

# **Rekonstruktion glaziomarer Sedimentationsprozesse am Kontinentalrand des westlichen Bellingshausenmeeres**

Geologisches Institut der  
Bayerischen Julius-Maximilians Universität Würzburg

Diplomarbeit im Fach Geologie  
vorgelegt von

**Barbara Braun**

83 S., 32 Abb., 9 Tab., 2 Tafeln

Angefertigt am  
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

Bremerhaven, 30. Juni 1997



# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Kurzfassung</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1. Einleitung</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2. Arbeitsgebiet</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1. Geographie und Morphologie . . . . .  | 4         |
| 2.2. Geologischer Rahmen . . . . .   | 6         |
| 2.3. Glaziologie . . . . .   | 7         |
| 2.4. Ozeanographie . . . . .   | 8         |
| <b>3. Methodik</b>   | <b>10</b> |
| 3.1. MSCL-Messungen . . . . .  | 10        |
| 3.2. Beprobung des Sedimentkerns . . . . .   | 11        |
| 3.2.1. Probennahme . . . . .   | 11        |
| 3.2.2. Herstellung von Radiographien . . . . .   | 13        |
| 3.2.3. Lithologische Beschreibung . . . . .  | 13        |
| 3.3. Bestimmung des Wassergehaltes . . . . .   | 14        |
| 3.4. Dichtemessung . . . . .   | 14        |
| 3.5. Berechnung sedimentphysikalischer Parameter . . . . .                             | 14        |
| 3.6. Bestimmung des $\text{CaCO}_3$ - und $\text{C}_{\text{org}}$ - Gehaltes . . . . . | 16        |
| 3.7. Messung des Biogenoporgehaltes . . . . .  | 17        |
| 3.7.1. Die Extraktionsmethode von Müller und Schneider . . . . .                       | 17        |
| 3.7.2. Einfluß des vulkanischen Glases auf die Opalmessung . . . . .                   | 18        |
| 3.7.3. Vergleichbarkeit der Meßmethoden . . . . .                                      | 19        |
| 3.8. Korngrößenanalyse . . . . .   | 19        |
| 3.9. Komponentenanalyse der Grobfraction . . . . .                                     | 21        |
| 3.10. Messung stabiler Isotope . . . . .   | 22        |
| 3.11. Schwermineralanalyse . . . . .   | 22        |
| 3.11.1. Schwerentrennung mit Natriumpolywolframat . . . . .                            | 23        |
| 3.11.2. Einbetten der Minerale . . . . .   | 23        |
| 3.11.3. Zählmethodik . . . . .   | 23        |
| 3.12. Untersuchungen mit REM/EDAX . . . . .  | 24        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4. Ergebnisse</b>   | <b>26</b> |
| 4.1. Sedimentfarbe, Sedimentstruktur, Lithologie . . . . .                 | 27        |
| 4.2. Magnetische Suszeptibilität . . . . .                                 | 31        |
| 4.3. P – Wellengeschwindigkeit . . . . .                                   | 31        |
| 4.4. Feuchtraumdichte . . . . .  | 31        |
| 4.5. Wassergehalt und Porosität . . . . .                                  | 32        |
| 4.6. Sedimentdichten . . . . .   | 33        |
| 4.7. Karbonatgehalt . . . . .  | 34        |
| 4.8. Organischer Kohlenstoff . . . . .                                     | 34        |
| 4.9. Biogenes Opal . . . . .   | 34        |
| 4.10. Stabile Isotope . . . . .  | 36        |
| 4.11. Korngrößenverteilung . . . . .                                       | 36        |
| 4.12. Eisfrachtverteilung . . . . .  | 37        |
| 4.13. Komponentenanalyse . . . . .   | 37        |
| 4.13.1. Terrigene Komponenten . . . . .                                    | 40        |
| 4.13.2. Authigene Komponenten . . . . .                                    | 42        |
| 4.13.3. Biogene Komponenten . . . . .                                      | 43        |
| 4.14. Schwermineralanalyse . . . . .                                       | 45        |
| <b>5. Diskussion</b>   | <b>47</b> |
| 5.1. Faziesmodell . . . . .  | 47        |
| 5.1.1. Biogenfazies . . . . .  | 47        |
| 5.1.2. Laminitfazies . . . . .   | 48        |
| 5.1.3. Manganfazies . . . . .  | 48        |
| 5.2. Stratigraphie . . . . .   | 51        |
| 5.3. Paläoproduktivität und Lösung . . . . .                               | 56        |
| 5.4. Sedimentationsprozesse im Wechsel spätquartärer Klimazyklen . . . . . | 58        |
| <b>Dank</b>  | <b>61</b> |
| <b>Erklärung</b>   | <b>62</b> |
| <b>A. Anhang</b>   | <b>68</b> |
| A.1. Kernbeschreibung . . . . .  | 69        |
| A.2. Tafeln . . . . .  | 72        |
| A.3. Tabellen . . . . .  | 76        |

## Kurzfassung

Braun, B. (1997). Rekonstruktion glaziomariner Sedimentationsprozesse am Kontinentalrand des westlichen Bellingshausenmeeres. – Diplomarbeit, 83 S.; Geologisches Institut der Universität Würzburg (Würzburg).

Die Rekonstruktion der glaziomarinen Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalrand des westlichen Bellingshausenmeeres erfolgte durch die sedimentologische Auswertung eines 962 cm langen Schwerelotkernes aus 3594 m Wassertiefe. Der Kern wurde während des Fahrtabschnittes ANT-XI/3 mit dem FS „Polarstern“ vom Scheitel einer Sediment- „Drift“ gezogen.

An dem Sedimentkern wurde eine lithologische Beschreibung, sowie sedimentologische Untersuchungen und sedimentphysikalische Messungen durchgeführt. Anhand der Ergebnisse konnten signifikante Änderungen in der Zusammensetzung und Struktur der Sedimente erkannt, und drei Faziestypen unterschieden werden. Die Faziestypen charakterisieren jeweils glaziale oder interglaziale Zeiträume.

Der größte Teil der Sedimentabfolge gehört der Laminitfazies an. Dabei handelt es sich um feinlaminierte Sedimentabschnitte, die vorwiegend aus feinkörnigen, terrigenen Komponenten zusammengesetzt sind. In die feinlaminierten Abschnitte sind vereinzelte, wenige Millimeter bis Zentimeter mächtige Siltlagen eingeschaltet. Die biogenen Anteile sind gering, Anzeichen für Bodenleben fehlen völlig.

Die Manganfazies wird von authigen gebildeten Mangankonkretionen dominiert, die jeweils diskrete Lagen bilden. Dabei handelt es sich zum einen um Mikromanganknollen und -krusten und zum andern um manganhaltige Gangfüllungen. Biogene und terrigene Anteile sind in diesem Faziestyp unbedeutend.

Die Biogenfazies ist von strukturlosen und stark bioturbierten Sedimenten gekennzeichnet. In diesen Sedimentabschnitten ist der hohe Anteil an Eisfracht (IRD) und die erhöhten Gehalte an Kalziumkarbonat und Opal in der Sandfraktion markant.

Die stratigraphische Einordnung des Sedimentkernes erfolgte über die von Grobe & Mackensen (1992) entwickelte Lithostratigraphie, mit deren Einheiten die Faziestypen des Sedimentkernes korreliert werden konnten. Dabei ergaben sich zwei mögliche Altersmodelle und ein Basisalter von ca. 250.000 Jahren. Anhand der stratigraphischen Fixpunkte wurden Sedimentationsraten des Gesamtsedimentes und Akkumu-

lationsraten des Kalziumkarbonates, des Biogenopals und des organisch gebundenen Kohlenstoffes berechnet. Dabei wurde gezeigt, daß lediglich das Kalziumkarbonat und der Biogenopal als Anzeiger für biologische Produktion dienen können, wobei Lösungsprozesse in der Wassersäule und im Sediment eine große Rolle spielen. Der Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff ist in dem Sedimentkern nur erhaltungsbedingt zu erklären.

Die Sedimentationsprozesse der einzelnen Faziestypen sind von den Eisverhältnissen, der biologischen Produktion, dem gravitativen Transport und der Umlagerung durch Meeresströmungen abhängig. Die Auswirkung der einzelnen Faktoren ist jeweils unterschiedlich ausgeprägt und wirkt sich spezifisch auf die einzelnen Parameter aus.

In den Glazialen hatte ein Vorstoß des Schelfeises über die Schelfkante zur Anlieferung großer Sedimentmassen geführt, die über gravitativen Transport den Kontinentalhang hinunter transportiert wurden. Die Feinfracht wurde über parallel zum Kontinentalhang laufende Konturströme westwärts transportiert und in der Laminitfazies der Driftkörper abgelagert. Am Ende der Glaziale kam es zur Sedimentation der Manganfazies. Die geringen Sedimentationsraten am Kamm der Sedimentdrift kamen aufgrund reduzierter Intensität der Konturströme und fehlender Umlagerung von Schelfsedimenten in Folge rückschreitender Schelfeismassen zustande. In den Interglazialen kam es durch den aufsteigenden Meeresspiegel zum Aufschwimmen des Schelfeises. Der damit verbundene Abbau der Eismassen über dem Schelf, hatte eine hohe Sedimentation von IRD zur Folge. Mit fortschreitendem Interglazial kam es in Zeiten nur saisonaler Meereisbedeckung zu verstärkter biologischer Produktion und zur Sedimentation biogenen Materials.

# 1. Einleitung

Die Antarktis hat durch ihre große Eisfläche deutlichen Einfluß auf das globale Klimageschehen. Durch die Albedo und die damit verbundene Auswirkung auf die Temperatur der Erde sowie die atmosphärische und ozeanische Zirkulation spielen Fluktuationen des Eisschildes eine bedeutende Rolle in der Klimaentwicklung.

Die Sedimentation am antarktischen Kontinentalrand wird direkt und indirekt vorwiegend vom Eis beeinflusst. Dadurch zeichnen sich meist auch die kleinsten Oszillationen des antarktischen Eisschildes in den Sedimenten des Kontinentalrandes wider und lassen Schlüsse über die weltweite Klimaentwicklung zu. Aufgrund dieses hochauflösenden Bildes der spätquartären Klimaentwicklung wurde der Kontinentalrand des Atlantischen Sektors des Südpolarmeeres und der antarktischen Halbinsel schon eingehend untersucht.

Das nach dem russischen Polarforscher *Thaddeus von Bellingshausen* benannte Bellingshausenmeer ist bislang noch nicht eingehend untersucht worden. Anhand von vier DSDP-Bohrungen (Hollister 1976) erstellt Tucholke (1977) ein erstes sedimentologisches Modell des Kontinentalrandes des Bellingshausenmeeres.

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es anhand sedimentologischer und sedimentphysikalischer Untersuchungen die Sedimentationsprozesse am Kontinentalrand vor der Eightsküste im Bellingshausenmeer zu rekonstruieren. Im besondern sollte dabei der Zusammenhang der Sedimentation mit einer Sedimentdrift herausgestellt werden. Durch die besondere Lage des Sedimentkernes auf dem Driftkörper spiegeln sich die Einflüsse der Meeresströmungen und Eisvorstöße besonders deutlich in den Sedimenten wider und zeigen so die Klimaschwankungen auf.

## **2. Arbeitsgebiet**

### **2.1. Geographie und Morphologie**

#### **Lage**

Die Station PS2556 liegt im westlichen Bellingshausenmeer, im Übergangsbereich zum Amundsenmeer. Beide Meere sind Randmeere im pazifischen Sektor des Südpolarmeeres. Das Bellingshausenmeer grenzt im Südosten an die Antarktische Halbinsel (Palmerland und Grahamland) und im Südwesten an die Eightsküste von Ellsworthland. Der Eightsküste ist die Thurstoninsel vorgelagert. Die nordöstliche Grenze des Bellingshausenmeeres ist die Drakestraße. Das dem Bellingshausenmeer vorgelagerte Tiefseebecken (4500–5000 m) wird Bellingshausenbecken genannt. Es wird im Norden vom südostpazifischen Rückensystem begrenzt und im Westen vom Amundsenbecken.

Die Station PS2556 liegt am antarktischen Kontinentalfuß bei 69°29.6' S und 094°09.5' W in einer Wassertiefe von 3594 m (Abb. 2.1). Das Profil „Thurston Island“, dem auch die bearbeitete Station zugehört verläuft bei 69°30' S (Miller & Grobe 1996) parallel zum Kontinentalhang. Die Station PS2556 liegt ca. 350 km nordöstlich der Thurstoninsel und ca. 150 km westlich der vulkanischen Insel Peter I.

#### **Morphologie und Bathymetrie**

Das Arbeitsgebiet ist morphologisch sehr variabel. Der Schelf ist zwischen 100 und 500 km breit (Vanney & Johnson 1976). Der Kontinentalhang ist im unteren Bereich von vielen Erosionsrinnen durchzogen, die in ihrem weiteren Verlauf senkrecht zum Kontinentalhang in das Tiefseebecken ablaufen. Die Erosionsrinnen zeigen einen asymmetrischen Querschnitt. Die „Levee“-Strukturen auf der Westseite der Rinnen weisen höhere Sedimentmächtigkeiten als die östlichen „Levee“-Strukturen auf. Der Unterschied in der Mächtigkeit ist durch die Corioliskraft und ost-west gerichtete Konturströmungen bedingt. Auf der westlichen Seite der Rinnen erstrecken sich Driftkörper senkrecht zum Kontinentalhang und parallel zu den Erosionsrinnen. Die Leeseite der Driftkörper ist steiler als ihre Luvseite. Die Driftkörper können eine Höhe von über 1000 m relativ zum umgebenden Meeresboden erreichen. Die Station liegt auf der Luvseite eines solchen Driftkörpers, etwa 500 m oberhalb zweier Erosionsrinnen (Abb. 2.2) (Miller & Grobe 1996).



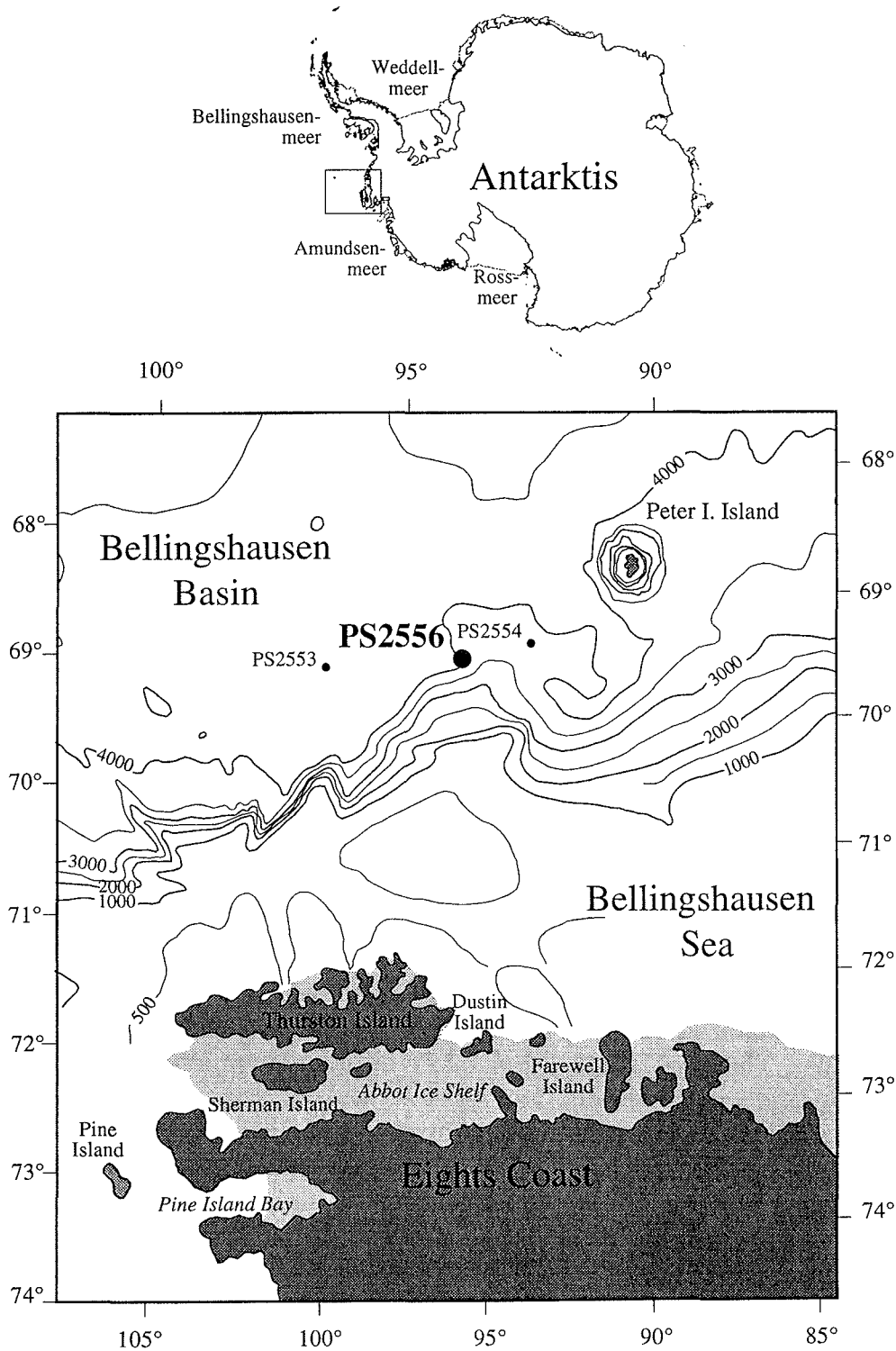


Abb. 2.1.: Bathymetrie des Bellingshausenmeeres mit Stationen des Profils „Thurston Island“. Bathymetrie nach GEBCO (Brecque 1981).

## 2. Arbeitsgebiet

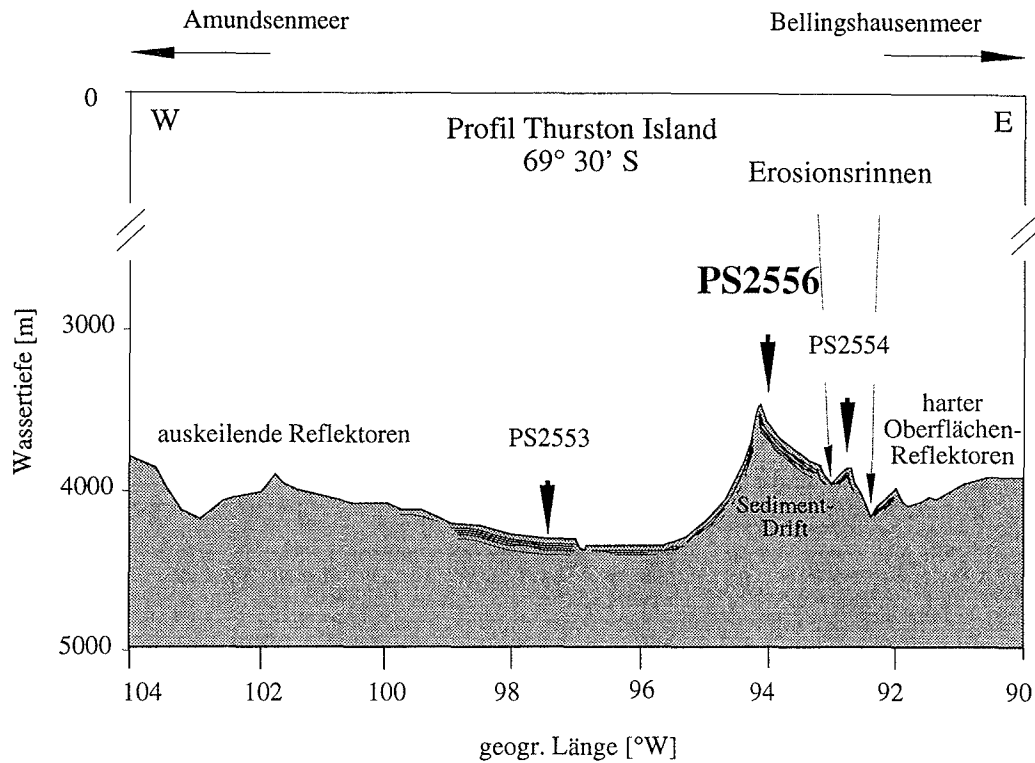


Abb. 2.2.: Geomorphologisches Profil mit eingezeichneten Kernstationen des Profils „Thurston Island“ (verändert, nach Miller & Grobe (1994))

### 2.2. Geologischer Rahmen

Die Ostantarktis war bis ins Mesozoikum ein Kernstück des Gondwanakontinents. Die heutige Westantarktis bildete mit ihren Mikroplatten (Antarktische Halbinsel mit Süd-Orkney, Thurston Island, Ellsworth/Whitmore Mountains und Marie Byrd Land) den Südrand von Gondwana (Lawver et al. 1992; Maslanyj & Storey 1990). Im mittleren Jura begann Gondwana mit der Abtrennung Afrikas zu zerbrechen. Die beginnende Subduktion der ozeanischen Phoenix-Platte entlang der westantarktischen Platten führte zur Metamorphose und Auffaltung des im Paläozoikum bis in die Trias gebildeten Grundgebirges. Die Gebirgsketten entlang der westantarktischen Küste entstanden (Thomson & Pankhurst 1983, Grunow et al. 1991, Pankhurst et al. 1993). Die Subduktion der Phoenix-Platte setzte sich von Westen (120°W) nach Osten entlang der Antarktischen Halbinsel bis zur Westküste Südamerikas fort (Thomson & Pankhurst 1983). Der Pazifik-Phoenix-Rücken wanderte dabei in Richtung der Subduktionszone. Mit der Subduktion der einzelnen Rückensegmente kam die Bewegung an den entsprechenden Stellen zum Stillstand (Lawver et al. 1992). Seit der oberen

Kreide liegen die westantarktischen kontinentalen Blöcke in ihrer heutigen Lage zur Westantarktis (Grunow et al. 1991; Lawver et al. 1992). In Verbindung mit der Subduktion kam es regelmäßig zur Intrusion kalkalkalischer Magmen im Thurstoninsel Block (Hole et al. 1994). Die vulkanische Insel Peter I. deutet auch auf jüngeren Vulkanismus (0,1–0,35 Ma) im Arbeitsgebiet hin (Prestvik et al. 1990).

Die Sedimentablagerungen können im Arbeitsgebiet 2000 m – 3000 m Mächtigkeit erreichen (mündl. Mittl. F.O. Nitsche). Die Sedimentanlieferung erfolgte über Turbidite, die über das Rinnensystem des Kontinentalhanges in die Tiefsee befördert wurden. Der laterale Transport erfolgte über ost–west orientierte Meeresströmungen, die parallel zum Kontinentalhang liefen. Die Entstehung der Driftablagerungen verlief in Verbindung mit progradierenden Schelfkanten. Sie sind vermutlich jünger als 8 Ma (Rebesco et al. 1996; Hollister 1976).

Das zur Bestimmung der Station gefahrene Parasoundprofil zeigt unterschiedlich deutliche Reflektoren und Eindringtiefen (Abb. 2.2). Der harte Oberflächenreflektor im Osten, verbunden mit geringen Eindringtiefen, weist auf harte Sedimente hin. Im Westen nimmt die Intensität der Reflektoren ab, dies läßt eine homogene Sedimentzusammensetzung vermuten. Im Bereich der Stationen PS2553 bis PS2554, sind deutliche Reflektoren zu sehen, Anzeichen auf eine heterogene Sedimentzusammensetzung. Die Eindringtiefe des Sedimentecholotes an der Kernlokation beträgt 30–40 m.

### 2.3. Glaziologie

Im antarktischen Eisschild sind 90% des Eises der Erde gebunden und damit 70% des gesamten Süßwassers. Das Eis bedeckt mit einer maximalen Mächtigkeit von 4776 m und einer Fläche von zwölf Millionen km<sup>2</sup> ca. 97,6% des antarktischen Kontinentes (Drewry 1983). Der antarktische Eisschild läßt sich in zwei Teile gliedern, den großen, ostantarktischen Eisschild, dessen Basis über dem Meeresspiegel liegt und den kleineren westantarktischen Eisschild, dessen Basis größtenteils unterhalb des Meeresspiegels (durchschnittlich 200 m) liegt (Keys 1990). Die beiden Eisschilde werden durch das Transantarktische Gebirge getrennt. Die antarktische Küste ist lediglich zu fünf Prozent eisfrei, die übrige Küste ist von Gebirgsgletschern, Eisströmen, Eiswällen und Schelfeis bedeckt. Dem Schelfeis fällt dabei mit 44% der größte Anteil zu (Drewry et al. 1982; Ehrmann 1994).

Rezent ist das Bellingshausenmeer von einem relativ schmalen Schelfeisbereich umgeben, der fast die gesamte Küste des Bellingshausenmeeres entlangläuft (z.B. Abbotshelfeis zwischen der Eightsküste und der Thurstoninsel). Das Einzugsgebiet der ins Bellingshausenmeer fließenden Eistströme und Gletscher beschränkt sich auf einen

schmalen Streifen entlang der Eightsküste und der Antarktischen Halbinsel (Barker 1995; Denton et al. 1991).

Saisonal kommt es zur Bildung von Meereis, dessen Ausbreitung von Jahr zu Jahr stark schwanken kann. Im Winter liegt das Gebiet um die Kernlokation immer unter Eis (Keys 1990). Im Sommer reicht das Meereis meist nicht bis an die Station (Jacobs & Comiso 1993, Keys 1990). Zwei bis drei westwärts driftende Eisberge werden durchschnittlich auf einer Fläche von 1000 km<sup>2</sup> gezählt (Keys 1990).

### 2.4. Ozeanographie

Die Ozeanteile, die den antarktischen Kontinent umgeben, werden auch als Südpolarmeer bezeichnet. Das Frontensystem des Antarktischen Zirkumpolarstromes (ACC) existiert in der heutigen Form seit der Öffnung der Drake-Passage vor ca. 23 Ma (Lavver et al. 1992). Es besteht aus konzentrisch fließenden Wassermassen und bildet somit ein hydrographisch von den umliegenden Ozeanen isoliertes Strömungssystem. Die hydrographischen Einheiten und ihre Eigenschaften sind bei Hellmer & Bersch (1985) und Foldvik & Gammelsrød (1988) dargestellt.

Die Wassermassen des Bellingshausenmeeres sind im Gegensatz zu den Wassermassen des atlantischen Sektors des Südpolarmees wenig untersucht. Die dominante Strömung im Südpolarmeer ist der ACC (Abb.2.3). Seine Ausdehnung im pazifischen Sektor des Südpolarmees wird von Pollard et al. (1995) und Read et al. (1995) beschrieben. Der ACC wird von den Westwinden angetrieben und umfaßt das Antarktische und Subantarktische Oberflächenwasser (AASW, bzw. SASW), sowie das Zirkumpolare Tiefenwasser (CDW). Die südliche Grenze des ACC bildet die Antarktische Divergenz. Südlich der Antarktischen Divergenz werden die Wassermassen von Ostwinden angetrieben. Sie bilden vermutlich, wie der Weddellwirbel und der Rosswirbel, einzelne kleinere Wirbel aus (Patterson & Whitworth 1990). Diese Strömungen sind noch nicht durch Messungen nachgewiesen worden.

Eine Besonderheit der Meeresströmungen im Bellingshausenmeer sind die warmen Wassermassen des CDW, die bis auf den Schelf vordringen können (Hellmer et al. in press). Sie verursachen so das Schmelzen von Meereis innerhalb kurzer Zeit. Das unregelmäßige Vordringen des CDW auf den Schelf wird von Jacobs & Comiso (1993) mit der Nord-Süd Verschiebung des ACC in Verbindung gebracht. Die großen jährlichen Schwankungen in der Meereisbedeckung könnten ebenfalls mit dem Vordringen des warmen CDW in Verbindung stehen (Jacobs & Comiso 1993).

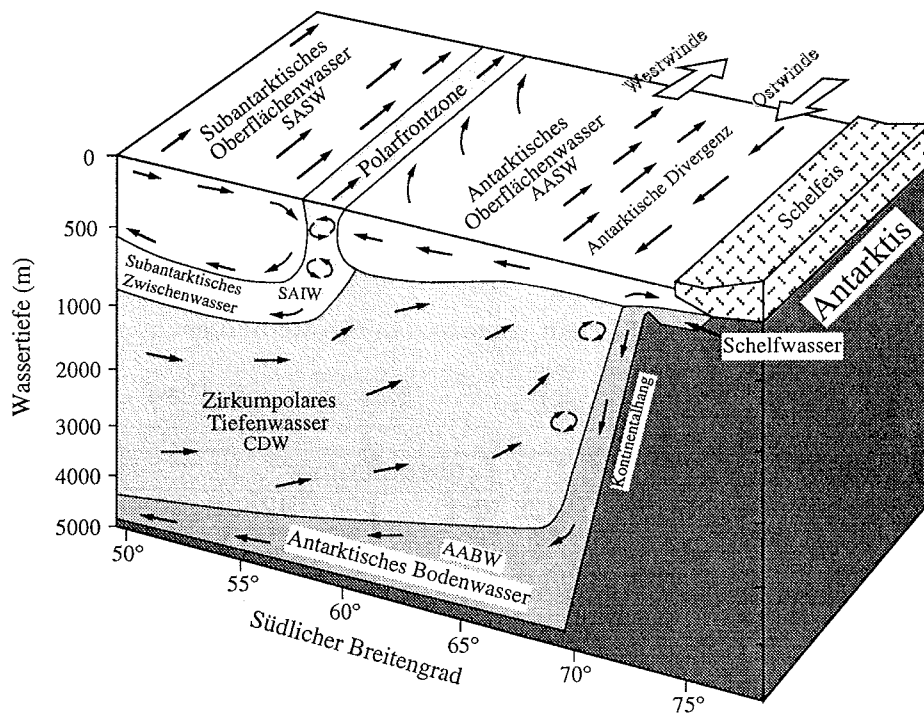


Abb. 2.3.: Schematische Verteilung der Wassermassen und der Stömungen im Südpolar-  
meer (verändert nach Ehrmann, (1994); Gordon & Goldberg, (1970))

### 3. Methodik

Im Rahmen der Expedition ANT-XI/3 wurden im Jahr 1994 mit dem FS „Polarstern“ im Bellingshausen Meer und im Amundsen Meer geologische Proben gewonnen. Der nach den beschriebenen Methoden untersuchte Schwerelotkern PS2556-2 und der Multicorer PS2556-1 (Tab. 3.1) stammen aus dem Profil „Thurston Island“ mit den Stationen PS2553 bis PS2556 (Miller & Grobe 1996). Sie sind nach den im Folgenden beschriebenen Methoden untersucht worden. Durch die Beprobung der Sedimentoberfläche (Multicorer) war es möglich, Aussagen über den Kernverlust zu treffen.

Tab. 3.1.: Lage der Station PS2556 mit eingesetzten Geräte und genommenen Proben.

|               | Probennummer     |                 |
|---------------|------------------|-----------------|
|               | PS2556-1         | PS2556-2        |
| Gerät         | Multicorer (MUC) | Schwerelot (SL) |
| geogr. Breite | 69° 29.9'S       | 69° 29.6'S      |
| geogr. Länge  | 094° 10.1'W      | 094° 09.5'W     |
| Wassertiefe   | 3586 m           | 3594 m          |
| Kernlänge     | 33               | 962             |
| Probenzahl    | 16               | 126             |

#### 3.1. MSCL-Messungen

Die sedimentphysikalischen Parameter (Suszeptibilität, Feuchtraumdichte und P - Wellengeschwindigkeit ( $V_P$ )) wurden mit einem Multi-Sensor Core Logger (MSCL, GEOTEK, Surrey, England) gemessen. Mit der MSCL-Messung können sedimentphysikalische Eigenschaften hochauflösend an noch geschlossenen Sedimentkernen gemessen werden (Weaver & Schultheiss 1990). Die Ergebnisse der bereits an Bord gemessenen Parameter fließen in diese Arbeit ein.

### Suszeptibilität

Die magnetische Suszeptibilität ist ein Maß für die Magnetisierbarkeit von Sedimentpartikeln und kann bei marinen Sedimenten u.a. als Anzeiger für den terrigenen Materialeintrag verwendet werden. Die einen Meter langen Kernsegmente wurden zur Messung durch eine Meßspule geschoben. Die Spule erzeugt ein konstantes elektromagnetisches Feld. Der unterschiedliche Gehalt an ferri- und ferromagnetischen Mineralen im Sediment führt zu einer Änderung der jeweils induzierten Spannung. Die gemessene Spannung wird vom Gerät in die Suszeptibilitätswerte umgerechnet. Die Suszeptibilität wird dimensionslos in  $10^{-5}$  SI-Einheiten angegeben.

### Feuchtraumdichte

Die Feuchtraumdichte des Sediments konnte aus der Gammastrahlendämpfung berechnet werden. Die Dichtebestimmung läßt sich aus dem Verhältnis eines gedämpften zu einem ungedämpften Gammastrahl bestimmen, wobei die Dämpfung jeweils von der Dichte des Sedimentes abhängt (Gerland 1993).

### P-Wellengeschwindigkeit

Die P-Wellengeschwindigkeit ( $V_P$ ) wird über die Schallübertragung aus der Laufzeit der Kompressionswellen durch das Sediment berechnet (Weber et al. 1997).

## 3.2. Beprobung des Sedimentkerns

Die maximal 1 m langen Kernsegmente wurden mit einer zweiblättrigen Säge in Längsrichtung in eine Arbeits- und eine Archivhälfte getrennt. Beide Hälften wurden anschließend fotografiert. An der Arbeitshälfte wurden die Proben entnommen, die lithologische Beschreibung erfolgte an der Archivhälfte (Abb. 3.1).

### 3.2.1. Probennahme

Als erstes wurden Sedimentscheiben für die Herstellung der Radiographien genommen. Dafür wurden Plexiglasdeckel mit den Maßen (25 cm x 10 cm x 1 cm) in das Sediment gepreßt. Mit einer dünnen Nylonschnur wurde der Plexiglasdeckel samt Sedimentscheibe vom Kern getrennt und abgehoben. Anschließend wurden aus jedem Beprobungshorizont jeweils drei Proben entnommen. Die Beprobungshorizonte wurden anhand lithologischer Merkmale festgelegt. Der maximale Abstand beträgt 10cm, bei Änderungen in der Lithologie wurde enger (bis zu 5cm) beprobt. Die in jedem Beprobungshorizont entnommenen Proben und die allgemeinen Arbeitsschritte sind in Abb. 3.1 zusammengestellt.

### 3. Methodik

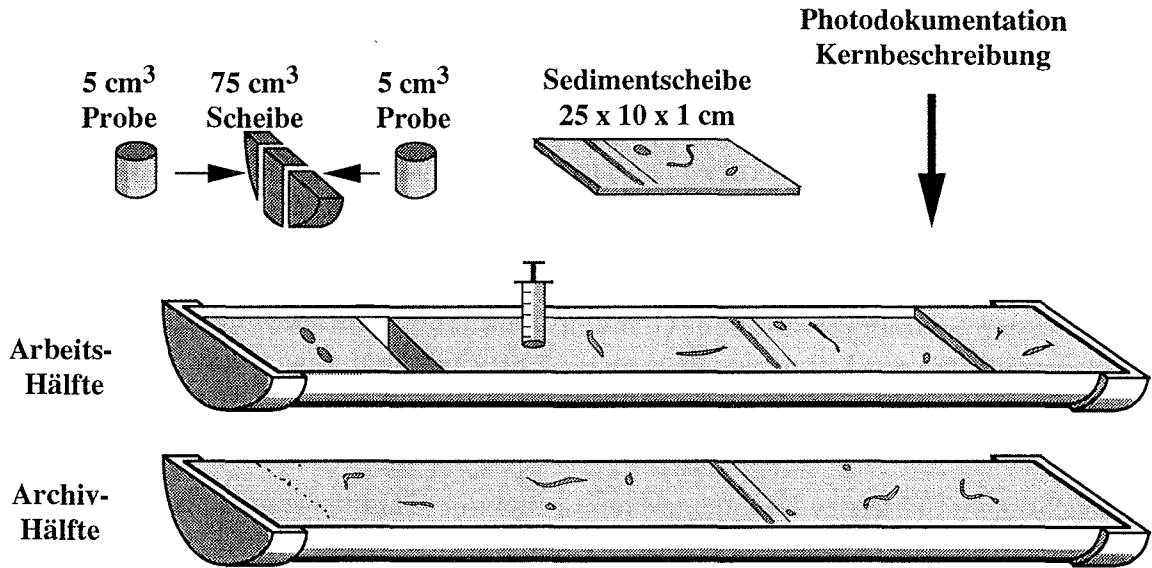


Abb. 3.1.: Probennahme und Bearbeitung der beiden Kernhälften.

Eine 5 cm<sup>3</sup>-Spritzenprobe wurde zur Bestimmung des Wassergehalts, CaCO<sub>3</sub>- und C<sub>org</sub>-Gehalt, dem Gehalt an biogenem Opal und zur Dichtemessung verwandt. In (Abb. 3.2) ist die Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte aufgezeigt.

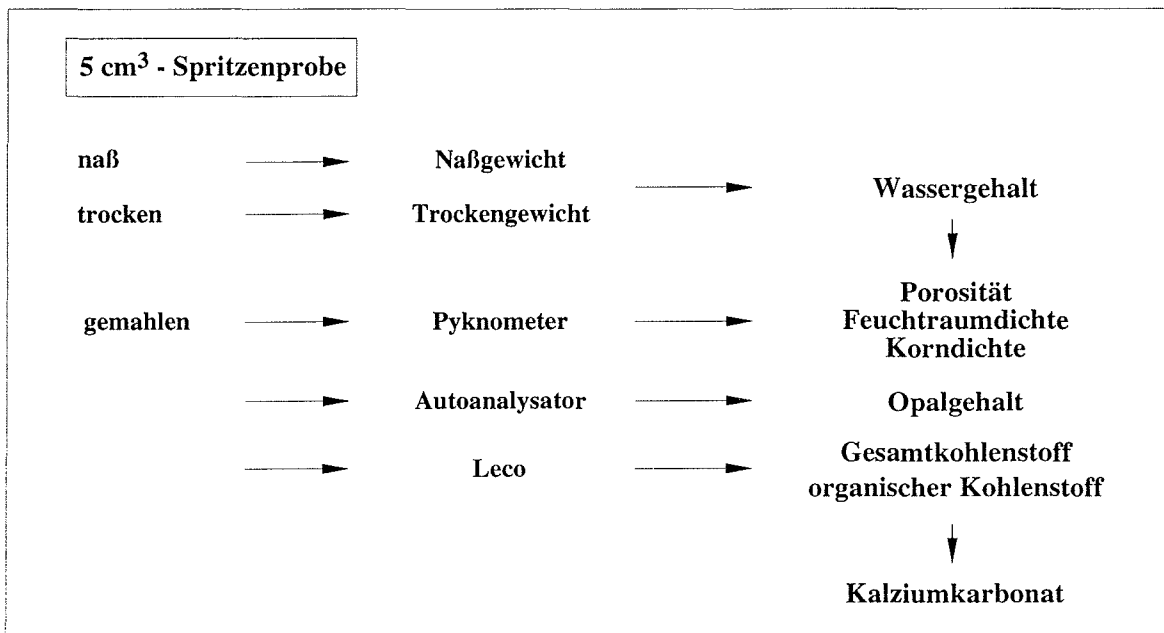


Abb. 3.2.: Verarbeitung der Spritzenprobe zur Bestimmung physikalischer und geochemischer Parameter.



Die zweite 5cm<sup>3</sup>-Probe wurde zur Bestimmung der Korngrößenverteilung entnommen (Abb. 3.5). In der gleichen Probentiefe wurden die Reste der Scheibe (ca. 75 cm<sup>3</sup>) mit einem Spatel entnommen. Von diesem Teil der Probe wurde nur die Grobfraction zur Komponentenanalyse und zur Schwermineralanalyse verwandt. (Abb. 3.6)

### 3.2.2. Herstellung von Radiographien

Die entwickelten Radiographie-Negative wurden zur Beschreibung von Sedimentgefüge, Bioturbation und Deformation herangezogen (siehe Abb. 3.3). Außerdem wurde nach der in Grobe (1986) vorgestellten Methode der IRD-Anteil (Fraktion größer 2 mm) ausgezählt.

Zur Herstellung der Radiographien wurden die Sedimentscheiben in einem HEWLETT-PACKARD HP 43855 A Cabinet-X-Ray System der FAXITRON Serie geröntgt. Die Belichtungszeit und die Spannung sind von der Sedimentzusammensetzung und Sedimentdichte abhängig, sie lagen zwischen 3 und 5 Minuten bei 35 kV. Das Präparat wurde dabei auf einem Röntgenfilm (AGFA Gewaert Strukturix D4) belichtet.

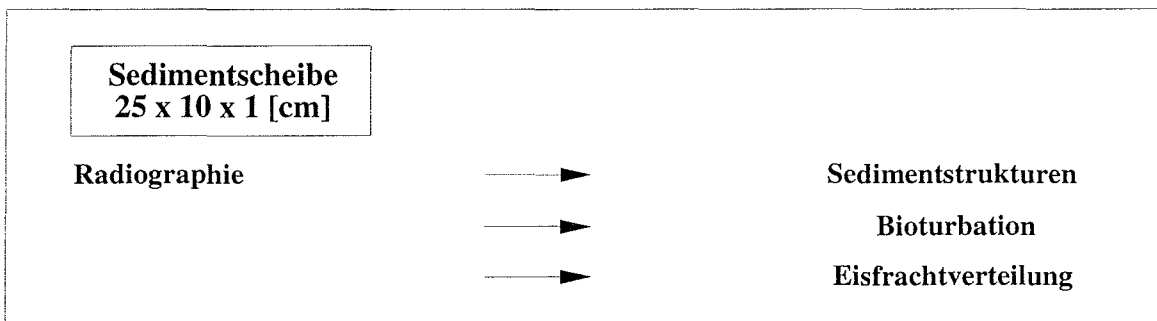


Abb. 3.3.: Kriterien der Radiographienauswertung

### 3.2.3. Lithologische Beschreibung

Die subjektive lithologische Sedimentbeschreibung wurde an der Archivhälfte und unter Verwendung der Radiographien vorgenommen. Sie umfaßt Aussagen über Sedimentgefüge, Sedimentstruktur und das Verhältnis zwischen Terrigen- und Biogenanteil. Im Weiteren wurde eine grobe Abschätzung der Korngrößenverteilung und die Farbbestimmung der Sedimente nach der MUNSELL SOIL COLOR CHART (Munsell 1975) vorgenommen.

### 3.3. Bestimmung des Wassergehaltes

Um den Wassergehalt zu bestimmen, wurde eine 5 cm<sup>3</sup>-Probe in vorgewogene 10 ml Schnappdeckelgläser gefüllt. Auf einer SARTORIUS-Präzisionswaage wurde ihr Naßgewicht bestimmt. Die Proben wurden im Anschluß 24 Stunden bei einer Temperatur von -25°C tiefgefroren. Danach wurden die Proben 48 Stunden mit einem LEYBOLD-HERAEUS Lyovac GT2 gefriergetrocknet und erneut gewogen, um das Trockengewicht zu ermitteln. Aus der Gewichts Differenz wurde mit der Gleichung 3.1 der Wassergehalt  $W$  in Gew.% des Naßgewichtes errechnet (Weber 1992).

$$W [\text{Gew.}\%] = \frac{\text{Naßgewicht [g]} - \text{Trockengewicht [g]}}{\text{Naßgewicht [g]}} \cdot 100 \quad (3.1)$$

### 3.4. Dichtemessung

Für die Berechnung der sedimentphysikalischen Eigenschaften ist es erforderlich, die Dichte  $\rho_d$  [g/cm<sup>3</sup>] und das Volumen  $V_d$  [cm<sup>3</sup>] der Trockenprobe zu kennen. Beide Werte erhält man durch Dichtemessung am Pyknometer (MICROMERITICS Accupyc 1330). Die Funktionsweise des Pyknometers beruht auf dem Gesetz von BOYLE-MARIOTTE (Gleichung 3.2).

$$P_{\text{Gas}} [\text{g cm}^{-1} \text{ s}^{-2}] \cdot V_{\text{Gas}} [\text{cm}^3] = \text{const.} \quad (3.2)$$

Der Druckanstieg in einem mit He gefüllten Zylinder entspricht dem Volumen ( $V_d$ ) der gemörserten Probe. Mit dem bekannten Gewicht der Probe wird die Trockendichte  $\rho_d$  der Probe errechnet.

### 3.5. Berechnung sedimentphysikalischer Parameter

Im Folgenden werden die Gleichungen zur Berechnung der sedimentologischen und sedimentphysikalischen Parametern dargestellt.

Die Werte für: Dichte des Salzes:  $\rho_s = 2,1$  [g/cm<sup>3</sup>]  
Dichte der Porenlösung:  $\rho_{ws} = 1,024$  [g/cm<sup>3</sup>] sind bekannt.

### 3.5. Berechnung sedimentphysikalischer Parameter

---

Für die Masse der Trockenprobe ( $M_d$ ) sei:

$$M_d [\text{g}] = \rho_d \cdot V_d \quad (3.3)$$

$$W^* [\text{Gew.}\%] = \frac{\text{Naßgewicht [g]} - \text{Trockengewicht [g]}}{\text{Trockengewicht [g]}} \cdot 100 \quad (3.4)$$

Aus (3.3) und (3.4) ergibt sich für die Masse des evaporierten Wassers ( $M_w$ ), die Masse des Salzes ( $M_s$ ) und das Volumen des Salzes ( $V_s$ ):

$$M_w [\text{g}] = \frac{W^* \cdot M_d}{100} \quad (3.5)$$

$$M_s [\text{g}] = \frac{M_w}{0,965} - M_w \quad (3.6)$$

$$V_s [\text{cm}^3] = \frac{M_s}{2,1} \quad (3.7)$$

Aus (3.6) und (3.7) folgt für das Volumen der Porenlösung ( $V_{ws}$ ):

$$V_{ws} [\text{cm}^3] = \frac{M_s + M_w}{1,024} \quad (3.8)$$

Damit kann man die Gleichungen von Gealy (1971) und Hamilton (1971) zur Berechnung der Porosität (P) (3.9), Feuchtraumdichte ( $\rho_{wbd}$ ) (3.10), Korndichte ( $\rho_{gd}$ ) (3.11) und Trockendichte ( $\rho_{dbd}$ ) (3.12) verwenden:

$$P [\text{Vol.}\%] = \frac{V_{ws}}{V_d - V_s + V_{ws}} \cdot 100 \quad (3.9)$$

$$\rho_{wbd} [\text{g/cm}^3] = \frac{M_d + M_w}{V_d - V_s + V_{ws}} \quad (3.10)$$

$$\rho_{gd} [\text{g/cm}^3] = \frac{M_d - M_s}{V_d - V_s} \quad (3.11)$$

$$\rho_{\text{dbd}} [\text{g/cm}^3] = \rho_{\text{gd}} \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \quad (3.12)$$

Die Sedimentationsrate (SR) (3.13) und die Akkumulationsrate (AR) (3.14) können nach den Gleichungen von Van Anandel et al. (1975) und Thiede et al. (1982) errechnet werden:

|     |                              |                  |          |
|-----|------------------------------|------------------|----------|
| Mit | Mächtigkeit des Sediments:   | $m_{\text{sed}}$ | [cm]     |
|     | Zeitdauer der Sedimentation: | $t_{\text{sed}}$ | [a]      |
|     | Stoffgehalt:                 | S                | [Gew. %] |

Es gilt nach Van Anandel et al. (1975) und Thiede et al. (1982):

$$\text{SR} [\text{cm ka}^{-1}] = \frac{m_{\text{sed}}}{t_{\text{sed}}} \cdot 1000 \quad (3.13)$$

$$\text{AR} [\text{g cm}^{-2} \text{ka}^{-1}] = \frac{S \cdot \text{SR} \cdot \rho_{\text{dbd}}}{100} \quad (3.14)$$

### 3.6. Bestimmung des $\text{CaCO}_3$ - und $\text{C}_{\text{org}}$ - Gehaltes

Der Kalziumkarbonatgehalt ( $\text{CaCO}_3$ ) und der organisch gebundene Kohlenstoff ( $\text{C}_{\text{org}}$ ) der Proben wurde an dem Gerät Carbon Sulphur Determinator CS-125, LECO Corporation, Modell 788-400 gemessen. Eine Infrarotzelle mißt den durch die Verbrennung im Hochfrequenz-Induktionsofen zu  $\text{CO}_2$  oxidierten Kohlenstoff.

Zur Messung wird die in einen Keramiktiegel gefüllte Probe jeweils mit Eisen- und Wolfram-Spänen überdeckt. Das bewirkt einen beschleunigten Reaktionsablauf, bzw. eine Temperaturerhöhung. Der Gesamtkohlenstoff ( $\text{C}_{\text{ges}}$ ) wurde an 120–150 mg Probenmaterial bestimmt. Um den  $\text{C}_{\text{org}}$ -Gehalt zu bestimmen, wurden 30–50 mg der Probe mit Ethanol benetzt und anschließend mit 1 ml 37 prozentiger HCl mindestens zwei Stunden auf einer Platte bei  $240^\circ\text{C}$  abgeraucht. Die Messung erfolgte an der noch heißen Probe in gleicher Weise wie die  $\text{C}_{\text{ges}}$ -Bestimmung.

Durch das bekannte Gewicht der Probe und die Eichung auf Standards errechnet ein Mikroprozessor die Gew. % des Kohlenstoffs. Anhand der Gleichungen (3.15) und (3.16) konnte der Gehalt an  $\text{CaCO}_3$  in [Gew. %] bestimmt werden.

$$\text{C}_{\text{karb}} [\text{Gew. \%}] = \text{C}_{\text{ges}} [\text{Gew. \%}] - \text{C}_{\text{org}} [\text{Gew. \%}] \quad (3.15)$$

$$\text{CaCO}_3 \text{ [Gew.\%]} = C_{\text{karb}} \text{ [Gew.\%]} \cdot 8,33 \quad (3.16)$$

## 3.7. Messung des Biogenopalgehaltes

### 3.7.1. Die Extraktionsmethode von Müller und Schneider

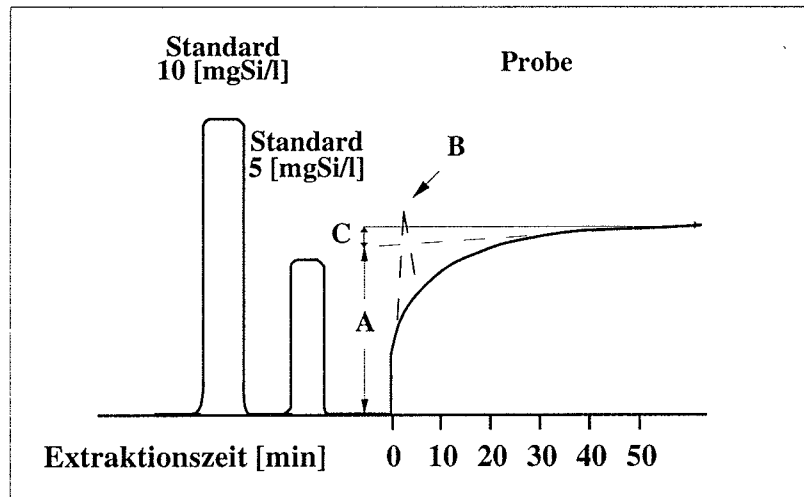
Der Gehalt an biogenem Opal wurde nach der Leaching Methode von (Müller & Schneider 1993) bestimmt. Bei diesem Verfahren wird vorausgesetzt, daß amorphe Kieselsäure bei erhöhter Temperatur leichter in Lösung geht als kristalline Kieselsäure.

Bei dem automatisierten Extraktionsverfahren werden 20 mg Probe mit 1 M NaOH in einem Stahlzylinder versetzt. In einem Wasserbad wird die Flüssigkeit auf eine Temperatur von 85 °C angeheizt und diese konstant gehalten. Durch ständiges, automatisches Rühren wird gewährleistet, daß das Probenmaterial in Suspension bleibt und sich das biogene Opal gleichmäßig lösen kann.

Durch eine Peristaltikpumpe angetrieben wird dem Stahlbehälter über eine Fritte kontinuierlich eine konstante Lösungsmenge (0,6 ml/min) entnommen. Ein Großteil der entnommenen Lösung wird, nachdem die anfänglich angesaugte Luft abgeführt wurde, wieder dem Stahlzylinder zugeführt. Der Rest durchläuft ein System aus Schlauchleitungen; dabei werden ihm sukzessive Chemikalien zugeführt (jeweils 0,6 ml/min). Die Extraktionsflüssigkeit wird von zugeführten Luftbläschen (0,032 ml/min) regelmäßig unterteilt. Es wird zuerst 0,0088 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> zugegeben, um eine Ansäuerung (pH = 2) der Probenlösung zu erreichen. Anschließend wird Natriummolybdat (Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> × 2H<sub>2</sub>O) zur Bildung eines gelben Si-Mo-Säure-Komplexes zugeführt. Die Zugabe von Oxalsäure (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub> × 2H<sub>2</sub>O) vermeidet die Reduktion von überschüssigem Molybdat. Ascorbinsäure (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>) wird zugegeben, um den Si-Mo-Säure-Komplexe zu stabilisieren. Der Komplex wird dadurch reduziert und für das Durchflußphotometer meßbar blau gefärbt (Müller & Schneider 1993; Grasshoff et al. 1983). Alle zugeführten Chemikalien werden in H<sub>2</sub>O<sub>dest</sub> angesetzt.

Die Messung erfolgt mit einem Spektralphotometer, das die Lichtabsorption bei einer Wellenlänge von 660 nm mißt. Die Meßwerte werden in einem Diagramm festgehalten. Bei zusätzlichen Messungen von Laborstandards können die Opalgehalte nach der Extrapolationsmethode von De Master (1981) graphisch ausgewertet werden. Abbildung 3.4 zeigt schematisch einen Anlogschrieb.

Der steile Verlauf am Anfang der Meßkurve beruht auf der schnellen Lösung der amorphen Kieselsäure. Der hintere lineare Bereich spiegelt die langsame Lösung der



**Abb. 3.4.:** Analogschrieb der Opalmessung A: biogener Opal, B: Kurvenverlauf bei erhöhten Gehalten an Diatomeen, die plötzlich in Lösung gehen, C: Opal aus der terrigenen Fraktion (nach Müller und Schneider 1993).

kristallinen  $\text{SiO}_2$  wider. Der Opalanteil im Gesamtsediment wird nach Gleichung (3.17) berechnet.

$$\text{SiO}_2 \text{ [Gew.\%]} = \frac{\text{ABS}_{\text{spl}} \cdot \text{Si}_{\text{Standard}} \cdot 21,39 \cdot \text{mV}_{\text{spl}}}{\text{ABS}_{\text{Standard}} \cdot \text{Wt} \cdot \text{mV}_{\text{std}}} \quad (3.17)$$

|   |  |
|---|--|
| mit: $\text{ABS}_{\text{spl}}$                    | Extrapolationswert (Skalenteile) bei Extraktionszeit = 0             |
| $\text{ABS}_{\text{Standard}}$                    | durchschnittlicher Tagesfaktor der Standardlösung (Skalenteile)      |
| $\text{Si}_{\text{Standard}}$                     | Si-Konzentration der Standard-Lösung [mg Si/l]                       |
| Wt  | Einwaage der Probe [mg]  |
| 21,39   | molares Verhältnis $\text{SiO}_2/\text{Si} \cdot 10$                 |
| $\text{mV}_{\text{spl}} / \text{mV}_{\text{std}}$ | Empfindlichkeitseinstellung am Recorder [mV] für Probe bzw. Standard |

### 3.7.2. Einfluß des vulkanischen Glases auf die Opalmessung

Um den in Müller & Schneider (1993), Hillenbrand (1994) und Bonn (1995) beschriebenen Einfluß des vulkanischen Glases auf die Opalmessung abzuschätzen, wurde mit der Extraktionsmethode die reine Glasfraktion gemessen. Aus zwei Proben mit erhöhten Glasgehalten in der Grobfraktion wurde das vulkanische Glas durch Schwere-trennung aus der Grobfraktion abgetrennt. Die Trennung erfolgte nach dem in

Kap. 3.11 vorgestellten Verfahren, wobei die Natriumpolywolframatlösung auf eine Dichte von  $\rho = 2,3 \text{ g/cm}^3$  wurde. Dadurch wurde der Großteil des vulkanischen Glases und die Anteile an biogenem kieseligem Material von der Mineralfraktion abgetrennt. Die kieseligen biogenen Komponenten wurden anschließend unter dem Auflichtbinokular aus der Leichtfraktion ausgelesen. Das reine vulkanische Glas wurde in einem Porzellanmörser zerkleinert und nach der Extraktionsmethode von Müller & Schneider (1993) gemessen. Die Gew.% des gemessenen Opals in der Glasfraktion wurden auf die Anteile des Glases an der Gesamtprobe umgerechnet. Bei der Umrechnung wurde vorausgesetzt, daß der Glasanteil nur in der Grobfraktion ( $63 \mu\text{m} - 200 \mu\text{m}$ ) zu finden ist. Für die beiden Proben bei 275 cm und 305 cm muß demnach ein Fehler von mindestens 2,8 Gew.% angenommen werden.

Anhand des Analogschriebs der Opalmessung kann man erste Abschätzungen über eventuelle Glasgehalte in der Probe treffen. Bei einem kontinuierlich steilen Verlauf des hinteren linearen Abschnittes sind hohe Glasgehalte zu vermuten. Es können nach dieser Untersuchung keine quantitativen Aussagen über Glasgehalte anhand der Analogschriebe getroffen werden.

### 3.7.3. Vergleichbarkeit der Meßmethoden

Eine Untersuchung von Conley (1997) beschäftigte sich mit dem Vergleich unterschiedlicher naßchemischer Extraktionsmethoden zur Messung des biogenen Opals aus Sedimenten und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zueinander. In dem Vergleich wurden sechs Proben mit stark variierenden Opalgehalten von 27 Instituten nach unterschiedlichen naßchemischen Extraktionsmethoden gemessen. Die Auswahl der Proben und die Auswertung der verwendeten Methoden mit den jeweiligen Schwierigkeiten und Fehlerquellen ist in Conley (1997) ausgeführt. Die am Alfred-Wegener-Institut verwendete Extraktionsmethode nach Müller & Schneider (1993) zur Messung des biogenen Opals ist laut Conley (1997) die Methode mit den wenigsten Fehlerquellen.

## 3.8. Korngrößenanalyse

Die Korngrößenanalyse beschränkte sich bei den bearbeiteten Proben auf die Sand-, Silt- und Ton-Anteile (Abb.3.5).

Die  $5 \text{ cm}^3$ -Probe wurde zunächst mit 150 ml einer 10 prozentigen  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Lösung versetzt. Dadurch wurde unter ständigem Rütteln organisches Material zersetzt und die Probe dispergiert. Nach 24 Stunden wurden 3 ml 96 prozentiger Essigsäure zugege-

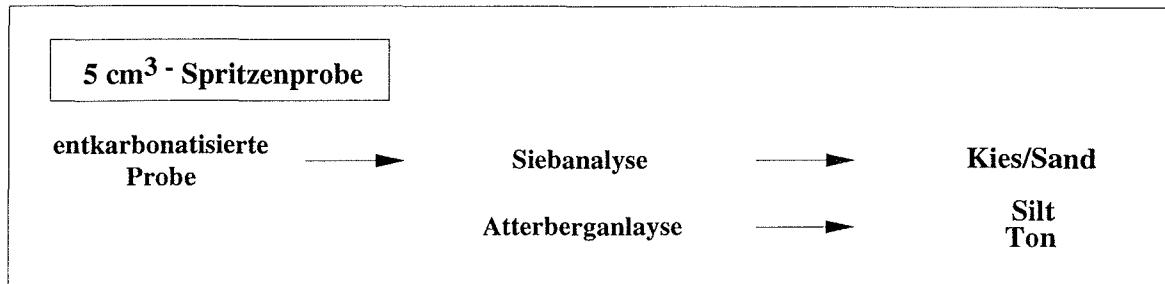


Abb. 3.5.: Arbeitsschritte der Korngrößenanalyse.

ben, um das Material zu entkarbonatisieren. Die Probe wurde erneut 24 Stunden auf einem Schütteltablett bei 150 Umdrehungen pro Minute bewegt.

Die Trennung der Grobfraction erfolgte durch Naßsieben bei einer Siebmaschenweite von  $63 \mu\text{m}$ . Kies und Sand wurden wegen der sehr geringen Kies-Mengen nicht weiter getrennt. Das aufgefangene Material (Korngrößen  $< 63 \mu\text{m}$ ) wurde nach der ATTERBERG-Methode weiter verarbeitet. Das Material wird dabei durch auf dem STOKES'schen Gesetz (3.18) beruhende Sedimentationszeiten in Silt- ( $2\text{--}63 \mu\text{m}$ ) und Tonfraktion ( $< 2 \mu\text{m}$ ) getrennt.

$$t = \frac{9 \cdot H \cdot \eta}{2 \cdot \gamma \cdot r^2 \cdot (\rho_1 - \rho_2)} \quad (3.18)$$

|          |          |  |                                       |
|----------|----------|--|---------------------------------------|
| Es gilt: | t        | [s]:                                   | Absinkdauer                           |
|          | H        | [cm]:                                  | Höhe der Flüssigkeitssäule            |
|          | $\eta$   | [g cm <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ]: | Viskosität der Suspensionsflüssigkeit |
|          | $\gamma$ | [cm s <sup>-2</sup> ]:                 | Erdbeschleunigung                     |
|          | r        | [cm]:                                  | Kornradius                            |
|          | $\rho_1$ | [g cm <sup>-3</sup> ]:                 | Dichte des Partikels                  |
|          | $\rho_2$ | [g cm <sup>-3</sup> ]:                 | Dichte der Suspensionsflüssigkeit     |

Die Feinfraktion wurde in Glaszylindern mit Ammoniakwasser (10 ml/100 l) aufgefüllt. Nach durchschnittlich 21 Stunden wurde die überstehende Tontrübe abgesaugt und aufgefangen. Die Zylinder wurden solange (10-14 mal) aufgefüllt, bis die überstehende Flüssigkeit klar, d.h. der Tonanteil vollständig abgesaugt war. Die Tonfraktion wurde, um das Absetzen zu beschleunigen, mit wenigen ml MgCl<sub>2</sub>-Lösung versetzt, das anschliessend durch zweimaliges Zentrifugieren (HERAEUS SEPATECH, Cyrofuge M 7000) wieder abgetrennt wurde.

Alle drei Fraktionen wurden getrocknet und gewogen. Der jeweilige Gewichtsanteil wurde nach der Gleichung (3.19) berechnet.



$$\text{Kornfraktion [Gew.\%]} = \frac{\text{Kornfraktion [g]} \cdot 100}{\text{Sand und Kies [g]} + \text{Silt [g]} + \text{Ton [g]}} \quad (3.19)$$

### 3.9. Komponentenanalyse der Grobfraktion

Das Probenmaterial aus den 75 cm<sup>3</sup>-Sedimentscheibe wurde durch ein 63 μm-Sieb geschlämmt. Die an der Grobfraktion durchgeführten Untersuchungen sind in Abb. 3.6 zusammengestellt.

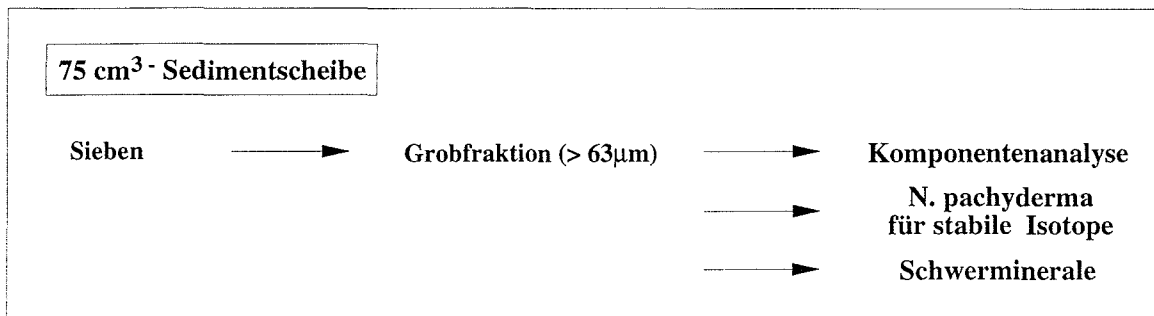


Abb. 3.6.: Flußdiagramm zur Analyse der 75 cm<sup>3</sup>-Sedimentscheibe

Für die Komponentenanalyse wurden die Proben mit einem Handriffelteiler so weit geteilt, bis eine lockere Schüttung in eine Ausleseschale möglich war. Mithilfe eines Auflicht-Binokulars wurden die Komponenten nach äußeren Merkmalen wie Farbe und Morphologie klassifiziert. Um eine statistische Aussage über die Verteilung der einzelnen Komponenten treffen zu können, wurden je Probe zwischen 300 und 400 Körner gezählt. Dabei konnten folgende Komponenten unterschieden werden.

- ★ TERRIGENE KOMponentEN: Gesteinsfragmente  
Quarz und Feldspäte  
Glimmer  
mafische Minerale und Erze  
vulkanische Gläser  
unbestimmte Minerale
- ★ AUTHIGENE KOMponentEN: Mikro-Manganknollen
- ★ BIOGENE KOMponentEN: planktische Foraminiferen  
benthische Foraminiferen  
Foraminiferen-Bruchstücke  
sonstige biogene Komponenten

Nach Gleichung 3.20 wurde der prozentuale Anteil der jeweiligen Komponenten berechnet.

$$\text{Komponenten [\%]} = \frac{\text{Kornzahl einer Komponentengruppe}}{\text{Gesamtkornzahl}} \cdot 100 \quad (3.20)$$

### 3.10. Messung stabiler Isotope

Die stabilen Isotopenverhältnisse  $^{18}\text{O}$  zu  $^{16}\text{O}$  und  $^{13}\text{C}$  zu  $^{12}\text{C}$  wurden massenspektrometrisch an den Karbonatschalen der planktischen Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* (EHRENBERG) sinistral gemessen. Bei der Auswahl der Foraminiferen wurde darauf geachtet, daß nur vollständig erhaltene, nicht angelöste und nach Möglichkeit gleich große Individuen ausgelesen wurden. Für eine Messung wurden ca. 30 – 60  $\mu\text{g}$  Material benötigt. Dazu wurden, je nach Gehäusegröße, jeweils 6 – 12 Stück ausgelesen und in die Reaktionsgefäße eines Probenkarussells gefüllt. Pro Durchgang wurden 38 Proben mit 8 Standards gemessen.

In der Karbonataufbereitungsanlage (FINNIGAN MAT) werden die Proben mit reiner ortho-Phosphorsäure zur Reaktion gebracht. Das Probegas wurde über Kühlfallen gereinigt, in das Massenspektrometer (FINNIGAN MAT 252) geleitet und gemessen. Die Isotopenzusammensetzung des reinen  $\text{CO}_2$ -Gases wurde mit Messungen am Laborstandardgas verglichen. Das Laborstandardgas wurde mit einer Probe des NBS-20, National Bureau of Standards, USA, auf die internationale VIENNA PEE DEE BELEMNITE-Skala geeicht.

Nach der Gleichung (3.21) konnte das Isotopenverhältnis  $\delta$  berechnet werden.

$$\delta_{\text{Probe}} [0/00] = \frac{R_{\text{Probe}} - R_{\text{Standard}}}{R_{\text{Standard}}} \cdot 1000 \quad (3.21)$$

mit:  $R_x = \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$  oder  $R_x = \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}$   $x = \text{Probe, Standard}$

### 3.11. Schwermineralanalyse

Um die Schwerminerale zu bestimmen und ihre Verteilung zu analysieren, mußten Streupräparate der Fraktion angefertigt werden, die unter dem Durchlichtbinokular ausgewertet werden können.

### 3.11.1. Schweretrennung mit Natriumpolywolframat

Die Schwerminerale wurden aus der Probe durch Schweretrennung mittels Natriumpolywolframatlösung abgetrennt. Je drei Gramm der 63  $\mu\text{m}$ –125  $\mu\text{m}$  gesiebten Proben wurden mit einer Natriumpolywolframat– $\text{H}_2\text{O}_{\text{dest}}$ –Lösung ( $\rho = 2,85 \text{ [g/cm}^3\text{]}$ ) in Zentrifugengläser gefüllt, umgerührt und bei 3000 upm 20 Minuten lang zentrifugiert (HERAEUS SEPATECH, Labofuge GL). Die am Boden der Gläser abgelagerte schwere Fraktion wurde mit flüssigem Stickstoff eingefroren, damit die oben aufschwimmende leichte Fraktion ausgespült werden konnte. Nach dem Auftauen wurde die schwere Fraktion ausgespült. Beide Fraktionen wurden mit  $\text{H}_2\text{O}_{\text{dest}}$  in Filter gespült, aus denen das Natriumpolywolframat und das  $\text{H}_2\text{O}_{\text{dest}}$  mittels einer Vakuumpumpe abgesaugt wurde, und anschließend bei 50°C im Trockenschrank getrocknet.

### 3.11.2. Einbetten der Minerale

Die getrennten und getrockneten Proben wurden in MELTMOUNT eingebettet. Die Lichtbrechung von Meltmount liegt bei  $n = 1,68$ . Zur Einbettung wurden Objektträger auf 120°C aufgeheizt und mit dem Meltmount-Stift eingestrichen. Wegen der höheren Viskosität des Meltmount bei niedrigen Temperaturen wurden die Minerale auf einer 60°C Platte in der Meltmountmasse verteilt. Anschließend wird das Präparat auf der heißen Platte abgedeckt. Wegen der niedrigeren Viskosität können hier die von dem Deckgläschen eingeschlossenen Luftbläschen leichter beseitigt und die Minerale besser verteilt werden.

### 3.11.3. Zählmethodik

Die Streupräparate wurden unter einem Durchlicht-Binokular ausgewertet. Es wurden dafür so viele Körner gezählt bis zwischen 300 und 400 durchscheinende Schwerminerale bestimmt werden konnten. Nach Plas & Tobi (1965) variiert der Zählfehler bei einer Zählung von 300 Körner zwischen 1 – 5%, abhängig von dem Anteil des jeweiligen Minerals in der Probe. Bei der Zählung wurden alle alterierten Minerale zusammengefaßt, opake Minerale als Erze gezählt und Quarz und andere Minerale als Leichtminerale zusammengefaßt.

Die Schwerminerale wurden bei der Zählung so differenziert wie möglich gezählt und erst später in Gruppen zusammengefaßt (Tabelle 3.2). Im Anschluß an die Zählung wurden die Prozentanteile der jeweiligen Gruppen oder Minerale ausgerechnet. Dabei wurden die Alterite und die Minerale der Leichtmineralfraktion nicht berücksichtigt. Für bestimmte Liefergebiete typische Minerale wurden jeweils gesondert vermerkt.

**Tab. 3.2.:** Zusammenstellung der Schwermineralgruppen und ihrer dominanten Komponenten.

|               |   |
|---------------|---|
| Hornblenden   | grüne, braune, farblose und blaue Hornblenden |
| Augit         |   |
| Ägirinaugit   |   |
| Klinopyroxene |   |
| Orthopyroxene | Hypersthen und Enstatit                       |
| Epidotgruppe  | Epidot, Klinozoisit, Zoisit                   |
| Apatit        |   |
| Turmalin      |   |
| Zirkon        |   |
| Rutil         |   |
| Titanit       |   |
| Granat        | farblose und rote Granate                     |
| Disthen       |   |
| Glimmer       | Biotit und Muskovit                           |
| Chlorit       |   |
| Dolomit       |   |
| Erze          |   |

### 3.12. Untersuchungen mit REM/EDAX

Um Aussagen über die Struktur einzelner Komponenten und deren geochemische Zusammensetzung treffen zu können, wurden an ausgewählten Komponenten Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop (PHILIPS SEM 515) und dem zugehörigen EDAX-System (Energy Dispersive Analysis of X-rays) vorgenommen.

#### Rasterelektronenmikroskop

Die ausgewählten Komponenten wurden zur Untersuchung mit dem REM mit einem elektrisch leitfähigen Kohleklebstoff (LEIT-C) direkt auf einem Aluminiumträger, oder auf zuvor mit belichtetem Fotopapier präparierten Aluminiumträgern angebracht. Die Aluminiumträger wurden in einer Bedampfungsanlage (EDWARDS E 306 A) zunächst mit Graphit-Staub überzogen. Um eine elektrostatische Aufladung durch das REM zu vermeiden und Schärfe und Kontrast beim Fotografieren zu erhöhen, wurden die Objekte zusätzlich mit einer Au – Pd – Schicht bedampft.

## EDAX

Die Edax-Untersuchung ermöglichte qualitative Aussagen über die chemische Elementzusammensetzung der untersuchten Objekte. Die aufgeklebten Komponenten werden hierzu lediglich mit einer Kohleschicht überzogen. Durch den Beschuß der Probe mit einem hochenergetischen Kathodenstrahl werden Elektronen aus den inneren Schalen herausgeschlagen. Die freien Plätze werden von nachrückenden Elektronen ersetzt. Dabei geben die Elektronen Röntgenphotonen unterschiedlicher Wellenlänge ab. Nach Planck ist die Wellenlänge direkt proportional zur Energiedifferenz zwischen den Elektronenschalen. Das Röntgenspektrum gibt demnach Aufschluß über die Elementzusammensetzung der Komponenten.

## 4. Ergebnisse

An dem bearbeiteten Sedimentkern wurden Untersuchungen zu Wassergehalt, Pyknometerdichte, Karbonatgehalt, organischem Kohlenstoffgehalt, Komponenten- und Korngrößenverteilung gemacht (Abb. 4.2, Abb. 4.3, Abb. 4.8 und Abb. 4.9). Es wurden über die gesamte Kernlänge Radiographien erstellt und ausgewertet.

Stabile Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope wurden an der planktischen Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* (EHRENBERG) sinistral gemessen. An ausgewählten Proben wurde zusätzlich der Gehalt an biogenem Opal bestimmt, REM- und EDAX-Untersuchungen durchgeführt und die Schwermineralfraktion untersucht. Zusätzlich standen Daten des Multicorerer PS2556-1 (Karbonatgehalt, organischer Kohlenstoffgehalt, stabile Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope) zu Verfügung. Darüberhinaus wurde der Gehalt an biogenem Opal gemessen (Abb.4.1).

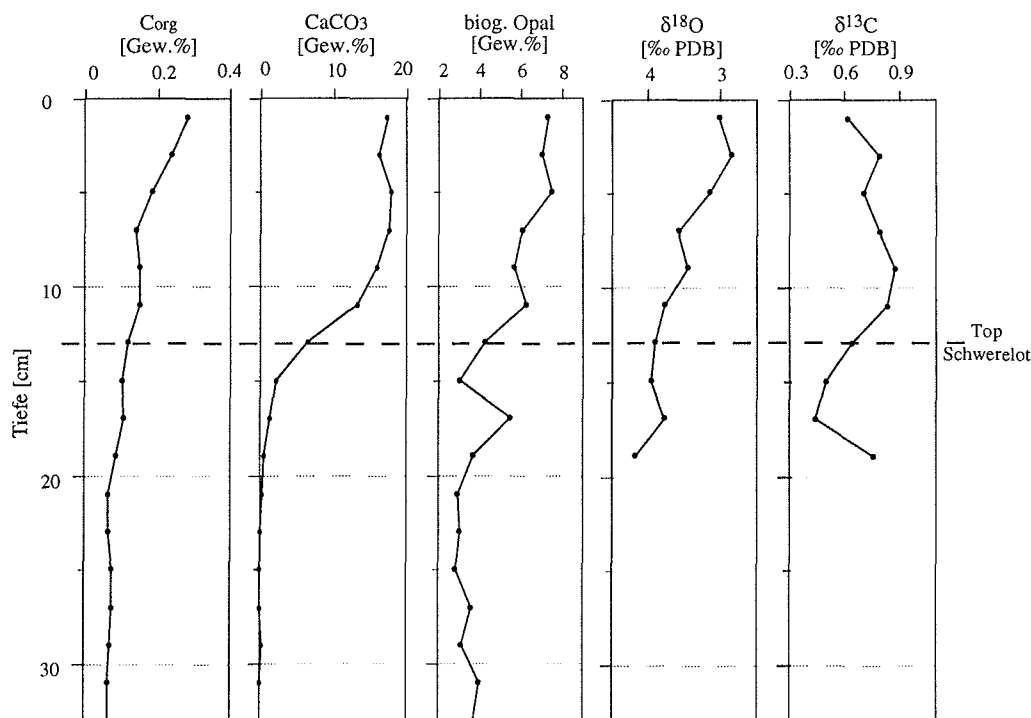


Abb. 4.1.: Graphische Darstellung der Daten des Multicorerer PS2556-2

## 4.1. Sedimentfarbe, Sedimentstruktur, Lithologie

### Sedimentfarbe

Die Sedimentfarben (MUNSELL SOIL COLOR CHART, 1954) variieren zwischen grau (5Y 5/1) über grau-braun (2, 5Y 4/2) und oliv (2, 5Y 4/4). Es dominieren die grauen Farben in den laminierten Abschnitten die Braun- und Oliventöne in den sandigen und bioturbaten Horizonten.

### Sedimentstruktur

Mit Hilfe der Radiographien können im Schwerelotkern strukturlose, laminierte, bioturbate und kiesreiche Abschnitte unterschieden werden. Die Radiographien in Abb. 4.4 zeigen drei typische Sedimentstrukturen des Kerns PS2556-2.

Im Kern dominieren laminierte Abschnitte (28 cm – 63 cm, 79 cm – 254 cm, 315 cm – 780 cm und 838 cm – 962 cm). Die Lamination kommt durch eine Wechsellaagerung zwischen siltigem Ton und tonigem Silt zustande. Als helle Streifen lassen sich in den Radiographien die grobkörnigen Siltlagen, als dunkle Streifen die Tonlagen identifizieren. Die Laminae sind zwischen 1 mm und 1 cm mächtig. Diese laminierten Bereiche sind meist vom Top ausgehend bioturbiert, wobei der Bioturbationsgrad mit zunehmender Tiefe in den jeweiligen Abschnitten geringer wird. Die Liegendgrenze ist durch erneutes Einsetzen eines stark bioturbierten Horizontes, oder durch zwischengeschaltete sandige Horizonte (bei 63 cm und bei 780 cm) gekennzeichnet (vgl. Abb.4.4 und Anhang A.1).

Die bioturbierten Sedimentabschnitte sind zwischen 0 cm–28 cm von *Planolites* und *Thalassinoides* dominiert, bei 79 cm–133 cm ist zusätzlich noch *Chondrites* zu finden und zwischen 254 cm–315 cm ist nur *Chondrites* zu identifizieren. Der Bioturbationsgrad nimmt mit der Kerntiefe ab (vgl. Abb. 4.4 und Anhang A.1).

Innerhalb der laminierten Einheiten sind in unregelmäßigen Abständen immer wieder sandige, IRD-reiche Lagen unterschiedlicher Mächtigkeit (mm- bis cm-Bereich) eingeschaltet. Sandlagen mit einer Mächtigkeit über 5 cm sind in der Kernbeschreibung (Anhang A.1) dargestellt (z.B. 63 cm–79 cm, 644 cm–649 cm und 780 cm–838 cm). Diese Lagen sind im Liegenden und Hangenden meist scharf begrenzt (vgl. Abb.4.4 und Anhang A.1).

### Lithologie

Die Sedimente des Kerns sind vorwiegend terrigen und weisen nur in wenigen Abschnitten erhöhte biogene Anteile auf (Anhang A.1). Der terrigene Anteil setzt sich größtenteils aus tonig-siltigen Komponenten zusammen, in die in unregelmäßigen Abständen sandige Lagen eingeschaltet sind (Anhang A.1). Die sandigen Lagen korrelieren mit dem Kies-Gehalt.

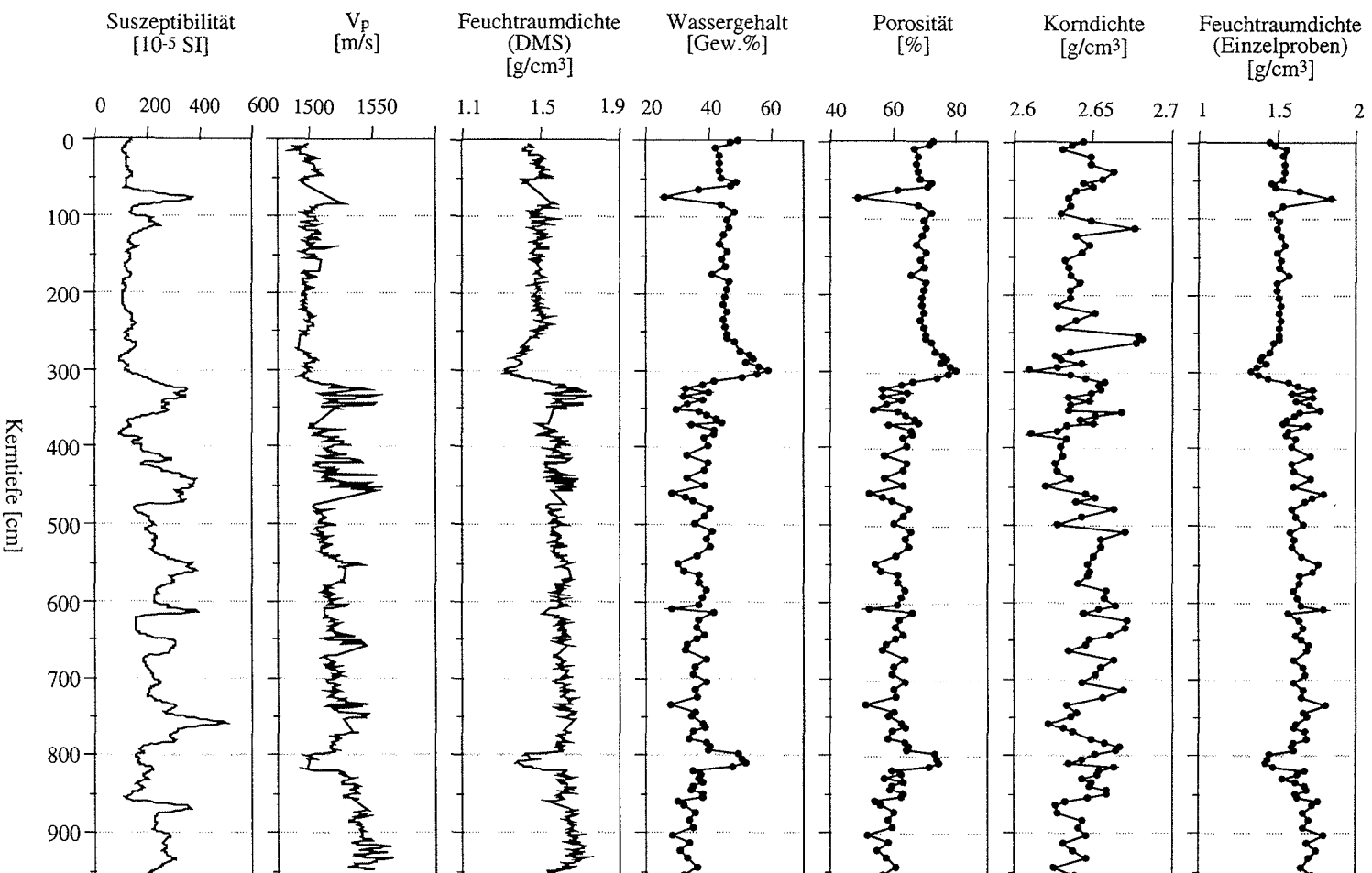


Abb. 4.2.: Sedimentphysikalische Parameter des Kerns PS2556-2



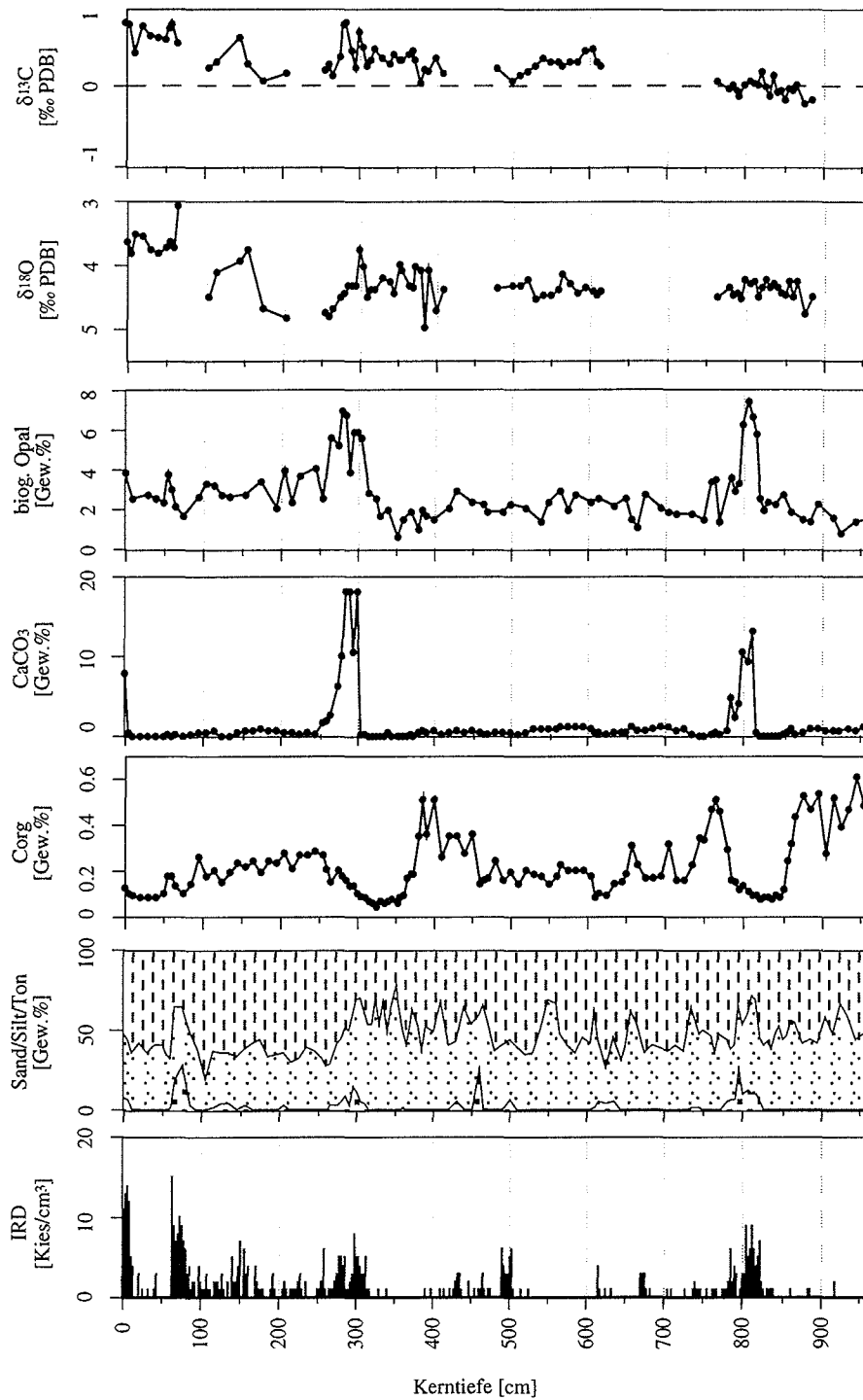
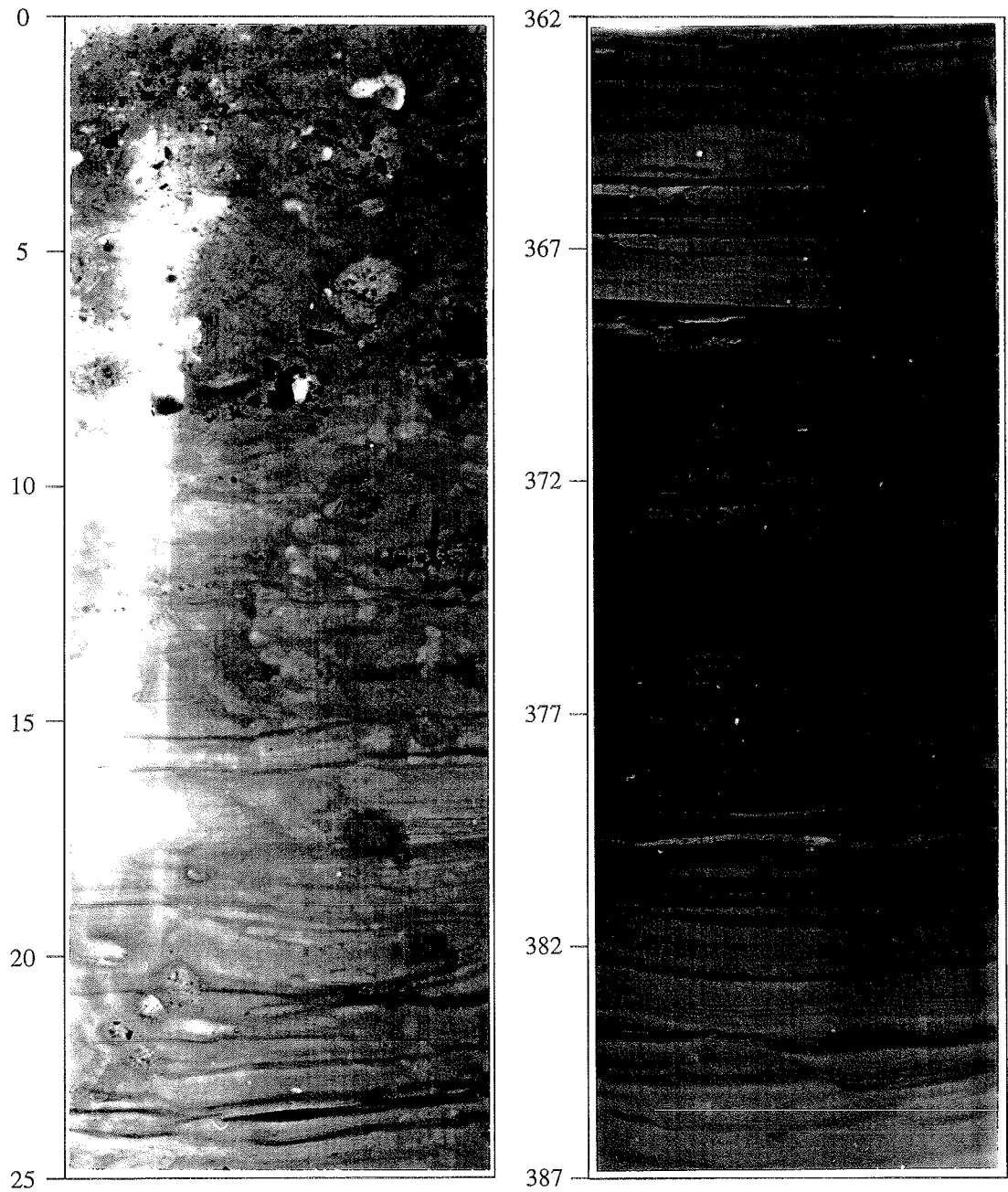


Abb. 4.3.: Sedimentologische Parameter des Kerns PS2556-2; Legende siehe Kernbeschreibung (Anhang A.1)

#### 4. Ergebnisse



**Abb. 4.4.:** Radiographien der unterschiedlichen Sedimenttypen; 0–25 cm: Stark bioturbierter Horizont, mit hohen Gehalten an eistransportiertem Material; 362–384 cm laminiertes Sedimentabschnitt mit siltigen Turbiditablagerungen (siehe auch Anhang A.1.).

## 4.2. Magnetische Suszeptibilität

Die magnetische Suszeptibilität schwankt zwischen  $100 \cdot 10^{-5}$  SI-Einheiten und  $600 \cdot 10^{-5}$  SI-Einheiten (Abb. 4.2). Im oberen Bereich, bis 300 cm verläuft die Kurve relativ homogen bei durchschnittlich  $120 \cdot 10^{-5}$  SI-Einheiten; sie wird lediglich bei 75 cm und 110 cm von zwei deutlichen Maxima unterbrochen. Der untere Kernbereich (unterhalb 300 cm) ist von hohen Schwankungen der Suszeptibilitätswerte gekennzeichnet. Die Werte liegen zwischen  $100 \cdot 10^{-5}$  und  $500 \cdot 10^{-5}$  SI-Einheiten, mit in kurzen Abständen aufeinanderfolgenden Schwankungen und Sprunghöhen bis zu  $300 \cdot 10^{-5}$  SI-Einheiten zwischen 570 und 800 cm. Die mittleren Suszeptibilitätswerte liegen bei  $200 \cdot 10^{-5}$  SI-Einheiten. Die Minima der Suszeptibilitätskurve bei 280 cm und 800 cm stimmen mit den Maxima der Karbonat- und Opalkurve überein. Die Maxima sind zum Teil mit erhöhten Silt- und Sandgehalten, bzw. kiesreichen Abschnitten korreliert.

## 4.3. P – Wellengeschwindigkeit

Im oberen Kernverlauf (bis 300 cm) liegt die P-Wellengeschwindigkeit bei 1500 m/s und zeigt nur geringe Schwankungen. Im Abschnitt von 300 cm bis Kernende ist die P-Wellengeschwindigkeit von Schwankungen bis zu 20 m/s gekennzeichnet. Die durchschnittlichen Werte liegen zwischen 1520 m/s und 1550 m/s, wobei sie in Richtung zum Liegenden hin kontinuierlich steigen. Bei 800 cm ist ein Minimum mit der Geschwindigkeit von durchschnittlich 1500 m/s zu vermerken. Die Daten zeigen den gleichen Verlauf wie die Feuchtraumdichte, wobei die signifikanten Bereiche bei 300 cm mit dem plötzlichen Anstieg der Werte und auch das Minimum bei 800 cm bei allen sedimentphysikalischen Parameter korreliert.

## 4.4. Feuchtraumdichte

Die mit dem MSCL gemessene Feuchtraumdichte zeigt bis zu 250 cm Kerntiefe einen glatten Verlauf mit durchschnittlichen Werten von  $1,5 \text{ g/cm}^3$ . Zwischen 250 cm und 300 cm kommt es zu einem kontinuierlichen Abfall der Werte bis zu  $1,3 \text{ g/cm}^3$ . Innerhalb der nächsten 40 cm (bei 300 cm) erreichen die Dichtewerte ihr Maximum mit  $1,8 \text{ g/cm}^3$ . Der untere Kurvenverlauf zeigt einen unruhigen Verlauf mit Schwankungen der Dichte zwischen  $1,6 \text{ g/cm}^3$  und  $1,7 \text{ g/cm}^3$ . Bei 800 cm sinken die Dichtewerte bis zu  $1,4 \text{ g/cm}^3$ . Die Dichte steigt im Kernverlauf mit zunehmender Kerntiefe; dies wird vor allem im unteren Kernverlauf deutlich.

## 4. Ergebnisse

---

Der Kurvenverlauf ist mit der P-Wellengeschwindigkeit, dem Wassergehalt und der Porosität negativ korreliert (Abb.4.2). Die Minima der Dichtewerte liegen in den gleichen Horizonten, wie die Maxima der biogenen Komponenten der Grobfraction, den Kalziumkarbonat- und den Opalwerten (Abb.4.3, Abb.4.2 und Abb.4.9).

### 4.5. Wassergehalt und Porosität

#### Wassergehalt

Der Wassergehalt schwankt zwischen 59 Gew.% und 26 Gew.% (Abb. 4.2). Er zeigt über den gesamten Kern eine zunehmende Tendenz in Richtung Oberfläche.

Der obere Bereich ist von einem sehr kontinuierlichen Verlauf des Wassergehaltes gekennzeichnet. Die Wassergehaltswerte liegen zwischen 43 Gew.% und 46 Gew.%, mit einer Schwankungsbreite von 3 Gew.%. Einen bemerkenswerten Einschnitt in den kontinuierlichen Verlauf stellt der sprunghafte Abfall (von 59 Gew.% auf 30 Gew.%) zwischen 300 cm und 325 cm dar. Dem Abfall der Werte geht ein langsamer Anstieg von 46 Gew.% auf 59 Gew.% voraus. Bei 75 cm Kerntiefe kommt es zu einem plötzlichen Abfall des Wassergehalts auf 26 Gew.%. An der Kernoberfläche deutet sich ein erneuter Anstieg auf über 50 Gew.% an. Im unteren Abschnitt, zwischen 330 cm und 962 cm Kerntiefe schwankt der Wassergehalt zwischen ca. 40 Gew.% und 28 Gew.%, mit einem Maximum zwischen 800 cm und 820 cm. In dieser Kerntiefe werden Werte bis zu 50 Gew.% erreicht. Die abnehmende Tendenz der Wassergehaltswerte mit der Kerntiefe ist hier besonders deutlich zu beobachten.

#### Porosität

Im oberen Kernbereich schwanken die Werte zwischen 68% und 70%. Nach einem langsamen Anstieg der Porosität zwischen 260 cm und 350 cm auf 80% ist der Verlauf durch einen starken Abfall auf 54% gekennzeichnet. Bei 75 cm erreicht die Porosität ihren Minimalwert von 50% (Abb. 4.2). Sie liegt im unteren Kernbereich zwischen 64% und 53%, mit einer absteigenden Tendenz mit der Kerntiefe. Bei 810 cm Tiefe kommt es noch einmal zu erhöhten Porositäten mit Werten von 74%.

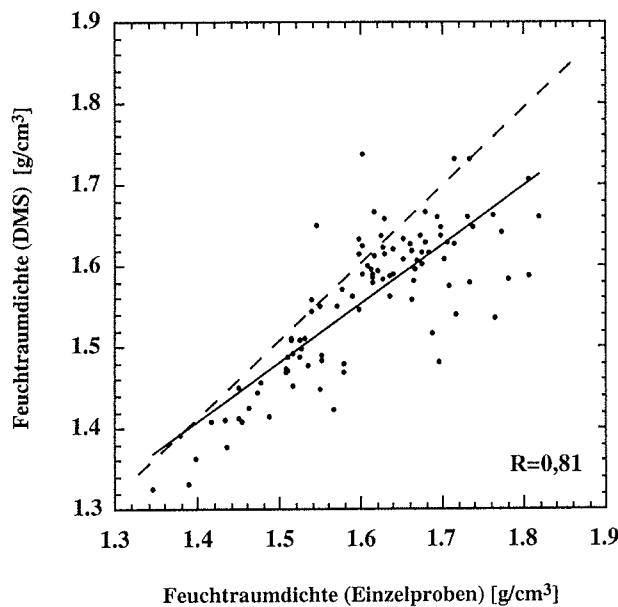
Die Porositäts- und der Wassergehalt zeigen den gleichen Verlauf. Die Maxima und die Minima von Wassergehalt und Porosität sind mit lithologischen Änderungen korreliert. Ebenso fallen die maximalen Gehalte des biogenen Anteils mit den Maxima von Wassergehalt und Porosität zusammen (Abb. 4.2 und Abb. 4.9).

## 4.6. Sedimentdichten

### Feuchtraumdichte

Die berechneten Werte liegen zwischen  $1,3 \text{ g/cm}^3$  und  $1,7 \text{ g/cm}^3$  und zeigen einen gegenläufigen Verlauf zu Wassergehalt und Porosität (Abb. 4.2).

Die aus der Pyknometerdichte berechneten Feuchtraumdichten der Einzelproben wurden zum Vergleich der Methodik mit der an Bord bestimmten Feuchtraumdichte korreliert (Abb. 4.5).



**Abb. 4.5.:** Dichtekorrelation zum Vergleich der beiden Meßmethoden. Die Abweichung der Meßwerte beruht auf der unterschiedlichen Meßmethodik und der langen Lagerung des Sedimentkernes zwischen der ersten und zweiten Messung

### Korndichte

Die Korndichte liegt zwischen  $2,6 \text{ g/cm}^3$  und  $2,7 \text{ g/cm}^3$ . Sie korrelieren mit keinem anderen Parameter (Abb. 4.2). Einzig die Maxima und Minima der Korndichte lassen sich teilweise negativ mit den Opalmaxima, bzw. -minima korrelieren (Abb. 4.2 und Abb. 4.9).

#### 4.7. Karbonatgehalt

Der Kalziumkarbonatgehalt zeigt drei Maxima und schwankt im restlichen Kern zwischen 0 Gew.% und 1 Gew.% (Abb. 4.3). Die erhöhten  $\text{CaCO}_3$ -Gehalte liegen an der Kernoberfläche (max. 7 Gew.%), zwischen 255 cm und 305 cm (max. 18 Gew.%), sowie zwischen 785 cm und 810 cm (max. 13 Gew.%) Kerntiefe. Die Maxima im Kalziumkarbonatgehalt korrelieren mit denen der kalkigen Foraminiferen und des biogenen Opals.

#### 4.8. Organischer Kohlenstoff

Im Verlauf des organischen Kohlenstoffs sind drei Minima signifikant. Sie liegen zwischen 40 cm und Kernoberfläche, zwischen 300 cm und 355 cm Tiefe und zwischen 810 cm und 845 cm Tiefe. Die Werte liegen hier jeweils unterhalb von 0,1 Gew.%. Auffallend sind auch die den Minima vorangehenden erhöhten Werte, mit bis zu 0,5 Gew.% zwischen 355 cm und 440 cm und 0,6 Gew.% zwischen 845 cm und 962 cm. Vor dem Minimum an der Kernoberfläche sind keine erhöhten Werte festzustellen. Nach jedem Minimum steigt der Gehalt des organischen Kohlenstoffs allmählich an. In diesem Anstieg liegen die Maxima des Kalziumkarbonats (Kap. 4.7), des Opals (Kap. 4.9) und die höchsten Gehalte der biogenen Komponenten (Kap. 4.13.3). Die Gehalte des organisch gebundenen Kohlenstoffs bleiben in diesen Maxima gering. Sie steigen erst wieder an, nachdem die  $\text{CaCO}_3$ -Gehalte und die Opalgehalte wieder zurückgegangen sind. Die Minima sind mit den Manganlagen korreliert (Abb. 4.6 und Kap. 4.13.3).

#### 4.9. Biogenes Opal

Der Gehalt an biogenem Opal liegt zwischen 0,76 Gew. % und 7,46 Gew. %. Es sind zwei deutliche Maxima bei 280 cm mit bis zu 7,03 Gew. % und bei 805 cm Tiefe mit bis zu 7,46 Gew. % zu erkennen. Sie fallen mit den Maxima der Kalziumkarbonatwerte zusammen (Kap. 4.7), sind aber insgesamt mächtiger (Abb. 4.6). Die Kurve weist einen ähnlichen Verlauf wie die Kalziumkarbonatkurve auf. Der Einfluß des vulkanischen Glases auf die Opalwerte ist in Kap. 3.7 dargestellt.

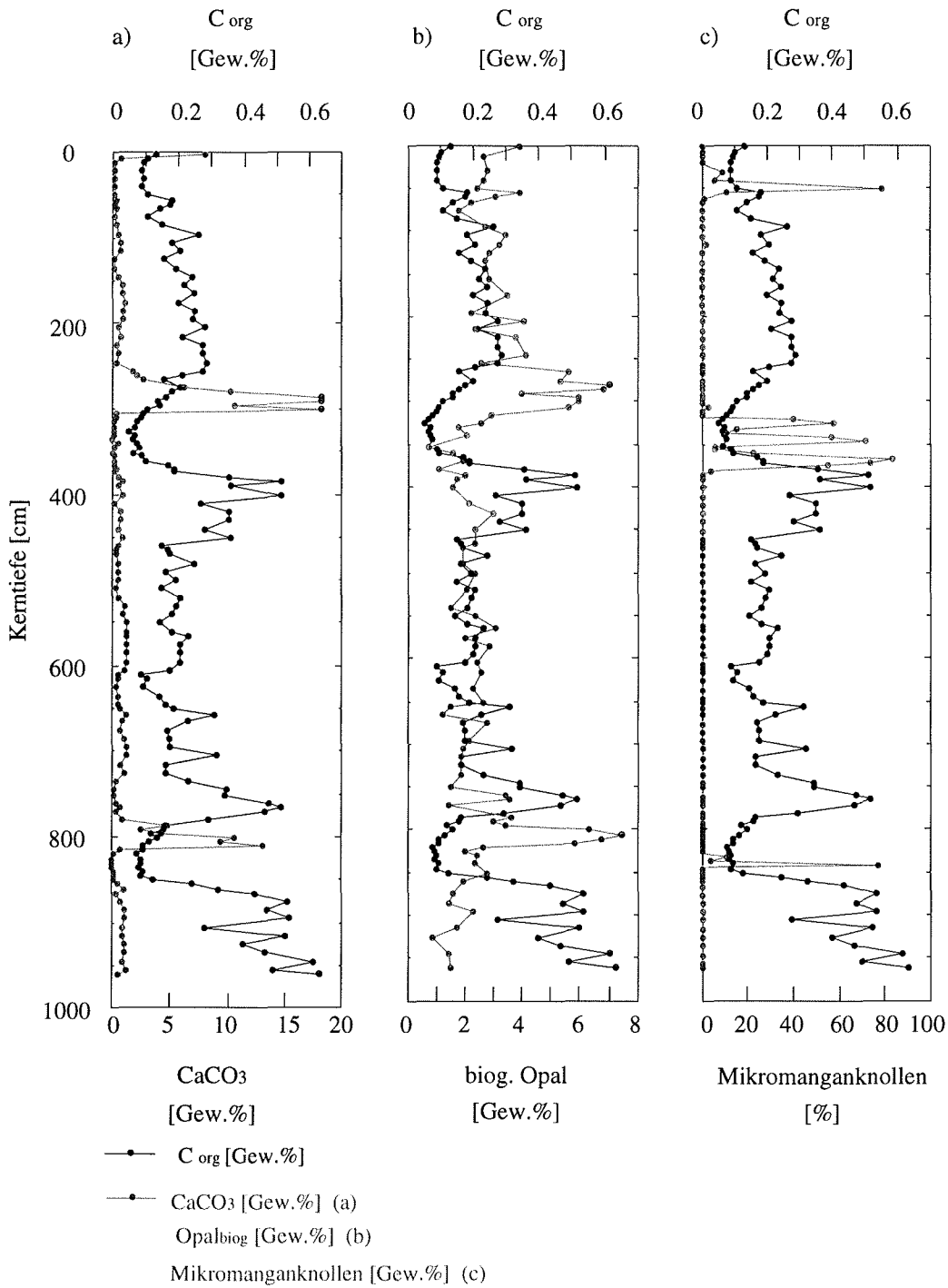


Abb. 4.6.: Organischer Kohlenstoff im Vergleich mit Karbonat (a), biogenem Opal (b) und Mikromanganknollen (c) in Kern PS2556-2.

### 4.10. Stabile Isotope

Die Werte für Sauerstoff- und Kohlenstoffisotopenverhältnisse sind aufgrund fehlender Foraminiferen lückenhaft. Lücken in der Isotopenkurve sind zwischen 410 cm und 480 cm, zwischen 615 cm und 765 cm Tiefe und zwischen 860 cm und dem Kernende. Im oberen Bereich, zwischen 250 cm und 75 cm Tiefe sind nur vereinzelte Werte vorhanden.

#### Sauerstoffisotope

Die leichtesten  $\delta^{18}O$ -Werte sind mit 3,0 ‰ – 3,5 ‰ im oberen Kernbereich, zwischen der Kernoberfläche und 60 cm Kerntiefe zu finden. Im mittleren Kernabschnitt, bei 300 cm Kerntiefe sind die stärksten Schwankungen zu beobachten. Die leichtesten Werte liegen hier bei 4,3 ‰ und die schwersten Werte bei 5,0 ‰. Im unteren Kernbereich liegen die Isotopenwerte durchschnittlich zwischen 4,0 ‰ und 4,5 ‰, und weisen keine signifikanten Schwankungen auf.

#### Kohlenstoffisotope

Die Kohlenstoffisotopenwerte schwanken zwischen -0,18 ‰ im unteren Kernabschnitt und 0,8 ‰ im oberen Kernbereich. Die größten Schwankungsbreiten 0–0,8 ‰ zeigen auch sie im mittleren Kernbereich.

### 4.11. Korngrößenverteilung

Die Sedimente bestehen überwiegend aus tonigem Silt und siltigem Ton und können somit als „mud“ bezeichnet werden (Abb. 4.7).

Im oberen Kernbereich, Kernoberfläche bis 300 cm Tiefe, sind nur geringe Schwankungen in der Silt- und Ton-Verteilung zu verzeichnen, wobei der Tonanteil durchschnittlich höher als 50 Gew.% liegt. Im unteren Kernbereich, Kernende bis 300 cm Kerntiefe, schwanken die Ton und Silt Anteile zwischen 30 Gew.% und 65 Gew.%. Die Wechsel von tonigem Silt zu siltigem Ton erfolgen innerhalb kurzer Tiefenintervalle. Die Sand- und Kies-Fraktionen wurden wegen der insgesamt geringen Gewichtsanteile nicht weiter getrennt und als Sand dargestellt. Sie erreichen lediglich in einzelnen Lagen einen nennenswerten Anteil von mehr als 15 Gew.% (Abb. 4.7). Die geringen Schwankungen der Silt- und Ton-Gehalte im oberen Kernabschnitt und die hohen Schwankungen im unteren Kernabschnitt lassen sich mit den physikalischen Parametern korrelieren.



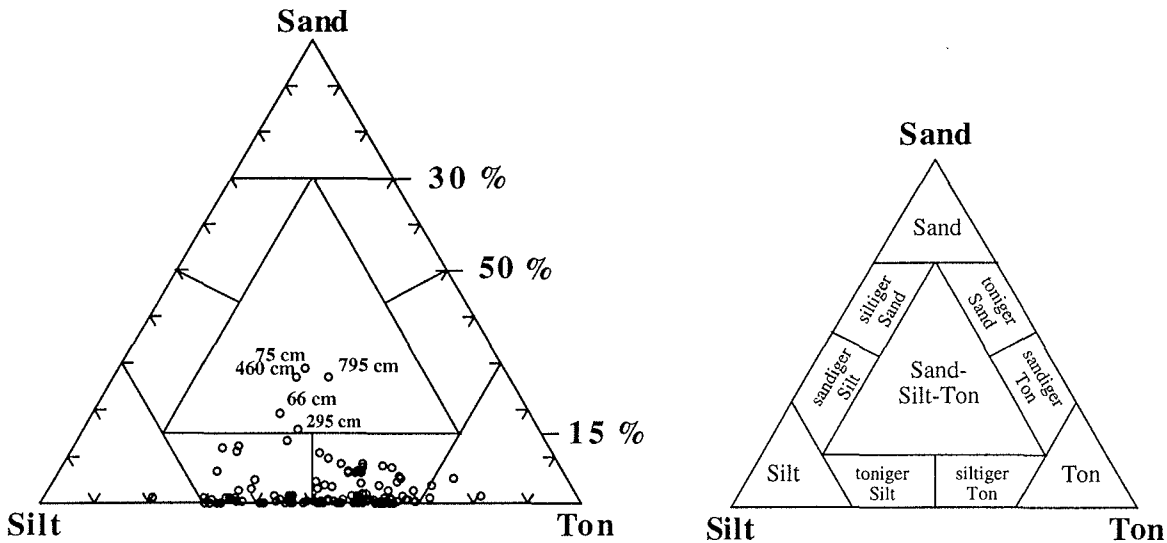


Abb. 4.7.: Korngrößenverteilung nach SHEPARD, (1954) (die cm-Angaben geben die Lagen mit erhöhtem Sandgehalt an)

## 4.12. Eisfrachtverteilung

Kies wird in glaziomarinen Sedimenten als eistransportiertes Material, IRD (**I**ce **R**afted **D**ebris) angesehen. Der IRD-Gehalt des Sedimentes liegt zwischen 0 und 15 Kieskörner/10 cm<sup>3</sup> und weist deutliche Schwankungen auf. Es sind mehrere markante Maxima ausgeprägt, die von Lagen ohne oder mit wenig IRD unterbrochen werden. (Abb. 4.3) Die markantesten Maxima sind an der Kernoberfläche und zwischen 64 cm und 80 cm Tiefe mit bis zu 15 Kieskörner/10 cm<sup>3</sup>, weiterhin zwischen 800 cm und 820 cm mit bis zu 9 Kieskörner/10 cm<sup>3</sup>. In den Bereichen zwischen 100 cm und 500 cm Tiefe liegen mehrere kleinere Maxima, dazwischen sind IRD-freie Bereiche, in die einzelne Kieskörner eingelagert sind. Die IRD-reichen Horizonte sind meist mit sandigen Kernabschnitten korreliert. Die an biogenem Material reichen Horizonte fallen ebenfalls mit den IRD-reichen Kernabschnitten zusammen.

## 4.13. Komponentenanalyse

Die Ergebnisse der Komponentenanalyse sind in Abb. 4.8 und Abb. 4.9 dargestellt. In Abb. 4.10 ist der Wechsel der jeweils dominanten Anteile der Grobfraktion dargestellt.

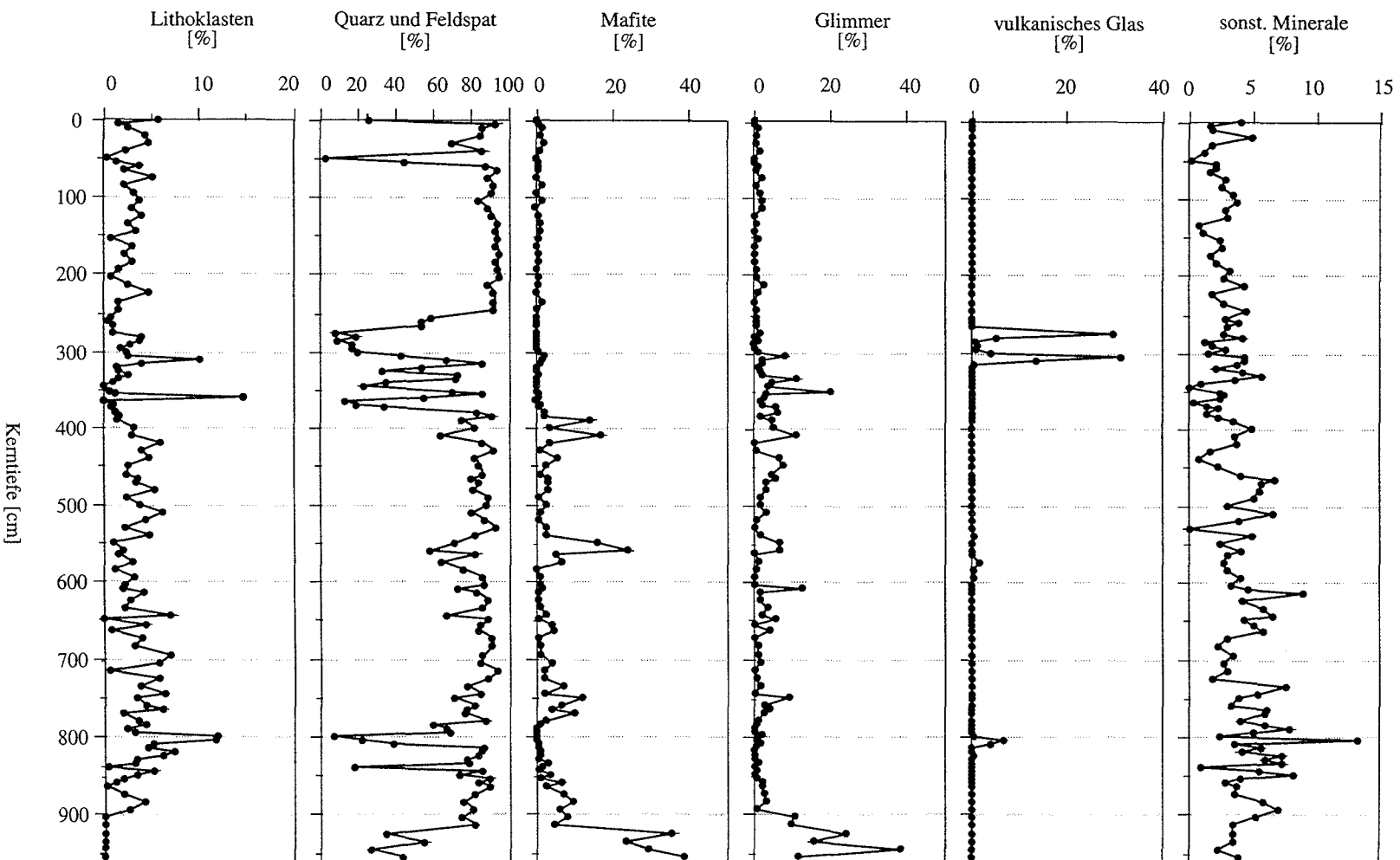


Abb. 4.8.: Verteilung der terrigenen Komponenten der Grobfraktion (Kern PS2556-2)

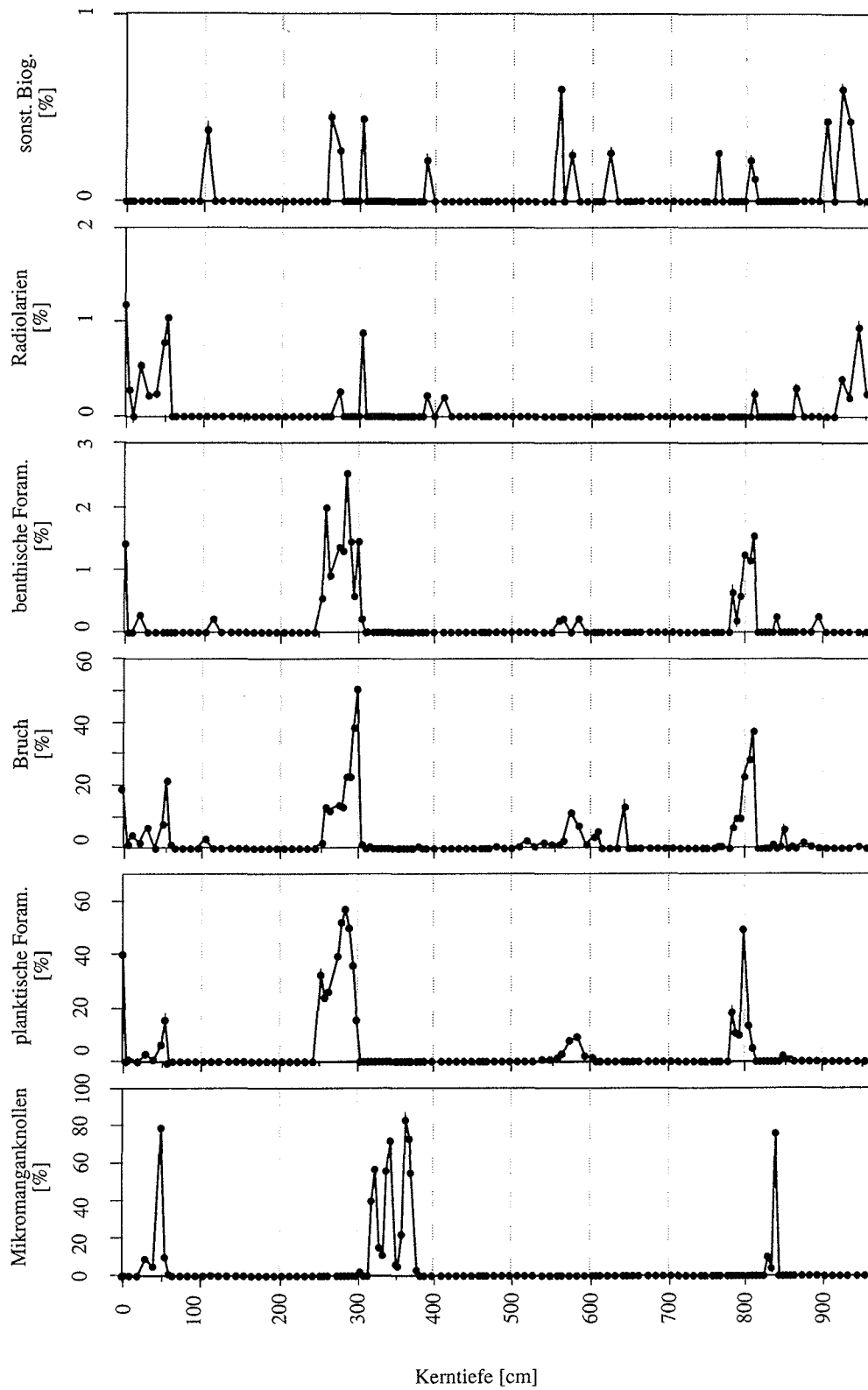
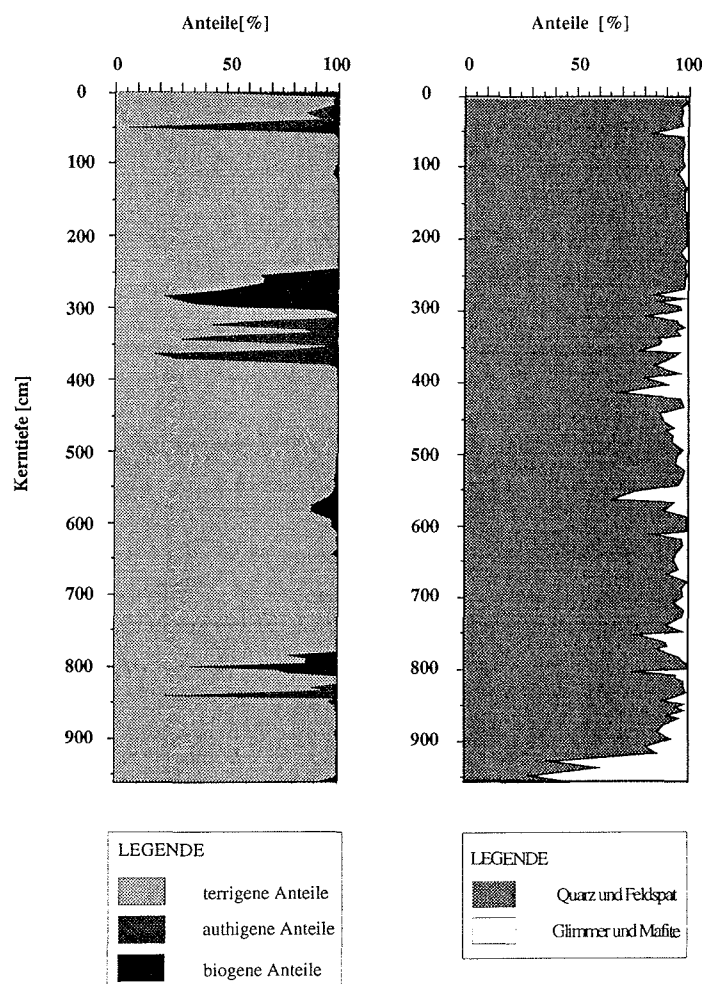


Abb. 4.9.: Verteilung der biogenen Komponenten der Grobfraktion (Kern PS2556-2)

### 4.13.1. Terrigene Komponenten

#### Lithoklasten

Gesteinsbruchstücke spielen im Kernverlauf keine Rolle. Sie weisen durchschnittliche Gehalte von 3% mit und einem Schwankungsbereich von 0–12% auf (Abb. 4.8). Es lassen sich Bruchstücke von Plutoniten, Vulkaniten und Metamorphiten identifizieren, aufgrund der geringen Korngröße vieler Lithoklasten können sie unter dem Auflichtbinokular nicht eindeutig einem Gesteinstyp zugeordnet werden.



**Abb. 4.10.:** links: Anteile der drei Sedimentgroßgruppen an der Grobfraktion (die terrigenen und biogenen Komponenten wurden jeweils aufsummiert, wobei in die Anteile der biogenen Komponenten auch die Bruchstücke der planktischen Foraminiferen eingehen)  
rechts: Wechsel der dominanten Minerale von Quarz und Feldspäten zu Glimmer und Mafiten

### Quarz und Feldspäte

Quarz und Feldspäte machen mit bis zu 95 % den Hauptteil der Grobfraktion aus. In Horizonten mit einem hohen Anteil an Mangankonkretionen oder Bereichen, die von biogenem Material dominiert sind, gehen die Quarz- und Feldspatanteile bis auf 5% zurück.

### Glimmer und Mafite

Die Verteilung der Glimmer und Mafite wird zusammen beschrieben, weil sie ähnlich verlaufen. Die wichtigsten Glimmer sind Biotit und Muskovit. Als mafische Minerale wurden Pyroxene, Hornblenden und Erze gezählt. Auf die Unterscheidung der mafischen Minerale wird in Kap. 4.14 genauer eingegangen. Im oberen Kernbereich haben beide Komponentengruppen keine Bedeutung. Die Anteile liegen im gesamten oberen Bereich (oberhalb 300 cm) unterhalb 5%. Zwischen 300 cm und 900 cm Tiefe treten die Anteile beider Mineralgruppen mit Gehalten bis 30% der Grobfraktion in Erscheinung. Ab 900 cm erreichen die beiden Mineralgruppen bis zu 80% der Grobfraktion.

### Sonstige Minerale

Als „sonstige Minerale“ werden helle Minerale bezeichnet, die unter dem Auflichtbinokular nicht bestimmbar sind. Die Schwermineralanalyse zeigte, daß es sich dabei hauptsächlich um Zirkone, Granate und Minerale der Epidotgruppe handelt (Kap. 4.14). Ihr Anteil bewegt sich zwischen 0 und 10 %.

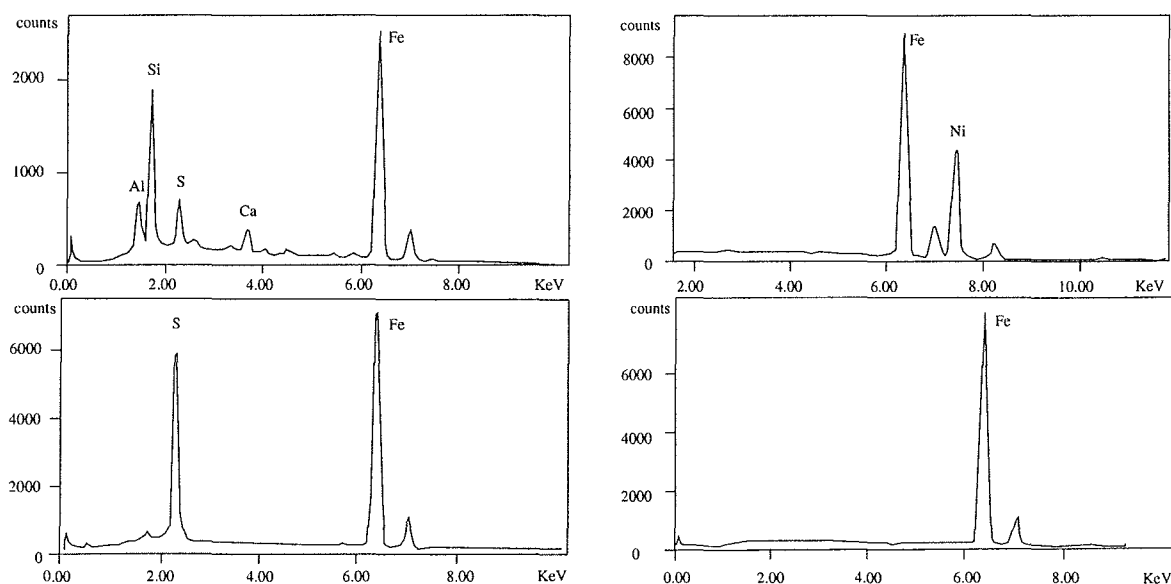


Abb. 4.11.: EDAX-Spektren der aus 962 cm Kerntiefe entnommenen Mikrometeorite

## 4. Ergebnisse

---

In einer Probe aus 960 cm Tiefe wurden metallisch glänzende Kugelchen gefunden. Dabei handelt es sich vermutlich um Mikrometeorite, die im Laufe der Zeit auf die Erde herabgeregnet sind. Im antarktischen Eis sind sie gut konserviert und akkumuliert worden und vermutlich als Eisfracht in die Sedimente des antarktischen Kontinentalhanges eingetragen worden. Die Kugelchen sind glatt, blasig und bestehen größtenteils aus Eisen. Sie können zum Teil auch unterschiedliche Elementzusammensetzungen aufweisen. Die EDAX-Spektren in Abb. 4.11 zeigen die unterschiedlichen Zusammensetzungen der Mikrometeorite (siehe auch Tafel 2, Abb. 7 – Abb. 10).

### Vulkanisches Glas

Vulkanisches Glas erreicht bei 275 cm und 305 cm Anteile über 30%. Im restlichen Kernverlauf tritt vulkanisches Glas nicht oder nur in geringen Mengen (0%–7%) auf. Die Gläser der oberen Lage sind unalteriert, meist hellgelb und blasig (Tafel 2, Abb. 6). In der unteren Lage sind die vulkanischen Gläser meist stark alteriert und weiß. Chemisch unterscheiden sich die Lagen jedoch nicht. Das EDAX-Spektrum in Abb. 4.12 zeigt den sauren Chemismus der Gläser in beiden Lagen. Die Glaslagen korrelieren mit den an biogenem Material reichen Lagen und den sandigen Einheiten.

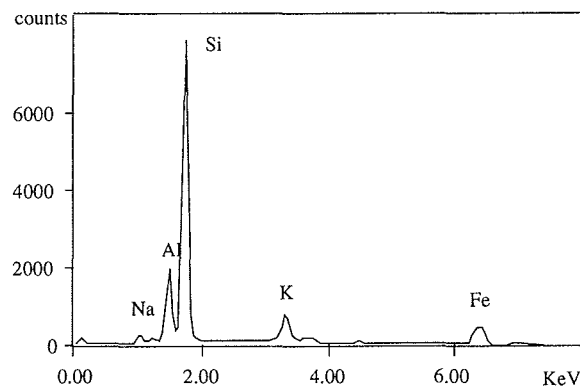


Abb. 4.12.: EDAX-Spektrum des vulkanischen Glases aus 275 cm Tiefe in Kern PS2556-2

### 4.13.2. Authigene Komponenten

#### Mikromanganknollen

Die Mangankonkretionen haben meist ein traubenförmiges Äußeres und sind zu Krusten oder Aggregaten zusammengewachsen. Es treten auch von Mangan umkrustete Minerale oder Foraminiferen auf. Sie bilden auch Gangfüllungen von z.B. *Planulites* (Tafel 2, Abb.3–Abb. 5). Die Mangankonkretionen treten im Kern in fünf diskreten

Horizonten auf (Tab. 4.1). In diesen Lagen erreichen sie bis zu 83% der Grobfraction; außerhalb dieser Lagen treten keine Mangan-Konkretionen auf.

Tab. 4.1.: Lage und Anteile an der Grobfraction der Manganhorizonte im Kern PS2556-2

| Kerntiefe [cm] | 50 | 325 | 345 | 365 | 840 |
|----------------|----|-----|-----|-----|-----|
| Anteil [%]     | 76 | 57  | 72  | 83  | 76  |

Die Lagen bei 50 cm und 840 cm Tiefe sind geringmächtig. Zehn Zentimeter oberhalb der beiden Maxima ist jeweils ein weiteres Maximum mit Gehalten von ca. 10% zu vermerken. In dem Bereich zwischen 305 und 385 cm sind die Manganlagen mächtiger, aber dennoch als drei Einzellagen auszumachen. Die Manganlagen decken sich mit den Minima der Gehalte an organischem Kohlenstoff. Sie liegen an der Basis der foraminiferenreichen Kernabschnitte (Abb. 4.10). Die qualitative chemische Zusammensetzung der Manganknollen wurde mit dem EDAX analysiert (Abb. 4.13).

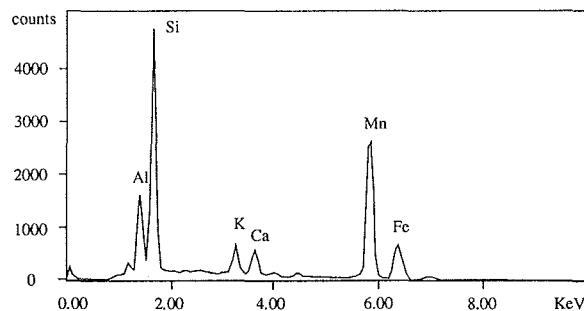


Abb. 4.13.: EDAX-Spektrum eines Mangan-Ganges aus 360 cm Tiefe

### 4.13.3. Biogene Komponenten

#### Planktische Foraminiferen

Als planktische Foraminiferen kommt in den Ablagerungen des Kerns nur *Neoglobobulina pachyderma* (Ehrenberg) sinistral (Tafel 2, Abb. 1 und Abb. 2) vor. Ihre Anteile an der Grobfraction liegen bei bis zu 50% (300 cm Tiefe). Im Kernverlauf

spielt sie in drei Horizonten eine dominierende Rolle in der Komponentenverteilung, ist aber sonst nur in sehr geringen Mengen zu finden.

Die Maxima der planktischen Foraminifere *N. pachyderma* liegen an der Oberfläche (30%), bei 285 cm Tiefe (60%) und bei 800 cm Tiefe (50%). In 50 cm und 680 cm Kerntiefe ist ebenfalls noch ein leicht erhöhter Gehalt (10 bzw. 20%) an planktischen Foraminiferen zu vermerken.

Das Auftreten der planktischen Foraminifere *N. pachyderma* korreliert deutlich mit dem Auftreten der benthischen Foraminiferen (Abb. 4.9).

#### **Benthische Foraminiferen**

Den Hauptteil der benthischen Foraminiferen stellen die kalkigen Arten dar. Die agglutinierenden Arten zeigen nur an der Kernoberfläche leicht erhöhte Gehalte. In tieferen Kernabschnitten sind nur noch sehr robuste Arten zu finden. In der quantitativen Komponentenanalyse wurden die beiden Gruppen zusammengefaßt (Abb. 4.9). Ihr Anteil an der Grobfraction liegt unterhalb 3%.

Zu den im Kern vertretenen agglutinierenden Arten gehören *Cribostomoides subglobosus*, *Cyclammina cancellata*, *Cyclammina pusilla*, *Eggerella brady*, *Hormosinella distans* und *Trochammina spp.* (mdl. Mittl. D. Schmidt). Außer *H. distans* sind alle agglutinierenden Arten auch in tieferen Kernbereichen vertreten.

Die kalkigen benthischen Foraminiferen sind mit über 25 Arten im Kern vertreten. Es werden der Übersicht halber nur die genannt, die als Anzeiger für bestimmte Wassermassen oder als Produktivitätsanzeiger von Bedeutung sind. Zu diesen Arten gehören *Oridorsalis umbonatus*, *Uvigerina peregrina*, *Epistominella exigua*, *Nuttallides umbonifer*, *Melonis pompiloides*, *Pullenia bulloides*, *Cibicidoides wuellerstorfi*, *Gyroidinoides soldanii*, *Steinforthia fusiformis* (mdl. Mittl. D. Schmidt) (Tafel 1, Abb. 1–Abb. 9).

#### **Radiolarien und sonstige biogene Komponenten**

Radiolarien und „sonstige biogene Komponenten“ erreichen maximal Anteile von einem Prozent und sind somit für die Zusammensetzung des Grobfraction nicht von Bedeutung. „Sonstigen biogenen Komponenten“ werden hauptsächlich Schwammnadeln, Ostracoden und Pteropoden zugeordnet.



#### 4.14. Schwermineralanalyse

Die auf Schwermineralzusammensetzung untersuchten Horizonte unterscheiden sich deutlich voneinander (Abb. 4.14). Alle vier Proben sind von hohen Hornblendegehalten dominiert. Die grünen Hornblenden überwiegen deutlich gegenüber den braunen und farblosen. In der Probe aus 305 cm Tiefe wurde ein Glaukophan (Alkali-Amphibol) gefunden, ein klassischer Anzeiger für Hochdruckmetamorphose (Mange & Maurer 1991, Boenigk 1983).

Weitere Unterschiede sind in den Anteilen der opaken Minerale zu finden. Dazu gehören die unterschiedlichen Erze, die in der Durchlichtmikroskopie nicht unterschieden werden können. In drei der vier Proben erreichen die opaken Minerale zwischen 20% und 25%. In 305 cm Tiefe sind nur minimale Gehalte an opaken Mineralen zu vermerken. In dieser Probe dominieren im Gegensatz zu den anderen Proben Pyroxene, vor allem Klinopyroxene und Augite. Kennzeichnend für die Probe sind die hohen Ägirinaugitgehalte. Ägirinaugit ist ein typisches Mineral für Na-reiche magmatische Gesteine. Zu den dominanten Mineralen gehört der Ägirinaugit noch in der Probe aus 275 cm Tiefe. In 75 cm Tiefe sind geringe Gehalte an Ägirinaugit zu vermerken, die Probe aus 465 cm Tiefe ist frei von Ägirinaugit. Die restlichen Minerale zeigen in allen bearbeiteten Proben ähnliche Gehalte.

#### 4. Ergebnisse

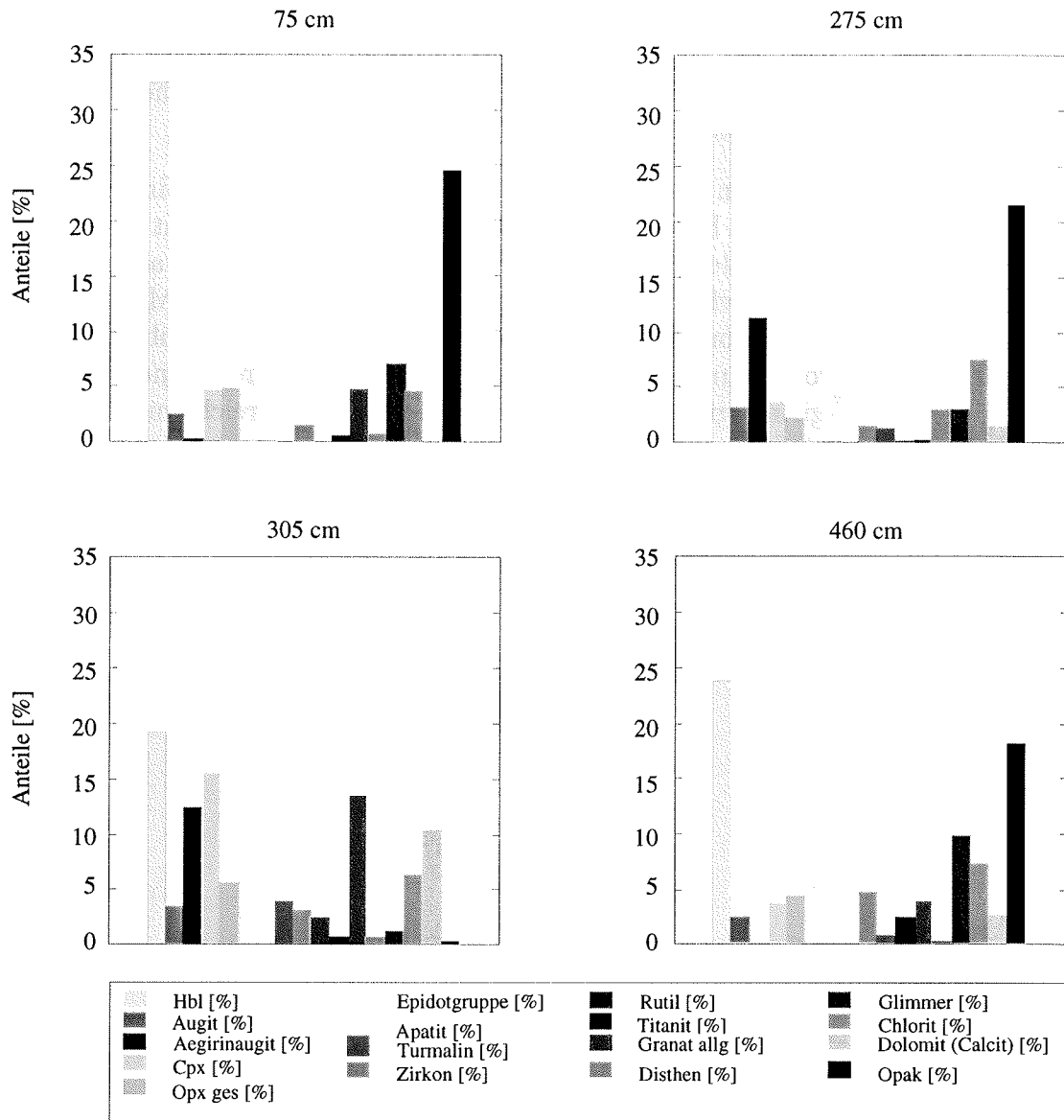


Abb. 4.14.: Anteile von Schwermineralen in hier ausgezählten Probenhorizonten in Kern PS2556-2

## 5. Diskussion

### 5.1. Faziesmodell

Die in Kap. 4 dargestellten Parameter weisen im Kernverlauf markante Unterschiede in der Sedimentzusammensetzung, der Struktur und den sedimentphysikalischen Eigenschaften auf. Der Großteil der Parameter zeigt einen zyklischen Verlauf. Das Zusammenwirken der einzelnen Parameter charakterisiert die jeweiligen Kernabschnitte und macht eine Gliederung in Faziestypen möglich. Die für die Gliederung wichtigsten Parameter sind in Abb. 5.1 zusammengefaßt.

Um den Kernverlust (Melles 1991) abzuschätzen und die Mächtigkeit des Holozäns bestimmen zu können, wurden die Multicorerdaten, die ein ungestörtes Bild der Sedimentoberfläche liefern, mit den Kerndaten korreliert. Dabei ergab sich ein Kernverlust von etwa 13 cm. Die Diskussion der Faziestypen, die stratigraphische Einordnung und alle darauf folgenden Berechnungen und Interpretationen gehen aus der korrigierten Kerntiefe hervor, die als Sedimenttiefe bezeichnet wird.

#### 5.1.1. Biogenfazies

Die Sedimente dieses Faziestyps sind durch einen erhöhten Karbonat- und Biogengehalt gekennzeichnet. Beide Parameter korrelieren miteinander und zeigen nicht die Wechsel von opalhaltigen Sedimenten zu karbonathaltigen Sedimenten, die von Grobe & Mackensen (1992) für das Weddellmeer und von Hillenbrand (1994) für den östlichen Bereich des Bellingshausenmeeres beschrieben wurden. Man kann somit an dem Biogenanteil der Sedimente nicht die wärmsten Phasen des Interglazials von den gemäßigten Interglazialen unterscheiden. In der Grobfraktion dominieren immer kalkige Mikrofossilien. Den planktischen Foraminiferen fällt dabei der höchste Anteil zu. Stark bioturbierte Sedimente dokumentieren reichhaltiges Bodenleben. Die Sedimente weisen bräunliche Farben auf, die ebenso wie die benthische Faunenzusammensetzung auf ein sauerstoffreiches Milieu hinweisen (Abb. 5.1).

Die Sand- und Kiesanteile (IRD-Anzeiger) sind in diesen Sedimentabschnitten deutlich erhöht. Aufgrund der hohen Biogenanteile sind Wassergehalt und Porosität erhöht, und die Dichte im Vergleich zu den restlichen Sedimentabschnitten niedrig.

Die niedrigen Werte der magnetischen Suszeptibilität zeigen den geringen terrigenen Anteil im Sediment an. Die Biogenfazies entspricht der Opal- und Karbonatfazies von Grobe & Mackensen (1992), die als charakteristisch für interglaziale Zeitabschnitte angesehen werden.

### 5.1.2. Laminitfazies

Die Laminitfazies ist durch eine feine Silt-Ton-Wechselagerung gekennzeichnet, in die vereinzelt siltige Lagen eingeschaltet sind (Abb.4.4). In diesen Sedimentabschnitten sind nur wenige Kieskörner (IRD) zu finden. In der Korngrößenanalyse wurden die Ton-Silt-Wechselagen aufgrund der geringen Mächtigkeiten der einzelnen Lagen nicht aufgelöst. Die Ton- und Siltanteile sind im Durchschnitt gleich hoch. Wassergehalt und Porosität sind niedrig und die Dichte im Vergleich zur Biogenfazies erhöht. Die Suszeptibilität spiegelt den hohen Eintrag terrigenen Materials, insbesondere des Siltes wider. Die Variation in der Suszeptibilität und den Siltgehalten kann zum einen mit Eisvorstößen und damit einem erhöhten Silteintrag erklärt werden und zum anderen mit Wechsel in der Intensität der Konturströme. Von der Strömungsenergie der Konturströme hängt die Entfernung des Ablagerungsraumes der einzelnen Korngrößen von der Rinne ab.

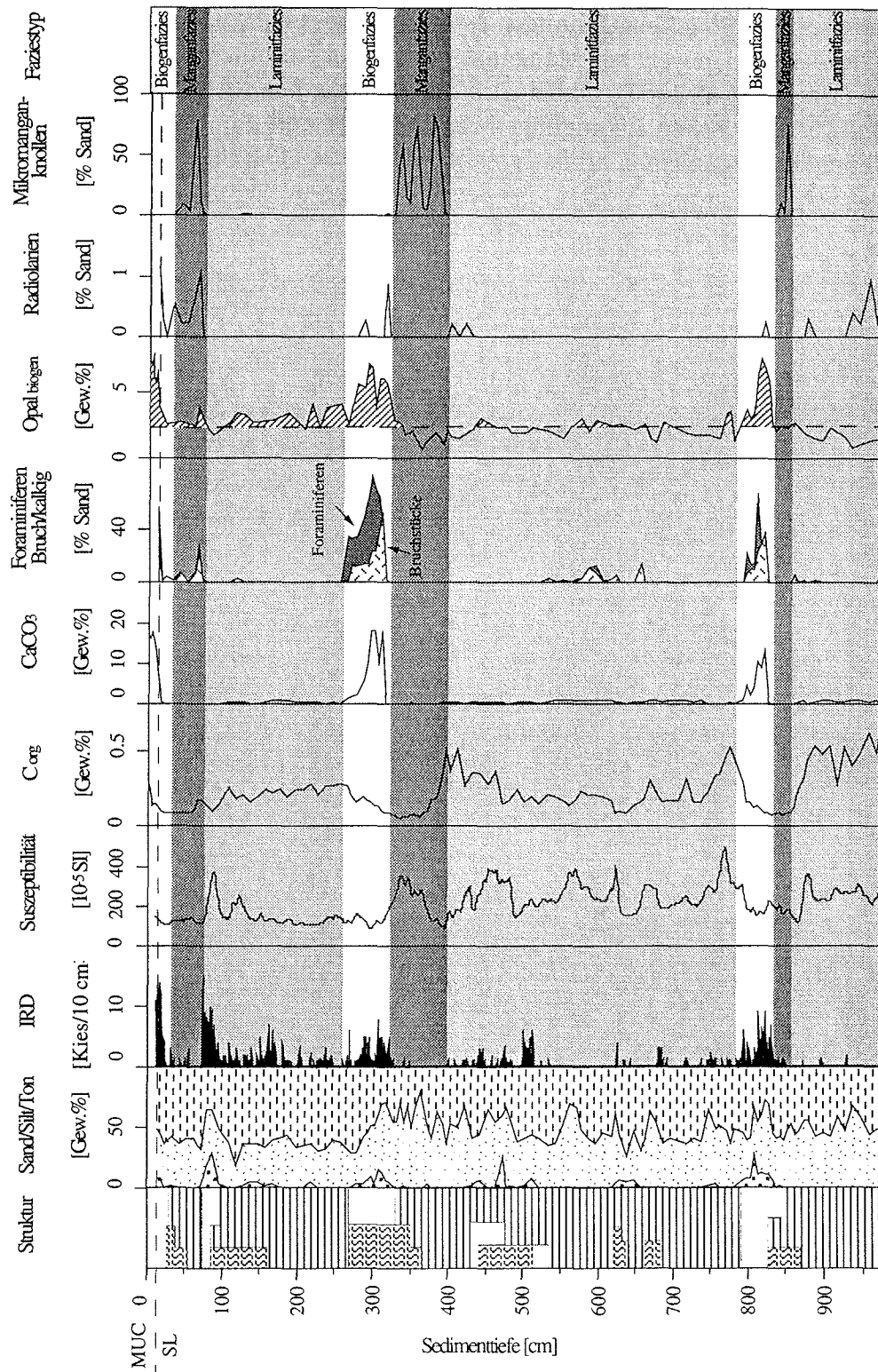
Die fehlende Bioturbation, und die geringen Anteile an Karbonat und Biogenopal im Sediment sind deutliche Anzeichen für reduzierte biogene Produktion. In der Laminitfazies sind die wenigen Foraminiferengehäuse durchweg sehr gut erhalten. Der Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff ist in allen drei von der Laminitfazies geprägten Kernabschnitten erhöht. Dies kann zum einen auf eine bessere Erhaltung des organischen Materials infolge erhöhter Ton- und Siltanteile und/oder infolge erhöhter Sedimentationsraten zurückgeführt werden. Zum anderen könnte es sich um lateral eingetragenes, detritisches organisches Material handeln (mündl. Mittl. C.-D. Hillenbrand). In den Sedimenten des antarktischen Kontinentalrandes ist die Laminitfazies eine Fazies, die in hochglazialen Zeitabschnitten auftritt (Grobe & Mackensen 1992).

### 5.1.3. Manganfazies

In den bearbeiteten Sedimenten treten die Sedimentabschnitte mit Manganausfällung jeweils zwischen der Laminitfazies und der Biogenfazies auf. Die darin enthaltenen Mikromanganknollen und Mangankrusten sind Anzeichen für sehr geringe Sedimentationsraten und oxische Bedingungen (Lallier & Clinard 1983; Lynn & Bonatti 1965). Die Manganfazies ist weiterhin durch minimale Gehalte an organisch gebundenem Kohlenstoff gekennzeichnet.

Im Sedimentkern wurden Gangfüllungen gefunden, die ebenfalls aus Mangan gebildet wurden. Dies ist ein Hinweis auf Manganmigration im Sediment entlang von Redoxgradienten (Berger et al. 1983). Dabei wird das Mangan beim Abbau des organischen Materials unter anoxischen Bedingungen remobilisiert und dann in den Grabgängen infaunal lebender Organismen erneut gefällt (Berger et al. 1983).

## 5. Diskussion



**Abb. 5.1.:** Unterteilung in unterschiedliche Faziestypen anhand ausgewählter Parameter von PS2556-1 MUC und PS2556-2 SL; Legende siehe Kernbeschreibung (Anhang A.1)

Aufgrund der geringen biogenen Produktion in diesen Sedimenten und der Krusten- und Knollenbildung, die nur bei sehr geringen Sedimentationsraten möglich ist, wird für die Manganfazies ein glazialer Ablagerungsraum angenommen, der bis ins beginnende Interglazial reichen kann. Die Entstehungsprozesse sind in Kap.5.4 dargestellt.

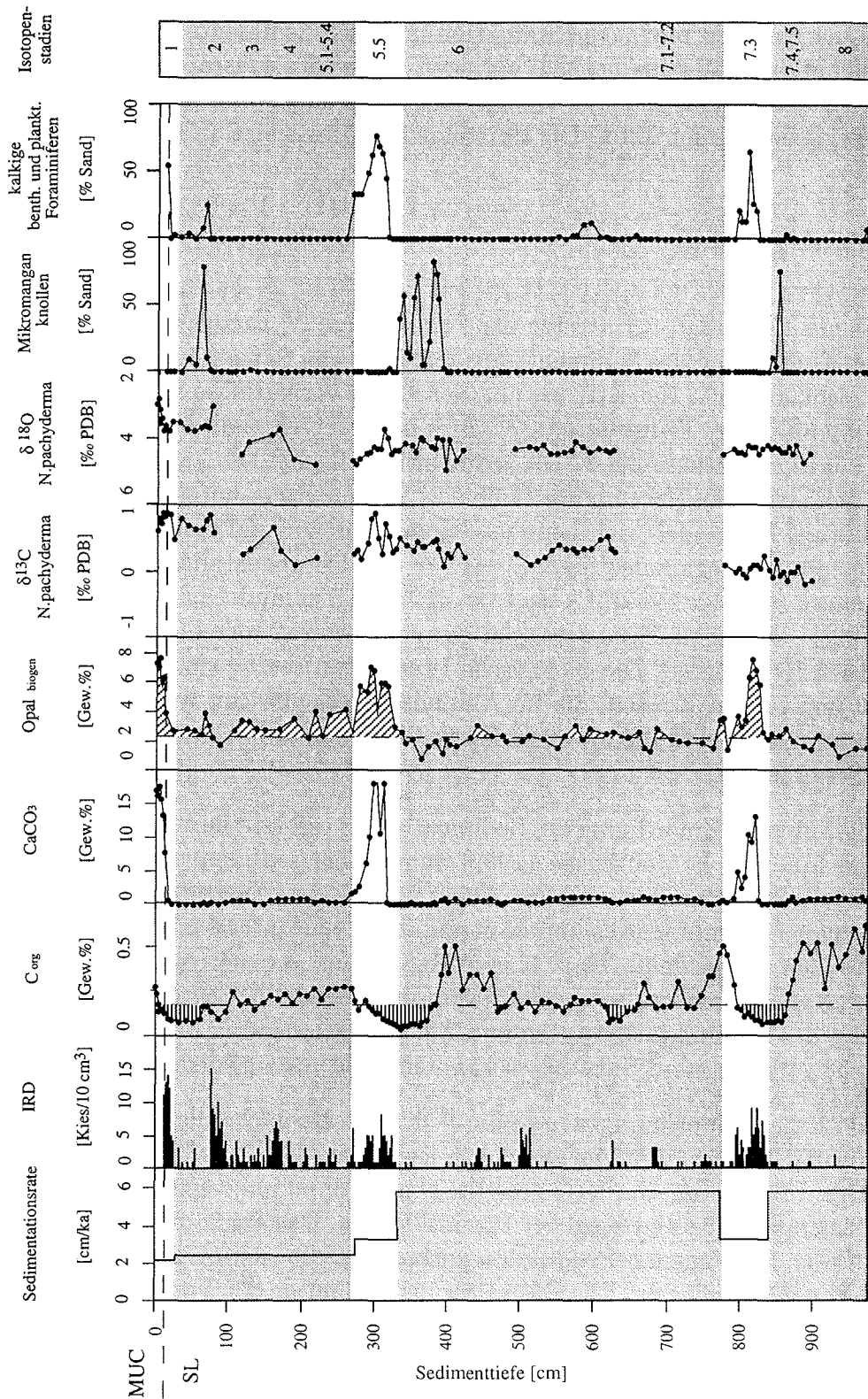
## 5.2. Stratigraphie

Durch das nur lückenhafte Auftreten der Foraminifere *N. pachyderma* war die stratigraphische Einordnung des Sedimentkerns mit Hilfe von Sauerstoff- und Kohlenstoffisotopen nicht möglich. Bei Betrachtung der  $\delta^{18}\text{O}$ -Verhältnisse von Multicorer und Schwerelot müßte die Termination 2/1, falls das  $\delta^{18}\text{O}$ -Signal das globale Schmelzwassersignal repräsentiert, bei 87 cm Sedimenttiefe liegen. Die Lage der Termination wird von den restlichen Parametern (Abb.5.2), die zur Faziesuntergliederung führten, nicht bestätigt. Es handelt sich bei dem Schmelzwassersignal der  $\delta^{18}\text{O}$ -Verhältnisse vermutlich um ein regionales Signal, das für das Isotopenstadium 2 nachgewiesen werden konnte (Niebler 1995). Es liegt zwischen 16,5 ka und 13 ka (Bard et al. 1990, Niebler 1995). Das Schmelzwassersignal der  $\delta^{18}\text{O}$  Werte korreliert mit einem deutlich erhöhten IRD-Signal. Die biologische Produktion setzt jedoch erst zu späterem Zeitpunkt ein. In den Kernen, die im Amundsenmeer gezogen wurden, ist ebenfalls ein der Termination vorlaufendes Schmelzwassersignal zu beobachten (mündl. Mittl. C.-D. Hillenbrand).

Die stratigraphische Einordnung des Sedimentkernes erfolgte durch lithologische Korrelation nach Grobe & Mackensen (1992) anhand der sedimentologischen und sedimentphysikalischen Parameter (siehe Abb.5.2). Die drei Faziestypen wurden dabei jeweils glazialen (Laminifazies und Manganfazies) oder interglazialen (Biogenfazies) Zeitabschnitten zugeordnet (Kap. 5 u. Abb.5.1) und danach mit der von Martinson et al. (1987) erstellten Isotopenstratigraphie korreliert. Die Korrelation und die Berechnung der Sedimentationsraten und Akkumulationsraten beruht auf sechs stratigraphischen Fixpunkten. Substadien konnten nicht unterschieden werden.

Bei der zeitlichen Einordnung wurde die Sedimentoberfläche als Zeitpunkt null angesehen (Tab.5.1). Die Termination wurde jeweils an die Basis der Opalmaxima bei gleichzeitigem Auftreten von IRD gestellt. Die Opalmaxima zeigen in den Kernsedimenten das erste Auftreten biogener Produktion an. Das Ende der Interglaziale fällt mit dem Ende der biogenen Produktion zusammen, die sich in den letzten erhöhten Opalgehalten widerspiegelt. Das Basisalter beträgt unter der Voraussetzung gleicher Sedimentationsraten in den Stadien 8 und 6 etwa 250.000 a.

## 5. Diskussion



**Abb. 5.2.:** Relevante Parameter für die stratigraphische Einordnung der Sedimente an Station PS2556 am Beispiel von Altersmodell 1; die Kaltzeiten sind grau hinterlegt; Legende siehe Kernbeschreibung (Anhang A.1)



Für den Kern PS2556-2 wurden zwei mögliche Altersmodelle erstellt (Tab. 5.1, Abb. 5.3), da aus den Daten nicht eindeutig ersichtlich ist, ob die Biogenfazies zwischen 834 cm und 772 cm und zwischen 331 cm und 273 cm den Substadien 5.5 bzw. 7.3 (Altersmodell 1), oder den vollständigen Isotopenstadien 5 und 7 (Altersmodell 2) zuzuordnen ist.

**Tab. 5.1.:** Stratigraphische Fixpunkte der beiden diskutierten Altersmodelle für die Station PS2556. Stadiengrenzen nach Martinson et al., (1987)

| Sedimenttiefe<br>[cm] | Altersmodell 1 |              | Altersmodell 2 |              |
|-----------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
|                       | Stadiengrenze  | Alter<br>[a] | Stadiengrenze  | Alter<br>[a] |
| 0                     | Oberfläche     | 0            | Oberfläche     | 0            |
| 26                    | 2/1            | 12050        | 2/1            | 12050        |
| 273                   | 5.5/5.4        | 112280       | 5/4            | 73910        |
| 331                   | 6/5.5          | 129840       | 6/5            | 129840       |
| 772                   | 7.3/7.2        | 205530       | 7/6            | 189610       |
| 834                   | 7.4/7.3        | 224890       | 8/7            | 244180       |
| 974                   | Kernende       | 248638       | Kernende       | 264057       |

Die höchsten Sedimentationsraten im Altersmodell 1 werden in Isotopenstadium 6 mit 6 cm/ka erreicht. In den Stadien 2, 3 und 4 ist die durchschnittliche Sedimentationsrate mit ca. 2,5 cm/ka niedriger als in Stadium 6. Ein Grund dafür kann sein, daß die mittlere Sedimentationsrate über ein Interglazial und zwei Glaziale gemittelt wurde. Zudem können die geringen Sedimentationsraten im Glazial auch aus weniger intensiven Eisvorstößen oder weniger stark ausgeprägten Konturströmen resultieren. Von den Eisvorstößen ist der vertikale Transport des Detritus vom Schelf und vom Kontinentalhang in die Tiefe abhängig. Bei geringerer Intensität der Konturströme kann auch bei hohen vertikalen Transportraten nur wenig Sediment am Kamm der Drift abgelagert werden (Sedimentationsprozesse siehe auch Kap.5.4). Die mögliche höhere Paläoproduktivität in Stadium 3 ist aufgrund der Lösung von Karbonat und Biogenopal in den Kernsedimenten nicht überliefert (siehe auch Kap. 5.3).

Legt man das Altersmodell 1 zugrunde, sind deutliche Unterschiede in der Akkumulation von biogenem Opal und Kalziumkarbonat in den interglazialen und glazialen Zeiträumen zu erkennen. Die erhöhte Akkumulation von Opal- und Karbonat in Stadium 7.3, 5.5 und im Holozän spiegeln die von biogenem Material geprägte Biogenfazies wider. Die Akkumulation von biogenem Material geht aufgrund geringer

Primärproduktion in den Glazialzeiten jeweils stark zurück (Kap. 5.3). Die Laminitfazies und die Manganfazies sind von terrigenem bzw. authigenem Material geprägt. In Stadium 6 und den Stadien 2, 3 und 4 sind lediglich geringe Gehalte an Opal und Kalziumkarbonat akkumuliert worden. Dabei handelt es sich vermutlich um Opal und Karbonat aus umgelagerten Schelfsedimenten, die aufgrund der hohen Sedimentationsrate trotz einer vermutlich flachen CCD (Kap. 5.3) sehr gut erhalten geblieben sind. Den Hinweis auf eine Umlagerung der Sedimente gibt die benthischen Foraminifere *Nonionella iridea*, die eine typische Schelfbewohnerin ist (Mackensen et al. 1990).

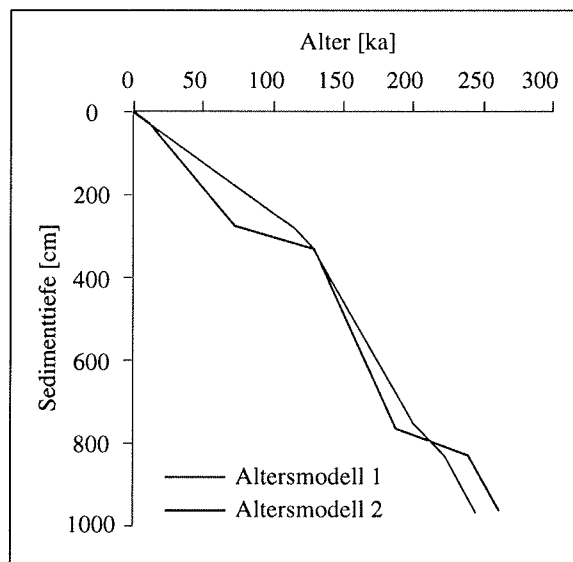
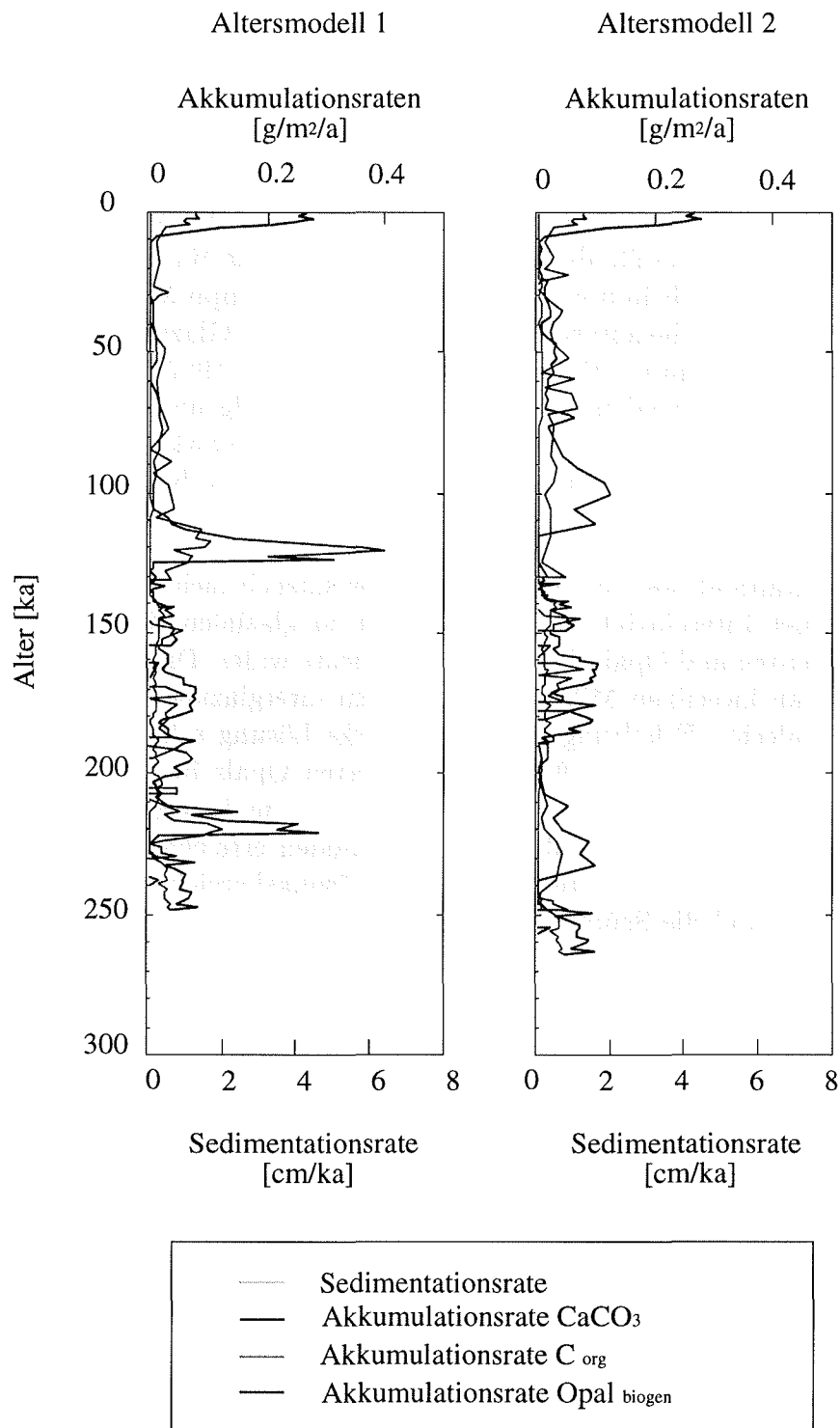


Abb. 5.3.: Altersmodelle

Im Altersmodell 2 fällt der zyklische Verlauf der Sedimentationsraten mit deutlich höheren Werten im Glazial als im Interglazial auf (Abb. 5.4). Die Variation der Sedimentationsraten zeigt die unterschiedlichen Ablagerungsbedingungen der einzelnen Zeitabschnitte. Die Berechnung der Akkumulationsraten (Abb. 5.4) für dieses Altersmodell ergab nur sehr geringe Unterschiede in der Akkumulation der Paläoproduktivitätsanzeiger Opal und Kalziumkarbonat zwischen glazialen und interglazialen Zeitabschnitten (Abb. 5.4 und Abb. 1.3). Die geringen Unterschiede in der Akkumulation könnten mit sehr guter Erhaltung von Karbonat und Opal aufgrund sehr hoher terrigener Sedimentationsraten in den Glazialen erklärt werden.



**Abb. 5.4.:** Sedimentationsraten und Akkumulationsraten des organisch gebundenen Kohlenstoffs, des Kalziumkarbonats und des biogenen Opals für die zwei diskutierten Altersmodelle

### 5.3. Paläoproduktivität und Lösung

Im Südpolarmeer stellen Nährstoffe durch die Zufuhr des nährstoffreichen Nordatlantischen Tiefenwassers (NADW) keinen limitierenden Faktor für die Primärproduktion im Oberflächenwasser dar (Defelice & Wise 1981). Die Primärproduktion wird hier hauptsächlich durch den Lichteinfall und somit durch die Meereisbedeckung kontrolliert. Das NADW stellt die wichtigste Wärmequelle für das Südpolarmeer dar und beeinflusst dadurch indirekt die Meereisbildung (Oppo & Fairbanks 1987). Der NADW-Transport in die antarktische Region war in den Glazialen unterbrochen, und die Meereisbildung somit gefördert (Oppo & Fairbanks 1987). An der Kernlokation tritt in den glazialen Stadien die Primärproduktion aufgrund der ganzjährigen Eisbedeckung und des hierdurch reduzierten Lichteinfalls stark zurück; die Sedimente werden von terrigenen Anteilen dominiert. Im Interglazial, bei saisonaler Meereisbedeckung wird die biologische Produktion erhöht.

Am Kontinentalrand des Bellingshausenmeeres spiegelt sich die erhöhte biologische Produktion der Interglaziale in, im Vergleich zu glazialen Zeitabschnitten, hohen Karbonatgehalten und Opalgehalten der Sedimente wider. Die dennoch relativ geringen Gehalte an kieseligen Mikrofossilien in den interglazialen Sedimentabschnitten und deren schlechte Erhaltung lassen auf starke Lösung schließen. Nach Nelson & Gordon (1982) werden 18–58 % des produzierten Opals in den oberen 100 m der Wassersäule wieder gelöst. Die Opallösung nimmt beim Transport zum Meeresboden mit zunehmender Wassertiefe ab. Den Meeresboden erreichen nur ca. 35–15 % des produzierten Opals. Ein zweiter verstärkter Lösungsbereich sind die ersten 20 cm des Sedimentes und die Sedimentoberfläche (Schrader & Schütte 1981). In den glazialen Zeitabschnitten wurde die biologische Produktion reduziert und damit auch kein kieseliges Material sedimentiert.

Die Ablagerung und Erhaltung der karbonatischen Komponenten in den Kernsedimenten wird in den Interglazialen von den Schwankungen der CCD (Karbonatkompensationstiefe) kontrolliert. Die Erhaltung der biogenen Komponenten stellt den Bezug des Ablagerungsraumes zur CCD dar. Die Haupteinflussfaktoren auf die Tiefenlage der CCD sind im Allgemeinen die Karbonatproduktion, terrigene Verdünnung oder Verdünnung durch Biogenopal sowie der Sauerstoffgehalt des Bodenwassers.

Aufgrund der Karbonatgehalte in den Kernsedimenten kann man eine erhöhte Karbonatproduktion und Karbonatsedimentation lediglich in den Interglazialen annehmen. Mit dem Einsetzen der Karbonatablagerung ist der Bruchstückanteil der planktischen Foraminiferen sehr hoch. Bei fortschreitender Karbonatproduktion ging der lösungsbedingte Bruchanteil der Foraminiferen zurück. Dies ist auf ein Absinken der CCD aufgrund erhöhter Karbonatproduktion und daraus folgender Karbonatsättigung des Meerwassers im Verlauf der Ablagerung zurückzuführen. Die flache CCD

läßt sich in den interglazialen Abschnitten der Kernsedimente nicht mit erhöhter Opalsedimentation korrelieren (Abb. 5.5). Die typische Abfolge von Karbonatfazies im beginnenden Interglazial und einer Opalfazies im hohen Interglazial wie von Grobe & Mackensen (1992) für das Weddellmeer und Hillenbrand (1994) für das östliche Bellingshausenmeer dargestellt ist in den Sedimenten der Station PS2556 in keinem Interglazial wiederzufinden (Abb. 5.5). Die beiden biogenen Komponenten kommen gemeinsam in der Biogenfazies vor.

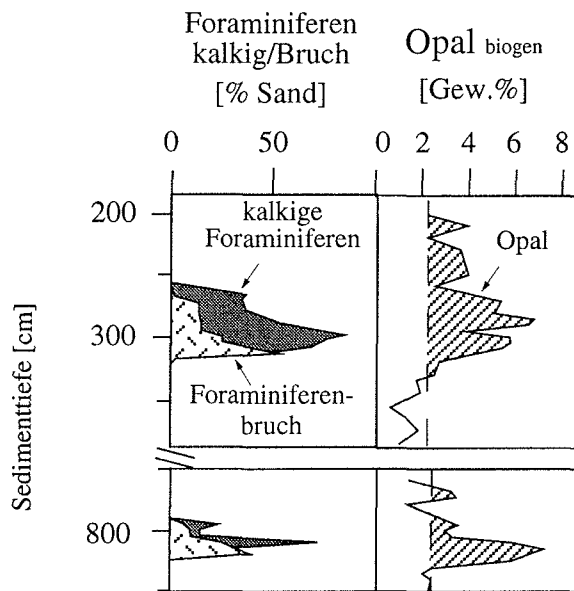


Abb. 5.5.: Foraminiferenbruch, kalkige, planktische Foraminiferen und Biogenopal der Biogenfazies aus den Stadien 7.3 und 5.5

Der  $C_{org}$ -Gehalt ist kein Produktivitätsanzeiger, er deutet lediglich Abbau- und Erhaltungsprozesse an. Anhand der  $C_{org}$ -Gehalte kann man nach Schlüter (1990) die Sedimente des Filchner Schelfeises, die unter ständiger Meereisbedeckung abgelagert wurden und damit einer eingeschränkten Primärproduktion unterliegen, nicht von Sedimenten des offenen Schelfbereichs mit hoher Primärproduktion und Sedimenten der Tiefsee unterscheiden. Der organisch gebundene Kohlenstoffgehalt im Sediment kann somit nur als Erhaltungssignal gedeutet werden (Schlüter 1990).

Außer planktischen Foraminiferen und kieseligen Mikroorganismen sind auch benthische kalkige und agglutinierende Foraminiferen in diesen Sedimentabschnitten vertreten. Die infaunalen Organismen wie die Foraminifere *Stainforthia fusiformis* und der hohe Bioturbationsgrad, der bis zur Homogenisierung des Sedimentes führen kann, lassen einen hohen Fluß von organisch gebundenem Kohlenstoff erwarten. Ebenso ist

die benthische Foraminiferenvergesellschaftung charakteristisch für den Kontinentalhang und ein Anzeiger für hohe Gehalte an organischem Material. Die benthische Faunenzusammensetzung läßt sich nach Ishman & Domack (1994) und Mackensen et al. (1990) mit der von *Nuttallides umbonifer* und *Epistominella exigua* dominierten Fauna des östlichen Weddellmeeres vergleichen. Der Vergesllschaftung zugehörig sind auch *Oridorsalis umbonatus*, *Cribrostomoides subglobosus*, *Cibicidoides wuellerstorfi*, *Uvigerina peregrina*, *Melonis pompilioides*, *Pullenia bulloides* und *Globocassidulina subglobosa* (Tafel 1, Abb. 1-9). Die Individuen sind für das nährstoffreiche und sauerstoffreiche Antarktische Bodenwasser (AABW) charakteristisch (Mackensen et al. 1990).

Die sehr geringen  $C_{org}$ -Werte zu Beginn der jeweiligen Interglaziale können als Folge von biologischem oder durch sauerstoffreiches Bodenwasser bedingtem Abbau angesehen werden. Der Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff nimmt mit fortschreitendem Interglazial zu, erreicht allerdings nie die Höchstwerte des Glazials. Der Anstieg läßt sich mit zunehmender Produktion im Verlauf des Interglazials erklären. Der Abbau des organisch gebundenen Kohlenstoffs findet hauptsächlich in der Wassersäule statt (Deming & Baross 1993). Die Erhaltung im Sediment ist vorwiegend von den Sedimentationsraten und den Korngrößen abhängig sowie von den chemischen Bedingungen des Ablagerungsmilieus. Im Sediment findet der Abbau des organisch gebundenen Kohlenstoffs durch bakterielle Zersetzung in den obersten 3 cm statt (Schlüter 1990).

### 5.4. Sedimentationsprozesse im Wechsel spätquartärer Klimazyklen

Die Faziesverteilung im bearbeiteten Sedimentkern ist von einer deutlichen Zyklizität geprägt. Ein Zyklus umfaßt jeweils eine Glazial-Interglazial Abfolge. Im Folgenden werden, beginnend mit Stadium 6, die Sedimentationsprozesse beschrieben, die zur Entstehung eines Ablagerungszyklus führten.

Die Entstehung der Laminitfazies im Kern PS2556 steht in engem Zusammenhang mit den Sedimentationsprozessen, die zur Bildung des Driftkörpers an dieser Station führten. Die Driftkörper im westlichen Bellingshausenmeer sind noch nicht ausreichend untersucht. Ihr Aufbau läßt eine ähnliche Entstehung wie die der eingehend untersuchten Driftkörper entlang der Antarktischen Halbinsel annehmen (Barker 1995; Camerlenghi et al. 1995; Mc Ginnis & Hayes 1994; Rebesco et al. 1994).

Die der Eightsküste vorgelagerte Schelfkante ist ebenso wie an der Antarktischen Halbinsel durch Vorbau der Schelfkante - in seismischen Profilen als Vorschüttungsfolgen erkennbar - gekennzeichnet (Nitsche et al. in press). Dies ist ein Hinweis darauf,

daß während der Glaziale die Grundlinie des heutigen Abbotschelfeises die Schelfkante erreicht hat. Durch das Absinken des Meeresspiegels in glazialen Zeiten kam es zum Vorrücken des Schelfeises über den Schelf und zur Umlagerung großer Sedimentmengen. Durch glaziale Erosion und die isostatische Auflast des Eises entstand der nach innen geneigte, übertiefte Schelf. Beim Vordringen der Grundlinie bis zur Schelfkante im Hochglazial wurden terrigene Sedimente den Kontinentalhang hinab transportiert. Der Abtransport erfolgte am oberen und mittleren Kontinentalhang über Rutschungen. Über ein Rinnensystem wurden am unteren Kontinentalhang die angelieferten Sedimentmassen in Form von Suspensionsströmen in die Tiefsee transportiert. Entlang der Rinnen kam es dabei zur Ausbildung von „levee“-Strukturen. Die Driftkörper vor der Eightsküste entstanden jeweils auf der westlichen Seite der Rinnen. Die Mächtigkeit der Sedimentablagerung von bis zu 3000 m und die Morphologie des Driftkörpers vor der Eightsküste ähneln denen der u.a. von Rebesco et al. (1996) beschriebenen Driftkörper vor der Antarktischen Halbinsel. Die Entstehung dieser Driftkörper wird mit, zumindest in den Glazialen, stark ausgeprägten Konturströmen erklärt (Rebesco et al. 1996).

Das Stadium 6 des Sedimentkernes ist durch die Laminitfazies geprägt und demnach eine typische glaziale Fazies. Die ständige Meereisbedeckung erklärt die geringe biologische Produktion und damit die niedrigen Karbonat- und Opalgehalte im Kern PS2556-2. Mit zunehmendem Glazial kam es zum Absinken des Meeresspiegels und zum Aufliegen des Schelfeises auf dem Schelf. Das Vorrücken des Schelfeises hatte den vertikalen Transport von Schelfmaterial zur Folge. Das feinklastische Material wurde über Konturströme auf den Kamm der Drift transportiert. Die wechselnden Silt- und Tongehalte in diesem Abschnitt können die Folge von unterschiedlich stark ausgeprägten Konturströmen sein, und/oder aufgrund von Oszillationen des Schelfeises im Laufe des Stadium 6 und damit verbundenen Schwankungen in der Menge des umgelagerten Materials entstanden sein. Im Laufe des Glazials kam es zudem zur Ablagerung durch Trübestrome, die aus höheren Bereichen des Driftkörpers aufgrund von Instabilitäten umgelagert wurden.

Nach dem glazialen Maximum des Stadium 6 kam es zur Ablagerung der Manganzfazies (Kap. 5.1.3). Für die Entstehung von Mangankrusten sind sehr geringe Sedimentationsraten und ein oxisches Milieu Voraussetzungen. Die Meereisbedeckung an der Kernlokation war vermutlich ganzjährig geschlossen, da es in den entsprechenden Sedimentabschnitten kaum Hinweise auf biogene Sedimentation gibt. Die Akkumulation terrigenen Materials war stark zurückgegangen, da die Schelfeismassen nicht mehr bis zur Schelfkante vordrangen. Ein weiterer Grund für die geringe oder fehlende terrigene Akkumulation könnte ein Rückgang in der Intensität oder ein vollständiges Ausbleiben des Konturstromes sein, der für den lateralen Transport des vom Schelf angelieferten terrigenen Materials verantwortlich war. Dabei spielte die Lage der Station PS2556 am Kamm des Driftkörpers eine entscheidende Rolle.

Bei geringerer Strömungsgeschwindigkeit des Konturstromes wurde möglicherweise an den Flanken der Sedimentdrift noch sedimentiert, während die Strömungsenergie nicht mehr ausreichte um die Feinfracht bis auf den Top des Driftkörpers zu transportieren.

Zu Beginn des Stadium 5 kam es mit Anstieg des Meeresspiegels zum Aufschwimmen des Eises und im Anschluß zum Aufbrechen des Schelfeises. Die mit Detritus beladenen Eisberge drifteten über den Schelfrand hinaus und sedimentierten beim Abschmelzen die Eisfracht. Durch die schwindende Meereisbedeckung kam es zu gesteigerter biologischer Produktion und zur Akkumulation des biogenen Materials im Sediment. Die erhöhte biologische Produktion ermöglichte zudem Bodenleben, das aus den stark bioturbierten Sedimenten ersichtlich ist. Die biogene Sedimentation begann mit dem Einsetzen der erhöhten Opalwerte. Die Karbonatsedimentation setzte zu einem späteren Zeitpunkt mit der Sedimentation von Foraminiferenbruch ein. Der Bruchanteil ging zugunsten der Sedimentation von ganzen Foraminiferen zurück. Demnach kann man auf eine steigende Produktion von Karbonat schließen, die ein Sinken der CCD (Kap. 5.5) im Laufe des Stadium 5 zur Folge hatte. Die Karbonatsedimentation hörte vor der Opalsedimentation auf.

Die Stadien 2, 3 und 4 sind vorwiegend von der Laminitfazies gekennzeichnet. Der Unterschied zu Stadium 6 besteht in den höheren Tongehalten und dem geringen Wechsel der feinklastischen Korngrößen. Die höheren Tongehalte in den Sedimenten dieses Zeitabschnittes lassen eine geringere Strömungsenergie der Konturströme annehmen. Ein kurzzeitiges Abschmelzen der Schelfeise während des letzten glazialen Maximums (Anderson & Thomas 1991) könnte das IRD-Maximum in Stadium 2 verursacht haben. Durch das Vordringen der Schelfeismassen im Glazial wurde die Entfernung zwischen dem warmen, den Kontinentalhang hochströmenden CDW und dem Schelfeis immer geringer. Es reichte damit ein leichtes Vordringen des CDW in Richtung Schelfeis aus, um ein basales Schmelzen der Eismassen und damit einen Zusammenbruch des Schelfeises (Anderson & Thomas 1991) und den damit verbundenen hohen IRD-Eintrag zu verursachen. Der bedeutendste Aspekt dieses Schmelzvorganges ist, daß er nicht mit einem Meeresspiegelanstieg in Verbindung stand (Anderson & Thomas 1991). Das Abschmelzen der Schelfeismassen hat einen ungehinderten, schnellen Fluß der Eisströme ins Meer zur Folge, was auf eine hohe Kalbungsrate und damit einen hohen IRD-Eintrag zurückschließen läßt.

Rezent ist die Kernlokation saisonal von Meereis bedeckt. Auf die Meereisbildungen im offenen Ozean hat das CDW rezent keinen großen Einfluß (Jacobs & Comiso 1997). Der Wärmetransport des CDW reicht nicht aus, um die großen jährlichen Schwankungen in der Meereisbildung im Bellingshausenmeer zu erklären (Jacobs & Comiso 1997; Jacobs & Comiso 1993). Im offenen Ozean ist das warme CDW durch eine Pyknokline von kaltem Oberflächenwasser getrennt und beeinflusst somit nicht direkt die Meereisbildung (Jacobs & Comiso 1993).



## Danksagung

Herrn Prof. Dr. D. K. Fütterer vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) danke ich für die Vergabe der Diplomarbeit. Herrn Dr. Hannes Grobe sei für die stete Diskussionsbereitschaft und sein Interesse am Fortgang der Arbeit, sowie die kritische Durchsicht des Manuskriptes gedankt. Herrn Prof. Dr. H. Voßmerbäumer (Geologisches Institut der Julius-Maximilians-Universität Würzburg) danke ich für die Unterstützung und Betreuung bei der Durchführung einer „externen“ Diplomarbeit.

Mein ganz besonderer Dank gilt Claus-Dieter Hillenbrand für seine ständige Bereitschaft allen auftretenden Problemen auf den Grund zu gehen und die vielen aufmunternden Worte. Zudem danke ich ihm, ebenso wie Frank-O. Nitsche für die ausgiebigen Diskussionen, die zur Beantwortung vieler Fragen führten, und mich den Spaß an der Arbeit nie vergessen ließen. Bei paläontologischen Fragen standen mir Daniela Schmidt und Stefanie Schumacher hilfreich zur Seite; mit Oliver Swientek machte nicht nur die Entdeckung der Schwerminerale ganz besondern Spaß. Vielen Dank Euch drei Nachbarn. Bei Dani möchte ich mich außerdem für die Einführung in das Leben am AWI herzlich bedanken.

Marion Herschlein und Claus-Dieter Hillenbrand sei für die freundliche Aufnahme in ihrem Arbeitszimmer und die unendliche Geduld beim fliegenden Wechsel der Arbeitsplätze und dem damit verbundenen Chaos ganz herzlich gedankt. Martina Siebold und Ingo Grafenauer waren mir mit ihrem unermüdlichen Korrekturlesen eine große Hilfe. Tausend Dank!

Für die Unterstützung in allen labortechnischen Fragen möchte ich mich besonders bei Ute Bock, Rita Fröhlking, Michael Seebeck und Gabi Traue bedanken.

Regina Usbeck und Carsten Porthun möchte ich dafür ganz herzlich danken, daß sie einige meiner „Probleme“ auch zu den Ihren machten.

Ganz herzlich möchte ich auch Jug und allen Freunden danken, die während der ganzen Zeit für Ablenkung und den nötigen Ausgleich sorgten.

Bremerhaven, Juni 1997

## Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Diplomarbeit selbständig und unter ausschließlicher Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt zu haben.

Bremerhaven, Juni 1997

A handwritten signature in cursive script, reading "Barbara Braun".

(Barbara Braun)

## Literatur

- Anderson, J. B. & Thomas, M. A. (1991): Marine ice-sheet decoupling as a mechanism for rapid, episodic sea-level change: record of such events and their influence on sedimentation. – *Sedimentary Geology*, 70: 87–104.
- Bard, E., Laberie, L., Pichon, J., Labracherie, M., Arnold, M., Duprat, J., Moyes, J. & Duplessy, J. (1990): The last deglaciation in the Southern and Northern Hemispheres: A comparison based on oxygen isotope, sea surface temperature estimates, and accelerator  $^{14}\text{C}$  dating from deep-sea sediments. In: U. Bleil & J. Thiede (Eds.), *Geological history of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic*, -405 S., NATO ASI Series.
- Barker, P. (1995): The proximal marine sediment record of Antarctic climate since the late Miocene. – *Antarctic Research Series*, 68: 25–57.
- Berger, W., Finkel, J., Killingley, J. & Marchig, V. (1983): Glacial–Holocene transition in deep-sea sediments: Manganese-spike in the East–Equatorial Pacific. – *Nature*, 303: 231–233.
- Boenigk, W. (1983): *Schwermineralanalyse*. 158 S., Stuttgart (Enke).
- Bonn, W. J. (1995): Biogenopal und biogenes Barium als Indikatoren für spätquartäre Produktivitätsänderungen am antarktischen Kontinentalhang, atlantischer Sektor. – *Berichte zur Polarforschung*, 180: 186.
- Camerlenghi, A., Rebesco, M. & Pudsey, C. (1995): High resolution terrigenous sedimentary record of the sediment drifts on the Antarctic Peninsula Pacific Margin (initial results of the SEDANO program). – VII ISAES, 1: 18 S.
- De Master, D. (1981): The supply and accumulation of silica in the marine environment. – *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45: 1715–1732.
- Defelice, D. & Wise, S. (1981): Surface lithofacies, biofacies, and diatom diversity patterns as models for delineation of climatic change in the southeast Atlantic. – *Marine Micropaleontology*, 6: 29–70.
- Denton, G., Prentice, M. & Bruckle, L. (1991): Cainozoic history of the Antarctic ice sheet. In: R. Tingey (Ed.): *The Geology of Antarctica*.
- Ishman, S.E. & Domack, E.W. (1994): Oceanographic controls on benthic foraminifers from the Bellingshausen margin of the Antarctic Peninsula. – *Marine Micropaleontology*, 24: 119–155.

- Drewry, D. J. (1983): Antarctica: Glaciological and geophysical folio. Scott polar Res. Inst., Cambridge, UK. 9 sheets.
- Drewry, D. J., Jordan, S. R. & Jankowski, E. (1982): Measured properties of the antarctic ice sheet: surface configuration, ice thickness, volume and bedrock characteristics. – *Annals of Glaciology*, 3: 83–91.
- Ehrmann, W. (1994): Die Känozoische Vereisungsgeschichte der Antarktis. – *Berichte zur Polarforschung*, 137: 152 S.
- Foldvik, A. & Gammelsrød, T. (1988): Notes on Southern Ocean hydrography, sea-ice and bottom water formation. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 67: 3–17.
- Gealy, E. (1971): Saturated bulk density, grain density, and porosity of sediment cores from the western equatorial pacific: Leg 7, glomar challenger. In: *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 1081–1104, Washington D.C. (Winterer, E.L.)
- Gerland, S. (1993): Zerstörungsfreie hochauflösende Dichtemessung mariner Sedimente. – *Berichte zur Polarforschung*, 123: 130.
- Grasshoff, K., Ehrhardt, M. & Kremling, K. (Eds.) (1983): *Methods of Seawater Analysis*. 417 S., Weinheim (Verlag Chemie).
- Grobe, H. (1986): Spätpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, östliche Weddellsee. – *Berichte zur Polarforschung*, 27: 127 S.
- Grobe, H. & Mackensen, A. (1992): Late quaternary climatic cycles as recorded in sediments from the Antarctic Continental Margin. – *Antarctic Research Series*, 56: 349–376.
- Grunow, A., Kent, D. & Dalziel, I. (1991): New paleomagnetic data from Thurston Island: Implications for the tectonics of West Antarctica and Weddell Sea opening. – *Journal of Geophysical Research*, 96(B11): 17.935–17.954.
- Hamilton, E. (1971): Prediction of in-situ acoustic and elastic properties of marine sediments. – *Geophysics*, 36(2): 266–284.
- Hellmer, H. H. & Bersch, M. (1985): The Southern Ocean. – *Berichte zur Polarforschung*, 26: 115.
- Hellmer, H. H., Jacobs, S. S. & Jenkins, A. (in press): Ocean erosion of a fast-moving Antarctic glacier in the Amundsen Sea. In: *Antarctic shelf oceanology, part 2, Antarctic Research Series*. Washington, D. C. (American Geophysical Union).
- Hillenbrand, C. D. (1994): Spätquartäre Sedimentationsprozesse am Kontinentalrand des nordöstlichen Bellingshausenmeeres (Antarktis). Diplomarbeit, 124 S., Universität Würzburg.

- Hole, M., Storey, B. & LeMasurier (1994): Tectonic setting and geochemistry of Miocene alkalic basalt from the Jones Mountains, West Antarctica. – *Antarctic Science*, 6(1): 85–92.
- Hollister, C. D. (1976): Introduction, principal results - leg 35 DSDP. In: C. D. Hollister et al., (Eds.), *Initial reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 35*, 5–14., Washington, D. C. (U.S. Government Printing Office).
- Jacobs, S. S. & Comiso, J. C. (1997): Climate variability in the Amundsen and Bellingshausen Seas. – *Journal of Climate*, 10: 697.
- Jacobs, S. S. & Comiso, J. C. (1993): A recent sea-ice retreat west of the Antarctic Peninsula. – *Geophysical Research Letters*, 20: 1171–1174.
- Keys, J. R. (1990): Ice. In: G. P. Glosky (Ed.): *Antarctic sector of the Pacific*, Volume 51 of Elsevier oceanography series, 95–123., Amsterdam (Elsevier).
- Lallier, V. & Clinard, C. (1983): Ultra-thin section study of the mineralogy and geochemistry of Mn micronodules from the South Pacific. – *Marine Geology*, 52: 267.
- Lawver, L., Gahagan, L. & Coffin, M. (1992): The development of paleoseaways around Antarctica. – *Antarctic Research Series*, 56: 7–30.
- Lynn, D. & Bonatti, E. (1965): Mobility of manganese in diagenesis of deep-sea sediments. – *Marine Geology*, 3: 457–474.
- Mackensen, A. and Grobe, H., Kuhn, G. & Fütterer, D. (1990): Benthic foraminiferal assemblages from the eastern Weddell Sea between 68 and 73° S: Distribution, ecology and fossilization potential. – *Marine Micropaleontology*, 16: 241–283.
- Mange, M. & Maurer, H. (1991): *Schwerminerale in Farbe*. 148 S., Enke (Stuttgart).
- Martinson, D., Pisias, N., Hays, J., Imbrie, J., Moore, T. & Shackleton, N. (1987): Age dating and the orbital theory of the ice ages: Development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy. – *Quaternary Research*, 27: 1–29.
- Maslanyj, M. & Storey, B. (1990): Regional aeromagnetic anomalies in Ellsworth Land: Crustal structure and Mesozoic Microplate Boundaries within West Antarctica. – *Tectonics*, 9(6): 1515–1532.
- Mc Ginnis, J. & Hayes, D. (1994): Sediment drift formation along the Antarctic Peninsula. – *Terra Antarctica*, 1(2): 275–276.
- Melles, M. (1991): Paläoglazologie und Paläozeanographie im Spätquartär am Kontinentalrand des südlichen Weddellmeeres, Antarktis. – *Berichte zur Polarforschung*, 81: 190.

- Miller, H. & Grobe, H. (1996): Die Expedition ANTARKTIS-XI/3 mit FS Polarstern"1994. – Berichte zur Polarforschung, 188: 115.
- Müller, P. & Schneider, R. (1993): An automated leaching method for the determination of opal in sediments and particula matter. – Deep Sea Research, 40(3): 425–444.
- Munsell Soil Color Charts (1975): Loseblattsammlung; Munsell Color, Macbeth A Division, Kollmorgen Corporation (Baltimore).
- Nelson, D. & Gordon, L. (1982): Production and pelagic dissolution of biogenic silica in the Southern Ocean. – Geochimica et Cosmochimica Acta, 46: 491.
- Niebler, H.-S. (1995): Rekonstruktion von Paläo-Umweltparametern anhand von stabilen Isotopen und Faunen-Vergesellschaftungen planktischer Foraminiferen im Südatlantik. – Berichte zur Polarforschung, 167: 198 S.
- Nitsche, F., Gohl, K., Vanneste, K. & Miller, H. (in press): Seismic expression of gacially deposited sequences in the Bellingshausen and Amundsen seas, West Antarctica. In: P. F. Barker & A. K. Cooper (Eds.): Geology and seismic stratigraphy of the Antarctic margin, part 2, Antarctic Research Series. Washington, D. C. (American Geophysical Union).
- Oppo, D. & Fairbanks, R. (1987): Variability in the deep and intermediate water circulation of the Atlantic Ocean during the past 25.000 years: Northern Hemisphere modulation of the Southern Ocean. – Earth and Planetary Science Letters, 86: 1–15.
- Pankhurst, R., Miller, I., Grunow, A. & Storey, B. (1993): The Pre-Cenozoic magmatic history of the Thurston Island crustal block, West Antarctica. – Journal of Geophysical Research, 98(B7): 11.835–11.849.
- Patterson, S. L. & Whitworth, T. (1990): Physical oceanography. In: G. P. Glosky (Ed.): Antarctic sector of the Pacific, Volume 51 of Elsevier oceanography series, 55–93., Amsterdam (Elsevier).
- Plas, van der, L. & Tobi, A. (1965): A chart for judging the reliability of point counting results. – American Journal of Science, 263: 87–90.
- Pollard, R. T., Read, J. F., Allen, J. T., Griffiths, G. & Morrison, A. I. (1995): On the physical structure of a front in the Bellingshausen Sea. – Deep-Sea Research II, 42: 955–982.
- Prestvik, T., Barnes, C., Sundvoll, B. & Duncan, R. (1990) Petrology of Peter I Øy (Peter I Island). – Journal of Volcanology and Geothermal Research, 44: 315–338.
- Read, J. F., Pollard, R. T., Morrison, A. I. & Symon, C. (1995): On the southerly extent of the antarctic circumpolar current in the southeast pacific. – Deep-Sea Research II, 42: 933–954.

- Rebesco, M., Larter, R., Barker, P., Camerlenghi, A. & Vanneste, L. (1994): The history of sedimentation on the continental rise west of the Antarctic Peninsula. – *Terra Antarctica*, 1(2): 277–279.
- Rebesco, M., Larter, R. D., Camerlenghi, A. & Barker, P. (1996): Giant sediment drifts on the continental rise west of the antarctic peninsula. – *Geo-Marine Letters*, 16: 65–75.
- 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: 156 S.
- Schrader, H. & Schütte, G. (1981): Marine diatoms. – *The sea*, 7: 1179 S.
- Thiede, J., Suess, E. & Müller, P. (1982): Late quaternary fluxes of major sediment components to the sea floor at the Northwest African continental slope. In: U. Rad, K. Hinz, M. Sarntheim, & E. Seibold (Eds.): *Geology of the Northwest African Continental Margin*, 605–631, Berlin, Heidelberg (Springer).
- Thomson, M. & Pankhurst, R. (1983): Age of Post-Gondwanian calc-alkaline volcanism in the Antarctic Peninsula region. – *Antarctic Earth Science*, 328 S.
- Tucholke, B. E. (1977): Sedimentation processes and acoustic stratigraphy in the Bellingshausen basin. – *Marine Geology*, 25: 209–230.
- Van Andel, T., Heath, G. & Moore, T. (1975): Cenozoic history and paleoceanography of the central equatorial Pacific Ocean. – *Geological Society of America Memories*, 143: 134 S.
- Vanne, J. & Johnson, G. (1976): The Bellingshausen–Amundsen Basin (southeastern Pazific): major sea-floor units and problems. – *Marine Geology*, 22: 71–101.
- Weaver, P. & Schultheiss, P. (1990): Current methods for obtaining, logging and splitting marine sediment cores. – *Marine Geophysical Research*, 12: 85–100.
- Weber, M. (1992): Spätquartäre Sedimentation am Kontinentalrand des südlichen Weddellmeeres, Antarktis. – *Berichte zur Polarforschung*, 109: 165 S.
- Weber, M., Niessen, F., Kuhn, G. & Wiedicke, M. (1997): Calibration and application of marine sedimentary physical properties using a Multi-Sensor Core Logger. – *Marine Geology*, 136: 151–172.










# A. Anhang






## A.1. Kernbeschreibung




### LEGEND:

#### Lithology:

-  sand
-  sandy silt
-  sandy mud
-  mud
-  dropstones

#### Structure:

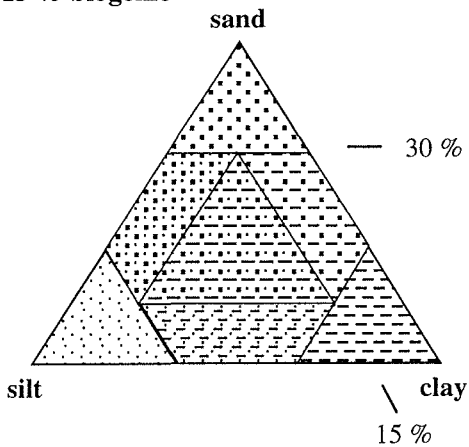
-  lamination
-  bioturbation
-  mud lens
-  increasing/decreasing foraminiferal content
-  decreasing dropstone content



-  sharp boundary
-  gradational boundary
-  transition zone
- 5Y 5/1 Colors after MUNSELL soil color charts

#### Nomenclature:

(modified after SHEPARD, 1954)

0-15 % biogenic



-  foraminifera bearing mud
- 15-30 % biogenic**
-  foraminiferal mud
- 30-50 % biogenic**

PS2556-2 (SL)

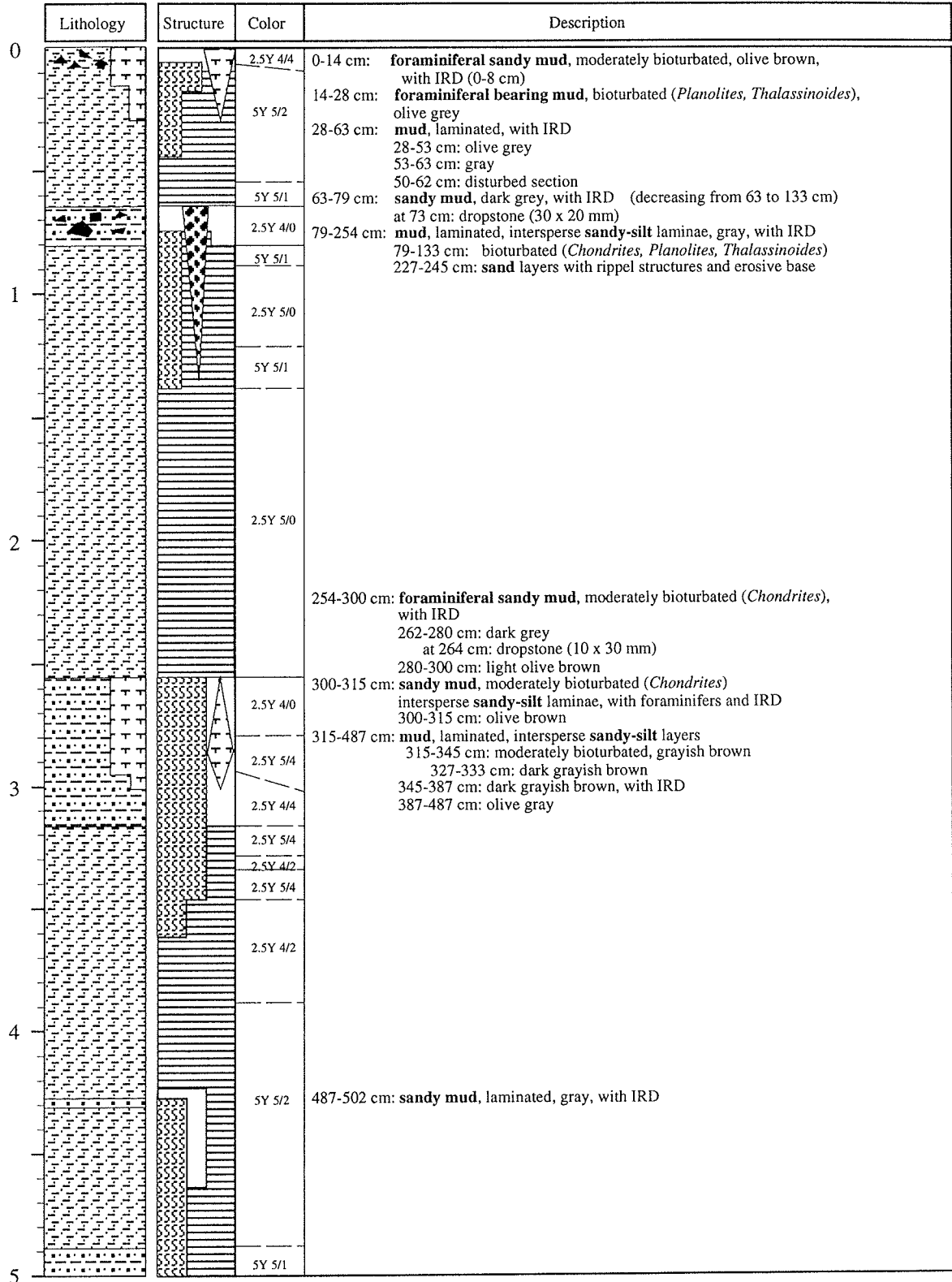
Bellingshausen Sea (SE-Pacific)

ANT-XI/3

Recovery: 9.62 m

69°29.6'S, 094°09.5'W

Water depth: 3594 m



A.1. Kernbeschreibung

PS2556-2 (SL)

Bellingshausen Sea (SE-Pacific)

ANT-XI/3

Recovery: 9.62 m

69°29.6'S, 094°09.5'W

Water depth: 3594 m

|   | Lithology | Structure | Color    | Description  |          |  |  |          |  |  |        |   |  |        |                                |
|---|-----------|-----------|----------|--|----------|--|--|----------|--|--|--------|---|--|--------|--------------------------------|
| 5 |           |           | 5Y 5/1   | 487-502 cm: <b>sandy mud</b> , laminated, gray, with IRD                                 |          |  |  |          |  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  | 5Y 5/1   | 502-604 cm: <b>mud</b> , laminated, intersperse thin <b>sandy-silt</b> laminae, gray, with IRD at 582 cm: dropstone (10 x 10 mm) |  |          |  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           | 2.5Y 5/0 |  |          | 604-616 cm: <b>sandy mud</b> , moderately bioturbated, with foraminifers, dark grey  |  |          |  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  |          |  |  | 2.5Y 4/0 | 612-615 cm: <b>sand-layer</b> , olive gray   |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           | 5Y 5/2   |  |          |  |  |          | 616-644 cm: <b>mud</b> , laminated, intersperse thin <b>sandy-silt</b> laminae, gray, with IRD   |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  |          |  |  | 5Y 4/1   | 644-649 cm: <b>sand-layer</b> , dark gray, IRD   |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           | 5Y 5/2   |  |          |  |  |          | 649-667 cm: <b>sandy mud</b> , laminated, intersperse thin <b>sandy-silt</b> laminae, olive gray |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  |          |  |  | 5Y 4/1   | 667-780 cm: <b>mud</b> , laminated, intersperse <b>sandy-silt</b> laminae                        |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           | 5Y 5/2   |  |          |  |  |          | 667-700 cm: dark gray  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  |          |  |  |          |  |  | 5Y 5/2 | 668-672 cm: layer with IRD  |  |        |                                |
|   |           |           |          |  |          |  |  |          |  |  |        |   |  | 5Y 4/1 | 679-681 cm: layer with IRD     |
|   |           |           |          |  | 5Y 5/2   |  |  |          |  |  |        |   |  |        | 700-706 cm: dark grayish brown |
|   |           |           |          |  |          |  |  |          |  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  |          |  |  | 5Y 5/2   |  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           | 5Y 5/2   |  |          |  |  |          |  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  |          |  |  |          |  |  | 5Y 5/1 |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  |          |  |  |          |  |  |        |   |  | 5Y 5/2 |                                |
|   |           |           |          |  | 5Y 6/3   |  |  |          | 782-800 cm: gray, with foraminifers  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  |          |  |  |          |  |  | 5Y 5/3 | 792-796 cm: <b>mud lens</b> (autochthon ?), laminated, olive gray |  |        |                                |
|   |           |           |          |  | 5Y 5/3   | 800-809 cm: olive gray, foraminifer-bearing  |  |          |  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           | 5Y 5/3   |  |          | 809-838 cm: pale olive   |  |          |  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  | 2.5Y 4/0 | 838-962 cm: <b>mud</b> , laminated, intersperse thin <b>sandy-silt</b> laminae, with IRD   |  |          |  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           | 2.5Y 4/0 |  |          | 839-858 cm: olive  |  |          |  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  |          |  |  | 2.5Y 4/0 | 858-962 cm: dark gray  |  |        |   |  |        |                                |
| 9 |           |           | 2.5Y 4/0 | 838-962 cm: <b>mud</b> , laminated, intersperse thin <b>sandy-silt</b> laminae, with IRD |          |  |  |          |  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  | 2.5Y 4/0 | 839-858 cm: olive  |  |          |  |  |        |   |  |        |                                |
|   |           |           |          |  |          |  |  | 2.5Y 4/0 | 858-962 cm: dark gray  |  |        |   |  |        |                                |

## A.2. Tafeln

### Tafel 1

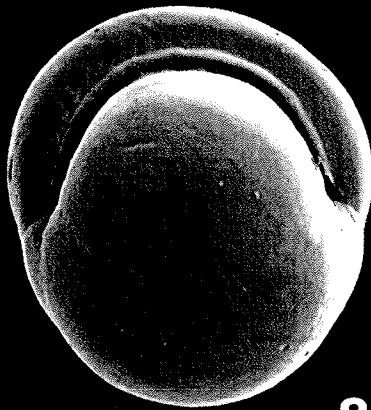
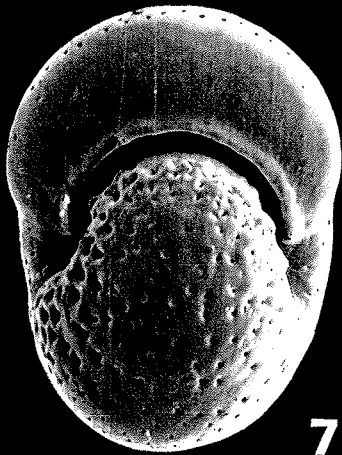
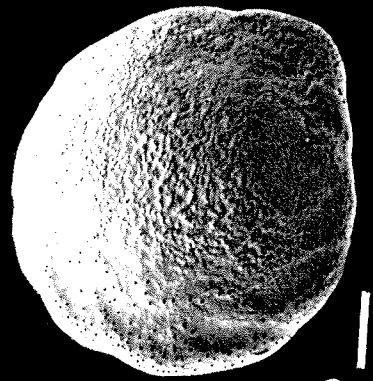
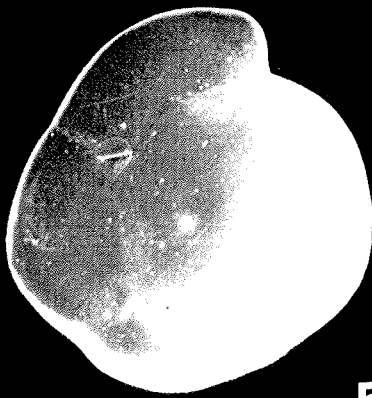
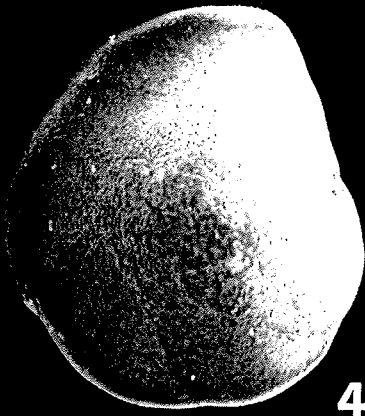
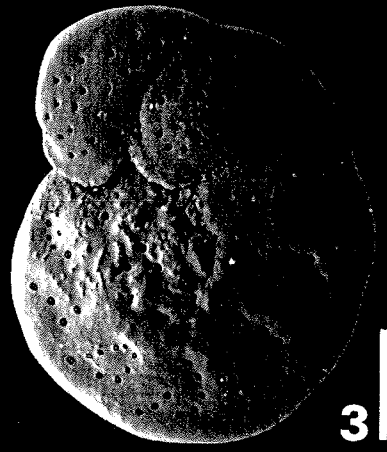
---

---

|         |  |  |
|---------|--|--|
| Abb. 1: | <i>Uvigerina peregrina</i>                           | aus 1 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 $\mu\text{m}$   |
| Abb. 2: | <i>Cibicidoides wullerstorfi</i><br>Spiralansicht    | aus 285 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 $\mu\text{m}$ |
| Abb. 3: | <i>Cibicidoides wullerstorfi</i><br>Umbilikalansicht | aus 285 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 $\mu\text{m}$ |
| Abb. 4: | <i>Epistominella exigua</i>                          | aus 305 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 $\mu\text{m}$ |
| Abb. 5: | <i>Oridorsalis umbonatus</i>                         | aus 305 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 $\mu\text{m}$ |
| Abb. 6: | <i>Nuttallides umbonifer</i>                         | aus 810 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 $\mu\text{m}$ |
| Abb. 7: | <i>Melonis pompiloides</i>                           | aus 305 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 $\mu\text{m}$ |
| Abb. 8: | <i>Pullenia bulloides</i>                            | aus 810 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 $\mu\text{m}$ |
| Abb. 9: | <i>Globocassidulina subglobosa</i>                   | aus 285 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 $\mu\text{m}$ |

---

---



**Tafel 2**

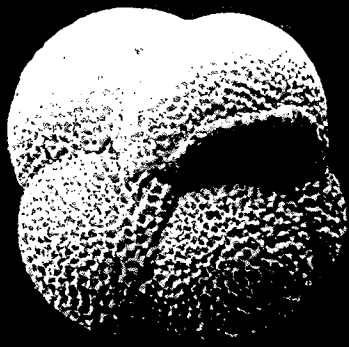
---

---

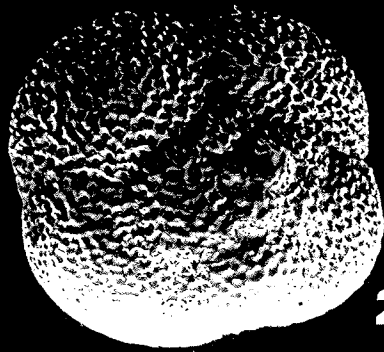
|            |  |  |
|------------|--|--|
| Abb. 1:    | <i>Neogloboquadrina pachyderma</i><br>Umbilikalansicht | aus 1 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 $\mu\text{m}$   |
| Abb. 2:    | <i>Neogloboquadrina pachyderma</i><br>Spiralansicht    | aus 1 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 $\mu\text{m}$   |
| Abb. 3:    | Quarzkorn mit Mangankruste                             | aus 325 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 mm            |
| Abb. 4:    | Manganhaltige Gangfüllung                              | aus 325 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 mm            |
| Abb. 5:    | Mangankruste   | aus 325 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 mm            |
| Abb. 6:    | Vulkanisches Glas                                      | aus 275 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 mm            |
| Abb. 7-10: | Mikrometeorite   | aus 960 cm Kerntiefe<br>Maßstab: 0.1 $\mu\text{m}$ |

---

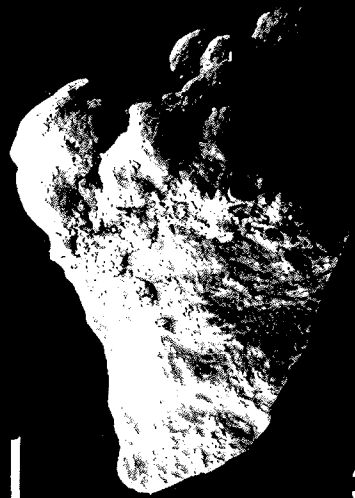
---



1 |



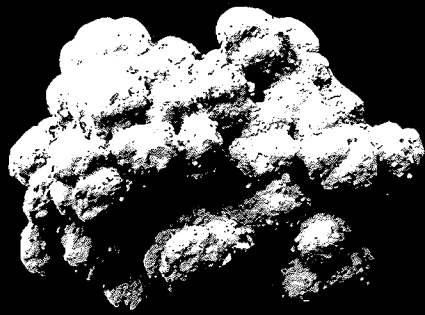
2 |



3 |



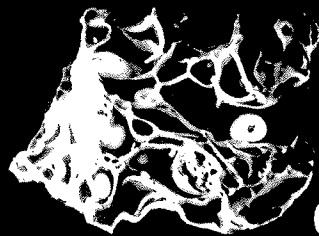
4 |



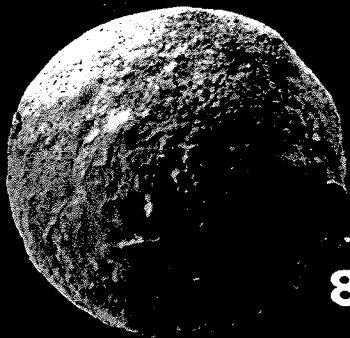
5 |



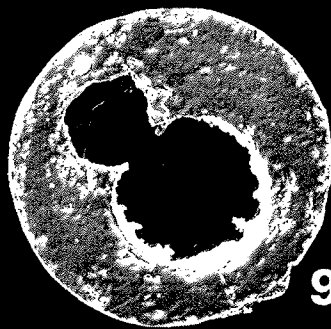
7 |



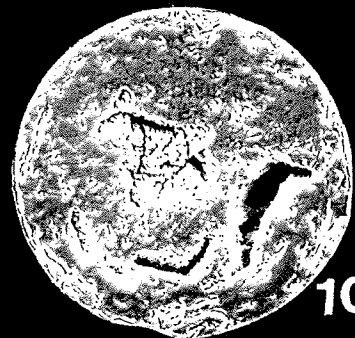
6 |



8 |



9 |



10 |

### A.3. Tabellen

Tab. A.1.: Sedimentologische Daten des Multicorers PS2556-1

| Tiefe<br>[cm] | C org<br>[Gew.%] | Karbonat<br>[Gew.%] | Opal<br>[Gew.%] | $\delta^{18}\text{O}$<br>[ppm PDB] | $\delta^{13}\text{C}$<br>[ppm PDB] |
|---------------|------------------|---------------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1             | 0.28             | 17.32               | 7.30            | 3.01                               | 0.62                               |
| 3             | 0.24             | 16.30               | 7.06            | 2.84                               | 0.79                               |
| 5             | 0.19             | 17.85               | 7.58            | 3.13                               | 0.71                               |
| 7             | 0.14             | 17.78               | 6.09            | 3.56                               | 0.79                               |
| 9             | 0.16             | 15.95               | 5.71            | 3.43                               | 0.88                               |
| 11            | 0.15             | 13.37               | 6.35            | 3.76                               | 0.83                               |
| 13            | 0.12             | 6.73                | 4.33            | 3.88                               | 0.65                               |
| 15            | 0.11             | 2.38                | 3.11            | 3.94                               | 0.50                               |
| 17            | 0.11             | 1.48                | 5.52            | 3.76                               | 0.45                               |
| 19            | 0.09             | 0.59                | 3.71            | 4.16                               | 0.76                               |
| 21            | 0.07             | 0.32                | 2.98            |                                    |                                    |
| 23            | 0.07             | 0.27                | 3.12            |                                    |                                    |
| 25            | 0.08             | 0.24                | 2.90            |                                    |                                    |
| 27            | 0.08             | 0.26                | 3.68            |                                    |                                    |
| 29            | 0.07             | 0.33                | 3.17            |                                    |                                    |
| 31            | 0.07             | 0.24                | 4.03            |                                    |                                    |
| 33            | 0.07             | 0.27                | 3.73            |                                    |                                    |



Tab. A.2.: Sedimentologische und sedimentphysikalische Daten des Kern PS2556-2

| Tiefe | C org    | Karbonat | Opal     | Wasser-<br>gehalt | Porosität | Feucht-<br>raum-dichte | Korn-<br>dichte | Trocken-<br>dichte | $\delta^{13}C$ | $\delta^{18}O$ | Sand     | Silt     | Ton      |
|-------|----------|----------|----------|-------------------|-----------|------------------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|----------|----------|----------|
| [cm]  | [Gew. %] | [Gew. %] | [Gew. %] | [Gew. %]          | [%]       | [g/ccm]                | [g/ccm]         | [g/ccm]            | [ppm PDB]      | [ppm PDB]      | [Gew. %] | [Gew. %] | [Gew. %] |
| 1     | 0.13     | 7.91     | 3.95     | 49.52             | 73.3      | 1.46                   | 2.67            | 0.71               | 0.88           | 3.6            | 8.48     | 39.92    | 51.59    |
| 7     | 0.1      | 0.66     |          | 47.57             | 71.65     | 1.49                   | 2.66            | 0.75               | 0.85           | 3.8            | 7.54     | 36.60    | 55.87    |
| 12    | 0.09     | 0.22     | 2.64     | 42.23             | 66.89     | 1.57                   | 2.66            | 0.88               | 0.47           | 3.5            | 1.29     | 34.62    | 64.09    |
| 20    | 0.09     | 0.17     |          | 43.47             | 68.12     | 1.55                   | 2.67            | 0.85               | 0.79           | 3.53           | 1.57     | 40.46    | 57.97    |
| 30    | 0.09     | 0.11     | 2.78     | 43.25             | 67.93     | 1.55                   | 2.67            | 0.86               | 0.69           | 3.73           | 0.15     | 36.45    | 63.40    |
| 40    | 0.09     | 0.18     | 2.64     | 43.53             | 68.25     | 1.55                   | 2.68            | 0.85               | 0.65           | 3.77           | 0.43     | 40.90    | 58.66    |
| 50    | 0.1      | 0.11     | 2.43     | 44.17             | 68.8      | 1.54                   | 2.67            | 0.83               | 0.63           | 3.69           | 0.11     | 41.05    | 58.84    |
| 55    | 0.18     | 0.28     | 3.88     | 48.83             | 72.73     | 1.47                   | 2.67            | 0.73               | 0.77           | 3.61           | 0.06     | 35.33    | 64.61    |
| 60    | 0.18     | 0.22     | 3.06     | 47.11             | 71.32     | 1.5                    | 2.67            | 0.77               | 0.85           | 3.69           | 2.57     | 29.68    | 67.76    |
| 66    | 0.14     | 0.42     | 2.2      | 36.91             | 61.71     | 1.65                   | 2.66            | 1.02               | 0.58           | 3.05           | 19.12    | 46.04    | 34.84    |
| 75    | 0.11     | 0.2      | 1.77     | 26.38             | 49.44     | 1.85                   | 2.66            | 1.35               |                |                | 28.86    | 36.61    | 34.53    |
| 85    | 0.15     | 0.33     |          | 43.95             | 68.49     | 1.54                   | 2.66            | 0.84               |                |                | 3.92     | 45.25    | 50.83    |
| 95    | 0.26     | 0.59     | 2.72     | 48.44             | 72.35     | 1.48                   | 2.66            | 0.73               |                |                | 0.92     | 37.79    | 61.29    |
| 105   | 0.18     | 0.69     | 3.41     | 45.74             | 70.15     | 1.52                   | 2.67            | 0.8                | 0.27           | 4.48           | 1.41     | 17.92    | 80.67    |
| 115   | 0.21     | 0.78     | 3.24     | 46.25             | 70.72     | 1.51                   | 2.69            | 0.79               | 0.34           | 4.08           | 2.69     | 34.47    | 62.85    |
| 125   | 0.16     | 0.21     | 2.82     | 44.96             | 69.41     | 1.53                   | 2.66            | 0.81               |                |                | 5.34     | 30.82    | 63.85    |
| 135   | 0.19     | 0.23     | 2.74     | 43.22             | 67.89     | 1.55                   | 2.67            | 0.86               |                |                | 5.93     | 30.51    | 63.56    |
| 145   | 0.24     | 0.61     |          | 46.16             | 70.47     | 1.51                   | 2.67            | 0.79               | 0.66           | 3.91           | 1.68     | 32.08    | 66.24    |
| 155   | 0.22     | 0.94     | 2.84     | 44.27             | 68.76     | 1.53                   | 2.66            | 0.83               | 0.32           | 3.73           | 3.86     | 35.41    | 60.72    |
| 165   | 0.24     | 0.92     |          | 45.4              | 69.78     | 1.52                   | 2.66            | 0.8                |                |                | 1.30     | 40.48    | 58.22    |
| 175   | 0.2      | 0.99     | 3.49     | 41.36             | 66.1      | 1.58                   | 2.66            | 0.9                | 0.1            | 4.66           | 0.79     | 43.44    | 55.77    |
| 185   | 0.25     | 0.81     |          | 46.27             | 70.56     | 1.51                   | 2.67            | 0.78               |                |                | 0.21     | 34.05    | 65.74    |
| 195   | 0.24     | 0.84     |          | 46.03             | 70.33     | 1.51                   | 2.66            | 0.79               |                |                | 0.15     | 34.56    | 65.29    |
| 205   | 0.28     | 0.5      | 4.03     | 45.06             | 69.49     | 1.52                   | 2.66            | 0.81               | 0.21           | 4.79           | 4.50     | 31.94    | 63.56    |
| 215   | 0.21     | 0.62     | 2.43     | 44.9              | 69.31     | 1.53                   | 2.66            | 0.82               |                |                | 0.47     | 30.43    | 69.10    |
| 225   | 0.27     | 0.39     | 3.78     | 45.8              | 70.2      | 1.51                   | 2.67            | 0.8                |                |                | 0.83     | 31.60    | 67.57    |
| 235   | 0.27     | 0.52     |          | 44.57             | 69.06     | 1.53                   | 2.66            | 0.82               |                |                | 0.25     | 39.72    | 60.03    |
| 245   | 0.29     | 0.4      | 4.1      | 45.57             | 69.9      | 1.52                   | 2.66            | 0.8                |                |                | 0.20     | 37.16    | 62.64    |
| 255   | 0.27     | 1.74     |          | 46.02             | 70.52     | 1.51                   | 2.69            | 0.79               | 0.26           | 4.7            | 0.68     | 31.95    | 67.36    |
| 260   | 0.21     | 2.08     |          | 45.9              | 70.43     | 1.52                   | 2.69            | 0.79               | 0.32           | 4.78           | 1.00     | 27.54    | 71.46    |
| 265   | 0.16     | 2.67     | 5.64     | 48.01             | 72.2      | 1.49                   | 2.69            | 0.75               | 0.19           | 4.66           | 3.81     | 25.85    | 70.34    |
| 275   | 0.2      | 6.19     | 5.33     | 50.1              | 73.73     | 1.45                   | 2.66            | 0.7                | 0.42           | 4.49           | 4.41     | 38.41    | 57.18    |
| 280   | 0.18     | 10.23    | 7.03     | 53.02             | 75.97     | 1.42                   | 2.66            | 0.64               | 0.81           | 4.41           | 6.92     | 37.91    | 55.17    |
| 285   | 0.16     | 18.15    | 6.81     | 54.51             | 77.12     | 1.4                    | 2.66            | 0.61               | 0.88           | 4.29           | 9.70     | 41.70    | 48.60    |
| 290   | 0.14     | 18.32    | 4.05     | 51.88             | 75.17     | 1.43                   | 2.67            | 0.66               | 0.5            | 4.3            | 4.47     | 46.69    | 48.83    |
| 295   | 0.14     | 10.67    | 5.95     | 56.2              | 78.35     | 1.38                   | 2.66            | 0.58               | 0.27           | 4.29           | 15.65    | 44.58    | 39.78    |
| 300   | 0.11     | 18.19    | 5.98     | 59                | 80.26     | 1.34                   | 2.65            | 0.52               | 0.72           | 3.73           | 12.30    | 57.08    | 30.62    |
| 305   | 0.09     | 0.37     | 5.64     | 55.31             | 77.73     | 1.39                   | 2.66            | 0.59               | 0.54           | 4              | 7.07     | 63.81    | 29.12    |
| 310   | 0.09     | 0.27     |          | 50.51             | 74.1      | 1.45                   | 2.67            | 0.69               | 0.31           | 4.47           | 4.85     | 58.07    | 37.08    |
| 315   | 0.07     | 0.12     | 2.93     | 41.56             | 66.4      | 1.58                   | 2.67            | 0.9                | 0.36           | 4.37           | 1.71     | 52.42    | 45.87    |
| 320   | 0.07     | 0.24     |          | 38.03             | 62.93     | 1.64                   | 2.67            | 0.99               | 0.5            | 4.36           | 1.09     | 53.30    | 45.61    |
| 325   | 0.05     | 0.12     | 2.6      | 32.66             | 57.18     | 1.73                   | 2.67            | 1.14               |                |                | 1.32     | 69.05    | 29.62    |
| 330   | 0.07     | 0.2      |          | 40.09             | 64.94     | 1.6                    | 2.67            | 0.94               | 0.39           | 4.17           | 1.60     | 53.16    | 45.24    |
| 335   | 0.06     | 0.03     |          | 32.36             | 56.73     | 1.73                   | 2.66            | 1.15               |                |                | 0.80     | 67.83    | 31.37    |
| 340   | 0.07     | 0.53     | 2.05     | 38.32             | 63.19     | 1.63                   | 2.67            | 0.98               | 0.31           | 4.22           | 0.20     | 49.49    | 50.31    |
| 345   | 0.08     | 0.09     |          | 33.68             | 58.23     | 1.71                   | 2.66            | 1.11               | 0.45           | 4.42           | 0.64     | 64.52    | 34.84    |
| 352   | 0.06     | 0.03     | 0.76     | 29.86             | 53.8      | 1.78                   | 2.66            | 1.23               | 0.37           | 3.98           | 1.17     | 78.59    | 20.24    |
| 355   | 0.09     | 0.1      |          | 37.02             | 61.97     | 1.65                   | 2.68            | 1.02               | 0.37           | 4.06           | 1.01     | 64.49    | 34.50    |
| 360   | 0.1      | 0.17     | 1.58     | 39.5              | 64.38     | 1.61                   | 2.67            | 0.95               |                |                | 3.04     | 47.18    | 49.77    |
| 365   | 0.17     | 0.15     |          | 42.55             | 67.24     | 1.56                   | 2.67            | 0.87               | 0.44           | 4.29           | 0.44     | 40.07    | 59.48    |
| 370   | 0.19     | 0.28     | 1.93     | 43.91             | 68.53     | 1.54                   | 2.67            | 0.84               | 0.48           | 4.33           | 0.14     | 54.43    | 45.43    |
| 373   | 0.19     | 0.14     |          | 34.38             | 58.98     | 1.7                    | 2.66            | 1.09               |                |                | 0.23     | 63.55    | 36.22    |
| 380   | 0.35     | 0.61     | 1.12     | 41.44             | 66.13     | 1.58                   | 2.66            | 0.9                | 0.08           | 4.04           | 0.11     | 53.43    | 46.46    |
| 385   | 0.51     | 0.82     | 3.34     | 41.69             | 66.29     | 1.57                   | 2.65            | 0.89               | 0.26           | 4.95           | 0.04     | 36.87    | 63.09    |
| 390   | 0.36     | 0.53     | 1.74     | 38.75             | 63.55     | 1.62                   | 2.66            | 0.97               | 0.22           | 4.05           | 0.11     | 53.06    | 46.82    |
| 400   | 0.51     | 0.81     | 1.61     | 39.96             | 64.72     | 1.6                    | 2.66            | 0.94               | 0.39           | 4.67           | 0.56     | 49.02    | 50.42    |
| 410   | 0.27     | 0.26     |          | 33.28             | 57.76     | 1.71                   | 2.66            | 1.12               | 0.21           | 4.37           | 0.11     | 68.45    | 31.44    |
| 420   | 0.35     | 0.68     | 2.18     | 39.84             | 64.59     | 1.6                    | 2.66            | 0.94               |                |                | 1.97     | 39.22    | 58.82    |
| 430   | 0.35     | 0.76     | 3.02     | 38.9              | 63.67     | 1.62                   | 2.66            | 0.97               |                |                | 6.68     | 37.29    | 56.03    |
| 440   | 0.28     | 0.58     |          | 33.22             | 57.71     | 1.72                   | 2.66            | 1.13               |                |                | 1.22     | 63.51    | 35.27    |
| 450   | 0.36     | 0.88     | 1.79     | 38.97             | 63.7      | 1.62                   | 2.65            | 0.96               |                |                | 0.69     | 53.51    | 45.80    |
| 460   | 0.15     | 0.51     |          | 28.8              | 52.57     | 1.8                    | 2.67            | 1.27               |                |                | 26.85    | 33.44    | 39.71    |
| 465   | 0.16     | 0.27     | 2.99     | 32.56             | 57.05     | 1.73                   | 2.67            | 1.15               |                |                | 1.35     | 64.85    | 33.80    |
| 470   | 0.17     | 0.31     | 1.97     | 34.98             | 59.67     | 1.69                   | 2.66            | 1.07               |                |                | 1.57     | 55.82    | 42.61    |
| 480   | 0.24     | 0.59     |          | 40.39             | 65.31     | 1.6                    | 2.68            | 0.93               | 0.27           | 4.33           | 0.04     | 38.05    | 61.91    |
| 490   | 0.16     | 0.55     | 1.95     | 38.49             | 63.33     | 1.63                   | 2.67            | 0.98               |                |                | 1.95     | 38.65    | 59.40    |

# A. Anhang

Tab. A.3.: Sedimentologische und sedimentphysikalische Daten des Kern PS2556-2; Fortsetzung

| Tiefe | C org    | Karbonat | Opal     | Wassergehalt | Porosität | Feuchtraumdichte | Korndichte | Trockendichte | δ13C      | δ18O      | Sand     | Silt     | Ton      |
|-------|----------|----------|----------|--------------|-----------|------------------|------------|---------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| [cm]  | [Gew. %] | [Gew. %] | [Gew. %] | [Gew. %]     | [%]       | [g/ccm]          | [g/ccm]    | [g/ccm]       | [ppm PDB] | [ppm PDB] | [Gew. %] | [Gew. %] | [Gew. %] |
| 500   | 0.19     | 0.51     | 2.33     | 35.94        | 60.63     | 1.67             | 2.66       | 1.05          | 0.1       | 4.29      | 8.30     | 36.15    | 55.55    |
| 510   | 0.15     | 0.41     |          | 41.01        | 65.94     | 1.59             | 2.68       | 0.91          | 0.17      | 4.3       | 0.06     | 40.42    | 59.52    |
| 520   | 0.21     | 0.53     | 2.11     | 39.39        | 64.29     | 1.61             | 2.67       | 0.95          | 0.22      | 4.19      | 0.76     | 34.52    | 64.73    |
| 530   | 0.19     | 1.06     |          | 40.39        | 65.27     | 1.6              | 2.67       | 0.93          | 0.31      | 4.51      | 0.01     | 36.52    | 63.47    |
| 540   | 0.18     | 0.97     | 1.49     | 36.29        | 61.12     | 1.66             | 2.67       | 1.04          | 0.4       | 4.46      | 0.06     | 51.26    | 48.68    |
| 550   | 0.14     | 1.15     | 2.45     | 30.35        | 54.46     | 1.77             | 2.67       | 1.22          | 0.34      | 4.44      | 0.18     | 69.58    | 30.25    |
| 560   | 0.18     | 1.16     |          | 32.21        | 56.63     | 1.74             | 2.67       | 1.16          | 0.34      | 4.37      | 0.04     | 66.65    | 33.31    |
| 565   | 0.23     | 1.26     | 3.04     | 36.83        | 61.66     | 1.65             | 2.67       | 1.02          | 0.3       | 4.12      | 0.01     | 48.31    | 51.68    |
| 575   | 0.21     | 1.32     |          | 36.98        | 61.78     | 1.65             | 2.66       | 1.02          | 0.35      | 4.26      | 0.00     | 40.91    | 59.09    |
| 585   | 0.21     | 1.27     | 2.84     | 39.29        | 64.22     | 1.61             | 2.68       | 0.96          | 0.35      | 4.4       | 0.19     | 36.29    | 63.52    |
| 595   | 0.2      | 1.29     |          | 37.88        | 62.8      | 1.64             | 2.67       | 1             | 0.48      | 4.33      | 0.50     | 45.43    | 54.07    |
| 605   | 0.18     | 1.01     | 2.44     | 36.68        | 61.59     | 1.66             | 2.68       | 1.03          | 0.52      | 4.39      | 1.32     | 40.49    | 58.19    |
| 610   | 0.09     | 0.6      |          | 28.78        | 52.59     | 1.81             | 2.67       | 1.27          | 0.35      | 4.43      | 3.07     | 59.32    | 37.61    |
| 615   | 0.11     | 0.49     | 2.6      | 41.66        | 66.43     | 1.58             | 2.67       | 0.9           | 0.3       | 4.39      | 6.92     | 37.68    | 55.41    |
| 625   | 0.09     | 0.31     |          | 37.24        | 62.22     | 1.65             | 2.68       | 1.01          |           |           | 5.41     | 21.01    | 73.58    |
| 635   | 0.14     | 0.56     | 2.26     | 36.21        | 61.14     | 1.67             | 2.68       | 1.04          |           |           | 6.98     | 39.32    | 53.70    |
| 645   | 0.16     | 0.61     |          | 38.7         | 63.64     | 1.62             | 2.68       | 0.97          |           |           | 0.37     | 30.64    | 68.99    |
| 650   | 0.19     | 0.69     | 2.63     | 36.43        | 61.25     | 1.66             | 2.67       | 1.03          |           |           | 0.66     | 39.05    | 60.29    |
| 657   | 0.31     | 1.2      | 1.54     | 33.61        | 58.19     | 1.71             | 2.67       | 1.12          |           |           | 0.41     | 62.34    | 37.25    |
| 665   | 0.23     | 0.93     |          | 33.08        | 57.54     | 1.72             | 2.66       | 1.13          |           |           | 0.35     | 53.81    | 45.85    |
| 675   | 0.17     | 0.76     | 2.81     | 39.22        | 64.17     | 1.62             | 2.68       | 0.96          |           |           | 1.10     | 35.77    | 63.12    |
| 685   | 0.17     | 1.07     |          | 35.74        | 60.56     | 1.67             | 2.67       | 1.05          |           |           | 0.02     | 41.10    | 58.88    |
| 695   | 0.18     | 1.21     | 2.15     | 35.44        | 60.22     | 1.68             | 2.67       | 1.06          |           |           | 0.00     | 0.00     | 0.00     |
| 705   | 0.32     | 1.24     | 1.95     | 39.21        | 64.05     | 1.61             | 2.67       | 0.96          |           |           | 0.16     | 37.14    | 62.70    |
| 715   | 0.16     | 0.72     | 1.87     | 35.86        | 60.77     | 1.67             | 2.68       | 1.05          |           |           | 0.01     | 41.44    | 58.55    |
| 725   | 0.16     | 0.98     |          | 36.4         | 61.26     | 1.66             | 2.67       | 1.04          |           |           | 0.15     | 37.79    | 62.06    |
| 735   | 0.23     | 0.36     | 1.86     | 27.91        | 51.39     | 1.82             | 2.66       | 1.29          |           |           | 2.50     | 62.05    | 35.45    |
| 745   | 0.34     | 0.13     |          | 35.89        | 60.64     | 1.67             | 2.66       | 1.05          |           |           | 3.44     | 44.33    | 52.23    |
| 750   | 0.34     | 0.21     | 1.54     | 34.3         | 58.9      | 1.7              | 2.66       | 1.09          |           |           | 0.49     | 50.27    | 49.24    |
| 760   | 0.47     | 0.4      | 3.44     | 38.1         | 62.83     | 1.63             | 2.65       | 0.99          |           |           | 0.88     | 46.27    | 52.85    |
| 765   | 0.52     | 0.66     |          | 39.04        | 63.82     | 1.62             | 2.66       | 0.96          | 0.1       | 4.46      | 0.54     | 35.70    | 63.76    |
| 770   | 0.46     | 0.4      |          | 35.15        | 59.84     | 1.68             | 2.66       | 1.07          |           |           | 0.30     | 48.03    | 51.68    |
| 780   | 0.29     | 0.91     |          | 34.2         | 58.86     | 1.7              | 2.67       | 1.1           | 0         | 4.33      | 6.68     | 38.35    | 54.96    |
| 785   | 0.16     | 4.8      | 3.63     | 39.29        | 64.21     | 1.61             | 2.67       | 0.96          | 0.05      | 4.45      | 7.60     | 31.22    | 61.18    |
| 790   | 0.16     | 2.47     | 2.98     | 40.45        | 65.38     | 1.6              | 2.68       | 0.93          | -0.01     | 4.42      | 7.92     | 32.72    | 59.36    |
| 795   | 0.12     | 4.22     | 3.4      | 39.72        | 64.67     | 1.61             | 2.68       | 0.95          | -0.07     | 4.5       | 27.06    | 39.21    | 33.73    |
| 800   | 0.14     | 10.63    |          | 49.6         | 73.39     | 1.46             | 2.67       | 0.71          | 0.06      | 4.22      | 10.80    | 42.93    | 46.27    |
| 805   | 0.11     | 9.38     | 7.46     | 50.46        | 74.05     | 1.45             | 2.67       | 0.69          | 0.1       | 4.27      | 13.40    | 47.67    | 38.93    |
| 810   | 0.09     | 13.12    | 6.74     | 51.62        | 74.93     | 1.43             | 2.66       | 0.67          | 0.09      | 4.24      | 11.89    | 60.50    | 27.61    |
| 815   | 0.09     | 0.64     | 5.85     | 47.91        | 72.05     | 1.49             | 2.68       | 0.75          | 0.07      | 4.47      | 10.99    | 58.10    | 30.91    |
| 820   | 0.08     | 0.23     | 2.63     | 34.99        | 59.75     | 1.69             | 2.67       | 1.08          | 0.23      | 4.33      | 6.60     | 39.53    | 53.87    |
| 825   | 0.08     | 0.08     |          | 37.8         | 62.69     | 1.64             | 2.67       | 1             | 0.02      | 4.2       | 0.77     | 40.78    | 58.45    |
| 830   | 0.09     | 0        | 2.43     | 36.77        | 61.58     | 1.65             | 2.67       | 1.02          | -0.08     | 4.32      | 1.70     | 41.41    | 56.90    |
| 835   | 0.08     | 0.06     |          | 38.45        | 63.33     | 1.63             | 2.67       | 0.98          | 0.18      | 4.27      | 0.91     | 38.37    | 60.72    |
| 840   | 0.09     | 0.08     | 2.38     | 35.43        | 60.19     | 1.68             | 2.67       | 1.06          | -0.04     | 4.33      | 0.02     | 48.64    | 51.34    |
| 845   | 0.09     | 0.16     |          | 34.71        | 59.48     | 1.69             | 2.68       | 1.08          |           |           | 0.05     | 53.49    | 46.46    |
| 850   | 0.12     | 0.24     | 2.81     | 38.42        | 63.35     | 1.63             | 2.68       | 0.98          |           |           | 0.00     | 44.31    | 55.69    |
| 855   | 0.24     | 0.56     |          | 37.95        | 62.81     | 1.64             | 2.67       | 0.99          | 0.01      | 4.25      | 0.21     | 46.49    | 53.30    |
| 860   | 0.32     | 1.12     | 1.92     | 30.65        | 54.73     | 1.76             | 2.66       | 1.2           |           |           | 0.30     | 56.33    | 43.37    |
| 865   | 0.43     | 0.39     |          | 32.14        | 56.43     | 1.74             | 2.66       | 1.16          | 0.07      | 4.23      | 0.71     | 55.22    | 44.07    |
| 875   | 0.53     | 0.67     | 1.6      | 35.61        | 60.27     | 1.67             | 2.66       | 1.06          | -0.18     | 4.74      | 0.21     | 41.72    | 58.07    |
| 885   | 0.47     | 0.97     | 1.43     | 33.86        | 58.46     | 1.71             | 2.67       | 1.11          | -0.12     | 4.46      | 0.18     | 44.86    | 54.96    |
| 895   | 0.54     | 0.98     |          | 35.4         | 60.12     | 1.68             | 2.66       | 1.06          |           |           | 0.00     | 42.00    | 58.00    |
| 905   | 0.28     | 0.8      |          | 28.7         | 52.44     | 1.81             | 2.67       | 1.27          |           |           | 0.15     | 58.45    | 41.41    |
| 915   | 0.52     | 0.87     | 1.71     | 34.2         | 58.77     | 1.7              | 2.66       | 1.1           |           |           | 0.04     | 47.61    | 52.34    |
| 925   | 0.4      | 1.09     | 0.87     | 30.85        | 54.99     | 1.76             | 2.66       | 1.2           |           |           | 0.08     | 67.17    | 32.75    |
| 935   | 0.47     | 1.05     |          | 33.49        | 58.07     | 1.71             | 2.67       | 1.12          |           |           | 0.04     | 59.37    | 40.60    |
| 945   | 0.61     | 0.84     | 1.47     | 36.16        | 60.85     | 1.66             | 2.66       | 1.04          |           |           | 0.04     | 44.48    | 55.48    |
| 955   | 0.49     | 1.24     |          | 32.41        | 56.8      | 1.73             | 2.66       | 1.15          |           |           | 0.07     | 48.57    | 51.37    |
| 960   | 0.63     | 0.62     | 1.54     | 35.09        | 59.71     | 1.68             | 2.66       | 1.07          |           |           | 0.12     | 48.56    | 51.32    |
| 961   |          |          |          |              |           |                  |            |               |           |           |          |          |          |
| 962   |          |          |          |              |           |                  |            |               |           |           |          |          |          |

Tab. A.4.: Ergebnisse der Komponentenanalyse an der Fraktion  $> 63\mu\text{m}$ 

| Tiefe<br>[cm] | Litho-<br>klasten<br>[%] | Qu. und<br>Fsp.<br>[%] | Mafite<br>[%] | Glimmer<br>[%] | vulk.<br>Glas<br>[%] | sonst.<br>Minerale<br>[%] | Mikromn.<br>Knollen<br>[%] | planktische<br>Forams.<br>[%] | Foram.<br>Bruch<br>[%] | benth. kalk<br>Forams.<br>[%] | benth. aggl.<br>Forams.<br>[%] | Radiol.<br>[%] | sonst.<br>Biog.<br>[%] |
|---------------|--------------------------|------------------------|---------------|----------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|------------------------|
| 1             | 5.94                     | 27.55                  | 0.48          | 0.00           | 0.00                 | 4.04                      | 0.00                       | 40.14                         | 19.24                  | 0.71                          | 0.71                           | 1.19           | 0.00                   |
| 7             | 1.71                     | 93.73                  | 0.85          | 0.00           | 0.00                 | 1.71                      | 0.00                       | 0.28                          | 1.42                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.28           | 0.00                   |
| 12            | 2.70                     | 86.22                  | 1.89          | 1.08           | 0.00                 | 1.89                      | 0.00                       | 1.89                          | 4.32                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 20            | 4.46                     | 85.24                  | 1.39          | 0.84           | 0.00                 | 5.01                      | 0.00                       | 0.28                          | 1.95                   | 0.28                          | 0.00                           | 0.56           | 0.00                   |
| 30            | 4.93                     | 70.89                  | 2.11          | 0.70           | 0.00                 | 1.88                      | 9.62                       | 2.82                          | 6.81                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.23           | 0.00                   |
| 40            | 2.57                     | 86.89                  | 1.03          | 1.54           | 0.00                 | 1.29                      | 5.40                       | 1.03                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.26           | 0.00                   |
| 50            | 0.40                     | 4.17                   | 0.40          | 0.40           | 0.00                 | 0.20                      | 79.37                      | 6.35                          | 7.94                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.79           | 0.00                   |
| 55            | 1.39                     | 45.64                  | 0.70          | 0.35           | 0.00                 | 2.09                      | 10.80                      | 16.03                         | 21.95                  | 0.00                          | 0.00                           | 1.05           | 0.00                   |
| 60            | 3.87                     | 88.40                  | 0.55          | 1.38           | 0.00                 | 2.21                      | 1.66                       | 0.28                          | 1.66                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 66            | 2.21                     | 94.59                  | 0.74          | 0.74           | 0.00                 | 1.72                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 75            | 5.21                     | 89.25                  | 0.33          | 2.28           | 0.00                 | 2.93                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 85            | 2.30                     | 92.53                  | 1.72          | 0.86           | 0.00                 | 2.59                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 95            | 3.23                     | 91.56                  | 0.25          | 1.49           | 0.00                 | 3.47                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 105           | 3.82                     | 84.35                  | 1.91          | 2.29           | 0.00                 | 3.82                      | 0.00                       | 0.00                          | 3.44                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.38                   |
| 115           | 3.12                     | 89.21                  | 0.24          | 2.40           | 0.00                 | 2.88                      | 1.68                       | 0.24                          | 0.00                   | 0.24                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 125           | 4.07                     | 91.87                  | 0.81          | 0.27           | 0.00                 | 2.98                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 135           | 2.60                     | 94.81                  | 1.04          | 0.78           | 0.00                 | 0.78                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 145           | 3.54                     | 93.63                  | 1.18          | 0.47           | 0.00                 | 1.18                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 155           | 0.81                     | 94.85                  | 0.81          | 1.08           | 0.00                 | 2.44                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 165           | 3.10                     | 93.80                  | 0.28          | 0.28           | 0.00                 | 2.54                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 175           | 2.30                     | 95.11                  | 0.57          | 0.29           | 0.00                 | 1.72                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 185           | 2.98                     | 94.05                  | 0.60          | 0.30           | 0.00                 | 2.08                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 195           | 1.72                     | 94.41                  | 0.00          | 0.65           | 0.00                 | 3.23                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 205           | 0.84                     | 95.22                  | 0.56          | 0.56           | 0.00                 | 2.81                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 215           | 2.68                     | 89.60                  | 0.67          | 2.68           | 0.00                 | 4.36                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 225           | 4.95                     | 92.19                  | 0.00          | 1.04           | 0.00                 | 1.82                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 235           | 1.69                     | 92.96                  | 1.69          | 0.00           | 0.00                 | 2.82                      | 0.00                       | 0.56                          | 0.28                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 245           | 1.77                     | 92.41                  | 0.51          | 0.76           | 0.00                 | 4.56                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 255           | 0.85                     | 59.60                  | 0.28          | 0.85           | 0.00                 | 2.82                      | 0.00                       | 32.77                         | 2.26                   | 0.56                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 260           | 0.57                     | 55.24                  | 0.28          | 0.57           | 0.00                 | 3.97                      | 0.00                       | 24.08                         | 13.31                  | 1.98                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 265           | 1.14                     | 54.69                  | 0.23          | 0.92           | 0.00                 | 2.97                      | 0.00                       | 26.32                         | 12.36                  | 0.92                          | 0.00                           | 0.00           | 0.46                   |
| 275           | 1.09                     | 9.02                   | 0.00          | 1.64           | 30.05                | 2.73                      | 0.00                       | 39.34                         | 14.21                  | 1.37                          | 0.00                           | 0.27           | 0.27                   |
| 280           | 3.98                     | 19.91                  | 0.44          | 0.00           | 5.31                 | 4.20                      | 0.00                       | 52.43                         | 13.72                  | 1.31                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 285           | 3.81                     | 9.96                   | 0.42          | 1.06           | 1.06                 | 1.27                      | 0.00                       | 56.78                         | 23.09                  | 2.54                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 290           | 2.90                     | 18.12                  | 0.36          | 0.36           | 1.45                 | 1.81                      | 0.00                       | 50.36                         | 23.19                  | 1.45                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 295           | 1.95                     | 18.52                  | 0.39          | 0.19           | 0.97                 | 2.92                      | 0.00                       | 36.06                         | 38.40                  | 0.58                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 300           | 2.52                     | 21.75                  | 0.80          | 1.46           | 3.98                 | 1.59                      | 0.00                       | 16.05                         | 50.40                  | 1.46                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 305           | 2.67                     | 44.32                  | 2.23          | 8.24           | 31.63                | 4.45                      | 2.90                       | 0.45                          | 1.56                   | 0.22                          | 0.00                           | 0.89           | 0.45                   |
| 310           | 10.19                    | 68.06                  | 1.62          | 2.08           | 13.66                | 4.40                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 315           | 4.01                     | 86.19                  | 1.34          | 2.23           | 0.67                 | 3.79                      | 0.67                       | 0.00                          | 1.11                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 320           | 1.57                     | 55.24                  | 0.00          | 1.05           | 0.00                 | 2.10                      | 40.03                      | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 325           | 1.73                     | 34.23                  | 0.38          | 1.73           | 0.00                 | 4.23                      | 57.69                      | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 330           | 2.74                     | 73.38                  | 0.75          | 2.24           | 0.00                 | 5.72                      | 15.17                      | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 335           | 1.66                     | 72.32                  | 0.18          | 11.07          | 0.00                 | 3.69                      | 11.07                      | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 340           | 1.16                     | 36.05                  | 0.00          | 4.88           | 0.00                 | 0.93                      | 56.98                      | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 345           | 0.00                     | 24.01                  | 0.00          | 3.61           | 0.00                 | 0.00                      | 72.20                      | 0.00                          | 0.18                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 352           | 0.71                     | 70.87                  | 0.00          | 19.89          | 0.00                 | 2.49                      | 6.04                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 355           | 1.34                     | 86.29                  | 0.54          | 3.23           | 0.00                 | 2.69                      | 5.91                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 360           | 14.80                    | 56.40                  | 0.80          | 2.80           | 0.00                 | 2.40                      | 22.80                      | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 365           | 0.00                     | 14.74                  | 0.00          | 1.50           | 0.00                 | 0.43                      | 83.33                      | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 370           | 1.03                     | 20.45                  | 1.03          | 2.07           | 0.00                 | 1.45                      | 73.55                      | 0.21                          | 0.21                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 373           | 0.97                     | 34.82                  | 0.97          | 5.45           | 0.00                 | 2.33                      | 55.45                      | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 380           | 1.37                     | 83.56                  | 2.40          | 6.16           | 0.00                 | 1.37                      | 3.77                       | 0.34                          | 1.03                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 385           | 1.69                     | 91.53                  | 2.26          | 1.98           | 0.00                 | 2.26                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.28                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 390           | 1.55                     | 75.72                  | 14.13         | 4.64           | 0.00                 | 3.53                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.22           | 0.22                   |
| 400           | 3.20                     | 83.14                  | 3.49          | 5.23           | 0.00                 | 4.94                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 410           | 3.00                     | 64.38                  | 17.17         | 11.37          | 0.00                 | 3.65                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.21                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.21           | 0.00                   |
| 420           | 5.95                     | 86.76                  | 3.51          | 0.00           | 0.00                 | 3.78                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 430           | 4.00                     | 92.29                  | 1.43          | 0.57           | 0.00                 | 1.71                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 440           | 4.79                     | 82.25                  | 5.63          | 6.48           | 0.00                 | 0.85                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 450           | 2.76                     | 84.42                  | 2.76          | 7.79           | 0.00                 | 2.26                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 460           | 2.44                     | 87.04                  | 1.47          | 4.89           | 0.00                 | 4.16                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 465           | 3.64                     | 80.34                  | 3.40          | 5.83           | 0.00                 | 6.80                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 470           | 3.52                     | 84.28                  | 3.25          | 3.25           | 0.00                 | 5.69                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 480           | 5.51                     | 81.36                  | 3.41          | 3.15           | 0.00                 | 5.51                      | 0.00                       | 0.26                          | 0.79                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |
| 490           | 2.43                     | 89.78                  | 0.73          | 1.95           | 0.00                 | 5.11                      | 0.00                       | 0.00                          | 0.00                   | 0.00                          | 0.00                           | 0.00           | 0.00                   |

Tab. A.5.: Ergebnisse der Komponentenanalyse an der Fraktion > 63µm; Fortsetzung

| Tiefe | Litho-<br>klasten | Qu. und<br>Fsp. | Mafite | Glimmer | vulk.<br>Glas | sonst.<br>Minerale | Mikromn.<br>Knollen | planktische<br>Forams. | Foram.<br>Bruch | benth. kalk<br>Forams. | benth. aggl.<br>Forams. | Radiol. | sonst.<br>Biog. |
|-------|-------------------|-----------------|--------|---------|---------------|--------------------|---------------------|------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|---------|-----------------|
| [cm]  | [%]               | [%]             | [%]    | [%]     | [%]           | [%]                | [%]                 | [%]                    | [%]             | [%]                    | [%]                     | [%]     | [%]             |
| 500   | 3.88              | 88.37           | 2.84   | 1.81    | 0.00          | 3.10               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 510   | 6.30              | 80.84           | 1.31   | 3.41    | 0.00          | 6.56               | 0.00                | 0.52                   | 1.05            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 520   | 4.52              | 87.29           | 0.85   | 0.56    | 0.00          | 3.95               | 0.00                | 0.00                   | 2.82            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 530   | 2.33              | 93.29           | 2.62   | 0.00    | 0.00          | 0.00               | 0.00                | 0.58                   | 1.17            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 540   | 4.91              | 82.24           | 2.57   | 1.64    | 0.70          | 4.91               | 0.00                | 1.17                   | 1.87            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 550   | 1.00              | 71.74           | 16.03  | 6.81    | 0.00          | 2.40               | 0.00                | 0.80                   | 1.20            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 560   | 2.03              | 59.23           | 23.94  | 6.90    | 0.00          | 4.06               | 0.00                | 1.62                   | 1.42            | 0.20                   | 0.00                    | 0.00    | 0.61            |
| 565   | 1.67              | 83.05           | 5.25   | 0.72    | 0.24          | 3.10               | 0.00                | 2.86                   | 2.86            | 0.24                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 575   | 3.06              | 64.54           | 6.63   | 1.28    | 1.79          | 2.81               | 0.00                | 7.91                   | 11.73           | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.26            |
| 585   | 1.33              | 76.77           | 0.00   | 0.66    | 0.66          | 3.10               | 0.00                | 9.73                   | 7.52            | 0.22                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 595   | 3.36              | 87.08           | 1.03   | 0.26    | 0.52          | 4.13               | 0.00                | 2.33                   | 1.29            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 605   | 2.21              | 87.85           | 1.10   | 0.00    | 0.00          | 3.31               | 0.00                | 1.66                   | 3.87            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 610   | 1.99              | 73.38           | 1.49   | 12.44   | 0.00          | 4.73               | 0.00                | 0.25                   | 5.72            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 625   | 2.94              | 89.84           | 0.53   | 1.87    | 0.00          | 4.28               | 0.00                | 0.27                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.27            |
| 635   | 2.35              | 86.47           | 1.47   | 3.82    | 0.00          | 5.88               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 645   | 7.06              | 68.11           | 2.51   | 2.28    | 0.00          | 6.61               | 0.00                | 0.00                   | 13.44           | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 650   | 0.00              | 89.58           | 0.52   | 5.47    | 0.00          | 4.43               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 657   | 4.42              | 86.05           | 4.19   | 0.23    | 0.00          | 5.12               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 665   | 0.98              | 84.28           | 4.67   | 4.18    | 0.00          | 5.90               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 675   | 4.09              | 92.07           | 0.77   | 0.00    | 0.00          | 3.07               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 685   | 3.35              | 91.62           | 1.40   | 1.40    | 0.00          | 2.23               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 695   | 7.08              | 87.02           | 1.18   | 1.18    | 0.00          | 3.54               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 705   | 5.85              | 85.50           | 4.07   | 1.78    | 0.00          | 2.80               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 715   | 0.60              | 94.26           | 2.11   | 0.00    | 0.00          | 3.02               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 725   | 5.83              | 89.24           | 2.24   | 0.90    | 0.00          | 1.79               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 735   | 3.91              | 78.73           | 7.09   | 1.96    | 0.00          | 7.58               | 0.00                | 0.24                   | 0.49            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 745   | 6.52              | 85.55           | 2.27   | 0.28    | 0.00          | 5.38               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 750   | 3.41              | 71.54           | 12.02  | 9.02    | 0.00          | 4.01               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 760   | 4.50              | 82.70           | 6.64   | 2.84    | 0.00          | 3.32               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 765   | 6.18              | 78.23           | 4.30   | 4.03    | 0.00          | 6.18               | 0.00                | 0.00                   | 0.81            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.27            |
| 770   | 2.07              | 78.16           | 10.11  | 2.76    | 0.00          | 5.98               | 0.00                | 0.00                   | 0.92            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 780   | 3.64              | 88.31           | 2.60   | 1.30    | 0.00          | 4.16               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 785   | 4.50              | 61.24           | 1.07   | 0.64    | 0.00          | 6.00               | 0.00                | 18.84                  | 7.07            | 0.64                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 790   | 2.39              | 67.99           | 0.20   | 0.40    | 0.00          | 7.95               | 0.00                | 10.74                  | 10.14           | 0.20                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 795   | 3.18              | 70.18           | 0.20   | 0.40    | 0.00          | 5.17               | 0.00                | 10.34                  | 9.94            | 0.60                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 800   | 11.95             | 8.18            | 0.31   | 2.52    | 0.63          | 2.52               | 0.00                | 49.69                  | 22.96           | 1.26                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 805   | 11.70             | 23.39           | 0.46   | 0.92    | 6.88          | 13.30              | 0.00                | 13.53                  | 28.44           | 1.15                   | 0.00                    | 0.00    | 0.23            |
| 810   | 5.19              | 39.95           | 0.78   | 1.56    | 4.15          | 3.63               | 0.39                | 5.06                   | 37.35           | 1.56                   | 0.00                    | 0.26    | 0.13            |
| 815   | 4.62              | 87.23           | 0.82   | 1.36    | 0.27          | 5.71               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 820   | 7.37              | 86.12           | 1.13   | 0.85    | 0.00          | 4.25               | 0.00                | 0.28                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 825   | 6.16              | 84.70           | 1.14   | 0.23    | 0.46          | 7.31               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 830   | 3.43              | 78.26           | 0.69   | 0.23    | 0.00          | 5.95               | 10.98               | 0.46                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 835   | 3.29              | 79.24           | 3.29   | 1.01    | 0.00          | 7.34               | 4.30                | 0.25                   | 1.27            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 840   | 0.48              | 18.84           | 1.93   | 0.48    | 0.00          | 0.97               | 76.81               | 0.24                   | 0.00            | 0.24                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 845   | 5.26              | 86.58           | 1.05   | 0.79    | 0.00          | 5.53               | 0.00                | 0.00                   | 0.79            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 850   | 3.38              | 74.88           | 3.86   | 0.48    | 0.00          | 8.21               | 0.00                | 2.66                   | 6.52            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 855   | 2.08              | 90.50           | 1.48   | 0.59    | 0.00          | 4.15               | 0.00                | 0.89                   | 0.30            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 860   | 1.21              | 84.78           | 6.52   | 2.42    | 0.00          | 2.90               | 0.00                | 1.21                   | 0.97            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 865   | 0.31              | 90.99           | 2.48   | 2.17    | 0.00          | 3.73               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.31    | 0.00            |
| 875   | 2.01              | 82.37           | 7.37   | 2.68    | 0.00          | 3.57               | 0.00                | 0.00                   | 2.01            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 885   | 4.24              | 76.71           | 9.41   | 3.06    | 0.00          | 5.88               | 0.00                | 0.00                   | 0.71            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 895   | 2.70              | 82.11           | 6.13   | 0.98    | 0.00          | 7.11               | 0.00                | 0.49                   | 0.25            | 0.25                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 905   | 0.00              | 75.87           | 8.04   | 10.43   | 0.00          | 5.22               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.43            |
| 915   | 0.00              | 82.31           | 4.56   | 9.65    | 0.00          | 3.49               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.00    | 0.00            |
| 925   | 0.00              | 36.59           | 35.16  | 23.78   | 0.00          | 3.46               | 0.00                | 0.00                   | 0.00            | 0.00                   | 0.00                    | 0.41    | 0.61            |
| 935   | 0.00              | 56.37           | 23.54  | 15.77   | 0.00          | 3.46               | 0.00                | 0.00                   | 0.22            | 0.00                   | 0.00                    | 0.22    | 0.43            |
| 945   | 0.00              | 27.89           | 29.60  | 38.14   | 0.00          | 2.28               | 0.00                | 0.19                   | 0.95            | 0.00                   | 0.00                    | 0.95    | 0.00            |
| 955   | 0.00              | 45.23           | 38.88  | 11.49   | 0.00          | 3.91               | 0.00                | 0.00                   | 0.24            | 0.00                   | 0.00                    | 0.24    | 0.00            |
| 960   | 9.62              | 52.31           | 16.15  | 2.69    | 0.00          | 8.85               | 0.00                | 1.92                   | 2.31            | 0.38                   | 0.00                    | 0.77    | 5.00            |

Tab. A.6.: Ergebnisse der Schwermineralanalyse

| Tiefe [cm]           | 75    | 275   | 305   | 460   |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Hbl [%]              | 32.51 | 27.86 | 19.18 | 23.77 |
| Augti [%]            | 2.48  | 3.23  | 3.46  | 2.58  |
| Aegirinaugit [%]     | 0.25  | 3.73  | 12.26 | 0.00  |
| Cpx [%]              | 4.47  | 11.19 | 15.41 | 3.62  |
| Opx ges [%]          | 4.71  | 2.24  | 5.66  | 4.39  |
| Epidotgruppe [%]     | 8.44  | 6.97  | 2.52  | 6.20  |
| Apatit               | 11.00 | 20.00 | 7.00  | 36.00 |
| Apatit [%]           | 2.73  | 4.98  | 2.20  | 9.30  |
| Turmalin [%]         | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Zirkon [%]           | 1.49  | 1.49  | 3.14  | 4.65  |
| Rutil [%]            | 0.00  | 0.75  | 2.52  | 0.52  |
| Titanit [%]          | 0.50  | 0.25  | 0.63  | 2.58  |
| Granat allg [%]      | 4.71  | 2.99  | 13.52 | 3.88  |
| Disthen [%]          | 0.74  | 0.25  | 0.63  | 0.26  |
| Glimmer [%]          | 6.95  | 2.99  | 1.26  | 9.82  |
| Chlorit [%]          | 4.47  | 7.46  | 6.29  | 7.49  |
| Dolomit (Calcit) [%] | 0.00  | 1.49  | 0.31  | 2.84  |
| Opak [%]             | 24.57 | 21.39 | 10.38 | 18.09 |

