- 1960 *T. squamata* JONES & PARKER -- BARKER, Taf. 41, Fig. 3
- 1986 *T. cf. squamata* JONES & PARKER -- SCHRÖDER, S. 53, Taf. 19, Fig. 12-14

*Trochamminopsis parvus* BRÖNNIMANN & WHITTAKER 1988

- \* 1988 *T. parvus* BRÖNNIMANN & WHITTAKER -- BRÖNNIMANN & WHITTAKER, S. 91-92, Taf. 33, Fig. E-K

*Uzbekistania charoides* (JONES & PARKER 1869) Taf. 1, Fig. 11-12

- \* 1869 *Trochammina squamata* var. *charoides* JONES & PARKER
- 1960 *Glomospira charoides* (JONES & PARKER) -- BARKER, Taf. 38, Fig. 10-16
- 1986 *Glomospira charoides* (JONES & PARKER) -- SCHRÖDER, S. 39, Taf. 11, Fig. 3-4
- 1988 *Repmanina charoides* (JONES & PARKER) -- LOEBLICH & TAPPAN, Taf. 39, Fig. 24-26
- 1990 *U. charoides* (JONES & PARKER) -- CHARNOCK & JONES, S. 158, Taf. 2, Fig. 17-19, Taf. 14, Fig. 13
- 1992 *Glomospira charoides* (JONES & PARKER) -- TIMM, S. 22-23, Taf. 1, Fig. 9
- 1993a *Repmanina charoides* (JONES & PARKER) -- MACKENSEN ET AL., S. 58, Taf. 2, Fig. 3
- 1994 *U. charoides* (JONES & PARKER) -- JONES, S. 43, Taf. 38, Fig. 10-16

*Vanhoeffenella gaussi* RHUMBLER 1905

- \* 1905 *V. gaussi* RHUMBLER
- 1986 *V. gaussi* RHUMBLER -- SCHRÖDER, S. 32, Taf. 3, Fig. 3

Unterordnung: **Miliolina** DELAGE & HÉROUARD 1896

*Pyrgo murrhina* (SCHWAGER, 1866) Taf. 5, Fig. 8

- \* 1866 *Biloculina murrhina* SCHWAGER
- 1986 *P. murrhina* (SCHWAGER) -- VAN MORKHOVEN ET AL., S. 50-52, Taf. 15
- 1994 *P. murrhina* (SCHWAGER) -- JONES, S. 18-19, Taf. 2, Fig. 9
- 1995 *P. murrhina* (SCHWAGER) -- SCHMIEDL, S. 136, Taf. 1, Fig. 15

*Pyrgo williamsoni* (SILVESTRI, 1932) Taf. 5, Fig. 9

- \* 1932 *Biloculina williamsoni* SILVESTRI
- 1998a *P. williamsoni* (SILVESTRI) -- WOLLENBURG, S. 182, Taf. 3, Fig. 1

*Spirophthalmidium acutimargo* (BRADY 1884)

- 1884 *Spiroloculina acutimargo* BRADY
- 1994 *S. acutimargo* (BRADY) -- JONES, S. 26, Taf. 10, Fig. 13

*Triloculina tricarinata* PARKER, JONES & BRADY 1865 Taf. 5, Fig. 10

- \* 1865 *Triloculina tricarinata* PARKER, JONES & BRADY
- 1990 *Triloculina frigida* LAGOE -- MACKENSEN, S. 253, Taf. 2, Fig. 6
- 1994 *T. tricarinata* sensu PARKER, JONES & BRADY -- JONES, S. 20, Taf. 3, Fig. 17

Unterordnung: **Lagenina** DELAGE & HÉROUARD 1896

Die Gattungen *Fissurina*, *Lagenina*, *Lenticulina*, *Parafissurina* und *Oolina* werden in zahlreiche Arten unterteilt. Da die Arten nur in geringen Zahlen in dem Arbeitsgebiet vorkommen werden sie zu den Taxa *Fissurina* spp., *Lagena* spp., *Lenticulina* spp., *Oolina* spp. und *Parafissurina* spp. zusammengefaßt.

Unterordnung: **Robertinina** LOEBLICH & TAPPAN 1984

*Hoeglundia elegans* (D'ORBIGNY 1826) Taf. 5, Fig. 11-12

- \* 1826 *Rotalina (Turbinulina) elegans* D'ORBIGNY
- 1979a *H. elegans* (D'ORBIGNY) -- CORLISS, S. 12, Taf. 5, Fig. 11-13
- 1989 *H. elegans* (D'ORBIGNY) -- VAN LEEUWEN, S. 228, Taf. 12, Fig. 10-12
- 1993a *H. elegans* (D'ORBIGNY) -- MACKENSEN ET AL., S. 58, Taf. 1, Fig. 9-10
- 1994 *H. elegans* (D'ORBIGNY) -- JONES, S. 104-105, Taf. 105, Fig. 3-6

*Robertina chapmani* HERON-ALLEN & EARLAND 1922 Taf. 5, Fig. 13

- \* 1922 *R. chapmani* HERON-ALLEN & EARLAND
- 1931 *R. chapmani* HERON-ALLEN & EARLAND -- Wiesner, S. 124, Taf. 20, Fig. 236 a-c

*Robertinoides brady* (CUSHMAN & PARKER 1936)

- 1938 *Robertina brady* CUSHMAN & PARKER
- 1994 *R. brady* (CUSHMAN & PARKER) -- JONES, S. 55, Taf. 50, Fig. 18

Unterordnung: **Rotaliina** DELAGE & HÉROUARD 1896

*Astrononion echolsi* KENNETT 1967 Taf. 9, Fig. 1

- \* 1967 *A. echolsi* KENNETT
- 1979a *A. echolsi* KENNETT -- CORLISS, S. 8, Taf. 3, Fig. 16-17
- 1995 *A. echolsi* KENNETT -- SCHMIEDL, S. 137, Taf. 6, Fig. 7,8

## 5. Taxonomie benthischer Foraminiferen

---

### *Baggina philippinensis* (CUSHMAN 1912)

- \* 1921 *Pulvinulina philippinensis* CUSHMAN
- 1994 *B. philippinensis* (CUSHMAN) -- JONES, S. 105, Taf. 106, Fig. 7

### *Bolivina robusta* BRADY 1881

- \* 1881 *B. robusta* BRADY
- 1994 *B. robusta* BRADY -- JONES, S. 58, Taf. 53, Fig. 7-9

### *Bolivina thalmani* RENZ 1948

- \* 1948 *Bolivina thalmani* RENZ
- 1978 *Bolivina* cf. *Bolivina thalmani* RENZ -- BOLTOVSKOY, S. 154, Taf. 1, Fig. 24-27

### *Brizalina spathulata* (WILLIAMSON 1858)

- \* 1858 *Textularia variabilis* var. *spathulata* WILLIAMSON
- 1994 *B. spathulata* (WILLIAMSON) -- JONES, S. 57, Taf. 52, Fig. 20-21

### *Bulimina aculeata* D'ORBIGNY 1826

Taf. 6, Fig. 5-6

- \* 1826 *B. aculeata* D'ORBIGNY
- 1986 *B. aculeata* D'ORBIGNY -- VAN MORKHOVEN ET AL., S. 31-32, Taf. 7
- 1989 *B. aculeata* D'ORBIGNY -- VAN LEEUWEN, S. 220, Taf. 7, Fig. 7-9
- 1993a *B. aculeata* D'ORBIGNY -- MACKENSEN ET AL., S. 58, Taf. 1, Fig. 3-4
- 1994 *B. aculeata* D'ORBIGNY -- JONES, S. 56, Taf. 51, Fig. 7-9
- 1995 *B. aculeata* D'ORBIGNY -- SCHMIEDL, S. 138, Taf. 2, Fig. 11

### *Bulimina alazanensis* CUSHMAN 1972

- \* 1972 *B. alazanensis* CUSHMAN
- 1989 *B. rostrata* BRADY -- VAN LEEUWEN, S. 222, Taf. 8, Abb. 1
- 1992 *B. alazanensis* CUSHMAN -- TIMM, S. 45-46, Taf. 5, Fig. 12
- 1995 *B. alazanensis* CUSHMAN -- SCHMIEDL, S. 138, Taf. 2, Fig. 7

### *Bulimina mexicana* (CUSHMAN 1922)

Taf. 6, Fig. 7-8

- \* 1922 *Bulimina inflata* var. *mexicana* CUSHMAN
- 1986 *B. mexicana* (CUSHMAN) -- VAN MORKHOVEN ET AL., S. 59-62, Taf. 19
- 1994 *B. mexicana* (CUSHMAN) -- JONES, S. 56, Taf. 51, Fig. 10-13
- 1997 *B. mexicana* (CUSHMAN) -- SCHMIEDL ET AL., S. 277, Taf. 1, Fig. 12

### *Cassidulina laevigata* D'ORBIGNY 1826

- \*\* 1826 *C. laevigata* D'ORBIGNY
- 1988 *C. laevigata* D'ORBIGNY -- MACKENSEN & HALD, S. 17, Taf. 1, Fig. 1-7

### *Cassidulina neoteretis* SEIDENKRANTZ 1995

Taf. 7, Fig. 4-5

- 1951 *C. teretis* TAPPAN
- 1988 *C. teretis* TAPPAN -- MACKENSEN & HALD, S. 17, Taf. 1, Fig. 8-15
- 1994 *C. teretis* TAPPAN -- JONES, S. 59, Taf. 54, Fig. 1

## 5. Taxonomie benthischer Foraminiferen

- \* 1995 *C. neoteretis* SEIDENKRANTZ -- SEIDENKRANTZ, Taf. 1, Fig. 1-6, 14, Taf. 2, Fig. 1-14, Taf. 3, Fig. 1-8
- 1997 *C. teretis* TAPPAN -- SCHMIEDL ET AL., S. 277, Taf. 1, Fig. 13-14
- 1998a *C. teretis* TAPPAN -- WOLLENBURG & MACKENSEN, S. 177, Taf. 3, Fig. 12-13

Da in dem Untersuchungsgebiet nur wenige *C. laevigata* vorkommen, wurden die beiden Arten *C. laevigata* und *C. neoteretis* zu *C. neoteretis* für die statistische Auswertung zusammengefaßt.

### *Chilostomella oolina* SCHWAGER 1878 Taf. 6, Fig. 11

- \* 1878 *C. oolina* SCHWAGER
- 1994 *C. oolina* SCHWAGER -- JONES, S. 61, Taf. 55, Fig. 12-14, Fig. 17-18

### *Cibicides refulgens* DE MONTFORT 1808

- \* 1808 *C. refulgens* DE MONTFORT
- 1994 *C. refulgens* DE MONTFORT -- JONES, S. 97, Taf. 92, Fig. 7-9

### *Cibicidoides bradyi* (TRAUTH 1918)

- \* 1918 *Truncatulina bradyi* TRAUTH
- 1960 *C. bradyi* (TRAUTH) -- BARKER, Taf. 95, Fig. 5

### *Cibicidoides kullenbergi* (PARKER 1953) Taf. 8, Fig. 7-9

- \* 1953 *Cibicides kullenbergi* PARKER
- 1978 *C. kullenbergi* (PARKER) -- LOHMANN, S. 29, Taf. 2, Fig. 5-7
- 1979a *C. kullenbergi* (PARKER) -- CORLISS, S. 10, Taf. 3, Fig. 4-6
- 1989 *Cibicides kullenbergi* PARKER -- VAN LEEUWEN, S. 223 Taf. 9, Fig. 1-3
- 1997 *C. kullenbergi* (PARKER) -- SCHMIEDL ET AL., S. 277, Taf. 2, Fig. 16-17

### *Cibicidoides robertsonianus* (BRADY 1881) Taf. 8, Fig. 13-15

- \* 1881 *Planorbulina (Truncatulina) robertsonianus* BRADY
- 1986 *C. robertsonianus* (BRADY) -- VAN MORKHOVEN ET AL., S. 41-43, Taf. 11
- 1989 *C. cf. robertsonianus* (BRADY) -- VAN LEEUWEN, S. 224, Taf. 9, Fig. 4-6
- 1989 *C. robertsonianus* (BRADY) -- VAN LEEUWEN, S. 224, Taf. 9, Fig. 7-9
- 1994 *C. robertsonianus* (BRADY) -- JONES, S. 99, Taf. 95, Fig. 4

### *Cibicidoides wuellerstorfi* (SCHWAGER 1866) Taf. 8, Fig. 10-12

- \* 1866 *Anomalina wuellerstorfi* SCHWAGER
- 1979a *Planulina wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- CORLISS, S. 7-8, Taf. 2, Fig. 13-16
- 1989 "*Anomalina*" *wuellerstorfi* SCHWAGER -- SEN GUPTA, Taf. 1, Fig. 1-7
- 1989 *Cibicides wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- VAN LEEUWEN, S. 224-225, Taf. 10, Fig. 1-9
- 1993a *C. wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- MACKENSEN ET AL., S. 58, Taf. 2, Fig. 4-5
- 1994 *C. wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- JONES, S. 98, Taf. 93, Fig. 8-9
- 1995 *Fontbotia wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- SCHMIEDL, S. 141, Taf. 4, Fig. 7-9
- 1998a *Fontbotia wuellerstorfi* (SCHWAGER) -- WOLLENBURG & MACKENSEN, S. 177, Taf. 4, Fig. 15; Taf. 5, Fig. 1-2

### *Discorbinella bertheloti* (D'ORBIGNY 1839)

- \* 1839 *Rosalina bertheloti* D'ORBIGNY

## 5. Taxonomie benthischer Foraminiferen

---

- 1992 *D. berthelothi* (DORBIGNY) -- WOLLENBURG, S. 62-63, Taf. 17, Fig. 5-6  
1994 *D. berthelothi* (D'ORBIGNY) -- JONES, S. 95, Taf. 89, Fig. 10-12

### *Epistominella exigua* (BRADY 1884)

Taf. 7, Fig. 8-10

- \* 1884 *Pulvinulina exigua* BRADY  
1960 *E. exigua* (BRADY) -- BARKER, Taf. 103, Fig. 13-14  
1979a *E. exigua* (BRADY) -- CORLISS, S. 7, Taf. 2, Fig. 7-9  
1990 *E. exigua* (BRADY) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 7, Fig. 1-2  
1992 *E. exigua* (BRADY) -- WOLLENBURG, S. 62, Taf. 19, Fig. 1  
1994 *Alabaminoides exiguus* (BRADY) -- JONES, S. 103, Taf. 103, Fig. 13-14  
1997 *E. exigua* (BRADY) -- SCHMIEDL ET AL., S. 277, Taf. 2, Fig. 7-9

### *Eponides pusillus* PARR 1950

- \* 1950 *E. pusillus* PARR  
1989 *Nuttallides pusillus pusillus* (PARR) -- VAN LEEUWEN, S. 230, Taf. 14, Fig. 10-12  
1992 *Epistominella pusilla* (PARR) -- TIMM, S. 54-55, Taf. 7, Fig. 9

### *Fursenkoina earlandi* (PARR 1950)

Taf. 6, Fig. 1-2

- \* 1950 *Bolivina earlandi* PARR  
1993a *F. earlandi* (PARR) -- MACKENSEN ET AL., S. 58, Taf. 3, Fig. 1-3

### *Gavellinopsis translucens* (PHLEGER & PARKER 1951)

Taf. 7, Fig. 6-7

- \* 1951 "*Rotalia*" *translucens* PHLEGER & PARKER  
1992 *G. translucens* (PHLEGER & PARKER) -- TIMM, S. 56-57, Taf. 7, Fig. 12  
1995 *G. translucens* (PHLEGER & PARKER) -- SCHMIEDL, S. 142, Taf. 6, Fig. 17-18

### *Globocassidulina crassa* (D'ORBIGNY 1839)

- \* 1839 *Cassidulina crassa* D'ORBIGNY  
1993a *G. crassa* (D'ORBIGNY) -- MACKENSEN ET AL., S. 58, Taf. 2, Fig. 6

Da *G. crassa* schwer von der größeren, flacheren *G. rossensis* zu unterscheiden ist, wurden *G. crassa* und *G. rossensis* als *C. rossensis* zusammengefaßt (MACKENSEN ET AL. 1993a).

### *Globocassidulina rossensis* KENNETT 1967

Taf. 7, Fig. 3

- \* 1967 *Globocassidulina crassa* (D'ORBIGNY) var. *rossensis* KENNETT  
1993a *G. rossensis* KENNETT -- MACKENSEN ET AL., S. 58, Taf. 2, Fig. 7-8

Siehe auch *Globocassidulina crassa*

### *Globocassidulina subglobosa* (BRADY 1881)

Taf. 7, Fig. 2

- \* 1881 *Cassidulina subglobosa* BRADY  
1979a *G. subglobosa* (BRADY) -- CORLISS, S. 8, Taf. 3, Fig. 12-13  
1993a *G. subglobosa* (BRADY) -- MACKENSEN ET AL., S. 58, Taf. 2, Fig. 9  
1994 *G. subglobosa* (BRADY) -- JONES, S. 60, Taf. 52, Fig. 17  
1997 *G. subglobosa* (BRADY) -- SCHMIEDL ET AL., S. 277, Taf. 2, Fig. 18

*Gyroidinoides lamarkiana* (D'ORBIGNY 1839)

- \* 1839 *Rotalina lamarkiana* D'ORBIGNY
- *G. lamarkiana* (D'ORBIGNY) -- PHLEGER ET AL., Taf. 8, Fig. 35-36

*Gyroidinoides polius* (PHLEGER & PARKER 1951) Taf. 8, Fig. 4-6

- \* 1951 *Eponides polius* PHLEGER & PARKER
- 1989 *Gyroidinoides polia* (PHLEGER & PARKER) -- VAN LEEUWEN, S. 227, Taf. 12, Fig. 10-12
- 1995 *G. polius* (PHLEGER & PARKER) -- SCHMIEDL, S. 142, Taf. 4, Fig. 14-16

*Gyroidinoides soldanii* (D'ORBIGNY 1826)

- \* 1826 *Gyroidina soldanii* D'ORBIGNY
- 1979a *G. soldanii* (D'ORBIGNY) -- CORLISS, S. 9, Taf. 5, Fig. 4-6
- 1994 *G. soldanii* (D'ORBIGNY) -- JONES, S. 106, Taf. 107, Fig. 6-7
- 1995 *G. soldanii* (D'ORBIGNY) -- SCHMIEDL, S. 143, Taf. 4, Fig. 10-13

*Gyroidinoides umbonatus* (SILVESTRI 1898) Taf. 8, Fig. 1-3

- \* 1989 *Rotalia soldanii* D'ORBIGNY var. *umbonata* SILVESTRI
- 1995 *G. umbonatus* (SILVESTRI) -- SCHMIEDL, S. 143, Taf. 4, Fig. 17,18

*Ioanella tumidula* (BRADY 1884)

- \* 1884 *Truncatulina tumidula* BRADY
- 1994 *I. tumidula* (BRADY) -- JONES, S. 99, Taf. 95, Fig. 8
- 1998a *I. tumidula* (BRADY) -- WOLLENBURG & MACKENSEN, S. 177, Taf. 5, Fig. 3-5

*Melonis barleeenum* (WILLIAMSON 1858) Taf. 9, Fig. 7-8

- \* 1858 *Nonionina barleeenum* WILLIAMSON
- 1979a *M. barleeenum* (WILLIAMSON) -- CORLISS, S. 10-12, Taf. 5, Fig. 7-8
- 1989 *M. barleeenum* (WILLIAMSON) -- CARALP, Taf. 1-3
- 1989 *M. barleeenum* (WILLIAMSON) -- VAN LEEUWEN, S. 228, Taf. 13, Fig. 1-2
- 1997 *M. barleeenum* (WILLIAMSON) -- SCHMIEDL ET AL., S. 277, Taf. 2, Fig. 10-11

*Melonis pompilioides* (FICHTEL & MOLL 1798) Taf. 9, Fig. 5-6

- \* 1798 *Nautilus pompilioides* FICHTEL & MOLL
- 1979a *M. pompilioides* (FICHTEL & MOLL) -- CORLISS, S. 12, Taf. 5, Fig. 9-10
- 1986 *M. pompilioides* (FICHTEL & MOLL) -- VAN MORKHOVEN ET AL., S. 72-74, Taf. 23 Fig. A, Taf. 23 Fig. C-E
- 1993a *M. pompilioides* (FICHTEL & MOLL) -- MACKENSEN ET AL., S. 58, Taf. 3, Fig. 6-7
- 1994 *M. pompilioides* (FICHTEL & MOLL) -- JONES, S. 108, Taf. 109, Fig. 10-12
- 1997 *M. pompilioides* (FICHTEL & MOLL) -- SCHMIEDL ET AL., S. 1277, Taf. 2, Fig. 14-15

*Melonis zaandamae* (VAN VOORTHUYSEN 1952) Taf. 9, Fig. 2-4

- \* 1952 *Anomalinoidea barleeenum* (WILLIAMSON) var. *zaandamae* VAN VOORTHUYSEN
- 1989 *M. sphaeroides* VOLOSHINOVA -- VAN LEEUWEN, S.229, Taf. 13, Fig. 5-8
- 1993a *M. zaandamae* (VAN VOORTHUYSEN) -- MACKENSEN ET AL., S. 58, Taf. 3, Fig.4-5
- 1997 *M. zaandamae* (VAN VOORTHUYSEN) -- SCHMIEDL ET AL., S. 277, Taf. 2, Fig. 12-13
- 1998a *M. zaandami* (VAN VOORTHUYSEN) -- WOLLENBURG & MACKENSEN, S. 182, Taf. 5, Fig. 11-12

## 5. Taxonomie benthischer Foraminiferen

---

### *Nonionella bradlii* (CHAPMAN 1917)

- \* 1917 *Nonion scapha* var. *bradlii* CHAPMAN
- 1994 *N. bradlii* (CHAPMAN) -- JONES, S. 108, Taf. 109, Fig. 16

### *Nonionella iridea* HERON-ALLEN & EARLAND, 1932                      Taf. 7, Fig. 1

- \* 1932 *N. iridea* HERON-ALLEN & EARLAND
- 1971 *N. iridea* HERON-ALLEN & EARLAND -- ECHOLS, Taf. 13, Fig. 4
- 1990 *N. iridea* HERON-ALLEN & EARLAND -- MACKENSEN, S. 252, Taf. 1, Fig. 7-9
- 1992 *N. iridea* HERON-ALLEN & EARLAND -- WOLLENBURG, S. 65, Taf. 19, Fig. 7-8, Taf. 20, Fig. 1
- 1995 *N. iridea* HERON-ALLEN & EARLAND -- SCHMIEDL, S. 144, Taf. 3, Fig. 15-16

### *Nuttallides umbonifer* (CUSHMAN 1933)                                      Taf. 7, Fig. 14-16

- \* 1933 *Pulvinulinella umbonifera* CUSHMAN
- 1960 *Eponides bradyi* EARLAND -- BARKER, Taf. 95, Fig. 9-10
- 1989 *N. umbonifer* (CUSHMAN) -- VAN LEEUWEN, S. 130-132, Taf. 15-16
- 1993a *N. umbonifer* (CUSHMAN) -- MACKENSEN ET AL., S. 58, Taf. 2, Fig. 1-2
- 1994 *Osangulariella umbonifera* (CUSHMAN) -- JONES, S. 99, Taf. 95, Fig. 9-10
- 1997 *N. umbonifer* (CUSHMAN) -- SCHMIEDL ET AL., S. 277, Taf. 2, Fig. 1-3

### *Oridorsalis umbonatus* (REUSS 1851)                                      Taf. 7, Fig. 11-13

- \* 1851 *Rotalina umbonata* REUSS
- 1960 *Eponides* (?) *tenera* (BRADY) -- BARKER, Taf. 95, Fig. 11
- 1990 *O. umbonatus* (REUSS) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 7, Fig. 4-6
- 1994 *O. umbonatus* (REUSS) -- JONES, S. 99, Taf. 95, Fig. 11
- 1995 *O. umbonatus* (REUSS) -- SCHMIEDL, Taf. 5, S. 144, Fig. 13-18

### *Osangularia culter* (PARKER & JONES 1865)

- \* 1865 *Planorbulina culter* PARKER & JONES
- 1989 *O. culter* (PARKER & JONES) -- VAN LEEUWEN, S. 233, Taf. 19, Fig. 1-3
- 1997 *O. culter* (PARKER & JONES) -- SCHMIEDL ET AL., S. 277, Taf. 2, Fig. 4-6

### *Pullenia bulloides* (D'ORBIGNY 1846)                                      Taf. 9, Fig. 9-10

- \* 1846 *Nonionina bulloides* D'ORBIGNY
- 1979a *P. bulloides* (D'ORBIGNY) -- CORLISS, S. 8, Taf. 4, Fig. 1-2
- 1993a *P. bulloides* (D'ORBIGNY) -- MACKENSEN ET AL., S. 68, Taf. 3, Fig. 10-11
- 1994 *P. bulloides* (D'ORBIGNY) -- JONES, S. 92, Taf. 84, Fig. 12-13
- 1995 *P. bulloides* (D'ORBIGNY) -- SCHMIEDL, S. 145, Taf. 6, Fig. 3-4
- 1998a *P. bulloides* (D'ORBIGNY) -- WOLLENBURG & MACKENSEN, S. 182, Taf. 5, Fig. 9-10

### *Pullenia salisburyi* STEWART & STEWART 1930                              Taf. 9, Fig. 11-12

- \* 1930 *P. salisburyi* STEWART & STEWART
- 1979a *P. simplex* RHUMBLER -- CORLISS, S. 9, Taf. 4, Fig. 5-6
- 1993a *P. simplex* RHUMBLER -- MACKENSEN ET AL., S. 68, Taf. 3, Fig. 12-13
- 1995 *P. salisburyi* STEWART & STEWART -- SCHMIEDL, S. 145, Taf. 6, Fig. 1-2

*Pullenia subcarinata* (D'ORBIGNY 1839) Taf. 9, Fig. 13-16

- \* 1839 *Nonionina subcarinata* D'ORBIGNY
- 1993a *P. subcarinata* (D'ORBIGNY) -- MACKENSEN ET AL., S. 68, Taf. 3, Fig. 8-9
- 1995 *P. subcarinata* (D'ORBIGNY) -- SCHMIEDL, S. 145, Taf. 6, Fig. 5-6

*Sphaeroidina bulloides* DESHAYES 1832 Taf. 6, Fig. 12

- \* 1832 *S. bulloides* DESHAYES
- 1986 *S. bulloides* DESHAYES -- VAN MORKHOVEN ET AL., S. 80-83, Taf. 24
- 1994 *S. bulloides* DESHAYES -- JONES, S. 91, Taf. 84, Fig. 1-5, ?6-7

*Trifarina angulosa* (WILLIAMSON 1858) Taf. 6, Fig. 9-10

- \* 1858 *Uvigerina angulosa* WILLIAMSON
- 1960 *Angulogerina angulosa* (WILLIAMSON) -- BARKER, Taf. 74, Fig. 15-16
- 1990 *T. angulosa* (WILLIAMSON) -- MACKENSEN ET AL., S. 252, Taf. 1, Fig. 1-3
- 1993a *Angulogerina angulosa* (WILLIAMSON) -- MACKENSEN ET AL., S. 58, Taf. 1, Fig. 1-2
- 1994 *T. angulosa* (WILLIAMSON) -- JONES, S. 86, Taf. 74, Fig. 15-16

*Uvigerina auberiana* D'ORBIGNY 1839

- \* 1839 *U. auberiana* D'ORBIGNY
- 1995 *U. auberiana* D'ORBIGNY -- SCHMIEDL, S. 145-146, Taf. 3, Fig. 4

*Uvigerina hispida* SCHWAGER 1866

- \* 1866 *U. hispida* SCHWAGER
- 1986 *U. hispida* SCHWAGER -- VAN MORKHOVEN, S. 62-64, Taf. 20
- 1989 *U. hispida* SCHWAGER -- VAN LEEUWEN, S. 235, Taf. 19, Fig. 8
- 1995 *U. hispida* SCHWAGER -- SCHMIEDL, S. 146, Taf. 3, Fig. 3

*Uvigerina peregrina* s.l. CUSHMAN 1932 Taf. 6, Fig. 4

- \* 1932 *U. peregrina* CUSHMAN
- 1978 *U. peregrina* CUSHMAN -- LOHMANN, S. 26, Taf. 4, Fig. 14-15
- 1986 *U. peregrina* CUSHMAN -- LUTZE, S. 32, Taf. 1, Fig. 1-6
- 1989 *U. peregrina* CUSHMAN -- VAN LEEUWEN, S. 235, Taf. 19, Fig. 4-7
- 1997 *U. peregrina* CUSHMAN -- SCHMIEDL ET AL., S. 277, Taf. 1, Fig. 6-7

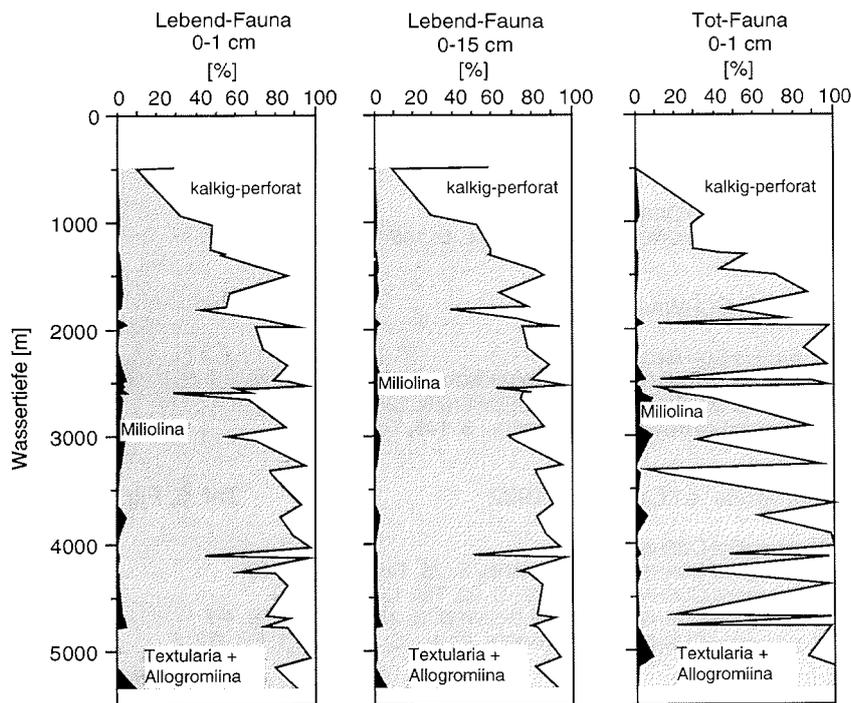
*Uvigerina probiscidea* SCHWAGER 1866 Taf. 6, Fig. 3

- \* 1866 *U. probiscidea* SCHWAGER
- 1986 *U. probiscidea* SCHWAGER -- VAN MORKHOVEN, S. 28-30, Taf. 6
- 1995 *U. probiscidea* SCHWAGER -- SCHMIEDL, S. 146, Taf. 3, Fig. 5

## 6. Benthische Foraminiferenfaunen

### 6.1. Unterordnungen

Die Foraminiferenfaunen werden zur Erkennung faunistischer Trends in die drei Großgruppen "agglutinierende Foraminiferen", "kalkig-perforate Foraminiferen" und *Milliolina* gegliedert. Die Unterordnungen *Textulariina* und *Allogromiina*, zusammengefaßt als "agglutinierende Foraminiferen", bilden zusammen mit den "kalkig-perforaten Foraminiferen" (*Rotaliina*, *Lagenina*, *Robertinina* und *Spirillina*) den größten Anteil an den Faunen. Die *Milliolina* sind nur mit geringen Anteilen (bis max. 10 %) vertreten. Die Verteilung der Großgruppen in den Lebend-Faunen der Sedimentoberfläche, in den Lebend-Faunen bis in 11 cm Sedimenttiefe (=Gesamt-Faunen) und in den Tot-Faunen der Sedimentoberfläche jeweils in Abhängigkeit von der Wassertiefe gibt Abb. 6.1 wieder.

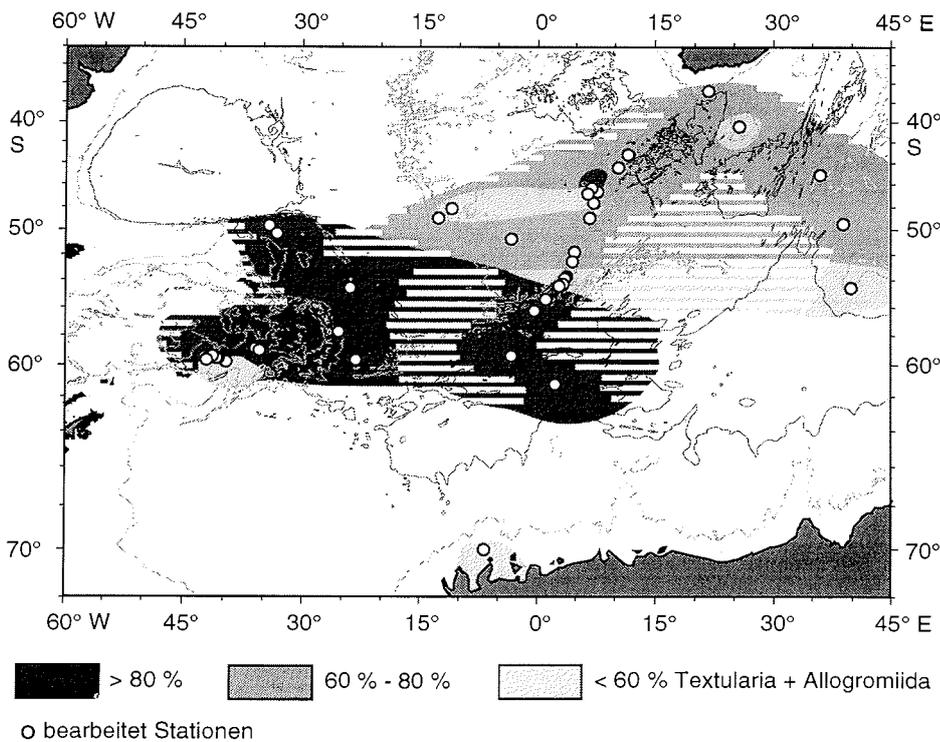


**Abb. 6.1:** Anteile der drei Großgruppen „agglutinierende Foraminiferen“ „kalkig-perforate Foraminiferen“ und *Milliolina* der bearbeiteten Lebend- und Tot-Faunen.

Mit zunehmender Wassertiefe nehmen in den lebenden Faunen agglutinierende Foraminiferen zu. Die Lebend-Faunen der Sedimentoberfläche werden bis 1500 m Wassertiefe von kalkig-perforaten Foraminiferen geprägt. Ab 1500 m Wassertiefe werden die Lebend-Faunen von agglutinierenden Foraminiferen mit Anteilen zwischen 60 bis 100 % dominiert. Die Anteile der agglutinierenden Foraminiferen an den Gesamt-Faunen liegen jeweils ca. 10 % höher als bei den Lebend-Faunen der Sedimentoberfläche. Die Verteilung der Großgruppen der Tot-Faunen

zeichnet die Trends der Lebend-Faunen nicht eindeutig nach. Die Thanatozönosen zeigen in Wassertiefen flacher als 1500 m geringe Anteile an agglutinierenden Foraminiferen in den Faunen (0 bis 40 %). In den größeren Wassertiefen variieren die Anteile agglutinierender Foraminiferen mit 10 bis 100 % an den Faunen sehr stark.

Die Großgruppen zeigen neben der Abhängigkeit von der Wassertiefe auch ein geographisch-räumliches Verbreitungsmuster (Abb. 6.2). Im Scotia-Meer und im östlichen Südatlantik südlich von 54°S werden die Faunen von 80 bis 100 % agglutinierenden Foraminiferen geprägt. Im östlichen Südatlantik nehmen die agglutinierenden Foraminiferen nach Norden hin ab. Im Angola-Becken ist für die untersuchten Stationen das Verhältnis von agglutinierenden zu kalkig-perforaten Foraminiferen ausgeglichen. Die Gesamt-Faunen enthalten im westlichen Südatlantik und im Bereich südlich von 54°S ebenfalls über 80 % agglutinierende Foraminiferen. Die Faunen des östlichen Südatlantiks und des ostantarktischen Kontinentalhangs sind von einem agglutinierenden Foraminiferenanteil zwischen 60 und 80 % geprägt. Daneben kommen auch geringere Anteile agglutinierender Foraminiferen um Bouvet vor. Im Angola-Becken zeigen die untersuchten Faunen ein Verhältnis von agglutinierenden Foraminiferen zu kalkigen Foraminiferen von ca. 60 zu 40 %.

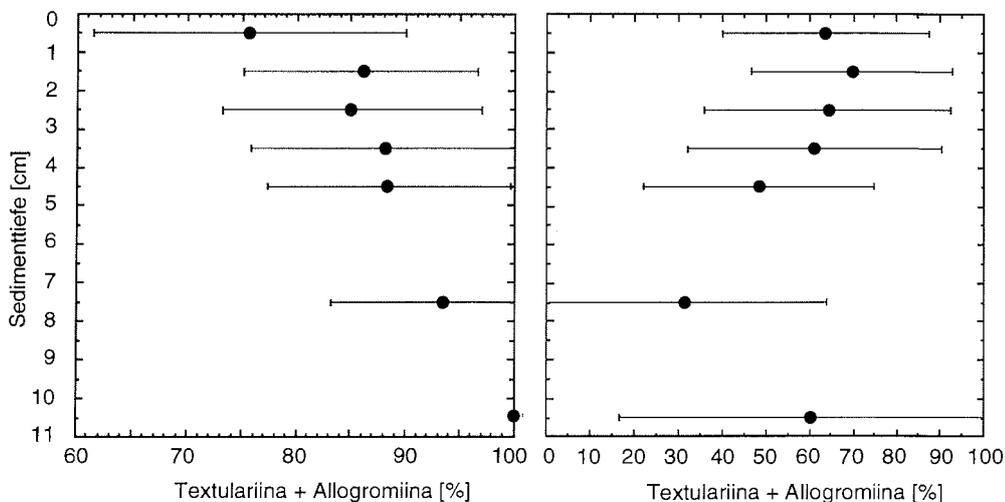


**Abb. 6.2:** Geographische Verbreitung agglutinierender Foraminiferen in prozentualen Anteilen (%).

## 6. Benthische Foraminiferenfaunen

Auch die Tot-Faunen der Sedimentoberfläche zeigen eine ähnliche geographische Verbreitung der Anteile der Großgruppen an der Fauna. Anteile agglutinierende Foraminiferen von über 80 % kommen im westlichen Südatlantik sowie südlich von 54°S vor. Im Norden dominieren kalkig-perforate Faunen. Um Bouvet sind die Anteile an kalkigen Foraminiferen mit bis zu 80 % sehr hoch. Die Tot-Faunen des Angola-Beckens zeigen ebenso wie die Lebend-Faunen ein ausgeglichenes Verhältnis von agglutinierenden zu kalkigen Foraminiferen.

Lebende benthische Foraminiferen werden im südlichen Südatlantik bis in 11 cm Sedimenttiefe gefunden. Das untersuchte Sediment im Angola-Becken wird bis in 5 cm Tiefe von benthischen Foraminiferen besiedelt. Die Verbreitung der Großgruppen im Sediment lassen zwei unterschiedliche Verbreitungsmuster erkennen. Das eine Muster zeigt einen hohen Anteil an agglutinierenden Foraminiferen im ersten Zentimeter des Sediments (Abb. 6.3). Mit zunehmender Sedimenttiefe nehmen die Anteile an agglutinierenden Foraminiferen an den Faunen zu, bis bei 10 bis 11 cm die Lebend-Fauna nur noch aus agglutinierenden Foraminiferen gebildet wird. Dieses Verbreitungsmuster charakterisiert an insgesamt 32 Station im südlichen Südatlantik das Sediment. Im Angola-Becken dagegen ist es nur an einer Station vertreten. Das andere Verbreitungsmuster zeigt ein entgegengesetztes Bild (Abb. 6.3). Der Anteil an agglutinierenden Foraminiferen liegt auch hier im ersten Zentimeter des Sediments hoch (ca. 60 %). Mit zunehmender Sedimenttiefe ist nach einem Anstieg im zweiten Sedimentzentimeter eine Abnahme der prozentualen Anteile agglutinierender Foraminiferen an der Fauna zu erkennen. Bei 7 bis 8 cm liegt der Mittelwert bei 30 % agglutinierenden Foraminiferen. Die Faunen können dann wieder bei 10 bis 11 cm Sedimenttiefe von agglutinierenden Foraminiferen dominiert werden. Dieser Verteilungstyp ist an 12 Stationen des südlichen Arbeitsgebietes vertreten; im Angola-Becken dominiert dieses Verbreitungsmuster das untersuchte Sediment.



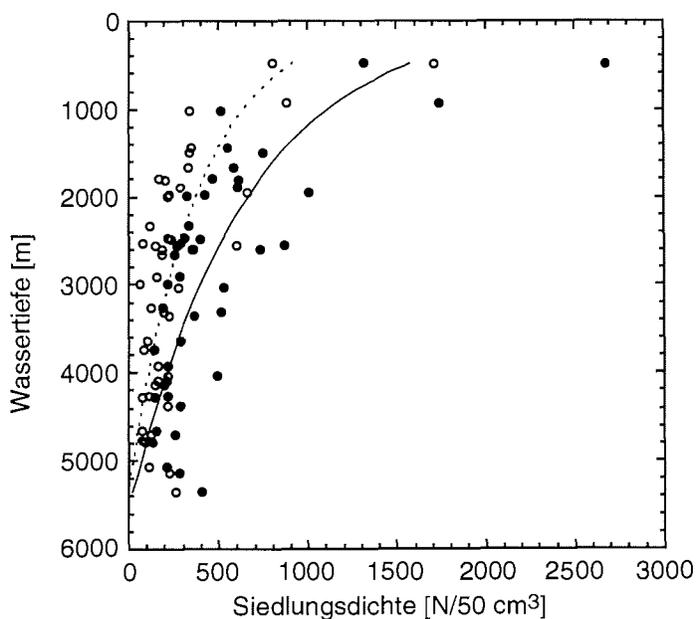
**Abb. 6.3:** Mittelwerte von 33 Stationen (links) bzw. 15 Stationen (rechts) der Textulariina und Allogromiina an der Fauna in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe. Dargestellt sind die berechneten Mittelwerte (arithmetrischer Mittelwert) und die Standardabweichung.

## 6.2. Numerische Faunenparameter

Zur weiteren Charakterisierung der Lebend-Fauna wurden Siedlungsdichten, Diversitäten, Äquitäten, Habitattiefe (SHIRAYAMA 1984) und Durchschnittliche Lebenstiefe (ALD) (JORISSEN ET AL. 1995) für die lebenden Faunen bestimmt. Für die Tot-Fauna wurden die Benthische Foraminiferenzahl und die Benthische-Foraminiferen-Akkumulationsrate sowie die Diversität und die Äquität bestimmt.

### 6.2.1. Siedlungsdichten und Foraminiferenzahl

Die Siedlungsdichten der Sedimentoberfläche schwanken stark. Sie liegen im südlichen Südatlantik zwischen 65 Ind/50 cm<sup>3</sup> und 1710 Ind/50 cm<sup>3</sup> (vergl. auch MACKENSEN ET AL. 1993a, HARLOFF & MACKENSEN 1997). Im Angola-Becken liegen die Siedlungsdichten der Sedimentoberfläche zwischen 30 Ind/50 cm<sup>3</sup> und 195 Ind/50 cm<sup>3</sup>. Eine geographisch-räumliche Abhängigkeit ist im südlichen Untersuchungsgebiet nicht erkennbar. Im Kontrast dazu stehen die relativ niedrigen Siedlungsdichten bei ca. 1300 m Wassertiefe im Angola-Becken. Die Siedlungsdichten der Faunen der Sedimentoberfläche und der Gesamt-Faunen nehmen mit zunehmender Wassertiefe ab (Abb. 6.4).

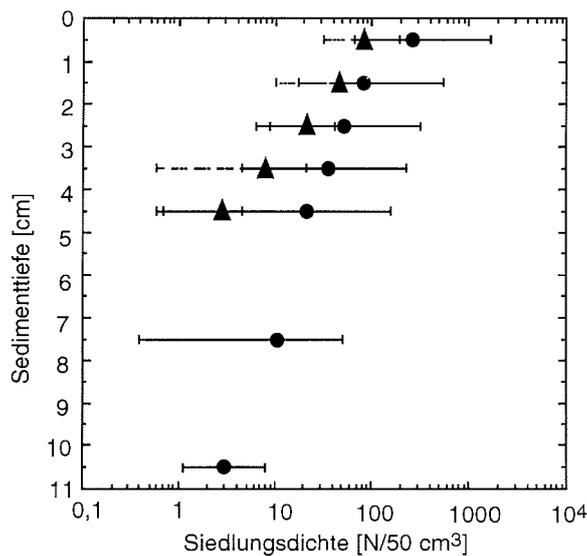


**Abb. 6.4:** Siedlungsdichten der Lebend-Faunen der Sedimentoberfläche (O) und der Gesamt-Fauna (●) in Abhängigkeit von der Wassertiefe für den südlichen Südatlantik.

Die Siedlungsdichten der Sedimentoberfläche in den flacheren Wassertiefen um die Insel Bouvet liegen zwischen 500 Ind/50 cm<sup>3</sup> und 1710 Ind/50 cm<sup>3</sup>. In den Gebieten mit tieferen Wassertiefen z.B. der Enderby-Tiefsee-Ebene liegen die

Siedlungsdichten zwischen 65 Ind/50 cm<sup>3</sup> und 260 Ind/50 cm<sup>3</sup>. Die Siedlungsdichten der Gesamt-Faunen sind jeweils deutlich höher, im Durchschnitt um den Faktor zwei, als die Siedlungsdichten der Fauna der Sedimentoberfläche. Um Bouvet betragen die Siedlungsdichten der Gesamt-Faunen ca. 1000 Ind/50 cm<sup>3</sup> bis 2680 Ind/50 cm<sup>3</sup>. Die Siedlungsdichten der Gesamt-Faunen in den Tiefseebereichen liegen zwischen ca. 150 Ind/50 cm<sup>3</sup> und 450 Ind/50 cm<sup>3</sup>.

Mit zunehmender Sedimenttiefe nehmen die Siedlungsdichten logarithmisch ab (Abb. 6.5). In 10-11 cm Sedimenttiefe liegt die Siedlungsdichte im südlichen Südatlantik bei 1 bis maximal 8 Ind/50 cm<sup>3</sup>. Die mittleren Siedlungsdichten des Angola-Beckens liegen niedriger. Auch hier nehmen die Siedlungsdichten bis in 5 cm Sedimenttiefe logarithmisch ab (Abb. 6.5). Der Mittelwert der Siedlungsdichte in 5 cm Sedimenttiefe beträgt 2 Ind/50 cm<sup>3</sup>.



**Abb. 6.5:** Mittelwerte aller Siedlungsdichten in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe. Dargestellt sind die berechneten Mittelwerte (arithmetisches Mittel) sowie Minima und Maxima der Zählergebnisse. Die Siedlungsdichten für den südlichen Südatlantik (●) mit 44 Stationen sind getrennt von den Siedlungsdichten des Angola-Beckens (▲) mit 4 Stationen dargestellt.

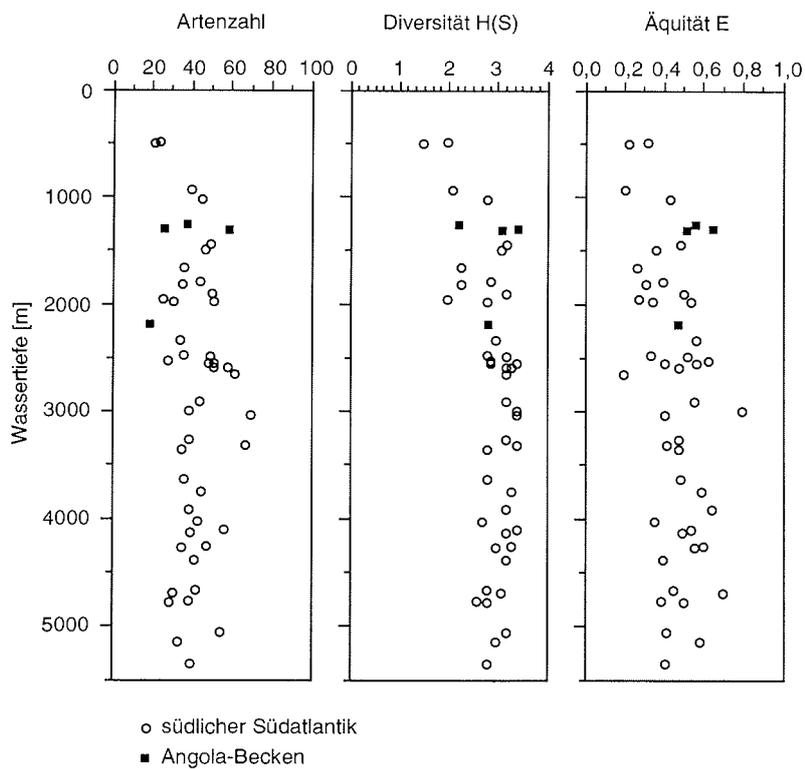
Die benthischen Foraminiferenzahlen der Sedimentoberfläche bezogen auf das Naßvolumen liegen zwischen 55 und 20955 Ind/50 cm<sup>3</sup>. Eine Abhängigkeit der Foraminiferenzahlen von der Wassertiefe besteht im Gegensatz zu den Siedlungsdichten nicht.

In den untersuchten Sedimenten des südlichen Südatlantiks leben 30 bis 70 % der Gesamt-Fauna auf und im ersten Zentimeter des Sediments. CORLISS & EMERSON (1990) dagegen gehen davon aus, daß 70 % der Fauna das Oberflächensediment besiedeln. Der Anteil der Fauna im Sediment zeigt keine

Abhängigkeit von der Wassertiefe. Im Gegensatz zu WOLLENBURG & MACKENSEN (1998b) kann auch keine Abhängigkeit der prozentualen Anteile der Infauna von der Primärproduktion des Oberflächenwassers bzw. von dem organischen Material im Sediment erkannt werden.

### 6.2.2. Diversität, Äquität, Artenzahl

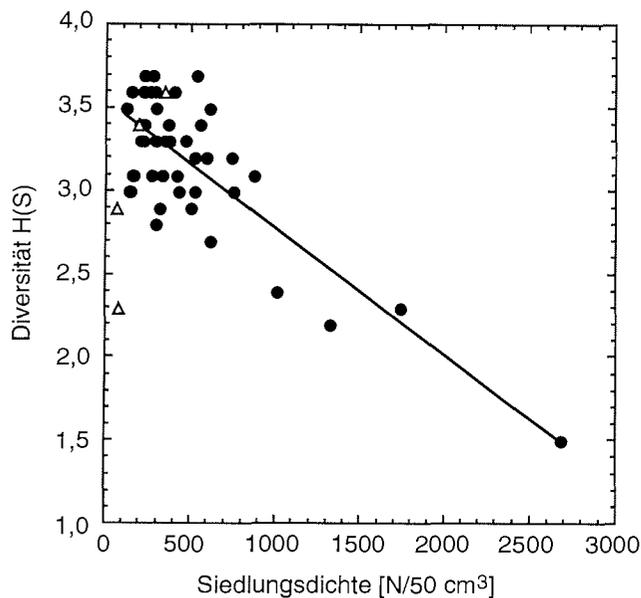
Die Artenzahlen schwanken im Untersuchungsgebiet stark (Abb. 6.6). Die Artenzahlen für die Lebend-Faunen der Sedimentoberfläche liegen zwischen 19 und 70 Arten, für die Gesamt-Faunen zwischen 28 und 100 Arten.



**Abb. 6.6:** Artenzahl, Diversität H(S) und Äquität E der Lebend-Faunen der Sedimentoberfläche in Abhängigkeit von der Wassertiefe.

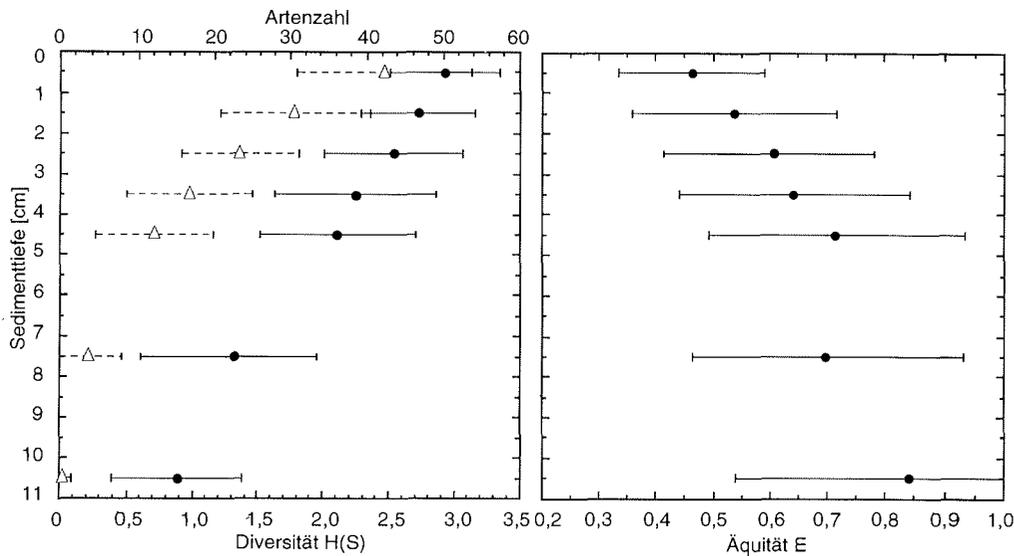
Die Diversitäten wurden für die Lebend-Faunen der Sedimentoberfläche und für die Gesamt-Faunen nach dem Shannon-Wiener-Index (siehe Kap. 4.4) berechnet. Die berechneten Werte H(S) liegen zwischen 1,5 und 3,4 für die Lebend-Faunen der Sedimentoberfläche. Die Diversitäten der Gesamt-Faunen liegen durchschnittlich um den Betrag 0,3 höher als die der Lebend-Faunen der Sedimentoberfläche. Die Diversitäten der Tot-Faunen der Sedimentoberfläche liegen zwischen 0,6 und 3,8. Artenzahlen und Diversitäten tendieren in den Wassertiefen flacher als 1200 m zu niedrigeren Werten als in größeren

Wassertiefen (Abb. 6.6). Bei hohen Siedlungsdichten über 500 Ind/10 cm<sup>3</sup> sind die Diversitäten niedrig (Abb. 6.7).



**Abb. 6.7:** Abhängigkeit der Diversitäten von den Siedlungsdichten der Gesamt-Faunen für den südlichen Südatlantik (●) und das Angola-Becken (Δ).

Die Äquität liegt in den Lebend-Faunen der Sedimentoberfläche zwischen 0,21 und 0,8, in den Gesamt-Faunen bei 0,13 bis 0,83 und in den Tot-Faunen zwischen 0,2 und 0,7. Sie zeigen einen gegenläufigen Trend zu den Diversitäten. Artenzahlen und Diversitäten nehmen mit zunehmender Sedimenttiefe ab (Abb. 6.8). In 11 cm Sedimenttiefe wurden zwischen 1 und 5 Arten gezählt. Die Werte der Diversitäten im Sediment liegen bei 0 bis 1,6. Die Äquitäten verlaufen gegenläufig (Abb. 6.8). Sie nehmen mit zunehmender Sedimenttiefe zu. Der Mittelwert an der Sedimentoberfläche beträgt 0,46 und erreicht bei 10 bis 11 cm Sedimenttiefe einen Mittelwert von 0,84.



**Abb. 6.8:** Berechnete Mittelwerte (arithmetisches Mittel) mit Standardabweichungen der Artenzahlen, Diversitäten und Äquitäten in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe. Links: Artenzahlen (Δ), Diversität (●), rechts: Äquität.

### 6.2.3. Habitattiefe und Durchschnittliche Lebenstiefe (ALD)

Als Habitattiefe wird die Sedimenttiefe angesehen, oberhalb der 95 % der lebenden Fauna vorkommt (SHIRAYANA 1984). Im südlichen Arbeitsgebiet liegen die Habitattiefen zwischen 2,5 und 7,5 cm. Der größte Teil der Stationen zeigt eine Habitattiefe von 3,5 cm. Die ALD ist ebenso eine Einheit zur Charakterisierung der Lebenstiefe im Sediment (JORISSEN ET AL. 1995). Da die Individuenzahlen mit dem Teufenintervall multipliziert werden, wird bei der ALD die Infauna stärker berücksichtigt. Die ALD liegt im südlichen Südatlantik zwischen 0,8 cm und 2,4 cm. Werte geringer als 1 cm kommen selten vor, sie charakterisieren eine epifaunal geprägte Fauna. Viele Stationen sind stärker von einer Infauna geprägt und zeigen Werte zwischen 1,0 und 1,5 cm. Im westlichen Südatlantik ist die ALD häufig größer als 1,5 cm. Diese Stationen haben eine deutlich ausgeprägte Infauna.

### 6.3. Lebenstiefen einzelner Arten

Das Mikrohabitat einer Art hängt von Umweltparametern wie Sauerstoffgehalt des Bodenwassers und Porenwassers sowie Nährstoffangebot ab. Da diese Parameter im Sediment variabel sind, können für einzelne Arten keine gleichbleibenden spezifischen Lebenstiefen angegeben werden. Vielmehr wird in dieser Arbeit versucht, bevorzugte Lebenstiefen für einige Arten zu definieren. Zur Charakterisierung werden die Untergliederungen der Mikrohabitatiefen nach CORLISS (1991) und nach JORISSEN (1999) herangezogen.

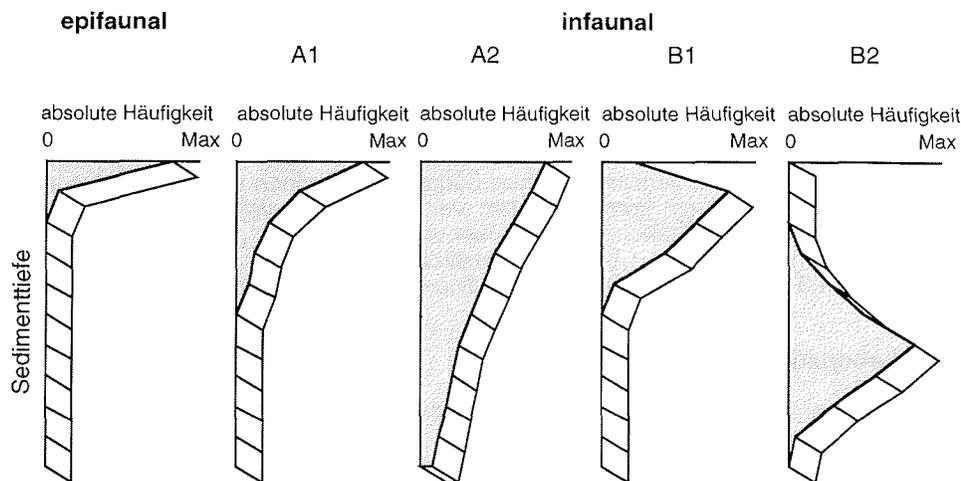
Es werden epifaunale und infaunale Arten unterschieden (CORLISS & CHEN 1988). Epifaunale Arten leben strikt an der Sedimentoberfläche, infaunale Arten leben im

6. Benthische Foraminiferenfaunen

Sediment. Infaunale Mikrohabitate werden weiter untergliedert. So unterscheidet CORLISS (1991) neben der Epifauna eine flache (0-2 cm), intermediäre (1-4 cm) und eine tiefe Infauna (>4 cm). JORISSEN (1999) beschreibt je nach Siedlungsmaximum vier Mikrohabitatstypen. In dieser Arbeit werden insgesamt fünf Mikrohabitatstypen unterschieden (Tab. 6.1, Tab. 6.2, Abb. 6.9).

**Tab. 6.1:** Mikrohabitatstypen dieser Arbeit, aus CORLISS (1991) und aus JORISSEN (1999), S<sub>max</sub> = Siedlungsmaximum der Art

diese Arbeit, südlicher Südatlantik		diese Arbeit, Angola-Becken		CORLISS (1991), Nordwestatlantik		JORISSEN (1999)	
Typ	Vorkommen	Typ	Vorkommen	Typ	Vorkommen	Typ	Vorkommen
Epifauna	0-2 cm, S <sub>max</sub> 0-1	Epifauna	0-2 cm, S <sub>max</sub> 0-1	Epifauna	0-1 cm	Typ A	0-3 cm, S <sub>max</sub> 0-1
Infauna A1	0-5 cm, S <sub>max</sub> 0-1	Infauna A1	0-3 cm, S <sub>max</sub> 0-1	Flache Infauna	0-2 cm	Typ B	0-8 cm, S <sub>max</sub> 0-3
Infauna A2	0-11 cm, S <sub>max</sub> 0-1	Infauna A2	0-5 cm, S <sub>max</sub> 0-1	Intermediäre Infauna	≈1-4 cm	Typ C1	0-8 cm, S <sub>max</sub> 4-6
Infauna B1	0-7 cm, S <sub>max</sub> 1-3			Tiefe Infauna	>4 cm		
Infauna B2	0-11 cm, S <sub>max</sub> 4-8	Infauna B2	0-5 cm, S <sub>max</sub> 3-5				



**Abb. 6.9:** Schema der in dieser Arbeit unterschiedenen Mikrohabitatstypen benthischer Foraminiferen. Exemplarische dargestellt sind absolute Häufigkeiten der Arten in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe.

6. Benthische Foraminiferenfaunen

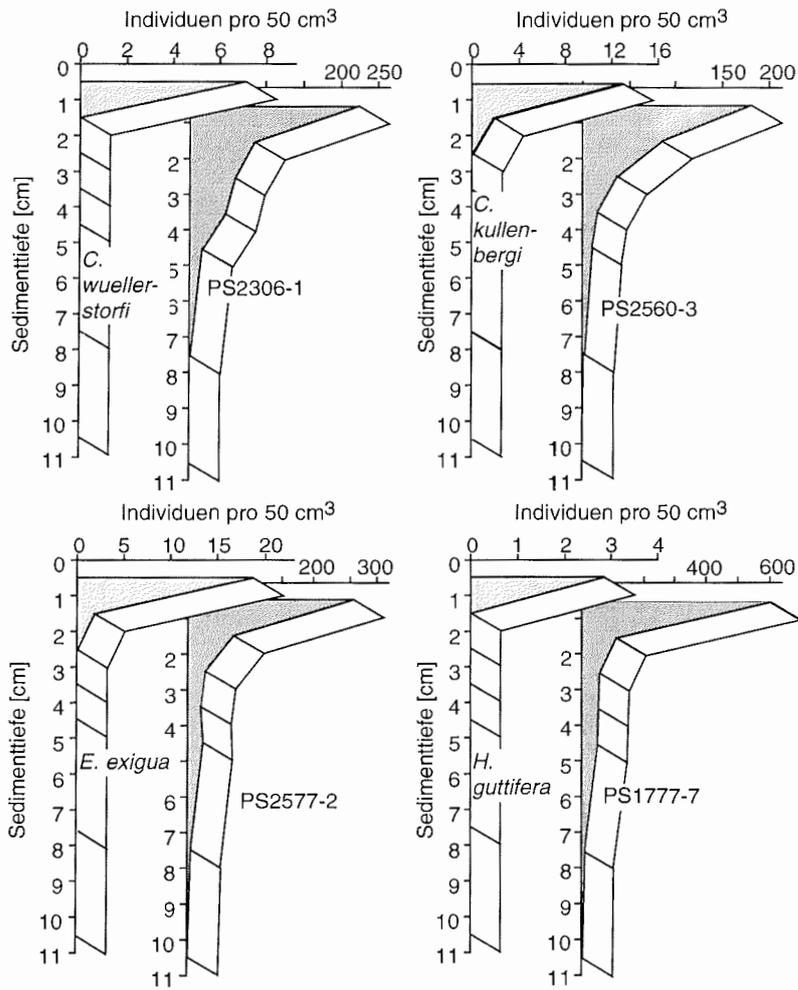
**Tab. 6.2:** Beispiele für Mikrohabitate benthischer Foraminiferen aus dem südlichen Südatlantik. Angegeben ist das Siedlungsmaximum ( $S_{max}$ ) und die maximale Sedimenttiefe, bis in die die Arten vorkommen.

epifaunal	infaunal			
	A 1	A 2	B 1	B 2
$S_{max}$ 0-1 cm bis ~ 2 cm	$S_{max}$ 0-1 cm bis ~ 5 cm	$S_{max}$ 0-1 cm bis ~ 8 cm	$S_{max}$ 1-3 cm	$S_{max}$ 4-8 cm
<i>Hormosinella guttifera</i> <i>Cibicidoides wuellerstorfi</i> <i>Cibicidoides kullenbergi</i> <i>Gyroidinoides soldanii</i> <i>Epistominella exigua</i> <i>Hoeglundia elegans</i> <i>Globocassidulina rossensis</i> <i>Nuttallides umbonifer</i>	<i>Adercotryma glomerata</i> <i>Cribrostomoides scitulum</i> <i>Eggerella bradyi</i> <i>Ammomarginulina foliacea</i> <i>Trifarina angulosa</i> <i>Globocassidulina subglobosus</i> <i>Pullenia bulloides</i> <i>Pullenia salisburyi</i> <i>Melonis pompilioides</i> <i>Uvigerina peregrina</i> <i>Oridorsalis umbonatus</i>	<i>Reophax bilocularis/</i> <i>Lagenammina difflugiformis</i> <i>Reophax scorpiurus</i> <i>Reophax micaceus</i> <i>Rhabdammina</i> spp. <i>Ammobaculites agglutinans</i> <i>Cribrostomoides subglobosus</i> <i>Saccamina sphaerica</i> <i>Paratrochammina challengerii</i>	<i>Cibicidoides robertsonianus</i> <i>Pullenia subcarinata</i> <i>Robertina chapmani</i> <i>Deuterammina grahami</i> <i>Saccorhiza ramosa</i>	<i>Chilostomella oolina</i> <i>Fursenkoina earlandi</i> <i>Melonis zaandamae</i>

Epifauna

Die epifaunale Mikrohabittiefe wird von Arten charakterisiert, deren Siedlungsmaximum auf oder im ersten Zentimeter des Sediments liegt (Abb. 6.10). Bis in 2 cm Sedimenttiefe nimmt die Individuenzahl der Art stark ab. Darunter wird das Sediment von diesen Arten nicht besiedelt. Viele kalkig-perforate Arten sind epifaunal lebend, nur wenig agglutinierende Arten haben ein epifaunales Mikrohabitat. Typische Arten sind hier *Cibicidoides wuellerstorfi* sowie *C. kullenbergi*. Mit zu den epifaunalen Arten gehören auch *Gyroidinoides soldanii*, *Epistominella exigua*, *Hoeglundia elegans*, *Globocassidulina rossensis* und *Nuttallides umbonifer*. Diese Arten kommen zwar vereinzelt auch in größeren Sedimenttiefen vor. Aufgrund der charakteristischen Abnahme der absoluten Individuenzahl innerhalb von 0 bis 2 cm werden sie zu den epifaunalen Arten gezählt. Auch im Angola-Becken zeigen die genannten Arten eine epifaunale Lebensweise.

6. Berthische Foraminiferenfaunen



**Abb. 6.10:** Beispiel für epifaunale Arten. Dargestellt sind die absoluten Anzahlen der Arten und die Siedlungsdichten der Stationen in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe.

### Infauna

In den untersuchten Sedimenten weisen die meisten Arten einen infaunalen Lebensstil auf. In dieser Arbeit wird die Infauna in vier Gruppen unterteilt. Die Einteilung basiert auf der Lage des Siedlungsmaximums und nach der Reichweite der Art in das Sediment. Die Gruppen sind:

#### A: Siedlungsmaximum an der Sedimentoberfläche

1. bis maximal 5 cm Sedimenttiefe
2. bis maximal 11 cm Sedimenttiefe

#### B: Siedlungsmaximum im Sediment

1. bei ca. 1-3 cm im Sediment
2. unterhalb 3 cm im Sediment

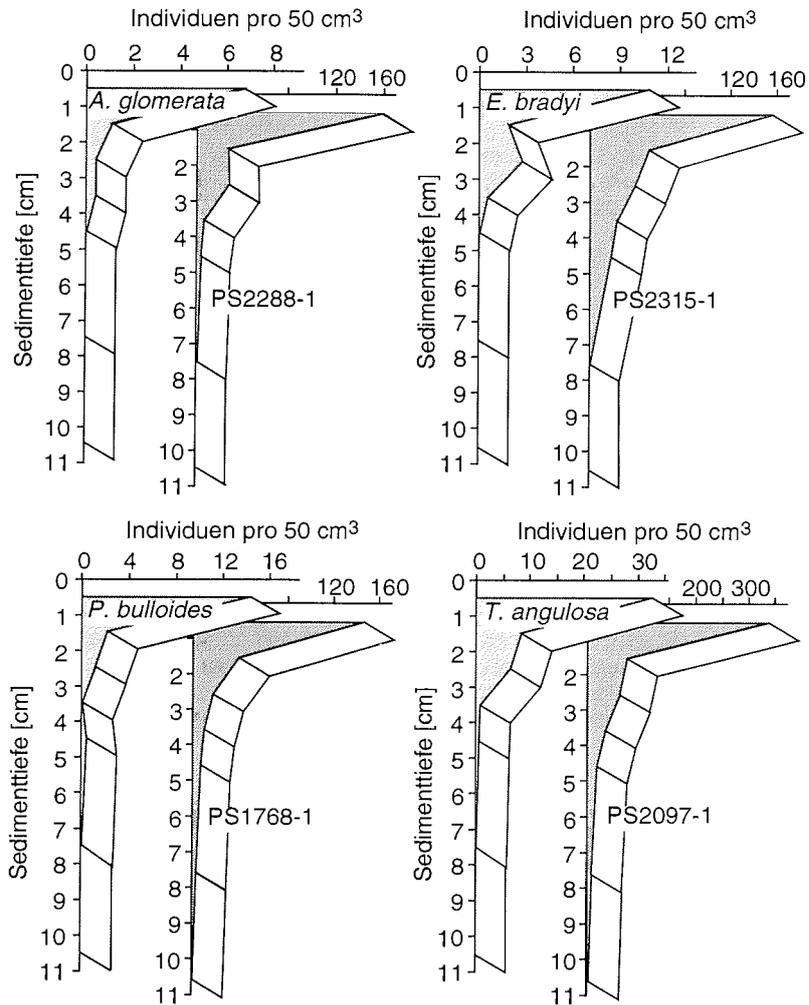
#### Mikrohabitat A1

Das Mikrohabitat A1 wird von Arten geprägt, die ein Siedlungsmaximum an der Sedimentoberfläche aufweisen (Abb. 6.11). Die Arten kommen im südlichen Südatlantik bis in 5 cm Sedimenttiefe vor. Im südlichen Südatlantik nehmen die Individuenzahlen der Art langsam von der Sedimentoberfläche bis in maximal 5 cm Sedimenttiefe ab. In wenigen Fällen können auch noch Individuen tiefer im Sediment gefunden werden. Die weitaus meisten benthischen Foraminiferenarten zeigen ein flachinfaunales Mikrohabitat. Zu den agglutinierenden Foraminiferenarten mit einem flachinfaunalen Mikrohabitat gehören im südlichen Südatlantik folgende Arten: *Adercotryma glomerata*, *Cribrostomoides scitulum*, *Eggerella bradyi*, *Ammomarginulina foliacea*. Zu den kalkig-perforierten Arten zählen unter anderem im Südatlantik: *Trifarina angulosa*, *Globocassidulina subglobosa*, *Pullenia bulloides*, *Pullenia salisburyi*, *Melonis pompilioides*, *Uvigerina peregrina*, *Oridorsalis umbonatus*. Zu den flachinfaunalen Arten des Angola-Beckens zählen: *Uvigerina peregrina*, *Gyroidinoides polius*, *Uvigerina probiscidea*, *Pullenia subcarinata*, *Robertina chapmani*, *Bulimina mexicana*, *Oridorsalis umbonatus* sowie die meisten agglutinierenden Foraminiferen.

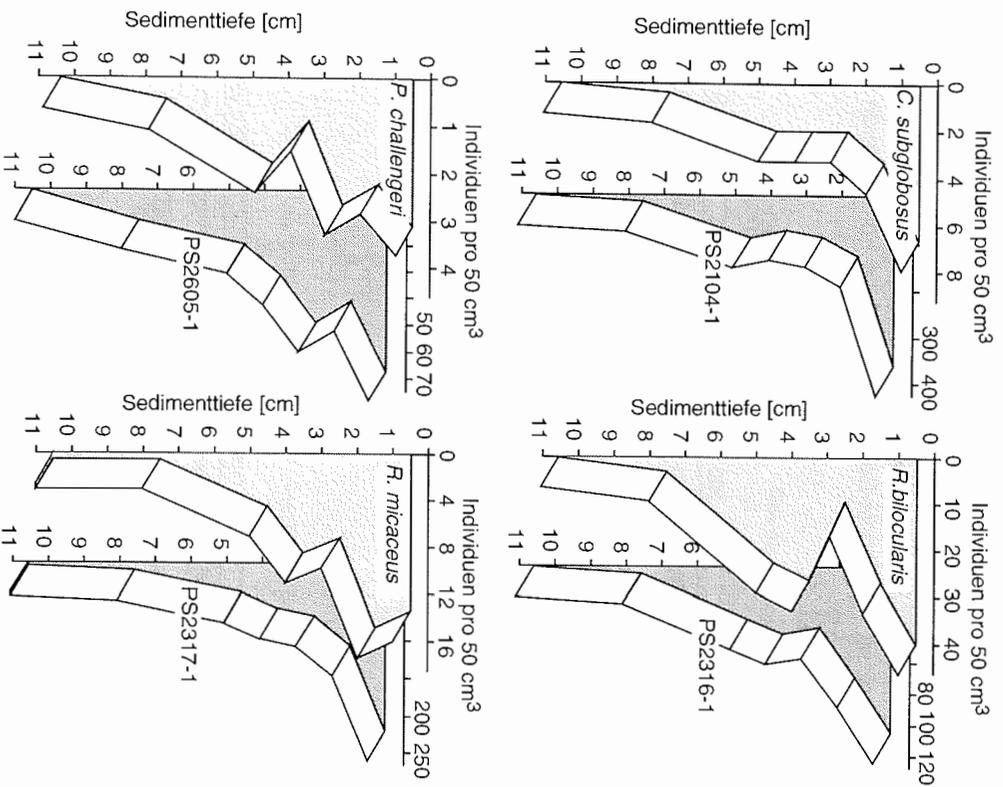
#### Mikrohabitat A2

Das Mikrohabitat A2 ist nur schwer von dem Mikrohabitat A1 zu trennen. Entscheidend ist hier neben der langsamen Abnahme der Individuenzahlen der Art mit zunehmender Sedimenttiefe die absolute Lebenstiefe, also die Tiefe, bis in die diese Arten im Sediment vorkommen (Abb. 6.12). Die tiefinfaunalen Arten sind die Arten, die bis in die Sedimenttiefe vorkommen, bis zu der lebende benthische Foraminiferen gefunden werden. Zu diesen Arten zählen überwiegend agglutinierende Foraminiferenarten wie *Reophax bilocularis*, *Lagenammina difflugiformis*, *Reophax scorpiurus*, *Reophax micaceus*, *Rhabdammina* und *Hyperammina* (Bruchstückzählung), *Ammobaculites agglutinans*, *Cribrostomoides subglobosus*, *Saccamina sphaerica* und *Paratrochammina challengerii*. *Bulimina aculeata* kann im südlichen Südatlantik bis in 11 cm Sedimenttiefe vorkommen, zeigt aber an den meisten Stationen ein A1 Mikrohabitat. Sie wird daher in dieser Arbeit keinem Mikrohabitat zugeordnet. Im Angola-Becken besiedelt die Gruppe der tiefinfaunal lebenden Arten das Sediment bis in 5 cm Sedimenttiefe. Hier zeigen sehr viel weniger Arten ein infaunales A2 Mikrohabitat. Überwiegend sind es agglutinierende Foraminiferen der Gattung *Reophax*.

6. Benthische Foraminiferenfaunen



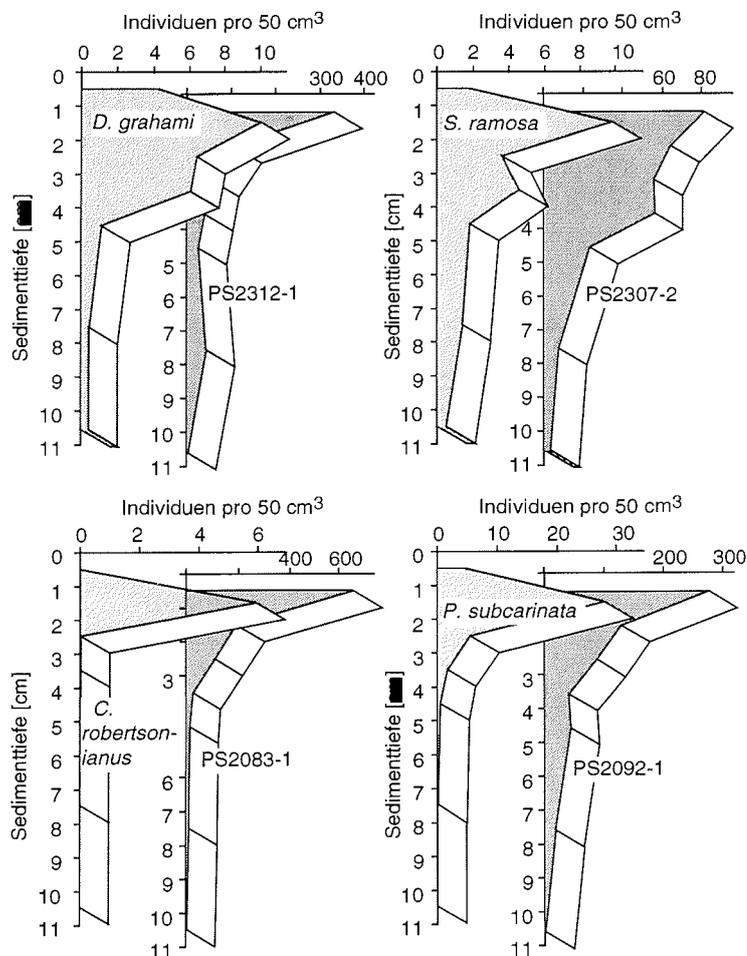
**Abb. 6.11:** Beispiel für infaunale Arten der Gruppe A1. Dargestellt sind die absoluten Anzahlen der Arten und die Siedlungsdichten der Stationen in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe.



**Abb. 6.12:** Beispiel für infaunale Arten der Gruppe A2. Dargestellt sind die absoluten Anzahlen der Arten und die Siedungstiefen der Stationen in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe.

Mikrohabitat B1

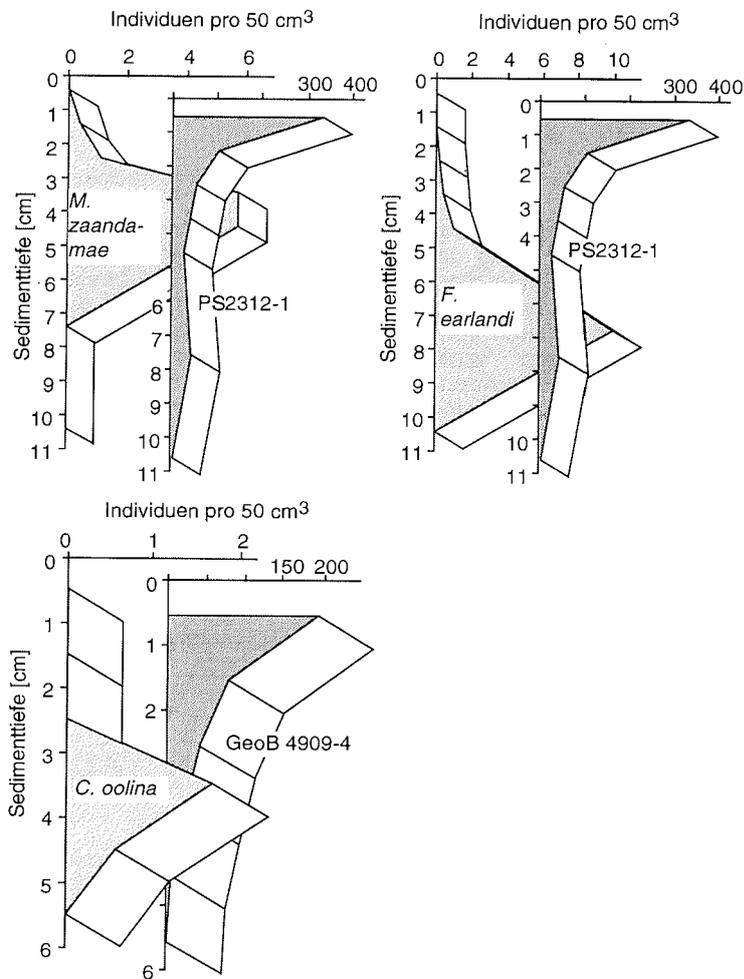
Zu den im engeren Sinne infaunalen Arten gehören Arten mit einem Siedlungsmaximum unterhalb der Sedimentoberfläche. Einige Arten bilden ein Siedlungsmaximum in 1 bis 3 cm Sedimenttiefe aus (Typ B1) (Abb. 6.13). Im südlichen Südatlantik zeigen folgende Arten dieses Mikrohabitat: *Cibicidoides robertsonianus*, *Pullenia subcarinata*, *Robertina chapmani*, *Deuterammina grahami* und *Saccorhiza ramosa*. Im Angola-Becken leben keine Foraminiferen in diesem Mikrohabitat.



**Abb. 6.13:** Beispiel für infaunale Arten der Gruppe B1. Dargestellt sind die absoluten Anzahlen der Arten und die Siedlungsdichten der Stationen in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe.

## Mikrohabitat B2

Ein Siedlungsmaximum in mehr als 3 cm Sedimenttiefe des südlichen Südatlantiks (Abb. 6.14) und in mehr als 2 cm in Sedimenten des Angola-Beckens zeigen nur wenige kalkig-perforate Foraminiferen. Die Arten haben ein dünnes, stark perforiertes Gehäuse. Hierzu zählen *Chilostomella oolina*, *Fursenkoina earlandi* und *Melonis zaandamae* in den Sedimenten des südlichen Südatlantiks. Im Angola-Becken nimmt *Melonis barleeaanum* die Stellung von *M. zaandamae* ein



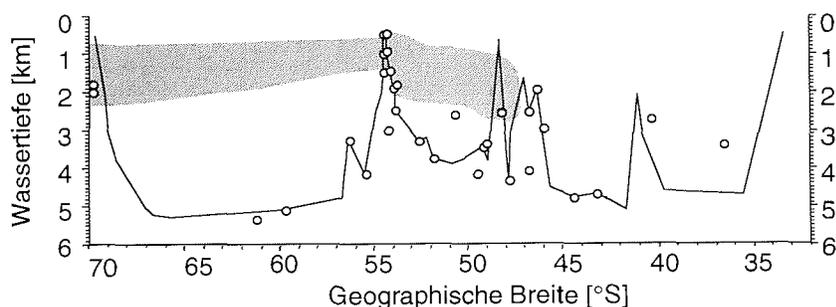
**Abb. 6.14:** Beispiele für infaunale Arten der Gruppe B2. Dargestellt sind die absoluten Anzahlen der Arten und die Siedlungsdichten der Stationen in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe.

#### 6.4. Beschreibung der Faunenvergesellschaftungen

Um die einzelnen Arten in Beziehung zueinander und zu den Umweltbedingungen zu setzen, wurde eine multivariate Analyse durchgeführt. Drei Datensätze wurden gebildet: die Lebend-Fauna der Sedimentoberfläche (Fauna A), die Gesamt-Fauna (Fauna B) und die Tot-Fauna der Sedimentoberfläche (Fauna T). Die Datensätze wurden mit Hilfe einer Hauptkomponentenanalyse zu Vergesellschaftungen (PC) zusammengefaßt. Für jede Fauna wurden acht Vergesellschaftungen errechnet. Anschließend wurden mit einer multiplen Regressionsanalyse die Vergesellschaftungen mit gemessenen Umweltparametern (geographische Breite und Länge, Temperatur, Salinität, Korngrößenzusammensetzung, organischer Kohlenstoff- und Sauerstoffgehalt) in Beziehung gesetzt (Kap. 4.5). Die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalysen und der multiplen Regressionsanalysen sind in Tabellen 6.3 bis 6.6 aufgeführt.

*Bulimina aculeata* D'ORBIGNY 1826, Fauna A PC2, Fauna B PC 2, Fauna T PC3

Die *Bulimina aculeata*-Vergesellschaftungen kommen um die Insel Bouvet (Fauna A, B, T) sowie am Kontinentalhang des östlichen Weddell-Meer, am Mittel-ozeanischen Rücken und am Scotia-Bogen (Fauna A, B) vor. Sie besiedeln das Sediment in Wassertiefen zwischen 900 und 2500 m (Abb. 6.17). Die Vorkommen in tiefen Wassertiefen verzahnen sich mit den *Reophax bilocularis*-Vergesellschaftungen. *Bulimina aculeata* prägt als dominante Art die Vergesellschaftungen, nur wenige Arten kommen assoziiert vor. Für die *Bulimina aculeata*-Vergesellschaftungen zeigen die multiplen Korrelationen ( $R$  zwischen 0,49 und 0,7) keine Abhängigkeiten der Vergesellschaftung von den Umweltparametern (Tab. 6.6).



**Abb. 6.15:** Verbreitung der *Bulimina aculeata*-Vergesellschaftung aus dem Datensatz Fauna B projiziert auf eine Profillinie entlang 0° (vergl. Abb. 4.2). Dargestellt sind Faktorladungen  $>0,4$ .

Wie bei MACKENSEN ET AL. (1993a) und MACKENSEN ET AL. (1994) für die *Bulimina aculeata* Vorkommen an der Sedimentoberfläche beschrieben, konnten die in dieser Arbeit beschriebenen *Bulimina aculeata*-Vergesellschaftungen bei Bodenwassertemperaturen  $>0^{\circ}\text{C}$  und in Sedimenten mit einem hohen Anteil an organischem Material beobachtet werden.

6. Benthische Foraminiferenfaunen

**Tab. 6.3:** Artenzusammensetzung und Anteile der erklärten Varianz der im Q-Modus errechneten Fauna A.

	Dominante Arten		Wichtige assoziierte Arten		Var. (%)
<b>PC1</b>	<i>Reophax bilocularis</i>	10,0	<i>Reophax micaceus</i>	1,4	23,6
<b>PC2</b>	<i>Bulimina aculeata</i>	10,6	<i>Reophax bilocularis</i>	2,0	15,2
<b>PC3</b>	<i>Nuttallides umbonifer</i>	7,9	<i>Adercotryma glomerata</i>	1,4	9,1
	<i>Eggerella bradyi</i>	3,5	<i>Aschemonella</i> spp.	1,2	
			<i>Cribrostomoides subglobosus</i>	1,1	
			<i>Cribrostomoides weddellensis</i>	2,6	
			<i>Epistominella exigua</i>	1,6	
			<i>Globocassidulina subglobosa</i>	1,5	
			<i>Pullenia bulloides</i>	2,4	
			<i>Quinqueloculina</i> spp.	1,2	
			<i>Reophax bilocularis</i>	2,1	
			<i>Rhizammina algaeformis</i>	1,5	
			<i>Uvigerina peregrina</i>	1,4	
<b>PC4</b>	<i>Uvigerina peregrina</i>	5,3	<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i>	1,3	6,0
	<i>Reophax scorpiurus</i>	4,9	<i>Gavellinopsis translucens</i>	1,5	
	<i>Robertina chapmani</i>	4,0	<i>Hoeglundia elegans</i>	1,5	
	<i>Saccorhiza ramosa</i>	3,9	<i>Lagenammina tubulata</i>	1,0	
	<i>Ammomarginulina foliacea</i>	3,3	<i>Paratrochammina challengerii</i>	1,2	
			<i>Reophax bilocularis</i>	1,7	
			<i>Rhabdammina</i> spp.	1,4	
<b>PC5</b>	<i>Psammosphaera fusca</i>	9,8	<i>Earlandammina</i> spp.	1,8	7,8
			<i>Eggerella bradyi</i>	1,0	
			<i>Lagenammina tubulata</i>	1,7	
			<i>Pullenia salisburyi</i>	2,1	
			<i>Reophax bilocularis</i>	1,4	
			<i>Rhabdammina</i> spp.	1,2	
<b>PC6</b>	<i>Trifarina angulosa</i>	10,5	<i>Cribrostomoides scitulum</i>	1,4	4,3
	<i>Globocassidulina rossensis</i>	3,0			
<b>PC7</b>	<i>Cribrostomoides subglobosus</i>	9,8	<i>Epistominella exigua</i>	1,0	5,1
			<i>Paratrochammina challengerii</i>	2,5	
			<i>Pyrgo elongata</i>	1,1	
			<i>Rhabdammina</i> spp.	1,2	
			<i>Saccorhiza ramosa</i>	1,8	
<b>PC8</b>	<i>Rhizammina algaeformis</i>	10,7	<i>Reophax scorpiurus</i>	2,5	7,5
			<i>Saccorhiza ramosa</i>	1,6	

6. Benthische Foraminiferenfaunen

**Tab. 6.4:** Artenszusammensetzung und Anteile der erklärten Varianz der im Q-Modus errechneten Fauna B.

	Dominante Arten		Wichtige assoziierte Arten		Var. (%)
<b>PC 1</b>	<i>Reophax bilocularis</i>	10,0	<i>Adercotryma glomerata</i>	1,4	25,3
			<i>Reophax micaceus</i>	1,5	
			<i>Rhabdammina</i> spp.	1,5	
<b>PC 2</b>	<i>Bulimina aculeata</i>	10,2	<i>Cribrostomoides subglobosus</i>	1,0	12,7
			<i>Fursenkoina earlandi</i>	2,2	
			<i>Reophax bilocularis</i>	2,0	
<b>PC 3</b>	<i>Rhizammina algaeformis</i>	10,7	<i>Reophax bilocularis</i>	1,1	15,2
			<i>Rhabdammina</i> spp.	1,2	
<b>PC 4</b>	<i>Cribrostomoides subglobosus</i>	9,2	<i>Cribrostomoides weddellensis</i>	1,3	10,7
			<i>Eggerella bradyi</i>	2,4	
			<i>Nuttallides umbonifer</i>	2,5	
			<i>Paratrochammina challengerii</i>	1,6	
			<i>Pullenia bulloides</i>	1,4	
			<i>Saccorhiza ramosa</i>	1,2	
<b>PC 5</b>	<i>Psammosphaera fusca</i>	9,3	<i>Ammobaculites agglutinans</i>	1,5	4,6
			<i>Cribrostomoides subglobosus</i>	2,4	
			<i>Earlandammina</i> spp.	1,8	
			<i>Lagenammina tubulata</i>	1,4	
			<i>Placopsinella aurantiaca</i>	1,2	
			<i>Pullenia salisburyi</i>	1,6	
<b>PC 6</b>	<i>Trifarina angulosa</i>	10,6	<i>Bulimina aculeata</i>	1,3	4,2
			<i>Cribrostomoides scitulum</i>	1,3	
			<i>Globocassidulina rossensis</i>	2,0	
<b>PC 7</b>	<i>Rhabdammina</i> spp.	7,0	<i>Ammobaculites agglutinans</i>	1,2	3,4
	<i>Saccorhiza ramosa</i>	4,8	<i>Ammolagena clavata</i>	1,1	
			<i>Ammomarginulina foliacea</i>	2,3	
			<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i>	1,8	
			<i>Cribrostomoides jeffreysi</i>	2,0	
			<i>Cribrostomoides subglobosus</i>	1,1	
			<i>Paratrochammina challengerii</i>	1,3	
			<i>Reophax scorpiurus</i>	2,1	
<b>PC 8</b>	<i>Reophax scorpiurus</i>	7,3	<i>Ammomarginulina foliacea</i>	1,3	5,4
	<i>Uvigerina peregrina</i>	4,7	<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i>	1,3	
	<i>Robertina chapmani</i>	4,0	<i>Gavellinopsis translucens</i>	1,3	
			<i>Hoeglundia elegans</i>	1,4	
			<i>Reophax bilocularis</i>	2,1	

6. Benthische Foraminiferenfaunen

Tab. 6.5: Artenzusammensetzung und Anteile der erklärten Varianz der im Q-Modus errechneten Fauna T.

	Dominante Arten		Wichtige assoziierte Arten		Var. (%)
PC1	<i>Reophax bilocularis</i>	10,1	<i>Portatrochammina</i> spp. 1,2 <i>Reophax dentaliniformis</i> 1,3 <i>Rhabdammina</i> spp. 2,1		12,2
PC2	<i>Nuttallides umbonifer</i> 8,3 <i>Pullenia bulloides</i> 4,8 <i>Epistominella exigua</i> 3,0		<i>Eggerella bradyi</i> 1,9 <i>Fissurina</i> spp. 1,1 <i>Globocassidulina subglobosa</i> 1,7 <i>Melonis pompilioides</i> 2,3		11,7
PC3	<i>Bulimina aculeata</i>	10,5	<i>Pullenia bulloides</i> 1,2 <i>Rhabdammina</i> spp. 1,8 <i>Rhizammina algaeformis</i> 1,8		12,9
PC4	<i>Psammosphaera fusca</i>	11,2	<i>Adercotryma glomerata</i> 1,7 <i>Cribrostomoides subglobosus</i> 1,3 <i>Reophax bilocularis</i> 1,9 <i>Reophax pilulifer</i> 1,2 <i>Rhabdammina</i> spp. 1,7 <i>Trochammina</i> spp. 1,0 <i>Usbekistania charoides</i> 1,5		12,0
PC5	<i>Cribrostomoides subglobosus</i>	9,7	<i>Cribrostomoides scitulum</i> 1,0 <i>Hormosina globulifera</i> 1,3 <i>Karrerulina conversa</i> 1,3 <i>Portatrochammina challengerii</i> 2,4 <i>Reophax bilocularis</i> 1,2 <i>Rhabdammina</i> spp. 1,3 <i>Saccorhiza ramosa</i> 1,1 <i>Sphaeroidina bulloides</i> 1,0 <i>Uvigerina peregrina</i> 1,6		6,4
PC6	<i>Epistominella exigua</i> 7,8 <i>Oridorsalis umbonatus</i> 5,8		<i>Cassidulina neoteretis</i> 2,0 <i>Cibicidoides wuellerstorfi</i> 1,0 <i>Globocassidulina subglobosa</i> 2,0 <i>Melonis zaandamae</i> 1,2 <i>Pullenia salisburyi</i> 1,1 <i>Uvigerina peregrina</i> 1,3		9,7
PC7	<i>Martinotiella communis</i> 9,6 <i>Rhizammina algaeformis</i> 3,2		<i>Cribrostomoides subglobosus</i> 1,4 <i>Epistominella exigua</i> 1,4 <i>Hormosinella ovicula</i> 1,6 <i>Trochammina</i> spp. 1,3 <i>Usbekistania charoides</i> 2,2		4,5
PC8	<i>Trifarina angulosa</i>	9,9	<i>Bulimina aculeata</i>	1,6	4,3

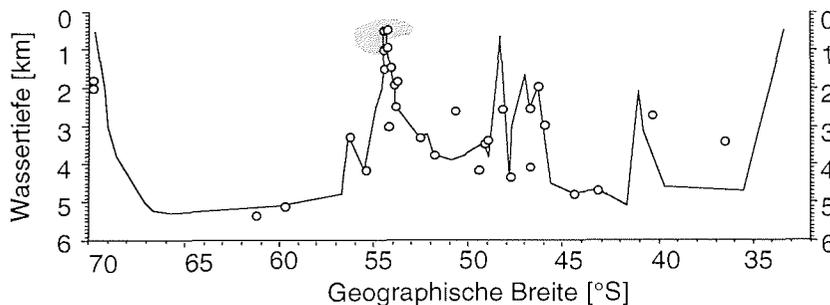
6. Benthische Foraminiferenfaunen

**Tab. 6.6:** Ergebnisse der einfachen und multiplen Regressionsanalysen. Angegeben sind die durch die multiple Regression als signifikant die Faunenzusammensetzung beeinflussenden Korrelationskoeffizienten "r" der einfachen linearen Korrelation zwischen einzelnen Umweltparametern und den Faunen (PC-Ladungen). Der untere Teil der Tabelle gibt den multiplen Korrelationskoeffizienten "R" und die Anzahl der Proben, die in die multiple Regression eingehen, an.

<b>Fauna A</b>	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>	<b>PC3</b>	<b>PC4</b>	<b>PC5</b>	<b>PC6</b>	<b>PC7</b>	<b>PC8</b>
Wassertiefe	0,30		0,36	0,68		-0,41	0,22	
geogr. Länge	-0,51		0,29		-0,48	-0,08		0,42
geogr. Breite								
Temperatur-Bodenwasser					-0,36			
Salinität-Bodenwasser								
O <sub>2</sub> -Bodenwasser								
Kiesgehalt			-0,12					
Sandgehalt				-0,01	0,10	0,45		
Silt- und Tongehalt								
Karbonat-Gehalt				0,08				0,56
C <sub>org</sub> -Gehalt								-0,12
C-Flüsse		0,27		-0,28		0,83		
Multipler R	0,81	0,55	0,71	0,83	0,69	0,90	0,45	0,72
Anzahl Proben	47	47	43	42	41	43	47	42
<b>Fauna B</b>	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>	<b>PC3</b>	<b>PC4</b>	<b>PC5</b>	<b>PC6</b>	<b>PC7</b>	<b>PC8</b>
Wassertiefe	0,47	-0,47		0,28		-0,24	0,06	-0,18
geogr. Länge	-0,56	-0,26	0,40			-0,08	0,22	
geogr. Breite								
Temperatur-Bodenwasser					0,29			
Salinität-Bodenwasser								
O <sub>2</sub> -Bodenwasser								
Kiesgehalt								0,59
Sandgehalt					0,12	0,45		0,07
Silt- und Tongehalt								-0,14
Karbonat-Gehalt			0,55					0,11
C <sub>org</sub> -Gehalt			-0,11					
C-Flüsse		0,30				0,83		-0,26
Multipler R	0,86	0,70	0,75	0,61	0,59	0,90	0,47	0,87
Anzahl Proben	48	48	43	48	42	44	48	43
<b>Fauna T</b>	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>	<b>PC3</b>	<b>PC4</b>	<b>PC5</b>	<b>PC6</b>	<b>PC7</b>	<b>PC8</b>
Wassertiefe					0,19			-0,41
geogr. Länge			0,09	-0,56	0,01	0,39		0,10
geogr. Breite					0,01			
Temperatur-Bodenwasser								
Salinität-Bodenwasser								
O <sub>2</sub> -Bodenwasser							0,22	
Kiesgehalt							0,31	
Sandgehalt					-0,26	0,52	0,07	
Silt- und Tongehalt			0,03	-0,15			-0,16	
Karbonat-Gehalt		0,2					-0,15	
C <sub>org</sub> -Gehalt				-0,15				
C-Flüsse	0,01				-0,12		-0,03	
Multipler R	0,43	0,49	0,50	0,70	0,90	0,47	0,92	0,72
Anzahl Proben	46	42	43	42	43	43	42	46

*Trifarina angulosa* (WILLIAMSON 1858), Fauna A PC6, Fauna B PC6, Fauna T PC8

Die *Trifarina angulosa*-Vergesellschaftungen sind in allen Datensätzen vertreten. Die Vergesellschaftungen kommen um die Insel Bouvet in ca. 500 m Wassertiefe vor (Abb. 6.16). Damit überlagern die *Trifarina angulosa*-Vergesellschaftungen die *Bulimina aculeata*-Vergesellschaftungen. Wenige Foraminiferenarten assoziieren die Vergesellschaftungen. Die multiplen Korrelationskoeffizienten liegen bei 0,90 für die lebenden Vergesellschaftungen bzw. bei 0,72 für die Fauna T (Tab. 6.6). Die *Trifarina angulosa*-Vergesellschaftungen sind negativ mit der Wassertiefe korreliert. Die lebenden Vergesellschaftungen (Fauna A,B) sind zusätzlich positiv mit dem Sandgehalt des Sediments und dem organischen Kohlenstofffluß korreliert. Faunen, die von *T. angulosa* dominiert werden, leben in Bereichen mit einer starken Strömung und einem hohen organischen Kohlenstofffluß. Es kann jedoch beobachtet werden, daß die Sedimente, die von einer *Trifarina angulosa*-Vergesellschaftung geprägt sind, einen geringen organischen Kohlenstoffgehalt im Sediment aufweisen.

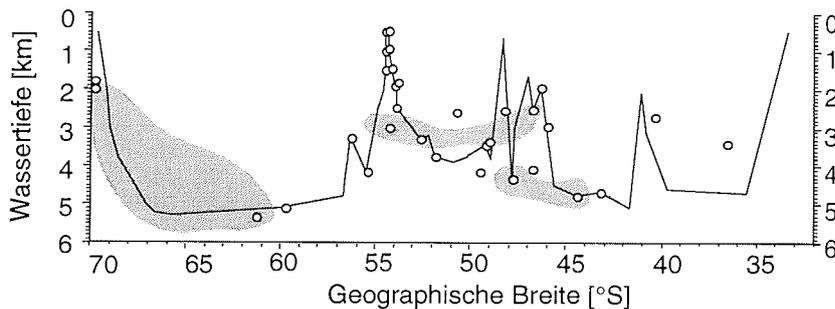


**Abb: 6.16:** Verbreitung der *Trifarina angulosa*-Vergesellschaftung aus dem Datensatz Fauna B projiziert auf eine Profillinie entlang 0° (vergl. Abb. 4.2). Dargestellt sind Faktorladungen >0,4.

*Cribrostomoides subglobosus* (M. SARS 1868), Fauna A PC7, Fauna B PC4, Fauna T PC5

Die *Cribrostomoides subglobosus*-Vergesellschaftungen kommen vereinzelt in beiden Arbeitsgebieten vor. Die Vorkommen liegen tiefer als 1700 m Wassertiefe (Fauna T) bzw. tiefer als 2000 m Wassertiefe (Fauna A, B) (Abb. 6.17). Dabei verzahnen sich die *Cribrostomoides subglobosus*-Vergesellschaftungen mit den *Reophax bilocularis*-Vergesellschaftungen. Assoziiert sind die *Cribrostomoides subglobosus*-Vergesellschaftungen mit einer Vielzahl agglutinierender und kalkig-perforater Foraminiferenarten (Tab. 6.3, Tab. 6.4, Tab. 6.5). Für die lebenden Vergesellschaftungen (Fauna A, B) zeigen die in dieser Arbeit gewählten Korrelationsmodelle keine Abhängigkeiten der Vergesellschaftung von den Umweltparametern. Der multiple Korrelationskoeffizient für die tote *Cribrostomoides subglobosus*-Vergesellschaftung (Fauna T) beträgt 0,90. Die Fauna T korreliert negativ mit dem Sandgehalt und dem organischen Kohlenstoffgehalt im Sediment (Tab. 6.6). Sie zeigt eine positive Korrelation mit der Wassertiefe.

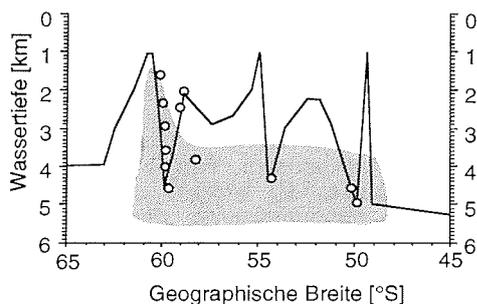
## 6. Benthische Foraminiferenfaunen



**Abb. 6.17:** Verbreitung der *Cribrostomoides subglobosus*-Vergesellschaftung aus dem Datensatz Fauna B projiziert auf eine Profillinie entlang 0° (vergl. Abb. 4.2). Dargestellt sind Faktorladungen >0,4.

### *Reophax bilocularis* FLINT 1899, Fauna A PC1, Fauna B PC1, Fauna T PC1

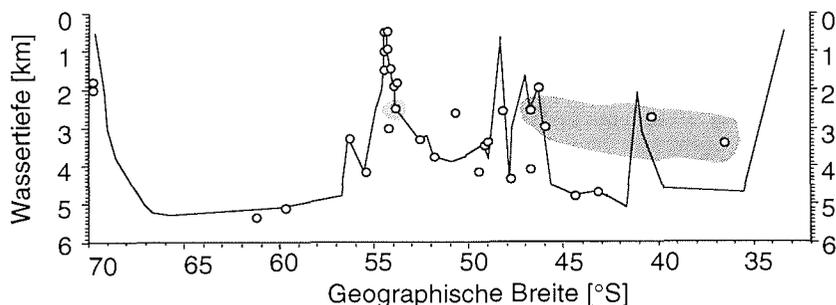
Die *Reophax bilocularis*-Vergesellschaftungen (Fauna A, B) kommen im Südatlantik südlich von 45°S und westlich von 5°E vor. Im Angola-Becken besiedeln die *Reophax bilocularis*-Vergesellschaftungen das Sediment in ca. 1300 m Wassertiefe, im südlichen Südatlantik ab ca. 1500 m Wassertiefe (Abb. 6.18). Dabei sind die Vergesellschaftungen im östlichen Südatlantik ab ca. 2500 m Wassertiefe und im westlichen Südatlantik ab 3000 m Wassertiefe häufiger zu finden. Assoziiert sind die *Reophax bilocularis*-Vergesellschaftungen mit vielen agglutinierenden Foraminiferenarten, besonders mit Arten, deren Vergesellschaftungen sich mit den *Reophax bilocularis*-Vergesellschaftungen verzahnen. Die multiplen Korrelationskoeffizienten liegen für die lebenden Faunen zwischen 0,81 und 0,86 (Tab. 6.6). Sie zeigen eine positive Korrelation mit der Wassertiefe und eine negative Korrelation mit der geographischen Länge. Für die Fauna T gibt das hier gewählte Korrelationsmodell keine Beziehungen zwischen den Umweltparametern und der Vergesellschaftung an (Tab. 6.6).



**Abb. 6.18:** Verbreitung der *Reophax bilocularis*-Vergesellschaftung aus dem Datensatz Fauna B projiziert auf eine Profillinie entlang 30°W (vergl. Abb. 4.2). Dargestellt sind Faktorladungen >0,4.

*Rhizammina algaeformis* BRADY 1879, Fauna A PC8, Fauna B PC3

Die *Rhizammina algaeformis*-Vergesellschaftungen sind nur in den lebenden Datensätzen (Fauna A, B) vertreten. Sie kommen im östlichen Südatlantik vor. Die *Rhizammina algaeformis*-Vergesellschaftungen besiedeln das Sediment ab ca. 2500 m Wassertiefe (Abb. 6.19). Damit verzahnen sich die *Rhizammina algaeformis*-Vergesellschaftungen mit den *Reophax bilocularis*- und den *Bulimina aculeata*-Vergesellschaftungen. Assoziiert werden die *Rhizammina algaeformis*-Vergesellschaftungen überwiegend von agglutinierenden Foraminiferen (Tab. 6.3, Tab. 6.4). Der multiple Korrelationskoeffizient für die Fauna A beträgt 0,72, für die Fauna B 0,75. Die Modelle zeigen eine positive Korrelation zwischen den *Rhizammina algaeformis*-Vergesellschaftungen und der geographischen Länge und dem Karbonatgehalt (Tab. 6.6). Die Vergesellschaftungen sind negativ mit dem organischen Kohlenstoffgehalt im Sediment korreliert. Die *Rhizammina algaeformis*-Vergesellschaftungen können besonders häufig in silt- und tonreichen Sedimenten beobachtet werden.

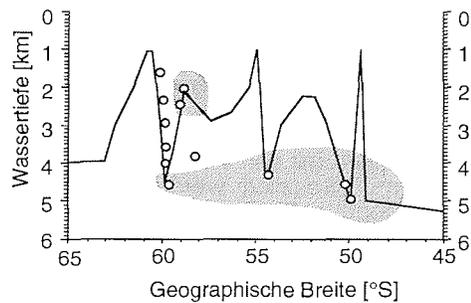


**Abb. 6.19:** Verbreitung der *Rhizammina algaeformis*-Vergesellschaftung aus dem Datensatz Fauna A projiziert auf eine Profillinie entlang 0° (vergl. Abb. 4.2). Dargestellt sind Faktorladungen >0,4.

*Psammosphaera fusca* SCHULZ 1875, Fauna A PC5, Fauna B PC5, Fauna C PC4

Die *Psammosphaera fusca*-Vergesellschaftungen sind in den Datensätzen Fauna A, B und T vertreten. Die Vergesellschaftungen kommen im westlichen Südatlantik entlang des Scotia-Bogens ab 1500 m (Fauna B, T) (Abb. 6.20) bzw. ab 2000 m Wassertiefe (Fauna A) vor und verzahnen sich mit der *Reophax bilocularis*-Vergesellschaftung. Assoziiert sind die *Psammosphaera fusca*-Vergesellschaftungen ausschließlich mit agglutinierenden Foraminiferen (Tab. 6.3, Tab. 6.4, Tab. 6.5) und in den Lebend-Datensätzen mit *Pullenia salisburyi*. Die Korrelationskoeffizienten der multiplen Regressionen liegen zwischen 0,59 und 0,70 (Tab. 6.6). Für die Fauna T zeigt das Modell eine negative Korrelation zwischen der *Psammosphaera fusca*-Vergesellschaftung und der geographischen Länge, dem Silt- und Tongehalt und des organischen Kohlenstoffgehalts des Sediments. Die lebenden *Psammosphaera fusca*-Vergesellschaftungen (Fauna A, B) korrelieren positiv mit dem Sandgehalt des Sediments. Die *Psammosphaera fusca*-Vergesellschaftungen kommen in Bereichen mit einer stärkeren Strömung vor.

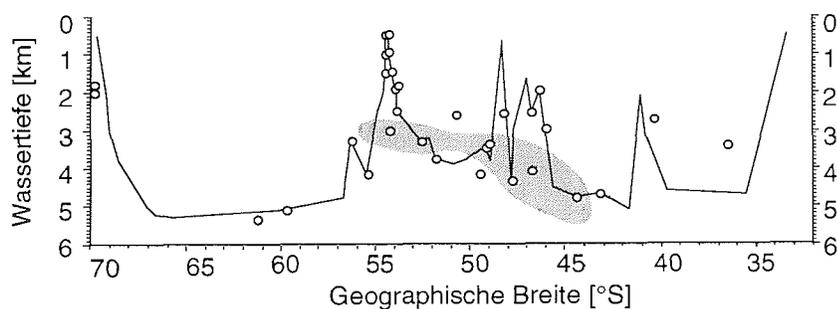
## 6. Benthische Foraminiferenfaunen



**Abb. 6.20:** Verbreitung der *Psammospaera fusca*-Vergesellschaftung aus dem Datensatz Fauna A projiziert auf eine Profillinie entlang 30°W (vergl. Abb. 4.2). Dargestellt sind Faktorladungen  $>0,4$ .

### *Nuttallides umbonifer* (CUSHMAN 1933), Fauna A PC3, FaunaT PC2

Die *Nuttallides umbonifer*-Vergesellschaftungen sind in den Datensätzen Fauna A und Fauna T vertreten. Sie kommen im östlichen Südatlantik zwischen 43°S und 55°S (Fauna A) bzw. zwischen 43°S und 50°S (Fauna T) vor (Abb. 6.21). Die *Nuttallides umbonifer*-Vergesellschaftungen besiedeln das Sediment ab ca. 2600 m Wassertiefe. Nach Süden hin verzahnen sich die *Nuttallides umbonifer*-Vergesellschaftungen mit den *Reophax bilocularis*-Vergesellschaftungen. Die Vergesellschaftungen werden von einer Vielzahl Foraminiferenarten assoziiert (Tab. 6.3, Tab. 6.5). Daneben kommen *Pullenia bulloides* und *Epistominella exigua* in der Fauna T und *eggerella bradyi* in der Fauna A dominant vor. Der multiple Korrelationskoeffizient ( $R=0,71$ ) für die Fauna A zeigt eine positive Korrelation zwischen der Fauna A und der Wassertiefe und der geographischen Länge (Tab. 6.6). Das Modell sieht auch eine Beziehung zwischen der Fauna A und dem Kiesgehalt des Sediments vor. Das Korrelationsmodell zeigt für die Fauna T einen unzureichenden multiplen Korrelationskoeffizienten. (Tab. 6.6).



**Abb. 6.21:** Verbreitung der *Nuttallides umbonifer*-Vergesellschaftung aus dem Datensatz Fauna A projiziert auf eine Profillinie entlang 0° (vergl. Abb. 4.2). Dargestellt sind Faktorladungen  $>0,4$ .

*Reophax scorpiurus* MONTFORT 1808, Fauna B PC8

Die *Reophax scorpiurus*-Vergesellschaftung ist in dem Datensatz Fauna B vertreten. Sie kommt im Angola-Becken bei ca. 1300 m Wassertiefe vor. Assoziiert ist die *Reophax scorpiurus*-Vergesellschaftung mit sowohl kalkigen als auch agglutinierenden Foraminiferen (Tab. 6.4). Die Fauna B zeigt neben *R. scorpiurus* auch *Robertina chapmani* und *Uvigerina peregrina* als dominante Arten. Die multiple Regression ( $R=0,87$ ) zeigt eine positive Korrelation zwischen der Fauna und dem Kies-, Sand- und Karbonatgehalt des Sediments (Tab. 6.6). Die Fauna korreliert negativ mit der Wassertiefe, dem Silt- und Tongehalt des Sediments und den organischen Kohlenstoffflüssen.

*Uvigerina peregrina* CUSHMAN 1932, Fauna A PC4

Die *Uvigerina peregrina*-Vergesellschaftung ist nur in dem Datensatz Fauna A vertreten. Die Vergesellschaftung kommt nur im Angola-Becken in ca. 1300 m Wassertiefe vor. Neben *U. peregrina* dominieren *Robertina chapmani*, *Reophax scorpiurus*, *Saccorhiza ramosa* und *Ammomarginulina foliacea* die Fauna (Tab. 6.3). Der multiple Korrelationskoeffizient ( $R=0,83$ ) zeigt eine deutliche Beziehung einer *U. peregrina* dominierten Fauna zu den in diesem Modell gewählten Parametern (Tab. 6.6). Die *Uvigerina peregrina*-Vergesellschaftung korreliert positiv mit der Wassertiefe und dem Karbonatgehalt des Sediments. Eine negative Korrelation besteht zwischen der Vergesellschaftung und dem Sandgehalt des Sediments und dem organischen Kohlenstofffluß.

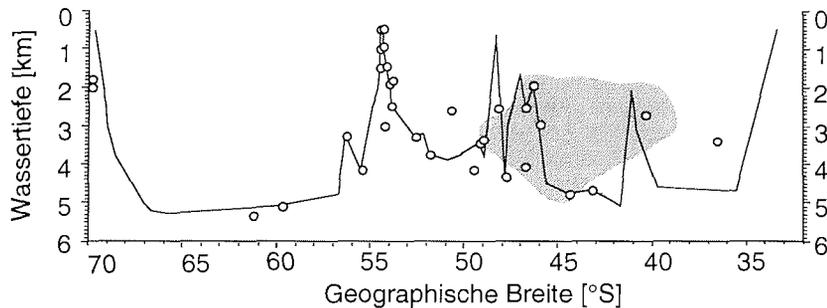
*Rhabdammina* spp., Fauna B PC7

Die *Rhabdammina* spp.-Vergesellschaftung ist nur in dem Datensatz Fauna B vertreten. Die Vergesellschaftung kommt vereinzelt im östlichen Südatlantik in Wassertiefen unterhalb 3500 m und im Angola-Becken bei 1300 m Wassertiefe vor. Neben *Rhabdammina* spp. kommt *Saccorhiza ramosa* dominant vor (Tab. 6.4). Assoziiert ist die Vergesellschaftung von agglutinierenden Foraminiferen. Das hier gewählte Regressionsmodell sieht keine signifikante Korrelation zwischen den Umweltparametern und der *Rhabdammina* spp.-Vergesellschaftung vor.

*Epistominella exigua* (BRADY 1884), Fauna T PC6

Die *Epistominella exigua*-Vergesellschaftung ist nur in dem Datensatz Fauna T vertreten. Das Vorkommen der *Epistominella exigua*-Vergesellschaftung liegt im östlichen Südatlantik und am Übergang zum Indischen Ozean zwischen 35°S und 47°S in Wassertiefen zwischen 1700 und 5000 m (Abb. 6.22). Ein Einzelvorkommen liegt im Angola-Becken bei 1300 m Wassertiefe. Die Vergesellschaftung verzahnt sich in den tieferen Wassertiefen mit der *Nuttallides umbonifer*-Vergesellschaftung und im Süden mit der *Bulimina aculeata*-Vergesellschaftung. Neben *E. exigua* kommt *Oridorsalis umbonatus* dominant vor (Tab. 6.4). Assoziiert sind eine Vielzahl kalkig-perforater Foraminiferenarten. Die multiple Regression (Tab. 6.6) zeigt keine eindeutige Abhängigkeit der *Epistominella exigua*-Vergesellschaftung von den Umweltparametern ( $R=0,47$ ).

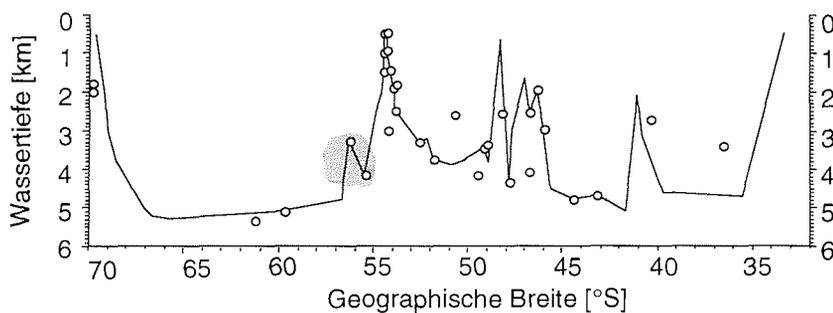
## 6. Benthische Foraminiferenfaunen



**Abb: 6.22:** Verbreitung der *Epistominella exigua*-Vergesellschaftung aus dem Datensatz Fauna T projiziert auf eine Profillinie entlang 0° (vergl. Abb. 4.2). Dargestellt sind Faktorladungen >0,4.

### *Martinotiella communis* (D'ORBIGNY 1864), Fauna T PC7

Die *Martinotiella communis*-Vergesellschaftung ist nur in dem Datensatz Fauna T vertreten. Die Vergesellschaftung kommt im östlichen Südatlantik in Wassertiefen zwischen 3000 und 4000 m vor (Abb. 6.23). Neben *M. communis* dominiert *Rhizammina algaeformis* die Vergesellschaftung (Tab. 6.5). Überwiegend agglutinierende Foraminiferenarten assoziieren die *Martinotiella communis*-Vergesellschaftung. Die multiple Regression (Tab. 6.6) zeigt eine eindeutige Beziehung zwischen den in diesem Modell gewählten Parametern und der Vergesellschaftung ( $R=0,92$ ). Die Vergesellschaftung korreliert positiv mit dem Sauerstoffgehalt des Bodenwassers sowie mit dem Sand- und Kiesgehalt des Sediments. Dagegen zeigt sie eine negative Korrelation mit dem Karbonat-, und mit dem Silt- und Tongehalt des Sediments und mit den organischen Kohlenstoffflüssen. Die *Martinotiella communis*-Vergesellschaftung kommt damit in Sedimenten mit einer stärkeren Strömung vor.



**Abb: 6.23:** Verbreitung der *Martinotiella communis*-Vergesellschaftung aus dem Datensatz Fauna B projiziert auf eine Profillinie entlang 0° (vergl. Abb. 4.2). Dargestellt sind Faktorladungen >0,4.

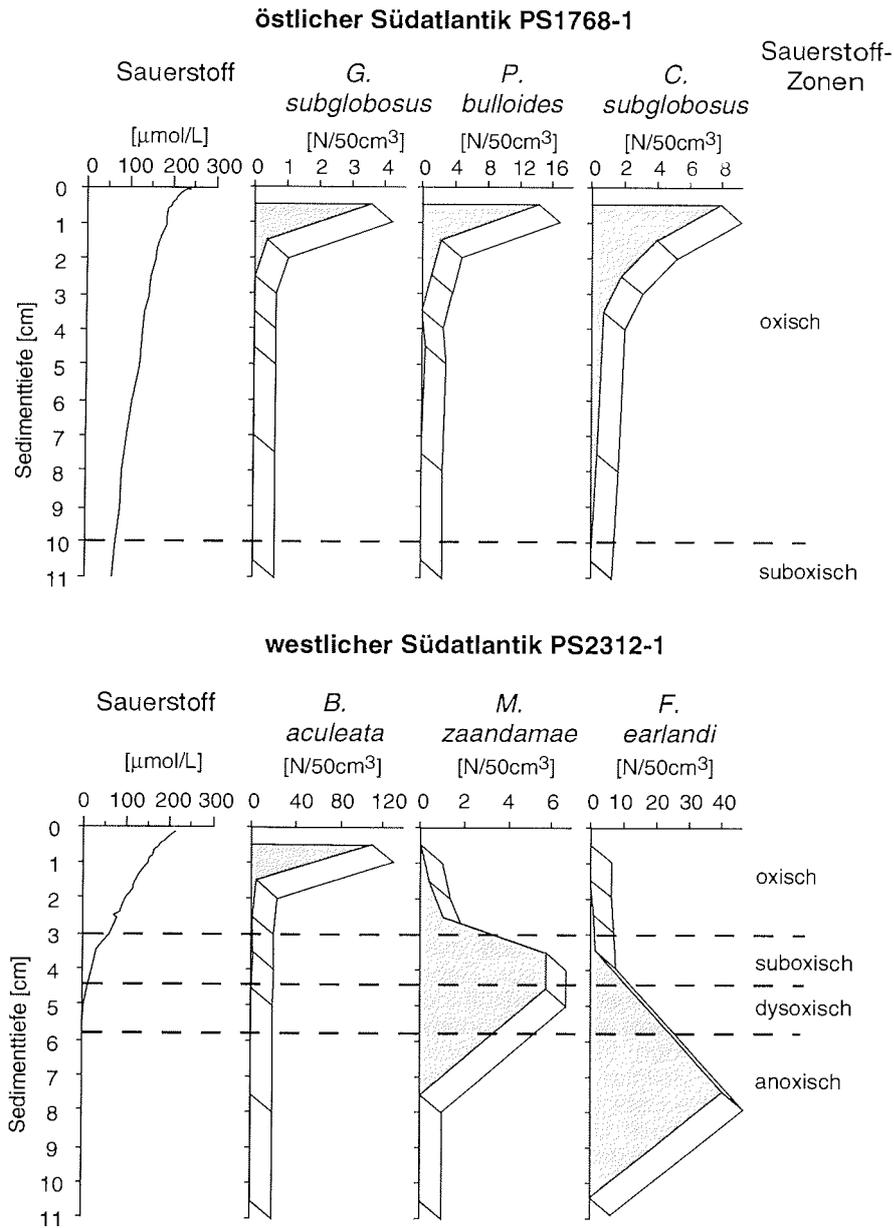
### 6.5. Bestimmung von Umweltparametern aus benthischen Foraminiferenfaunen

Aus dem geographischen Verbreitungsmuster der Vergesellschaftungen benthischer Foraminiferen und der Akkumulationsraten benthischer Foraminiferen sowie aus der geochemischen Zusammensetzung ihrer Gehäuse können ozeanographische Bedingungen rekonstruiert werden. Die Gültigkeit und Anwendbarkeit dieser Rekonstruktionen sollen anhand der Lebendbeobachtungen dieser Arbeit getestet werden.

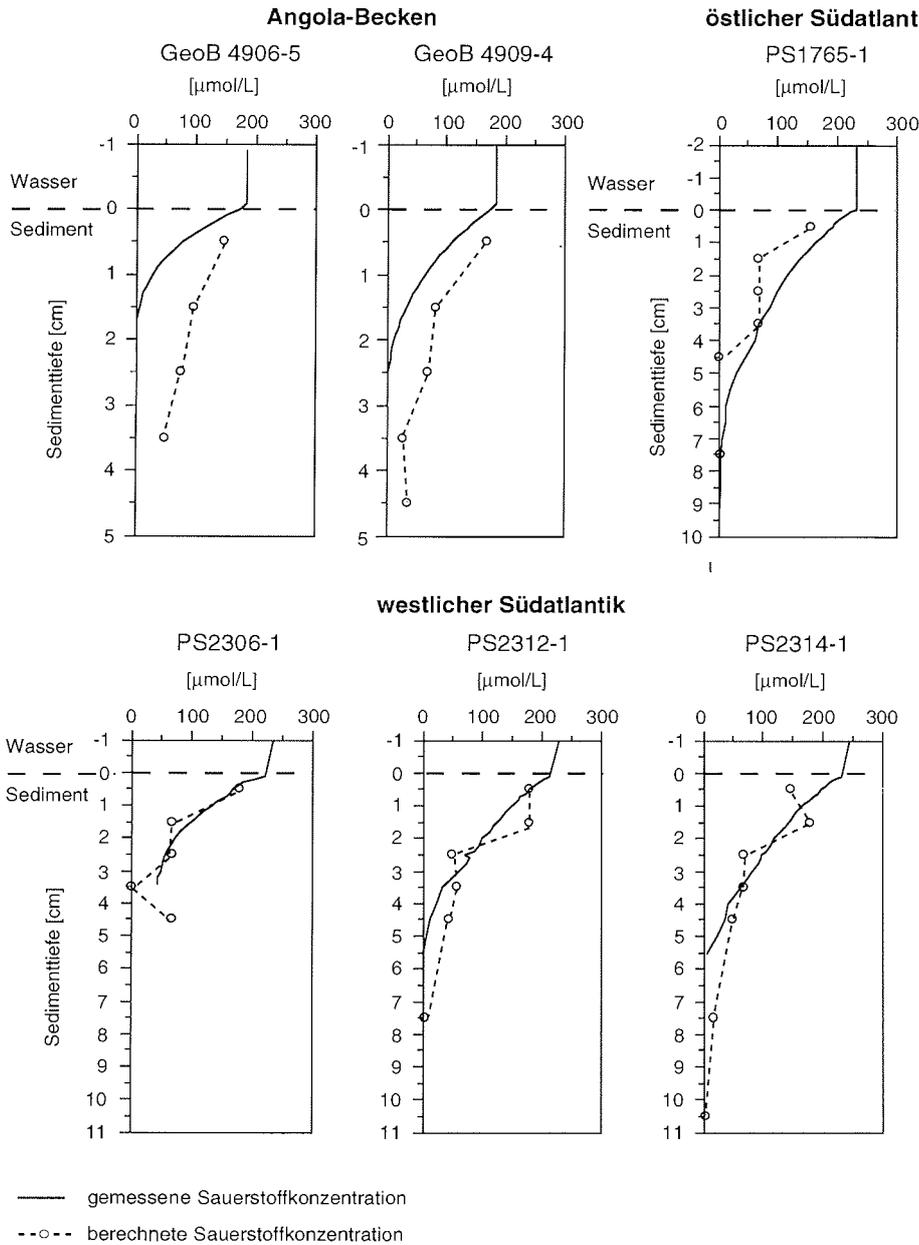
#### 6.5.1. Mikrohabitat und Sauerstoffgehalte im Porenwasser

Eine Abhängigkeit der artspezifischen Verbreitungsmuster benthischer Foraminiferen von den Sauerstoffgehalten des Bodenwassers wurde von KAIHO (1994) nachgewiesen. LOUBERE (1997) beschreibt eine von der Sauerstoffzonierung des Bodenwassers abhängige Faunenverbreitung sowie eine Abhängigkeit der Habitattiefe von der Sauerstoffkonzentration. Die in der Arbeit untersuchten Stationen liegen im Bereich mit hohen Sauerstoffgehalten des Bodenwassers ( $>4,0$  ml/L) (REID 1989). Somit sind an der Sedimentoberfläche keine sauerstoffabhängigen Faunenvariationen zu erwarten. In dieser Arbeit wurden die Faunenverbreitungen im Sediment in Beziehung zu den Sauerstoffgehalten des Porenwassers gesetzt (Abb. 6.24). Dabei zeigte sich, daß Sedimente mit niedrigen Sauerstoffeindringtiefen ( $<10$  cm) eine Infauna mit Siedlungsmaxima unter der Sedimentoberfläche aufweisen. Sedimente mit einer hohen Sauerstoffeindringtiefe ( $>20$  cm) werden von einer nahezu uniformen Fauna ohne Infauna B2 besiedelt.

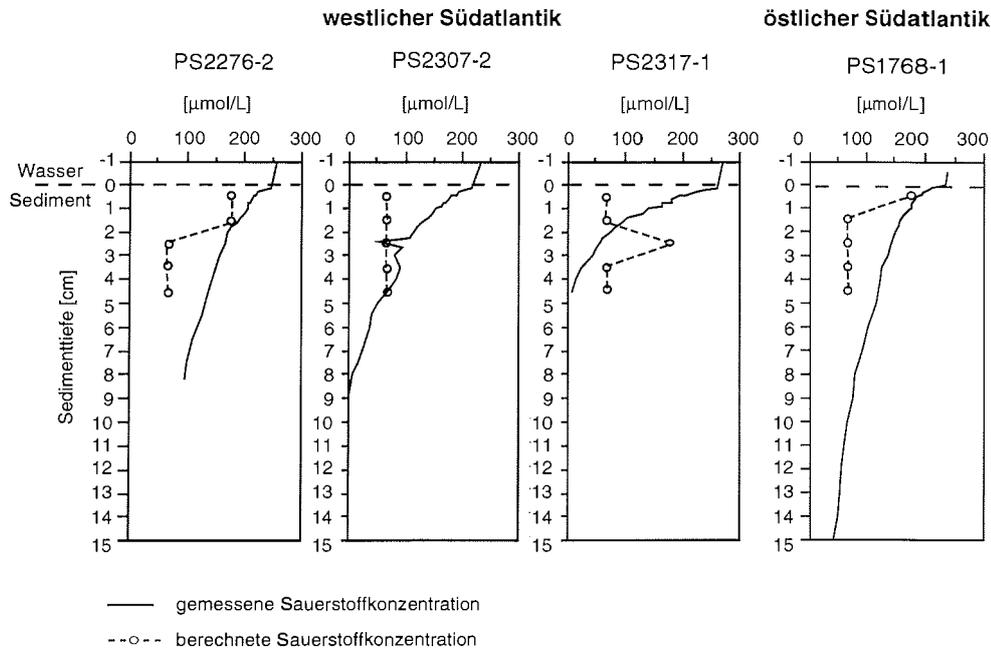
Die Infauna B2 in Sedimenten mit geringen Sauerstoffgehalten wird von den Arten *Fursenkoina earlandi*, *Melonis zaandamae*, *M. barleeaanum* und *Chilostomella oolina* gebildet. KAIHO (1994) stellt diese Arten in sub- und dysoxischen Gruppen. Die Gruppe der suboxischen Arten kommt in Sauerstoffgehalten von 1,5 bis 0,3 ml/L, die Gruppe der dysoxischen Foraminiferen in Sauerstoffgehalten zwischen 0,3 und 0,1 ml/L vor (vergl. Kap. 4.8). Im Untersuchungsgebiet weist das Bodenwasser Sauerstoffgehalte über 4,0 ml/L auf. Daher sind die Arten der sub- und dysoxischen Gruppen nicht an der Grenzschicht Sediment/Bodenwasser zu erwarten. Die Arten der sub- und dysoxischen Gruppen kommen im Untersuchungsgebiet im Sediment vor. Daher wurde der Sauerstoffgehalt mit dem Benthischen-Foraminiferen-Sauerstoff-Index (BFOI) nach KAIHO (1994) für das Porenwasser und nicht für das Bodenwasser berechnet. Für die Berechnung wurden die lebenden Individuen herangezogen, da diese die Situation des Sediments zum Zeitpunkt der Probennahme widerspiegeln. Die von KAIHO (1994) aufgestellte Liste der Arten in Relation zur Sauerstoffzonierung wurde um Arten aus den eigenen Untersuchungen erweitert (s. Kap. 4.8). Die Zuordnung erfolgte nach Mikrohabitaten und Vergleichen der Vorkommen mit Sauerstoffprofilen im Porenwasser. Die berechneten Werte des Sauerstoffgehalts des Porenwassers können an 19 Stationen mit gemessenen Werten verglichen werden. Das Ergebnis zeigen die Abbildungen 6.25 und 6.26. An Stationen mit geringen Sauerstoffeindringtiefen geben die berechneten Werte gut die Sauerstoffgehalte des Porenwassers wieder. Dagegen zeigt sich, daß in Sedimenten mit einer hohen Sauerstoffeindringtiefe die berechneten Sauerstoffgehalte nicht mit den gemessenen Werten übereinstimmen.



**Abb. 6.24:** Siedlungsdichten einiger Arten in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe für eine Station mit großer Sauerstoffeindringtiefe (östlicher Südatlantik) und für eine Station mit geringer Sauerstoffeindringtiefe (westlicher Südatlantik) zusammen mit den Sauerstoffprofilen des Porenwassers (RUTGERS VAN DER LOEFF & BERGER 1991 (östlicher Südatlantik); SCHLÜTER ET AL. 1993 (westlicher Südatlantik)). Sauerstoffzonierung nach KAIHO (1994).



**Abb. 6.25:** Vergleich der gemessenen und mit dem BFOI berechneten Sauerstoffgehalt im Porenwasser. Dargestellt sind Stationen mit einer niedrigen Sauerstoffeindringtiefe. Gemessene Sauerstoffdaten nach: WENZHÖFER, im Druck (Angola-Becken); RUTGERS VAN DER LOEFF & BERGER 1991 (östlicher Südatlantik); SCHLÜTER ET AL. 1993 (westlicher Südatlantik).



**Abb. 6.26:** Vergleich der gemessenen und mit dem BFOI berechneten Sauerstoffgehalt im Porenwasser. Dargestellt sind Stationen mit einer großen Sauerstoffeindringtiefe. Gemessene Sauerstoffdaten nach: RUTGERS VAN DER LOEFF & BERGER1991 (östlicher Südatlantik); SCHLÜTER ET AL. 1993; Schlüter unpub. Daten (westlicher Südatlantik)

### 6.5.2. Nahrungsangebot und Mikrohabitatansprüche

Um die Abhängigkeit des Mikrohabitats neben dem Sauerstoffgehalt auch von dem Nahrungsangebot zu erkennen, wurden die Gehalte an organischem Material mit den Faunen und den Siedlungsdichten der einzelnen Arten in Beziehung gesetzt. Dabei muß berücksichtigt werden, daß das organische Material nicht die Menge der für benthische Foraminiferen verfügbaren Nahrungsmenge ist. Auch muß beachtet werden, daß benthische Foraminiferen verschiedene Strategien der Nahrungsaufnahme haben. Daneben stellen verschiedene Arten unterschiedliche Anforderungen an den Zustand des organischen Materials (MURRAY 1991; CARALP 1989).

Im südlichen Südatlantik sind die Anteile an organischem Material im Sediment verhältnismäßig niedrig. Sie liegen zwischen 0,2 und 1,0 Gew.%. Dagegen weist das Angola-Becken relativ hohe organische Kohlenstoffgehalte im Sediment auf (0,8 bis 4,0 Gew.%). Sedimente mit hohen organischen Kohlenstoffgehalten weisen niedrige Sauerstoffeindringtiefen auf. In diesen Sedimenten nimmt der organische Kohlenstoffgehalt bis in 15 cm Teufe nur gering bzw. gar nicht ab (Kap. 3.4.2, Abb. 3.8). In Sedimenten mit niedrigen Gehalten an organischen Material

und einer Abnahme des organischen Materials mit zunehmender Teufe ist die Sauerstoffeindringtiefe groß (Kap. 3.4.2, Abb. 3.8). Die infaunalen Arten mit einem Siedlungsmaximum unterhalb der Sedimentoberfläche und ihre Vergesellschaftungen kommen bevorzugt in Sedimenten mit einem erhöhten organischen Kohlenstoffgehalt vor. Die Stationen am Scotia-Rücken haben höhere organische Kohlenstoffgehalte im Sediment (0,8 bis 1,0 Gew.%). Hier kommen besonders wie auch im Angola-Becken die *Fursenkoina earlandi* dominierten Faunen vor. Die Vorkommen von *F. earlandi* am Meteor-Rücken liegen im Verhältnis zu den umliegenden Stationen in Sedimenten mit relativ hohen organischen Kohlenstoffgehalten. Arten, die Sedimente mit besonders niedrigen organischen Kohlenstoffgehalten bevorzugen, konnten nicht beobachtet werden.

Die Siedlungsdichten nehmen mit zunehmender Wassertiefe ab (Abb. 6.4). Ebenso nehmen die organischen Kohlenstoffflüsse mit zunehmender Wassertiefe ab (BERGER 1989). Die BFAR wird daher als ein Proxy für Primärproduktion angesehen (HERGUERA & BERGER 1991). In dieser Arbeit wurden für 12 Stationen die Primärproduktionen für zwei verschiedene BFAR berechnet. Die BFAR1 wird aus der Lebend-Fauna und der Tot-Fauna der Sedimentoberfläche berechnet. Die BFAR2 dagegen wird aus der Tot-Fauna der Sedimentoberfläche und aus der Gesamt-Fauna berechnet. Die Berechnung mit der BFAR2 basiert auf der Annahme, daß diese Fauna die Gesamtheit einer Thanatozönose widerspiegelt. Die Berechnungen basieren auf der vollständigen Fauna. Zu Vergleichen und zur Überprüfung auf die Anwendbarkeit in der Paläozeanographie wurden außerdem die beiden BFAR auch für den potentiell fossilen Datensatz berechnet. Der potentiell fossile Datensatz enthält die kalkig-perforaten Arten und nur wenige agglutinierende Foraminiferen (MACKENSEN ET AL. 1990, MACKENSEN ET AL. 1993a; SCHMIEDL ET AL. 1997). Agglutinierende Foraminiferen bauen ihr Gehäuse aus Fremdpartikeln, die mit einer organischen Schicht zementiert werden. Dieser organische Zement wird bei postmortalen Individuen von Bakterien zersetzt. Schon nach kurzer Zeit (wenige Wochen) lassen sich Veränderungen des organischen Zementes feststellen (BENDER 1989). Daher sind die meisten rezenten agglutinierenden Foraminiferenarten fossil nicht erhaltungsfähig. Als Referenz für die Primärproduktion wird die "Dahlem Karte" (BERGER 1989) herangezogen.

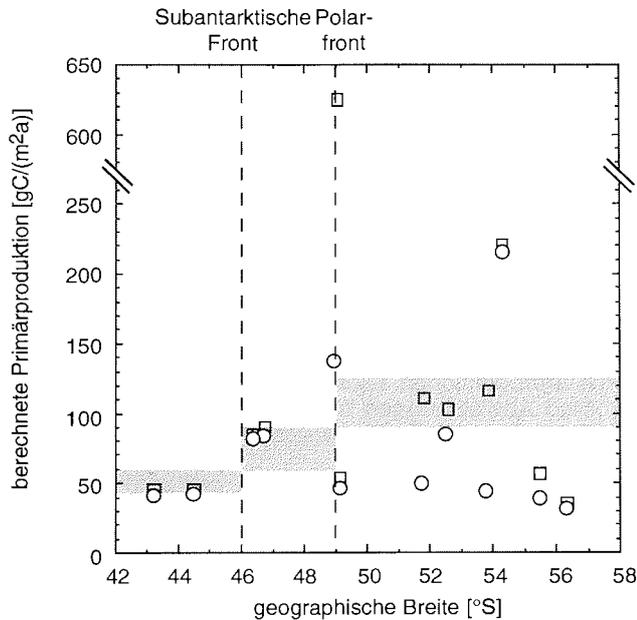
Die berechneten Primärproduktionen für die BFAR1 und BFAR2 der vollständigen Faunen unterscheiden sich nur geringfügig, ca. um  $4,8 \text{ gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$  (Abb. 6.27, Tab. 6.7). Die größten Abweichungen zwischen BFAR1 und BFAR2 sind im Süden mit bis zu  $20,1 \text{ gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$  zu finden. Die berechneten Primärproduktionen zeigen für die vollständige Fauna z.T. starke Abweichungen von den in der "Dahlem Karte" angegebenen Primärproduktionen. Dies gilt sowohl für die BFAR1 als auch für die BFAR2. Die größten Abweichungen treten südlich der Polarfront auf. Besonders nahe an der Polarfront weichen die Werte stark ab, z.T. mit sehr hohen Werten von  $627 \text{ gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$  bzw.  $631 \text{ gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$ .

Die Berechnung der Primärproduktionen aus dem potentiell fossilen Datensatz unterscheidet sich für die BFAR1 und die BFAR2 nur geringfügig, im Mittel um  $2,3 \text{ gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$ , der maximale Unterschied beträgt  $10,4 \text{ gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$  (Tab. 6.7). Die berechneten Werte liegen in der Subantarktischen Zone knapp unterhalb der in der "Dahlem Karte" angegebenen Primärproduktionen. Für die Stationen in der Polarfrontzone stimmen die berechneten Werte gut mit den Werten der "Dahlem Karte" überein. An der Polarfront und südlich davon sind die berechneten Werte häufig niedriger als die in der "Dahlem-Karte" angegebenen Werte.

## 6. Benthische Foraminiferenfaunen

**Tab. 6.7:** Vergleich der Primärproduktionsberechnung nach HERGUERA & BERGER (1991). Angegeben sind die Primärproduktionen [gC·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>] nach der "Dahlem Karte" (BERGER 1989) sowie die berechneten Primärproduktionen. Die Berechnung erfolgte aus der vollständigen Fauna und aus der potentiell fossilen Fauna.

Station Nr.	PP-Dahlem Karte	berechnete Primärproduktion			
		PP-Oberfläche	PP-gesamt	PP-pot. fossil Oberfläche	PP-pot. fossil gesamt
PS2082-3	45-60	45	47	41	41
PS1754-2	60-90	91	92	82	83
PS1768-1	90-125	103	115	84	88
PS1772-6	90-125	57	58	38	39
PS2083-1	60-90	85	88	81	81
PS1751-2	45-60	46	46	43	43
PS1765-1	90-125	111	119	50	60
PS1773-2	90-125	35	36	31	31
PS1778-1	45-90	628	631	138	138
PS2087-1	60-90	54	55	46	46
PS2091-1	90-125	116	136	43	52
PS2095-1	90-125	221	224	216	218



**Abb. 6.27:** Mit der BFAR nach HERGUERA & BERGER (1991) berechnete Primärproduktionsraten aufgetragen gegen die geographische Breiten. Berechnet wurden die Primärproduktionsraten mit der BFAR1 der vollständigen Fauna (□) und mit der BFAR1 des potentiell fossilen Datensatzes. Die graue Schattierung gibt die Primärproduktionsrate nach der "Dahlem Karte" (BERGER 1989) wieder.

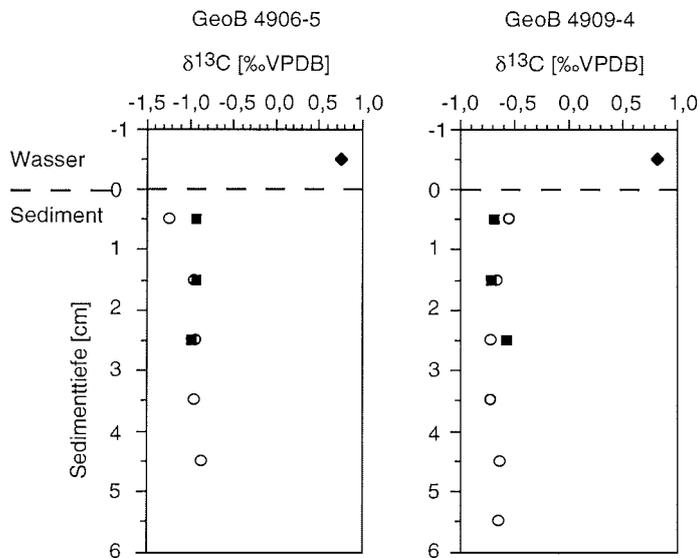
### 6.6. Isotopenmessungen an Gehäusen benthischer Foraminiferen

Die Isotopenmessungen wurden an den infaunalen Arten Typ A1 *Trifarina angulosa* und *Uvigerina peregrina*, an *Bulimina aculeata* und an der infaunalen Art Typ B2 *Melonis zaandamae* vorgenommen. Gemessen wurden die Verhältnisse stabiler Isotope von Sauerstoff und Kohlenstoff. Für die Messungen wurden die Schalen sowohl lebender als auch toter Individuen getrennt genommen. Um ontogenetische Effekte auszuschließen wurden nahezu gleichgroße Gehäuse genommen. Weiterhin wurden an den Stationen im Angola-Becken die Isotopenverhältnisse des gelösten anorganischen Kohlenstoffs im überstehenden Bodenwasser gemessen. Die Isotopenverhältnisse im Bodenwasser sind auch für das südliche Arbeitsgebiet gemessen worden (MACKENSEN ET AL. 1993b).

#### 6.6.1. $\delta^{13}\text{C}$ -Messungen

Die Messungen der  $\delta^{13}\text{C}$ -Verhältnisse von *Uvigerina peregrina* wurde an zwei Stationen im Angola-Becken vorgenommen (Abb. 6.28).

Die Stationen liegen im Einflußbereich des NADWs, der  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert des Bodenwassers beträgt 0,76 bis 0,82 ‰. Die Messungen zeigen Isotopenwerte zwischen -1,23 und -0,854 ‰ für die Gehäuse toter Individuen und Werte zwischen -0,97 und -0,92 ‰ für die Gehäuse lebender Individuen. Die Werte ändern sich in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe nicht. Die Abweichung der Werte zwischen lebenden und toten Individuen ist gering, unter 0,2 ‰ und damit nicht signifikant.



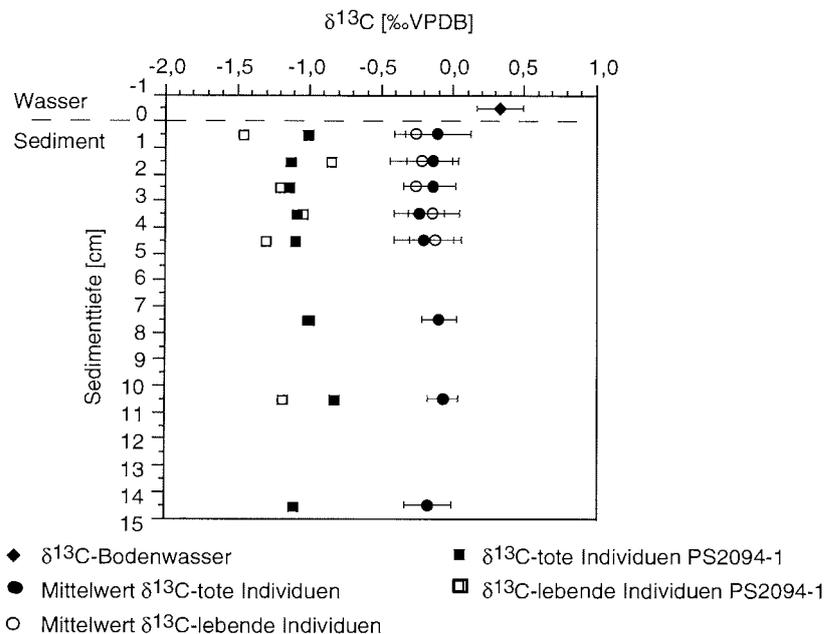
**Abb. 6.28:** Gemessene  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von lebenden (■) und toten (○) Individuen der Gattung *Uvigerina peregrina* und  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert des Bodenwassers (◆) aus dem Angola-Becken

## 6. Benthische Foraminiferenfaunen

An insgesamt 9 Stationen konnten die Isotopenzusammensetzungen in Gehäusen der Art *Bulimina aculeata* gemessen werden. Acht Stationen liegen in der Nähe von Bouvet in Wassertiefen zwischen 1900 und 500 m im CDW. Die Station PS1777-7 liegt in 2500 m Wassertiefe auf dem Mittelatlantischen Rücken im NADW. Das CDW weist  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte zwischen -0,28 und -0,45 ‰ auf. Im NADW liegt der  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert bei 0,64 ‰ (MACKENSEN ET AL. 1993b). Die Isotopenwerte für *B. aculeata* liegen an allen Stationen mit Ausnahme von PS2094-1 unabhängig von lebenden oder toten Individuen zwischen 0,03 und -0,55 ‰. Die Werte für *B. aculeata* der Station PS2094-1 sind um ca. 1 ‰ leichter als an den anderen Stationen (Tab. 6.8, Abb. 6. 29). An allen Stationen ändern sich die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte sowohl für lebende als auch für tote Individuen von *B. aculeata* in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe nicht.

**Tab. 6.8:**  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Bodenwassers (MACKENSEN ET AL. 2000) und der lebenden und toten Individuen von den Arten *Bulimina aculeata* (MACKENSEN ET AL. 2000) und *Trifarina angulosa* (SCHMIDT 1997 und diese Arbeit). Die Mittelwerte geben den Mittelwert aller Messungen für die Station an.

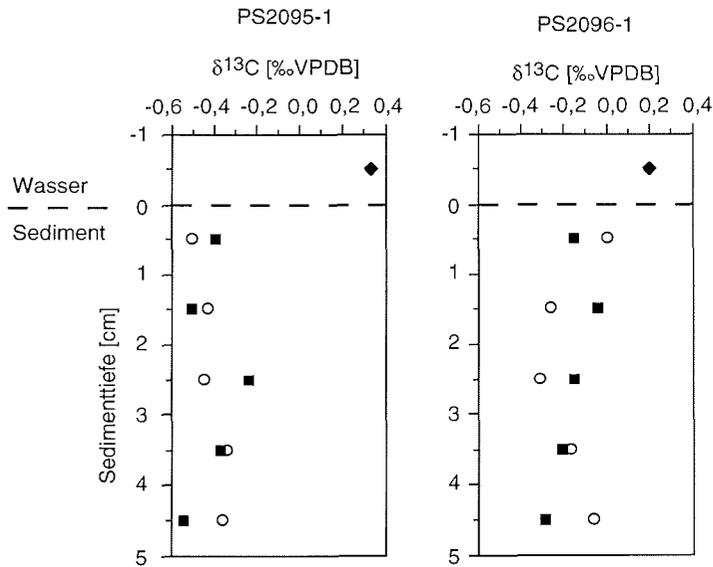
Station	Isotopen-Werte $\delta^{13}\text{C}$		Sedimenttiefe [cm]							Mittelwert	
	Bodenwasser	Taxa	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	7-8	10-11		14-15
PS1771-4	0,28	<i>B. aculeata</i> lebend	-0,45	-0,47	-0,31	-0,45	-0,18				-0,37
		<i>B. aculeata</i> tot	-0,33	-0,29	0,01	-0,35	-0,40	-0,14			-0,25
PS1777-7	0,64	<i>B. aculeata</i> lebend	-0,25	-0,11	-0,07	0,11	0,11				-0,04
		<i>B. aculeata</i> tot	0,08	0,08	0,02	0,08	0,12	0,12	0,03	0,00	0,07
PS2092-1	0,32	<i>B. aculeata</i> lebend	-0,26	-0,01	-0,41	-0,08	-0,15				-0,18
		<i>B. aculeata</i> tot	-0,34	0,10	0,02	-0,38	-0,36	-0,11			-0,18
PS2093-1	0,45	<i>B. aculeata</i> lebend	-0,04	0,00	-0,17	-0,02	0,19				-0,01
		<i>B. aculeata</i> tot	0,03	0,02	-0,03	-0,04	0,06	-0,07	0,01		0,00
PS2094-1	0,33	<i>B. aculeata</i> lebend	-1,45	-0,85	-1,20	-1,04	-1,29	-1,00	-1,18		-1,14
		<i>B. aculeata</i> tot	-1,01	-1,13	-1,14	-1,08	-1,09	-1,01	-0,83	-1,10	-1,05
PS2095-1	0,33	<i>B. aculeata</i> lebend	-0,47	-0,13	-0,26	-0,30	-0,34				-0,30
		<i>B. aculeata</i> tot	0,24	-0,35	-0,28	-0,40	-0,40				-0,24
		<i>T. angulosa</i> lebend	-0,39	-0,50	-0,23	-0,37	-0,54				-0,41
		<i>T. angulosa</i> tot	-0,50	-0,43	-0,44	-0,33	-0,36				-0,41
PS2096-1	0,2	<i>B. aculeata</i> lebend	-0,26	-0,55	-0,28	-0,10	-0,13				-0,26
		<i>B. aculeata</i> tot	-0,02	-0,14	-0,31	-0,22	-0,17				-0,17
		<i>T. angulosa</i> lebend	-0,15	-0,04	-0,15	-0,21	-0,29				-0,17
		<i>T. angulosa</i> tot	0,00	-0,25	-0,31	-0,17	-0,06				-0,16
PS2097-1	0,11	<i>B. aculeata</i> lebend	-0,28	-0,26	-0,21	-0,14	-0,27				-0,23
		<i>B. aculeata</i> tot	-0,15	-0,23	-0,29	-0,29	-0,22	-0,20	-0,12	-0,33	-0,23
PS2098-1	0,27	<i>B. aculeata</i> lebend	-0,01		-0,31		-0,17				-0,16
		<i>B. aculeata</i> tot	-0,36	-0,28	-0,23	-0,25	-0,28	-0,20	-0,19	-0,17	-0,24



**Abb. 6.29:**  $\delta^{13}\text{C}$ -Mittelwerte von lebenden und toten Individuen der Gattung *Bulimina aculeata* von 8 Stationen aus dem südlichen Südatlantik und  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von der Station PS2094-1 dargestellt gegen die Sedimenttiefe. Zusätzlich sind die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Bodenwassers dargestellt. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung der 8 Stationen wieder. Nach MACKENSEN ET AL. 2000.

Da alle Messungen sowohl für die toten als auch für die lebenden Individuen keine Abhängigkeit der Isotopenwerte von der Sedimenttiefe erkennen lassen, wurden für die Stationen Mittelwerte für die lebenden und die toten Individuen berechnet. Diese Mittelwerte liegen alle zwischen 0 und  $-0,41$  ‰. Die Abweichung der Mittelwerte vom  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert des Bodenwassers liegt zwischen  $0,46$  bis  $0,74$  ‰. An der Station PS2094-1 ist die Differenz zwischen Bodenwasserisotopenwert und Mittelwert der Isotopenzusammensetzung der lebenden und toten Individuen verhältnismäßig groß (ca.  $1,4$  ‰).

An den beiden Stationen in 500 m Wassertiefe bei Bouvet konnte neben *Bulimina aculeata* auch an Gehäusen von *Trifarina angulosa* die Isotopenzusammensetzung gemessen werden (Abb. 6.30). *Trifarina angulosa* weist etwas leichtere Isotopenwerte als *B. aculeata* auf. *Trifarina angulosa* zeigt in den Isotopenwerten ebenfalls keine Abhängigkeit von der Sedimenttiefe. Daher wurden auch hier Mittelwerte berechnet (Tab. 6.8). Die Mittelwerte schwanken zwischen  $-0,16$  und  $-0,30$  ‰. Ihre Abweichung vom  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert des Bodenwassers beträgt  $0,6$  bis  $0,44$  ‰.



**Abb. 6.30:** Gemessene  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von lebenden (■) und toten (○) Individuen der Gattung *Trifarina angulosa* und  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert des Bodenwassers (◆) aus dem südlichen Südatlantik

An der Station PS2092-1 konnten die Gehäuse von *Melonis zaandamae* gemessen werden. Die Isotopenwerte lebender Individuen zeigen mit zunehmender Sedimenttiefe eine Tendenz zu leichteren Werten. Die Werte reichen von -1,89 bis -2,41 ‰. Die Werte der toten Individuen zeigen keine Variationen mit zunehmender Sedimenttiefe.

#### 6.6.2. $\delta^{18}\text{O}$ -Messung

Die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte für die Gehäuse von *Uvigerina peregrina* im Angola-Becken liegen sowohl für die lebenden als auch für die toten Individuen zwischen 2,8 und 3,0 ‰. Eine Änderung der Isotopenverhältnisse in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe ist nicht zu erkennen (Tab. 6.9).

Die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte für *Bulimina aculeata* schwanken für die leeren und gefärbten Gehäuse zwischen 2,9 und 3,8 ‰. Die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte zeigen an den meisten Stationen sowohl für lebende als auch für tote Individuen in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe keine signifikanten Schwankungen (Tab. 6.9). An wenigen Stationen nehmen die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte für die lebenden und/oder die toten Individuen mit zunehmender Sedimenttiefe ab. Die Messung von *Trifarina angulosa* an den Stationen PS2095-1 und PS2096-1 zeigen für die lebenden Individuen keine Abhängigkeit von der Sedimenttiefe. Die Werte liegen zwischen 3,37 und 3,89 ‰. Für die leeren Gehäuse zeigt PS2095-1 einen Trend zu leichteren Werten mit zunehmender Sedimenttiefe. Die  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopenwerte für *Melonis zaandamae*

zeigen sowohl für die leeren als auch für die gefärbten Gehäuse keine signifikanten Variationen. Die Werte schwanken zwischen 2,94 und 2,40 ‰ bzw. 2,10 ‰.

**Tab. 6.9:**  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopenwerte lebender und toter Individuen von den Arten *Bulimina aculeata* (MACKENSEN ET AL. 2000) und *Trifarina angulosa* (SCHMIDT 1997 und diese Arbeit).

#### Isotopen-Werte $\delta^{18}\text{O}$

Station	Taxa		Sedimenttiefe (cm)								
			0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	7-8	10-11	14-15	
PS1771-4	<i>B. aculeata</i>	lebend	3,55	3,11	3,38	3,15	2,94				
	<i>B. aculeata</i>	tot	3,8	3,45	3,59	3,49	3,54	3,55			
PS1777-7	<i>B. aculeata</i>	lebend	3,19	2,93	3,24	3,24	3,22				
	<i>B. aculeata</i>	tot	3,6	3,22	3,29	3,27	3,31	3,3	3,27	3,23	
PS2092-1	<i>B. aculeata</i>	lebend	3,75	3,46	2,97	3,45	3,47				
	<i>B. aculeata</i>	tot	3,77	3,49	3,42	3,15	3,1	3,49			
PS2093-1	<i>B. aculeata</i>	lebend	3,78	3,39	3,08	3,32	3,43				
	<i>B. aculeata</i>	tot	3,74	3,43	3,44	3,45	3,44	3,43	3,43		
PS2094-1	<i>B. aculeata</i>	lebend	3,6	3,83	3,79	3,81	3,83	3,96	3,62		
	<i>B. aculeata</i>	tot	3,73	3,36	3,44	3,42	3,4	3,39	3,37	3,82	
PS2095-1	<i>B. aculeata</i>	lebend	3,78	3,57	3,37	3,52	3,57				
	<i>B. aculeata</i>	tot	3,76	3,69	3,51	3,56	3,45				
	<i>T. angulosa</i>	lebend	3,86	3,46	3,6	3,57	3,53				
	<i>T. angulosa</i>	tot	3,89	3,75	3,7	3,63	3,59				
PS2096-1	<i>B. aculeata</i>	lebend	3,4	3,01	3,3	3,47	3,4				
	<i>B. aculeata</i>	tot	3,48	3,53	3,52	3,35	3,54				
	<i>T. angulosa</i>	lebend	3,44	3,49	3,43	3,45	3,37				
	<i>T. angulosa</i>	tot	3,62	3,52	3,58	3,53	3,63				
PS2097-1	<i>B. aculeata</i>	lebend	3,18	3,41	3,3	3,44	3,31				
	<i>B. aculeata</i>	tot	3,48	3,36	3,45	3,41	3,44	3,38	3,43	3,36	
PS2098-1	<i>B. aculeata</i>	lebend	3,42		3,31		3,04				
	<i>B. aculeata</i>	tot	3,44	3,4	3,49	3,54	3,4	3,53	3,54	3,5	

## 7. Diskussion

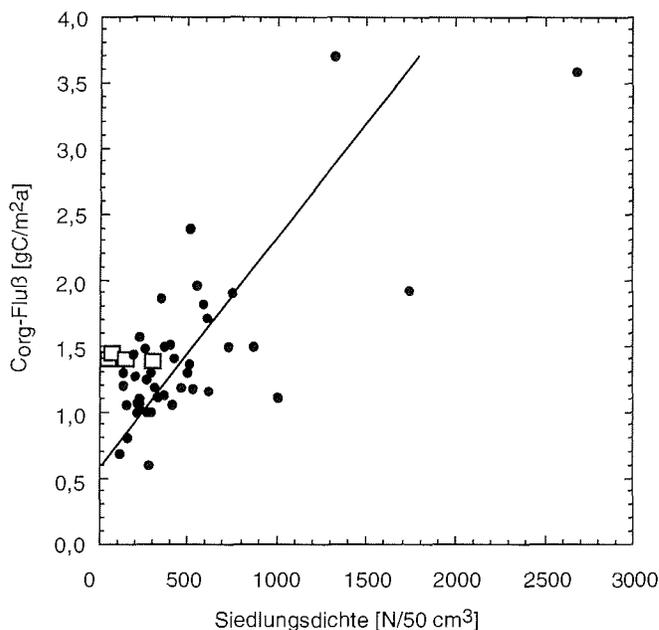
Abiotische und biotische Eigenschaften des Boden- und Porenwassers steuern im Zusammenspiel die Verbreitung und Zusammensetzung benthischer Foraminiferenfaunen (MURRAY 1991). Derzeit werden Nährstoffangebot und Sauerstoffgehalt des Boden- und des Porenwassers als wichtigste Steuerungsparameter benthischer Foraminiferenfaunen und ihrer vertikalen Verbreitung angesehen (ALVE & BERNHARD 1995; BERNHARD ET AL. 1997; GOODAY & RATHBURN 1999, KAIHO 1999). In den eigenen Untersuchungen wird die Bedeutung des Nährstoffangebotes und der Sauerstoffkonzentration für die Siedlungsdichten, Faunenzusammensetzungen und Mikrohabitate deutlich.

### 7.1. Siedlungsdichten

Siedlungsdichten der Faunen sind in starkem Maße von dem Nahrungsangebot, das von dem organischen Kohlenstofffluß gesteuert wird, abhängig. Die Siedlungsdichten nehmen mit zunehmender Wassertiefe ab (vergl. Kap 6.2.1). Den Einfluß der Wassertiefe auf die Größe der Siedlungsdichten beschreiben auch DESTIGTER ET AL. (1998). Die Kopplung der Siedlungsdichten an die Wassertiefe hängt eng mit dem Nährstofffluß, der mit zunehmender Wassertiefe abnimmt (BERGER 1989), zusammen. Die untersuchten Faunen zeigen eine positive Korrelation der Siedlungsdichten mit dem organischen Kohlenstofffluß (Abb. 7.1). Die Abhängigkeit der Faundichte von dem Nahrungsangebot beschreiben für den Südatlantik SCHMIEDL ET AL. (1997) vom Walfisch-Rücken, MACKENSEN ET AL. 1995 für den Südatlantik südlich 33°S und LUTZE (1986) für das Gebiet vor Nordwest-Afrika. Ebenso werden aus dem Arktischen Ozean eine Abhängigkeit der Siedlungsdichten von dem organischen Kohlenstofffluß beschrieben (WOLLENBURG & MACKENSEN 1998a). Eine enge Beziehung zwischen der Dichte der Foraminiferenbesiedlung, der Primärproduktion und dem organischen Kohlenstofffluß postulieren auch u.a HERGUERA & BERGER (1991). Die Untersuchungen von LOUBERE (1991, 1994, 1998), FARIDUDDIN & LOUBERE (1997) und LOUBERE & FARIDUDDIN (1999) zeigen global die Abhängigkeit benthischer Foraminiferenfaunen von der Primärproduktion auf. Die Siedlungsdichten in den untersuchten Gebieten spiegeln jedoch regional unterschiedliche Primärproduktionen im Südatlantik nicht wider. Die untersuchten Sedimente wurden in verschiedenen Wassertiefen beprobt. Der organische Kohlenstofffluß, hier als Maß für die Nahrungsmenge, ist eine Funktion der Primärproduktion und der Wassertiefe. Daher kann nicht aufgrund der Siedlungsdichte ohne Beachtung der Wassertiefe auf die Produktion rückgeschlossen werden. Aber auch der Vergleich der Siedlungsdichten gleicher Wassertiefe aus unterschiedlichen Produktionszonen zeigt keine unterschiedlichen Primärproduktionsgebiete nach. Die Primärproduktionen nehmen im südlichen Südatlantik zwar an den Fronten sprunghaft zu, die absoluten Unterschiede zwischen den Fronten sind jedoch nicht so groß wie es z.B. zwischen dem offenen Ozean und den Auftriebsgebieten vor Westafrika der Fall ist. Aus diesem Gebiet beschreibt SCHMIEDL ET AL. (1997) eine regionale Abhängigkeit der Siedlungsdichten von verschiedenen Produktionsgebieten im Angola- und Kap-Becken.

Im Gegensatz zu den hohen Siedlungsdichten im Süden bei hohen saisonalen Primärproduktionen sind die Siedlungsdichten der untersuchten Sedimente im Angola-Becken niedrig. Das Angola-Becken ist durch hohe Primärproduktionen im saisonalen Auftriebsgebiet geprägt. Die daraus resultierenden organischen Kohlenstoffflüsse sind hoch (ca. 1,3 gCm<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>). Damit stehen die Ergebnisse der Siedlungsdichten aus dem Angola-Becken im Widerspruch zu den Ergebnissen aus dem südlichen Südatlantik und den Ergebnissen aus der Literatur. Die Sedimente des Angola-Beckens haben hohe organische Kohlenstoffgehalte (bis

4,0 Gew.%, STROTHMANN ET AL. im Druck), die mit sauerstoffarmen Milieus einhergehen. Die Sauerstoffeindringtiefen ins Sediment im Angola-Becken sind mit wenigen Zentimetern (WENZHÖFER ET AL. im Druck) für den Tiefseebereich sehr gering. In sauerstoffarmen Milieus ist die Größe der Siedlungsdichten begrenzt. Die Größe der Siedlungsdichte wird neben dem organischen Kohlenstoff auch von dem Sauerstoffgehalt des Boden- und Porenwassers gesteuert. Diese Kombination der Steuerung der Siedlungsdichten wird nicht nur bei benthischen Foraminiferenfaunen sondern auch bei anderen Benthosgemeinschaften beobachtet. So beschreibt SOLTWEDEL (1997) relativ geringe Siedlungsdichten der Meiofauna >150 µm (Foraminifera, Nematoda, Polychaeta, Harpacioidea, Nauplii und andere) aus dem nördlichen Angola-Becken und dem Golf von Guinea.

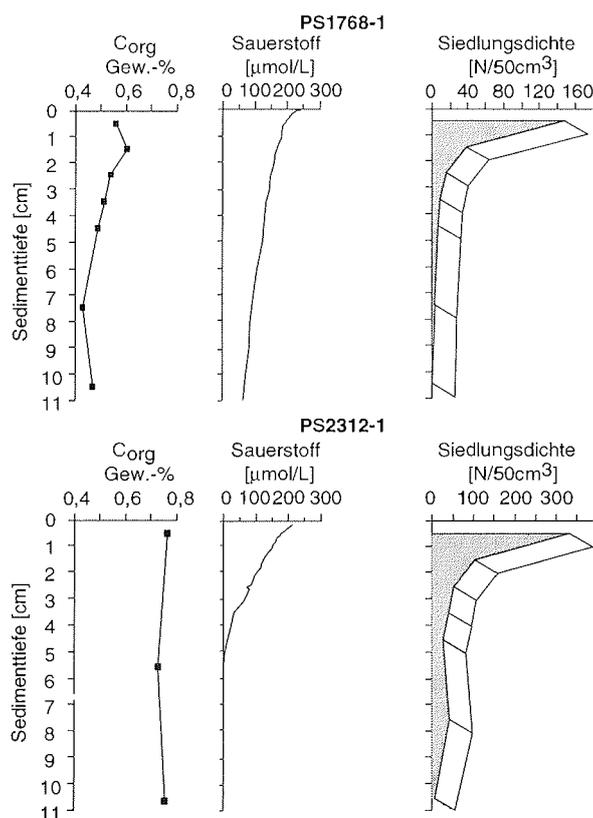


**Abb. 7.1:** Beziehung zwischen dem organischen Kohlenstofffluß und den Siedlungsdichten. Die Siedlungsdichten beziehen sich auf die Gesamtsiedlungsdichten des Angola-Beckens (□) und des südlichen Südatlantiks (●). Der organische Kohlenstofffluß wurde nach BERGER (1989) basierend auf der "Dahlem-Karte" (BERGER 1989) berechnet.

## 7.2. Relative Foraminiferenanzahlen im Sediment, Habitattiefe und Durchschnittliche Lebenstiefe (ALD)

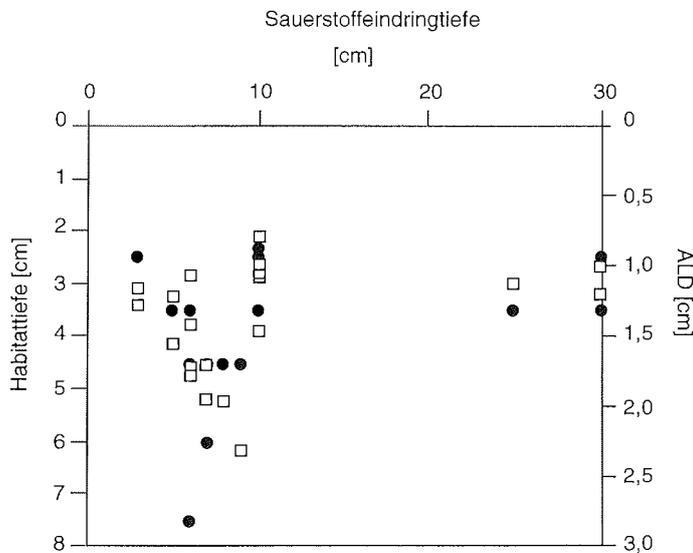
Mit zunehmender Sedimenttiefe ist eine Abnahme der Siedlungsdichten zu beobachten (vergl. Kap. 6.2.1). Die Besiedlung des Sedimentes in die Tiefe ist wie auch die Siedlungsdichte abhängig von einem Zusammenspiel des Nahrungsangebotes und des Sauerstoffgehaltes. Die eigenen Untersuchungen zeigen deutlich das Zusammenwirken von Nahrungsangebot und Sauerstoffgehalt. Sedimente mit einem hohen organischen Kohlenstoffgehalt und geringen Sauerstoffeindringtiefen zeigen gerade in tieferen Sedimenttiefen eine größere Siedlungsdichte als Sedimente mit einem niedrigen organischen Kohlenstoffgehalt (Abb. 7.2). Die Sedimente mit hohen organischen Kohlenstoffgehalten weisen

niedrige Sauerstoffeindringtiefen auf. Dennoch oder gerade deshalb ist das Sediment bis in tiefe Teufen auch im dys- und anoxischen Bereich (Stratifizierung nach KAIHO 1994) besiedelt. Das zeigt auch DESTIGTER ET AL. (1998) in dem hypothetischen Schema zur Mikrohabittiefenvariation. In diesen Sedimenten können die Habittiefen (SHIRAYAMA 1984) und die Allgemeinen Lebenstiefen (JORISSEN ET AL 1995) besonders groß sein (Abb. 7.3). Im Vordergrund der Diskussion zur Besiedlung des Sediments auch in tieferen Sedimenttiefen steht vielfach das Nahrungsangebot (CORLISS & EMERSON 1990; LOUBERE ET AL. 1993; SHIRAYAMA 1984; CORLISS 1991). Dagegen wird die Bedeutung des Sauerstoffs noch kontrovers diskutiert (BARMAWIDJAJA ET AL. 1992; JORISSEN ET AL. 1992; JORISSEN ET AL. 1995). Allgemein wird akzeptiert, daß einige Arten Sauerstoffminima im Sediment tolerieren und überdauern können (BERNHARD 1986, SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO 1993, ALVE 1994, ALVE & BERNHARD 1995). In der jüngeren Literatur wird immer mehr das Zusammenspiel von Sauerstoff und organischen Kohlenstoffgehalten verdeutlicht. Auch die untersuchten Sedimente machen dieses Zusammenspiel deutlich. Die Sedimente des südlichen Südatlantik sind überwiegend bis in 8 cm Sedimenttiefe besiedelt; die Sedimente mit niedrigen Sauerstoffeindringtiefen (bis ca. 6 cm) und hohen organischen



**Abb. 7.2:** Sauerstoffgehalte, organische Kohlenstoffgehalte und Siedungsdichten im Vergleich für eine Station mit hoher Sauerstoffeindringtiefe und niedrigeren organischen Kohlenstoffgehalten (PS1768-1) und für eine Station mit niedriger Sauerstoffeindringtiefe und höheren organischen Kohlenstoffgehalten (PS2312-1). Organischer Kohlenstoff nach Kuhn, unpub. Daten, Sauerstoffdaten nach RUTGERS VAN DER LOEFF & BERGER (1991) (östlicher Südatlantik), SCHLÜTER ET AL. (1993) (westlicher Südatlantik).

Kohlenstoffgehalten im Scotia-Meer können bis in 11 cm Sedimenttiefe besiedelt sein. Dagegen sind die nährstoffreichen Sedimente des Angola-Beckens mit Sauerstoffeindringtiefen von nur wenigen Zentimetern bis maximal 5 cm Tiefe besiedelt. Die in wenigen Zentimetern einsetzenden anoxischen Bedingungen verhindern hier trotz des hohen Nahrungsangebotes eine Ausbreitung der Fauna bis in tiefere Sedimenttiefen. Die anoxische Zone ist immer nur wenige Millimeter bis wenige Zentimeter besiedelt.



**Abb. 7.3:** Beziehung zwischen Sauerstoffeindringtiefe und Habitattiefe (●) bzw. Durchschnittliche Lebenstiefe (ALD) (□).

### 7.3. Mikrohabitate

In der vorliegenden Untersuchung konnten fünf verschiedene Mikrohabitatstypen unterschieden werden. Verschiedene Mikrohabitatansprüche ermöglichen eine größtmögliche Besiedlung des Lebensraums und für die Individuen die Möglichkeit sich eine Vielzahl ökologischer Nischen zu erschließen. An der Sedimentoberfläche liegt frisches, im Sediment älteres organisches Material vor. Grundvoraussetzung für die Besiedlung der Sedimentsäule sind die unterschiedlichen Möglichkeiten der Nahrungsaufnahme (LIPPS 1983, JORISSEN 1999). Mit einher geht die Fähigkeit niedrige Sauerstoffgehalte zu tolerieren (BERNHARD 1986, BERNHARD 1992, SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO 1993, ALVE 1994, ALVE & BERNHARD 1995).

Im Folgenden werden die Mikrohabitate diskutiert. Ein Augenmerk liegt dabei bevorzugt auf den kalkschaligen Foraminiferen, da diese für paläozeanographische Rekonstruktionen herangezogen werden. Agglutinierende Arten sind in den jüngeren geologischen Ablagerungen selten fossil erhaltungsfähig.

### 7.3.1. Epifauna

In den Untersuchungsgebieten zählen *Cibicidoides wuellerstorfi*, *C. kullenbergi*, *Epistominella exigua*, *Gyroidinoides soldanii*, *Hoeglundia elegans*, *Globocassidulina rossensis* und *Nuttallides umbonifer* zu den epifaunalen Arten. Epifaunale Arten sind stark an die Beschaffenheit des Bodenwassers gebunden. Da das Bodenwasser der Untersuchungsgebiete oxisch ist, kann davon ausgegangen werden, daß epifaunale Arten in sauerstoffreichen Milieus vorkommen. An der Grenze Wasser/Sediment wird frisches, leicht abbaubares organisches Material akkumuliert. Epifaunale Arten, die in dieser Arbeit beschrieben werden, können als abhängig von frischem organischem Material angesehen werden. Nach JORISSEN (1999) sind Arten mit einem Siedlungsmaximum an der Sedimentoberfläche an frisches organisches Material gebunden. Besonders für *E. exigua* wird immer wieder eine Abhängigkeit von frischem Phytodetritus beschrieben (GOODAY 1988, GOODAY 1993, SCHMIEDL ET AL. 1997). *Epistominella exigua* und ihre Vergesellschaftungen sind im Angola-Becken und im östlichen Südatlantik verbreitet. Im südlichen Südatlantik nördlich der Polarfront wird die größte Menge der Primärproduktion in den Frühjahrs- und Frühsommermonaten gebildet. *Epistominella exigua* kommt hier zahlreich vor. Sie kommt jedoch nicht zwingend in Gebieten mit einer hohen Primärproduktion vor (SCHMIEDL ET AL. 1997). Das Scotia-Meer ist ein Gebiet mit hohen Primärproduktionen und hohen organischen Kohlenstoffgehalten im Sediment. Hier ist *E. exigua* seltener als im östlichen Südatlantik. Die typische opportunistische Art reagiert auf plötzlichen Nahrungseintrag mit einer starken Reproduktion (GOODAY 1988, GOODAY & LAMBSHEAD 1989). Nach JORISSEN (1999) verhalten sich die Arten der Gattung *Gyroidinoides* ähnlich wie *E. exigua*. Die eigenen Untersuchungen zeigen nur für *G. soldanii* ein epifaunales Mikrohabitat. *Gyroidinoides umbonatus* und *G. polius* zeigen ein infaunales A1 Mikrohabitat. Diese beiden Arten sind sowohl im Angola-Becken als auch im südlichen Südatlantik verbreitet. Sie kommen im südlichen Südatlantik bis in 5 cm Sedimenttiefe, und im Angola-Becken bis in 2 cm Sedimenttiefe vor. Daß epibenthische Foraminiferen stark von der Nahrung abhängig sind, zeigen auch die Untersuchungen von HEEGER (1990) zur Ernährungsbiologie benthischer Foraminiferen. Epibenthische Arten haben die Nahrungsvakuolen in den jüngsten Kammern konzentriert. Somit ist die Verweildauer der Nahrungsvakuolen im Plasma kurz und die Phagocytose kann häufiger ablaufen. Auf diesem Weg kann in kurzer Zeit eine große Menge hochwertiger, eventuell plötzlich angelieferter Nahrung aufgenommen werden (HEEGER 1990).

### 7.3.2. Infauna A1 und A2

Der größte Anteil der Foraminiferenarten in dieser Untersuchung gehören dem infaunalen A1 oder A2 Mikrohabitat an. Nahezu alle agglutinierenden und viel kalkig-perforate Foraminiferen können diesen beiden Habitattypen zugeordnet werden (vergl. Kap. 6.3). Wie die epifaunalen Arten bevorzugen die infaunalen A1 und A2 Arten dieser Untersuchung hohe Sauerstoffgehalte und den Eintrag von frischem organischem Material, denn an der Sedimentoberfläche sind die Sauerstoffkonzentrationen hoch (> 4,0 ml/L) und frisches organisches Material wird aus dem Oberflächenwasser angeliefert. Hier liegt das Siedlungsmaximum der Infauna A1 und A2. Im Gegensatz zu den epifaunalen Arten können infaunale A1 und A2 Arten einem Konkurrenzdruck an der Sedimentoberfläche ausweichen und auch im Sediment leben. Es kann angenommen werden, daß diese Arten älteres organisches Material und geringe Sauerstoffgehalte im Sediment tolerieren können. Z.B. sind *Reophax bilocularis* dominierte Faunen im Scotia-Meer in den sauerstoffärmeren Sedimenten weit verbreitet, kommen aber auch zahlreich in sauerstoffreichen Sedimenten vor. Das zeigt, daß Arten der Infauna A1 und A2

keine eng zonierte Bedingungen an die Sauerstoffkonzentration und den organischen Kohlenstoffgehalt stellen. Vielmehr gibt dieses Mikrohabitat die Möglichkeit, durch die flexible Anpassungsfähigkeit an das Umfeld einem Konkurrenzdruck auszuweichen. Nach JORISSEN (1999) haben infaunale Arten mit einem Siedlungsmaximum an der Sedimentoberfläche keine besondere Vorliebe für die Sedimentoberfläche. Auch er geht davon aus, daß die Arten dem Konkurrenzdruck ausweichen, indem die Individuen in das Sediment gehen.

*Trifarina angulosa* kommt um die Insel Bouvet in Wassertiefen bis maximal 900 m vor. Die multiplen Regressionen zeigen für *T. angulosa* dominierte Faunen eine starke Abhängigkeit von den organischen Kohlenstoffflüssen (vergl. Kap. 6.4). Bouvet liegt in einer Zone hoher Primärproduktionen (Abb. 3.4). Die organischen Kohlenstoffflüsse sind aufgrund der flachen Wassertiefe hoch (BERGER 1989) MURRAY (1971) beschreibt *T. angulosa* als eine Art des inneren Schelfs. Schelfgebiete haben einen hohen Eintrag organischen Materials. WAGENER (1988) dagegen beschreibt diese Art aus größeren Wassertiefen. Für *T. angulosa* sind zwar hohe organische Kohlenstoffflüsse entscheidend. Aber die Art ist aufgrund des infaunalen Mikrohabitats nicht zwingend an frisches organisches Material gebunden. Sie toleriert auch das ältere resistenter Material im Sediment.

Für *Uvigerina peregrina* werden in der Literatur unterschiedliche Mikrohabittiefen angegeben. Im Angola-Becken zeigen die eigenen Untersuchungen für *U. peregrina* ein Siedlungsmaximum an der Sedimentoberfläche. Die Sedimente des Angola-Beckens haben hohe organische Kohlenstoffgehalte im Sediment (0,8 bis 4,0 Gew. %). Damit kann *U. peregrina* als eine Art angesehen werden, die hohe Nährstoffmengen aber auch hohe Sauerstoffkonzentrationen bevorzugt. Im südlichen Südatlantik dagegen kann *U. peregrina* auch ein Siedlungsmaximum in 1 bis 3 cm Sedimenttiefe ausbilden (PS1754-2). Die organischen Kohlenstoffgehalte im Sediment sind hier geringer als im Angola-Becken. Die Beobachtungen zu der Mikrohabittiefe von *U. peregrina* decken sich mit den Ergebnissen von BERNHARD (1992), die ein Vorkommen mit Siedlungsmaximum an der Sedimentoberfläche oder im Sediment beschreibt. CORLISS & EMERSON (1990) beschreiben dagegen *U. peregrina* als eine strikt flachinfaunale Art. Gründe für die unterschiedliche Ausbildung des Siedlungsmaximums sind nicht erkennbar.

*Bulimina aculeata* kommt im südlichen Südatlantik in Wassertiefen bis 1700 m vor. Im Angola-Becken nimmt *B. mexicana* die Stellung von *B. aculeata* ein. *Bulimina aculeata* zeigt ein infaunales A1 oder A2 Mikrohabitat, kann jedoch nicht eindeutig einem Mikrohabitatstyp zugeordnet werden. Sie bildet ein Siedlungsmaximum an der Sedimentoberfläche mit einer Abnahme der absoluten Individuenzahlen bis 5 cm bzw. 8 cm Sedimenttiefe. In den Sedimenten der Station PS2094-1 (bei Bouvet, 937 m Wassertiefe) kommt *B. aculeata* bis in 11 cm Tiefe vor. Die absoluten Individuenzahlen nehmen an dieser Station mit zunehmender Sedimenttiefe nicht kontinuierlich ab. Die Art bildet zwei Siedlungsmaxima aus. In 1 bis 3 cm Sedimenttiefe dominiert *Fursenkoina earlandi* die Fauna. Diese Verbreitung zeigen die Nachbarkerne nicht, die zur gleichen Jahreszeit unter gleichen Bedingungen genommen wurden. Ein Grund für das Vorkommen von *B. aculeata* bis in 11 cm Sedimenttiefe ist der im Verhältnis zu den Nachbarproben erhöhte organische Kohlenstoffgehalt. PS2094-1 hat einen organischen Kohlenstoffgehalt von 0,4 Gew. %, die Nachbarkerne 0,2 bis max. 0,3 Gew. % im Oberflächensediment. KITAZATO & OHGA (1995) beschreiben aus der Sagami Bucht (Japan See) eine Änderung der Habitattiefe in Abhängigkeit der Saisonalität. Die Fauna, die u.a. von *Uvigerina peregrina* und *B. aculeata* gebildet wird, zeigt eine Wanderung vertikal im Sediment mit der Änderung der Sauerstoffzonierung bzw. des Nahrungsangebotes. Im Winter kann *B. aculeata* bis in 15 cm Sedimenttiefe gefunden werden. OHGA & KITAZATO (1997) vermuten, daß *B. aculeata* im Sediment an sauerstoffreichen Polychaeten-Bauten vorkommt. In den

Monaten nach dem saisonalen Eintrag organischen Materials kommt *B. aculeata* nur an der Sedimentoberfläche vor. *Bulimina aculeata* reagiert damit auf den Eintrag frischen organischen Materials, indem sie zu der Nahrung migriert und dem sauerstoffarmen Milieu ausweicht (OHGA & KITAZATO 1997). In Abhängigkeit vom Nahrungsangebot wechselt *B. aculeata* damit die Mikrohabitatiefe. Daher geben KITAZATO & OHGA (1995) für *B. aculeata* keinen Mikrohabitatypus an. OHGA & KITAZATO (1997) gehen davon aus, daß *B. aculeata* an sauerstoffreiche Milieus gebunden ist. Die eigenen Untersuchungen können das nicht unterstützen. Die Station PS2094-1 bei Bouvet zeigt eine untypische Verteilung von *B. aculeata* und *F. earlandi* im Sediment. *Fursenkoina earlandi* kommt in dys- bis anoxischen Milieus vor (vergl. Kap. 6.5.1). Anzeichen für Polychaetenbauten mit sauerstoffreichen Milieus in tieferen Sedimenttiefen gibt es an der Station PS2094-1 nicht. *Bulimina aculeata* kann vermutlich niedrige Sauerstoffgehalte tolerieren. KAIHO (1994) verdeutlicht die Sonderstellung von *B. aculeata* in Bezug auf die Sauerstoffkonzentrationen, indem die Art in eine eigenständige Sauerstoffgruppe, die Gruppe suboxisch C gestellt wird. Die Art *B. aculeata* wird hier auch niedrigen Sauerstoffgehalten gegenüber tolerant beschrieben.

### 7.3.3. Infauna B1 und B2

Mit diesem Mikrohabitat haben sich Arten einen extremen Lebensraum erschlossen. Da benthische Foraminiferen aktiv auf und im Sediment migrieren können (SEVERIN 1982, WEINBERG 1991, HEMLEBEN & KITAZATO 1995, BORNMALM ET AL. 1997), kann davon ausgegangen werden, daß das infaunale Mikrohabitat aktiv aufgesucht oder aber zumindest toleriert wird. Anderenfalls würden die Foraminiferen aus den schlechten Bedingungen zu besseren Umweltbedingungen migrieren wie es ALVE & BERNHARD (1995) für u.a. *Bulimina*-Arten beschrieben haben. Entscheidend ist die Lage des Siedlungsmaximums im Sediment. Einige Arten bilden ein Siedlungsmaximum knapp unterhalb der Sedimentoberfläche (Infauna B1). Zu diesen Arten gehören *Cibicides robertsonianus*, *Pullenia subcarinata*, *Robertina chapmani*, *Saccorhiza ramosa* und *Deuterammina grahami*. Das Vorkommen ist in feinkörnigem Sediment, das reich an organischem Kohlenstoff ist, häufig. Daher kann angenommen werden, daß diese Arten einen hohen organischen Kohlenstoffgehalt bevorzugen. Feine filigrane Arten wie *Rhizammina algaeformis* und *S. ramosa* werden häufig als Filtrierer beschrieben, die an der Sedimentoberfläche festgeheftet sitzen. Die Untersuchungen zeigen im Gegensatz dazu für diese Arten eine bevorzugte infaunale Lebensweise. Dabei muß bedacht werden, daß bei der Probennahme lange, filigrane Individuen zerstört werden bzw. ein Individuum, das durch mehrere Zentimeter lebend vorkommt, geteilt wird. Damit wird trotz der Zählung von drei Bruchstücken als ein Individuum das Zählergebnis verfälscht. Es bleibt jedoch das Ergebnis, daß diese filigranen Arten auch im Sediment vorkommen, sich eventuell sogar in mehreren Zentimetern Sedimenttiefe verankern und nur ein geringer Anteil eines Individuum an der Sedimentoberfläche oder sogar über der Sedimentoberfläche Nahrung filtrieren.

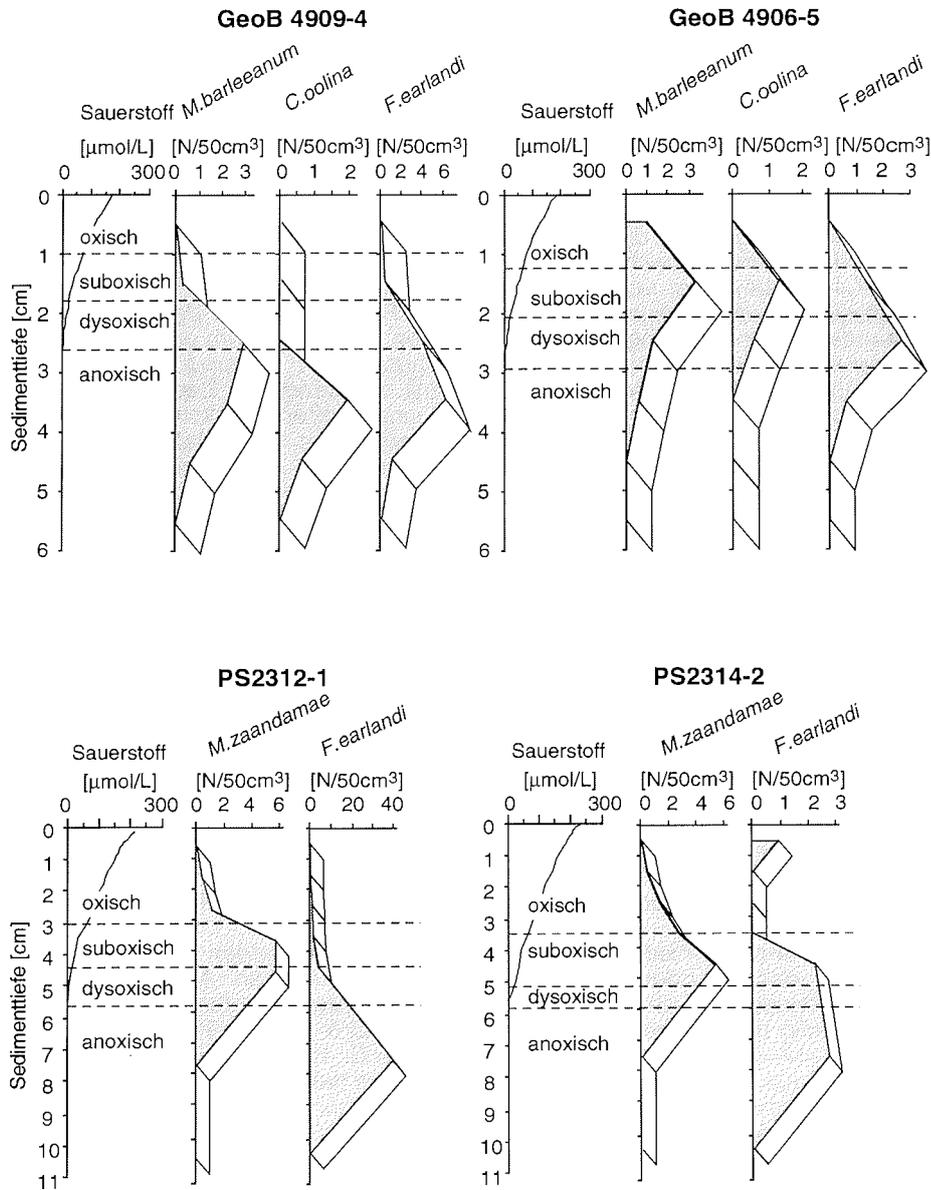
Die Lebensweise knapp unter der Sedimentoberfläche zeigt nicht ganz so deutlich die Vorteile die bei anderen Mikrohabitaten erkennbar sind. Knapp unter der Sedimentoberfläche herrschen in der Regel im Tiefseebereich nahezu ähnliche Bedingungen wie an der Sedimentoberfläche. Sauerstoffgehalt im Porenwasser und der organische Kohlenstoffgehalt im Sediment ändern sich in den ersten zwei Zentimetern des Sedimentes nur gering (vergl. Abb. 3.8, Kap. 3.5.2). Frisches organisches Material ist überwiegend nur an der Sedimentoberfläche zu finden. Arten mit einem Siedlungsmaximum knapp unter der Sedimentoberfläche benötigen somit kein frisches organisches Material. Das Porenwasser in den untersuchten Sedimenten ist in der Regel reich an gelöstem Sauerstoff. Es ist

daher anzunehmen, daß Arten mit einem Siedlungsmaximum knapp unterhalb der Sedimentoberfläche versuchen, einem Konkurrenzdruck an der Sedimentoberfläche zu entgehen, jedoch nahezu die gleichen Bedingungen wie an der Sedimentoberfläche suchen. Im Gegensatz zu den Arten der A1 und A2 Infauna weicht die B1 Infauna dabei fast vollständig einem Konkurrenzdruck an der Sedimentoberfläche aus.

Anders verhält es sich mit Arten oder Faunen, die ein Siedlungsmaximum tief im Sediment aufweisen. Nur wenige Arten bilden ein Siedlungsmaximum tief im Sediment aus. *Fursenkoina earlandi*, *Melonis zaandamae*, *M. barleeaanum* und *Chilostomella oolina* bilden in den Sedimenten des südlichen Südatlantiks ein Siedlungsmaximum unterhalb von 3 cm Sedimenttiefe. Das Mikrohabitat wird von kalkigen Arten aufgesucht, die eine sehr dünne, feinperforierte Schale haben. Diese Arten und Faunen korrelieren mit niedrigen Sauerstoffgehalten im Porenwasser (Abb. 7.4). Dabei zeigt sich eine konstante vertikale Abfolge. In dem oxischen Bereich ist eine von *Bulimina aculeata* dominierte Fauna verbreitet. Darauf folgt eine *M. zaandamae* bzw. im Angola-Becken eine von *M. barleeaanum* geprägte Fauna und im sub- bis anoxischen Milieu wird die Fauna von *F. earlandi* dominiert. Die Anteile agglutinierender Arten nimmt damit mit zunehmender Sedimenttiefe im Gegensatz zu den Faunen in Sedimenten mit einer großen Sauerstoffeindringtiefe ab (vergl. Kap. 6.1). Diese Abfolge wird auch aus den Datensätzen der Sedimentoberfläche und der Gesamt-Fauna deutlich. Der Lebend-Datensatz der Sedimentoberfläche (Fauna A) zeigt eine *Bulimina aculeata*-Vergesellschaftung (Fauna A PC2) assoziiert mit *Reophax bilocularis*. Der Lebend-Gesamt Datensatz (Fauna B) zeigt in der *Bulimina aculeata*-Vergesellschaftung *F. earlandi* als assoziierte Art.

Neben dem Gehalt an gelöstem Sauerstoff im Porenwasser ist für die Infauna mit einem Siedlungsmaximum unterhalb der Sedimentoberfläche die Sedimentzusammensetzung entscheidend. Diese Fauna ist überwiegend in feinkörnigen Sedimenten mit einem relativ hohen Gehalt an organischem Material am Scotia-Bogen und im Angola-Becken zu finden. Die Sedimente haben aufgrund der Feinkörnigkeit einen schlechten Austausch zwischen Poren- und Bodenwasser. Der hohe organische Kohlenstoffgehalt und der schlechte Austausch zwischen Poren- und Bodenwasser führen zu niedrigen Sauerstoffgehalten im Sediment. Da das Sediment vermutlich auch schlecht bioturbiert ist, kann davon ausgegangen werden, daß die hier lebenden Arten wirklich diese sauerstoffarme, dafür aber nährstoffreiche Zone bevorzugen. Das Nahrungsangebot ist zwar groß besteht jedoch überwiegend aus den schwer abbaubaren alten Kohlenstoffverbindungen.

Aus Sedimenten mit niedrigen Sauerstoffeindringtiefen werden häufig die von *Fursenkoina earlandi* oder ähnlichen biserialen feinschaligen Arten geprägten Faunen beschrieben. Auch die Kombination in der vertikalen Abfolge mit *Bulimina*-Arten ist häufig beschrieben worden (u.a. KITAZATO & OHGA 1995; ALVE 1994; ALVE & BERNHARD 1995; BERNHARD ET AL. 1997). KITAZATO & OHGA (1995) beschreiben aus der Sagami Bucht (Japan See) eine nahezu identische Fauna wie sie in der vertikalen Abfolge in den eigenen Untersuchungen häufig vorkommt. Die von KITAZATO & OHGA (1995) gewählten Stationen liegen im Einfluß einer Wassermasse mit Temperaturen von 2,3°C, 34,5 ‰ Salinität und einer Sauerstoffkonzentration von ca. 1,1 ml/L. In den eigenen Untersuchungen kommen im CDW-Einfluß Faunen vor, bei denen *Bulimina aculeata* in den tieferen Sedimenttiefen von *Fursenkoina earlandi* abgelöst werden. Die von KITAZATO & OHGA (1995) beschriebene Fauna wird von epifaunalen Arten wie *Triloculina* sp. 1 und *Bathysiphon* sp., von flachinfaunalen Arten wie *Textularia kattegatensis*, *Fursenkoina rotundata*, *Uvigerina* spp., *Bolivina spissa* und *Fursenkoina* sp.1 und von tiefinfaunalen Arten wie *Globobulimina* spp. und *Chilostomella ovoidea*



**Abb. 7.4:** Beispiele für die Abhängigkeit der Infauna B2 von den Sauerstoffgehalten des Porenwassers. Sauerstoffzonierung nach KAIHO (1994), Sauerstoffdaten aus SCHLÜTER ET AL. (1993) (westlicher Südatlantik), WENZHÖFER ET AL. (eingereicht) (Angola-Becken).

geprägt. *Bulimina aculeata* ist in den Untersuchungen von KITAZATO & OHGA (1995) keinem Habitattyp zuzuordnen. Im Gegensatz zu KITAZATO & OHGA (1995) weist *F. earlandi* in den Untersuchungsgebieten ein tiefes Mikrohabitat auf, das ähnlich dem von *Chilostomella oolina* ist. Auffällig ist, daß in den sauerstoffarmen Sedimenten des südlichen Südatlantiks *F. earlandi* nicht zusammen mit *C. oolina* vorkommt. Im Angola-Becken ist dieses jedoch der Fall. In den Sedimenten im Angola-Becken haben *F. earlandi* und *C. oolina* das gleiche Habitat. Daher ist der Grund für das getrennte Vorkommen im Südatlantik nicht erkennbar.

Aus dem Frierfjord (Norwegen) beschreibt ALVE (1994) *Stainforthia fusiformis*, eine kleine, triseriale, feinschalige Foraminifere. Diese Art ist im Gehäusehabitat *Fursenkoina earlandi* ähnlich und zeigt auch ein ähnliches Mikrohabitat. *Stainforthia fusiformis* kommt im Frierfjord bevorzugt im Sediment vor und wird von ALVE (1994) als opportunistischer r-Strategie bezeichnet. Diese Art bevorzugt dunkle feinkörnige Sedimente mit einem hohen organischen Kohlenstoffanteil (ALVE 1994). Dabei kann *S. fusiformis* anoxische Bereiche wiederbesiedeln und unter anoxischen Bedingungen überdauern. So beschreiben ALVE & OLSGARD (1999) *S. fusiformis* als erfolgreichste Art bei der Wiederbesiedlung kupferreicher Sedimente des Oslofjordes. Auch BERNHARD & BOWSER (1999) haben in dysoxischen Sedimenten des Drammensfjordes (Norwegen) *S. fusiformis* beschrieben. Aus dem Oslofjord wird ein gemeinsames Vorkommen von *S. fusiformis* mit *Bulimina marginata* beschrieben (ALVE 1994). *Bulimina marginata* wird als Ökophenotyp von *B. aculeata* in flacheren Gewässern angesehen (VAN MORKHOVEN ET AL. 1986). JORISSEN ET AL. (1998) beschreiben eine Fauna mit *Melonis barleeaanum*, *Globobulimina affinis* und *B. marginata* aus Sedimenten von Cape Blanc. Die Sedimente haben eine niedrige Sauerstoffeindringtiefe (max. 3 cm). *Bulimina marginata* kommt hier bis 10 cm Sedimenttiefe vor. Dabei zeigt sie wie in der untersuchten Station PS2094-1 *B. aculeata* ein zweites Siedlungsmaximum im Sediment.

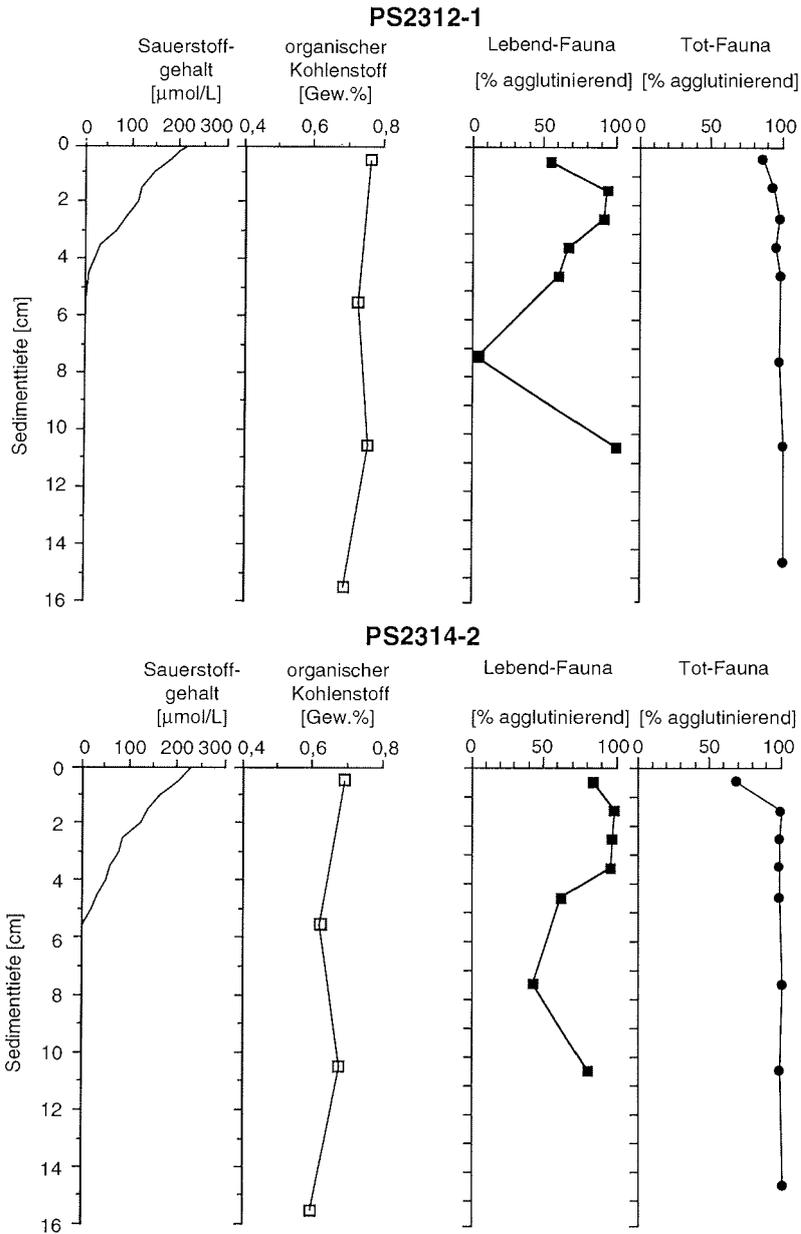
Wie *Fursenkoina earlandi* und Arten mit einem ähnlichen Gehäusehabitat werden auch *Chilostomella oolina* und *C. ovoidea* als tiefinfaunale Arten in der Literatur beschrieben (u.a. BERNHARD 1992; CORLISS & EMERSON 1990). Beobachtet wurde *C. oolina* in den Untersuchungsgebieten im Sediment mit einem Siedlungsmaximum zwischen 3 und 7 cm Sedimenttiefe. Auch diese Art bevorzugt feinkörnige Sedimente mit einem hohen organischen Kohlenstoffgehalt und einem geringen Sauerstoffgehalt im Porenwasser. Die Beziehung zwischen *Chilostomella* Arten und dem organischen Kohlenstoffgehalt beschreiben auch DERIJK ET AL. (1999). Sie beobachteten in Sedimenten aus dem Mittelmeer *Chilostomella* spp. als eine tiefinfaunale Art, die positiv mit dem organischen Kohlenstoffgehalt im Sediment korreliert. Daneben besteht eine negative Korrelation zwischen *Chilostomella* spp. und der Karbonatkonzentration. Die geringe Karbonatkonzentration in Sedimenten mit einer *Chilostomella*-führenden Fauna beruht auf dem Karbonatlösungseffekt im Sediment durch den Abbau von organischem Material in Sedimenten mit geringen Sauerstoffgehalten im Porenwasser.

*Melonis zaandamae* zeigt ebenfalls ein tiefinfaunales Mikrohabitat mit einem Siedlungsmaximum unterhalb der Sedimentoberfläche. Im Angola-Becken nimmt dieses Mikrohabitat *M. barleeaanum* ein. Wie auch bei den anderen tiefinfaunalen Arten mit einem Siedlungsmaximum unterhalb der Sedimentoberfläche kommt *M. zaandamae* besonders in feinkörnigen Sedimenten vor. WAGENER (1988) beschreibt vom Island-Färoer-Rücken eine Häufigkeitszunahme von *M. barleeaanum* mit steigendem Pelitgehalt. Daneben ist auch der hohe Gehalt an organischem Material im Sediment entscheidend (vergl. Kap. 6.3 und Kap. 6.5). Die Abhängigkeit der Arten *M. zaandamae* und *M. barleeaanum* von hohen

organischen Kohlenstoffgehalten im Sediment wird in der Literatur beschrieben (vergl. MACKENSEN ET AL. 1985; CARALP 1989). JORISSEN ET AL. (1998) beschreiben *M. barleeanum* von Cape Blance aus der Nitratreduktionszone, also aus Bereichen mit niedrigen Sauerstoffgehalten im Porenwasser.

Das Milieu, in dem infaunale B2 Arten vorkommen, ist aufgrund des hohen organischen Kohlenstoffgehalts und des niedrigen Sauerstoffgehalts im Porenwasser stark karbonataggressiv. Der Abbau des organischen Materials führt zu korrosivem Wasser (REAVES 1986). Deutlich wird eine Karbonatlösung durch den Vergleich der Lebend- und Tot-Fauna (MURRAY & ALVE 1999). Die Lebend-Fauna wird im Sediment von nahezu 100 % kalkig-perforater Foraminiferen gebildet. Die Tot-Fauna besteht aus ausschließlich agglutinierenden Foraminiferen (Abb. 7.5). Somit scheint die Kalzifizierung tiefinfaunaler Arten schwierig. Es äußert sich in der dünnen Schalenstruktur.

Die tiefinfaunalen Arten bzw. Faunen mit einem Siedlungsmaximum unterhalb 3 cm Sedimenttiefe haben sich einen extremen Lebensbereich erschlossen. Die Überlegungen, wie ein Leben in diesem Extremraum möglich ist, sind vielfältig. Zum einen wird die Nahrungsaufnahme bzw. die Nahrungsqualität diskutiert. Im Gegensatz zu epifaunalen Arten, die auf frisches organisches Material spezialisiert sind (GOODAY 1988), steht den tiefinfaunalen Arten im Wesentlichen nur älteres, schwer abbaubares organisches Material zur Verfügung. So wurden aus Härterungsversuchen in den beiden tiefinfaunalen Gattungen *Fursenkoina* und *Globobulimina* kein frisches Phytoplankton als Nahrung nachgewiesen (HEMLEBEN & KITAZATO 1995). KITAZATO & OHGA (1995) zeigen, daß *Globobulimina*, eine tiefinfaunale Art mit einem oder zwei Siedlungsmaxima tief im Sediment (MACKENSEN & DOUGLAS 1989; JORISSEN 1999), älteres organisches Detritus im Plasma hat. Dieses ältere Material hat eine niedrigere Qualität als frisches Material. In Gebieten mit starken saisonalen Schwankungen jedoch ist die Anlieferung des frischen organischen Materials unregelmäßig. Damit steht es nur saisonal den epibenthischen Arten zur Verfügung. Tiefinfaunale Arten jedoch unterliegen nicht der Saisonalität. Das ältere organische Material ist mengenmäßig im Sediment gleichbleibend vorhanden. Dieser Nahrungsunterschied macht sich auch in der Reproduktion bemerkbar. Epifaunale Arten reagieren auf einen plötzlichen Nahrungszutrag mit einer starken Reproduktion. So kommt es zu saisonalen Reproduktionszyklen (GOODAY 1988). Dagegen reproduzieren sich tiefinfaunale Arten mit einem Siedlungsmaximum tief im Sediment, so z.B. *Stainforthia fusiformis*, kontinuierlich über das ganze Jahr hinweg (MURRAY 1991). Infaunale Arten mit einem Siedlungsmaximum an der Sedimentoberfläche (Infauna A1 und A2) z.B. *Cribrostomoides subglobosus* können auch eine saisonale, auf die Nahrungszufuhr abgestimmte Reproduktion zeigen (ALTENBACH 1992). Aufgrund der Nahrungsstrategien kommt es auch zu unterschiedlich langen Lebenszyklen. Infaunale Arten zeigen einen längeren Lebenszyklus (= Lebensspanne einer Generation) als epifaunale Arten.



**Abb. 7.5:** Sauerstoff- und organische Kohlenstoffgehalte im Sediment und die Verteilung der agglutinierenden Foraminiferen der Lebend- und Tot-Fauna für zwei Stationen mit niedriger Sauerstoffeindringtiefe. (Sauerstoffdaten nach SCHLÜTER ET AL. 1993; organische Kohlenstoffdaten nach Kuhn, unpub. Daten).

Für den Metabolismus einer Zelle ist der Sauerstoff entscheidend. Welche Möglichkeiten tieffauale Arten zur Sauerstoffgewinnung haben, wird unterschiedlich diskutiert. Infaunale Arten mit einem Siedlungsmaximum tief im Sediment haben eine stark perforierte Schale. LEUTENEGGER & HANSEN (1979) beschreiben bei infaunalen Arten (u.a. *Nonionella stella*, *Globobulimina pacifica*, *Buliminella tenuata*) eine Ansammlung der Mitochondrien an den Poren. Die Funktion der Mitochondrien ist vielfältig und besteht hauptsächlich in der Energiegewinnung der Zelle. In der inneren Membran der Mitochondrien läuft zur Gewinnung von ATP der Citratzyklus und die Atmungskette ab. Eine Anordnung der Mitochondrien nahe der Poren hat einen kurzen Weg der Nährstoffe und des Sauerstoffs zu den Organellen zur Folge. Daraus resultiert ein effektiver Stoffwechsel. Dieser kann besonders in Sauerstoffminimumzonen von Bedeutung sein, da hier effektiver und mit geringerem Energieaufwand das geringe Sauerstoffangebot genutzt werden kann.

BERNHARD & BOWSER (1999) beschreiben ein Wandern zwischen den oxischen und dysoxischen Zonen. Dieses Wandern konnte in den eigenen Untersuchungen anhand der vertikalen Verbreitung der benthischen Foraminiferen nicht nachvollzogen werden. Vielmehr zeigen die typischen tieffaualen Arten eine strenge Zonierung (siehe dazu auch Abb. 6.25, Abb. 7.4). In Sedimenten aus der Adria wurden Arten beobachtet, die sogar in sulfidischem Milieu, das nicht nur einem anoxischen sondern einem toxischen Milieu entspricht, überdauern können. Die Reproduktion jedoch erfolgt in oxischen Bereichen (MOODLEY ET AL. 1998b). BERNHARD & BOWSER (1999) beschreiben in sauerstoffarmen Sedimenten mit sulfidischen Bedingungen ein gemeinsames Vorkommen von *Bulimina elegantissima* mit der sulfid-oxidierenden Bakterie *Beggiatoa*, die eine Sauerstoffquelle für benthische Foraminiferen sein kann. Weiterhin beschreiben sie Arten, darunter *Elphidium*- und *Reophax*-Arten, die infaunal leben und unter dysoxischen Bedingungen vorkommen können. Diese Arten nehmen Chloroplasten auf. Dabei können die Chloroplasten im photischen Bereich durch Photosynthese Sauerstoff erzeugen. Im aphotischen Bereich vermuten BERNHARD & BOWSER (1999) einen anderen biochemischen Weg, auf dem über Chlorophyll Sauerstoff gewonnen wird. Dieser Prozeß ist jedoch noch nicht erfaßt.

### 7.4. Abschätzung der Produktion im Oberflächenwasser anhand von benthischen Foraminiferenfaunen

Wie bei den Mikrohabitatansprüchen angesprochen, kann eine Fauna Auskunft über die Produktion im Oberflächenwasser geben. Dabei kann eine Faunenzusammensetzung zur Abschätzung von einer saisonalen Nahrungszufuhr und einer niedrigen oder hohen Produktion herangezogen werden. Faunen mit einer Infauna, die von *Chilostomella oolina*, *Fursenkoina earlandi*, *Bulimina*-Arten und *Melonis*-Arten geprägt sind, können als Hochproduktionsfauna bezeichnet werden (vergl. u.a. MACKENSEN ET AL. 1993a; MACKENSEN ET AL. 1995). Eine Fauna, die von *Epistominella exigua* gebildet wird, zeigt eine stark saisonale Nahrungszufuhr an (GOODAY 1988). ALTENBACH ET AL. (1999) definieren für benthische Foraminiferenarten Primärproduktionsraten und Flußraten. Dabei korrelieren sie die prozentualen Häufigkeiten der Foraminiferenarten mit Flußraten organischen Materials. Die meisten definierten Arten zeigen Flußraten zwischen 2 und 3 gCm<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>. Nur 4 bis 64 % der benthischen Foraminiferenverteilungen werden jedoch über den organischen Kohlenstofffluß gesteuert. Nicht beachtet werden bei dieser Methode die Spezialisierung einiger Arten auf bestimmte Nahrungsquellen, laterale Strömungen, die Sauerstoffkonzentration und -zehrung durch den Abbau organischen Materials und weitere ökologische Faktoren. Diese Zuordnung basiert auf Untersuchungen vom Guinea-Becken bis in den Arktischen Ozean. Die Korrelation von ALTENBACH ET AL. (1999) konnte, wegen der sich unter-

scheidenden Faunenzusammensetzungen, nicht auf die eigene Untersuchung bezogen werden.

Die absolute Menge der Primärproduktion kann anhand der benthischen Foraminiferenvergesellschaftung nicht bestimmt werden. In der Literatur werden zur Abschätzung der Paläopräprimärproduktion die Verwendung der Benthischen-Foraminiferen-Akkumulationsrate (BFAR) diskutiert. Tiefseebenthos ist allein von der Nahrungszufuhr aus den Deckschichten des Ozeans abhängig. Eine Ausnahme bilden hier die Faunen an hydrothermalen Quellen. Da die BFAR als Paläosiedlungsdichte angesehen werden kann, erscheint eine Kalkulation der Primärproduktion über die BFAR möglich. HERGUERA & BERGER (1991) haben die BFAR in Beziehung zur Primärproduktion gesetzt. Anhand dieser Beziehung wurden auch in dieser Arbeit die Primärproduktionen bestimmt. Bislang wurde die BFAR nur in wenigen ausgewählten Gebieten geeicht, so im westlichen äquatorialen Pazifik (HERGUERA & BERGER 1991) oder an der Maudkuppe (Weddell-See) (DIESTER-HAASS 1995). Daher wird diese Methode bislang als nicht universal anwendbar angesehen (SCHMIEDL 1995).

Die Berechnungen zur Primärproduktion dieser Arbeit zeigen unterschiedliche Ergebnisse. Die Berechnung aus der gesamten Fauna (vergl. Kap. 6.5.2) erscheint sinnvoll, da die Gesamtheit der lebenden Individuen und die Thanatozönose des ersten Zentimeters (=Total-Fauna nach MURRAY 1991) als eine spätere fossile Fauna angesehen werden kann. Doch für die Primärproduktionsberechnung zeigt sich kaum ein Unterschied zwischen der Gesamt-Fauna oder nur der Lebend-Fauna des ersten Zentimeters. Das beruht auf der Tatsache, daß die BFAR aus Lebend- und Tot-Fauna berechnet wird. In der Tot-Fauna sind weitaus mehr Individuen enthalten als in der Lebend-Fauna, da hier mehrere Generationen zusammen vorkommen. Für Abschätzungen der absoluten Menge der Primärproduktion kann dementsprechend die lebende Infauna vernachlässigt werden.

Für die Berechnung der Primärproduktion wurde zum einen der vollständige Datensatz zum anderen der potentiell fossile Datensatz gewählt. HERGUERA & BERGER (1991) gehen von einer benthischen Foraminifere  $>150 \mu\text{m}$  je 1 mg organischen Kohlenstoff, das den Meeresboden erreicht, aus. Da sie die Methode der Primärproduktionsabschätzung auf Sedimentkerne beziehen, kann davon ausgegangen werden, daß nur kalkige und sehr resistente agglutinierende Foraminiferenschalen in die Kalkulation eingehen. Um diese Aussagen zu überprüfen, wurden beide Datensätze angewendet.

Die Berechnungen zeigen weitestgehend eine gute Übereinstimmung mit den Primärproduktionen der "Dahlem Karte" (BERGER 1989). Nur an der Polarfront und südlich davon weichen die berechneten Werte z.T. stark von den vorgegebenen Primärproduktionen ab. Direkt an der Front kommt es zu großen Algenblüten. Dennoch ist eine berechnete Primärproduktion von über  $600 \text{ gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$  hier zu hoch. An dieser Station wird die Tot-Fauna der Sedimentoberfläche von *Epistominella exigua* dominiert (MACKENSEN ET AL. 1993a). *Epistominella exigua* ist eine opportunistische Art, die mit einer starken Reproduktion auf Nahrungszufuhr reagiert (GOODAY 1988). Erschwerend kommt hinzu, daß *E. exigua* häufig kleiner als  $150 \mu\text{m}$  ist und deshalb in dieser Arbeit mit erfaßt wurde. Besonders die Reaktion einer Fauna auf plötzlichen Nahrungsfluß ist von HERGUERA & BERGER (1991) nicht mit erfaßt worden. Eine Fauna, die stark von schnell reproduzierenden Opportunisten geprägt wird, ist daher nicht zur Primärproduktionsberechnung geeignet. Die Station wird weiterhin stark von Arten der Gattung *Reophax* dominiert. Die Arten gehen nicht mit in die Berechnung der potentiell fossilen Fauna ein. Der berechnete Wert für die potentiell fossile Fauna zeigt an der Station einen realistischen Wert ( $\text{gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$ ). Sowohl von *E. exigua* als auch von *Reophax*-Arten wird die Berechnung in die Höhe getrieben.

An den Stationen um Bouvet weichen die Berechnungen der Primärproduktion stark von den in der "Dahlem Karte" angegebenen Primärproduktionen ab. Diese Stationen liegen im Einfluß des Schelfs. Die Fauna von PS2095-1 ist von *Trifarina angulosa* dominiert. *Trifarina angulosa* ist abhängig von hohen organischen Kohlenstoffflüssen (Kap. 6.5). Hinzu kommt, daß diese Station in ca. 500 m Wassertiefe liegt. Für Wassertiefen flacher als 1000 m wird der organische Kohlenstofffluß nach einer vereinfachten Formel berechnet (BERGER 1989). Diese einfache Formel findet keine Beachtung in der Primärproduktionsberechnung nach HERGUERA & BERGER (1991), da sie nur für Wassertiefen unterhalb von 1000 m die BFAR geeicht haben. Für den flachen Wasserbereich muß dementsprechend eine weitere Formel zur Primärproduktionsberechnung erstellt werden. Im Rahmen dieser Arbeit ist das jedoch aufgrund der geringen Datenmenge in diesem Wasserbereich nicht möglich.

Im Süden von Bouvet liegen die Werte von zwei Stationen in der Berechnung deutlich unterhalb der in der "Dahlem Karte" angegebenen Primärproduktion. Da Bouvet vulkanischen Ursprungs ist, ist eine hydrothermale Aktivität im ganzen Bereich von Bouvet zu erwarten. Durch diese Aktivität kann es zur Beeinflussung der Foraminiferenfaunen kommen. Hydrothermale Quellen können die Größe der Siedlungsdichte limitieren. In direktem Umfeld kann es zu sauren Milieus kommen. Es entsteht damit ein Stressfaktor, der die Fauna beeinflusst. Hydrothermale Aktivitäten beeinflussen nur in direkter Nähe eine Faunenzusammensetzung (JONASSON ET AL. 1995). Die Faunen zeigen auch keine Arten, die nur um Bouvet vorkommen und damit auf eine mögliche Bindung an hydrothermale Quellen schließen lassen.

Zum anderen kann es zu Lösungsprozessen im Bodenwasser kommen. Unterhalb 4000 m liegt im östlichen Südatlantik die Lysokline (MACKENSEN ET AL. 1993a). In dieser Wassertiefe liegen nur wenige Stationen, an denen die Primärproduktion berechnet wurde. In einem Fall ist die berechnete Primärproduktion deutlich zu niedrig. Die BFAR zeigt bei Lösungsprozessen niedrigere Werte, als sie sich ohne Lösungsprozesse aus den Siedlungsdichten entwickeln würden. Damit ergeben sich bei der Primärproduktionsberechnung eine Unterschätzung der Werte. Direkte Lösungsanzeichen können für die Stationen mit den niedrigen berechneten Werten nicht gefunden werden.

Da der größte Anteil agglutinierender Foraminiferen fossil nicht erhaltungsfähig ist (BENDER 1989), wird bei der Betrachtung der rezenten Foraminiferenfauna der potentiell fossile Datensatz definiert (vergl. Kap. 6.5.2). Für die Berechnung der Paläoprimärproduktionen steht ein fossiler Datensatz zur Verfügung. Um die Gültigkeit der Primärproduktionsberechnung nach HERGUERA & BERGER (1991) für einen fossilen Datensatz im Untersuchungsgebiet zu überprüfen, wurde die Primärproduktion aus dem potentiell fossilen Datensatz berechnet. Auch in diesem Fall unterscheiden sich die Ergebnisse aus der Berechnung des Oberflächen-datensatzes und des Gesamtdatensatzes nur gering. Der potentiell fossile Datensatz zeigt für die Subantarktische Zone und die Polarfrontzone eine gute Übereinstimmung der berechneten Primärproduktionen mit den in der "Dahlem Karte" angegebenen Primärproduktionen. Diese Zonen sind von Primärproduktionen zwischen  $\text{gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$  geprägt. An der Polarfront weichen auch in dieser Berechnung die Werte stark von den Werten der "Dahlem Karte" ab. Auffällig ist, daß die Station PS1778-1 in der Berechnung mit dem potentiell fossilen Datensatz einen realistischen Wert im Gegensatz zur ersten Berechnung zeigt. Zu dieser Korrektur kommt es, da PS1778-1 in der Lebend- und der Tot-Fauna neben *Epistominella exigua* einen großen Anteil an *Reophax bilocularis* und anderen agglutinierenden Foraminiferen enthält. Damit ist die BFAR des potentiell fossilen Datensatzes deutlich geringer als die des gesamten Datensatzes. Südlich der Polarfront werden die Faunen von agglutinierenden Foraminiferen dominiert. Daher

sind auch die BFAR der Stationen südlich der Polarfront in dem potentiell fossilen Datensatz deutlich niedriger als für den gesamten Datensatz. So kommt es im Gebiet südlich der Polarfront bei der Berechnung der Primärproduktion zu einer Unterschätzung. Ein Korrekturfaktor konnte jedoch, gerade auch wegen der besonderen Gegebenheiten um Bouvet, nicht gefunden werden.

Die Eichung der BFAR mit der Primärproduktion wurde von HERGUERA & BERGER (1991) im äquatorialen Pazifik vorgenommen. Die Sedimente sind feinkörnig und kalkig. Es ist anzunehmen, daß die rezente Fauna überwiegend kalkige Foraminiferen enthalten. Damit ist in einem fossilen Datensatz aus diesem Gebiet die BFAR verhältnismäßig größer, als aus einem Gebiet mit rezent agglutinierend dominierter Fauna. Diese Diskrepanzen zeigen sich auch in den eigenen Berechnungen für Stationen mit niedrigen Anteilen agglutinierender Foraminiferen (u.a. PS1754-1, PS2083-1) (Tab. 6.11).

Die Berechnung von Paläoprimärproduktionen wurde nach der HERGUERA & BERGER (1991) Methode von DIESTER-HAASS & ZAHN (1996) für Eozäne und Oligozäne Faunen der Maud-Kuppe durchgeführt. Die hier berechneten Werte reichen von 20 bis 280  $\text{gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$ , zeigen damit eine weite Spanne, die Primärproduktionen von oligotrophen Bereichen bis zum Küstenauftrieb widerspiegeln. DIESTER-HAASS & ZAHN (1996) schließen aus dieser Berechnung auf Wechsel von oligotrophen zu hochproduktiven Bedingungen an der Maud-Kuppe während des Eozäns bis Oligozäns. Sie weisen jedoch auch darauf hin, daß die absoluten Zahlen zu diskutieren sind. Eine Siedlungsdichte ist u.a. von dem organischen Kohlenstofffluß abhängig (vergl. DIESTER-HAASS 1995; HERGUERA & BERGER 1991). Siedlungsdichten werden bei hohen organischen Kohlenstoffflüssen nicht unendlich groß. Weitere Umweltparameter besonders der Sauerstoffgehalt des Bodenwassers und die Sauerstoffeindringtiefe limitieren eine Foraminiferenfauna. Das zeigen die Siedlungsdichten der Stationen aus dem Angola-Becken, die bei einer hohen Primärproduktion ( $>125 \text{ gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$ ) und einem hohen organischen Kohlenstofffluß und niedrigen Sauerstoffeindringtiefen (bis max. 4 cm) sehr niedrig sind. Als weiteren Umweltfaktor, der eine benthische Fauna beeinflusst, führen DIESTER-HAASS & ZAHN (1996) die Temperatur des Bodenwassers an. Für eine Unterschätzung der Daten kann eine Karbonatlösung verantwortlich sein (DIESTER-HAASS & ZAHN 1996). Beachtet werden muß besonders die Karbonatlösung im Porenwasser, die einhergeht mit niedrigen Sauerstoffgehalten im Porenwasser. Die Karbonatlösung im Porenwasser spielt bei der in dieser Arbeit vorgenommenen Berechnung keine Rolle, da nur die Tot-Fauna des ersten Zentimeters beachtet wurde. Bei paläozeanographischen Rekonstruktionen ist jedoch gerade diese Karbonatlösung von Bedeutung. Ebenso wichtig für paläozeanographische Rekonstruktionen ist die Frage nach der Anpassung und Änderung der benthischen Foraminiferenpopulationen und dem Nahrungsanspruch während des Känozoikums (DIESTER-HAASS & ZAHN 1996).

Die Gültigkeit der Primärproduktionsberechnung ist in ihrem Ansatzpunkt zu diskutieren. HERGUERA & BERGER (1991) gehen von 1 Foraminifere  $>150 \mu\text{m}$  pro 1 mg C aus. Dabei beachten sie taxonomische und taphonomische Unterschiede in dem Probenmaterial nicht. Wie aber die eigenen Untersuchungen zeigen, sind verschiedene Taxa von unterschiedlichem organischen Material abhängig. Das zeigen auch ALTENBACH ET AL. (1999) (s.o.). Nur die Epifauna ist direkt von dem organischen Kohlenstofffluß abhängig. Wie vorangehend gezeigt, ist die Infauna nicht auf frisches organisches Material spezialisiert. Weiterhin gilt, daß das organische Material im Sediment nicht allein eine Funktion der Primärproduktion und der Wassertiefe sondern auch des Tongehaltes ist (MIDDELBURG ET AL. 1993). Feinkörnigere Sedimente enthalten daher bei gleicher Primärproduktion mehr organisches Material im Sediment. Gerade diese Sedimente sind mit einer Infauna B2 besiedelt. Die Abhängigkeit der Faunen und Faundichten von der Primär-

produktion und dem organischen Kohlenstofffluß wird noch nicht vollständig verstanden. Bislang wurden Versuche und Untersuchungen überwiegend nur auf einzelne Arten, Gebiete oder Wassertiefen bezogen (LOUBERE & FARIDUDDIN 1999). Die eigenen Untersuchungen zeigen zwar parallel zu der Abnahme der organischen Kohlenstoffflüsse mit zunehmender Wassertiefe eine Abnahme der Siedlungsdichten. Die Spanne zwischen der niedrigsten und der größten Siedlungsdichte einer Wassertiefe ist jedoch relativ groß. Das zeigt, daß nicht allein von dem organischen Kohlenstofffluß die Siedlungsdichten abhängig sind (s.o.). Es muß also geprüft werden, ob die Grundvoraussetzung, 1 Foraminifere >150 µm pro 1 gC, für jede Faunenzusammensetzung zutreffend ist.

### 7.5. Berechnungen des Sauerstoffgehalts des Bodenwassers

Die Abhängigkeit benthischer Foraminiferenfaunen von der Sauerstoffkonzentration im Bodenwasser wird vielfältig in der Literatur diskutiert (u.a. BERNHARD ET AL. 1997; ALVE & BERNHARD 1995; BERNHARD 1989; DEN DULK ET AL. 1998). Dabei wird nur wenig auf die Aktivität benthischer Foraminiferen im Sediment eingegangen. Zur Aktivität der Infauna haben MOODLEY ET AL. (1998a) Laborversuche durchgeführt. Diese Untersuchungen wie auch die eigenen Untersuchungen zeigen, daß einige Foraminiferenarten bestimmte Sauerstoffkonzentrationen bevorzugen. In diesen Untersuchungen ist die Infauna B2 an niedrige Sauerstoffkonzentrationen im Sediment gekoppelt (Abb. 6.24, Abb. 7.4). Basierend auf der Annahme, daß bestimmte Arten genau definierte Sauerstoffkonzentrationen tolerieren, hat KAIHO (1994) einen Sauerstoffindex, basierend auf kalkigen Foraminiferenarten, postuliert. Anhand dieses Indexes läßt sich der Sauerstoffgehalt des Bodenwassers bestimmen. In dieser Arbeit wurden aus der Lebend-Fauna die Sauerstoffgehalte des jeweiligen Zentimeters im Sediment, also des Porenwassers berechnet. Es zeigt sich, daß die berechneten Sauerstoffkonzentrationen gut mit den gemessenen Werten in den sub- bis anoxischen Bereichen übereinstimmen. Das Untersuchungsgebiet zeigt nur Wassermassen, die einen hohen Sauerstoffgehalt haben. Damit kommen sub- bis anoxische Bedingungen nur im Sediment vor. Dabei wird eine typisch sauerstoffarme Fauna, besonders geprägt von *Fursenkoina earlandi*, *Chilostomella oolina* und *Melonis zaandamae*, in den eigenen Untersuchungen nur im Sediment gefunden.

In einer Thanatozönose wird eine Fauna vorgefunden, die in der Regel alle zusammenlebenden Arten einer Station zeigt. Die absoluten Lebenstiefen der Arten einer fossilen Fauna sind nicht erkennbar. In einem Sedimentzentimeter sind mehrere Generationen anzutreffen. KAIHO (1994) bestimmt aus der kalkigen Thanatozönose den Sauerstoffindex. Zur Bestimmung des Sauerstoffindex werden oxische Arten in Verhältnis zu dysoxischen Arten gesetzt. Als dysoxische Arten führt KAIHO (1994) u.a. *Chilostomella oolina*, *Fursenkoina*-Arten und *Globobulimina*-Arten auf (vergl. Kap. 4.8). Diese Arten kommen in den untersuchten Gebieten im Sediment vor, spiegeln damit in den Untersuchungsgebieten das Porenwassermilieu und nicht, wie bei KAIHO (1994) beschrieben, das Bodenwassermilieu wider. In einer Thanatozönose kommen neben epifaunalen Arten auch infaunale Arten vor. Für die untersuchten Sedimente können in einer Thanatozönose neben *Epistominella exigua*, *Eponides* spp. und *Globocassidulina subglobosa* aus der oxischen Gruppe *Melonis zaandamae* aus der suboxischen Gruppe und *Fursenkoina earlandi* aus der dysoxischen Gruppe vorkommen. Wird aus dieser Thanatozönose der Sauerstoffwert des Bodenwassers berechnet, wird der Sauerstoffwert unterschätzt (Tab. 7.1). Die Arten der sub- und dysoxischen Gruppe leben in dem hier beschriebenen Fall nicht an der Sedimentoberfläche und sind nicht an das Bodenwasser gekoppelt. Tabelle 7.2 gibt weiter Beispiele für die Sauerstoffgehalte des Bodenwassers, rekonstruiert aus möglichen Thanato-

zönosen der Gesamt-Faunen. Die Infauna B2, die in der sub- und dysoxischen Zone vorkommt, lebt nicht nur in den untersuchten Sedimenten im Sediment. In der Literatur wird zahlreich von infaunalen Arten besonders von *Stainforthia*-Arten (im Gehäusetyp der *Fursenkoina* ähnlich) (ALVE & BERNHARD 1995), *Chilostomella oolina* (CORLISS & EMERSON 1990) und *Melonis*-Arten (JORISSEN ET AL. 1998) berichtet. Siehe dazu auch Kap. 7.3.

**Tab. 7.1:** Vergleich von Bodenwassersauerstoff nach REID (1989) und aus der lebenden Gesamt-Fauna nach KAIHO (1994) berechneten Sauerstoffgehalt des Bodenwassers für Stationen bei Bouvet mit einer von *Bulimina aculeata* und z.T. *Fursenkoina earlandi* geprägten Fauna.

Station	Sauerstoff nach Reid, 1989	Sauerstoff aus Gesamt-Fauna
	m/L	m/L
PS1771-4	4.9	1.5
PS1777-7	4.6	>3.5
PS2092-1	4.9	1.75
PS2093-1	4.8	>3.5
PS2094-1	4.6	1.6
PS2095-1	4.4	1.7
PS2096-1	4.6	>3.5
PS2097-1	4.8	>3.5
PS2098-1	4.8	2

**Tab. 7.2:** Nach KAIHO (1994) berechnete Sauerstoffgehalte des Porenwassers für die Stationen um Bouvet.

Station	Sauerstoffgehalt des Porenwassers (ml/L)						
	0-1 cm	1-2 cm	2-3 cm	3-4 cm	4-5 cm	7-8 cm	10-11 cm
PS1771-4	>3,5	1,5	1,5	1,5	0,7	0,1	
PS1777-7	>3,5	0,9	0,9	1,5	1,2		
PS2092-1	>3,5	1,5	1,5	1,4	1,5	0,1	
PS2093-1	>3,5	1,5	1,5	1,5	1,0		
PS2094-1	3,0	1,5	0,2	0,3	0,7	0,7	0,0
PS2095-1	>3,5	1,2	1,3	2,0	1,5		
PS2096-1	>3,5	>3,5	>3,5	1,5	1,5		
PS2097-1	>3,5	>3,5	>3,5	1,5	1,5		
PS2098-1	>3,5	1,9	1,2	0,9	0,7	1,5	

Fossile Faunen werden für Paläosauerstoffrekonstruktionen des Bodenwassers herangezogen (KAIHO 1999). Wie aber gezeigt, kann eine Infauna zu einer Unterschätzung des Sauerstoffgehaltes führen. Eine qualitative Abschätzung der Fauna gibt Aufschluß, ob Arten der sub- und dysoxischen Gruppen im Sediment oder an der Sedimentoberfläche vorgekommen sind. War das Bodenwasser sauerstoffarm, ist eine Fauna zu erwarten, wie sie von BERNHARD ET AL. (1997) aus dem Santa Barbara Becken beschrieben wurde. In diesen Faunen kommen viele *Fursenkoina*-, *Chilostomella*- *Bolivina*- und *Bulimina*-Arten und weitere Arten vor, die KAIHO (1994) in die Gruppe der suboxischen Arten stellt. Arten der

oxischen Gruppe sind nicht zu erwarten. Kamen die sub- und dysoxischen Arten in einem Sediment mit hohen Sauerstoffgehalten im Bodenwasser infaunal vor, liegen in der Thanatozönose auch Arten der oxischen Gruppe vor (s. oben).

### 7.6. Isotopenmessungen und ihre Aussagekraft in der Paläozeanographie

In dieser Arbeit wurden die Isotopenzusammensetzung in Schalen der infaunalen Arten *Bulimina aculeata*, *Melonis zaandamae*, *Trifarina angulosa* und *Uvigerina peregrina* gemessen. Generell zeigen die Messungen für die Schalen der Foraminiferen leichtere  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte als für das überstehende Bodenwasser (Tab. 6.8). Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Bodenwassers liegen zwischen 0,2 und 0,4 ‰ mit Ausnahme der Station auf dem Mittelatlantischen Rücken (0,6 ‰) (MACKENSEN ET AL. 1993b, MACKENSEN ET AL. 1996). Infaunale Arten spiegeln in der Isotopenzusammensetzung ihrer Schalen nicht das Bodenwasser- sondern das sie umgebende Porenwassersignal wider. Porenwasser hat im Verhältnis zum überliegenden Bodenwasser immer ein leichteres  $\delta^{13}\text{C}$ -Verhältnis (MCCORKLE ET AL. 1985). Das  $\delta^{13}\text{C}$ -Verhältnis des Porenwassers wird von dem Abbau des organischen Materials und der Karbonatlösung gesteuert. Diese sind wiederum von dem organischen Kohlenstofffluß abhängig. Organisches Material, das im Oberflächenwasser durch Photosynthese gebildet wird, ist reich an  $^{12}\text{C}$ . Durch die Photosynthese wird dem Wasser der leichtere Kohlenstoff entzogen. Organismen, die in diesem Wasser kalzifizieren, zeigen damit das im Verhältnis zum Bodenwasser schwerere Signal des Oberflächenwassers. Sowohl die kalkigen Organismen als auch der organische Kohlenstoff sinken ab und beeinflussen das Bodenwasser, besonders aber das Porenwasser des Sediments. Bei dem Abbau des organischen Materials, was überwiegend im Sediment geschieht, wird isotopisch leichtes  $\text{CO}_2$  an das Porenwasser abgegeben. Gleichzeitig gelangt durch die Lösung kalkiger Schalen isotopisch gering schwereres  $\text{CO}_2$  in das Porenwasser, das jedoch kaum einen Einfluß hat (MCCORKLE ET AL. 1985). Der  $\delta^{13}\text{C}$  Gradient im Porenwasser ist damit von dem Abbau des organischen Materials und damit auch von der Sauerstoffkonzentration im Porenwasser abhängig. Leichtere  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte sind bei einer Zunahme des Sauerstoffverbrauchs zu erwarten (KROOPNIK 1980; MCCORKLE ET AL. 1985).

Da das Porenwasser leichtere  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte als das Bodenwasser zeigt, ist es natürlich, daß infaunale Arten ein leichtes, vom Bodenwasser abweichendes  $\delta^{13}\text{C}$ -Isotopensignal in ihren Gehäusen zeigen. Für die drei infaunalen Arten mit einem Siedlungsmaximum an der Sedimentoberfläche *Bulimina aculeata*, *Uvigerina peregrina* und *Trifarina angulosa* ändern sich die Isotopenwerte in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe nicht. Dieses gilt sowohl für die leeren als auch die gefärbten Gehäuse und steht im Kontrast zu dem gelösten organischen Material des Porenwassers, das in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe einen starken Gradienten zeigt (MCCORKLE ET AL. 1985). Für die toten Individuen muß von einem Mischsignal ausgegangen werden. Die absolute Lebenstiefe kann für tote Gehäuse nicht bestimmt werden. Daher ist es wahrscheinlich, daß für die Messungen verschiedene Generationen in einer Probe genommen wurden. Die lebenden Individuen zeigen das gleiche Signal wie die toten Individuen, die  $\delta^{13}\text{C}$  - Werte unterscheiden sich nicht maßgeblich. Damit zeigen auch die lebenden Individuen ein Mischsignal. Dieses Mischsignal basiert vermutlich auf ein Wandern der Individuen im Sediment. Es kann davon ausgegangen werden, daß benthische Foraminiferen, die eine infaunale Lebensweise mit einem Siedlungsmaximum an der Sedimentoberfläche bevorzugen, im Sediment sowohl vertikal als auch horizontal migrieren. Eine ontogenetische Tiefenverteilung konnte nicht beobachtet werden. Die hier gemessenen Arten kalzifizieren somit in den ersten Zentimetern

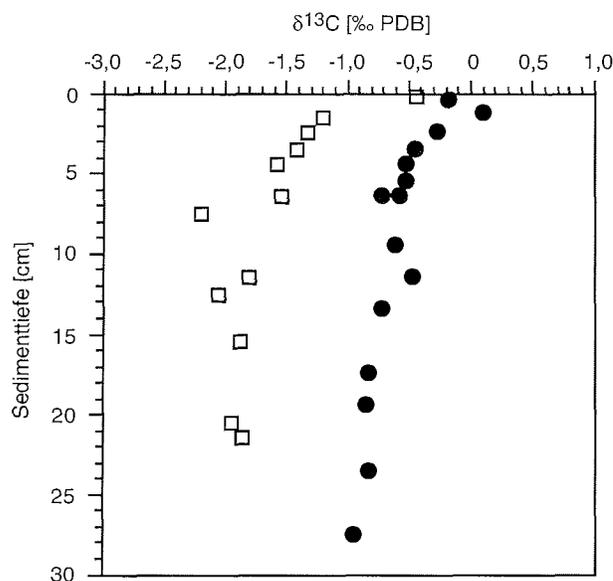
des Sediments und speichern so ein Signal, das sich aus den  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten des Porenwassers der ersten Zentimeter des Sediments zusammensetzt. Ein weiterer Faktor, der beachtet werden muß, liegt in der Messtechnik. Zur Messung werden 6 bis 8 Individuen benötigt. Es kann damit ein "Species-Specific" isotopischer Ungleichgewichtseffekt (WOODRUFF ET AL. 1980) auftreten. Dieser Effekt kommt durch unterschiedliche Fraktionierung der einzelnen Individuen. Das Mikrohabitat hat damit einen Einfluß auf die Isotopenzusammensetzung. Für infaunale Arten A1 nimmt aber die absolute Lebenstiefe auf die Isotopenzusammensetzung keinen Einfluß.

LOUBERE ET AL. (1995) beschreiben Isotopenmessungen an *Uvigerina peregrina* aus verschiedenen Lebenstiefen. Sie beschreiben *U. peregrina* als eine infaunale Art, die abhängig von dem Sauerstoffgehalt flach im Sediment oder aber bei genügend Sauerstoff bis tief in das Sediment vorkommt. Dieses deckt sich mit den eigenen Beobachtungen besonders aus dem Angola-Becken. *Uvigerina peregrina* kommt bis in 4 cm Sedimenttiefe vor. Die eigenen Isotopenmessungen zeigen keine signifikanten Variationen der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe. Auch LOUBERE ET AL. (1995) beschreiben gleichbleibende  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte für *U. peregrina* aus verschiedenen Sedimenttiefen. Die Werte, die LOUBERE ET AL. (1995) für *U. peregrina* aus dem Mittelmeer und dem Golf von Mexiko angeben, sind z.T. schwerer, als die in dieser Arbeit gemessenen Werte aus dem Angola-Becken. Das Bodenwasser zeigt jedoch einen identischen Wert im Golf von Mexiko (Angola-Becken gemessen: 0,76 ‰ bzw. 0,82 ‰, nach KROOPNICK (1985): 1,0 bis 0,5 ‰) (LOUBERE ET AL. 1995 nach KROOPNICK 1980) wie das Bodenwasser an den Stationen im Angola-Becken. Dabei sind die organischen Kohlenstoffflüsse im Golf von Mexiko und im Mittelmeer deutlich höher als in dem Angola-Becken (LOUBERE ET AL. 1995). WOODRUFF ET AL. (1980) geben z. T. leichtere  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte für *Uvigerina* spp. aus den Oberflächen-sedimenten des Ostpazifischen Rückens aus 3200 bis 4600 m Wassertiefe an. Die Werte liegen hier je nach Station zwischen -0,53 bis -1,05 ‰. Entscheidend ist, daß auch LOUBERE ET AL. (1995) eine deutliche Differenz zwischen den  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten des Bodenwassers und *U. peregrina* beschreibt. Er führt die Differenz auf einen Mischungseffekt von Boden- und Porenwasser zurück und führt auch die Möglichkeit von Mikroenvironments an. *Uvigerina peregrina* wird häufig in der Paläozeanographie besonders für die Stratigraphie eingesetzt, da die Art  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte nahezu im Gleichgewicht zu dem Bodenwasser auskalfiziert (LOUBERE ET AL. 1995). Für die Interpretation der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte muß aber der Mikrohabitateffekt von *U. peregrina* bedacht werden. Die Differenz zwischen Bodenwasser- und Schalenwert ist nicht konstant. Für paläozeanische Rekonstruktionen kann so keine konstanter Umrechnungsfaktor gegeben werden, der es ermöglicht, auf das Poren- oder Bodenwassersignal rückschließen zu können.

Da die Differenz zwischen den  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten des Bodenwassers und der Individuen der drei in dieser Arbeit gemessenen Arten *Bulimina aculeata*, *Trifarina angulosa* und *Uvigerina peregrina* unterschiedlich ist, kann ein Fraktionierungseffekt der artspezifisch ist, ausgeschlossen werden. Vielmehr muß damit gerechnet werden, daß der  $\delta^{13}\text{C}$ -Gradient des Porenwassers an den einzelnen Stationen unterschiedlich ist. MCCORKLE ET AL. (1985) beschreiben Porenwassergradienten zweier Stationen aus dem zentralen äquatorialen Pazifik aus ca. 4000 m Wassertiefe (Abb. 7.6). Die eine Station hat eine niedrige Sauerstoffkonzentration im Porenwasser. Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Porenwassers nehmen stark ab mit zunehmender Sedimenttiefe. Schon in 1-2 cm Tiefe ist das  $\delta^{13}\text{C}$  des Porenwassers um 1 ‰ leichter als das  $\delta^{13}\text{C}$  des Bodenwassers. Anders verhält sich der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Porenwassers an der Station mit hohen Sauerstoff-

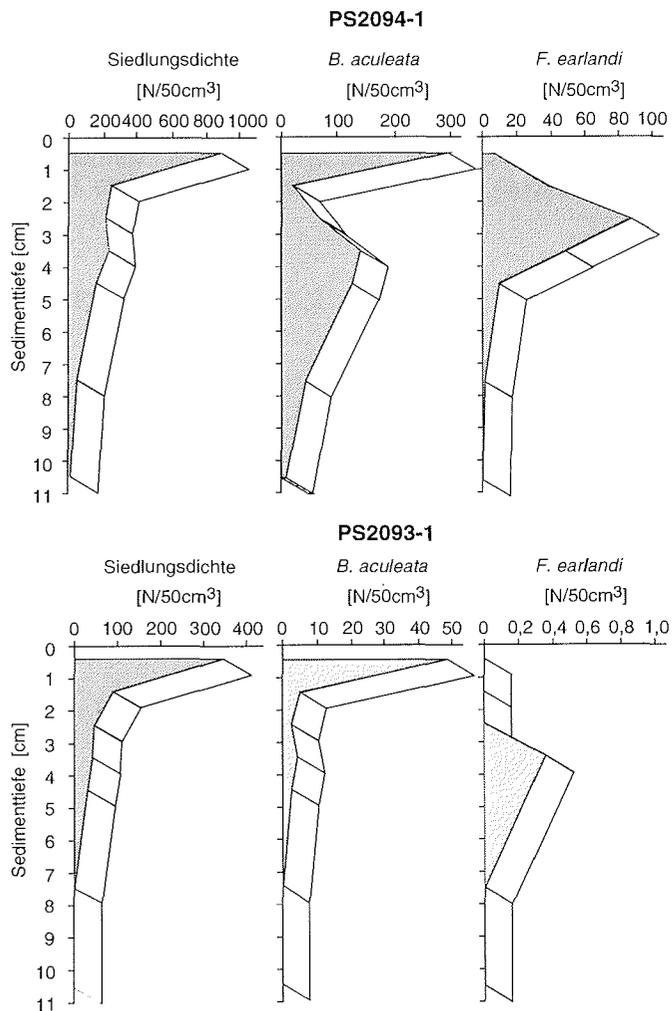
konzentrationen im Porenwasser. Hier nimmt der Gradient um ca. 0,1 ‰ pro Zentimeter ab (MCCORKLE ET AL. 1985). Dieser Gradient ist entscheidend für die Fraktionierung in den benthischen Foraminiferengehäusen. Wenn die Individuen durch das Sediment migrieren, treffen sie bei niedrigen Sauerstoffeindringtiefen tief im Sediment auf Porenwasser, das im Vergleich zu dem Bodenwasser sehr viel leichter ist. In der gleichen Sedimenttiefe in einem Sediment mit hohen Sauerstoffeindringtiefen ist die Differenz zwischen Bodenwasser und Porenwasser  $\delta^{13}\text{C}$  nicht so groß. Hier werden die Individuen ein Signal in der Schale speichern, das nicht eine so große Differenz zu dem Bodenwasser zeigt.

Den Unterschied in den Isotopenwerten zwischen Werten aus Sedimenten mit einer großen und mit einer geringen Sauerstoffeindringtiefe zeigen die Stationen an der Insel Bouvet. Die Stationen liegen in dem Bereich mit einer hohen Primärproduktion. Der organische Kohlenstoffgehalt liegt bei max. 0,3 Gew.-%. Eine Ausnahme bildet hier PS2094-1. Bei dieser Station beträgt der organische Kohlenstoffgehalt 0,4 Gew.-%. Die Siedlungsdichte an dieser Station ist verhältnismäßig hoch. Es kann daher von einem hohen organischen Kohlenstofffluß ausgegangen werden. Die Fauna an der Station PS2094-1 weist auf eine niedrige Sauerstoffeindringtiefe hin. Ab 1 cm Sedimenttiefe kommt vermehrt *Fursenkoina earlandi* vor (Abb. 7.7), die bevorzugt im sub- bis anoxischen Milieu lebt (vergl. Kap. 6.5.1). Die Berechnung für den Sauerstoffgehalt mit dem BFOI nach KAIHO (1994) ergibt schon für 2-3 cm Sedimenttiefe ein dysoxisches Milieu (0,3 ml/L) (Tab. 7.2). Aufgrund der Fauna und der Berechnung des Sauerstoffgehalts des Porenwassers ist davon auszugehen, daß der Porenwassergradient des  $\delta^{13}\text{C}$  groß ist.



**Abb. 7.6:** Vergleich von stabilen Kohlenstoffisotopen in marinem Porenwasser (aus: MCCORKLE ET AL. 1985). Die beprobten Sedimente stammen aus dem zentralen, äquatorialen Pazifik. Station C (□) 4450 m Wassertiefe, niedrige Sauerstoffgehalte im Porenwasser; Station S (●) 4910 m Wassertiefe, hohe Sauerstoffgehalte im Porenwasser.

*Bullimina aculeata*, die in dem Porenwasser sich auf und ab bewegt, baut damit an dieser Station ein leichteres  $\delta^{13}\text{C}$ -Signal ein, als an den benachbarten Stationen. Die benachbarten Stationen zeigen eine Fauna (Abb. 7.7), die auf größere Sauerstoffeindringtiefen hinweist (Tab. 7.2). Nur wenige Stationen zeigen eine Fauna mit Arten, die bevorzugt in sub- bis anoxischen Bereichen vorkommen. Hier kommt *F. earlandi* ab 3 cm Sedimenttiefe vor (Abb. 7.7). Damit kann an diesen Stationen ein geringerer  $\delta^{13}\text{C}$ -Gradient im Porenwasser angenommen werden. Arten, die hier durch das Sediment migrieren, bauen ein nicht ganz so leichtes  $\delta^{13}\text{C}$ -Signal in ihren Schalen ein.



**Abb. 7.7:** Vergleich der Siedlungsdichten und der absoluten Anzahlen von *Bullimina aculeata* und *Fursenkoina earlandi* für PS2094-1 und, beispielhaft für die weiteren 8 Stationen bei Bouvet, PS2093-1.

*Melonis zaandamae* bildet ein Siedlungsmaximum im Sediment. Die Messung von  $\delta^{13}\text{C}$  an der Station PS2092-1 zeigt für lebende Individuen eine Abnahme der Werte mit zunehmender Sedimenttiefe. Die Abnahme der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte mit zunehmender Sedimenttiefe beschreibt auch RADTKE (1998) aus dem Nordpolarmeer. *Melonis zaandamae* ist eine Art, die nicht auf frisches organisches Material angewiesen ist. Sie nimmt älteres, nicht so hochwertiges organisches Material auf (CARALP 1989). Damit ist *M. zaandamae* nicht darauf angewiesen, an die mit frischem organischen Material angereicherte Sedimentoberfläche zu kommen. Daher wird hier angenommen, daß *M. zaandamae* im Gegensatz zu den drei anderen vorher beschriebenen Arten nicht weit im Sediment migriert sondern sich verhältnismäßig stationär im Sediment aufhält (vergl. MACKENSEN ET AL. 2000). Damit zeigt *M. zaandamae* vermutlich den  $\delta^{13}\text{C}$ -Gradienten des Porenwassers nach. Der Porenwassergradient kann als relativ groß angenommen werden, da *M. zaandamae* eine Art ist, die bevorzugt im sub- bis dysoxischen Bereich vorkommt (vergl. Kap. 6.5.1). Die toten Individuen zeigen keinen  $\delta^{13}\text{C}$ -Gradienten. Hier handelt es sich bei den  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten vermutlich um ein Mischsignal, das aus mehreren Generationen aus verschiedenen Lebenstiefen gebildet wird.

## 8. Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Aus der Untersuchung rezenter benthischer Foraminiferenfaunen in Sedimentkurzkernen bis 15 cm Sedimenttiefe des südlichen Südatlantiks und des nördlichen Angola-Beckens können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

### *Foraminiferenfaunen und Mikrohabitate*

- Benthische Tiefseeforaminiferen kommen in den untersuchten Sedimenten des südlichen Südatlantiks bis in 11 cm Sedimenttiefe und in den Sedimenten des Angola-Beckens bis 5 cm Sedimenttiefe lebend vor.
- Siedlungsdichten, Artenzahlen und Diversitäten nehmen mit zunehmender Sedimenttiefe ab.
- In feinkörnigen Sedimenten mit einem hohen organischen Kohlenstoffgehalt und niedrigen Sauerstoffeindringtiefen kommen große Habitattiefen und Allgemeine Lebenstiefen (ALD) vor.
- In dieser Arbeit werden fünf Mikrohabitatstypen unterschieden. Es lassen sich epi- und infaunale Arten unterscheiden. Die Infauna kann weiter je nach absoluter Lebenstiefe und Siedlungsmaximum unterschieden werden.
- Epifaunale Arten werden von den physikochemischen Eigenschaften des Bodenwassers gesteuert. Sie sind auf frisches organisches Material und hohe Sauerstoffgehalte des Bodenwassers angewiesen.
- Die meisten in dieser Untersuchung vorkommenden Arten sind infaunale Arten mit einem Siedlungsmaximum an der Sedimentoberfläche (A1 und A2 Typen). Diese Arten bevorzugen frisches organisches Material und hohe Sauerstoffkonzentrationen im Boden- und Porenwasser. Unter der Wasser/Sedimentgrenze in geringen Sedimenttiefen herrschen in der Tiefsee nahezu gleiche Bedingungen wie an der Sedimentoberfläche. Arten, die in diesem Mikrohabitat leben, weichen einem Konkurrenzdruck an der Sedimentoberfläche aus und finden im Sediment ähnliche Bedingungen wie an der Sedimentoberfläche. Sie können aber auch Sauerstoffminima und älteres organisches Material tolerieren.
- Einige Arten bilden ein Siedlungsmaximum im Sediment aus (B1 und B2 Typen). Dazu zählen *Fursenkoina earlandi*, *Melonis zaandamae*, *M. barleeaanum* und *Chilostomella oolina*. Dieses Mikrohabitat kommt in Sedimenten mit einem hohen organischen Kohlenstoffgehalt und niedrigen Sauerstoffeindringtiefen vor. Die Arten leben in Sauerstoffminimumzonen und können älteres organisches Material als Nahrung aufnehmen.

### *Paläozeanographische Rekonstruktionen*

- Die Siedlungsdichten korrelieren positiv mit dem organischen Kohlenstofffluß. Siedlungsdichten werden jedoch nicht beliebig groß bei hohen organischen Kohlenstoffflüssen. Niedrige Sauerstoffeindringtiefen kontrollieren ebenso die Siedlungsdichten.
- Die Berechnung der Produktivität mit der Benthischen-Foraminiferen-Akkumulationsrate (BFAR) liefert nicht immer aussagekräftige Ergebnisse. Die Faunenzusammensetzung wird bei der Berechnung nicht beachtet. Eine Fauna setzt sich jedoch aus unterschiedlichen Arten mit verschiedenen Nahrungsansprüchen zusammen. Die opportunistische Art *Epistominella exigua* reagiert

auf plötzlichen Nahrungseintrag, dagegen ist die infaunale Art *Melonis zaanadamae* auf älteres organisches Material spezialisiert und nicht von dem direkten, im südlichen Südatlantik saisonalen Eintrag organischen Materials abhängig.

- Einige benthische Foraminiferenarten sind an bestimmte Sauerstoffkonzentrationen gebunden. Hierzu zählen die infaunalen Arten des Typs B2. Sie kommen in sub- bis dysoxischen Milieus vor. In Sedimenten mit einer niedrigen Sauerstoffeindringtiefe zeigen die Faunen durch eine strikte Stratifizierung die Sauerstoffgehalte des Porenwassers nach.
- Der Sauerstoffgehalt des Bodenwassers kann mit dem Benthischen-Foraminiferen-Sauerstoff-Index (BFOI) nicht problemlos aus benthischen Foraminiferenfaunen rekonstruiert werden. Die Fauna muss auf die Anteile oxischer und sub- bis dysoxischer Arten geprüft werden. Aus der Zusammensetzung der Thanatozönose muß abgeschätzt werden, ob es sich um ein Sediment mit niedrigen Sauerstoffeindringtiefen oder um geringe Sauerstoffgehalte des Bodenwassers handelt.
- Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Zusammensetzung infaunaler A1 Arten (*Trifarina angulosa* und *Uvigirina peregrina*) und von *Bulimina aculeata* ändern sich in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe nicht. Vermutlich bewegen sich diese Arten vertikal durch das Sediment und bauen damit ein Mischsignal des Porenwassers in ihren Gehäusen ein. Die Werte weichen deutlich von den Werten des Bodenwassers ab. Die Differenz zwischen Bodenwasser und Individuen ist dabei stationsspezifisch. In Sedimenten mit höheren organischen Kohlenstoffgehalten und niedrigeren Sauerstoffeindringtiefen sind die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von *Bulimina aculeata* sehr viel leichter als an anderen Stationen mit höheren Sauerstoffeindringtiefen. Die leichten  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte gehen auf einen stärkeren Gradienten der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Porenwassers zurück.  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte sind damit ein semiquantitativer Anzeiger für Nährstoffangebot und Sauerstoffgehalt im Sediment.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß benthische Foraminiferen und ihre Faunenzusammensetzungen wertvolle Informationen zur Ozeanographie speichern und damit wichtige Werkzeuge für paläozeanographische Rekonstruktionen sind. Im Vordergrund stehen dabei die qualitativen Aussagen, die anhand von Faunenzusammensetzungen und -parametern getroffen werden können. Quantitative Aussagen sind gerade aufgrund der stark variierenden Mikrohabitatverhalten der Arten schwierig. Entscheidend sind weiter Untersuchungen zu den Mikrohabitaten, um Faunen richtig einschätzen zu lernen. Besonders die Möglichkeit zur Abschätzung von Lebenstiefen im Sediment müssen erforscht werden, um so die Infauna, die vermehrt über Nährstoffangebot und das Porenwassermilieu Auskunft geben und zahlenmäßig stärker vertreten sind, verstärkt in die paläozeanographischen Rekonstruktionen einzubeziehen.

## Danksagung

Herm Prof. Dr. D. K. Fütterer (Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung) danke ich sehr herzlich für die Vergabe der vorliegenden Arbeit und die vielfältige Unterstützung. Bei Herm Prof. Dr. G. Wefer (Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen) möchte ich mich für die freundliche Übernahme des Co-Referates bedanken. Mein besonderer Dank gilt Herm Priv. Doz. Dr. A. Mackensen (AWI), von dessen engagierter Betreuung, seiner steten Diskussionsbereitschaft und seinen fachlichen Anregungen ich besonders profitierte.

Zahlreiche Kolleginnen und Kollegen aus dem Alfred-Wegener-Institut haben mit Rat und Tat, sowie mit Korrekturlesen zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Besonders erwähnen möchte ich Dr. S. Becquey, Dr. C.-D. Hillenbrand, L. Licari, Dr. J. Matthiessen, J. Radtke, M. Rudolph, D. Schmidt, F. Schoster, Dr. U. Zielinski und Dr. J. Wollenburg. Weiterhin sei Dr. S. Boehme für die Probennahme auf dem Fahrabschnitt M41/1 gedankt. Für weitere bereitwillige Korrekturlesungen danke ich B. Meyer, U. Schönfeld, M. Schumacher und M. Thomas. Dr. G. Kuhn, Prof. Dr. M. Schlüter, B. Strothmann, Dr. F. Wenzhöfer und Dr. S. Boehme überließen mir freundlicherweise unveröffentlichte Daten. Dank sagen möchte ich allen, die mir in der vielfältigen Labor- und Mikroskoparbeit mit Rat und Tat geholfen haben: U. Bock, S. Janisch, G. Meyer, H. Röben, M. Thomas, G. Traue und M. Warnkroß.

Die Besatzungen der Forschungsschiffe „Polarstern“ und „Meteor“ haben durch ihre Arbeit auf den Expeditionen zum Gewinn des Probenmaterials beigetragen, vielen Dank hierfür.

Bei all den ungenannt gebliebenen „Helfern“, die mich in vielfältiger Art unterstützt haben möchte ich mich bedanken .

## Literaturverzeichnis

- ALTENBACH, A.V. (1992): Short term processes and patterns in the foraminiferal response to organic flux rates.- *Marine Micropaleontology*, **19**: 119-129
- ALTENBACH, A. V., PFLAUMANN, U., SCHIEBEL, R., THIES, A., TIMM, S. & TRAUTH, M. (1999): Scaling percentages and distributional patterns of benthic foraminifera with flux rates of organic carbon.- *Journal of Foraminiferal Research*, **29**: 173-185
- ALTENBACH, A.V. & SARNTHEIN, M. (1989): Productivity record in benthic foraminifera.- In: BERGER, W.H., SMETACEK, V.S. und WEFER, G. (Eds): *Productivity of the Ocean: Present and Past.- Life Sciences Research Report*, **44**: 255-269
- ALVE, E. (1994): Opportunistic features of the foraminifera *Stainforthia fusiformis* (WILLIAMSON): evidence from Frierfjord, Norway.- *Journal of Micropaleontology*, **13**: 24
- ALVE, E. & BERNHARD, J.M. (1995): Vertical migratory response of benthic foraminifera to controlled oxygen concentrations in an experimental mesocosm.- *Marine Ecology Progress Series*, **116**: 137-151
- ALVE, E. & OLSGARD, F. (1999): Benthic foraminiferal colonization in experiments with copper-contaminated sediments.- *Journal of Foraminiferal Research*, **29**: 186-195
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W., SCHUCHARD-FISCHER, CHR. & WEIBER, R. (1989): *Multivariate Analysemethoden.*- Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, 5. Aufl., 418 S.
- BANDY, O.L. (1953): Ecology and paleoecology of some California foraminifera (1): the frequency distribution of recent foraminifera off California.- *Journal of Paleontology*, **27**: 161-182
- 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 Economic Paleontologists and Mineralogist, Special Publication*, **9**: VII-XXIV und 1-238
- BARMAWIDJAJA, D.M., JORISSEN, F.J., PUSKARIC, S. & VAN DER ZWAAN, G.J. (1992): Microhabitat selection by benthic foraminifera in the northern Adriatic Sea.- *Journal of Foraminiferal Research*, **22**: 297-317
- BARNETT, P.R.O., WATSON, J. & CONNELLY, D. (1984): A multiple corer for taking virtually undisturbed samples from shelf, bathyal and abyssal sediments.- *Oceanologica Acta*, **7**: 399-408
- BASOV, I.A. & KUHSID, T.A. (1983): Biomass of benthic foraminifera in sediments of the Sea of Okhotsk.- *Oceanology*, **33**: 489-495
- BATHMANN, U., SCHULZ-BALDES, M., FAHRBACHER, E., SMETACEK, V. & HUBBERTEN, H.-W. (1992): Die Expeditionen Antarktis IX/1-4 des Forschungsschiffes "Polarstern" 1990/1991.- *Berichte zur Polarforschung*, **100**: 1-403
- BENDER, H. (1989): Gehäuseaufbau, Gehäusegenese und Biologie agglutinierter Foraminiferen (Sarcodina, Textulariina).- *Geologisches Jahrbuch, Reihe A*, **132**: 259-347
- BENNEKOM, A.J. VAN & BERGER, G.W. (1984): Hydrography and silica budget of the Angola Basin.- *Netherlands Journal of Sea Research*, **17**: 149-200
- BERGER, W.H. (1989): Global maps of ocean productivity.- In: BERGER, W.H., SMETACEK, V.S. und WEFER, G. (Eds): *Productivity of the Ocean: Present and Past.- Life Sciences Research Report*, **44**: 429-455

- BERGER, W.H., FISCHER, K, LAI, C. & WU, G. (1987): Ocean productivity and organic carbon flux. Part I. Overview and maps of primary productivity and production.- University of California, San Diego, SIO References 87-30, 67 S.
- BERNHARD, J.M. (1986): Characteristic assemblages and morphologies of benthic foraminifera from anoxic, organic-rich deposits: Jurassic through Holocene.- *Journal of Foraminiferal Research*, **16**: 207-215
- BERNHARD, J.M. (1988): Postmortem vital staining in benthic foraminifera: duration and importance in population and distributional studies.- *Journal of Foraminiferal Research*, **18**: 143-146
- BERNHARD, J.M. (1989): The distribution of benthic Foraminifera with respect to oxygen concentration and organic carbon levels in shallow-water Antarctic sediments.- *Limnological Oceanographie.*, **34**: 1131-1141
- BERNHARD, J.M. (1992): Benthic foraminiferal distribution and biomass related to porewater oxygen content: central California continental slope and rise.- *Deep-Sea Research*, **39**: 585-605
- BERNHARD, J.M. & BOWSER, S.S. (1992): Bacterial biofilms as a trophic resource for certain benthic foraminifera.- *Marine Ecology Progress Series*, **83**: 263-272
- BERNHARD, J.M. & BOWSER, S.S. (1999): Benthic foraminifera of dysoxic sediments: chloroplast sequestration and functional morphology.- *Earth-Science Reviews*, **46**, 149-165
- BERNHARD, J.M., SEN GUPTA, B.K. & BORNE, P.F. (1997): Benthic foraminiferal proxy to estimate dysoxic bottom-water oxygen concentrations: Santa Barbara basin, U.S. Pacific continental margin.- *Journal of Foraminiferal Research*, **27**: 301-310
- BOLTOVSKOY, E. (1966): Depth at which foraminifera can survive in sediments.- *Contribution from the Cushman Foundation to Foraminiferal Research*, **17**: 43-45
- BOLTOVSKOY, E. (1978): Late Cenozoic benthonic foraminifera of the Ninetyeast Ridge (Indian Ocean).- *Marine Geology*, **26**: 139-175
- BONN, W.J. (1995): Biogenopal und biogenes Barium als Indikatoren für spätquartäre Produktivitätsänderungen am antarktischen Kontinentalhang, atlantischer Sektor.- *Berichte zur Polarforschung*, **180**: 1-186
- BORNMALM, L., CORLISS, B.H. & TEDESCO, K. (1997): Laboratory observations of rates and patterns of movement of continental margin benthic foraminifera.- *Marine Micropaleontology*, **29**: 175-184
- BRADY, H.B. (1884): Report on the Foraminifera Dredged by H.M.S. Challenger, During the Years 1873-1876.- In: MURRAY, J. (Ed.): Report on the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. Challenger During the Years 1873-1876: 1-814
- BROECKER, W.S. & TAKAHASHI, T. (1985): Sources and flow patterns of deep-ocean waters as deduced from potential temperatur, salinity, and initial phosphate concentration.- *Journal of Geophysical Research*, **90**: 6925-6939
- BRÖNNIMANN P. & WHITTAKER, J.E. (1988): The Trochamminacea of the Discovery Reports.- *British Museum (Natural History)*, London: 152 S.
- BUZAS, M.A. & GIBSON, T.G. (1969): Species diversity: benthic foraminifera in western North America.- *Science*, **163**: 72-75
- CARALP, M.H. (1989): Size and morphology of the benthic foraminifer *Melonis barleeanum*: relationships with marine organic matter.- *Journal of Foraminiferal Research*, **19**: 235-245

## Literaturverzeichnis

---

- CHARNOCK, M.A. & JONES, R.W. (1990): Agglutinated Foraminifera from the Palaeogene of the North Sea.- In: HEMLEBEN, C, KAMINSKI, M.A., KUHN, W. & SCOTT, D.B. (Eds): Paleocology, Biostratigraphy, Paleocceanography and Taxonomy of Agglutinated Foraminifera, Kuwer Academic Publisher: 139-244
- CONNARY, S.D. & EWING, M. (1974): Penetration of Antarctic Bottom Water from the Cape Basin into the Angola Basin.- *Journal of Geophysical Research*, **79**: 463-469
- CORLISS, B.H. (1979a): Taxonomy of recent deep-sea benthonic foraminifera from the Southeast Indian Ocean.- *Micropaleontology*, **25**, 1-19
- CORLISS, B.H. (1979b): 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. (1985): Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments.- *Nature*, **314**: 435-438
- CORLISS, B.H. (1991): Morphology and microhabitat preferences of benthic foraminifera from the Northwest Atlantic Ocean.- *Marine Micropaleontology*, **17**: 195-236
- CORLISS, B.H. & CHEN, C. (1988): Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea benthic foraminifera and ecological implications.- *Geology*, **16**: 716-719
- CORLISS, B.H. & EMERSON, S. (1990): Distribution of Rose Bengal stained deep-sea benthic foraminifera from the Nova Scotian continental margin and Gulf of Maine.- *Deep-Sea Research*, **37**: 381-400
- COULL, B.C, ELLISON, R.L., FLEEGER, J.W., HIGGINS, R.P., HOPE, W.D., HUMMON, W.D., RIEGER, R.M., STERRER, W.E., THIEL, H. & TIETJEN, J.H. (1977): Quantitative estimates of the Meiofauna from the deep sea off North Carolina, USA.- *Marine Biology*, **39**: 233-240
- CURRY, W.B., DUPLESSY, J.C., LABEYRIE, L.D. & SHACKLETON, N.J. (1988): Changes in the distribution of  $\delta^{13}\text{C}$  of deep water  $\Sigma\text{CO}_2$  between the last glacial and the Holocene.- *Paleoceanography*, **3**: 317-341
- CUSHMAN, J.A. (1910-1917): Foraminifera of the Pacific Ocean.- U.S. National Museum Bulletin, 71
- CUSHMAN, J.A. (1918-1931): The Foraminifera of the Atlantic Ocean.- U.S. National Museum Bulletin, 104
- DEFELICE, D.R. & WISE, S.W. JR. (1981): Surface lithofacies, biofacies and diatom diversity patterns as models for delineation of climatic changes in the Southeast Atlantic Ocean.- *Marine Micropaleontology*, **6**: 29-70
- DEMASTER, D.J. (1981): The supply and accumulation of silica in the marine environment.- *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **45**: 1715-1732
- DERIJK, S., TROELSTRA, S.R. & ROHLING, E.J. (1999): Benthic Foraminiferal Distribution in the Mediterranean Sea.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **130**: 81-112
- DESTIGTER, H.C., JORISSEN, F.J. & ZWAAN, G.J. VAN DER (1998): Bathymetric distribution and microhabitat partitioning of live (Rose Bengal stained) benthic foraminifera along a shelf to deep sea transect in the southern Adriatic Sea.- *Journal of Foraminiferal Research*, **28**: 40-65
- DIESTER-HAASS, L. (1995): Middle Eocene to early Oligocene paleoceanography of the Antarctic Ocean (Maud Rise, ODP Leg 113, Site 689): change from a low to high productivity ocean.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **113**: 311-334

- DIESTER-HAASS, L & ZAHN, R. (1996): Eocene-Oligocene transition in the Southern Ocean: history of water mass circulation and biological productivity.- *Geology*, **24**: 163-166
- DIETRICH, G., KALLE, K., KRAUSS, W. & SIEDLER, G. (1975): Allgemeine Meereskunde.- Gebrüder Bornträger, Berlin: 593 S.
- DULK, M. DEN, REICHERT, G.J., MEMON, G.M., ROELOFS, E.M.P., ZACHARIASSE, W.J. & ZWAAN, G.J. VAN DER (1998): Benthic foraminiferal response to variations in surface water productivity and oxygenation in the northern Arabian Sea.- *Marine Micropaleontology*, **35**: 43-66
- DUPLESSY, J.C., LABEYRIE, L., JUILLET-LECLERC, A., MAITRE, F., DUPRAT, J. & SARNTHEIN, M. (1991): Surface salinity reconstruction of the North Atlantic Ocean during the last glacial maximum.- *Oceanologica Acta*, **14**: 311-324
- ECHOLS, R.J. (1971): Distribution of foraminifera in sediments of the Scotia Sea area, Antarctic waters.- In: REID, J.L. (Ed.): Antarctic Oceanology.- American Geophysical Union, **15**, Washington. 93-168
- ELLIS, B.F. & MESSINA, A. (1949): Catalogue of Foraminifera and Supplements.- American Museum of Natural History
- EMERY, W.J. & MEINCKE, J. (1986): Global water masses: summary and review.- *Oceanologica Acta*, **9**: 383-394
- EPSTEIN, S. & MAYEDA, T. (1953): Variations of  $^{18}\text{O}$  content of waters from natural sources.- *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **4**: 213-224
- FARIDUDDIN, M. & LOUBERE, P. (1997): The surface ocean productivity response of deeper water benthic foraminifera in the Atlantic.- *Marine Micropaleontology*, **32**: 269-310
- FAUGÈRES, J.C. & STOW, D.A.V. (1993): Bottom-current-controlled sedimentation: a synthesis of the contourite problem.- *Sedimentary Geology*, **82**: 287-297
- FOLDVIK, A. & GAMMELSRØD, T. (1988): Notes on Southern Ocean hydrography, sea-ice and bottom water formation.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **67**, 3-17
- FÜTTERER, D.K. (2000): The solid phase of marine sediments. -In: SCHULZ, H.D. & ZABEL, M.: Marine Geochemistry, Springer Berlin: 1-29
- GEORGI, D.T. (1981): Circulation of bottom waters in the southwestern South Atlantic.- *Deep-Sea Research A*, **28**: 959-979
- GERSONDE, R. (1993): Die Expedition ANTARKTIS X/5 mit FS "Polarstern" 1992.- *Berichte zur Polarforschung*, **131**: 1-167
- GERSONDE, R. & HEMPEL, G. (1990): Die Expedition ANTARKTIS-VIII/3 und VIII/4 mit FS "Polarstern" 1989.- *Berichte zur Polarforschung*, **74**: 1-173
- GINGELE, F.X. (1992): Zur klimaabhängigen Bildung biogener und terrigener Sedimente und ihrer Veränderung durch die Frühdiagenese im zentralen und östlichen Südatlantik.- *Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen*, **26**: 1-202
- GOODAY, A.J. (1986): Meiofaunal foraminiferans from the bathyal Porcupine Seabight (Northeast Atlantic): size structure, standing stock, species diversity and vertical distribution in the sediment.- *Deep-Sea Research*, **33**: 1345-1373
- GOODAY, A.J. (1988): A response by benthic foraminifera to the deposition of phytodetritus in the deep sea.- *Nature*, **332**: 70-73

## Literaturverzeichnis

---

- GOODAY, A.J. (1993): Deep-sea benthic foraminiferal species which exploit phytodetritus: characteristic features and controls on distribution.- *Marine Micropaleontology*, **22**: 187-205
- GOODAY, A.J. & LAMBSHEAD, P.J.D. (1989): Influence of seasonally deposited phytodetritus on benthic foraminiferal populations in the bathyal Northeast Atlantic: the species response.- *Marine Ecology Progress Series*, **58**: 53-67
- GOODAY, A.J. & RATHBURN, A.E. (1999): Temporal variability in living deep-sea benthic foraminifera: a review.- *Earth-Science Reviews*, **46**: 187-212
- HARLOFF, J. & MACKENSEN, M. (1997): Recent benthic foraminiferal associations and ecology of the Scotia Sea and Argentine Basin.- *Marine Micropaleontology*.- **31**: 1-29
- HEEGER, T. (1990): Elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Ernährungsbiologie benthischer Foraminiferen.- *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*, **21**: 1-139
- HELLMER, H.H. & BERSCH, M. (1985): The Southern Ocean.- *Berichte zur Polarforschung*.- **26**: 1-115
- HEMLEBEN, C. & KITAZATO, H. (1995): Deep-Sea foraminifera under long time observation in the laboratory.- *Deep-Sea Research I*, **42**: 827-832
- HERGUERA, J.C. & BERGER, W.H. (1991): Paleoproductivity from benthic foraminifera abundance: Glacial to postglacial change in the West-equatorial Pacific.- *Geology*, **19**: 1173-1176
- HERON-ALLEN, E. & EARLAND, A. (1922): Protozoa, Part II. Foraminifera.- *British Antarctic ("Terra Nova") Expedition, 1910, Zoology*, **6** (2): 25-268
- IMBRIE, J. KIPP, N. (1971): A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology: application to a late Pleistocene Caribbean core.- In: TUREKIAN, K.K. (1971): *The Late Cenozoic Glacial Ages*.- Yale University Press: 71-181
- IMBRIE, J., BOYLE, E.A., CLEMENS, S.C., DUFFY, A., HOWARD, W.R., KUKLA, G., KUTZBACH, J., MARTINSON, D.G., MCINTYRE, A., MIX, A.C., MOLFINO, B., MORLEY, J.J., PETERSON, L.C., PISIAS, N.G., PRELL, W.L., RAYMO, M.E., SHACKLETON, N.J. & TOGGWEILER, J.R. (1992): On the structure and origin of major glaciation cycles, 1, Linear responses to Milankovitch forcing.- *Paleoceanography*, **7**: 701-738
- IMBRIE, J., MCINTYRE, A. & MIX, A. (1989): Oceanic response to orbital forcing in the late Quaternary: Observational and experimental strategies.- In: BERGER, A. ET AL. (Eds.): *Climate and Geosciences*, **285**: 121-164
- JANSEN, J.H.F., UFKES, E. & SCHNEIDER, R.R. (1996): Late quaternary movements of the Angola-Benguela Front, SE Atlantic, and implications for advection in the Equatorial Ocean.- In: WEFER, G., BERGER, W.H., SIEDLER, G. & WEBB, D.J. (Eds.): *The South Atlantic*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York: 553-575
- JONASSON, K.E., SCHRÖDER-ADAMS, C.J. & PATTERSON, R.T. (1995): Benthic foraminiferal distribution at Middle Valley, Juan de Fuca Ridge, a Northeast Pacific hydrothermal venting site.- *Marine Micropaleontology*, **25**: 151-167
- JONES, R.W. (1994): *The Challenger Foraminifera*.- Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo, 149 S.
- JORISSEN, F.J. (1999): Benthic foraminiferal microhabitats below the sediment-water interface.- In: SEN GUPTA, B.K. (Ed.): *Modern Foraminifera*.- Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London: 161-179

- JORISSEN, F.J., BARMAWIDJAJA, D.M., PUSKARIC, S. & VAN DER ZWAAN, G.J. (1992): Vertical distribution of benthic foraminifera in the northern Adriatic Sea: The relation with the organic flux.- *Marine Micropaleontology*, **19**: 131-146
- JORISSEN, F.J., DESTIGTER, H.C. & WIDMARK, J.G.V. (1995): A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology*, **26**: 3-5
- JORISSEN, F.J., WITTLING, I., PEYPOUQUET, J.P., RABOULLE, C. & RELEXANS, J.C. (1998): Live benthic foraminiferal faunas off Cape Blanc, NW-Africa: community structure and microhabitats.- *Deep-Sea Research Part 1*, **45**: 2157-2188
- KAIHO, K. (1994): Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean.- *Geology*, **8**: 719-722
- KAIHO, K. (1999): Effect of organic carbon flux and dissolved oxygen on the benthic foraminiferal oxygen index (BFOI).- *Marine Micropaleontology*, **37**: 67-76
- KAMINSKI, M.A., GRADSTEIN, F.M., GOLL, R.M. & GREIG, D. (1990): Biostratigraphy and paleoecology of deep-water foraminifera at ODP Site 643, Norwegian-Greenland Sea.- In: HEMLEBEN, C., KAMINSKI, M.A., KUHNT, W. & SCOTT, D.B. (Eds): *Paleoecology, Biostratigraphy, Paleooceanography and Taxonomy of Agglutinated Foraminifera*, Kluwer Academic Publisher: 345-386
- KITAZATO, H. & OHGA, T. (1995): Seasonal changes in deep-sea benthic foraminiferal populations: Results of long-term observations at Sagami Bay, Japan.- In: SAKAI, H. & NOZAKI, Y. (1995): *Biogeochemical Processes and Ocean Flux in the Western Pacific*.- Terra Scientific Publishing Company (TERRAPUB), Tokyo: 331-342
- KROOPNIK, P. (1974): The dissolved O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>-<sup>13</sup>C system in the eastern equatorial Pacific.- *Deep-Sea Research*, **21**: 211-227
- KROOPNIK, P.M. (1980): The distribution of <sup>13</sup>C in the Atlantic Ocean.- *Earth and Planetary Letters*, **49**: 469-484
- LANGER, M.R. (1999): Origin of foraminifera: conflicting molecular and paleontological data?- *Marine Micropaleontology*, **38**: 1-5
- LEEUEWEN, R.J.W. VAN (1989): Sea-floor distribution and Late Quaternary faunal patterns of planktonic and benthic foraminifera in the Angola Basin.- *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, **38**: 1-288
- LEUTENEGGER, S. & HANSEN, H.J. (1979): Ultrastructural and radiotracer studies of pore function in foraminifera.- *Marine Biology*, **54**: 11-16
- LINKE, R. & LUTZE, G.F. (1993): Microhabitat preferences of benthic foraminifera - a static concept or a dynamic adaptation to optimize food acquisition?- *Marine Micropaleontology*, **20**: 215-234
- LIPPS, J.H. (1983): Biotic interactions in benthic foraminifera.- In: TEVESZ, M.J.S. & MCCALL (Eds.): *Biotic Interactions in Recent and Fossil Benthic Communities*.- Plenum Press, New York, London: 331-376
- LOEBLICH, A.R. JR. & TAPPAN, H. (1988): *Foraminiferal Genera and Their Classification*.- Van Nostrand Reinhold Company, New York: 970 S.
- LOHMANN, G.P. (1978): Abyssal benthonic foraminifera as hydrographic indicators in the western South Atlantic Ocean.- *Journal of Foraminiferal Research*, **8**: 6-34
- LOUBERE, P. (1991): Deep-sea benthic foraminiferal assemblages response to a surface ocean productivity gradient: a test.- *Paleoceanography*, **6**: 193-204

## Literaturverzeichnis

---

- LOUBERE, P. (1994): Quantitative estimation of surface ocean productivity and bottom water oxygen concentration using benthic foraminifera.- *Paleoceanography*, **9**: 723-737
- LOUBERE, P. (1997): Benthic foraminiferal assemblage formation, organic carbon flux and oxygen concentrations on the outer continental shelf and slope.- *Journal of Foraminiferal Research*, **27**: 93-100
- LOUBERE, P. (1998): The impact of seasonality on the benthos as reflected in the assemblages of deep sea foraminifera.- *Deep-Sea Research*, **45**: 409-432
- LOUBERE, P. & FARIDUDDIN, M. (1999): Quantitative estimation of global patterns of surface ocean biological productivity and its seasonal variation on time scale from centuries to millennia.- *Global Biogeochemical Cycles*, **13**: 115-133
- LOUBERE, P., GARY, A. & LAGOE, M. (1993): Generation of the benthic foraminiferal assemblage: theory and preliminary data.- *Marine Micropaleontology*, **20**: 165-181
- LOUBERE, P., MEYERS, P. & GARY, A. (1995): Benthic foraminiferal microhabitat selection, carbon isotope values, and association with larger animals: a test with *Uvigerina peregrina*.- *Journal of Foraminiferal Research*, **25**: 83-95
- LUTJEHARMS J.R.E. & VALENTINE H.R. (1984): Southern Ocean thermal fronts South of Africa.- *Deep-Sea Research*, **31**: 1461-1475
- LUTJEHARMS, J.R.E. (1985): Location of frontal systems between Africa and Antarctica: some preliminary results.- *Deep-Sea Research*, **32**: 1499-1509
- LUTZE, G.F. (1964): Zum Färben rezenter Foraminiferen.- *Meyniana*, **14**: 43-47
- LUTZE, G.F. (1974): Benthische Foraminiferen in Oberflächen-Sedimenten des Persischen Golfes. Teil 1: Arten.- *Meteor Forschungs-Ergebnisse C*, **17**: 1-66
- LUTZE, G.F. (1986): *Uvigerina* species of the eastern North Atlantic.- In: G.J. VAN DER ZWAAN, F.J. JORISSEN, P.J.J.M. VERHALTEN & C.H. VON DANIELS (Eds.): *Atlantic-European Oligocene to Recent Uvigerina*.- *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, **35**: 21-46
- LUTZE, G.F. & COULBOURN, W.T. (1984): Recent benthic foraminifera from the continental margin of Northwest Africa: community structure and distribution.- *Marine Micropaleontology*, **8**: 361-401
- MACKENSEN, A. (1987): Benthische Foraminiferen auf dem Island-Schottland Rücken: Umwelt-Anzeiger an der Grenze zweier ozeanischer Räume.- *Paläontologische Zeitschrift*, **61**: 149-179
- MACKENSEN, A. (1997): Zur Paläoozeanographie hoher Breiten: Stellvertreterdaten aus Foraminiferen.- *Berichte zur Polarforschung*, **243**: 1-146
- MACKENSEN, A. & DOUGLAS, R.G. (1989): Down-core distribution of live and dead deep-water benthic foraminifera in box cores from the Weddell Sea and the California continental borderland.- *Deep-Sea Research*, **36**: 879-900
- MACKENSEN, A., FÜTTERER, D.K., GROBE, H. & SCHMIEDL, G. (1993a): Benthic foraminiferal assemblages from the eastern South Atlantic Polar Front region between 35° and 57°S: distribution, ecology and fossilization potential.- *Marine Micropaleontology*, **22**: 33-69
- MACKENSEN, A., GROBE, H., KUHN, G. & FÜTTERER, D.K. (1990): Benthic foraminiferal assemblages from the eastern Weddell Sea between 68° and 73°S: distribution, ecology and fossilization potential.- *Marine Micropaleontology*, **16**: 241-283
- MACKENSEN, A., GROBE, H., HUBBERTEN, H.-W. & KUHN, G. (1994): Benthic foraminiferal assemblages and the  $\delta^{13}\text{C}$ -signal in the Atlantic sector of the southern ocean: Glacial-to-interglacial contrasts.- In: ZAHN, R., PEDERSEN, T., KAMINSKI, M. & LABEYRIE, L. (EDS.)

- (1994): Carbon Cycling in the Glacial Ocean: Constraints on the Ocean's Role in Global Change, NATO ASI Series I 17.- Springer-Verlag, Heidelberg: 105-144
- MACKENSEN, A. & HALD, M. (1988): *Cassidulina teretis* TAPPAN and *C. laevigata* D'ORBIGNY: their living and late Quaternary distribution in northern seas.- Journal of Foraminiferal Research, **18**: 16-24
- MACKENSEN, A., HUBBERTEN, H.-W., BICKERT, T., FISCHER, G. & FÜTTERER, D.K. (1993b): The  $\delta^{13}\text{C}$  in benthic foraminiferal tests of *Fontbotia wuellerstorfi* (SCHWAGER) relative to the  $\delta^{13}\text{C}$  of dissolved inorganic carbon in southern ocean deep water: implications for glacial ocean circulation models.- Paleoceanography, **8**: 587-610
- MACKENSEN, A., HUBBERTEN, H.-W., SCHEELE, N. & SCHLITZER, R. (1996): Decoupling of  $\delta^{13}\text{C}$  and phosphate in Recent Weddell Sea Deep and Bottom Water: implications for glacial Southern Ocean paleoceanography.- Paleoceanography, **11**: 203-215
- MACKENSEN, A., SCHMIEDL, G. HARLOFF, J. & GIESE, M. (1995). Deep-sea Foraminifera in the South Atlantic Ocean: ecology and assemblage generation.- Micropaleontology, **41**: 342-358
- MACKENSEN, A., SCHUMACHER, S., RADTKE, J. & SCHMIDT, D. (2000): Microhabitat preferences and stable carbon isotopes of endobenthic foraminifera: clue to quantitative reconstruction of oceanic new production?.- Marine Micropaleontology, **40**, 233-258
- MACKENSEN, A., SEJRUP, H.P. & JANSEN, E. (1985): The distribution of living benthic foraminifera on the continental slope and rise off Southwest Norway.- Marine Micropaleontology, **9**: 275-306
- MALMGREN, B.A. & HAQ, B.U. (1982): Assessment of quantitative techniques in Paleobiogeography.- Marine Micropaleontology, **7**: 231-236
- MCCORKLE, D.C., EMERSON, S.R. & QUAY, P.D. (1985): Stable carbon isotopes in marine porewaters.- Earth and Planetary Science Letters, **74**: 13-26
- MIDDELBURG, J.J., VLUG, T. & VAN DER NAT, F. (1993): Organic matter mineralization in marine systems.- Global Planetary Change, **8**: 47-58
- MOODLEY, L., SCHAUB, B.E.M., ZWAAN, G.J. VAN DER & HERMAN, P.M.J. (1998b): Tolerance of benthic foraminifera (Protista: Sarcodina) to hydrogen sulphide.- Marine Ecology Progress Series, **169**: 77-86
- MOODLEY, L. ZWAAN, G.J. VAN DER, RUTTEN, G.M.W., BOOM R.C.E. & KEMPER, L (1998a): Subsurface activity of benthic foraminifera in relation to porewater oxygen content: laboratory experiments.- Marine Micropaleontology, **34**: 91-106
- MOOK, W.G. (1978): Stable carbon and oxygen isotopes in natural waters of the Netherlands.- Report No. **129**. International Atomic Energy Agency: 163-190
- MORKHOVEN, F.P.C.M. VAN, BERGGREN, W.A. & EDWARDS, A.S. (1986): Cenozoic cosmopolitan deep-water benthic foraminifera.- Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitain, **11**: 421 S.
- MURRAY, J.W. (1971): An Atlas of British Recent Foraminiferids.- Heinemann, London: 245 S.
- MURRAY, J.W. (1991): Ecology and Palaeoecology of benthic Foraminifera.- Longman Scientific & Technical, New York: 397 S.
- MURRAY, J.W. & ALVE, E. (1999): Natural dissolution of modern shallow water benthic foraminifera: taphonomic effects on the palaeoecological record.- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **146**: 195-209

- MURRAY, J.W. & BOWSER, S. (2000): Mortality, protoplasm decay rate and reliability of staining techniques to recognize "living" foraminifera. a review.- *Journal of Foraminiferal Research*, **30**, 66-70
- MÜLLER, P.J. & SUESS, E. (1979): Productivity, sedimentation rate, and sedimentary organic matter in the oceans-I. Organic carbon preservation.- *Deep-Sea Research A*, **26**: 1374-1362
- O'CONNOR, J.M. & LE ROEX, A.P. (1992): South Atlantic hot spot-plume systems: 1. Distribution of volcanism in time and space.- *Earth and Planetary Science Letters*, **113**: 343-364
- OHGA, T. & KITAZATO, H. (1997): Seasonal changes in bathyal foraminiferal populations in response to the flux of organic matter (Sagami Bay, Japan).- *Terra Nova*, **9**: 33-37
- ORSI, A.H. (1993): On the extent and frontal structure of the Antarctic Circumpolar Current.- PhD thesis in Oceanography, Texas A&M University, 72 S.
- PETERSON, R.G. & STRAMMA, L. (1991): Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean.- *Progress in Oceanography*, **26**: 1-73
- PETERSON, R.G. & WHITHWORTH, T., III. (1989): The subantarctic and polar fronts in relation to deep water masses through the southwestern Atlantic.- *Journal of Geophysical Research*, **94**: 10817-10838
- PHLEGER, F.B., PARKER, F.L. & PEIRSON, J.F. (1953): North Atlantic foraminifera. In: PETERSON, H.: Reports of the Swedish Deep-Sea Expedition 1947-1948.- *Marine Foraminifera Laboratory Scripps Institution of Oceanography*, **7**: 3-121
- RADTKE, J. (1998): Benthische Foraminiferenfaunen und stabile Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope vor Nordost-Grönland.- unpubl. Diplomarbeit, Universität Bremen: 124 S.
- RASMUSSEN, H. & JØRGENSEN, B.B. (1992): Microelectrode studies of seasonal oxygen uptake in a coastal sediment: role of molecular diffusion.- *Marine Ecology Progress Series*, **81**: 289-303
- REAVES, C.M (1986): Organic matter metabolizability and calcium carbonate dissolution in nearshore marine muds.- *Journal of Sedimentary Petrology*, **56**: 486-494
- REID, J.L. (1989): On the total geostrophic circulation of the South Atlantic Ocean: flow patterns, tracers, and transports.- *Progress in Oceanography*, **23**: 129-244
- REVSBECH, N.P. (1989a): Diffusion characteristics of microbial communities determined by use of oxygen microsensors.- *Journal of Microbial Methods*, **9**: 111-122
- REVSBECH, C.E., FISCHER, K.M., MEREWETHER, R., SMITH, K.L. & JAHNKE, R.A. (1989b): Oxygen microprofiles measured in situ in deep ocean sediments.- *Nature*, **320**: 741-744
- RUTGERS VAN DER LOEFF, M.M. (1990): Oxygen in pore water of deep-sea sediments.- *Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A*, **331**: 69-84
- RUTGERS VAN DER LOEFF, M.M. & BERGER, G.W. (1991): Scavenging and particle flux: seasonal and regional variations in the Southern Ocean (Atlantic Sector).- *Marine Chemistry*, **35**: 553-567
- SCHLÜTER, M. (1990): Zur Frühdiagenese von organischem Kohlenstoff und Opal in Sedimenten des südlichen und östlichen Weddellmeeres. Geochemische Analyse und Modellierung.- *Berichte zur Polarforschung*, **73**: 1-156
- SCHLÜTER, M., KREUTZ, M. & SPEARS, M. (1993): Organic carbon and opal degradation in surface sediments of the Scotia Sea.- In: GERSONDE, R. (1993): Die Expedition ANTARKTIS X/5 mit FS "Polarstern" 1992.- *Berichte zur Polarforschung*, **131**: 105-107

- SCHMIDT, D. (1997): Mikrohabitatsprüche benthischer Foraminiferen.- unpubl. Diplomarbeit, Universität Bremen: 103 S.
- SCHMIEDL, G. (1995): Rekonstruktion der spätquartären Tiefenwasserzirkulation und Produktivität im östlichen Südatlantik anhand benthischer Foraminiferen.- Berichte zur Polarforschung, **160**: 1-207
- SCHMIEDL, G. & MACKENSEN, A. (1997): Late Quaternary paleoproductivity and deep water circulation in the eastern South Atlantic Ocean: evidence from benthic foraminifera.- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **130**, 43-80
- SCHMIEDL, G., MACKENSEN, A. & MÜLLER, P.J. (1997): Recent benthic foraminifera from the eastern South Atlantic Ocean: Dependence on food supply and water masses.- Marine Micropaleontology, **32**, 249-287
- SCHNEIDER, R. (1991): Spätquartäre Produktivitätsänderungen im östlichen Angola-Becken: Reaktion auf Variationen im Passat-Monsum-Windsystem und in der Advektion des Benguela-Küstenstroms.- Dissertation Universität Bremen: 198 S.
- SCHNITKER, D. (1974): West Atlantic abyssal circulation during the past 120,000 years.- Nature, **248**: 385-387
- SCHRÖDER, C.J. (1986): Deep-water arenaceous foraminifera in the Northwest Atlantic Ocean.- Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences, **71**: 1-188
- SCHRÖDER, C.J., SCOTT, D.B. & MEDIOLI, F.S. (1987): Can smaller benthic foraminifera be ignored paleoenvironmental analysis?.- Journal of Foraminiferal Research, **17**: 101-105
- SCHULZ, H.D. UND FAHRTTEILNEHMER (1998): Report and preliminary results of Meteor Cruise M41/1 Malaga - Libreville, 13.2 - 15.3.1998.- Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen: 1-114
- SEIDENKRANTZ, M.-S. (1995): *Cassidulina teretis* TAPPAN and *Cassidulina neoteretis* new species (Foraminifera): stratigraphic markers for the deep sea and outer shelf areas.- Journal of Foraminiferal Research, **14**: 145-157
- SEN GUPTA, B.K. (1989): Morphology and generic placement of the foraminifer "*Anomalina wuellerstorfi*" SCHWAGER.- Journal of Paleontology, **63**: 706-713
- SEN GUPTA, B.K. & MACHAIN-CASTILLO, M.L. (1993): Benthic foraminifera in oxygen-poor habitats.- Marine Micropaleontology, **20**: 183-201
- SEVERIN, K.P. (1982): Burrows and trails by *Quinqueloculina impressa* REUSS, a benthic foraminifer, in fine-grained sediments.- Sedimentology, **29**: 897-901
- SHANNON, C.E. (1948): A mathematical theory of communication.- Bell. Syst. Tech. J., **27**: 379-423
- SHANNON, L.V. & CHAPMAN, P. (1991): Evidence of Arctic Bottom Water in the Angola Basin at 32°S.- Deep-Sea Research, **38**: 1299-1304
- SHIRAYAMA, Y. (1984): Vertical distribution of meiobenthos in the sediment profile in bathyal, abyssal and hadal deep sea systems of the West Pacific.- Oceanologica Acta, **7**: 123-129
- SOLTWEDEL, T. (1997): Meiobenthos distribution pattern in the tropical East Atlantic: indication for fractionated sedimentation of organic matter to the sea floor?.- Marine Biology, **129**: 747-756
- STRAMMA, L. & PETERSON, R.G. (1989): Geostrophic transport in the Benguela Current region.- Journal of Physical Oceanography, **19**: 1440-1448

- STREETER, S.S. (1973): Bottom water and benthonic foraminifera in the North Atlantic - Glacial - Interglacial contrasts.- *Quaternary Research*, **3**: 131-141
- STROTHMANN, B. FERDELMANN, T.G., SCHUBERT, K. ZABEL, M. SCHULZ, H. & JØRGENSEN, B.B. (im Druck): Latitudinal distribution of sulfate reduction rates along the continental slope of the Angola Basin.
- SWAN, A.R.H. & SANDILANDS, M. (1995): *Introduction to Geological Data Analysis*.- Blackwell Science, London: 446 S.
- THIEL, H. (1975): The size structure of deep-sea.- *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, **60**, 575-606
- TIMM, S. (1992): Rezente Tiefsee-Benthosforaminiferen aus Oberflächensedimenten des Golfes von Guinea (Westafrika) - Taxonomie, Verbreitung, Ökologie und Korngrößenfraktionen.- *Berichte - Reports, Geologisches und Paläontologisches Institut der Universität Kiel*, **59**: 1-192
- TUCHOLKE, B.E. & EMBLEY, R.W. (1984): Cenozoic regional erosion of the abyssal sea floor off South Africa.- In: SCHLEE, J.S. (Ed.): *Interregional Unconformities and Hydrocarbon Accumulation*.- American Association of Petroleum Geologists, AAPG Memoir, **36**: 145-164
- TURLEY, C.M., GOODAY, A.J. & GREEN, J.C. (1993): Maintenance of abyssal benthic foraminifera under high pressure and low temperature: some preliminary results.- *Deep-Sea Research*, **40**: 643-652
- VERNAL, A. DE, BILODEAU, G., HILLAIRE-MARCEL, C. & KASSOU, N. (1992): Quantitative assessment of carbonate dissolution in marine sediments from foraminifer linings vs. shell ratios: Davis Strait, Northwest North Atlantic.- *Geology*, **20**: 527-530
- WAGENER, M. (1988): Quartäre und rezente Foraminiferen der Island-Färöer-Schwelle.- *Facies*, **19**: 97-128
- WALKER, D.A., LINTON, A.E. & SCHAFER, C.T. (1974): Sudan Black B: a superior stain to Rose Bengal for distinguishing living from non-living foraminifera.- *Journal of Foraminiferal Research*, **4**: 205-215
- WALTON, W.R. (1952): Techniques for recognition of living Foraminifera.- *Contribution Cushman Foundation of Foraminiferal Research*, **3**: 56-60
- WENZHÖFER, F., ADLER, M., KOHLS, O., HENSEN, C., STROTHMANN, B., BOEHME, S., & SCHULZ, H.D. (im Druck): Calcite dissolution driven by benthic mineralization in the deep sea: *in situ* measurements of Ca<sup>2+</sup>, pH, pCO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>.- *Geochimica et Cosmochimica Acta*
- WIESNER, H. (1931). Die Foraminiferen der Deutschen Südpolar-Expedition 1901-1903.- In: DRYGALSKI, E.v. (Ed.): *Deutsche Südpolar-Expedition 1901-1903*, Vol. 20, Zoologie, **10**: 49-169
- WHITHWORTH, T. III (1988): The Antarctic Circumpolar Current.- *Oceanus*, **31**: 53-58
- WHITHWORTH, T., III. & NOWLIN, W.D., JR. (1987): Water masses and currents of the Southern Ocean at the Greenwich Meridian.- *Journal of Geophysical Research*, **92**: 6462-6476
- WOLLENBURG, J. (1992): Zur Taxonomie von rezenten benthischen Foraminiferen aus dem Nansen Becken, Arktischer Ozean.- *Berichte zur Polarforschung*, **112**: 1-130
- WOLLENBURG, J. (1995): Benthische Foraminiferenfaunen als Wassermassen-, Produktions- und Eisdriftanzeiger im Arktischen Ozean.- *Berichte zur Polarforschung*, **179**: 1-227
- WOLLENBURG, J. E. & MACKENSEN, A. (1998a): Living benthic foraminifers from the central Arctic Ocean. faunal composition, standing stock and diversity.- *Marine Micropaleontology*, **34**, 153-185

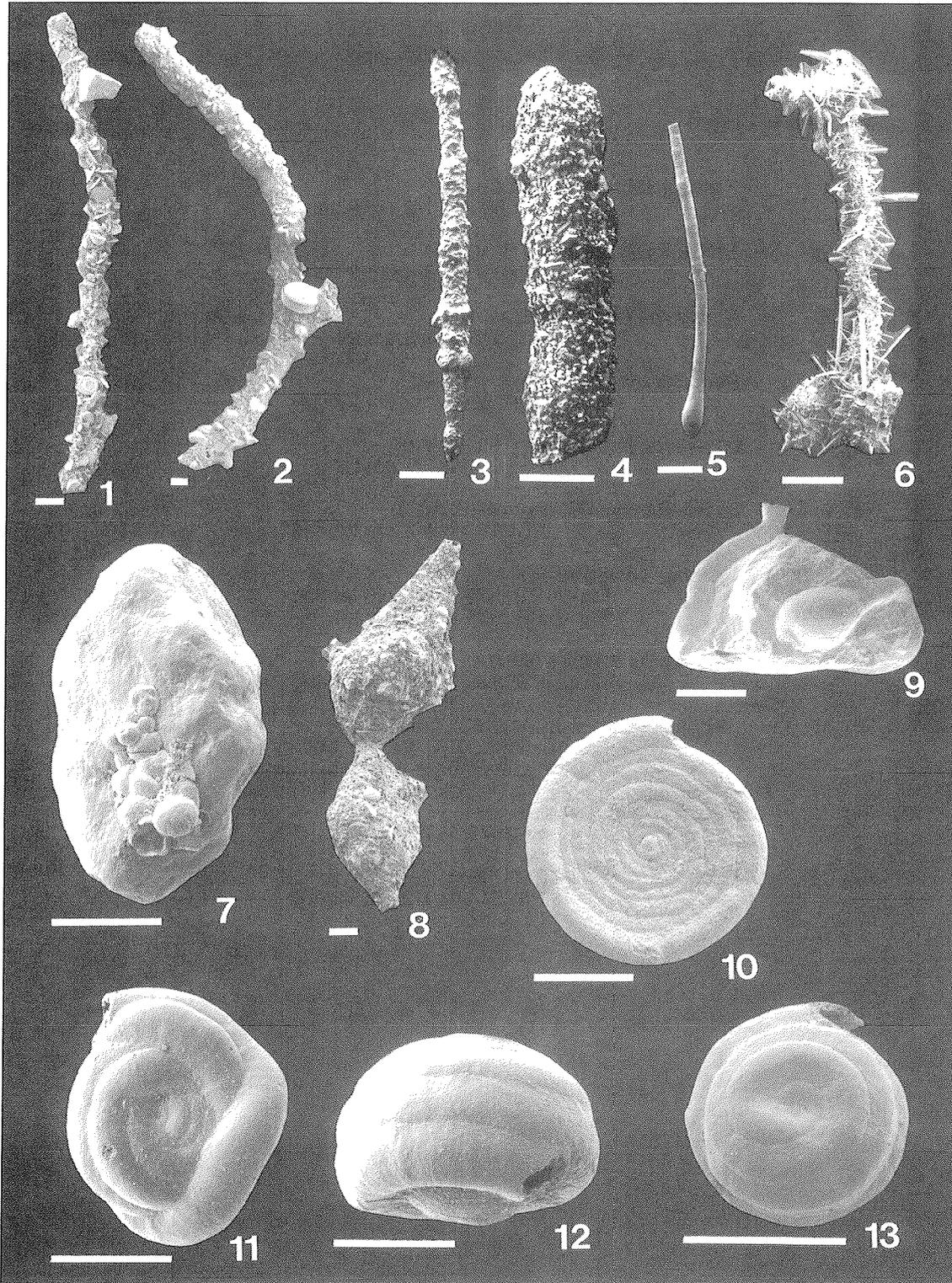
WOLLENBURG, J.E. & MACKENSEN, A. (1998b): On the vertical distribution of living (rose bengal stained) benthic foraminifers in the Arctic Ocean.- *Journal of Foraminiferal Research*, **28**, 268-285

WOODRUFF, F., SAVIN, S. & DOUGLAS, R.G. (1980): Biological fractionation of oxygen and carbon isotopes by recent benthic foraminifera.- *Marine Micropaleontology*, **5**: 3-11

## Fototafeln

### Tafel 1

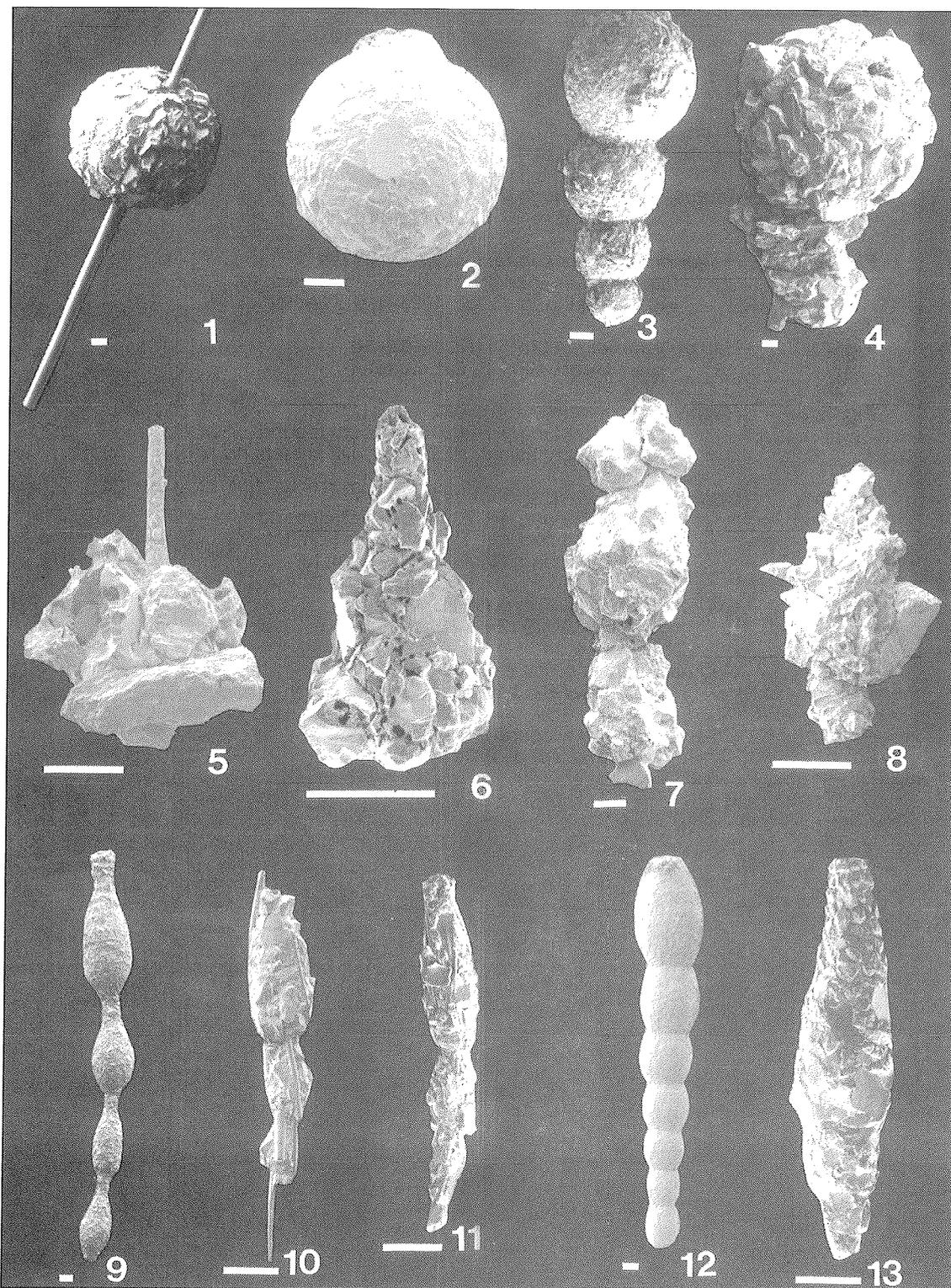
- Fig. 1, 2: *Rhizammima algaeformis* BRADY, (Maßstab = 100 µm)  
Fig. 1: PS2098-1, 3-4 cm lebend  
Fig. 2: PS2098-1, 3-4 cm lebend
- Fig. 3, 4: *Rhabdammina* spp. (Maßstab = 500 µm)  
Fig. 3: PS2577-2, 1-2 cm tot  
Fig. 4: PS2312-1, 1-2 cm tot
- Fig. 5: *Hyperammima elongata* BRADY (Maßstab = 500 µm)  
GeoB 4901-6, 1-2 cm tot
- Fig. 6: *Saccorhiza ramosa* (BRADY) (Maßstab = 500 µm)  
PS2557-2, 0-1 cm lebend
- Fig. 7: *Placopsinella aurantiaca* EARLAND (Maßstab = 100 µm)  
PS2575-4, 1-2 cm tot
- Fig. 8: *Aschemonella scabra* BRADY (Maßstab = 100 µm)  
PS2098-1, 2-3 cm lebend
- Fig. 9: *Ammolagena clavata* (JONES & PARKER) (Maßstab = 100 µm)  
PS2575-4, 0-1 cm tot
- Fig. 10: *Ammodiscus incertus* (D'ORBIGNY) (Maßstab = 100 µm)  
PS2575-4, 1-2 cm tot
- Fig. 11: *Glomospira gordialis* (JONES & PARKER) (Maßstab = 100 µm)  
GeoB 4901-6, 1-2 cm tot
- Fig. 12, 13: *Usbekistania charoides* (JONES & PARKER) (Maßstab = 100 µm)  
Fig. 12: PS2307-2, 1-2 cm lebend  
Fig. 13: PS2575-4, 1-2 cm tot



## Tafel 2

Maßstab = 100 µm

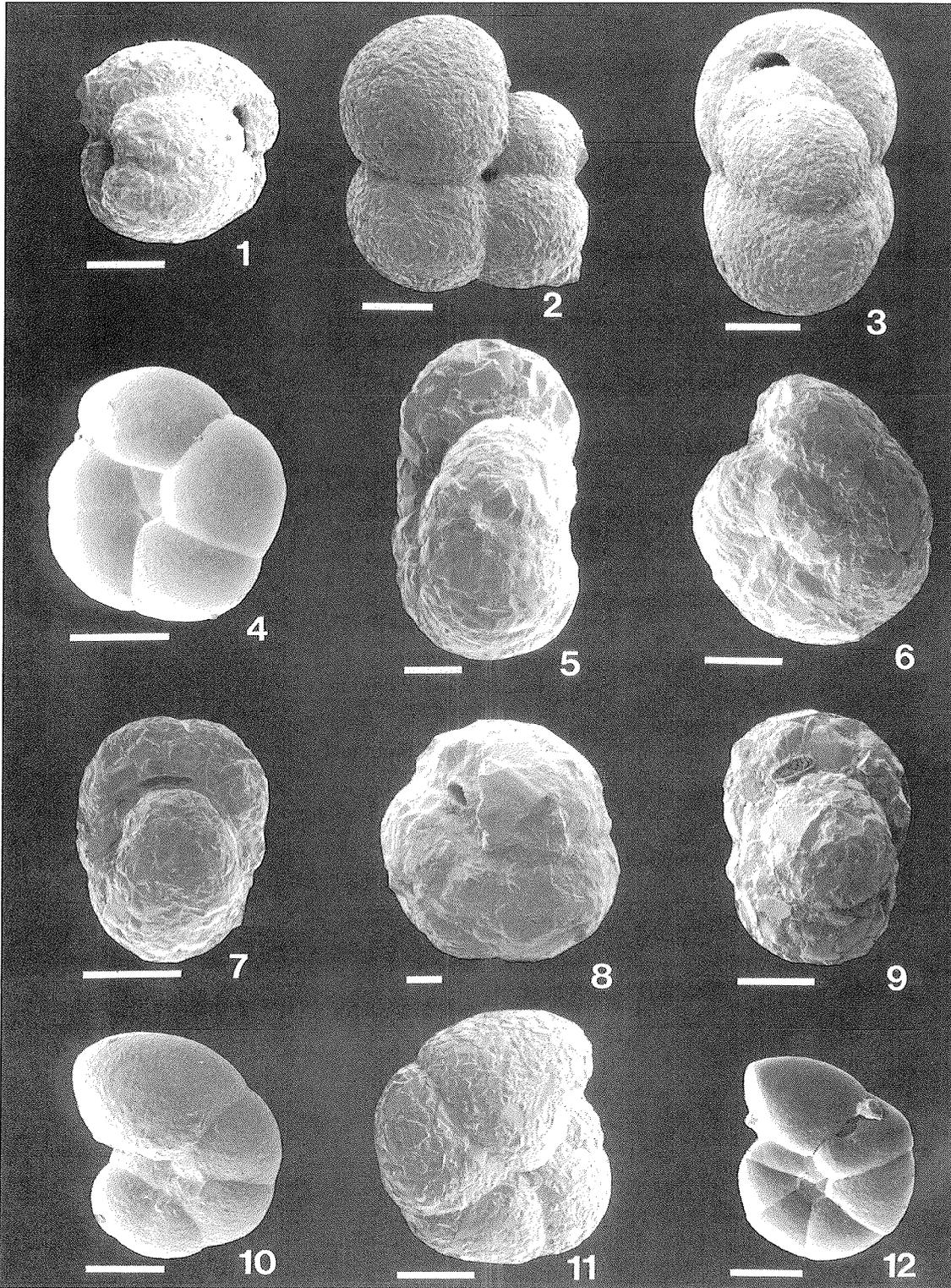
- Fig. 1: *Psammospaera fusca* SCHULZ  
PS2093-1, 1-2 cm lebend
- Fig. 2: *Saccammina sphaerica* BRADY  
PS2098-1, 3-4 cm lebend
- Fig. 3: *Hormosina globulifera* BRADY  
PS2575-4, 2-3 cm tot
- Fig. 4: *Reophax pilulifer* BRADY  
PS2283-6, 1-2 cm lebend
- Fig. 5: *Lagenammina tubulata* (RHUMBLER)  
PS2575-4, 0-1 cm tot
- Fig. 6: *Lagenammina difflugiformis* (BRADY)  
PS2314-1, 0-1 cm lebend
- Fig. 7, 8: *Reophax bilocularis* FLINT  
Fig. 7: PS2575-4, 0-1 cm lebend  
Fig. 8: PS2575-4, 2-3 cm tot
- Fig. 9: *Reophanus oviculus* (BRADY)  
PS2093-1, 3-4 cm lebend
- Fig. 10, 11: *Reophax scorpiurus* MONTFORT  
Fig. 10: PS2312-1, 1-2 cm lebend  
Fig. 11: GeoB 4909-4, 0-1 cm lebend
- Fig. 12: *Reophax nodulosus* BRADY  
PS2575-4, 2-3 cm tot
- Fig. 13: *Reophax micaceus* EARLAND  
PS2314-1, 1-2 cm lebend



**Tafel 3**

Maßstab = 100 µm

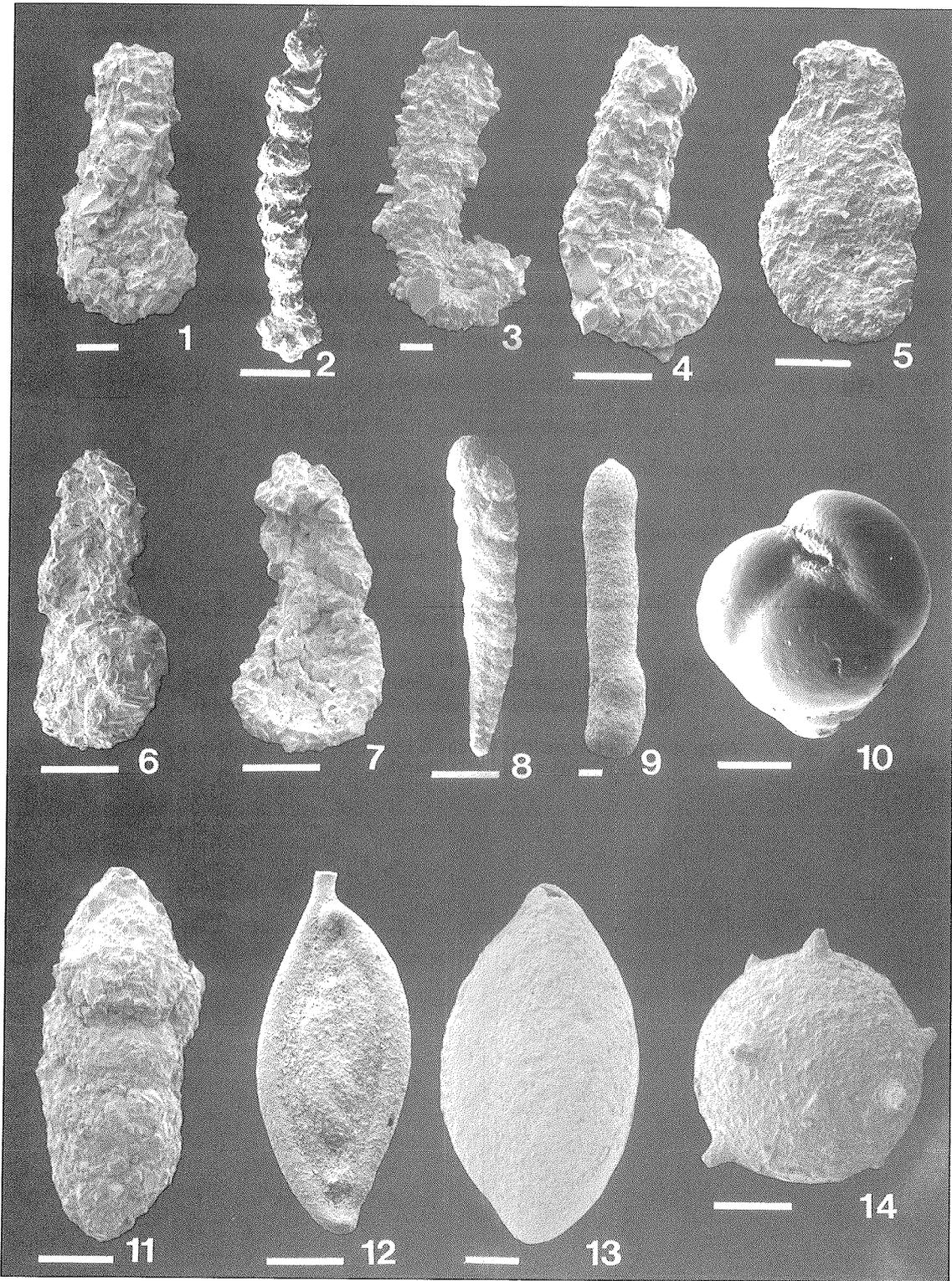
- Fig. 1: *Adercotryma glomerata* (BRADY)  
GeoB 4901-6, 3-4 cm tot
- Fig. 2, 3: *Haplophragmoides sphaeriloculus* CUSHMAN  
Fig. 2: Seitenansicht, GeoB 4901-6, 0-1 cm tot  
Fig. 3: Mündung, GeoB 4901-6, 0-1 cm tot
- Fig. 4: *Haplophragmoides bradyi* (ROBERTSON)  
GeoB 4901-6, 0-1 cm tot
- Fig. 5, 6: *Recurvooides contortus* EARLAND  
Fig. 5: Mündung, PS2097-1, 1-2 cm lebend  
Fig. 6: Seitenansicht, PS2094-1, 1-2 cm lebend
- Fig. 7-9: *Cribrostomoides subglobosus* M. SARS  
Fig. 7: Mündung, PS2307-2, 1-2 cm lebend  
Fig. 8: Seitenansicht, PS2575-4, 0-1 cm tot  
Fig. 9: Mündung, PS2575-4, 0-1 cm, tot
- Fig. 10: *Cribrostomoides jeffreysi* (WILLIAMSON)  
GeoB 4913-4, 2-3 cm lebend
- Fig. 11: *Cribrostomoides scitulus* (BRADY)  
PS2094-1, 1-2 cm lebend
- Fig. 12: *Cribrostomoides wiesneri* (PARR)  
PS2312-1, 2-3 cm tot



**Tafel 4**

Maßstab = 100 µm

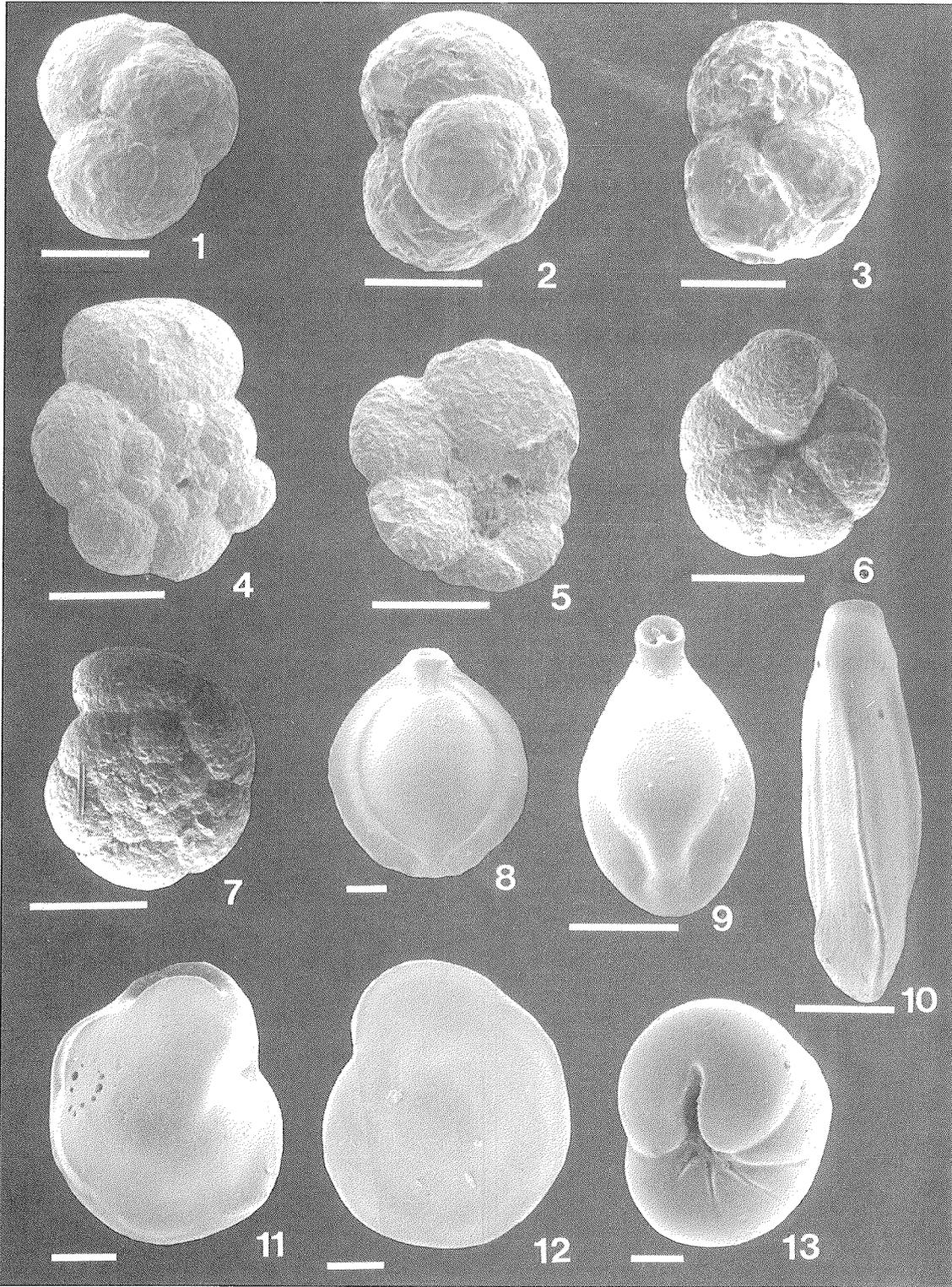
- Fig. 1: *Ammobaculites agglutinans* (D'ORBIGNY)  
PS2575-4, 2-3 cm tot
- Fig. 2: *Ammobaculites filiformis* (EARLAND)  
PS2312-1, 2-3 cm tot
- Fig. 3: *Ammoscalaria pseudospiralis* (WILLIAMSON)  
GeoB 4909-4, 1-2 cm lebend
- Fig. 4: *Ammomarginulina ensis* WIESNER  
PS2567-3, 0-1 cm lebend
- Fig. 5: *Ammomarginulina foliacea* (BRADY)  
GeoB 4906-5, 1-2 cm tot
- Fig. 6, 7: *Ammomarginulina recurva* EARLAND  
Fig. 6: PS2577-2, 4-5 cm tot  
Fig. 7: PS2577-2, 4-5 cm tot
- Fig. 8: *Textularia wiesneri* EARLAND  
PS2312-1, 2-3 cm tot
- Fig. 9: *Martiniella communis* (D'ORBIGNY)  
PS2317-1, 1-2 cm tot
- Fig. 10: *Eggerella bradyi* (CUSHMAN)  
PS2560-4, 4-5 cm tot
- Fig. 11: *Karrerulina conversa* (GRZYBOWSKI)  
GeoB 4906-5, 0-1 cm tot
- Fig. 12: *Spirosigmoilina tenuis* (CZJZEK)  
PS2104-1, 2-3 cm tot
- Fig. 13: *Sigmoilopsis schlumbergeri* (SILVESTRI)  
GeoB 4901-6, 0-1 cm tot
- Fig. 14: *Thurammina papillata* BRADY  
PS2575-4, 2-3 cm tot



## Tafel 5

(Maßstab = 100 µm)

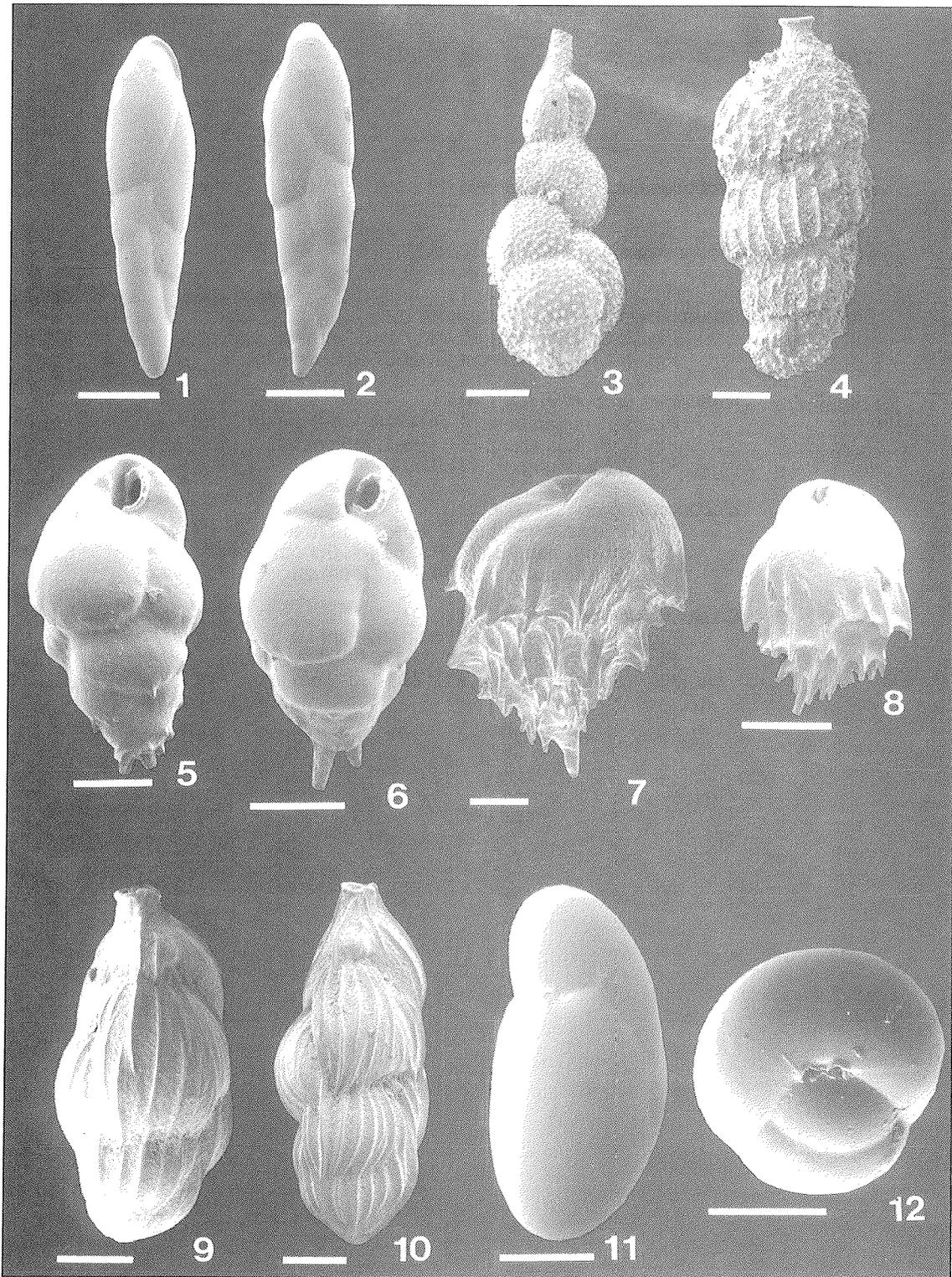
- Fig. 1-3: *Paratrochammina challengeri* (BRÖNNIMANN & WHITTAKER)  
Fig. 1: Spiralansicht, PS2575-4, 2-3 cm tot  
Fig. 2: Seitenansicht, PS2575-4, 0-1 cm tot  
Fig. 3: Umbilikalansicht, PS2575-4, 1-2 cm tot
- Fig. 4, 5: *Portatrochammina bipolaris* BRÖNNIMANN & WHITTAKER  
Fig. 4: Spiralansicht, PS2575-4, 2-3 cm tot  
Fig. 5: Umbilikalansicht, PS2575-4, 2-3 cm tot
- Fig. 6, 7: *Deuterammina grahami* BRÖNNIMANN & WHITTAKER  
Fig. 6: Umbilikaansicht, PS2312-1, 2-3 cm tot  
Fig. 7: Spiralansicht, 2312-1, 2-3 cm, tot
- Fig. 8: *Pyrgo murrhina* (SCHWAGER)  
PS2560-4, 2-3 cm tot
- Fig. 9: *Pyrgo williamsoni* (SILVESTRI)  
PS2577-2, 0-1 cm lebend
- Fig. 10: *Triloculina tricarinata* PARKER, JONES & BRADY  
PS2560-4, 3-4 cm tot
- Fig. 11, 12: *Hoeglundia elegans* (D'ORBIGNY)  
Fig. 11: Umbilikalansicht, GeoB 4901-6, 0-1 cm tot  
Fig. 12: Spiralansicht, GeoB 4901-6, 0-1 cm lebend
- Fig. 13: *Robertina chapmani* (CUSHMAN & PARKER)  
GeoB 4906-5, 2-3cm tot



**Tafel 6**

Maßstab = 100 µm

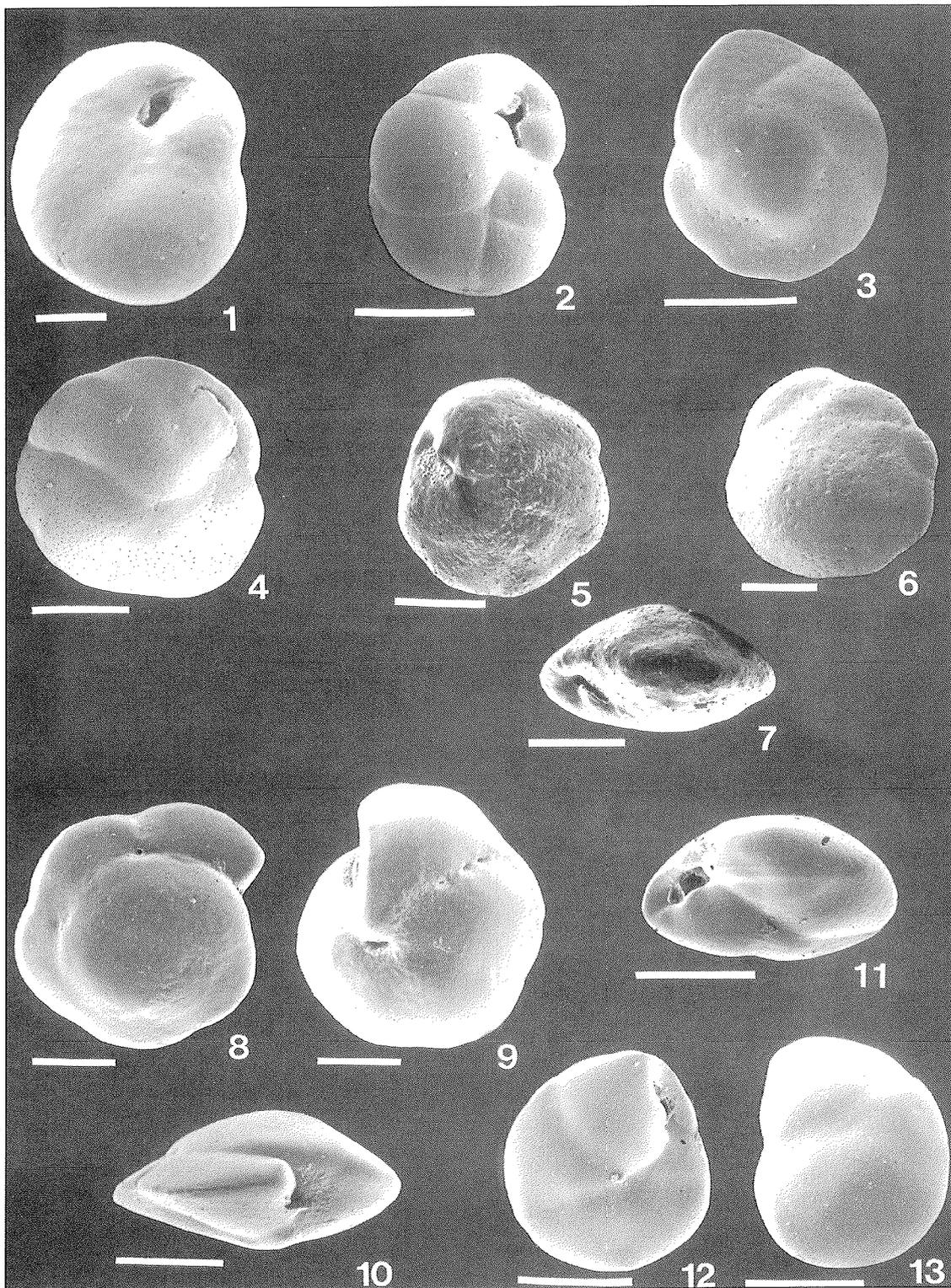
- Fig. 1, 2: *Fursenkoina earlandi* (PARR)  
Fig. 1: PS2312-1, 7-8 cm lebend  
Fig. 2: PS2312-1, 7-8 cm lebend
- Fig. 3: *Uvigerina probiscidea* SCHWAGER  
GeoB 4901-6, 0-1 cm tot
- Fig. 4: *Uvigerina peregrina* CUSHMAN  
PS2564-4, 0-1 cm tot
- Fig. 5, 6: *Bulimina aculeata* D'ORBIGNY  
Fig. 5: PS2104-1, 1-2 cm tot  
Fig. 6: PS2094-1, 1-2 cm lebend
- Fig. 7, 8: *Bulimina maxicana* (CUSHMAN)  
Fig. 7: GeoB 4906-5, 0-1 cm tot  
Fig. 8: GeoB 4906-5, 0-1 cm tot
- Fig. 9, 10: *Trifarina angulosa* (WILLIAMSON)  
Fig. 9: PS2096-1, 1-2 cm tot  
Fig. 10: PS2096-1, 1-2 cm tot
- Fig. 11: *Chilostomella oolina* SCHWAGER  
PS2557-2, 2-3 cm tot
- Fig. 12: *Sphaeroidina bulloides* DESHAYES  
PS560-4, 4-5 cm tot



## Tafel 7

Maßstab = 100 µm

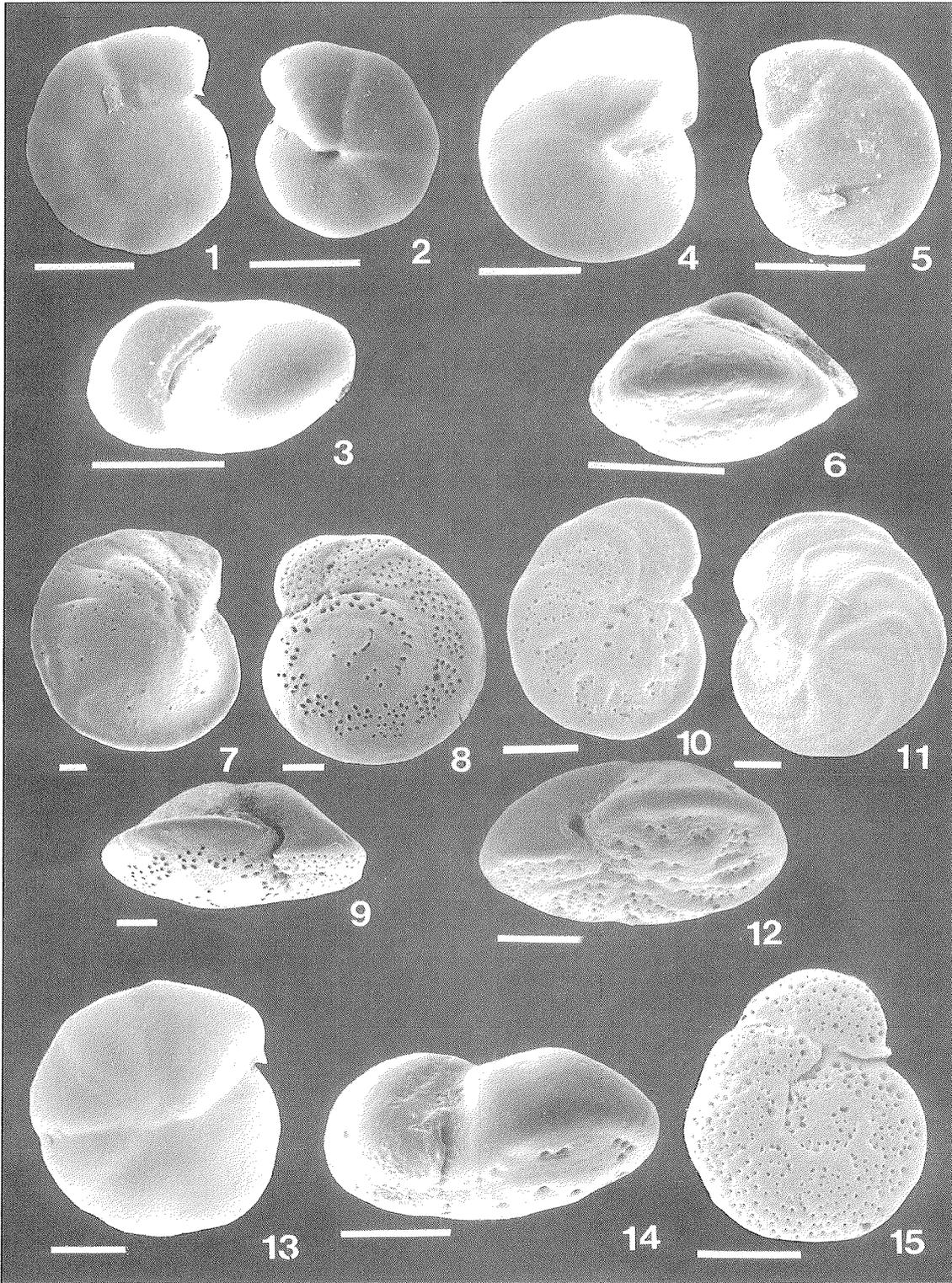
- Fig. 1: *Globocassidulina subglobosa* (BRADY)  
PS2104-1, 1-2 cm, tot
- Fig. 2: *Globocassidulina rossensis* KENNETT  
PS2096-1, 1-2 cm lebend
- Fig. 3, 4: *Cassidulina neoteretis* SEIDENKRANTZ  
Fig. 3: Spiralansicht, PS2557-2, 0-1 cm tot  
Fig. 4: Umbilikalansicht, PS2557-2, 0-1 cm tot
- Fig. 5-7: *Nuttallides umbonifer* (CUSHMAN)  
Fig. 5: Umbilikalansicht, PS1768-1, 1-2 cm tot  
Fig. 6: Spiralansicht, PS1768-1, 4-5 cm tot  
Fig. 7: Mündung, PS1768-1, 1-2 cm tot
- Fig. 8-10: *Oridorsalis umbonatus* (REUSS)  
Fig. 8: Spiralansicht, PS2564-4, 0-1 cm tot  
Fig. 9: Umbilikalansicht, PS2564-4, 0-1 cm lebend  
Fig. 10: Mündung, PS1768-1, 1-2 cm tot
- Fig. 11-13: *Epistominella exigua* (BRADY)  
Fig. 11: Mündung, PS1768-1, 1-2 cm tot  
Fig. 12: Umbilikalansicht, PS1768-1, 1-2 cm tot  
Fig. 13: Spiralansicht, PS1768-1, 1-2 cm tot



**Tafel 8**

Maßstab = 100 µm

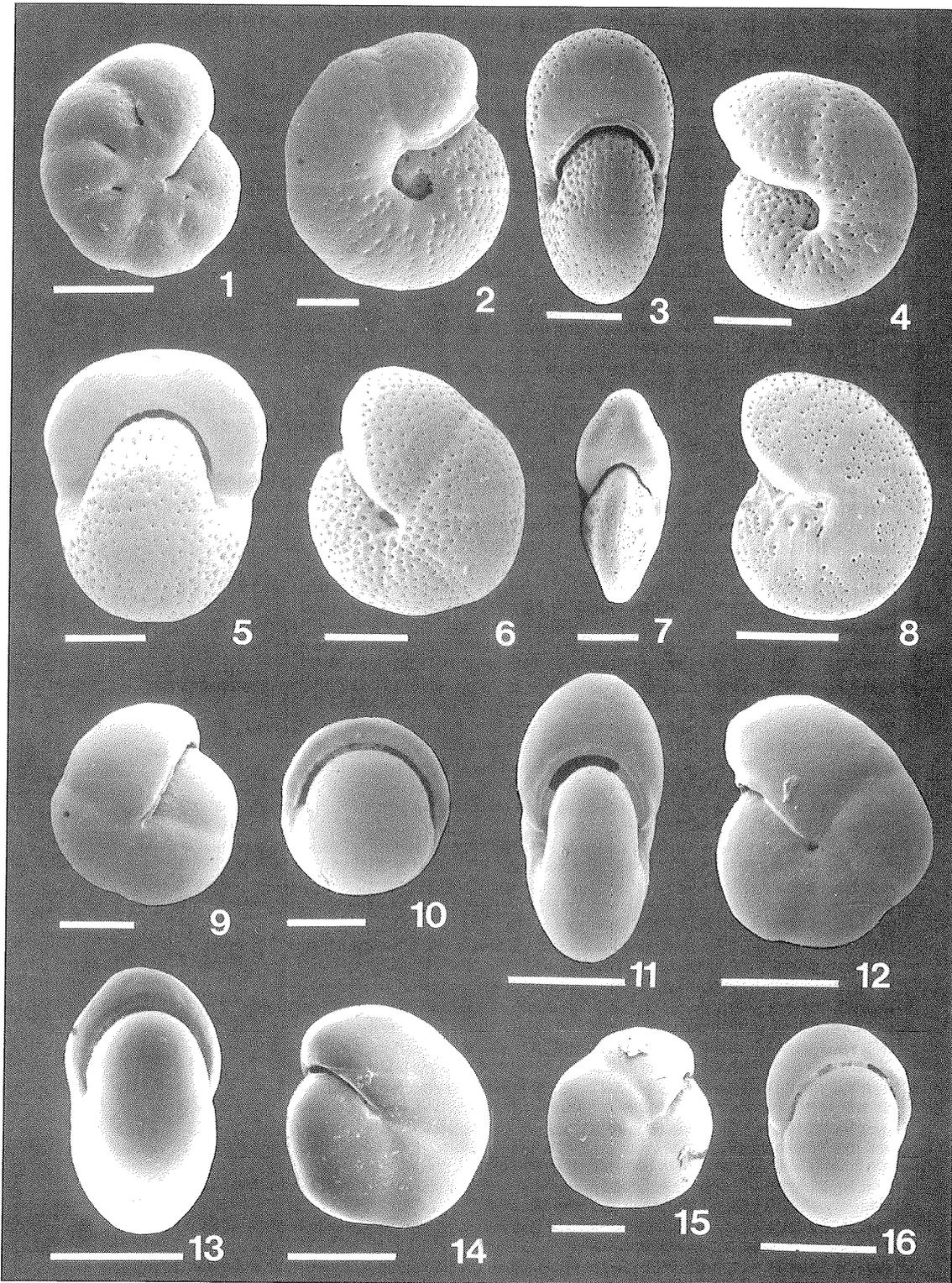
- Fig. 1-3,     *Gyroidinoides umbonatus* (SILVESTRI)  
Fig. 1: Spiralansicht, PS2104-1, 1-2 cm tot  
Fig. 2: Umbilikaansicht, PS1768-1, 4-5 cm tot  
Fig. 3: Mündung, PS2560-4, 0-1 cm lebend
- Fig. 4-6:     *Gyroidinoides polius* (PHLEGER & PARKER)  
Fig. 4: Umbilikalansicht: PS2104-1, 1-2 cm, lebend  
Fig. 6: Spiralansicht, PS2104-1, 1-2 cm lebend  
Fig. 7: Mündung, PS2104-1, 1-2 cm lebend
- Fig. 7-9:     *Cibicidoides kullenbergi* (PARKER)  
Fig. 7: Umbilikalansicht, GeoB 4906-5, 0-1 cm tot  
Fig. 8: Spiralansicht, GeoB 4906-5, 0-1 cm tot  
Fig. 9: Mündung, GeoB 4906-5, 0-1 cm tot
- Fig. 10-12:   *Cibicidoides wuellerstorfi* (SCHWAGER)  
Fig. 10: Spiralansicht, PS2560-4, 2-3 cm, tot  
Fig. 11: Umbilikalansicht, GeoB 4901-6, 0-1 cm tot  
Fig. 12: Mündung, PS 2560-4, 2-3 cm tot
- Fig. 13-15:   *Cibicidoides robertsonianus* (BRADY)  
Fig. 13: Umbilikalansicht, GeoB 4901-6, 0-1 cm tot  
Fig. 14: Mündung, PS2564-2, 0-1 cm lebend  
Fig. 15: Spiralansicht, PS2560-4, 0-1 cm, tot



**Tafel 9**

Maßstab = 100 µm

- Fig. 1: *Astrononion echolsi* KENNETT  
PS2104-1, 1-2 cm tot
- Fig. 2-4: *Melonis zaandamae* (VAN VOORTHUYSEN)  
Fig. 2: PS2104-1, 2-3 cm tot  
Fig. 3: Mündung, PS2104-1, 2-3 cm tot  
Fig. 4: PS2104-1, 2-3 cm tot
- Fig. 5, 6: *Melonis pompilioides* (FICHTEL & MOLL)  
Fig. 5: Mündung, PS1768-1, 1-2 cm tot  
Fig. 6: PS1768-1, 1-2 cm tot
- Fig. 7, 8: *Melonis barleeaanum* (WILLIAMSON)  
Fig. 7: Mündung, GeoB 4906-5, 4-5 cm tot  
Fig. 8: GeoB 4909, 2-3 cm lebend
- Fig. 9, 10: *Pullenia bulloides* (D'ORBIGNY)  
Fig. 9: PS1755-1, 2-3 cm tot  
Fig. 10: Mündung, PS1755-1, 2-3 cm tot
- Fig. 11, 12: *Pullenia salisburyi* STEWART & STEWART  
Fig. 11: Mündung, PS1755-1, 2-3 cm tot  
Fig. 12: PS2557-2, 2-3 cm tot
- Fig. 13-16: *Pullenia subcarinata* (D'ORBIGNY)  
Fig. 13: Mündung, PS2288-1, 1-2 cm lebend  
Fig. 14: PS2288-1, 1-2 cm lebend  
Fig. 15: PS1768-1, 1-2 cm tot  
Fig. 16: Mündung, PS2288-1, 2-3 cm lebend



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

- \* **Sonderheft Nr. 1/1981** – „Die Antarktis und ihr Lebensraum“  
Eine Einführung für Besucher – Herausgegeben im Auftrag von SCAR
- \* **Heft Nr. 1/1982** – „Die Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“  
zusammengestellt von Heinz Köhnen
- \* **Heft Nr. 2/1982** – „Deutsche Antarktis-Expedition 1980/81 mit FS ‚Meteor‘“  
First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzfüge  
zusammengestellt von Norbert Klages
- \* **Heft Nr. 3/1982** – „Digitale und analoge Krill-Echolot-Rohdatenerfassung an Bord des Forschungsschiffes ‚Meteor‘“ (im Rahmen von FIBEX 1980/81, Fahrtabschnitt ANT III), von Bodo Morgenstern
- \* **Heft Nr. 4/1982** – „Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“  
Liste der Planktonfänge und Lichtstärkemessungen  
zusammengestellt von Gerd Hubold und H. Eberhard Drescher
- \* **Heft Nr. 5/1982** – „Joint Biological Expedition on RRS ‚John Biscoe‘, February 1982“  
by G. Hempel and R. B. Heywood
- \* **Heft Nr. 6/1982** – „Antarktis-Expedition 1981/82 (Unternehmen ‚Eiswarte‘)“  
zusammengestellt von Gode Gravenhorst
- \* **Heft Nr. 7/1982** – „Marin-Biologisches Begleitprogramm zur Standorterkundung 1979/80 mit MS ‚Polar-  
sirkel‘ (Pre-Site Survey)“ – Stationslisten der Mikronekton- und Zooplanktonfänge sowie der Bodenfischerei  
zusammengestellt von R. Schneppenheim
- \* **Heft Nr. 8/1983** – „The Post-Fibex Data Interpretation Workshop“  
by D. L. Cram and J.-C. Freytag with the collaboration of J. W. Schmidt, M. Mall, R. Kresse, T. Schwinghammer
- \* **Heft Nr. 9/1983** – „Distribution of some groups of zooplankton in the inner Weddell Sea in summer 1979/80“  
by I. Hempel, G. Hubold, B. Kaczmaruk, R. Keller, R. Weigmann-Haass
- \* **Heft Nr. 10/1983** – „Fluor im antarktischen Ökosystem“ – DFG-Symposium November 1982  
zusammengestellt von Dieter Adelung
- \* **Heft Nr. 11/1983** – „Joint Biological Expedition on RRS ‚John Biscoe‘, February 1982 (II)“  
Data of micronekton and zooplankton hauls, by Uwe Piatkowski
- \* **Heft Nr. 12/1983** – „Das biologische Programm der ANTARKTIS-I-Expedition 1983 mit FS ‚Polarstern‘“  
Stationslisten der Plankton-, Benthos- und Grundsleppnetzfüge und Liste der Probenahme an Robben  
und Vögeln, von H. E. Drescher, G. Hubold, U. Piatkowski, J. Plötz und J. Voß
- \* **Heft Nr. 13/1983** – „Die Antarktis-Expedition von MS ‚Polarbjörn‘ 1982/83“ (Sommerkampagne zur  
Atka-Bucht und zu den Kraul-Bergen), zusammengestellt von Heinz Köhnen
- \* **Sonderheft Nr. 2/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition von FS ‚Polarstern‘ (Kapstadt, 20. Januar 1983 –  
Rio de Janeiro, 25. März 1983)“, Bericht des Fahrtleiters Prof. Dr. Gotthilf Hempel
- \* **Sonderheft Nr. 3/1983** – „Sicherheit und Überleben bei Polarexpeditionen“  
zusammengestellt von Heinz Köhnen
- \* **Heft Nr. 14/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition (ANTARKTIS I) von FS ‚Polarstern‘ 1982/83“  
herausgegeben von Gotthilf Hempel
- \* **Sonderheft Nr. 4/1983** – „On the Biology of Krill *Euphausia superba*“ – Proceedings of the Seminar  
and Report of the Krill Ecology Group, Bremerhaven 12. - 16. May 1983, edited by S. B. Schnack
- \* **Heft Nr. 15/1983** – „German Antarctic Expedition 1980/81 with FRV ‚Walther Herwig‘ and RV ‚Meteor‘“ –  
First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Data of micronekton and zooplankton hauls  
by Uwe Piatkowski and Norbert Klages
- \* **Sonderheft Nr. 5/1984** – „The observatories of the Georg von Neumayer Station“, by Ernst Augstein
- \* **Heft Nr. 16/1984** – „FIBEX cruise zooplankton data“  
by U. Piatkowski, I. Hempel and S. Rakusa-Suszczewski
- \* **Heft Nr. 17/1984** – Fahrtbericht (cruise report) der ‚Polarstern‘-Reise ARKTIS I, 1983“  
von E. Augstein, G. Hempel und J. Thiede
- \* **Heft Nr. 18/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,  
Bericht von den Fahrtabschnitten 1, 2 und 3, herausgegeben von D. Fütterer
- \* **Heft Nr. 19/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,  
Bericht vom Fahrtabschnitt 4, Punta Arenas-Kapstadt (Ant-II/4), herausgegeben von H. Köhnen
- \* **Heft Nr. 20/1984** – „Die Expedition ARKTIS II des FS ‚Polarstern‘ 1984, mit Beiträgen des FS ‚Valdivia‘  
und des Forschungsflugzeuges ‚Falcon 20‘ zum Marginal Ice Zone Experiment 1984 (MIZEX)“  
von E. Augstein, G. Hempel, J. Schwarz, J. Thiede und W. Weigel
- \* **Heft Nr. 21/1985** – „Euphausiid larvae in plankton from the vicinity of the Antarctic Peninsula,  
February 1982“ by Sigrid Marschall and Elke Mizdalski
- \* **Heft Nr. 22/1985** – „Maps of the geographical distribution of macrozooplankton in the Atlantic sector of  
the Southern Ocean“ by Uwe Piatkowski
- \* **Heft Nr. 23/1985** – „Untersuchungen zur Funktionsmorphologie und Nahrungsaufnahme der Larven  
des Antarktischen Krills *Euphausia superba* Dana“ von Hans-Peter Marschall

**Heft Nr. 24/1985** – „Untersuchungen zum Periglazial auf der König-Georg-Insel Südshetlandinseln/ Antarktika. Deutsche physiogeographische Forschungen in der Antarktis. – Bericht über die Kampagne 1983/84“ von Dietrich Barsch, Wolf-Dieter Blümel, Wolfgang Flügel, Roland Mäusbacher, Gerhard Stäblein, Wolfgang Zick

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

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

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

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

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

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

- Heft Nr. 223/1997** – „Bestimmung der Meereisdicke mit seismischen und elektromagnetisch-induktiven Verfahren“, von Christian Haas.
- Heft Nr. 224/1997** – „Troposphärische Ozonvariationen in Polarregionen“, von Silke Wessel.
- Heft Nr. 225/1997** – „Biologische und ökologische Untersuchungen zur kryopelagischen Amphipodenfauna des arktischen Meereises“, von Michael Poltermann.
- Heft Nr. 226/1997** – “Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XI/1 of RV 'Polarstern' in 1995“, edited by Eike Rachor.
- Heft Nr. 227/1997** – „Der Einfluß kompatibler Substanzen und Kryoprotektoren auf die Enzyme Malatdehydrogenase (MDH) und Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6P-DH) aus *Acrosiphonia arcta* (Chlorophyta) der Arktis“, von Katharina Kück.
- Heft Nr. 228/1997** – „Die Verbreitung epibenthischer Mollusken im chilenischen Beagle-Kanal“, von Katrin Linse.
- Heft Nr. 229/1997** – „Das Mesozooplankton im Laptevmeer und östlichen Nansen-Becken - Verteilung und Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer“, von Hinrich Hanssen.
- Heft Nr. 230/1997** – „Modell eines adaptierbaren, rechnergestützten, wissenschaftlichen Arbeitsplatzes am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung“, von Lutz-Peter Kurdelski
- Heft Nr. 231/1997** – „Zur Ökologie arktischer und antarktischer Fische: Aktivität, Sinnesleistungen und Verhalten“, von Christopher Zimmermann
- Heft Nr. 232/1997** – „Persistente chlororganische Verbindungen in hochantarktischen Fischen“, von Stephan Zimmermann
- Heft Nr. 233/1997** – „Zur Ökologie des Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP)-Gehaltes temperierter und polarer Phytoplanktongemeinschaften im Vergleich mit Laborkulturen der Coccolithophoridae *Emiliania huxleyi* und der antarktischen Diatomee *Nitzschia lecontei*“, von Doris Meyerdierks.
- Heft Nr. 234/1997** – „Die Expedition ARCTIC '96 des FS ‚Polarstern‘ (ARK XIII) mit der Arctic Climate System Study (ACSYS)“, von Ernst Augstein und den Fahrtteilnehmern.
- Heft Nr. 235/1997** – „Polonium-210 und Blei-210 im Südpolarmeer: Natürliche Tracer für biologische und hydrographische Prozesse im Oberflächenwasser des Antarktischen Zirkumpolarstroms und des Weddellmeeres“, von Jana Friedrich
- Heft Nr. 236/1997** – “Determination of atmospheric trace gas amounts and corresponding natural isotopic ratios by means of ground-based FTIR spectroscopy in the high Arctic“, by Arndt Meier.
- Heft Nr. 237/1997** – “Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR/SEVERNAYA ZEMLYA 1996“, edited by Martin Melles, Birgit Hagedorn and Dmitri Yu. Bolshiyarov
- Heft Nr. 238/1997** – “Life strategy and ecophysiology of Antarctic macroalgae“, by Iván M. Gómez.
- Heft Nr. 239/1997** – „Die Expedition ANTARKTIS XIII/4-5 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1996“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach und Dieter Gerdes.
- Heft Nr. 240/1997** – „Untersuchungen zur Chrom-Speziation in Meerwasser, Meereis und Schnee aus ausgewählten Gebieten der Arktis“, von Heide Giese.
- Heft Nr. 241/1997** – “Late Quaternary glacial history and paleoceanographic reconstructions along the East Greenland continental margin: Evidence from high-resolution records of stable isotopes and ice-rafted debris“, by Seung-Il Nam.
- Heft Nr. 242/1997** – “Thermal, hydrological and geochemical dynamics of the active layer at a continuous permafrost site, Taymyr Peninsula, Siberia“, by Julia Boike.
- Heft Nr. 243/1997** – „Zur Paläoozeanographie hoher Breiten: Stellvertreterdaten aus Foraminiferen“, von Andreas Mackensen.
- Heft Nr. 244/1997** – “The Geophysical Observatory at Neumayer Station, Antarctica, Geomagnetic and seismological observations in 1995 and 1996“, by Alfons Eckstaller, Thomas Schmidt, Viola Graw, Christian Müller and Johannes Rogenhagen.
- Heft Nr. 245/1997** – „Temperaturbedarf und Biogeographie mariner Makroalgen - Anpassung mariner Makroalgen an tiefe Temperaturen“, von Bettina Bischoff-Bäsmann.
- Heft Nr. 246/1997** – „Ökologische Untersuchungen zur Fauna des arktischen Meereises“, von Christine Friedrich.
- Heft Nr. 247/1997** – „Entstehung und Modifizierung von marinen gelösten organischen Substanzen“, von Berit Kirchhoff.
- Heft Nr. 248/1997** – “Laptev Sea System: Expeditions in 1995“, edited by Heidemarie Kassens.
- Heft Nr. 249/1997** – “The Expedition ANTARKTIS XIII/3 (EASIZ I) of RV 'Polarstern' to the eastern Weddell Sea in 1996“, edited by Wolf Arntz and Julian Gutt.
- Heft Nr. 250/1997** – „Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie und Biodiversität des Mega-Epibenthos der Arktis und Antarktis“, von Adreas Starman.
- Heft Nr. 251/1997** – „Zeitliche und räumliche Verteilung von Mineralvergesellschaftungen in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans und ihre Nützlichkeit als Klimaindikatoren während der Glazial/Interglazial-Wechsel“, von Christoph Vogt.
- Heft Nr. 252/1997** – „Solitäre Ascidien in der Potter Cove (King George Island, Antarktis). Ihre ökologische Bedeutung und Populationsdynamik“, von Stephan Kühne.
- Heft Nr. 253/1997** – “Distribution and role of microprotozoa in the Southern Ocean“, by Christine Klaas.
- Heft Nr. 254/1997** – „Die spätquartäre Klima- und Umweltgeschichte der Bunger-Oase, Ostantarktis“, von Thomas Kulbe

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

- Heft Nr. 288/1998** – „Alfred Wegener. Kommentiertes Verzeichnis der schriftlichen Dokumente seines Lebens und Wirkens“, von Ulrich Wutzke.
- Heft Nr. 289/1998** – „Retrieval of Atmospheric Water Vapor Content in Polar Regions Using Spaceborne Microwave Radiometry“, by Jungang Miao.
- Heft Nr. 290/1998** – „Strukturelle Entwicklung und Petrogenese des nördlichen Kristallingürtels der Shackleton Range, Antarktis: Proterozoische und Ross-orogene Krustendynamik am Rand des Ostantarktischen Kratons“, von Axel Brommer.
- Heft Nr. 291/1998** – „Dynamik des arktischen Meereises - Validierung verschiedener Rheologieansätze für die Anwendung in Klimamodellen“, von Martin Kreyscher.
- Heft Nr. 292/1998** – „Anthropogene organische Spurenstoffe im Arktischen Ozean, Untersuchungen chlorierter Biphenyle und Pestizide in der Laptevsee, technische und methodische Entwicklungen zur Probenahme in der Arktis und zur Spurenstoffanalyse“, von Sven Utschakowski.
- Heft Nr. 293/1998** – „Rekonstruktion der spätquartären Klima- und Umweltgeschichte der Schirmacher Oase und des Wohlthat Massivs (Ostantarktika)“, von Markus Julius Schwab.
- Heft Nr. 294/1998** – „Besiedlungsmuster der benthischen Makrofauna auf dem ostgrönländischen Kontinentalhang“, von Klaus Schnack.
- Heft Nr. 295/1998** – „Gehäuseuntersuchungen an planktischen Foraminiferen hoher Breiten: Hinweise auf Umweltveränderungen während der letzten 140.000 Jahre“, von Harald Hommers.
- Heft Nr. 296/1998** – „Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XIII/1 of RV 'Polarstern' in 1997“, edited by Michael Spindler, Wilhelm Hagen and Dorothea Stübing.
- Heft Nr. 297/1998** – „Radiometrische Messungen im arktischen Ozean - Vergleich von Theorie und Experiment“, von Klaus-Peter Johnsen.
- Heft Nr. 298/1998** – „Patterns and Controls of CO<sub>2</sub> Fluxes in Wet Tundra Types of the Taimyr Peninsula, Siberia - the Contribution of Soils and Mosses“, by Martin Sommerkorn.
- Heft Nr. 299/1998** – „The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica. Synopsis of research performed within the frame of the Argentinean-German Cooperation at the Dallmann Laboratory and Jubany Station (King George Island, Antarctica, 1991 - 1997)“, by Christian Wiencke, Gustavo Ferreyra, Wolf Arntz & Carlos Rinaldi.
- Heft Nr. 300/1999** – „The Kara Sea Expedition of RV 'Akademik Boris Petrov' 1997: First Results of a Joint Russian-German Pilot Study“, edited by Jens Matthiessen, Oleg V. Stepanets, Ruediger Stein, Dieter K. Fütterer, and Eric M. Galimov.
- Heft Nr. 301/1999** – „The Expedition ANTARKTIS XV/3 (EASIZ II)“, edited by Wolf E. Arntz and Julian Gutt.
- Heft Nr. 302/1999** – „Sterole im herbstlichen Weddellmeer (Antarktis): Großräumige Verteilung, Vorkommen und Umsatz“, von Anneke Mühlebach.
- Heft Nr. 303/1999** – „Polare stratosphärische Wolken: Lidar-Beobachtungen, Charakterisierung von Entstehung und Entwicklung“, von Jens Biele.
- Heft Nr. 304/1999** – „Spätquartäre Paläoumweltbedingungen am nördlichen Kontinentalrand der Barents- und Kara-See. Eine Multi-Parameter-Analyse“, von Jochen Knies.
- Heft Nr. 305/1999** – „Arctic Radiation and Turbulence Interaction Study (ARTIST)“, by Jörg Hartmann, Frank Albers, Stefania Argenti, Axel Bochert, Ubaldo Bonafé, Wolfgang Cohrs, Alessandro Conidi, Dietmar Freese, Teodoro Georgiadis, Alessandro Ippoliti, Lars Kaleschke, Christof Lüpkes, Uwe Maixner, Giangiuseppe Mastrantonio, Fabrizio Ravegnani, Andreas Reuter, Giuliano Trivellone and Angelo Viola.
- Heft Nr. 306/1999** – „German-Russian Cooperation: Biogeographic and biostratigraphic investigations on selected sediment cores from the Eurasian continental margin and marginal seas to analyze the Late Quaternary climatic variability“, edited by Robert R. Spielhagen, Max S. Barash, Gennady I. Ivanov, and Jörn Thiede.
- Heft Nr. 307/1999** – „Struktur und Kohlenstoffbedarf des Makrobenthos am Kontinentalhang Ostgrönlands“, von Dan Seiler.
- Heft Nr. 308/1999** – „ARCTIC '98: The Expedition ARK-XIV/1a of RV 'Polarstern' in 1998“, edited by Wilfried Jokat.
- Heft Nr. 309/1999** – „Variabilität der arktischen Ozonschicht: Analyse und Interpretation bodengebundener Millimeterwellenmessungen“, von Björn-Martin Sinnhuber.
- Heft Nr. 310/1999** – „Rekonstruktion von Meereisdrift und terrigenem Sedimenteintrag im Spätquartär: Schwermineralassoziationen in Sedimenten des Laptev-See-Kontinentalrandes und des zentralen Arktischen Ozeans“, von Marion Behrends.
- Heft Nr. 311/1999** – „Parameterisierung atmosphärischer Grenzschichtprozesse in einem regionalen Klimamodell der Arktis“, von Christoph Abegg.
- Heft Nr. 312/1999** – „Solare und terrestrische Strahlungswechselwirkung zwischen arktischen Eisflächen und Wolken“, von Dietmar Freese.
- Heft Nr. 313/1999** – „Snow accumulation on Ekströmsen, Antarctica“, by Elisabeth Schlosser, Hans Oerter and Wolfgang Graf.
- Heft Nr. 314/1999** – „Die Expedition ANTARKTIS XV/4 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1998“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
- Heft Nr. 315/1999** – „Expeditions in Siberia in 1998“, edited by Volker Rachold.
- Heft Nr. 316/1999** – „Die postglaziale Sedimentationsgeschichte der Laptevsee: schwermineralogische und sedimentpetrographische Untersuchungen“, von Bernhard Peregovich.
- Heft-Nr. 317/1999** – „Adaption an niedrige Temperaturen: Lipide in Eisdiatomeen“, von Heidi Lehmal.
- Heft-Nr. 318/1999** – „Effiziente parallele Lösungsverfahren für elliptische partielle Differentialgleichungen in der numerischen Ozeanmodellierung“, von Natalja Rakowsky.

- Heft-Nr. 319/1999** – “The Ecology of Arctic Deep-Sea Copepods (Euchaetidae and Aetideidae). Aspects of their Distribution, Trophodynamics and Effect on the Carbon Flux”, by Holger Auel.
- Heft-Nr. 320/1999** – “Modellstudien zur arktischen stratosphärischen Chemie im Vergleich mit Meßdaten”, von Veronika Eyring.
- Heft-Nr. 321/1999** – “Analyse der optischen Eigenschaften des arktischen Aerosols”, von Dagmar Nagel.
- Heft-Nr. 322/1999** – “Messungen des arktischen stratosphärischen Ozons: Vergleich der Ozonmessungen in Ny-Ålesund, Spitzbergen, 1997 und 1998”, von Jens Langer.
- Heft-Nr. 323/1999** – “Untersuchung struktureller Elemente des südöstlichen Weddellmeeres / Antarktis auf der Basis mariner Potentialfelddaten”, von Uwe F. Meyer.
- Heft-Nr. 324/1999** – “Geochemische Verwitterungstrends eines basaltischen Ausgangsgesteins nach dem spätpleistozänen Gletscherrückzug auf der Taimyrhalbinsel (Zentralsibirien) - Rekonstruktion an einer sedimentären Abfolge des Lama Sees”, von Stefanie K. Harwart.
- Heft-Nr. 325/1999** – “Untersuchungen zur Hydrologie des arktischen Meereises - Konsequenzen für den kleinskaligen Stofftransport”, von Johannes Freitag.
- Heft-Nr. 326/1999** – “Die Expedition ANTARKTIS XIV/2 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1998”, herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
- Heft-Nr. 327/1999** – “Gemeinschaftsanalytische Untersuchungen der Harpacticoidenfauna der Magellanregion, sowie erste similaritätsanalytische Vergleiche mit Assoziationen aus der Antarktis”, von Kai Horst George.
- Heft-Nr. 328/1999** – “Rekonstruktion der Paläo-Umweltbedingungen am Laptev-See-Kontinentalrand während der beiden letzten Glazial/Interglazial-Zyklen anhand sedimentologischer und mineralogischer Untersuchungen”, von Claudia Müller.
- Heft-Nr. 329/1999** – “Räumliche und zeitliche Variationen atmosphärischer Spurengase aus bodengebundenen Messungen mit Hilfe eines Michelson interferometers”, von Justus Notholt.
- Heft-Nr. 330/1999** – “The 1998 Danish-German Excursion to Disko Island, West Greenland”, edited by Angelika Brandt, Helge A. Thomsen, Henning Heide-Jørgensen, Reinhard M. Kristensen and Hilke Ruhberg.
- Heft-Nr. 331/1999** – “Poseidon” Cruise No. 243 (Reykjavik - Greenland - Reykjavik, 24 August - 11 September 1998): Climate change and the Viking-age fjord environment of the Eastern Settlement, sw Greenland”, by Gerd Hoffmann, Antoon Kuijpers, and Jörn Thiede.
- Heft-Nr. 332/1999** – “Modeling of marine biogeochemical cycles with an emphasis on vertical particle fluxes”, by Regina Usbeck.
- Heft-Nr. 333/1999** – “Die Tanaidaceenfauna des Beagle-Kanals und ihre Beziehungen zur Fauna des antarktischen Festlandssockels”, von Anja Schmidt.
- Heft-Nr. 334/1999** – “D-Aminosäuren als Tracer für biogeochemische Prozesse im Fluß-Schelf-Ozean-System der Arktis”, von Hans Peter Fitznar.
- Heft-Nr. 335/1999** – “Ökophysiologische Ursachen der limitierten Verbreitung reptanter decapoder Krebse in der Antarktis”, von Markus Frederich.
- Heft-Nr. 336/1999** – “Ergebnisse der Untersuchung des grönländischen Inlandeises mit dem elektromagnetischen Reflexionsverfahren in der Umgebung von NGRIP”, von Fidan Göktas.
- Heft-Nr. 337/1999** – “Paleozoic and mesozoic tectono-thermal history of central Dronning Maud Land, East Antarctica, - evidence from fission-track thermochronology”, by Stefanie Meier.
- Heft-Nr. 338/1999** – “Probleme hoher Stoffwechselraten bei Cephalopoden aus verschiedenen geographischen Breiten”, von Susanne Zielinski.
- Heft-Nr. 339/1999** – “The Expedition ARKTIS XV/1”, edited by Gunther Krause.
- Heft-Nr. 340/1999** – “Microbial Properties and Habitats of Permafrost Soils on Taimyr Peninsula, Central Siberia”, by Nicolé Schmidt.
- Heft-Nr. 341/1999** – “Photoacclimation of phytoplankton in different biogeochemical provinces of the Southern Ocean and its significance for estimating primary production”, by Astrid Bracher.
- Heft-Nr. 342/1999** – “Modern and Late Quaternary Depositional Environment of the St. Anna Trough Area, Northern Kara Sea”, edited by Ruediger Stein, Kirsten Fahl, Gennadij I. Ivanov, Michael A. Levitan, and Gennady Tarasov.
- Heft-Nr. 343/1999** – “ESF-IMPACT Workshop/Oceanic impacts: mechanisms and environmental perturbations, 15-17 April 1999 in Bremerhaven”, edited by Rainer Gersonde and Alexander Deutsch.
- Heft-Nr. 344/1999** – “Die Klimageschichte der hohen nördlichen Breiten seit dem mittleren Miozän: Hinweise aus sedimentologischen-tonmineralogischen Analysen (ODP Leg 151, zentrale Framstraße)”, von Amelie Winkler.
- Heft-Nr. 345/1999** – “Kurzfristige Klimaschwankungen im Scotiameer und Ergebnisse zur Kalbungsgeschichte der Antarktis während der letzten 200000 Jahre”, von Annette Hofmann.
- Heft-Nr. 346/2000** – “Glazialmarine Sedimentationsentwicklung am westantarktischen Kontinentalrand im Amundsen- und Bellingshausenmeer - Hinweise auf Paläoumweltveränderungen während der quartären Klimazyklen”, von Claus-Dieter Hillenbrand.
- Heft-Nr. 347/2000** – “Zur Ökologie des Phytoplanktons im arktischen Laptevmeer - ein jahreszeitlicher Vergleich”, von Kirsten Tuschling.
- Heft-Nr. 348/2000** – “Untersuchungen zum Fettstoffwechsel des Südlichen See-Elefanten (*Mirounga leonina* L.) in der Antarktis”, von Sven Ramdohr.

- Heft-Nr. 349/2000** – „Licht- und Temperatureinfluß auf den enzymatischen Oxidationsschutz der antarktischen Eisdiatomee *Entomoneis kufferathii Manguin*“, von Raimund Schriek.
- Heft-Nr. 350/2000** – „Die Expedition ARKTIS XV/3 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1999“, herausgegeben von Ursula Schauer.
- Heft-Nr. 351/2000** – „Dissolution kinetics of biogenic silica in marine environments“, by Dirk Rickert.
- Heft-Nr. 352/2000** – „Geometrie und Kinematik des tertiären Deckenbaus im West Spitzbergen Falten- und Überschiebungsgürtel, Brøggerhalvøya, Svalbard“, von Kerstin Saalmann.
- Heft-Nr. 353/2000** – „Zur Ökologie der Benthos-Foraminiferen der Potter Cove (King George Island, Antarktis)“, von Michaela Mayer.
- Heft-Nr. 354/2000** – „Expeditions in Siberia in 1999“, edited by Volker Rachold.
- Heft-Nr. 355/2000** – „Temperaturrekonstruktion im Tropischen Atlantik für das Letzte Glaziale Maximum: CLIMAP neu betrachtet“, von Carsten Porthun.
- Heft-Nr. 356/2000** – „Niederfrequente Variabilität großräumiger atmosphärischer Zirkulationsstrukturen in spektralen Modellen niederer Ordnung“, von Antje Weisheimer.
- Heft-Nr. 357/2000** – „Late Quaternary paleoclimatic reconstructions along the Eurasian continental margin“, by Hans Peter Kleiber.
- Heft-Nr. 358/2000** – „Holocene environmental history of East Greenland - evidence from lake sediments“, by Bernd Wagner.
- Heft-Nr. 359/2000** – „Scientific Cooperation in the Russian Arctic: Ecology of the White Sea with Emphasis on its Deep Basin“, edited by Eike Rachor.
- Heft-Nr. 360/2000** – „Scientific Cruise Report of the Joint Russian-German Kara-Sea Expedition of RV 'Akademik Boris Petrov' in 1999“, edited by Ruediger Stein and Oleg Stepanets.
- Heft-Nr. 361/2000** – „Planktic foraminifer ecology and stable isotope geochemistry in the Arctic Ocean: implications from water column and sediment surface studies for quantitative reconstructions of oceanic parameters.“, by Renate Volkmann.
- Heft-Nr. 362/2000** – „Eisbohrkernuntersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Variabilität von Temperatur und Niederschlagsrate im Spätholozän in Nordgrönland“, von Matthias Schwager.
- Heft-Nr. 363/2000** – „Benthische Peracarida (Crustacea, Malacostraca) des arktischen Mellemfjordes, West-Grönland“, von Anne-Nina Lörz.
- Heft-Nr. 364/2000** – „Die Expeditionen ANTARKTIS XVI/3-4 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1999“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Victor Smetacek und Manfred Reinke.
- Heft-Nr. 365/2000** – „Organic carbon in Late Quaternary sediments: Responses to paleoenvironmental changes in the Laptev and Kara seas (Arctic Ocean)“, by Bettina Boucsein.
- Heft-Nr. 366/2000** – „Flugzeuggestützte Topographie- und Schweremessung: Meßsystem und Anwendung auf die Region Framstraße, Spitzbergen und Nordostgrönland“, von Tobias Boebel.
- Heft-Nr. 367/2000** – „Messung dielektrischer Eigenschaften polarer Eiskerne“, von Frank Wilhelms.
- Heft-Nr. 368/2000** – „The Expedition ARKTIS-XV/2 of RV 'Polarstern' in 1999“, edited by Wilfried Jokat.
- Heft-Nr. 369/2000** – „Interpretation seismischer und gravimetrischer Daten des Weddellmeeres, Antarktis“, von Johannes Rogenhagen.
- Heft-Nr. 370/2000** – „Struktureigenschaften und Nahrungsbedarf der Zoobenthosgemeinschaften im Bereich des Lomonossowrückens im Arktischen Ozean“, von Hendrik Deubel.
- Heft-Nr. 371/2000** – „Die Rolle der Schneebedeckung für die Kryptogamen-Vegetation in der maritimen Antarktis (Potter-Halbinsel, King George Island)“, von Jana Barbro Winkler.
- Heft-Nr. 372/2000** – „Biodiversity of the Weddell Sea: macrozoobenthic species (demersal fish included) sampled during the expedition ANT XIII/3 (EASIZ I) with RV 'Polarstern'“, edited by Julian Gutt, Boris I. Sirenko, Wolf E. Armtz, Igor S. Smirnov, and Claude De Broyer.
- Heft-Nr. 373/2000** – „Benthische Foraminiferen im Boreas-Becken, Grönlandsee: Verbreitung und paläo-ozeanographische Rekonstruktionen für die letzten 450.000 Jahre“, von Sabine Magnus.
- Heft-Nr. 374/2000** – „Scherwellendoppelbrechungsanalyse von Registrierungen der Stationen des seismologischen Netzwerkes an der Neumayer Station, Antarktis: Seismische Anisotropie und die tektonische Entwicklung des Kontinentalrandes Queen Maud Lands“, von Christian Müller.
- Heft-Nr. 375/2000** – „Effects of enhanced UV-radiation on photosynthesis of Arctic/cold-temperate macroalgae“, by Kai Bischof.
- Heft-Nr. 376/2000** – „Saisonalität und kurzperiodische Variabilität des Seesalz-Aerosols und des bodennahen Ozons in der Antarktis (Neumayer-Station) unter Berücksichtigung der Meereisbedeckung“, von Jörg Hofmann.

**Ab dem Heft-Nr. 377 erscheint die Reihe unter dem Namen:  
„Berichte zur Polar- und Meeresforschung“**

- Heft-Nr. 377/2000** – „Rekrutierungsmuster ausgewählter Wattfauna nach unterschiedlich strengen Wintern“ von Matthias Strasser.
- Heft-Nr. 378/2001** – „Der Transport von Wärme, Wasser und Salz in den Arktischen Ozean“, von Boris Cisewski.
- Heft-Nr. 379/2001** – „Analyse hydrographischer Schnitte mit Satellitenaltimetrie“, von Martin Losch.

- Heft-Nr. 380/2001** – „Die Expeditionen ANTARKTIS XVI/1-2 des Forschungsschiffes POLARSTERN 1998/1999“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach und Saad El Naggar.
- Heft-Nr. 381/2001** – „UV-Schutz- und Reparaturmechanismen bei antarktischen Diatomeen und *Phaeocystis antarctica*“, von Lieselotte Riegger.
- Heft-Nr. 382/2001** – „Age determination in polar Crustacea using the autofluorescent pigment lipofuscin“, by Bodil Bluhm.
- Heft-Nr. 383/2001** – „Zeitliche und räumliche Verteilung, Habitatspräferenzen und Populationsdynamik benthischer Copepoda Harpacticoida in der Potter Cove (King George Island, Antarktis)“, von Gritta Veit-Köhler.
- Heft-Nr. 384/2001** – „Beiträge aus geophysikalischen Messungen in Dronning Maud Land, Antarktis, zur Auffindung eines optimalen Bohrpunktes für eine Eiskerntiefbohrung“, von Daniel Steinhage.
- Heft-Nr. 385/2001** – „Actinium-227 als Tracer für Advektion und Mischung in der Tiefsee“, von Walter Geibert.
- Heft-Nr. 386/2001** – „Messung von optischen Eigenschaften troposphärischer Aerosole in der Arktis“, von Rolf Schumacher.
- Heft-Nr. 387/2001** – „Bestimmung des Ozonabbaus in der arktischen und subarktischen Stratosphäre“, von Astrid Schulz.
- Heft-Nr. 388/2001** – „Russian-German Cooperation SYSTEM LAPTEV SEA 2000: The Expedition LENA 2000“, edited by Volker Rachold and Mikhail N. Grigoriev.
- Heft-Nr. 389/2001** – „The Expeditions ARKTIS XVI/1 and ARKTIS XVII/2 of the Research Vessel ‚Polarstern‘ in 2000“, edited by Gunther Krause and Ursula Schauer.
- Heft-Nr. 390/2001** – „Late Quaternary climate variations recorded in North Atlantic deep-sea benthic ostracodes“, by Claudia Didié.
- Heft-Nr. 391/2001** – „The polar and subpolar North Atlantic during the last five glacial-interglacial cycles“, by Jan P. Helmke.
- Heft-Nr. 392/2001** – „Geochemische Untersuchungen an hydrothermal beeinflussten Sedimenten der Bransfield Straße (Antarktis)“, von Anke Dähmann.
- Heft-Nr. 393/2001** – „The German-Russian Project on Siberian River Run-off (SIRRO): Scientific Cruise Report of the Kara-Sea Expedition ‚SIRRO 2000‘ of RV ‚Boris Petrov‘ and first results“, edited by Ruediger Stein and Oleg Stepanets.
- Heft-Nr. 394/2001** – „Untersuchungen der Photooxidantien Wasserstoffperoxid, Methylhydroperoxid und Formaldehyd in der Troposphäre der Antarktis“, von Katja Riedel.
- Heft-Nr. 395/2001** – „Role of benthic cnidarians in the energy transfer processes in the Southern Ocean marine ecosystem (Antarctica)“, by Covadonga Orejas Saco del Valle.
- Heft-Nr. 396/2001** – „Biogeochemistry of Dissolved Carbohydrates in the Arctic“, by Ralph Engbrodt.
- Heft-Nr. 397/2001** – „Seasonality of marine algae and grazers of an Antarctic rocky intertidal, with emphasis on the role of the limpet *Nacilla concinna* Strebel (Gastropoda: Patellidae)“, by Dohong Kim.
- Heft-Nr. 398/2001** – „Polare Stratosphärenwolken und mesoskalige Dynamik am Polarwirbelrand“, von Marion Müller.
- Heft-Nr. 399/2001** – „North Atlantic Deep Water and Antarctic Bottom Water: Their Interaction and Influence on Modes of the Global Ocean Circulation“, by Holger Brix.
- Heft-Nr. 400/2001** – „The Expeditions ANTARKTIS XVIII/1-2 of the Research Vessel ‚Polarstern‘ in 2000“, edited by Victor Smetacek, Ulrich Bathmann, Saad El Naggar.
- Heft-Nr. 401/2001** – „Variabilität von CH<sub>2</sub>O (Formaldehyd) - untersucht mit Hilfe der solaren Absorptionsspektroskopie und Modellen“, von Torsten Albrecht.
- Heft-Nr. 402/2001** – „The Expedition ANTARKTIS XVII/3 (EASIZ III) of RV ‚Polarstern‘ in 2000“, edited by Wolf E. Arntz and Thomas Brey.
- Heft-Nr. 403/2001** – „Mikrohabitatsprüche benthischer Foraminiferen in Sedimenten des Südatlantiks“, von Stefanie Schumacher.

\* vergriffen / out of print.

\*\* nur noch beim Autor / only from the author.