

# BERICHTE

aus dem Fachbereich Geowissenschaften  
der Universität Bremen

Nr.22

Hebbeln, Dierk

**Spätquartäre Stratigraphie und Paläozeanographie  
in der Fram-Straße**

Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Nr.22,  
174 S., 58 Abb., 13 Tab., Bremen 1991



ISSN 0931-0800

Die "Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften" werden in unregelmäßigen Abständen vom Fachbereich 5, Universität Bremen, herausgegeben.

Sie dienen der Veröffentlichung von Forschungsarbeiten, Doktorarbeiten und wissenschaftlichen Beiträgen, die im Fachbereich angefertigt wurden.

Die Berichte können beim:

Fachbereich 5 Geowissenschaften

Universität Bremen

Klagenfurterstr.

2800 BREMEN 33

Telefon: (0421) 218-4124

Telex: UNI245811

angefordert werden.

Zitat:

Hebbeln, D.:

Spätquartäre Stratigraphie und Paläozeanographie in der Fram-Straße.

Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Nr. 22, 174 S., 58 Abb., 13 Tab., Bremen 1991.

**Spätquartäre Stratigraphie und Paläozeanographie  
in der Fram-Straße**

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
am Fachbereich Geowissenschaften  
der Universität Bremen

vorgelegt von  
Dierk Hebbeln  
September 1991



## DANKSAGUNG

Für die Anregung zu dieser Arbeit und die Betreuung bei der Durchführung danke ich Herrn Prof. Dr. Gerold Wefer.

Bei der Durchführung dieser Arbeit wurde ich von allen Mitarbeitern der Arbeitsgruppe Meeresgeologie des Fachbereiches Geowissenschaften der Universität Bremen in dankenswerter Weise unterstützt. Für zahlreiche anregende Diskussionen und Kommentare bedanke ich mich besonders bei Heinrich Berner, Jörn Carstens, Gerhard Fischer, Peter Müller, Norbert Nowaczyk, Jürgen Pätzold, Götz Ruhland und Heike Schmidt. Mein ganz besonderer Dank gilt Gerhard Fischer, der diese Arbeit in mehreren Stadien ihrer Entwicklung kritisch durchgelesen hat, und Götz Ruhland, der mir bei allen Computerfragen stets sofort behilflich war.

Bei den Arbeiten im Geochemie-, im Massenspektrometer- und im Opallabor wurde ich von Peter Vettters, Peter Müller, Monika Segl, Birgit Meyer, Istvan Pesza und Ralph Schneider tatkräftig unterstützt. Ihnen allen gilt mein Dank. Bedanken möchte ich mich auch bei Tanja Natolino, die unzählige Sedimentproben geschlämmt hat.

Besonders herzlich möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mich während meines gesamten Studiums immer großzügig unterstützt haben.

Die vorliegende Arbeit ist vom Bundesministerium für Forschung und Technologie im Rahmen der Projekte "Fram-Straße" und "Abbild klimatisch gesteuerter Prozesse in marinen Sedimenten der Arktis" finanziell gefördert worden.

## Zusammenfassung

An 14 Sedimentkernen von zwei Profilen durch die Fram-Straße auf 78°N und 80°N wurden sedimentologische, geochemische und mikropaläontologische Parameter analysiert. Diese Untersuchungen sind die Grundlage für die Rekonstruktion der paläozeanographischen Verhältnisse in diesem Meeresgebiet zwischen Grönland und Spitsbergen. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis der Stratigraphie der Sedimente. Anhand markanter Abfolgen bei den untersuchten Parametern konnten die stratigraphischen Einstufungen zweier, bereits datierter Sedimentkerne auf die hier bearbeiteten Kerne durch graphische Korrelation übertragen werden. Nach dieser Korrelation weisen die bearbeiteten Sedimente Alter bis zu 500.000 Jahre auf.

Die Sedimentationsraten werden hauptsächlich durch die Morphologie der Fram-Straße beeinflusst. Die höchsten Sedimentationsraten wurden am Kontinentalhang vor Spitsbergen gemessen und sind auf einen intensiven bodennahen Suspensionstransport zurückzuführen. Die größte Bedeutung hatte dieser Prozess während der Vereisungsphasen auf Spitsbergen. Für die letzten 80.000 Jahre läßt sich ein eindeutiger Zusammenhang zwischen diesen Gletschervorstößen auf Spitsbergen und einem verstärkten Eintrag terrigener Verwitterungsprodukte, die zu einem großen Teil über Eistransport in die Fram-Straße gelangt sein müssen, belegen.

Terrigenes organisches Material stellt eine wichtige Komponente dieser Verwitterungsprodukte dar. In den untersuchten Kernen ist es für alle nennenswerten Variationen der  $C_{org}$ -Gehalte verantwortlich. Es kommt hauptsächlich als Kohle und in Bruchstücken  $C_{org}$ -reicher Sedimentgesteine vor. Während die Kohlepartikel aus den Randbereichen des Arktischen Ozeans stammen, ist die Herkunft der  $C_{org}$ -reichen Sedimentgesteine auf Spitsbergen und dem Barentsschelf zu suchen. Anhand der wechselnden Dominanz dieser Komponenten in den Glazialstadien können verschiedene Eisdriftströme rekonstruiert werden. Die Unterschiede in der Zusammensetzung und Herkunft des eistransportierten Materials drücken sich in Verbindung mit den C/N-Verhältnissen auch in der Verteilung der stabilen Kohlenstoffisotope der organischen Substanz aus.

Die Variationen der Karbonatgehalte sind das Abbild einer komplexen Karbonatlösungsgeschichte, die eine kontinuierliche Abnahme der Lösungsintensität in der Fram-Straße widerspiegelt. Diese Abnahme ist auf eine weltweite Entwicklung zurückzuführen, die in der Fram Straße durch kleinere regionale Variationen überlagert wird. Als ein regionaler Effekt von Bedeutung konnten kurze Phasen der Tiefenwasserbildung in der Norwegisch-Grönländischen See während Glazialzeiten nachgewiesen werden.

Für die letzten 500.000 Jahre konnten für die Fram-Straße fünf typische Oberflächenwasserzirkulationsmuster rekonstruiert werden. Der variierende Einfluß wärmeren, atlantischen

Wassers im Osten der Fram-Straße spielte hauptsächlich in den Interglazialen eine bedeutende Rolle, kann aber auch für kurze Phasen während einiger Glazialzeiten belegt werden. Hinweise auf die Existenz des kalten Ostgrönlandstromes im Westen der Fram-Straße gibt es erst seit 300.000 Jahren. Seitdem variiert er in seiner Ausdehnung nach Osten zwischen  $5^{\circ}\text{W}$  und  $1^{\circ}\text{W}$ . Zwischen diesen Hauptströmungsachsen hat sich in der Fram-Straße über weite Zeiträume ein zyklonaler Wirbel ausgebildet.

## Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
<b>1. Einführung</b> .....	16
1.1. Zielsetzung .....	17
<b>2. Physiographie der Fram-Straße</b> .....	19
2.1. Geographie .....	19
2.2. Hydrographie .....	20
2.3. Eisbedeckung .....	23
<b>3. Material und Methodik</b> .....	25
3.1. Herkunft des bearbeiteten Kernmaterials .....	25
3.2. Probennahme und Probenbehandlung .....	25
3.3. Bestimmung der Farbzahl .....	26
3.4. Bestimmung des Wassergehaltes .....	26
3.5. Korngrößenanalyse .....	27
3.6. Bestimmung des organischen Kohlenstoffgehaltes .....	27
3.7. Bestimmung des Stickstoffgehaltes und der C/N-Verhältnisse .....	29
3.8. Bestimmung der $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Isotopenverhältnisse des organischen Kohlenstoffes .....	32
3.9. Bestimmung des Karbonatgehaltes .....	33
3.10. Bestimmung des Opalgehaltes .....	33
3.11. Untersuchungen zum Foraminiferenbestand .....	34
<b>4. Ergebnisse</b> .....	36
4.1. Allgemeiner Überblick .....	36
4.2. Sedimentfarben .....	36
4.3. Wassergehalte .....	37
4.4. Grobfraktionsanteile .....	38
4.5. Foraminiferenverteilung .....	38
4.6. Organischer Kohlenstoff .....	39
4.7. Stickstoff .....	39
4.8. C/N-Verhältnisse .....	39
4.9. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Isotopenverhältnisse des organischen Kohlenstoffes .....	40
4.10. Karbonat- und Biogen-Opalgehalte .....	40
<b>5. Stratigraphie</b> .....	50
5.1. Stratigraphie arktischer Sedimente .....	50
5.2. Übertragung der Sauerstoffisotopenstratigraphien der Kerne MG-123 und 1535-8 auf den Kern 1320-2 .....	51
5.2.1. Stratigraphische Grobeinstufung des Kernes 1320-2 .....	52
5.2.2. Stratigraphische Einstufung des Kernes 1535-8 .....	52
5.2.3. Stratigraphische Einstufung des Kernes MG 123 .....	53
5.2.4. Korrelation der Kerne MG 123, 1535-8 und 1320-2 .....	54
5.3. Korrelation des Kernes 1320-2 mit den anderen Kernen des 78°N- und des 80°N-Profiles .....	57

5.4.	Sedimentationsraten .....	67
5.4.1.	Berechnung der Sedimentationsraten .....	67
5.4.2.	Zeitliche Variationen .....	71
5.4.3.	Geographische Variationen .....	72
<b>6.</b>	<b><u>Variationen der organisch-geochemischen Parameter und der Grobfraktionsanteile: Hinweise auf terrigenen Eintrag</u></b> .....	<b>75</b>
6.1.	Variationen der organisch-geochemischen Parameter .....	75
6.1.1.	Zeitliche Variationen .....	77
6.1.2.	Markante Einflüsse frühdigenetischer Prozesse .....	83
6.1.3.	Klimatisch-geographische Variationen .....	84
6.1.4.	Akkumulationsraten organischen Kohlenstoffes .....	87
6.2.	Variationen des Grobfraktionsanteiles .....	90
<b>7.</b>	<b><u>Variationen des Foram-Indexes, des Karbonat- und des Opalgehaltes: Einfluß von Lösung und Produktivität</u></b> .....	<b>93</b>
7.1.	Variationen des Foram-Indexes und des Karbonatgehaltes .....	93
7.1.1.	Phase 1: 500.000 Jahre bis 300.000 Jahre vor heute .....	93
7.1.2.	Phase 2: 300.000 Jahre bis 130.000 Jahre vor heute .....	95
7.1.3.	Phase 3: die letzten 130.000 Jahre .....	97
7.2.	Variationen des Opalgehaltes .....	98
<b>8.</b>	<b><u>Paläozeanographische Rekonstruktionen</u></b> .....	<b>100</b>
8.1.	Anzeiger variierender Eisbedeckungen .....	100
8.2.	Der letzte Glazial/Interglazialzyklus .....	102
8.2.1.	Vorstöße atlantischen Wassers und saisonale Eisbedeckung .....	102
8.2.2.	Verstärkter terrigener Eintrag von Spitsbergen und ganzjährige Eisbedeckung .....	105
8.2.3.	Geringer terrigener Eintrag und ganzjährige Eisbedeckung .....	107
8.3.	Das Isotopenstadium 6 .....	108
8.3.1.	Eintrag terrigenen Materials über den Arktischen Ozean .....	108
8.3.2.	Episodische Warmwasservorstöße und Tiefenwasserbildung .....	109
8.4.	Oberflächenzirkulationsmuster für die Fram-Straße .....	110
8.5.	Oberflächenzirkulation in den älteren Isotopenstadien (7 bis 12) .....	116
<b>9.</b>	<b><u>Schlußfolgerungen</u></b> .....	<b>120</b>
<b>10.</b>	<b><u>Literaturverzeichnis</u></b> .....	<b>123</b>

## Anhänge

Anhang A:	Stationsliste der Sedimentkerne .....	135
Anhang B:	Hinweise zur Benutzung der Kernnummern .....	136
Anhang C:	Zuordnung der Farbzahlen .....	137
Anhang D:	Ergebnisse der Untersuchungen an den Sedimentkernen .....	138

Verzeichnis der Abbildungen

	<u>Seite</u>
Abb. 1: Geographischer Überblick über die Fram-Straße (nach PERRY et al. 1980 und PERRY et al. 1985) (Brz. = Bruchzone, Tiefenangaben in m * 100).....	19
Abb. 2: Oberflächenzirkulation und Lage der Eisgrenzen in der Fram-Straße (nach VINJE 1977, PAQUETTE et al. 1985, JOHANNESSEN 1986, GASCARD et al. 1988, ANDERSON et al. 1989) (EGC: Ostgrönlandstrom, ESC: Ostspitsbergenstrom, RAC: Atlantischer Rückstrom, WSC: Westspitsbergenstrom, WSCs: abgesunkener Westspitsbergenstrom, Tiefenangaben in m * 100).....	21
Abb. 3: Hydrographischer Schnitt durch die Fram-Straße entlang 80°N im Juli 1983 (SCHAUER 1989), a) Temperatur, b) Salzgehalt, c) Wassermassen (PSW: Polares Oberflächenwasser, PAW: Polares Atlantikwasser, SAW: Atlantisches Sommerwasser, WAW: Atlantisches Winterwasser, AIW: Atlantisches Zwischenwasser, CBDW: Kanadisches-Becken-Tiefenwasser, EBDW: Eurasisches-Becken-Tiefenwasser, NSDW: Norwegische-See-Tiefenwasser, GSDW: Grönlandsee-Tiefenwasser).....	22
Abb. 4: Lage der Kernstationen im Untersuchungsgebiet (Tiefenangaben: m*100).....	25
Abb. 5: Reproduzierbarkeit der C <sub>org</sub> -Messungen am Beispiel des Kernes 1297-4. Die gepunktete Linie gibt die Differenz zwischen Doppelmessungen an.....	27
Abb. 6: Abhängigkeit des pCO <sub>2</sub> bei der Isotopenmessung am Massenspektrometer von der Einwaage an Kohlenstoff für die beiden unterschiedlichen Kühlfallenkonfigurationen.....	28
Abb. 7: Vergleich des Mittelwertes der C <sub>org</sub> -Doppelmessungen am CHN-Analysator (CHN <sub>MW</sub> ) mit den C <sub>org</sub> -Werten, die sich aus Messungen des CO <sub>2</sub> -Druckes im Massenspektrometer ergaben (Ms), am Beispiel des Kernes 1297-4. Die ge-punktete Linie gibt die Differenz zwischen den Messungen an.....	29
Abb. 8: Vergleich von Doppelmessungen am CHN-Analysator am Beispiel des Kernes 1297-4. Die gepunktete Linie gibt die Differenz zwischen den Messungen an. (a) N <sub>ges</sub> , (b) C/N-Verhältnisse.....	30
Abb. 9: Vergleich der (a) N <sub>org</sub> und N <sub>anorg</sub> -Gehalte und (b) der C/N <sub>org</sub> - und C/N <sub>ges</sub> -Verhältnisse für den Kern 1295-5. Bei dem Vergleich der C/N <sub>org</sub> - und C/N <sub>ges</sub> -Verhältnisse beachte man die unterschiedlichen Skalen.....	31
Abb.10: Schematische Darstellung des Autoanalyzeraufbaus zur naßchemischen Opal-Analyse (SCHNEIDER 1991).....	34
Abb.11: Ermittlung des Opalgehaltes mit der automatisierten Extraktionsmethode nach MÜLLER & SCHNEIDER (1991).....	35
Abb.12: δ <sup>13</sup> C <sub>org</sub> -Werte, C/N-Verhältnisse, N <sub>ges</sub> -Gehalte, C <sub>org</sub> -Gehalte, Foram-Index, Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1290-4.....	41
Abb.13: δ <sup>13</sup> C <sub>org</sub> -Werte, C/N-Verhältnisse, N <sub>ges</sub> -Gehalte, C <sub>org</sub> -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den <i>Pullenia bulloides</i> -Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1291-4.....	41
Abb.14: δ <sup>13</sup> C <sub>org</sub> -Werte, C/N-Verhältnisse, N <sub>ges</sub> -Gehalte, C <sub>org</sub> -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den <i>Pullenia bulloides</i> -Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1293-4.....	42

Abb.15:	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse, $N_{\text{ges}}$ -Gehalte, $\text{C}_{\text{Org}}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den <i>Pullenia bulloides</i> -Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1294-4.....	42
Abb.16:	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse, $N_{\text{ges}}$ -Gehalte, $\text{C}_{\text{Org}}$ -Gehalte, Foram-Index (eingefügte Linien: <i>Pullenia bulloides</i> -Horizont), Grobfraktionsanteile und >500 $\mu\text{m}$ -Fraktion, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1295-5.....	43
Abb.17:	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse, $N_{\text{ges}}$ -Gehalte, $\text{C}_{\text{Org}}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den <i>Pullenia bulloides</i> -Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1320-2.....	43
Abb.18:	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse, $N_{\text{ges}}$ -Gehalte, $\text{C}_{\text{Org}}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den <i>Pullenia bulloides</i> -Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1297-4.....	44
Abb.19:	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse, $N_{\text{ges}}$ -Gehalte, $\text{C}_{\text{Org}}$ -Gehalte, Foram-Index, Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1298-4.....	44
Abb.20:	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse, $N_{\text{ges}}$ -Gehalte, $\text{C}_{\text{Org}}$ -Gehalte, Foram-Index, Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1310-5.....	45
Abb.21:	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse, $N_{\text{ges}}$ -Gehalte, $\text{C}_{\text{Org}}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den <i>Pullenia bulloides</i> -Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1311-4.....	45
Abb.22:	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse, $N_{\text{ges}}$ -Gehalte, $\text{C}_{\text{Org}}$ -Gehalte, Foram-Index, Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1312-4.....	46
Abb.23:	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse, $N_{\text{ges}}$ -Gehalte, $\text{C}_{\text{Org}}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den <i>Pullenia bulloides</i> -Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1313-4.....	46
Abb.24:	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse, $N_{\text{ges}}$ -Gehalte, $\text{C}_{\text{Org}}$ -Gehalte, Foram-Index, Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1318-5.....	47
Abb.25:	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse, $N_{\text{ges}}$ -Gehalte, $\text{C}_{\text{Org}}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den <i>Pullenia bulloides</i> -Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1314-4.....	47
Abb.26:	Karbonatgehalte der Kerne 1310-5 und 1320-2 und Biogen-Opalgehalt des Kernes 1295-5.....	48
Abb.27:	Mittelwerte für die $\text{C}_{\text{Org}}$ -Gehalte, die C/N-Verhältnisse, die $\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte und die Grobfraktionsanteile in den untersuchten Sedimentkernen.....	49
Abb.28:	Magnetostratigraphie (NOWACZYK 1991) und Coccolithenverteilung (GARD 1987) für den Kern 1320-2. Zur Datierung der paläomagnetischen Ereignisse siehe Tab. 6. Die Lage der Sauerstoffisotopenstadien ist nach GARD (1987) angegeben.....	53
Abb.29:	Korrelation der Kerne MG-123 (MORRIS 1988), 1320-2 und 1535-8 (KÖHLER & SPIELHAGEN 1990) anhand der Grobfraktionsanteile und der Coccolithenverteilungen (GARD 1986, 1987, BAUMANN 1990b) sowie die Übertragung der Isotopenstadiengrenzen auf den Kern 1320-2.....	56

- Abb.30: Alters-Tiefenkurven für die Kerne MG-123, 1320,2 und 1535-8. Die Bereiche zwischen den Grenzen der Sauerstoffisotopenstadien sind linear interpoliert. Aufgrund einer Störung in der Schichtabfolge ist die Zuordnung des Kernes MG-123 im Bereich des Isotopenstadiums 4 nicht eindeutig.....58
- Abb.31: Korrelation der untersuchten Sedimentkerne anhand des Foraminiferen-Indexes, des Auftretens von *Pullenia bulloides* und der Coccolithenverteilungen (GARD 1987). Die durchgezogenen Linien stellen die Grenzen der Sauerstoffisotopenstadien dar, die am rechten Rand der Kerndarstellungen angegeben sind. Stadiengrenzen, die anhand dieser Parameter nicht eindeutig zu lokalisieren sind, sind mit einem "?" gekennzeichnet. Für den Kern 1310-5, für den keine Foraminiferendaten vorliegen, ist zusätzlich die Magnetostratigraphie von NOWACZYK (1991) abgebildet (zum Alter der paläomagnetischen Ereignisse siehe Tab. 6). (a) 80°N-Profil, (b) 78°N-Profil.....60
- Abb.32: Korrelation der untersuchten Sedimentkerne anhand des Grobfraktionsanteils >63 µm. Die durchgezogenen Linien stellen die Grenzen der Sauerstoffisotopenstadien dar, die am rechten Rand der einzelnen Kerndarstellungen angegeben sind. Stadiengrenzen, die anhand dieses Parameters nicht eindeutig zu lokalisieren sind, sind mit einem "?" gekennzeichnet. (a) 80°N-Profil, (b) 78°N-Profil.....61
- Abb.33: Korrelation der untersuchten Sedimentkerne anhand der C/N-Verhältnisse. Die durchgezogenen Linien stellen die Grenzen der Sauerstoffisotopenstadien dar, die am rechten Rand der einzelnen Kerndarstellungen angegeben sind. Stadiengrenzen, die anhand dieses Parameters nicht eindeutig zu lokalisieren sind, sind mit einem "?" gekennzeichnet. (a) 80°N-Profil, (b) 78°N-Profil.....62
- Abb.34: Alters-Tiefenkurven für die untersuchten Sedimentkerne. (a) 80°N-Profil, (b) 78°N-Profil. Die Bereiche zwischen den Grenzen der Sauerstoffisotopenstadien sind linear interpoliert. ....65
- Abb.35: Sedimentationsraten für die einzelnen Sauerstoffisotopenstadien in den untersuchten Kernen. An den Kolbenlotstationen 1310 und 1320 sind zum besseren Vergleich auch die Werte für die parallel gewonnenen Schwerelotkerne angegeben (a) 80°N-Profil, (b) 78°N-Profil. .... 67
- Abb.36: Korrelation der Wassergehalte von Kolbenlot- (ø 8,4cm, 1310-5 und 1320-2) und Schwerelotkernen (ø 12cm, 1310-3 und 1296-4) an den Parallelkernen 1310-5/1310-3 und 1320-2/1296-4 (1310-3: RUHLAND 1988, 1296-4: HEBBELN unveröff. Daten). 1-13: Isotopenstadien, M: Magnetostratigraphie (NOWACZYK 1991), C: Coccolithenverteilung (GARD 1987). ....69
- Abb.37: Mittelwerte für die Sedimentationsraten glazialer und interglazialer Sedimente in den untersuchten Kernen. Zum Vergleich wurde an den Stationen 1310 und 1320/1296 auf die Werte für die entsprechenden Schwerelotkerne zurückgegriffen. (a) 80°N-Profil, (b) 78°N-Profil.....70
- Abb.38: Zeitliche Variationen der C<sub>org</sub>-Gehalte in den untersuchten Sedimentkernen. Schraffiert sind jeweils die Abweichungen vom Mittelwert. ....78
- Abb.39: Zeitliche Variationen der C/N-Verhältnisse in den untersuchten Sedimentkernen. Schraffiert sind jeweils die Abweichungen vom Mittelwert..... 79
- Abb.40: Zeitliche Variationen der δ<sup>13</sup>C<sub>org</sub>-Werte in den untersuchten Sedimentkernen. Schraffiert sind jeweils die Abweichungen vom Mittelwert..... 80
- Abb.41: Differenzierung der Liefergebiete für terrigenes organisches Material anhand von C/N-Verhältnissen, Anteilen von Kohlepartikeln an der >500 µm-Fraktion (SPIELHAGEN 1990) und δ<sup>13</sup>C<sub>org</sub>-Werten am Beispiel des Kernes 1314-4. .... 81

- Abb.42: Klimatisch-räumliche Variationen von  $C_{org}$  und  $N_{ges}$ . Für die Klimasituationen sind die Daten für die Fram-Straße räumlich getrennt mit den Regressionsgeraden und -koeffizienten aufgetragen. Holozäne Proben wurden nicht berücksichtigt (siehe Text). Zur Zuordnung der Kerne siehe Tab. 11.  
 (a) 78°N-Profil, interglaziale Sedimente,  
 (b) 78°N-Profil, glaziale Sedimente,  
 (c) 80°N-Profil, interglaziale Sedimente,  
 (d) 80°N-Profil, glaziale Sedimente,  
 (e) 80°N-Profil, glaziale Sedimente unterteilt in die einzelnen Kerne.....85
- Abb.43: Zeitliche Variationen der  $C_{org}$ -Akkumulationsrate in den untersuchten Sedimentkernen. ....88
- Abb.44: Morphologische Profile durch die Fram-Straße mit den durchschnittlichen  $C_{org}$ -Akkumulationsraten der untersuchten Sedimentkerne. ....89
- Abb.45: Zeitliche Variationen der Grobfraktionsanteile in den untersuchten Sedimentkernen. Schraffiert sind jeweils die Abweichungen vom Mittelwert. Die Grobfraktionsdaten für den Kern 1310-3 stammen von RUHLAND (1988), die Stratigraphie für diesen Kern ist aus der Abb. 36 abgeleitet. .... 91
- Abb.46: Zeitliche Variationen des Anteils planktischer Foraminiferen an der Grobfraktion (Foram-Index). ....94
- Abb.47: Zeitliche Variationen des Karbonatgehaltes in den Kernen 1310-5 und 1320-2. .... 95
- Abb.48: Schematisches Modell zur Lage der Lysokline während der letzten 500.000 Jahre im Verlauf der Phasen 1 bis 3 im Verhältnis zur Ablagerungstiefe der untersuchten Sedimentkerne (schraffierte Zone). Der generelle Trend ist das Abbild einer globalen Absenkung der Lysokline im späten Känozoikum (VAN ANDEL 1975), der von regionalen Variationen überlagert wird. ....98
- Abb.49: Zeitliche Variationen des Biogen-Opalgehaltes im Kern 1295-5. Schraffiert sind die Abweichungen vom Mittelwert. ....99
- Abb.50: "Standardkurven" einzelner Parameter für alle untersuchten Sedimentkerne für den letzten Glazial/Interglazialzyklus. Hell schraffiert sind die Parameter, die als Anzeiger für "offenes Wasser und saisonale Eisbedeckung" angesehen werden. Dunkel schraffiert sind die Parameter, die als Anzeiger für "Eisbedeckung und verstärkter Eintrag eistransportierten Materials" gelten. Die Coccolithendaten stammen von GARD (1987). .... 101
- Abb.51: Zusammenfassung der Indikatoren für "offenes Wasser und saisonale Eisbedeckung" und "Eisbedeckung und verstärkter Eintrag eistransportierten Materials" für die Fram-Straße für den letzten Glazial/Interglazialzyklus. Zusätzlich aufgeführt sind die Gletschervorstöße auf Spitsbergen (MANGERUD et al. 1990) und die Funde von Schreibkreidefragmenten (SPIELHAGEN 1990). .... 102
- Abb.52: Die Coccolithen-Verteilung und der Foraminiferen-Index zeigen am Beispiel des Kernes 1294-4 den zweimaligen Einstrom atlantischen Wassers (hell schraffiert) in die Fram-Straße während des Isotopenstadiums 6. Diese Phasen unterbrechen den im Stadium 6 vorherrschenden Eintrag eistransportierten Materials (dunkel schraffiert), der hier durch die C/N-Verhältnisse und die Grobfraktionsanteile angezeigt wird. Zusätzlich sind die Akkumulationsraten der benthischen Foraminifere *Cibicides wuellerstorfi* (AK<sub>wuel</sub>) in dem Kern 23199 aus der Norwegischen See (nach HAAKE & PFLAUMANN 1989) aufgeführt, die auf die Bildung von Tiefenwasser, parallel zu den Vorstößen atlantischen Wassers, hinweisen. .... 109

- Abb.53: Zeitliche Aufeinanderfolge der Oberflächenzirkulationsmuster I - V in der Fram-Straße während der letzten 500.000 Jahre. ....111
- Abb.54: (a) Schematisches Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) I für die Fram-Straße (interglaziale Bedingungen). (b) Schematisches Nord-Süd-Profil durch die Norwegisch-Grönländische See mit Angaben zur Tiefenwasserbildung und zur Eisbedeckung. (c) Schematisches Ost-West-Profil durch die Fram-Straße mit Angaben zum bodennahen Suspensionstransport und zur Eisbedeckung. Unterschiedliche Dicke der Pfeile zeigt unterschiedliche Intensitäten der Strömungen an. ....112
- Abb.55: (a) Schematisches Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) II für die Fram-Straße (episodische Warmwasservorstöße). (b) Schematisches Nord-Süd-Profil durch die Norwegisch-Grönländische See mit Angaben zur Tiefenwasserbildung und zur Eisbedeckung. (c) Schematisches Ost-West-Profil durch die Fram-Straße mit Angaben zum bodennahen Suspensionstransport und zur Eisbedeckung. Unterschiedliche Dicke der Pfeile zeigt unterschiedliche Intensitäten der Strömungen an. (Legende siehe Abb. 54). .... 113
- Abb.56: (a) Schematisches Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) III für die Fram-Straße (glaziale Bedingungen). (b) Schematisches Nord-Süd-Profil durch die Norwegisch-Grönländische See mit Angaben zur Tiefenwasserbildung und zur Eisbedeckung. (c) Schematisches Ost-West-Profil durch die Fram-Straße mit Angaben zum bodennahen Suspensionstransport und zur Eisbedeckung. Unterschiedliche Dicke der Pfeile zeigt unterschiedliche Intensitäten der Strömungen an. (Legende siehe Abb. 54). ....114
- Abb.57: (a) Schematisches Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) IV für die Fram-Straße (glaziale Bedingungen in Verbindung mit Eistransport von Spitsbergen). Die Pfeile vor der Küste Spitsbergens markieren den Eisbergtransport. (b) Schematisches Nord-Süd-Profil durch die Norwegisch-Grönländische See mit Angaben zur Tiefenwasserbildung und zur Eisbedeckung. (c) Schematisches Ost-West-Profil durch die Fram-Straße mit Angaben zum bodennahen Suspensionstransport und zur Eisbedeckung. Unterschiedliche Dicke der Pfeile zeigt unterschiedliche Intensitäten der Strömungen an. (Legende siehe Abb. 54). ....115
- Abb.58: (a) Schematisches Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) V für die Fram-Straße (glaziale Bedingungen in Verbindung mit Eistransport über den Arktischen Ozean). (b) Schematisches Nord-Süd-Profil durch die Norwegisch-Grönländische See mit Angaben zur Tiefenwasserbildung und zur Eisbedeckung. (c) Schematisches Ost-West-Profil durch die Fram-Straße mit Angaben zum bodennahen Suspensionstransport und zur Eisbedeckung. Unterschiedliche Dicke der Pfeile zeigt unterschiedliche Intensitäten der Strömungen an. (Legende siehe Abb. 54). ....116

Verzeichnis der Tabellen

	<u>Seite</u>
Tab. 1: Zuordnung der Sedimentfarben zu den Farbzahlen.....	26
Tab. 2: Gemessene Mittelwerte und Standardabweichungen für die Referenzproben bei den $\delta^{13}\text{C}$ -Messungen an organischem Material. ....	33
Tab. 3: Einteilung des Foram-Indexes zur semiquantitativen Abschätzung des Anteils planktischer Foraminiferen an der Grobfraktion. ....	35
Tab. 4: Mittelwerte (Mw.) und Extremwerte (Min. = Minima, Max. = Maxima) der Grobfraktionsanteile, der $C_{\text{org}}$ -Gehalte, der C/N-Verhältnisse und der $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte für die untersuchten Kerne. ....	37
Tab. 5: Positionen und Quellenangaben für die zur Übertragung der Sauerstoffisotopenstratigraphien ausgewählten Kerne. ....	51
Tab. 6: Alter und Kerntiefe paläomagnetischer Ereignisse in den Kernen 1310-5 und 1320-2 (nach NOWACZYK 1991). ....	52
Tab. 7: Zuordnung der Isotopenstadiengrenzen in dem Kern 1320-2 mit Angabe der Indikatoren: Cc: Coccolithenstratigraphie von GARD (1987) und GARD & BACKMANN (1990), Mag: Magnetostratigraphie von NOWACZYK (1991), Pb: <i>Pullenia bulloides</i> -Horizont, 123- $\delta^{18}\text{O}$ : Korrelation zu Isotopenstratigraphie des Kernes MG-123 (modifiziert nach MORRIS 1988), 535- $\delta^{18}\text{O}$ : Korrelation zu Isotopenstratigraphie des Kernes 1535-8 (KÖHLER & SPIELHAGEN 1990). ....	57
Tab. 8: Kerntiefen für die Isotopenstadiengrenzen in den Kernen vom 70°N-Profil korreliert von dem Kern 1320-2 über den Foraminiferen-Index und die Coccolithenhäufigkeiten (Fox), über den Anteil der Grobfraktion (Gfa) und über die C/N-Verhältnisse (C/N). Mit ST sind die im weiteren für die Lage der Isotopenstadiengrenzen verwendeten Kerntiefen bezeichnet. ....	63
Tab. 9: Kerntiefen für die Isotopenstadiengrenzen in den Kernen vom 80°N-Profil korreliert von dem Kern 1320-2 über den Foraminiferen-Index und die Coccolithenhäufigkeiten (Fox), über den Anteil der Grobfraktion (Gfa) und über die C/N-Verhältnisse (C/N). Mit ST sind die im weiteren für die Lage der Isotopenstadiengrenzen verwendeten Kerntiefen bezeichnet. ....	64
Tab.10: Sedimentationsraten für die einzelnen Isotopenstadien in den untersuchten Kernen. Zusätzlich sind lineare Sedimentationsraten für die ganzen Kerne und gemittelte Werte für die glazialen und interglazialen Sedimente angegeben. Für die Kernstation 1310 sind zwei lineare Sedimentationsraten aufgeführt: ohne Berücksichtigung des Hiatuses / mit Berücksichtigung des Hiatuses. ....	68
Tab.11: Einteilung der Sedimentkerne zur Untersuchung klimatisch-räumlicher Variationen von $C_{\text{org}}$ und $N_{\text{ges}}$ . ....	86
Tab.12: Einteilung der angewendeten Parameter für die Rekonstruktion der paläozeanographischen Extrembedingungen.....	100
Tab.13: Kurzbeschreibung der Oberflächenzirkulationsmuster I - V für die Fram-Straße und Angaben über deren Kombination mit Tiefenwasserbildung in der Norwegisch-Grönländischen See: +: Hinweise auf Tiefenwasserbildung, -: keine Hinweise auf Tiefenwasserbildung. ....	110

## 1. Einführung

Der globale Wärmehaushalt ist durch einen ausgeprägten Temperaturgradienten zwischen den äquatorialen Gebieten und den polaren Regionen gekennzeichnet, der zu einem polwärts gerichteten atmosphärischen und vor allem ozeanischen Wärmetransport führt (BERTH *et al.* 1965). Von besonderer Bedeutung für den globalen Wärmeaustausch zwischen den niederen und den hohen Breiten sind die Norwegisch-Grönländische See und die Fram-Straße. Es gibt keine vergleichbare Region auf der Erde, in der in so hohen Breiten (75°N) Oberflächenwassertemperaturen von 5 - 7°C gemessen werden (DIETRICH 1969, PICKARD & EMERY 1982). Diese vergleichsweise hohen Temperaturen beruhen auf dem Einfluß des Norwegenstromes und des Westspitsbergenstromes, die warmes atlantisches Wasser bis in den Arktischen Ozean transportieren (JOHANNESSEN 1986). Diese Meeresströmungen stellen die Fortsetzung des auch als Golfstrom bekannten Nordatlantikstromes dar, der auch für das milde Klima in Europa verantwortlich ist.

Der nordwärts gerichtete Transport warmen, salzreichen atlantischen Wassers wird durch einen südwärts gerichteten Transport von Tiefenwasser ausgeglichen. Das Tiefenwasser, das in der Grönländischen See durch das Absinken von Oberflächenwasser gebildet wird (KILLWORTH 1979, CLARKE *et al.* 1990), ist der Ausgangspunkt einer weltweiten thermohalinen Zirkulationszelle, die die Zirkulation in allen großen Ozeanbecken beeinflusst (GORDON 1986).

Der ozeanische Wärmetransport in den nördlichen Nordatlantik ist in der geologischen Geschichte eine relativ junge Erscheinung, die erst im Verlauf der Schließung des Isthmus von Panama während des oberen Miozäns und des unteren Pliozäns, also vor ca. 4,5 bis 3,5 Millionen Jahren (KEIGWIN 1978, THIEDEMANN 1991) begann. Die verstärkte Zufuhr warmen Wassers in höhere Breiten führte dort zu einer Erhöhung der Niederschläge, die den Aufbau kontinentaler Eiskappen in der nördlichen Hemisphäre ermöglicht haben (KENNETT 1982). Der Aufbau solcher Eiskappen wird durch das Einsetzen eistransportierten Materials in Sedimenten aus dem Nordatlantik (BERGGREN 1972, JANSEN & SJÖHOLM 1991) und durch eine Änderung der stabilen Sauerstoffisotopenverhältnisse in Foraminiferen um 0,4‰ (SHACKLETON & OPDYKE 1977, THIEDEMANN 1991) vor ca. 3 Millionen Jahren belegt. Dieser Zeitpunkt steht somit für den Beginn des Eiszeitalters, in dem zahlreiche Oszillationen der Eiskappen zu den typischen quartären Klimazyklen geführt haben (SHACKLETON & OPDYKE 1973).

Die Erforschung dieser Klimaveränderungen ist seit der Mitte dieses Jahrhunderts ein Schwerpunkt der marin-geowissenschaftlichen Forschung. Nur eine detaillierte Kenntnis der Klimageschichte erlaubt die Erstellung von globalen Zirkulationsmodellen, die eine Abschätzung der zukünftigen Klimaentwicklung ermöglichen können. Dieser Aspekt ist gerade vor dem Hintergrund möglicher anthropogener Klimaveränderungen ("Treibhauseffekt") von großer

Bedeutung für die Menschheit (MANABE & STOUFFER 1980, JOOS *et al.* 1991). Bisher wird die Aussagekraft der globalen Zirkulationsmodelle aber noch durch eine limitierte Datenbasis eingeschränkt, die insbesondere die für die Vereisungsphasen wichtigen hohen Breiten betrifft.

Die hier vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Erweiterung dieser Datenbasis leisten, wobei die Ergebnisse aus der Fram-Straße auch Aussagen über die Norwegisch-Grönländische See und den Arktischen Ozean erlauben. Die Rekonstruktion der Paläozeanographie in dieser Schlüsselregion läßt Rückschlüsse auf ozeanographische und klimatologische Veränderungen weltweiten Ausmaßes zu. So steht neben dem Transport warmer Wassermassen in den hohen Norden und der Tiefenwasserbildung auch die Ausdehnung der Meereisdecke über ihren Einfluß auf die Albedo in einem direktem Zusammenhang zur globalen Klimageschichte (BROECKER *et al.* 1985).

Bisherige Arbeiten mit paläozeanographischen Fragestellungen führten zu dem Ergebnis, daß lediglich während der Sauerstoffisotopenstadien 1, 5a und 5e warmes atlantisches Wasser bis in die Fram-Straße vorgedrungen ist (GARD 1986, 1987, MARQUARD & CLARK 1987, KÖHLER & SPIELHAGEN 1990, SPIELHAGEN 1990). Für die übrigen Phasen wird eine permanente Eisbedeckung angenommen. Inwieweit terrigenes Material als eistransportiertes Material (IRD) kontinuierlich oder variierend zur Sedimentation in der Fram-Straße beigetragen hat, wird kontrovers diskutiert. MORRIS (1988) schließt aufgrund der Korngrößenverteilung in den Sedimenten auf einen wechselnden Eintrag, während SPIELHAGEN (1990) nach der Analyse der Zusammensetzung der  $>500 \mu\text{m}$ -Fraktion einen kontinuierlichen Eintrag annimmt. Untersuchungen aus der Norwegisch-Grönländischen See deuten daraufhin, daß die Tiefenwasserbildung dort während des letzten Klimazyklus hauptsächlich auf die Sauerstoffisotopenstadien 1 und 4 bis 5e beschränkt waren (STREETER *et al.* 1982, DUPLESSY & SHACKLETON 1985, KELLOGG 1987, DUPLESSY *et al.* 1988a,b).

### 1.1. Zielsetzung

Im Rahmen dieser Arbeit sollen durch Untersuchungen an zwei Sedimentkernprofilen aus der Fram-Straße (78°N und 80°N) die paläozeanographischen Verhältnisse in diesem Meeresgebiet während der letzten 500.000 Jahre rekonstruiert werden. Um Anhaltspunkte für diese Rekonstruktion zu finden, werden verschiedene organisch-geochemische ( $C_{\text{org}}$ -Gehalte, C/N-Verhältnisse,  $\delta^{13}C_{\text{org}}$ -Werte) und biologische Parameter (Verteilung planktischer Foraminiferen, Karbonatgehalte, Biogen-Opalgehalte) sowie die Korngrößenverteilung der Sedimente untersucht.

Eine wichtige Grundvoraussetzung für jegliche Rekonstruktion ist ein stratigraphischer Rahmen für die einzelnen Sedimentkerne. Die Erstellung eines solchen Rahmens über die gra-

phische Korrelation verschiedener Parameter zu bereits datierten, aus der Literatur bekannten Sedimentkernen ist ein weiteres Hauptziel dieser Arbeit. Im Anschluß an die stratigraphischen Untersuchungen durchgeführte Betrachtungen konzentrieren sich im einzelnen auf folgende Fragen:

- Ist die Fram-Straße durch einheitliche Sedimentationsbedingungen gekennzeichnet oder treten Variationen zwischen einzelnen Bereichen auf?
- Wann und in welchem Ausmaß erreichte warmes atlantisches Wasser die Fram-Straße?
- In welchem Maß variierte die Ausdehnung der Eisbedeckung?
- Lassen sich Unterschiede im Eintrag und in der Herkunft eistransportierten Materials feststellen?
- Erlauben die Ergebnisse aus der Fram-Straße Rückschlüsse auf die Geschichte der Tiefenwasserbildung in der Norwegisch-Grönländischen See?

## 2. Physiographie der Fram-Straße

### 2.1. Geographie

Die Fram-Straße zwischen Grönland und Spitsbergen bildet die einzige Tiefwasserverbindung des Arktischen Ozeans mit der Norwegisch-Grönländischen See und mit den anderen großen Ozeanbecken (Abb. 1). Ihre Schwellentiefe liegt bei ca. 2500 m und ist damit um ein Mehrfaches tiefer als die Schwellentiefen der Bering-Straße (<50 m), der Barrow-Straße (<200 m) und der Nares-Straße (<500 m), die die einzigen weiteren Verbindungen des Arktischen Ozeans zu den übrigen Ozeanen darstellen (PERRY et al. 1985).

Der Meeresboden der Fram-Straße wird durch ein komplexes Bruchzonensystem geprägt, das sich in Verbindung mit Abschnitten des mittelozeanischen Rückens entwickelt hat, der die Eurasische Kontinentalplatte von der Nordamerikanischen Platte trennt (VOGT 1986). Der Knipovich-Rücken, der die Fram-Straße von Süden erreicht, verläuft dicht am Kontinentalhang von Spitsbergen. Die östliche Flanke des Rückens wird nördlich von 77°N sogar von den Sedimenten des Kontinentalhanges überdeckt, so daß das "rift valley" mit Wassertiefen

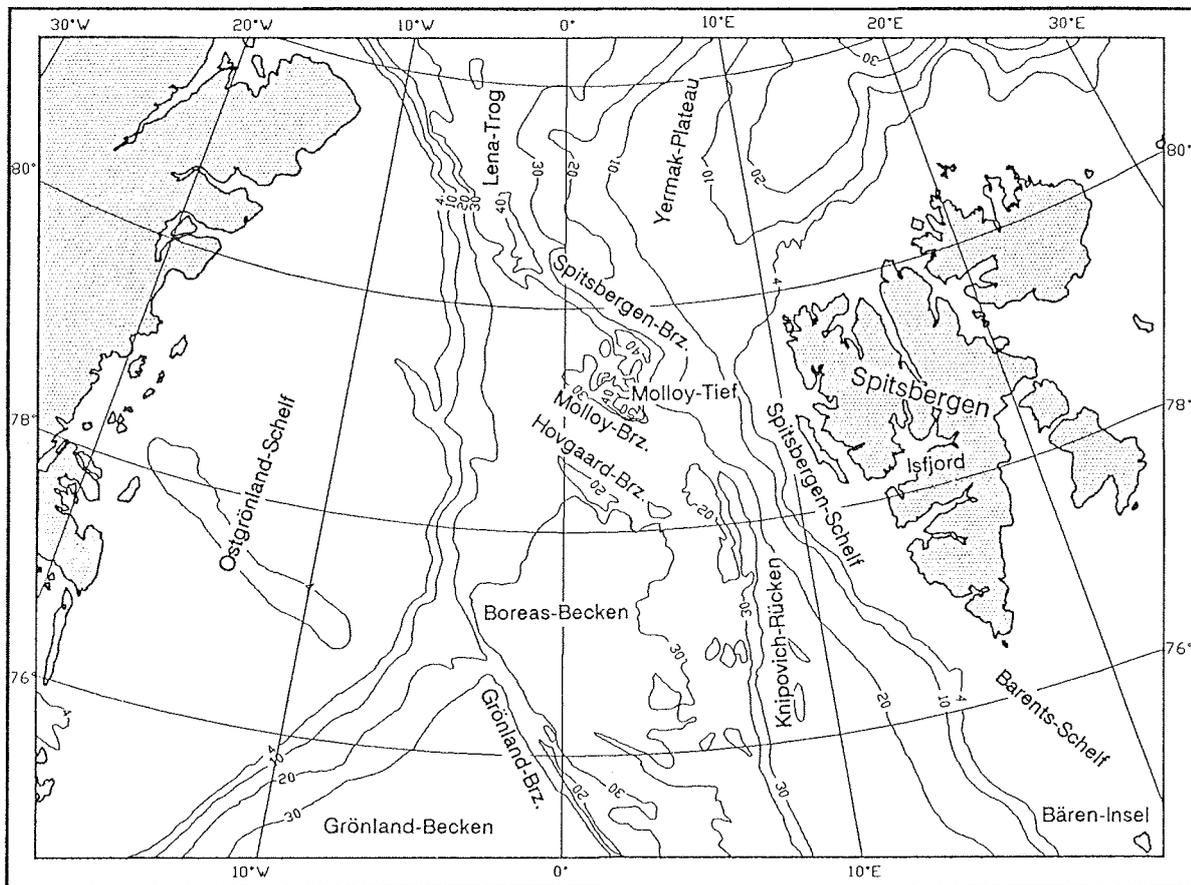


Abb. 1: Geographischer Überblick über die Fram-Straße (nach PERRY et al. 1980 und PERRY et al. 1985) (Brz. = Bruchzone, Tiefenangaben in m \* 100).

von über 3000 m gleichzeitig den Kontinentalfuß darstellt. Im Norden wird der Knipovich-Rücken durch die Molloy-Bruchzone begrenzt, während sich an seine westliche Flanke das über 3000 m tiefe Boreas-Becken anschließt. Dessen nördliche Begrenzung stellt die Hovgaard-Bruchzone dar. In diesem zentralen Teil der Fram-Straße liegt die durchschnittliche Wassertiefe bei 2600 m. Im Bereich der Molloy-Bruchzone befindet sich das Molloy-Tief, das mit einer Wassertiefe von 5570 m die größte Wassertiefe im gesamten arktischen Bereich aufweist (VOGT 1986). Das mittelozeanische Rückensystem wird an der Molloy-Bruchzone und an der Spitsbergen-Bruchzone nach Nordwesten versetzt und findet seine Fortsetzung im Lena-Trog. Im Nordosten wird der Lena-Trog durch das sich nördlich an den Schelf von Spitsbergen anschließende Yermak-Plateau begrenzt, das sich in ca. 1000 m Wassertiefe bis über 82°N erstreckt. Der Spitsbergenschelf ist mit einer Breite von etwa 70 km wesentlich schmaler, als der von zahlreichen Trögen durchzogene Ostgrönlandschelf mit einer Breite von bis zu 350 km.

## 2.2. Hydrographie

Die Hydrographie der Fram-Straße wird in erster Linie durch zwei große gegenläufige Stromsysteme, den Westspitsbergenstrom (WSC) und den Ostgrönlandstrom (EGC), geprägt (Abb. 2), die bereits Anfang dieses Jahrhunderts von HELLAND-HANSEN & NANSEN (1909) beschrieben wurden. Eine ausführliche Beschreibung der hydrographischen Bedingungen, die auch die umfangreichen Forschungsergebnisse der achtziger Jahre umfaßt, wurde von BERNER (1991) zusammengestellt. Der Westspitsbergenstrom (WSC), der die nördliche Fortsetzung des Norwegenstromes (NAC) darstellt, transportiert salzreiches und warmes Wasser atlantischen Ursprungs in die Fram-Straße (AAGARD 1982). Im Norden der Fram-Straße sinkt der Westspitsbergenstrom infolge der Dichteerhöhung durch eine ständig fortschreitende Abkühlung ab und fließt als abgesunkener Westspitsbergenstrom (WSCs) über das Yermak-Plateau in den Arktischen Ozean (FARRELLY et al. 1985, ANDERSON et al. 1989). Ein Teil des atlantischen Wassers spaltet sich bereits in der Fram-Straße in Form zyklonaler Wirbel von der Westseite des Westspitsbergenstromes (WSC) ab und fließt als Atlantischer Rückstrom (RAC) wieder nach Süden (JOHANNESSEN et al. 1987, GASCARD et al. 1988) (Abb. 2). Von der Barents See erreicht der um die Südspitze von Spitsbergen fließende Ostspitsbergenstrom (ESC) die Fram-Straße (SWIFT et al. 1983) (Abb. 2). Er transportiert kaltes Schelfwasser, das sich in Abhängigkeit von seiner Dichte in den Westspitsbergenstrom (WSC) einschichten kann (BLINDHEIM 1987). Bei der Neueisbildung entstehendes sehr dichtes salzreiches Wasser kann im Winter durch topographische Einschnitte im Barentsschelf, wie den Storfjord und den Bäreninsel-Trog, über den Schelfrand abfließen (MIDTUN 1985) und bis nach Spitsbergen verfolgt werden (QUADFASEL et al. 1988).

Mit dem Ostgrönlandstrom (EGC) werden kalte, niedrig saline Wassermassen aus dem Arktischen Ozean durch die Fram-Straße, an der Küste Ostgrönlands entlang und durch die

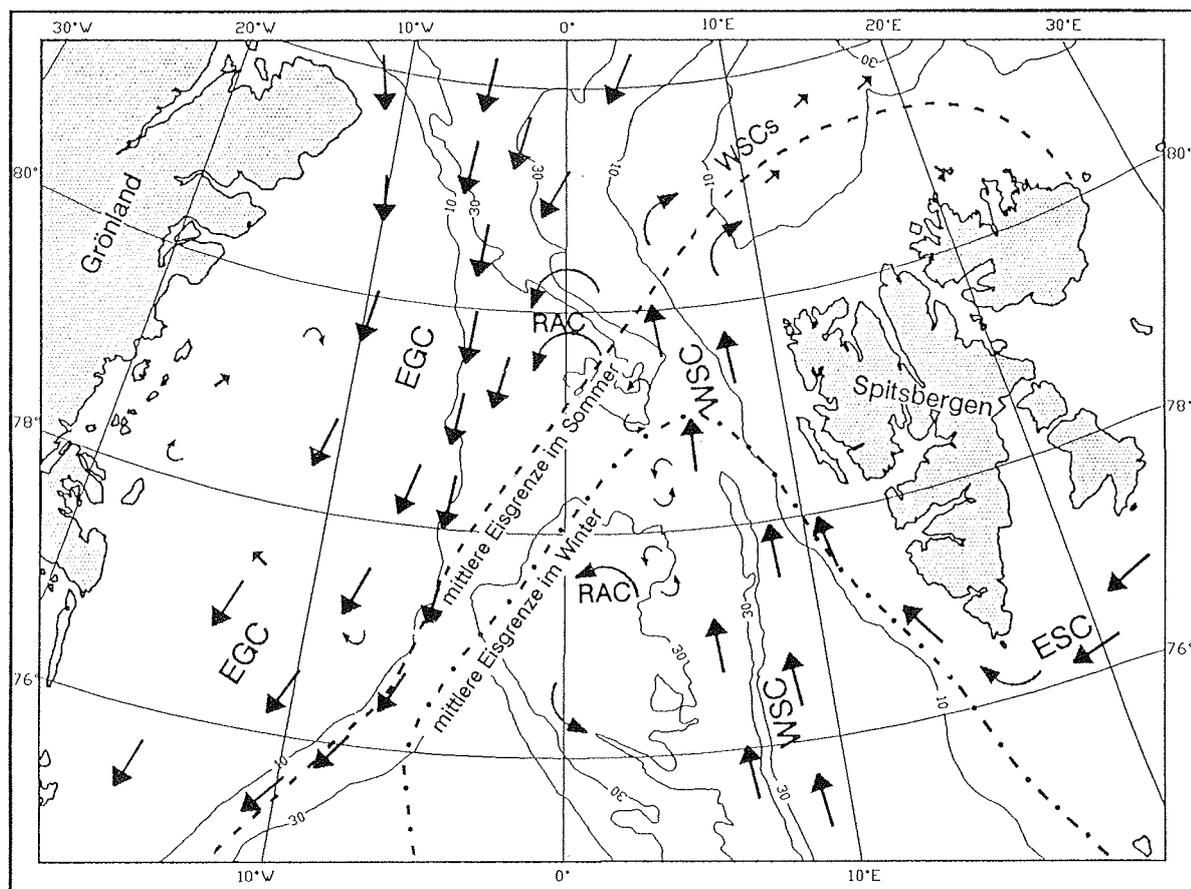


Abb. 2: Oberflächenzirkulation und Lage der Eisgrenzen in der Fram-Straße (nach VINJE 1977, PAQUETTE et al. 1985, JOHANNESSEN 1986, GASCARD et al. 1988, ANDERSON et al. 1989) (EGC: Ostgrönlandstrom, ESC: Ostspitsbergenstrom, RAC: Atlantischer Rückstrom, WSC: Westspitsbergenstrom, WSCs: abgesunkener Westspitsbergenstrom, Tiefenangaben in  $m \times 100$ ).

Dänemark-Straße in den Nordatlantik transportiert (AAGARD & COACHMAN 1968) (Abb. 2). Ein Teil dieses polaren Wassers spaltet sich mit dem Jan-Mayen-Strom (JMC) und dem Ostislandstrom (EIC) vom Ostgrönlandstrom (EGC) ab, um in der Grönländischen See und in der Isländischen See zyklonale Wirbel auszubilden (JOHANNESSEN 1986). In der Fram-Straße überlagert dieses polare Wasser zum Teil das rezirkulierende, wärmere atlantische Wasser (SCHAUER 1989) (Abb. 3). An der Kontaktstelle zwischen dem Atlantischen Zwischenwasser (AIW), das in etwa 1000 m Wassertiefe die unterste Komponente des Westspitsbergenstromes (WSC) und des Atlantischen Rückstromes (RAC) darstellt, und dem Polaren Tiefenwasser (PDW), der tiefsten Komponente des Ostgrönlandstromes (EGC), kommt es aufgrund der starken hydrographischen Gegensätze zeitweise zu einer starken südwärts gerichteten Strömung, die als Ostgrönländischer-Polarfront-Strom (EGPFJ) bezeichnet wird (PAQUETTE et al. 1985).

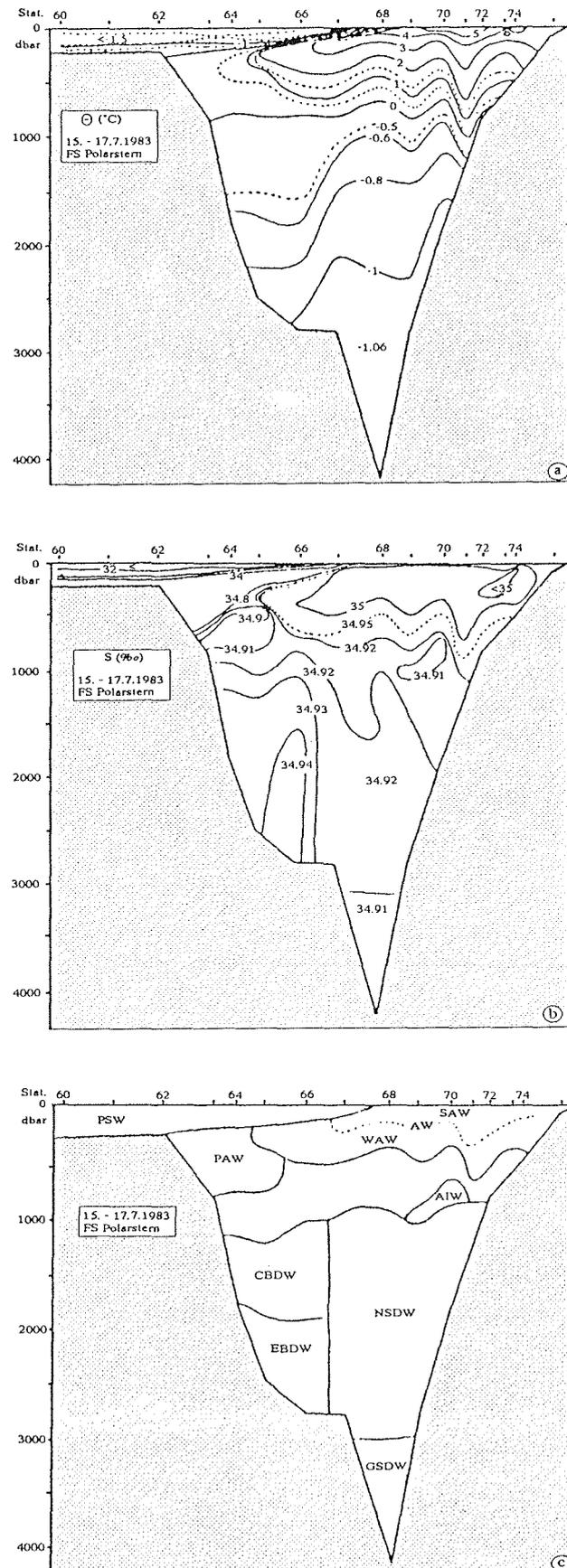


Abb. 3: Hydrographischer Schnitt durch die Fram-Straße entlang 80°N im Juli 1983 (SCHAUER 1989), a) Temperatur, b) Salzgehalt, c) Wassermassen (PSW: Polares Oberflächenwasser, PAW: Polares Atlantikwasser, SAW: Atlantisches Sommerwasser, WAW: Atlantisches Winterwasser, AIW: Atlantisches Zwischenwasser, CBDW: Kanadisches-Becken-Tiefenwasser, EBDW: Eurasisches-Becken-Tiefenwasser, NSDW: Norwegische-See-Tiefenwasser, GSDW: Grönlandsee-Tiefenwasser).

Im Westen der Fram-Straße setzt sich das Polare Tiefenwasser aus zwei Wassermassen zusammen, die beide aus dem Arktischen Ozean stammen. Dabei wird das Tiefenwasser aus dem Eurasischen Becken (EBDW) von einem Tiefwasserkörper, der aus dem Amerasischen Becken (CBDW) stammt, überlagert (SWIFT & KOLTERMANN 1988) (Abb. 3). In der östlichen und der zentralen Fram-Straße handelt es sich beim Tiefenwasser größtenteils um Norwegisches Tiefenwasser (NSDW) (AAGARD & COACHMAN 1968), wobei aber auch Grönländisches Tiefenwasser (GSDW) auftreten kann (SCHAUER 1989).

Das neugebildete Tiefenwasser aus der Grönländischen See gelangt durch die Dänemark-Straße und den Faröer-Shetland-Kanal in den Nordatlantik (SWIFT 1986), von wo aus es als Nordatlantisches Tiefenwasser (NADW) eine der wichtigsten Komponenten der globalen ozeanographischen Zirkulation darstellt (GORDON 1986). Der Ausgangspunkt der Tiefenwasserbildung in der Grönländischen See ist die Vermischung von polaren und atlantischen Wassermassen, die zu einer Dichteerhöhung der neuentstehenden Wassermasse führt. Diese wird im Winter stark abgekühlt und erfährt aufgrund der Neueisbildung einen Anstieg des Salzgehaltes, der sich in einer weiteren Dichteerhöhung auswirkt. Infolge dieser Dichteerhöhungen kann das Oberflächenwasser absinken und so zu einer Erneuerung des Bodenwassers beitragen (KILLWORTH 1979, CLARKE et al. 1990).

### 2.3. Eisbedeckung

Die Fram-Straße ist durch das parallele Auftreten von sowohl ganzjährig und saisonal eisbedeckten als auch von ganzjährig eisfreien Gebieten gekennzeichnet (VINJE 1977, VINJE 1985) (Abb. 2). Die saisonalen Schwankungen führen dazu, daß zur Zeit der geringsten Eisausdehnung im September nur der westliche Teil der Fram-Straße eisbedeckt ist, im März hingegen nur in der südöstlichen Fram-Straße noch eisfreie Bereiche zu finden sind. Der Eisrand stellt häufig eine markante Grenze dar, die aber gerade im Randbereich des Westspitsbergenstromes (WSC) aufgrund der dort auftretenden Wirbelbildung einen sehr unregelmäßigen Verlauf nehmen kann (JOHANNESSEN et al. 1987).

Das Eis gelangt nach zum Teil mehrjähriger Drift mit dem sibirischen oder dem polaren Arm des Transpolaren Driftstromes aus dem Arktischen Ozean in die Fram-Straße (GORDIENKO & LAKTIONOV 1969), wobei ein großer Teil des Eises, das die Fram-Straße erreicht, von den ausgedehnten sibirischen Schelfen stammt (NANSEN 1897, COLONY & THORNDIKE 1985). Ein Seitenzweig des sibirischen Armes des Transpolaren Driftstromes führt über die Barents See und kann über den Ostspitsbergenstrom (ESC) ebenfalls Eis in die Fram-Straße eintragen (VINJE & FINNEKASA 1986). Der Ostspitsbergenstrom transportiert aber nicht nur Eis aus dem Arktischen Ozean, sondern auch winterliches Neueis aus der Barents See oder von den Küsten Ostspitsbergens.

Auf dem Ostgrönlandschelf und zum Teil über dem Kontinentalhang entwickelt sich im Frühjahr und im Sommer vor der Halbinsel Nordostrundingen eine Polynya, die eine Ausdehnung bis zu 44.000 km<sup>2</sup> erreichen kann (WADHAMS 1986). NEWTON & PIPER (1981) konnten am Boden eines Troges auf dem Schelf Wassertemperaturen von 0,5°C beobachten und BOURKE et al. (1987) gelang der Nachweis, daß atlantisches Zwischenwasser aus dem Atlantischen Rückstrom in einem antizyklonalen Wirbel in dem Trogsystem auf dem Schelf zirkuliert. In Verbindung mit starken katabatischen Winden vom grönländischen Kontinent kann es dadurch zum Auftrieb relativ warmen Wassers kommen, welches die Polynya offenhält (WADHAMS 1986, SMITH et al. 1990).

### 3. Material und Methodik

#### 3.1. Herkunft des bearbeiteten Kernmaterials

Das untersuchte Kernmaterial wurde während der Arktis-Expedition ARK III/3 mit "FS Polarstern" im Sommer 1985 gewonnen (WEFER et al. 1986). Die Kerne stammen von zwei Ost-West-Profilen (78°N und 80°N) durch die Fram-Straße (Abb. 4) aus Wassertiefen zwischen 1382 m und 4460 m. Die Kernpositionen und die Kernlängen sind im Anhang A zusammengefaßt. Zur Benutzung der verwendeten Kernnummern siehe Anhang B.

#### 3.2. Probennahme und Probenbehandlung

Zur Gewinnung der Sedimentkerne wurden drei verschiedene Kernentnahmegeräte eingesetzt: a) ein Schwerelot mit 12 cm Durchmesser, b) ein Kolbenlot mit 12 cm Durchmesser und c) ein Kolbenlot mit 8,4 cm Durchmesser (siehe Anhang A). Alle untersuchten Kerne wurden an Bord geöffnet und beschrieben (unveröffl. Kernbeschreibungen, Geol. Inst. Univ. Kiel). Weiterhin wurden kontinuierlich 1 cm dicke Sedimentscheiben zur Herstellung von

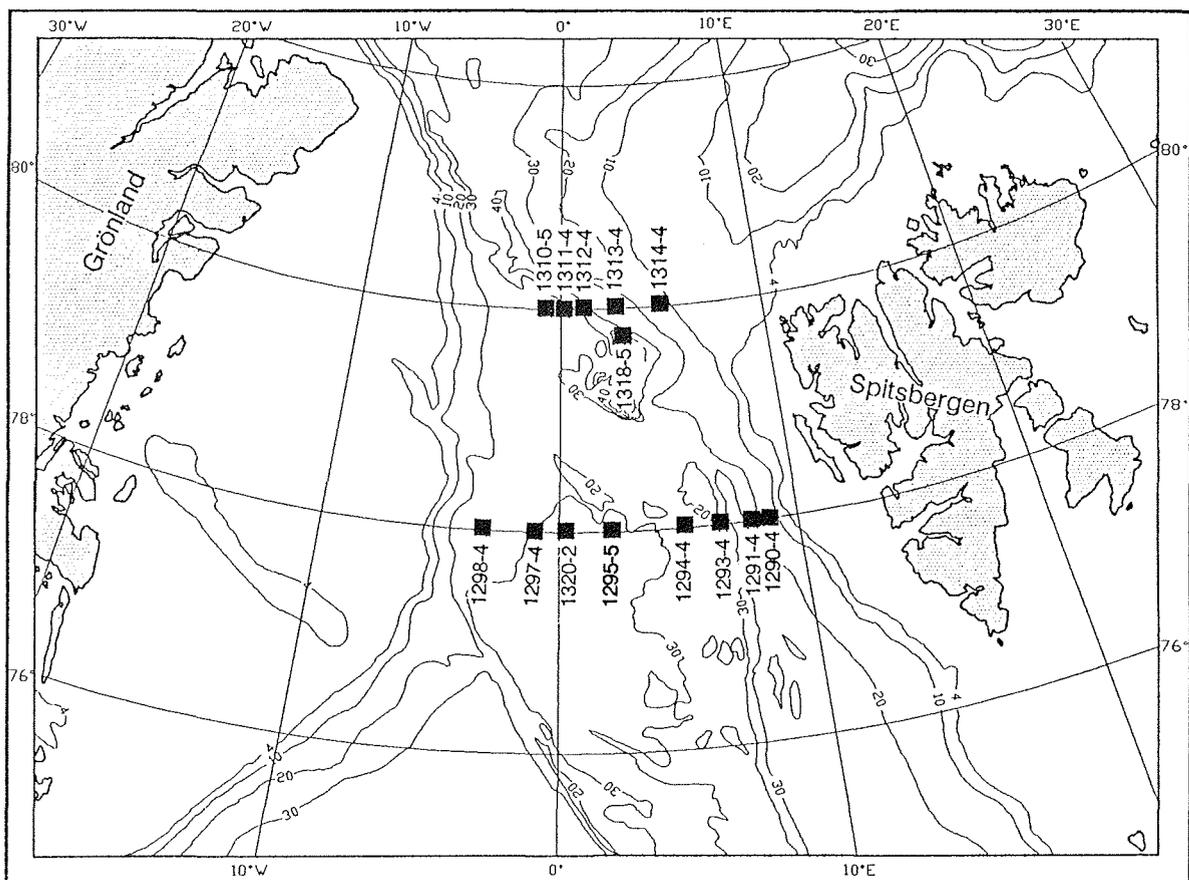


Abb. 4: Lage der Kernstationen im Untersuchungsgebiet (Tiefenangaben in m \* 100).

Radiographien genommen. Für die Untersuchung der organischen Fraktion und für die Grobfraktionsanalyse wurden Spritzenproben mit einem Volumen von 5 cm<sup>3</sup> entnommen, wobei in der Regel ein Probenabstand von 5 cm eingehalten wurde. Die Spritzen wurden luftdicht verschlossen und bis zur weiteren Verarbeitung bei 4°C gelagert.

### 3.3. Bestimmung der Farbzahl

Die Farben der Sedimente sind in den Kernbeschreibungen (unveröffl. Kernbeschreibungen, Geol. Inst. Univ. Kiel) in Form der Farbcodes nach der Rock-Colour-Chart (Geological Society of America) angegeben. Diese Farbcodes wurden einzelnen Farbzahlen zugeordnet, wobei zum einen zwischen hellen und dunklen und zum anderen zwischen braunen, oliven und grauen Farbtönen unterschieden wurde. Die daraus resultierenden Farbzahlen sind mit den entsprechenden Farbtönen in Tab. 1 zusammengestellt. Die Zuordnung der Farbcodes nach der Rock-Colour-Chart zu den Farbzahlen ist in Anhang C aufgeführt.

Farbzahl	Farbtöne
1	hellbraun, hellgrau, helloliv
2	mittel- und dunkelbraun
3	dunkelolivbraun
4	mitteloliv
5	dunkeloliv
6	grau
7	dunkel(oliv)grau

Tab. 1: Zuordnung der Sedimentfarben zu den Farbzahlen.

### 3.4. Bestimmung des Wassergehaltes

Zur Messung des Wassergehaltes wurden die Spritzenproben im feuchten Zustand gewogen und anschließend eine Woche lang im Trockenschrank bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Im Anschluß daran wurden die leeren Spritzen gewogen. Der Wassergehalt wird in Gewichtsprozent des nassen Sedimentes angegeben:

$$\text{Wassergehalt (\%)}: \frac{(\text{Naßgew.} - \text{Trockengew.}) * 100\%}{(\text{Naßgew.} - \text{SpritzenGew.})} \quad (1)$$

Die getrockneten Proben wurden für die Weiterbehandlung geteilt. Ein Drittel der Probe wurde mit einem Achatmörser von Hand pulverisiert und für die Bestimmung der

organisch-geochemischen Parameter benutzt. Die verbleibenden zwei Drittel wurden für die Korngrößenbestimmung und Grobfraktionsuntersuchung verwendet.

### 3.5. Korngrößenanalyse

Zur Dispergierung der getrockneten Sedimente wurden zwei Drittel der Ausgangsprobe 12 Stunden in Wasser in einem Überkopfschüttler bewegt. Danach wurde das Sediment über ein Sieb mit einer Maschenweite von 63  $\mu\text{m}$  gewaschen. Vereinzelt Proben, die nach dieser Behandlung noch Aggregate aus Feinmaterial aufwiesen, wurden zusätzlich für 20 Sekunden in einem Ultraschallbad dispergiert. Zur Bestimmung des Grobfraktionsanteils  $>63 \mu\text{m}$  wurde der Siebrückstand getrocknet und gewogen. Die Grobfraktion des Kernes 1295-5 wurde durch Trockensiebung weiterhin in die Fraktionen 63  $\mu\text{m}$  - 500  $\mu\text{m}$  und  $>500 \mu\text{m}$  unterteilt.

### 3.6. Bestimmung des organischen Kohlenstoffgehaltes

Die Kohlenstoffbestimmungen wurden mit einem HERAEUS-Elementaranalysator (CHN-O-Rapid) durchgeführt. Das Meßverfahren basiert auf der Verbrennung des organischen Materials bei 1000°C im Sauerstoffstrom und der Messung des Verbrennungsgases  $\text{CO}_2$  mit einem Wärmeleitfähigkeitsdetektor, wobei Helium als Trägergas benutzt wird. Zur Messung des organischen Kohlenstoffes ( $C_{\text{org}}$ ) mußten die gemörserten Proben entkalkt werden. Zum Entkalken wurden 25 mg des Probenmaterials in Silberschiffchen eingewogen, mit wenigen Tropfen Äthanol benetzt und anschließend mehrfach mit 2N HCL beträufelt, bis keine sichtbare  $\text{CO}_2$ -Entwicklung mehr stattfand. Anschließend wurde die Probe im Silberschiffchen bei ca. 70°C auf einer Heizplatte getrocknet, woraufhin sie im Elementaranalysator gemessen werden konnte. Zur Abschätzung der Reproduzierbarkeit der Analysen wurden Doppelmessungen durchgeführt (Abb. 5), die für die Kohlenstoffbestimmung mit dem Elementaranalysator eine Standardabweichung von 0,037 Gew.-% ergaben.

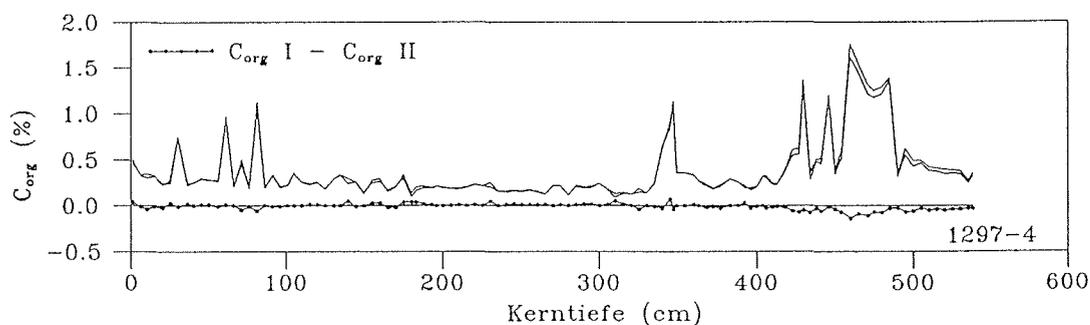


Abb. 5: Reproduzierbarkeit der  $C_{\text{org}}$ -Messungen am Beispiel des Kernes 1297-4. Die gepunktete Linie gibt die Differenz zwischen den Doppelmessungen an.

Eine weitere Methode der Kohlenstoffbestimmung ergab sich bei den Isotopenmessungen (siehe Kap. 3.8.), bei denen der Partialdruck des für die Messung gewonnenen  $\text{CO}_2$  ( $p\text{CO}_2$ ), in Abhängigkeit von der Einwaage, proportional zum  $\text{C}_{\text{org}}$ -Gehalt der Proben ist. Mit Hilfe von internen Meßstandards mit bekannten  $\text{C}_{\text{org}}$ -Gehalten (Wattsediment: 2,1%, Acetanilid: 71,09%) ließen sich Eichreihen erstellen, mit deren Regressionsgleichungen der  $\text{C}_{\text{org}}$ -Gehalt der Proben aus dem  $p\text{CO}_2$  bestimmt werden konnte. Für die zu Beginn der Untersuchung verwendete Konfiguration der Kühlfalle, in der das  $\text{CO}_2$  aufgefangen wurde (siehe Kap. 3.8.), ergab sich die folgende Gleichung (Abb. 6):

$$\text{mg C}_{\text{org}} = \frac{p\text{CO}_2 - 3,61}{108,7}, \quad r = 0,99 \quad (2)$$

Nach einer Verkleinerung des Volumens der Kühlfalle mußte eine neue Eichreihe erstellt werden (Abb. 6), die zu folgender Gleichung führte:

$$\text{mg C}_{\text{org}} = \frac{p\text{CO}_2 - 1,22}{144,6}, \quad r = 0,98 \quad (3)$$

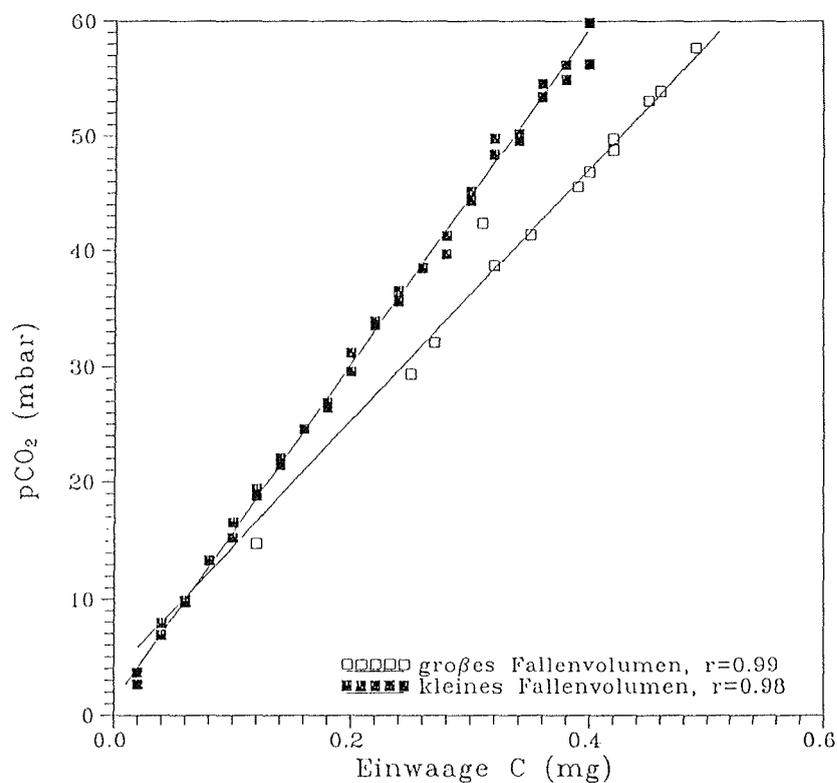


Abb. 6: Abhängigkeit des  $p\text{CO}_2$  bei der Isotopenmessung am Massenspektrometer von der Einwaage an Kohlenstoff für die beiden unterschiedlichen Kühlfallenkonfigurationen.

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff konnte danach über die Gleichung (4) berechnet werden:

$$C_{\text{org}} (\%) = \frac{\text{mg } C_{\text{org}}}{\text{mg Probe}} \cdot 100 \quad (4)$$

Ein Vergleich dieser beiden Methoden zur  $C_{\text{org}}$ -Bestimmung ist für den Kern 1297-4 in Abb. 7 dargestellt. Die Standardabweichung zwischen diesen beiden Methoden liegt in dem gleichen Rahmen wie für die Doppelbestimmungen am Elementaranalysator.

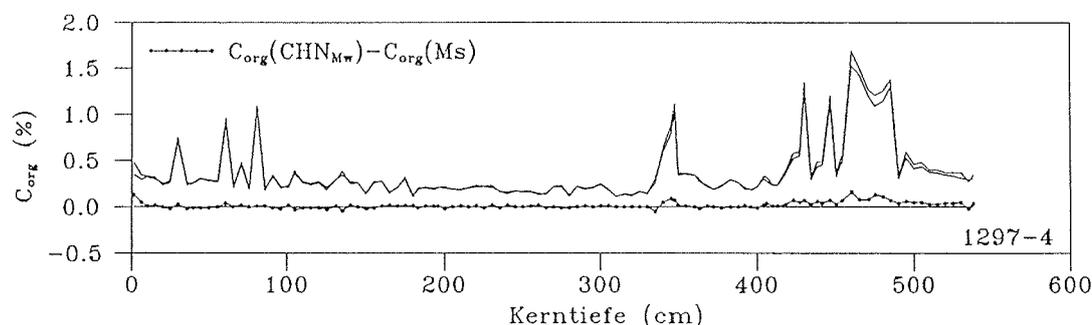


Abb. 7: Vergleich des Mittelwertes der  $C_{\text{org}}$ -Doppelmessungen am CHN-Analysator ( $\text{CHN}_{\text{MW}}$ ) mit den  $C_{\text{org}}$ -Werten, die sich aus Messungen des  $\text{CO}_2$ -Druckes im Massenspektrometer ergaben (Ms), am Beispiel des Kernes 1297-4. Die gepunktete Linie gibt die Differenz zwischen den Messungen an.

Für alle untersuchten Sedimentkerne wurde der  $C_{\text{org}}$ -Gehalt je einmal mit den beiden unterschiedlichen Methoden ermittelt. Für die Kerne des  $78^\circ\text{N}$ -Profils wurde zusätzlich eine Doppelbestimmung mit dem Elementaranalysator durchgeführt. Die Werte aus den verschiedenen Messungen an einer Probe wurden jeweils gemittelt.

### 3.7. Bestimmung des Stickstoffgehaltes und der C/N-Verhältnisse

Bei der Messung des  $C_{\text{org}}$ -Gehaltes mit dem Elementaranalysator wurde ebenfalls das Verbrennungsgas  $\text{N}_2$  bestimmt (siehe Kap. 3.6.), das den Gesamtstickstoffgehalt  $\text{N}_{\text{ges}}$  der Probe angibt. Aufgrund der geringen Stickstoffgehalte wurde an den Elementaranalysator ein zusätzlicher Integrator (SPA4100) angeschlossen. Bei geringen Stickstoffgehalten ist die Auswertung der Flächen auf dem Integratorschrieb sehr viel genauer als die interne Auswertung des Elementaranalysators. Doppelbestimmungen an den Kernen von dem  $78^\circ\text{N}$ -Profil haben gezeigt, daß die Standardabweichung bei der Stickstoffbestimmung 0,011 Gew.-% beträgt (Abb. 8a).

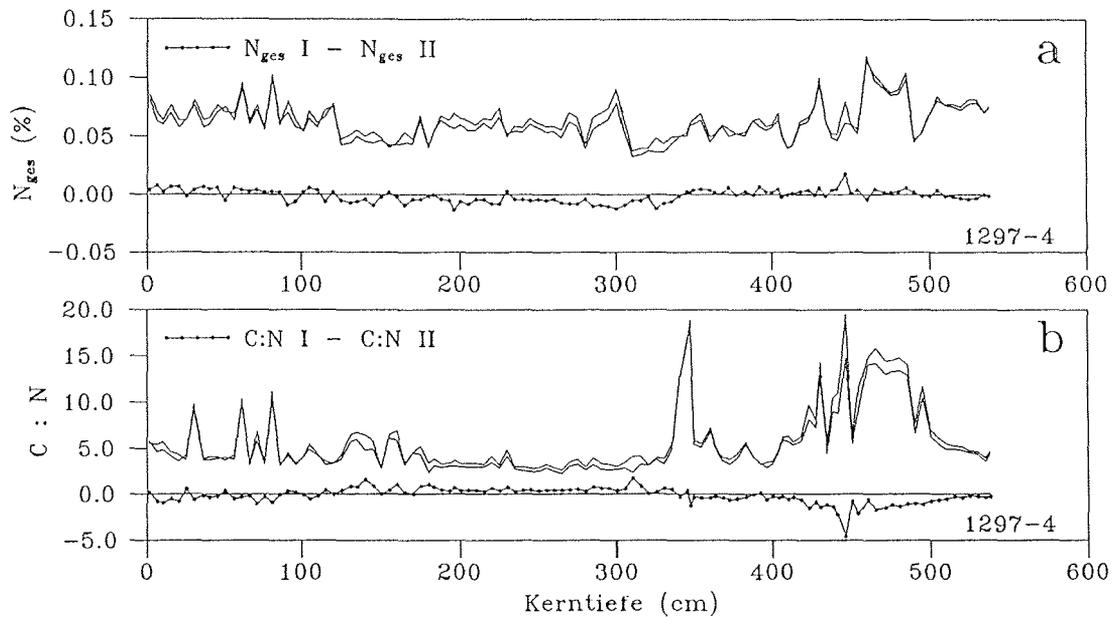


Abb. 8: Vergleich von Doppelmessungen am CHN-Analysator am Beispiel des Kernes 1297-4. Die gepunktete Linie gibt die Differenz zwischen den Messungen an. (a)  $N_{ges}$ , (b) C/N-Verhältnisse.

Der Gesamtstickstoff setzt sich aus einem anorganischen Teil  $N_{anorg}$  und einem organischen Teil  $N_{org}$  zusammen, wobei der  $N_{anorg}$ -Anteil aus einer fixierten ( $N_{fix}$ ) und einer austauschbaren ( $N_{aust}$ ) Komponente besteht:

$$N_{ges} = N_{org} + (N_{fix} + N_{aust}) \quad (5)$$

Der anorganische Stickstoff liegt vornehmlich in Form von in Tonmineralen gebundenem Ammonium vor. Besonders hohe Gehalte von Ammonium finden sich in Illit und Vermiculit (BREMNER 1959, STEVENSON & DHARIWAL 1959). Eine ausführliche Beschreibung der Stickstoffanalytik wird von MÜLLER (1977) gegeben.

Von besonderer Bedeutung für die Fragestellung dieser Arbeit ist das Gewichtsverhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff (C/N-Verhältnis), das u.a. Aufschlüsse über die Zusammensetzung des organischen Materials und dessen terrigenen Anteil geben kann (z.B. MÜLLER 1977, EMERSON & HEDGES 1988). Während derartige Aussagen zumeist auf dem  $C_{org}/N_{org}$ -Verhältnis beruhen, lassen sich in illitarmen Sedimenten mit dem  $C_{org}/N_{ges}$ -Verhältnis vergleichbare Ergebnisse erzielen (MÜLLER 1977). Um die Aussagekraft des mit der Elementaranalyse gewonnenen  $C_{org}/N_{ges}$ -Verhältnisses in den untersuchten Sedimentkernen zu überprüfen, wurde für die oberen 235 cm des Kernes 1295-5 der  $N_{anorg}$ -Anteil ermittelt (Abb. 9). Diese Bestimmung wurde nach der Methode von MOGILEVKINA (1964) durchgeführt, die bei einem geringen Aufwand eine gute Abschätzung des  $N_{anorg}$ -Gehaltes erlaubt. Die Proben wurden dabei über 24 Stunden in einem Muffelofen einer Temperatur

von 400°C ausgesetzt. Nach diesem Zeitraum sollte der organische Stickstoff weitgehend oxidiert und nur noch  $N_{fix}$  in der Probe vorhanden sein. An den so behandelten Proben wurde mit dem Elementaranalysator der noch verbliebene Stickstoff bestimmt. Aus der Subtraktion des  $N_{fix}$ -Gehaltes vom  $N_{ges}$ -Gehalt ergeben sich der  $N_{org}$ - und der  $N_{aust}$ -Gehalt:

$$N_{org} (\%) + N_{aust}(\%) = N_{ges} (\%) - N_{fix} (\%) \quad (6)$$

Der Anteil des  $N_{aust}$  am  $N_{ges}$  ist in den meisten Sedimenten kleiner als 5% und hat somit kaum einen Einfluß auf die C/N-Verhältnisse (MÜLLER 1977).

Der Vergleich an dem Kern 1295-5 zeigt, daß der fixierte Anteil des Stickstoffes in der Regel deutlich größer ist als der organische Anteil (Abb. 9a). Bei Sedimenten mit über 60% Illit in der Tonmineralzusammensetzung (BERNER & WEFER 1990) und geringen Gehalten an organischer Substanz (HEBBELN & BERNER in Vorb.) erscheint das nicht ungewöhnlich. Ein Vergleich der  $C_{org}/N_{ges}$ - und der  $C_{org}/N_{org}$ -Verhältnisse zeigt aber, daß die beiden Kurven trotz deutlicher Unterschiede in den absoluten Werten einen annähernd parallelen Verlauf aufweisen (Abb. 9b). Die qualitativen Aussagen, z.B. ausgedrückt als Abweichungen der beiden Kurven vom jeweiligen Mittelwert, sind somit sehr gut vergleichbar. Zur Vereinfachung werden im Folgenden die  $C_{org}/N_{ges}$ -Verhältnisse als C/N-Verhältnisse bezeichnet. Die Standardabweichung für die C/N-Verhältnisse, die sich aus den Doppelmessungen der Kerne vom 78°N-Profil ergibt, liegt bei 1,57 (Abb. 8b), was bei einer Spannbreite der Werte von 2,4 bis 30 ein gutes Ergebnis darstellt.

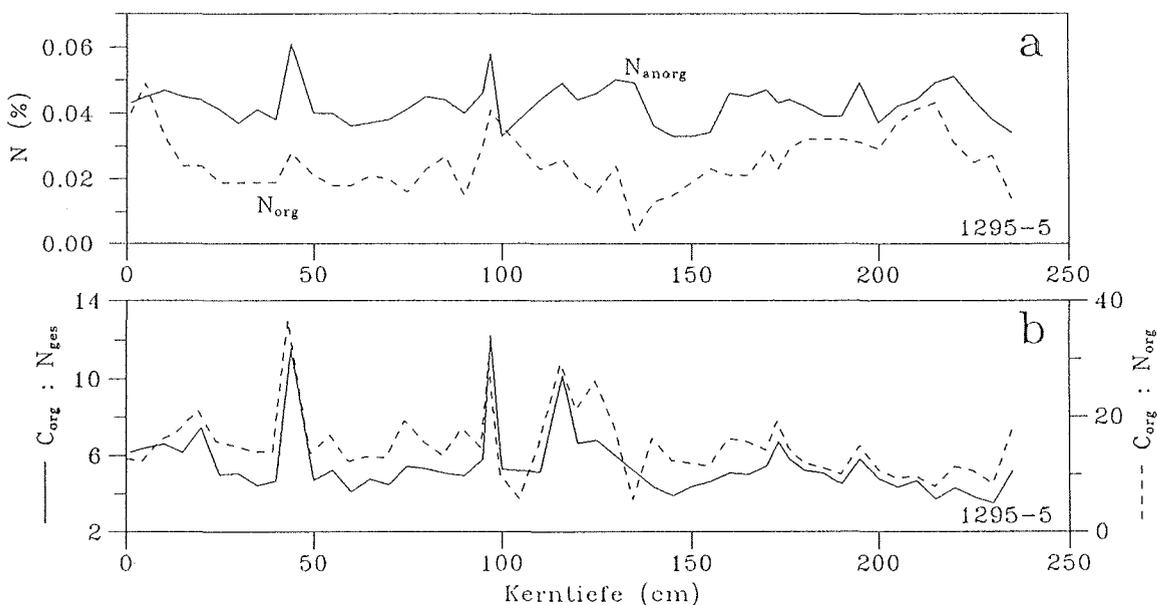


Abb. 9: Vergleich der (a)  $N_{org}$  und  $N_{anorg}$ -Gehalte und (b) der  $C/N_{org}$ - und  $C/N_{ges}$ -Verhältnisse für den Kern 1295-5. Bei dem Vergleich der  $C/N_{org}$ - und  $C/N_{ges}$ -Verhältnisse beachte man die unterschiedlichen Skalen.

### 3.8. Bestimmung der $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Isotopenverhältnisse des organischen Kohlenstoffes

Die Messungen des Verhältnisses der stabilen Kohlenstoffisotopen  $^{12}\text{C}$  und  $^{13}\text{C}$  wurden mit einem FINNIGAN Delta E Massenspektrometer durchgeführt, dem eine Trapping Box und ein Verbrennungsteil eines Heraeus Elementaranalysators (CHN-O-Rapid) vorgeschaltet sind. Die Probenvorbereitung, einschließlich Entkalkung, und der Verbrennungsvorgang entsprachen den Methoden bei der  $C_{\text{org}}$ -Messung (siehe Kap. 3.6.). Die Proben wurden bei  $1000^\circ\text{C}$  im Verbrennungsteil verbrannt und das entstehende  $\text{CO}_2$  wurde in die Trapping Box geleitet. Bei  $-75^\circ\text{C}$  wurde das Probengas in einer ersten Kühlfalle von Wasser und anderen Verunreinigungen befreit. In einer zweiten Kühlfalle, deren Volumen im Verlauf der Messungen verkleinert wurde, um den  $p\text{CO}_2$  und damit die Empfindlichkeit zu erhöhen, wurde bei  $-190^\circ\text{C}$  das  $\text{CO}_2$  ausgefroren und von dort in das Massenspektrometer eingeleitet.

Isotopenmessungen werden im allgemeinen relativ zu einem Standard durchgeführt, da die Messung absoluter Isotopenverhältnisse sehr aufwendig und ungenau wäre. Der aus einer Isotopenmessung resultierende Wert stellt demnach die Abweichung der Probe gegenüber dem Standard dar und wird deshalb als  $\delta$  angegeben:

$$\delta^{13}\text{C} \text{ ‰} = \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{Probe}} - (^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{Standard}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{Standard}}} \cdot 1000 \quad (7)$$

Die grundlegenden Prinzipien der Isotopenmessung am Massenspektrometer sind bei HOEFS (1987) und bei FAURE (1977) ausführlich beschrieben. Niedrige  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte stehen für eine Anreicherung des leichten Isotops  $^{12}\text{C}$  in der Probe gegenüber dem Standard und werden auch als leichte Isotopenwerte bezeichnet. Entsprechend bedeuten höhere  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte eine Anreicherung des schweren Isotops  $^{13}\text{C}$  und damit schwerere Isotopenwerte (WEFER 1986).

Als Referenzprobe diente bei jeder siebten Messung ein Wattsediment (WST), für das die Standardabweichung im Verlauf der ganzen Meßreihe  $0,1\text{‰}$  ( $n=361$ ) betrug. Daneben wurden auch Messungen mit einer Sucrose ANU (IAEA, Wien), mit Acetanilid und mit einem Haushaltszucker durchgeführt. Die Isotopenwerte und Standardabweichungen für die Referenzproben sind in Tab. 2 aufgeführt. Als laborinterner Standard diente  $\text{CO}_2$ -Gas aus der Kohlensäurequelle Burgbrohl in der Eifel ( $\delta^{13}\text{C} = -4,591\text{‰}$  PDB). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind jeweils auf den international gebräuchlichen PDB-Standard (Pee Dee Belemnite) bezogen (CRAIG 1957).

	Wattsediment	ANU-Sucrose	Acetanilid	Haushaltszucker
Isotopenwert (‰PDB)	-25,19	-10,69	-30,21	-25,26
Standardabweichung (‰PDB)	0,11	0,11	0,09	0,10
Anzahl der Messungen	361	17	40	10

Tab. 2: Gemessene Mittelwerte und Standardabweichungen für die Referenzproben bei den  $\delta^{13}\text{C}$ -Messungen an organischem Material.

### 3.9. Bestimmung des Karbonatgehaltes

Die Bestimmung des Karbonatgehaltes ( $\text{CaCO}_3$ ) erfolgte ebenfalls mit dem Heraeus-Elementaranalysator (CHN-O-Rapid). Hierfür wurden 25 mg des nicht entkalkten Probenmaterials in Zinnschiffchen eingewogen und zur Bestimmung des Gesamtkohlenstoffes bei  $1000^\circ\text{C}$  im Sauerstoffstrom verbrannt. Durch Subtraktion des vorher bestimmten organischen Kohlenstoffes erhält man den Gehalt an karbonatisch gebundenem Kohlenstoff, über den der Karbonatgehalt errechnet werden kann:

$$C_{\text{karb}} (\%) = C_{\text{ges}} (\%) - C_{\text{org}} (\%) \quad (8)$$

$$\text{CaCO}_3 (\%) = C_{\text{karb}} (\%) \cdot 8,33 \quad (9)$$

### 3.10. Bestimmung des Opalgehaltes

Zur Bestimmung des biogenen Opals stehen eine Reihe von Methoden zur Verfügung, wie z.B. Infrarot-Spektroskopie, Röntgen-Diffraktion, normative Kalkulationen, Auszählen bzw. Abschätzen silikatischer Mikrofossilien mit dem Lichtmikroskop oder naßchemische Verfahren (siehe Zusammenfassung in BOHRMANN 1988). Bisher ist aber keine dieser Methoden universell als quantitative Opalanalyse akzeptiert.

Wegen der zu erwartenden niedrigen Opalgehalte in den Sedimenten der Fram-Straße wurde ein sehr empfindliches naßchemisches Verfahren angewendet. Für den Kern 1295-5 wurde der Opal-Gehalt mit einer Extraktionsmethode bestimmt, die auf der leichten Löslichkeit amorpher  $\text{SiO}_2$ -Phasen in alkalischen Lösungen bei erhöhter Temperatur beruht. Von den

verschiedenen Ausführungen dieser Methode (LISITZIN 1972, EGGIMAN et al. 1980, DEMASTER 1981, MORTLOCK & FROELICH 1989) kam das Verfahren von DEMASTER (1981) in der modifizierten und automatisierten Form nach MÜLLER & SCHNEIDER (1991) zur Anwendung.

In einem Stahlzylinder wurden ca. 80 mg Probenmaterial mit 100 ml 1 M NaOH unter ständigem Rühren bei 85°C extrahiert. Ein kleiner Teil der Lösung wurde kontinuierlich zu einem Autoanalyzer gepumpt, mit Schwefelsäure angesäuert und nach der Molybdat-Blau Methode (GRASSHOFF et al. 1983) spektralphotometrisch analysiert (Abb. 10). Während der durchschnittlich 40 bis 60 Minuten dauernden Analyse erhält man eine Extraktionskurve, die einen schnellen anfänglichen Anstieg an gelöster Kieselsäure zeigt, der allmählich in einen langsameren linearen Anstieg übergeht (Abb. 11). Die rasche anfängliche Zunahme wird durch Opallösung hervorgerufen, während der spätere lineare Kurvenverlauf auf die Freisetzung von SiO<sub>2</sub> aus Tonmineralen zurückzuführen ist. Durch Extrapolation dieses linearen Anstiegs auf die Ordinate (Extraktionszeit = 0) erhält man den Gehalt an biogenem Opal an (Abb. 11). Der Fehler für diese Methode wird für Sedimente mit Opalgehalten von ca. 2 Gew.-% mit +/- 10% angegeben (MÜLLER & SCHNEIDER 1991).

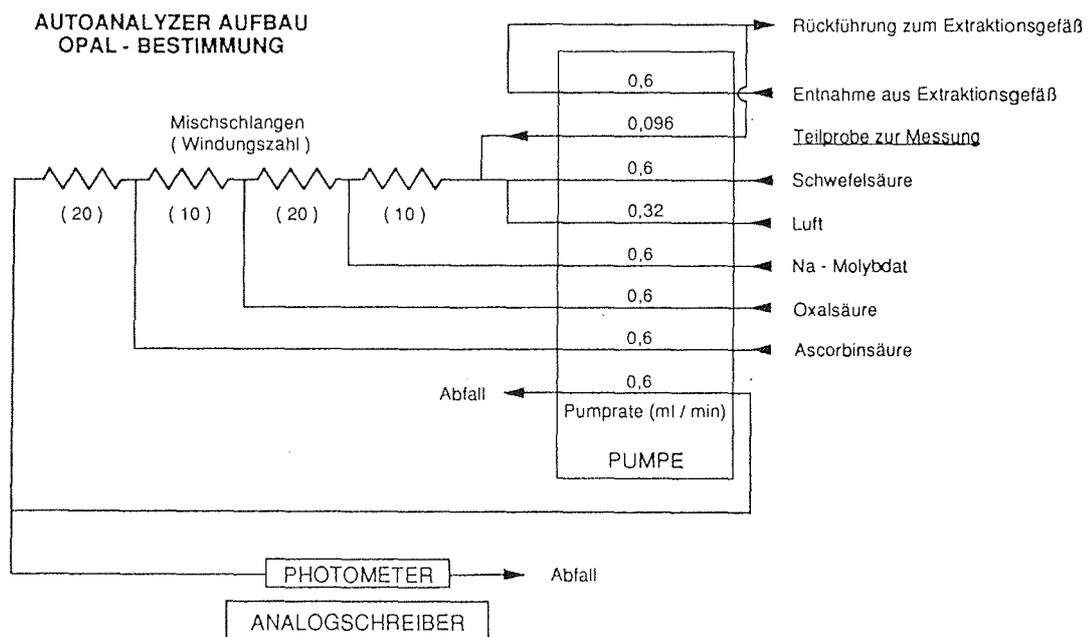


Abb. 10: Schematische Darstellung des Autoanalyzeraufbaus zur naßchemischen Opal-Analyse (SCHNEIDER 1991).

### 3.11. Untersuchungen zum Foraminiferenbestand

Der Anteil planktischer Foraminiferen in der Grobfraction (>63 µm) wurde mit dem Binokular semiquantitativ abgeschätzt und einem Foraminiferen-Index (Foram-Index) von 0-5 zugeordnet (Tab. 3). Diese grobe Einteilung ermöglichte die wechselnden Anteile planktischer Foraminiferen in den Sedimentkernen zu dokumentieren.

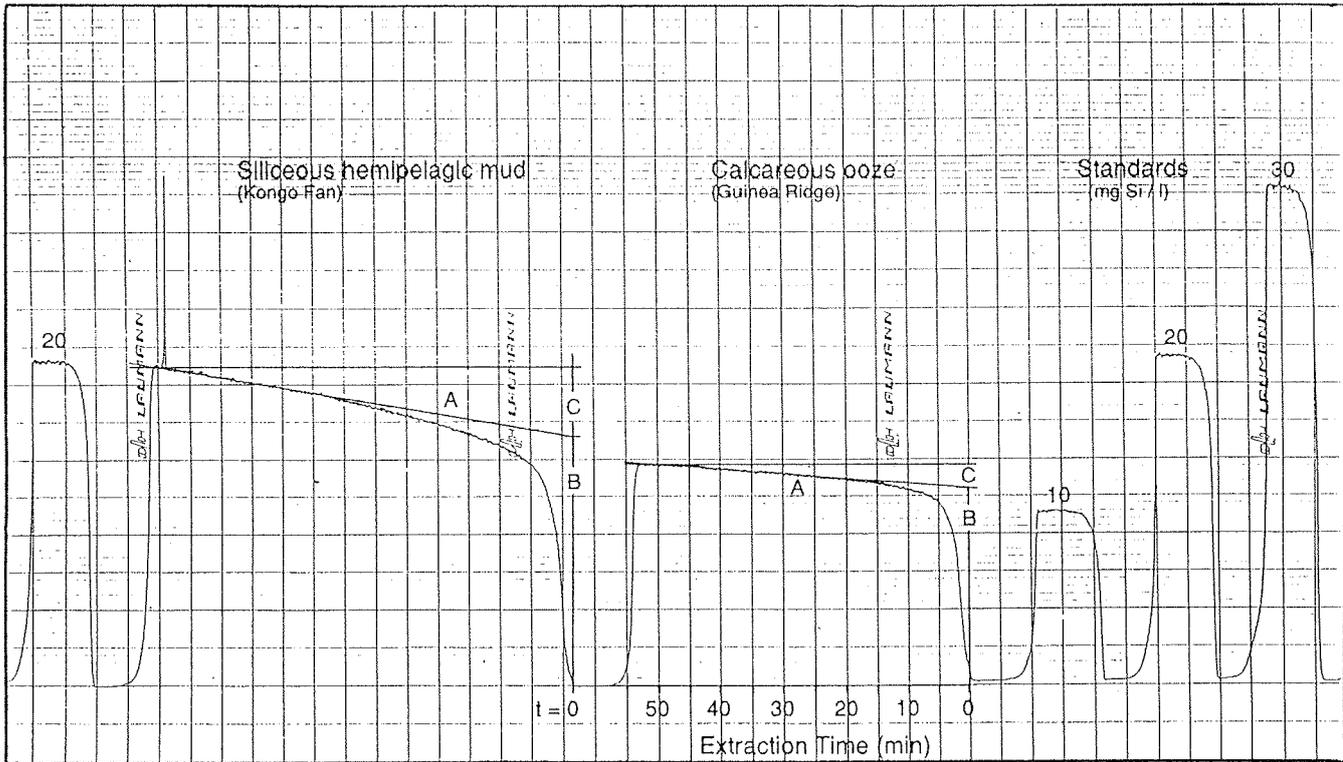


Abb. 11: Ermittlung des Opalgehaltes mit der automatisierten Extraktionsmethode nach MÜLLER & SCHNEIDER (1991).

Als biostratigraphischer Indikator für das Sauerstoffisotopenstadium 5a gilt in der Norwegisch-Grönländischen See das Auftreten der benthischen Foraminifere *Pullenia bulloides* (HAAKE & PFLAUMANN 1989), deren Vorkommen bei der Untersuchung der Proben mit dem Binokular registriert wurde.

Foram-Index	geschätzter Anteil planktischer Foraminiferen an der Grobfraction
0	keine
1	0% - 5%
2	5% - 20%
3	20% - 50%
4	50% - 80%
5	>80%

Tab. 3: Einteilung des Foram-Indexes zur semiquantitativen Abschätzung des Anteils planktischer Foraminiferen an der Grobfraction.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Allgemeiner Überblick

Die Ergebnisse der untersuchten Parameter für die einzelnen Sedimentkerne sind in den Abbildungen 12 bis 26 dargestellt. Die Wertetabellen für diese Ergebnisse sind im Anhang D aufgelistet. Für die Grobfraktionsanteile, die  $C_{org}$ -Gehalte, die C/N-Verhältnisse und die  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte sind die Mittelwerte der jeweiligen Kerne in Abb. 27 zusammengefaßt und zusammen mit den Spannweiten in Tab. 4 aufgeführt.

Die Sedimente in der Fram-Straße können nach ELVERHOI (1984) als hemipelagisch mit glaziomarinen Komponenten klassifiziert werden. Sie bestehen zum größten Teil aus Tonen, siltigen Tonen und tonigen Silten mit geringen Sandanteilen. Ausgeprägte Sandlagen und größere "Dropstones" (>1 cm) treten nur vereinzelt auf. In der Fraktion >63  $\mu m$  stellen Quarkörner den Hauptanteil, aber auch Feldspäte und Bruchstücke sedimentärer und kristalliner Gesteine sind häufig zu finden und können in einzelnen Lagen dominieren. In der zentralen Fram-Straße setzen sich die Sedimente größtenteils aus lithogenem Material zusammen, während der Biogenanteil (Karbonat, Opal,  $C_{org}$ ) in der Regel unterhalb von 10% des Gesamtsedimentes liegt (Abb. 26).

Generell ist eine leichte Gegenläufigkeit zwischen den Wassergehalten und den Grobfraktionsanteilen der Kerne zu beobachten. Die  $C_{org}$ - und  $N_{ges}$ -Gehalte stehen in einem engen Zusammenhang und verlaufen größtenteils parallel. Aufgrund der höheren Amplituden des  $C_{org}$ -Gehaltes bildet sich dessen Verlauf auch in den C/N-Verhältnissen ab. Einen ähnlichen Verlauf weisen ebenfalls die  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte auf. Der Anteil planktischer Foraminiferen an der Grobfraktion verhält sich teilweise gegenläufig zu den organischen Parametern. Kernabschnitte mit hohen Foraminiferengehalten zeichnen sich häufig durch hellbraune Farben aus, wohingegen Kernabschnitte mit hohen  $C_{org}$ -Gehalten und hohen C/N-Verhältnissen dunkelolivgraue Farben aufweisen (Abb. 12 - 25).

### 4.2. Sedimentfarben

Die Sedimente in der Fram-Straße weisen ein breites Spektrum von Färbungen auf, das von sehr hellen zumeist bräunlichen, über mittel- und dunkelbraune zu oliven bis dunkelolivgrauen Farbtönen reicht (Abb. 12 - 25). Generell können die Sedimente in der Fram-Straße anhand ihrer Färbungen in drei Gruppen geteilt werden: Die Kerne aus der zentra-

Kern- Nr.	Grobfraktions- anteile (Gew.-%)			C <sub>org</sub> -Gehalte (Gew.-%)			C/N-Verhältnisse			δ <sup>13</sup> C <sub>org</sub> (‰ PDB)		
	Max.	Min.	Mw.	Max.	Min.	Mw.	Max.	Min.	Mw.	Max.	Min.	Mw.
1290-4	40,64	0,30	10,17	1,54	0,34	0,98	14,64	6,12	10,09	-22,97	-26,96	-24,39
1291-4	43,70	0,00	13,43	2,05	0,19	0,81	16,34	3,73	8,68	-22,52	-25,94	-24,49
1293-4	20,75	0,12	6,80	1,92	0,28	0,76	13,50	4,62	8,12	-22,27	-26,11	-24,21
1294-4	45,35	0,11	11,63	1,46	0,24	0,51	18,56	3,12	6,22	-22,40	-26,20	-24,00
1295-5	45,27	0,11	13,83	1,38	0,15	0,41	13,95	3,51	5,98	-22,22	-26,94	-23,80
1320-2	52,95	0,00	14,94	1,51	0,16	0,42	21,79	3,71	7,42	-22,27	-28,19	-23,69
1297-4	52,20	0,13	20,50	1,69	0,11	0,38	18,26	2,41	5,71	-22,97	-26,25	-24,26
1298-4	97,75	0,07	33,92	1,31	0,09	0,33	13,17	2,77	5,79	-23,27	-27,32	-24,71
1310-5	-	-	-	2,83	0,18	0,53	29,17	4,10	8,71	-22,53	-25,63	-24,08
1311-4	34,44	0,10	7,33	1,37	0,32	0,56	27,52	4,46	7,97	-22,23	-26,66	-24,10
1312-4	19,49	0,50	5,12	1,53	0,28	0,66	12,54	4,08	7,72	-23,09	-25,73	-24,13
1313-4	19,20	0,02	3,20	1,67	0,25	0,74	13,39	4,27	7,77	-22,54	-25,90	-23,81
1318-5	68,68	0,17	6,65	1,52	0,31	0,77	11,31	4,09	6,53	-22,61	-28,99	-24,23
1314-4	66,57	0,79	16,07	1,57	0,36	0,81	16,61	6,07	10,78	-23,76	-26,81	-24,67

Tab. 4: Mittelwerte (Mw.) und Extremwerte (Min. = Minima, Max. = Maxima) der Grobfraktionsanteile, der C<sub>org</sub>-Gehalte, der C/N-Verhältnisse und der δ<sup>13</sup>C<sub>org</sub>-Werte für die untersuchten Kerne.

len Fram-Straße setzen sich hauptsächlich aus hellbraunen Sedimenten zusammen und weisen einzelne zyklische Abfolgen mit dunkleren Einschaltungen auf (Abb. 15 - 19). In den Sedimenten vom Kontinentalhang vor Spitsbergen dominieren dunklere olivstichige Farbtöne (Abb. 12 - 14, 24 und 25). Die dritte Gruppe bilden die Sedimente von 80°N, in denen enge Wechsellagerungen der beiden Hauptfarbkomponenten auftreten (Abb. 20 - 23).

#### 4.3. Wassergehalte

Die Wassergehalte der meisten untersuchten Proben schwanken zwischen 20% und 50%, wobei auch Extremwerte von 16% bzw. 60% gemessen wurden (Abb. 12 - 25). Bei einigen Kernen sind teils über die gesamte Kernlänge, teils nur im oberen Kernabschnitt mit zunehmender Kerntiefe abnehmende Wassergehalte zu beobachten. Die beiden Kerne vom westlichen Rand des 78°N-Profiles (1297-4 und 1298-4) weisen deutlich geringere Wassergehalte als die übrigen Kerne auf.

#### 4.4. Grobfraktionsanteile

Die Anteile der Grobfraktion liegen zumeist zwischen 0% und 20%. Es wurden aber auch längere, zum Teil charakteristische Kernabschnitte mit Gehalten zwischen 30% und 40% gefunden. Die Spitzenwerte reichen in den Kernen selten über 45% (Abb. 12 - 25, Tab. 4). Eine Ausnahme bildet der Kern 1298-4, in dem eine Sandlage in 264 cm - 269 cm Kerntiefe einen Grobfraktionsanteil von 98% aufweist. Korrespondierend zu den Wassergehalten weist dieser Kern zusammen mit dem Kern 21297-4 auch die höchsten Mittelwerte (>20%) für die Fraktion >63 µm auf. Die niedrigsten Mittelwerte (<6,7%) wurden auf dem 80°N-Profil in den Kernen aus großen Wassertiefen im Bereich der Spitsbergen Bruchzone gemessen (1312-4, 1313-4 und 1318-5) (Abb. 27, Tab. 4).

Der Anteil der Fraktion >500 µm in dem Kern 1295-5 ist größtenteils kleiner als 2%. Neben einer einzelnen Probe bei 265 cm mit mehr als 8%, erreichen vereinzelte Maxima 4% bis 5% (Abb. 16).

#### 4.5. Foraminiferenverteilung

In allen Kernen, mit Ausnahme des Kernes 1314-4, gibt es Proben, in denen der geschätzte Anteil planktischer Foraminiferen an der Grobfraktion, der mit dem Foraminiferen-Index erfaßt wird (siehe Kap. 3.11.), Werte von >50% (Foram-Index = 4) und zum Teil sogar >80% (Foram-Index = 5) erreicht (Abb. 12 - 25). Demgegenüber sind in allen Kernen weite Bereiche praktisch frei von planktischen Foraminiferen. Der durchschnittliche Anteil planktischer Foraminiferen an der Grobfraktion liegt in fast allen Kernen in der Größenordnung von 5%. Insgesamt ist er in den Kernen aus der zentralen Fram-Straße am größten (Abb. 14- 19), wohingegen zu den Kontinentalrändern im Westen und im Osten sowie im Bereich des Lena-Troges auf dem 80°N-Profil etwas geringere Gehalte gefunden wurden (Abb. 12, 13, 21 - 25). Die Verteilung der planktischen Foraminiferen wird eindeutig durch die polare Art *Neogloboquadrina pachyderma* (*sin.*) dominiert. Die subpolaren Arten *Neogloboquadrina pachyderma* (*dextr.*), *Turborotalia quinqueloba*, *Globigerina bulloides*, *Globigerinita glutinata* und *Globorotalia inflata* sind nur in geringen Anzahlen zu beobachten.

Die benthische Foraminifere *Pullenia bulloides* wurde in mehr als der Hälfte der untersuchten Kerne in Kerntiefen zwischen 85 cm und 540 cm gefunden (Abb. 12 - 25). Ausnahmen bilden nur die Kerne 1290-4, 1298-4, 1310-5, 1312-4 und 1318-5.

#### 4.6. Organischer Kohlenstoff

Die Gehalte an organischem Kohlenstoff liegen im Bereich von 0,1% bis 2,8% (Tab. 4, Abb. 12 - 25). In den Kernen aus der zentralen und der westlichen Fram-Straße liegen die Werte in der Regel unterhalb von 0,5% und nur in einigen markanten Kernabschnitten werden deutlich höhere Werte erzielt (Abb. 15 - 19). Im Bereich der Spitsbergen-Bruchzone auf 80°N liegt der Schwellenwert etwas höher (0,6% - 0,7%), das prinzipielle Muster abrupter Variationen bleibt aber erhalten (Abb. 20 - 23). Nur die Kerne vom Kontinentallhang vor Spitsbergen weisen bei hohen  $C_{org}$ -Gehalten gleichmäßigere Wechsel zwischen Minima und Maxima auf (Abb. 12 - 14, 24, 25). Die Mittelwerte der  $C_{org}$ -Gehalte zeigen auf beiden Profilen von West nach Ost einen deutlichen Trend zu höheren Werten (Tab. 4, Abb. 27). Zusätzlich ist in der zentralen Fram-Straße ein deutlicher Trend zu höheren Werten auf dem 80°N-Profil gegenüber dem 78°N-Profil zu beobachten.

#### 4.7. Stickstoff

Die Stickstoffgehalte variieren zwischen 0,02% und 0,18%, wobei die höchsten Werte häufig in den obersten Proben der Sedimentkerne gemessen wurden (Abb. 12 - 25, Tab. 4). Generell verhalten sich die Stickstoffgehalte in den einzelnen Kernen ähnlich wie die  $C_{org}$ -Gehalte (siehe Kap. 4.6.). Wie diese zeigen die Stickstoffgehalte einen deutlichen Trend mit zunehmenden Werten von West nach Ost. Davon weicht nur der Kern 1314-4 vom Kontinentallhang vor Spitsbergen mit sehr niedrigen Werten ab. Der beim  $C_{org}$ -Gehalt zu beobachtende Nord-Süd-Trend (Abb. 12 - 25) ist beim Stickstoffgehalt nur sehr schwach ausgeprägt.

#### 4.8. C/N-Verhältnisse

Die C/N-Verhältnisse zeigen ebenfalls ein ähnliches Erscheinungsbild wie die  $C_{org}$ -Gehalte (Abb. 12 - 25). In der zentralen Fram-Straße liegt der größte Teil der Werte unter einem Schwellenwert von 7. In markanten Kernabschnitten werden jedoch deutlich höhere Werte erreicht (Abb. 15 - 19). Im Bereich der Spitsbergen-Bruchzone auf 80°N findet sich ein vergleichbares Muster mit einem etwas höheren Schwellenwert von 8 bis 9 (Abb. 20 - 23). Die gesamte Spannbreite der C/N-Verhältnisse reicht von 2,4 bis 30 (Tab. 4). Die Mittelwerte auf dem 78°N Profil zeigen wiederum eine generelle Zunahme von West nach Ost (Abb. 27, Tab. 4). Auf dem 80°N-Profil kehrt sich dieser Trend um. Dort nehmen die C/N-Verhältnisse von West nach Ost ab. Hiervon weicht wiederum nur der Kern 1314-4 mit einem sehr hohen Mittelwert ab.

#### 4.9. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Isotopenverhältnisse des organischen Kohlenstoffes

Die Verteilung der stabilen Kohlenstoffisotope in der organischen Substanz umfaßt Werte von  $-29\text{‰}$  bis  $-22\text{‰}$  (Tab. 4). In den meisten Kernen weisen die Isotopenkurven nur geringe Variationsbreiten auf (Abb. 12 - 25). In den Kernen aus der östlichen und der zentralen Fram-Straße treten einzelne, zumeist dünne Horizonte ( $\sim 5 - 30$  cm) mit extrem leichten Werten ( $-25\text{‰}$  bis  $-29\text{‰}$ ) auf (Abb. 12 - 18). Die schwersten Werte wurden in fast allen Kernen in den obersten Kernabschnitten gemessen. In beiden Kernprofilen zeigt sich, daß die Mittelwerte von der zentralen Fram-Straße in Richtung zu den Kontinentalrändern zu leichteren Isotopenverhältnissen verschoben werden (Abb. 27, Tab. 4).

#### 4.10. Karbonat- und Biogen-Opalgehalte

Der Karbonatgehalt in den beiden analysierten Kernen 1310-5 und 1320-2 variiert in den oberen 200 cm größtenteils zwischen 0% und 10%, wobei die höchsten Werte mit rund 30% in den obersten 10 cm des Kernes 1320-2 gemessen wurden (Abb. 26). In den unteren Kernabschnitten erreicht der Karbonatgehalt nur in einzelnen Lagen Werte über 10% und liegt ansonsten deutlich unter 5%. Unterhalb von 710 cm (1310-5), bzw. 650 cm (1320-2) bleibt er ständig unter 2% (Abb. 26).

Der Gehalt von Biogen-Opal in dem Kern 1295-5 bewegt sich zwischen 0,4% und 2,6%. Längere Kernabschnitte mit Opalgehalten unter 1,2% treten zwischen 230 cm und 340 cm und zwischen 420 cm und 455 cm auf (Abb. 26). Anhaltend höhere Opalgehalte sind vor allem zwischen 340 cm und 420 cm sowie zwischen 460 cm und 490 cm zu beobachten.

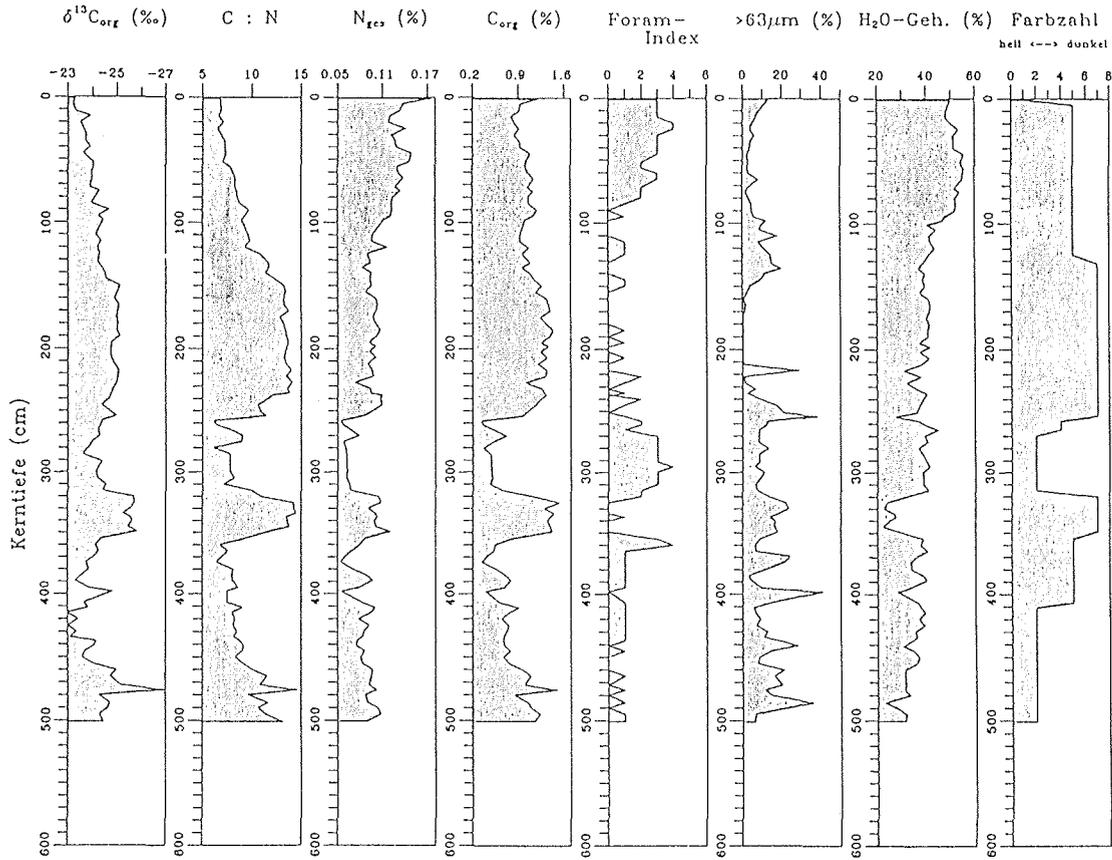


Abb. 12:  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{ges}$ -Gehalte,  $C_{org}$ -Gehalte, Foram-Index, Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1290-4.

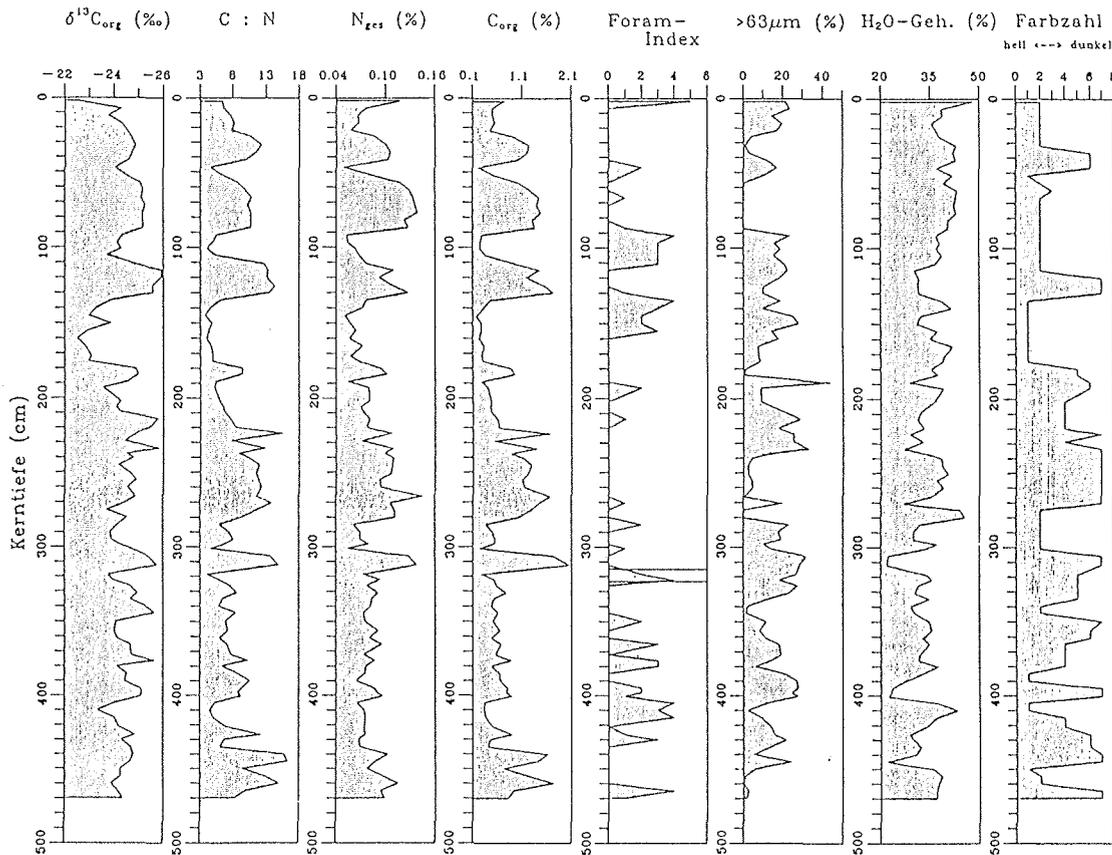


Abb. 13:  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{ges}$ -Gehalte,  $C_{org}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den *Pullenia bulloides*-Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1291-4.

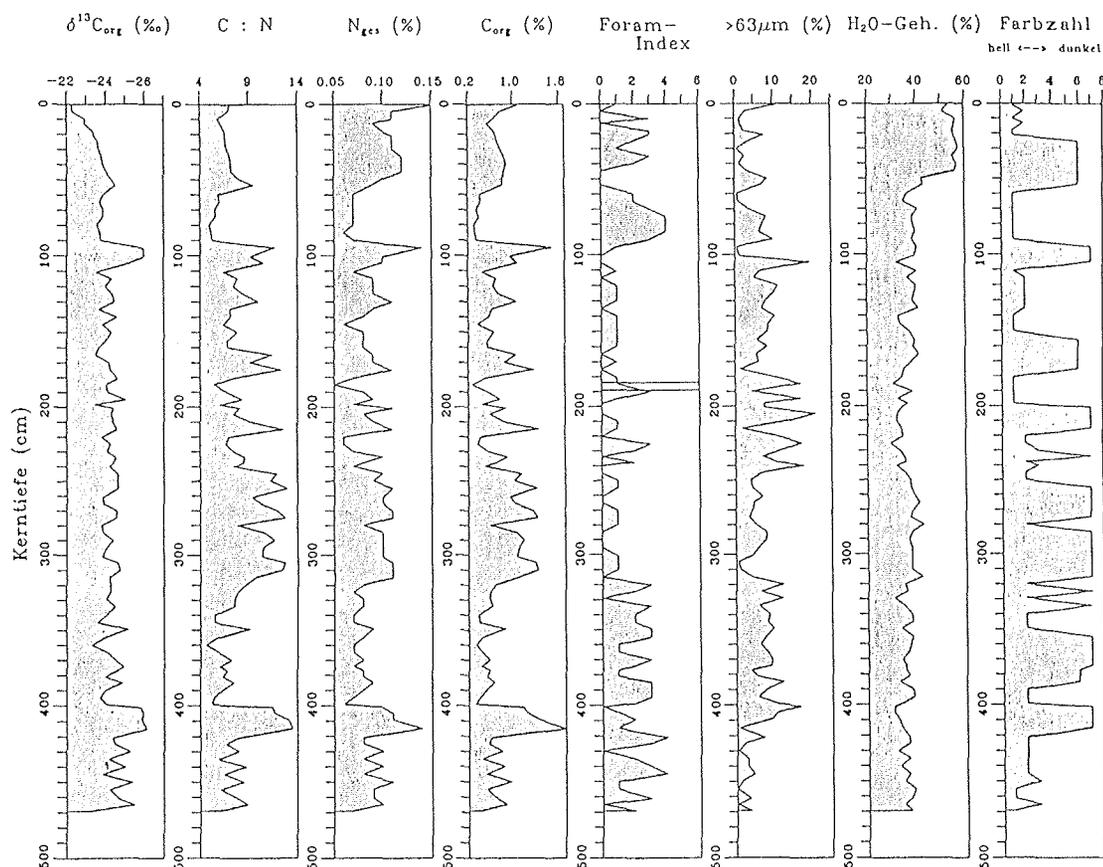


Abb. 14:  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{\text{ges}}$ -Gehalte,  $C_{\text{org}}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den *Pullenia bulloides*-Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1293-4.

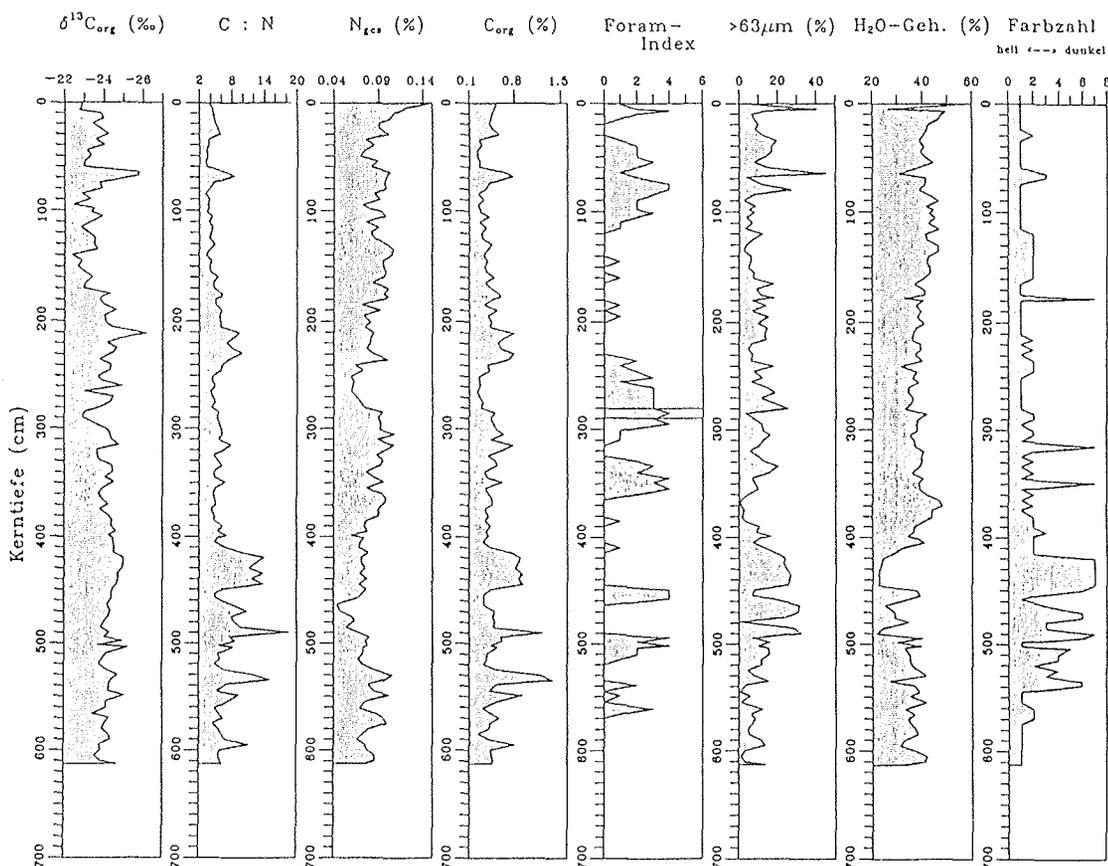


Abb. 15:  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{\text{ges}}$ -Gehalte,  $C_{\text{org}}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den *Pullenia bulloides*-Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1294-4.

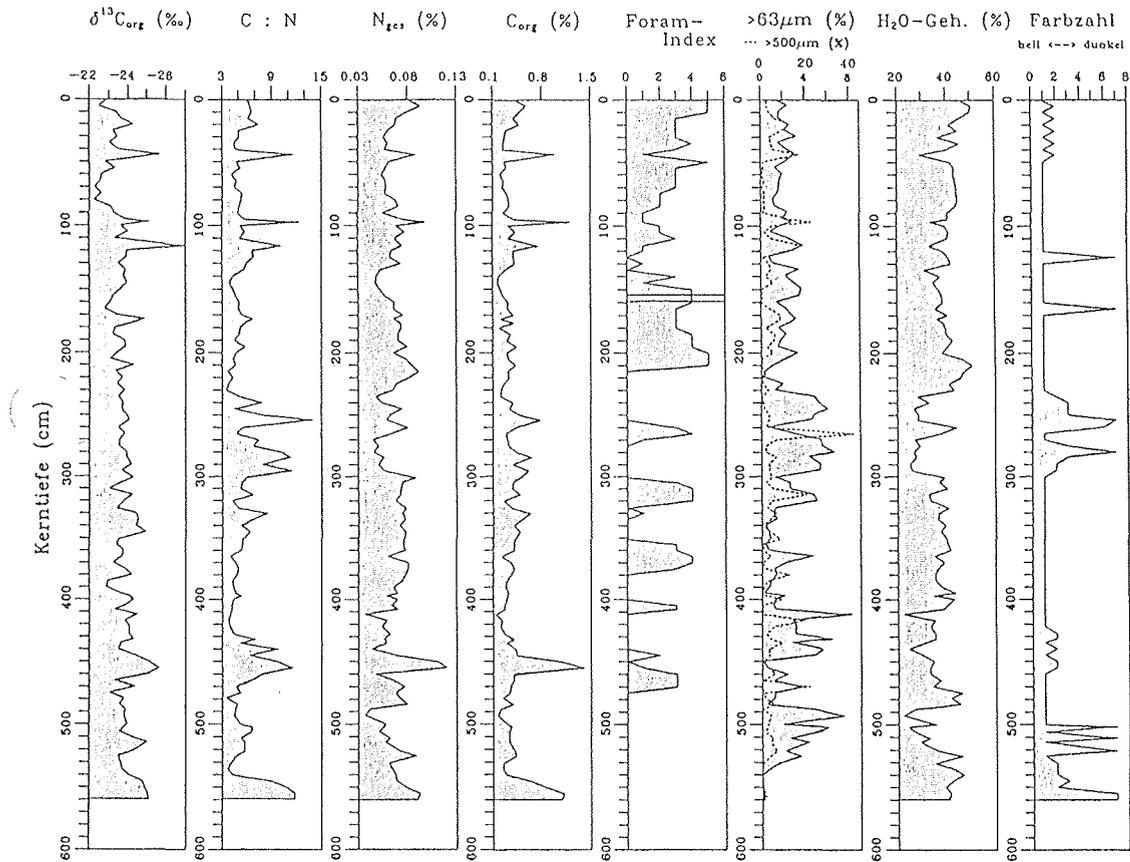


Abb. 16:  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{\text{ges}}$ -Gehalte,  $C_{\text{org}}$ -Gehalte, Foram-Index (eingefügte Linien: *Pullenia bulloides*-Horizont), Grobfraktionsanteile und  $>500\ \mu\text{m}$ -Fraktion, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1295-5.

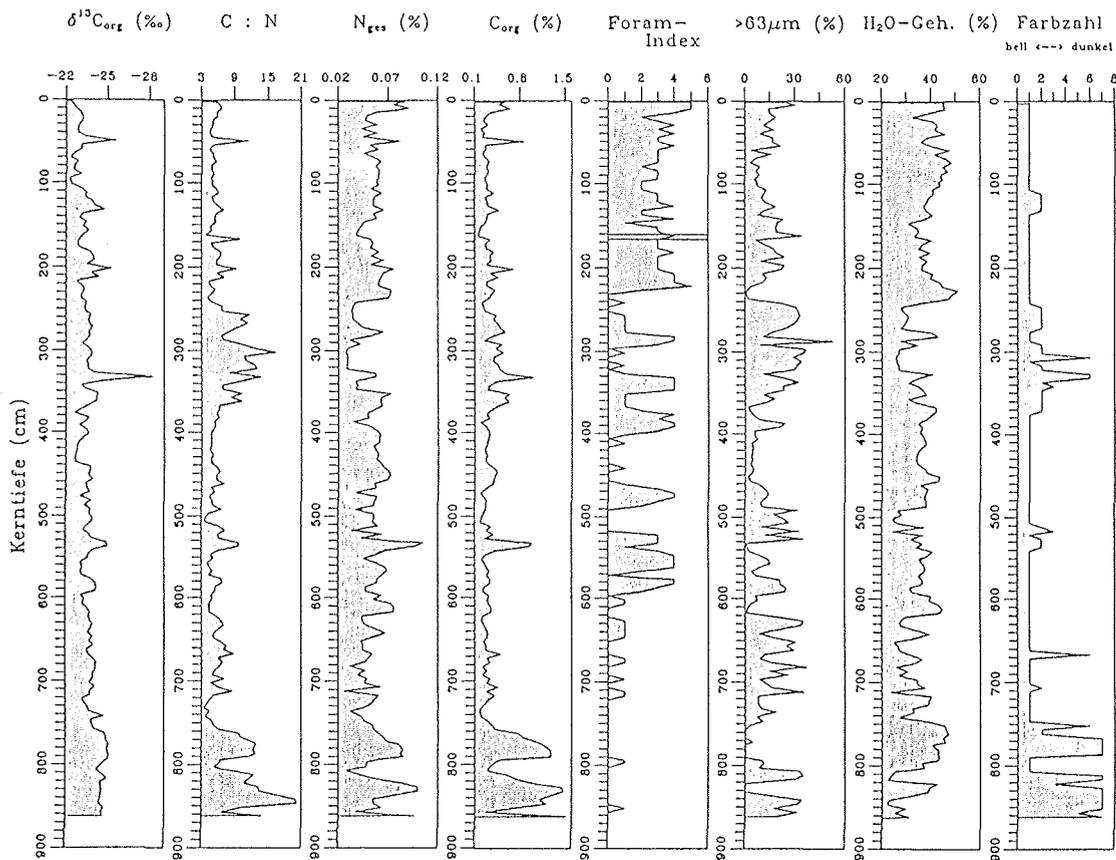


Abb. 17:  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{\text{ges}}$ -Gehalte,  $C_{\text{org}}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den *Pullenia bulloides*-Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1320-2.

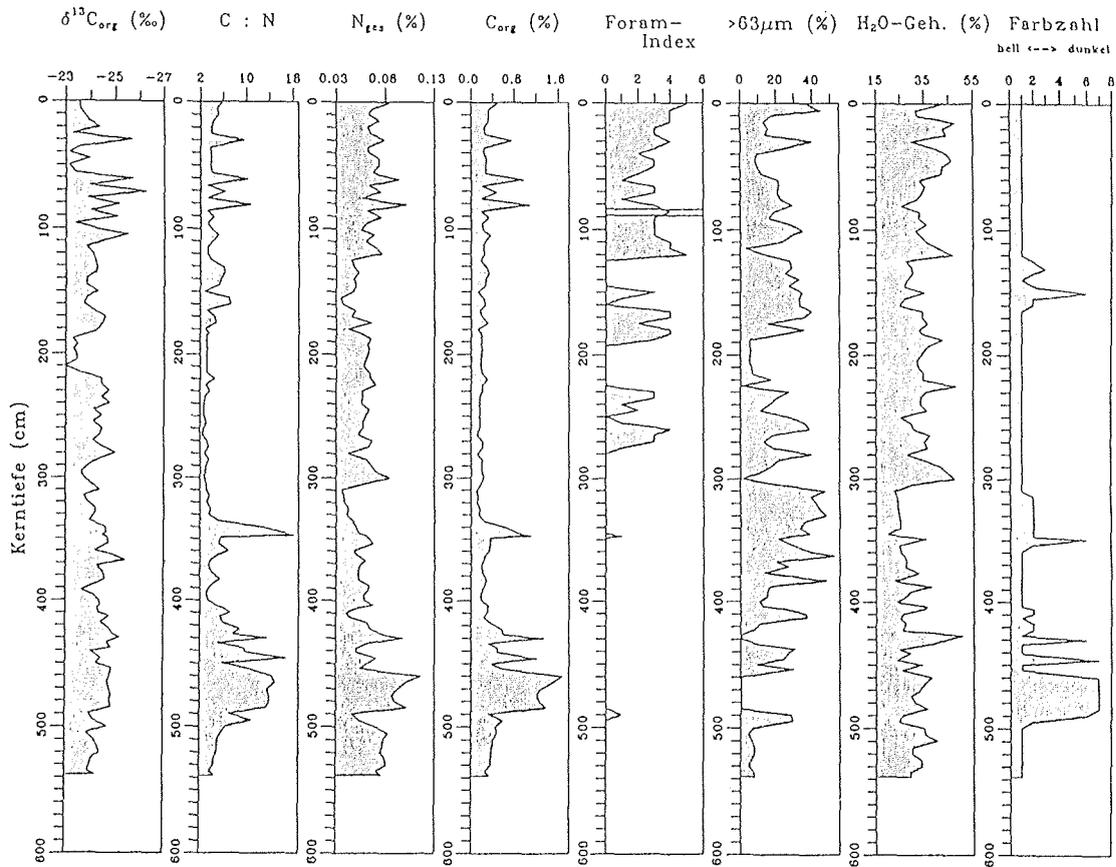


Abb. 18:  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{ges}$ -Gehalte,  $C_{org}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den *Pullenia bulloides*-Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1297-4.

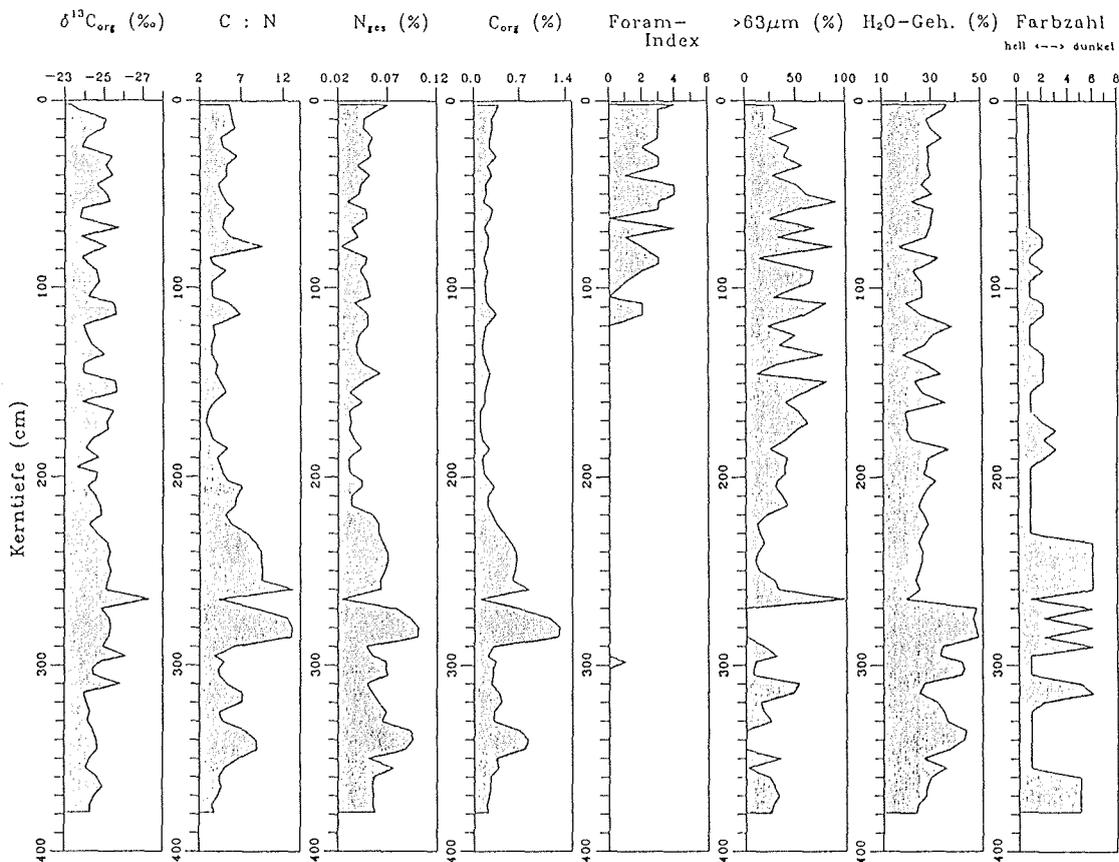


Abb. 19:  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{ges}$ -Gehalte,  $C_{org}$ -Gehalte, Foram-Index, Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1298-4.

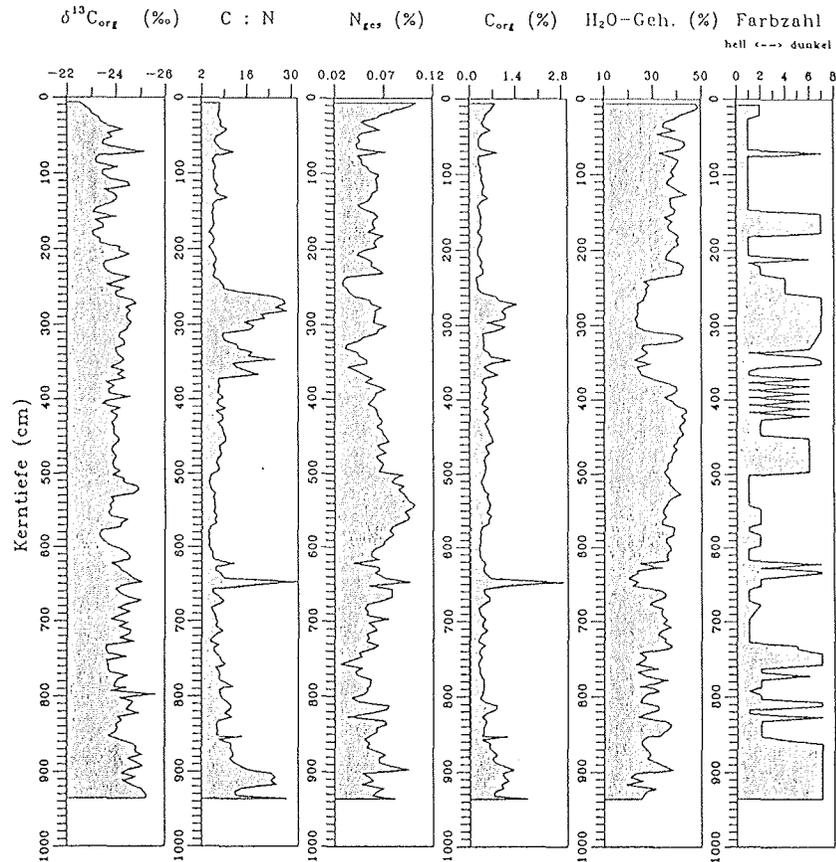


Abb. 20:  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{\text{ges}}$ -Gehalte,  $C_{\text{org}}$ -Gehalte, Foram-Index, Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1310-5.

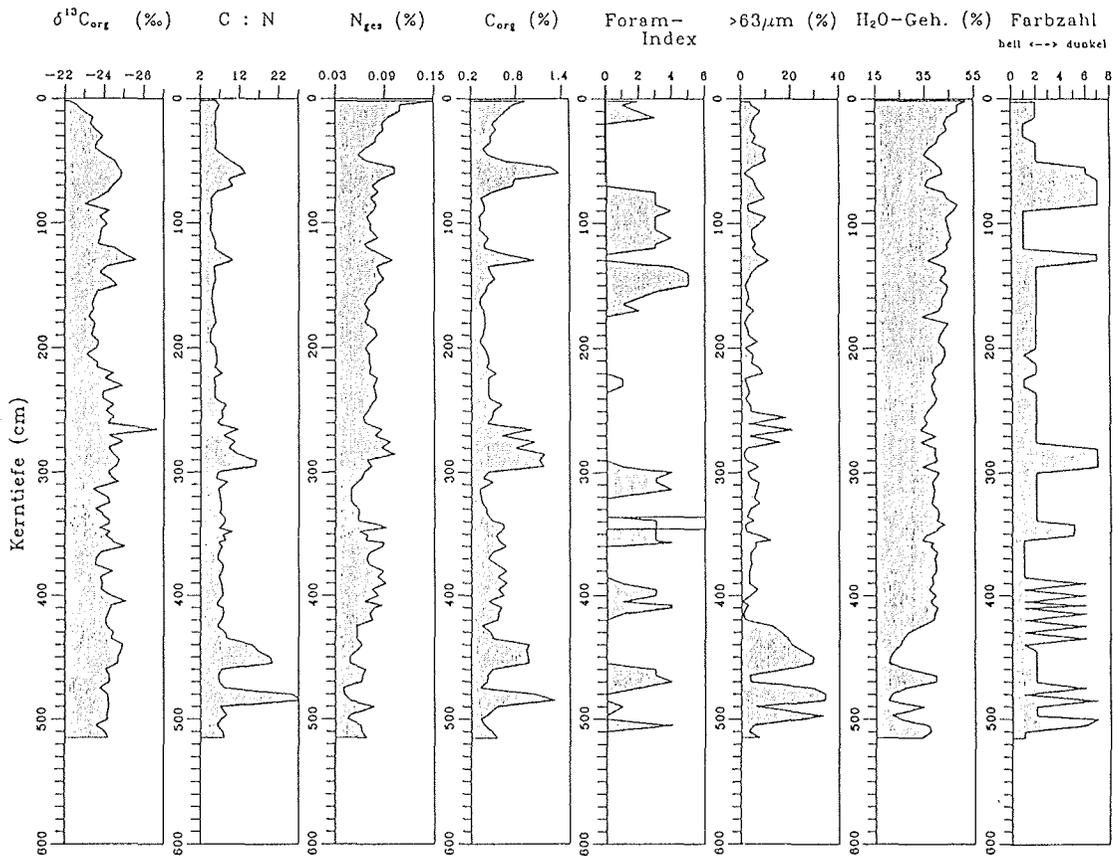


Abb. 21:  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{\text{ges}}$ -Gehalte,  $C_{\text{org}}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den *Pullenia bulloides*-Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1311-4.

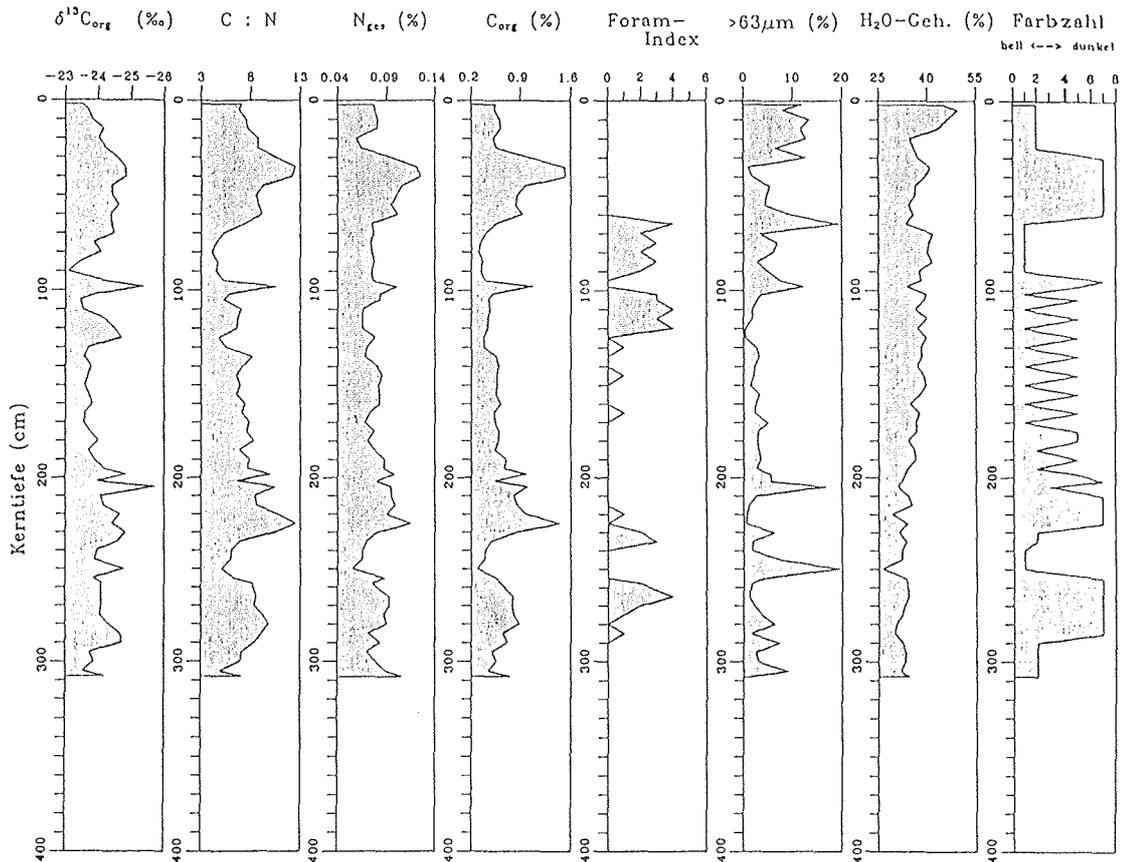


Abb. 22:  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{\text{ges}}$ -Gehalte,  $C_{\text{org}}$ -Gehalte, Foram-Index, Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1312-4.

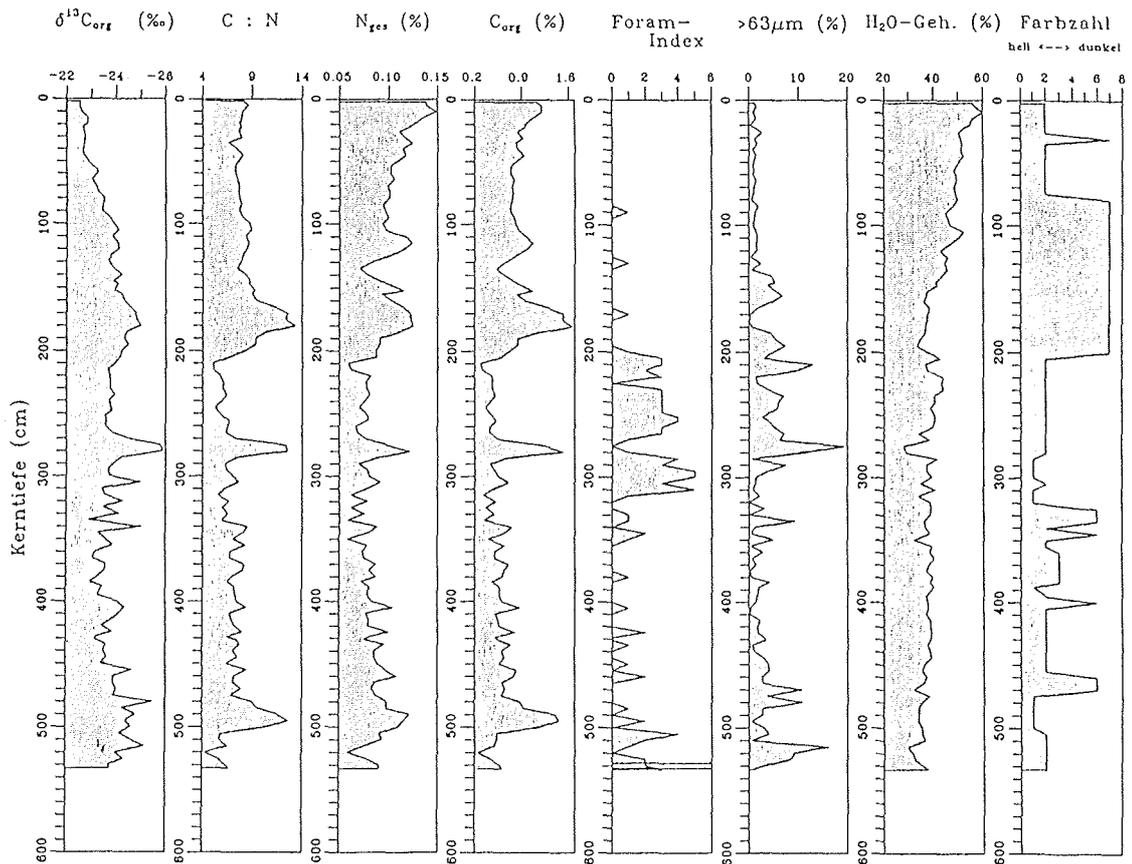


Abb. 23:  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{\text{ges}}$ -Gehalte,  $C_{\text{org}}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den *Pullenia bulloides*-Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1313-4.

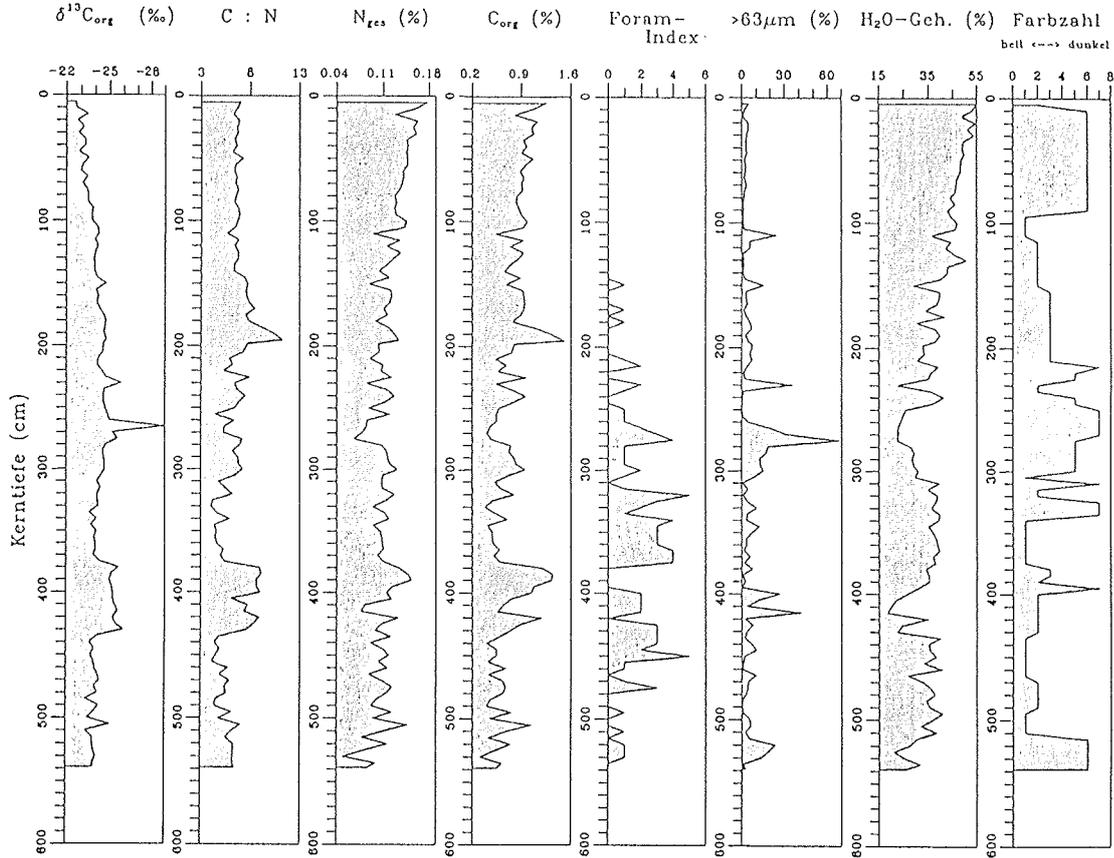


Abb. 24:  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{ges}$ -Gehalte,  $C_{org}$ -Gehalte, Foram-Index, Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1318-5.

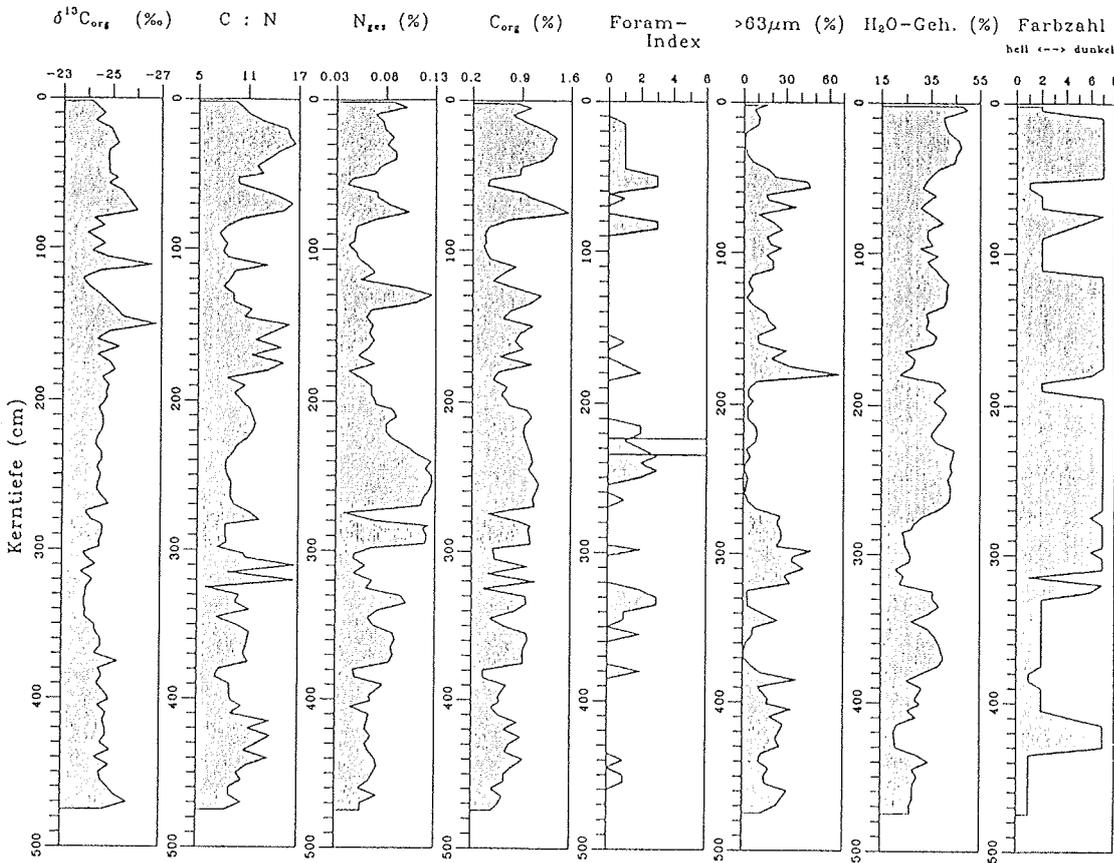


Abb. 25:  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte, C/N-Verhältnisse,  $N_{ges}$ -Gehalte,  $C_{org}$ -Gehalte, Foram-Index (die eingefügten Linien kennzeichnen den *Pullenia bulloides*-Horizont), Grobfraktionsanteile, Wassergehalte und Farbzahlen des Kernes 1314-4.

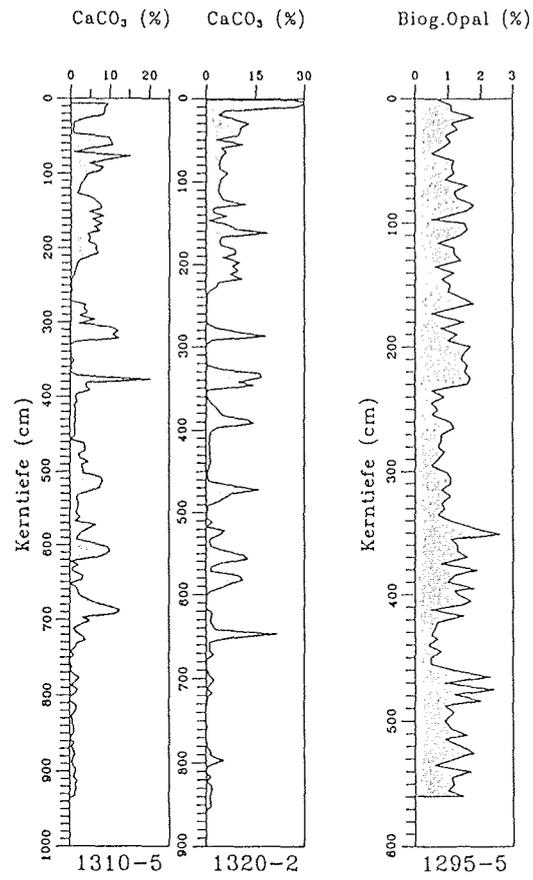


Abb. 26: Karbonatgehalte der Kerne 1310-5 und 1320-2 und Biogen-Opalgehalt des Kernes 1295-5.

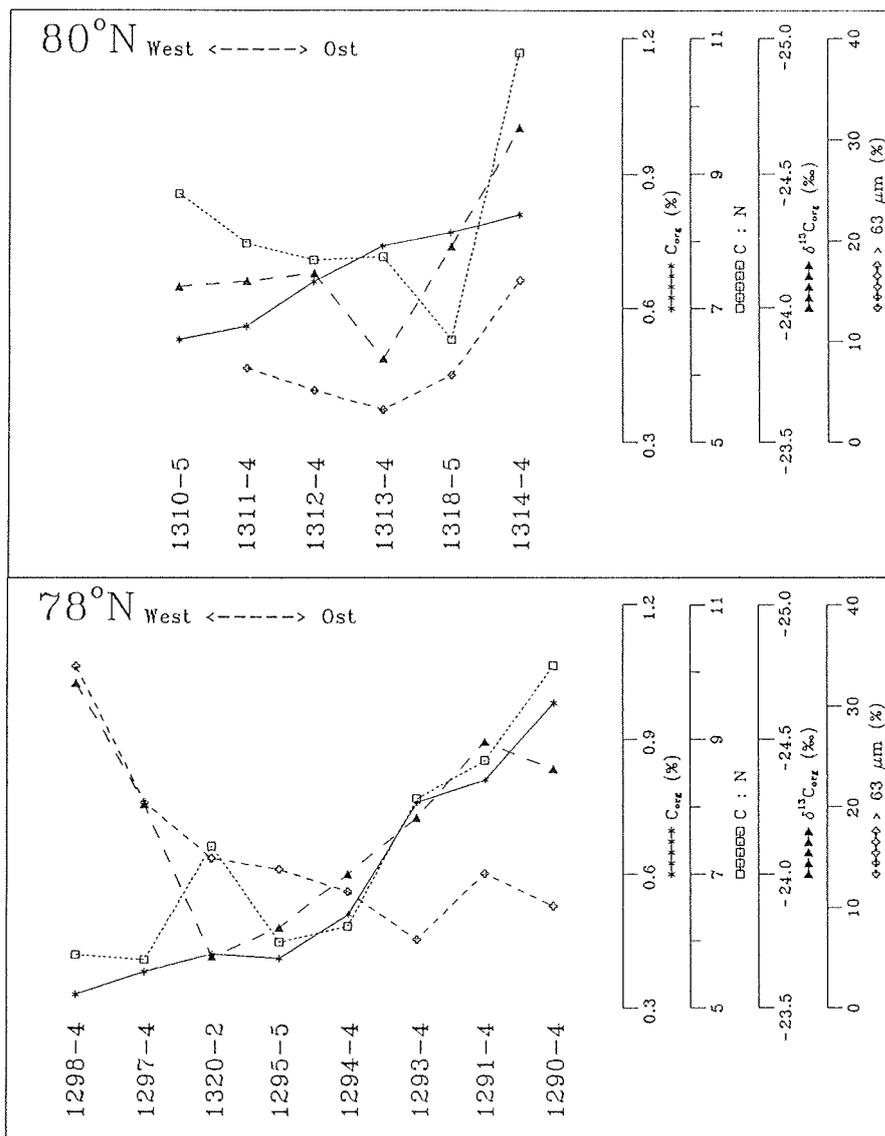


Abb. 27: Mittelwerte für die  $C_{org}$ -Gehalte, die C/N-Verhältnisse, die  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte und die Grobfraktionsanteile in den untersuchten Sedimentkernen.

## 5. Stratigraphie

### 5.1. Stratigraphie arktischer Sedimente

Stratigraphische Untersuchungen an Tiefseekernen aus dem Gebiet nördlich von 75°N liegen im Vergleich zu anderen Ozeanregionen nur sehr spärlich vor. Die Ursache dafür ist in erster Linie in den geringen Foraminiferengehalten zu sehen, die eine Erstellung von Sauerstoffisotopenstratigraphien verhindern. Die meisten untersuchten arktischen Kerne stammen aus dem Amerasischen Becken des Arktischen Ozeans, wo aufgrund sehr geringer Sedimentationsraten von 1 - 2 mm/1000 Jahre (z.B. HUNKINS et al. 1971, CLARK et al. 1986, SCOTT et al. 1989) Sedimentkerne auch mit magneto- und biostratigraphischen Methoden stratigraphisch eingestuft werden konnten.

Die ältesten Sedimente, die vom Campan bis zum Paläozän/Eozän reichen, wurden in vier Sedimentkernen vom Alpha-Rücken gefunden (CLARK 1988). Weitere Kerne aus dem Amerasischen Becken enthalten nur Sedimente neogenen Alters (MORRIS et al. 1985, CLARK et al. 1986, SCOTT et al. 1989). Untersuchungen am Lomonosov-Rücken, der das Amerasische Becken vom Eurasischen Becken trennt, weisen auf unterschiedliche paläozeographische Entwicklungen der beiden Becken hin (MORRIS et al. 1985). Das zeigt sich z.B. auch in den deutlich höheren Sedimentationsraten im Eurasischen Becken von 0,5 - 2,5 cm/1000 Jahre (für die letzten 50.000 Jahre; MARKUSSEN et al. 1985, Mienert et al. 1990).

Die ersten stratigraphischen Einstufungen von längeren Sedimentkernen aus dem Eurasischen Becken und der Fram-Straße wurden von GARD (1986, 1987) anhand der Verteilung von Coccolithen durchgeführt. Diese Coccolithenstratigraphie ließ eine Unterscheidung der Isotopenstadien 1 und 5 zu, wobei das Stadium 5 oft durch zwei Häufigkeitsmaxima gekennzeichnet ist, die in die Stadien 5a und 5e gestellt werden. Hochauflösende magnetostratigraphische Untersuchungen von NOWACZYK (1991) ergaben in einzelnen Kernen bis zu 9 Zeitmarken im Verlauf der letzten 400.000 Jahre.

Die ersten Sauerstoffisotopenkurven aus der Fram-Straße (Kern MG-123: MORRIS 1988, Kern 1535-8: KÖHLER & SPIELHAGEN 1990, beide erstellt an *Neoglobobadrina pachyderma (sin.)*), die auch Aussagen über Paläoumweltbedingungen zulassen, weisen nicht das für niedrigere Breiten typische Sägezahnmuster auf (BROECKER & VAN DONK 1972). Dieses ist jedoch in Sauerstoffisotopenkurven von Kernen aus der Norwegisch-Grönländischen See noch zu beobachten (KELLOGG 1980, HENRICH et al. 1989, VOGELANG 1990). Aufgrund des untypischen Verlaufes der Kurven aus der Fram-Straße werden für beide Kerne mehrere Interpretationsmöglichkeiten diskutiert (MORRIS 1988, KÖHLER & SPIELHAGEN 1990, NOWACZYK 1991, SPIELHAGEN 1990). Mit einer <sup>230</sup>Thorium-Datierung wurde eine weitere stratigraphische Methode in der Fram-Straße für den Kern

1235-2 eingesetzt (EISENHAUER et al. 1990), deren Interpretation aber ebenfalls kontrovers diskutiert wird (SCHOLTEN et al. 1990). Für die zentrale Fram-Straße liegen die ermittelten Sedimentationsraten im Bereich von 2 - 3 cm/1000 Jahre (GARD 1986, 1987, JONES & KEIGWIN 1988, MORRIS 1988, EISENHAUER et al. 1990, KÖHLER & SPIELHAGEN 1990, NOWACZYK 1991).

## 5.2. Übertragung der Sauerstoffisotopenstratigraphien der Kerne MG-123 und 1535-8 auf den Kern 1320-2

Die Erstellung einer Sauerstoffisotopenstratigraphie für die untersuchten Kerne war aufgrund des Fehlens von Foraminiferen in vielen Kernabschnitten nicht möglich (siehe Kap. 4.5.). Um eine stratigraphische Einstufung der untersuchten Sedimente zu ermöglichen, wurde der Kern 1320-2 über den Grobfraktionsanteil (>63  $\mu\text{m}$ ) mit den beiden Kernen MG-123 (MORRIS 1988) und 1535-8 (KÖHLER & SPIELHAGEN 1990) (Tab. 5) korreliert, so daß eine Übertragung der Grenzen der Sauerstoffisotopenstadien ermöglicht wurde. Der Kern 1320-2 wurde für diese Korrelation ausgewählt, da anhand vorliegender Coccolithendaten (GARD 1987) und einer hochauflösenden Magnetostratigraphie (NOWACZYK 1991) bereits eine grobe stratigraphische Einstufung dieses Kernes durchgeführt werden konnte (siehe Kap. 5.2.1.). Von diesem Kern ausgehend sollen die Isotopenstadiengrenzen mittels der Korrelation mehrerer Parameter auf die übrigen untersuchten Kerne übertragen werden (siehe Kap. 5.3.)

Da die vorliegenden Sauerstoffisotopenstratigraphien aus der Fram-Straße (MORRIS 1988, KÖHLER & SPIELHAGEN 1990) eine Grundlage für die stratigraphische Einstufung der hier untersuchten Sedimente darstellen, wurden sie auf der Basis der unterschiedlichen Interpretationen (MORRIS 1988, KÖHLER & SPIELHAGEN 1990, SPIELHAGEN 1990, NOWACZYK 1991) neu bewertet.

Kern	Position	Wasser- tiefe (m)	Quellenangaben			
			$\delta^{18}\text{O}$	>63 $\mu\text{m}$	Coccolithen	Magnetik
MG-123	79°16,0'N, 00°48,0'E	3050	MORRIS 1988	MORRIS 1988	GARD 1986	-
1535-8	78°44,8'N, 01°52,8'E	2557	KÖHLER & SPIELHAGEN 1990		BAUMANN 1990b	NOWACZYK 1991
1320-2	77°59,4'N, 00°32,3'E	3104	-	diese Arbeit	GARD 1987	NOWACZYK 1991

Tab. 5: Positionen und Quellenangaben für die zur Übertragung der Sauerstoffisotopenstratigraphien ausgewählten Kerne.

### 5.2.1. Stratigraphische Grobeinstufung des Kernes 1320-2

Als stratigraphische Basis für den Kern 1320-2 dienten die Magnetostratigraphie von NOWACZYK (1991), die für diesen Kern fünf Ereignisse zwischen 24.000 und 300.000 Jahren vor heute dokumentiert (Abb. 28, Tab. 6) und die Coccolithenstratigraphie von GARD (1987), die aufgrund von Verteilungsmustern von Coccolithen Näherungswerte für die Isotopenstadiengrenzen 1/2, 4/5, 5/6 und 6/7 liefert. Hinzu kommt das Auftreten von *Coccolithus pelagicus* zwischen 470 cm und 490 cm Kerntiefe, das von GARD & BACKMANN (1990) mit 250.000 Jahren vor heute datiert wird (Abb. 28). Das Auftreten der benthischen Foraminifere *Pullenia bulloides* liegt in diesem Kern zwischen 162 cm und 167 cm Kerntiefe.

Paläomagnetisches Ereignis	Alter (*1000 Jahre)	Kerntiefe (cm)	
		1310-5	1320-2
Mono Lake	24	-	60
Laschamp	34-43	147-192	85-110
Norwegisch-Grön- ländische See	65	-	145
Blake	115-123	217-232	-
Biwa I	171-181	415-463	370-390
Biwa II	292-298	657-697	550-580
Biwa III	395-405	920	-

Tab. 6: Alter und Kerntiefe paläomagnetischer Ereignisse in den Kernen 1310-5 und 1320-2 (nach NOWACZYK 1991).

### 5.2.2. Stratigraphische Einstufung des Kernes 1535-8

Die Lage der Isotopenstadiengrenzen wurde im Kern 1535-8 (KÖHLER & SPIELHAGEN 1990) in dem Rahmen festgelegt (Abb.29), wie er in verschiedenen Arbeiten diskutiert wird (KÖHLER & SPIELHAGEN 1990, SPIELHAGEN 1990, NOWACZYK 1991). Die Coccolithenstratigraphie für diesen Kern stammt von BAUMANN (1990b). Das Auftreten von *Pullenia bulloides*, das nach HAAKE & PFLAUMANN (1989) indikativ für das Sauerstoffisotopenstadium 5a ist, wird von KÖHLER & SPIELHAGEN (1990) bei 230 cm Kerntiefe beschrieben. Inwieweit die letzten drei leichten Isotopenwerte in diesem Kern das Ende des Isotopenstadiums 7 dokumentieren, wird von KÖHLER & SPIELHAGEN (1990) nicht definitiv entschieden, während NOWACZYK (1991) dies aufgrund magnetostratigraphischer Untersuchungen eindeutig verneint. Im Hinblick auf die durchschnittlich höheren Sedimentationsraten in dem Kern 1535-8, verglichen mit dem Kern MG-123 (Abb. 29),

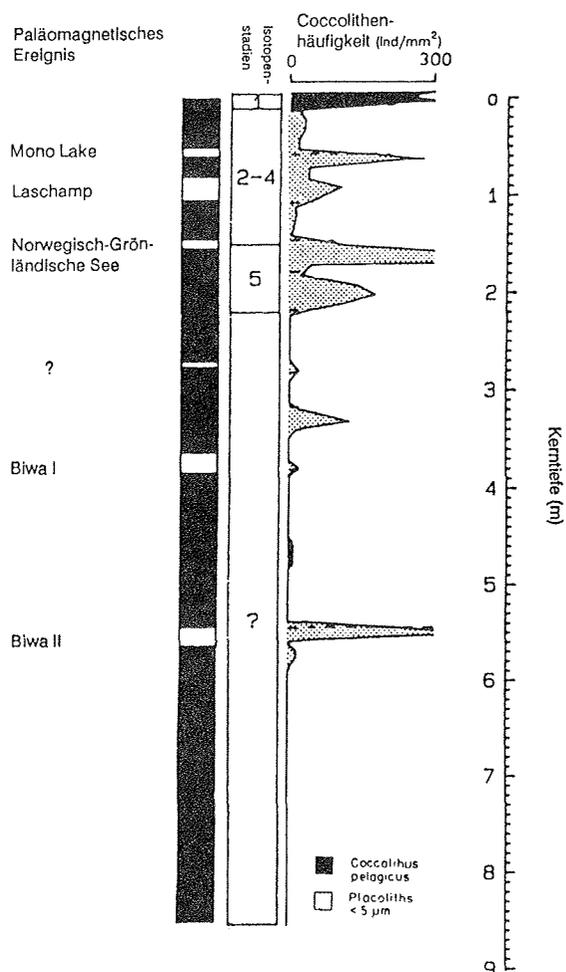


Abb. 28: Magnetostratigraphie (NOWACZYK 1991) und Coccolithenverteilung (GARD 1987) für den Kern 1320-2. Zur Datierung der paläomagnetischen Ereignisse siehe Tab. 6. Die Lage der Sauerstoffisotopenstadien ist nach GARD (1987) angegeben.

sprechen der geringe Abstand zwischen dem Coccolithenvorkommen (480 cm) und den leichten Isotopenwerten (490 cm) und der nicht eindeutig zu korrelierende Verlauf der Grobfraktionskurven gegen ein Erreichen des Stadium 7. Im Gegensatz dazu stehen die leichten Isotopenwerte am Ende des Kernes, die den Isotopenwerten des Kernes MG-123 für das späte Stadium 7 durchaus entsprechen. Die Frage, ob das Stadium 7 in dem Kern 1535-8 erreicht wird, kann auch nach dieser Korrelation nicht eindeutig beantwortet werden.

### 5.2.3. Stratigraphische Einstufung des Kernes MG-123

Die bisher vorliegenden Interpretationen der Sauerstoffisotopenkurve des Kernes MG-123 von MORRIS (1988) und KÖHLER & SPIELHAGEN (1990) weichen deutlich voneinander ab und lassen sich nicht mit den Coccolithendaten von GARD (1986) in Übereinstimmung bringen. In dieser Arbeit wurde bei der stratigraphischen Zuordnung dieses Kernes auf die

Coccolithendaten von GARD (1986) zurückgegriffen. Unter Berücksichtigung dieser Daten, des Verlaufes der Isotopenkurve und dem Vergleich zum Kern 1535-8 läßt sich der Kern MG-123 bis zum Isotopenstadium 13 zuordnen, wobei diese Zuordnung aber nur für die letzten 7 Stadien (bis 245.000 Jahre vor heute) eindeutig ist (Abb. 29).

Dabei zeigt sich, daß er im Bereich des Isotopenstadiums 4, zwischen 170 cm und 230 cm Kerntiefe, mit großer Wahrscheinlichkeit in seiner Abfolge gestört ist. Da die Coccolithenverteilung und die Sauerstoffisotopenkurve eindeutig darauf hinweisen, daß die Stadiengrenze 4/5 bei 240 cm Kerntiefe liegt, können die extrem leichten Isotopenwerte zwischen 200 cm und 220 cm Kerntiefe nur als umgelagerte Sedimente interpretiert werden. Der sehr geringe Anteil der Grobfraktion in diesem Abschnitt hat, ebenso wie die leichten Isotopenwerte, keine korrespondierenden Werte in den korrelierten Kernen (Abb. 29). Die Korrelation eines Coccolithenvorkommens bei 170 cm mit den anderen Kernen deutet daraufhin, daß die Störung der Abfolge auf den Kernabschnitt zwischen 170 cm und 240 cm beschränkt ist. Nach der Korrelation umfaßt dieses Tiefenintervall das Isotopenstadium 4, den älteren Teil des Stadiums 3 und die oben erwähnten umgelagerten Sedimente.

Für den unteren Teil des Kernes MG-123 gestaltet sich die Interpretation aufgrund der geringen Variabilität der Isotopenkurve als sehr schwierig. Einen zusätzlichen Anhaltspunkt bietet das paläomagnetische Biwa II- Ereignis, das in dem Kern 1320-2 zwischen 550 cm und 580 cm Kerntiefe gefunden und mit 292.000 bis 298.000 Jahren vor heute datiert ist (NOWACZYK 1991) (siehe Kap. 5.2.1., Abb. 28, Tab. 6). Aufgrund der in diesem Bereich eindeutig korrelierbaren Grobfractionskurven kann dieses Ereignis auf eine Kerntiefe von ca. 605 cm bis 620 cm in dem Kern MG-123 übertragen werden. Das Alter dieses Ereignisses entspricht dem Beginn des Isotopenstadiums 8. Ein Wechsel von leichten zu schweren Isotopenwerten bei 630 cm Kerntiefe kann somit als Isotopenstadiengrenze 8/9 mit einem Alter von 303.000 Jahren vor heute interpretiert werden. Die Alter für die Stadiengrenzen sind hier und im Folgenden von IMBRIE et al. (1984) übernommen. Die Festlegung der Stadiengrenzen unterhalb von 630 cm richtet sich nach dem Muster der positiven und negativen Abweichungen der Isotopenwerte vom Mittelwert unter der Berücksichtigung markanter Sprünge, die als Stadiengrenzen interpretiert werden. Lediglich ein Abschnitt mit schweren Isotopenwerten innerhalb des Stadium 11 ist bei dieser Vorgehensweise schwer zu erklären.

#### 5.2.4. Korrelation der Kerne MG-123, 1535-8 und 1320-2

Die Korrelation der Grobfractionsanteile der Kerne MG-123 (MORRIS 1988), 1535-8 (KÖHLER & SPIELHAGEN 1990) und 1320-2 beruht größtenteils auf markanten Abfolgen, die sich in den einzelnen Kernen problemlos lokalisieren lassen. Besonders augenfällig sind die sehr hohen Grobfractionsanteile in den Isotopenstadien 6, 8, 10 und 11, sowie die sehr

geringen Anteile in den Stadien 7 und 12 (Abb. 29). Anhand dieser Korrelation und der direkt am Kern 1320-2 erstellten Coccolithen- (GARD 1987) und Magnetostratigraphien (NOWACZYK 1991) erfolgte die Zuordnung der Isotopenstadien in dem Kern 1320-2 (Abb. 29, Tab. 7).

Der Bereich der Stadiengrenze 1/2 wird in dem Kern 1320-2 durch das Einsetzen der Coccolithen bei 15 cm vorgegeben, und die Stadiengrenze selbst läßt sich aus dem Kern 1535-8 auf 20 cm in dem Kern 1320-2 korrelieren. Die Stadiengrenze 2/3 fällt mit dem paläomagnetischen Mono-Lake-Ereignis, das für den Kern 1320-2 mit 24.000 Jahren vor heute angegeben und in 60 cm Kerntiefe gefunden wurde, zusammen. Sie kann auch über die Korrelation mit den beiden anderen Kernen in dieser Kerntiefe festgelegt werden. Aus der Korrelation der Grobfraktionsanteile über alle drei Kerne ergibt sich für den Übergang zwischen den Isotopenstadien 3 und 4 im Kern 1320-2 eine Tiefe von 135 cm. Das paläomagnetische Laschamp-Ereignis, mit 34.000 bis 43.000 Jahren vor heute datiert (NOWACZYK 1991) und damit ins Isotopenstadium 3 gehörend, wurde zwischen 85 cm und 105 cm gefunden und ergänzt sich mit der Übertragung der Stadiengrenzen 2/3 (60 cm) und 3/4 (135 cm). Am besten dokumentiert ist die Stadiengrenze 4/5, die zwischen dem Auftreten von *Pullenia bulloides* (162 cm bis 167 cm) und dem Aussetzen der Coccolithen (155 cm) liegt. Durch die zusätzliche Korrelation über die Korngrößenverteilung ergibt sich für diese Grenze eine Kerntiefe von 160 cm. Mit einem Alter von 65.000 Jahren vor heute liegt das paläomagnetische Norwegisch-Grönländische See-Ereignis im Isotopenstadium 4. In dessen Grenzen zwischen 135 cm und 160 cm paßt sich dieses Ereignis mit einer angegebenen Kerntiefe von 145 cm gut ein. Die Stadiengrenze 5/6 ist durch einen deutlichen Wechsel in den Grobfraktionsanteilen und durch das kurz darauf folgende Einsetzen der Coccolithen gekennzeichnet und läßt sich eindeutig bei 235 cm lokalisieren. Die eindeutige Korrelation der Stadiengrenze 6/7 (186.000 Jahre vor heute) vom Kern MG-123 in den Kern 1320-2 (auf 385 cm), sowohl über den Grobfraktionsanteil als auch über das kurz darauf folgende Einsetzen von Coccolithen, deutet daraufhin, daß die Datierung für das paläomagnetische Biwa I-Ereignis (370 cm bis 390 cm) mit 171.000 bis 181.000 Jahren vor heute etwas zu jung ist. Da NOWACZYK (1991) diese Datierung von der <sup>230</sup>Thorium-Datierung des Kernes 1235-2 ableitet, die für einige Kernabschnitte nur interpoliert ist, erscheinen Ungenauigkeiten in diesem Rahmen als durchaus möglich, zumal Literaturdaten für das Biwa I-Ereignis bis 190.000 Jahre vor heute (WOLLIN et al. 1971), bzw. 215.000 Jahre vor heute (Ryan 1972) reichen. Das Auftreten von *Coccolithus pelagicus* in 470 cm bis 490 cm Kerntiefe wird von GARD & BACKMANN (1990) auf 250.000 Jahren vor heute datiert und liegt damit kurz vor dem Ende des Isotopenstadiums 8 (245.000 Jahre vor heute), für das über die Korrelation eine Kerntiefe von 465 cm ermittelt wurde. Der Beginn des paläomagnetischen Biwa II-Ereignisses wurde in dem Kern 1320-2 bei 580 cm festgestellt und mit 298.000 Jahren vor heute angegeben und führt somit zur Festlegung der Stadiengrenze 8/9 (303.000 Jahre vor heute) bei 595 cm. In Ermangelung weiterer Parameter basiert die Zuordnung der Stadiengrenzen im Bereich der

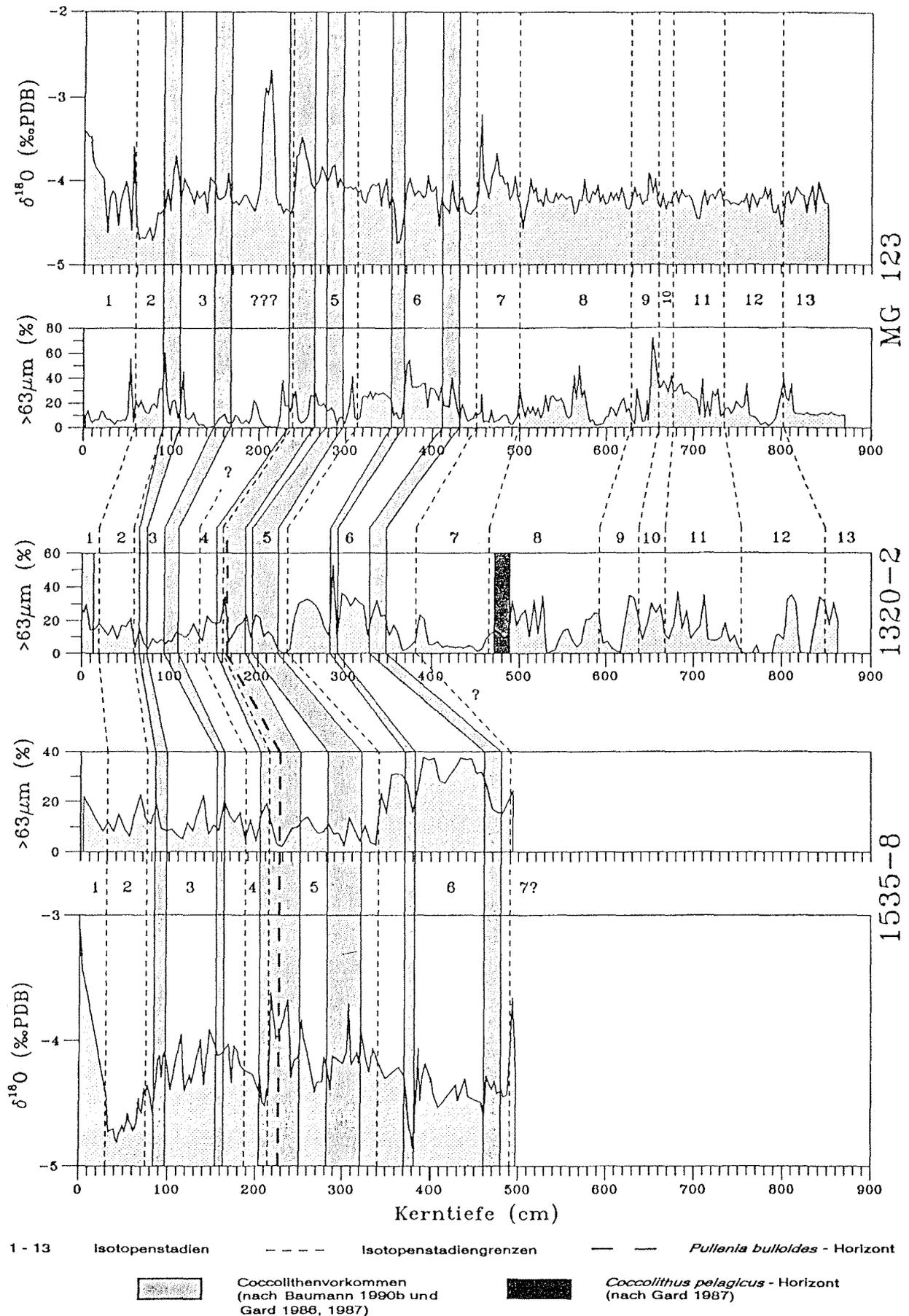


Abb. 29: Korrelation der Kerne MG-123 (MORRIS 1988), 1320-2 und 1535-8 (KÖHLER & SPIELHAGEN 1990) anhand der Grobfraktionsanteile und der Coccolithenverteilungen (GARD 1986, 1987, BAUMANN 1990b) sowie die Übertragung der Isotopenstadiengrenzen auf den Kern 1320-2.

Isotopenstadien 9 bis 13 ausschließlich auf der Korrelation der Grobfraktionsanteile mit dem Kern MG-123. An seinem Ende erreicht der Kern 1320-2 demnach das Stadium 13 und ein Alter von rund 490.000 Jahren vor heute. Der Vergleich der Grobfraktionsanteile der drei Kerne läßt, zumindest für Teilbereiche, eine höher auflösende Korrelation zu. Eine höher auflösende stratigraphische Interpretation der Isotopenkurven erscheint dagegen, aufgrund der untypischen Kurvenverläufe (siehe Kap. 5.2.4.), kaum durchführbar. Aus diesem Grunde wurden für die Erstellung von Alters-Tiefen-Kurven für die drei korrelierten Kerne die Bereiche zwischen den Stadiengrenzen interpoliert (Abb. 30).

### 5.3. Korrelation des Kernes 1320-2 mit den anderen Kernen des 78°N- und des 80°N-Profils

Für die stratigraphische Einstufung der untersuchten Kerne konnte für alle Kerne mit Ausnahme von 1318-5 auf eine Coccolithenstratigraphie (GARD 1987) und für den Kern 1310-

Stadiengrenze	Alter* (*1000 Jahre)	Kerntiefe (cm)	Quelle
1/2	12	20	Cc, 535- $\delta^{18}\text{O}$
2/3	24	60	Mag, 123- $\delta^{18}\text{O}$ , 535- $\delta^{18}\text{O}$
3/4	59	135	Iso535, (123- $\delta^{18}\text{O}$ )
4/5	71	160	Cc, Pb, 123- $\delta^{18}\text{O}$ ,
5/6	128	235	Cc, 123- $\delta^{18}\text{O}$ , 535- $\delta^{18}\text{O}$
6/7	186	385	Cc, Mag, 123- $\delta^{18}\text{O}$ , 535- $\delta^{18}\text{O}$
7/8	245	465	Cc, 123- $\delta^{18}\text{O}$
8/9	303	595	Mag, 123- $\delta^{18}\text{O}$
9/10	339	640	123- $\delta^{18}\text{O}$
10/11	362	670	123- $\delta^{18}\text{O}$
11/12	423	755	123- $\delta^{18}\text{O}$
12/13	478	850	123- $\delta^{18}\text{O}$

\* nach IMBRIE et al. (1984)

Tab. 7: Zuordnung der Isotopenstadiengrenzen in dem Kern 1320-2 mit Angabe der Indikatoren: Cc: Coccolithenstratigraphie von GARD (1987) und GARD & BACKMANN (1990), Mag: Magnetostratigraphie von NOWACZYK (1991), Pb: *Pullenia bulloides*-Horizont, 123- $\delta^{18}\text{O}$ : Korrelation zu Isotopenstratigraphie des Kernes MG-123 (modifiziert nach MORRIS 1988), 535- $\delta^{18}\text{O}$ : Korrelation zu Isotopenstratigraphie des Kernes 1535-8 (KÖHLER & SPIELHAGEN 1990).

5 (zusätzlich zu 1320-2) auf eine hochauflösende Magnetostratigraphie (NOWACZYK 1991) zurückgegriffen werden (Tab. 6). Einen weiteren Anhaltspunkt ergibt das Auftreten der benthischen Foraminifere *Pullenia bulloides*, die in nahezu allen Kernen gefunden werden konnte (siehe Kap. 4.5.). HAAKE & PFLAUMANN (1989) konnten zeigen, daß das Auftreten von *Pullenia bulloides* in der Norwegisch-Grönländischen See auf das Isotopenstadium 5a beschränkt ist.

Die Ergebnisse der sedimentologischen und geochemischen Untersuchungen haben gezeigt, daß einzelne Parameter sehr markante korrelierbare Abfolgen aufweisen (siehe Kap. 4.). Eine Korrelation dieser Kerne über mehrere dieser Parameter mit dem bereits datierten Kern 1320-2 (siehe Kap. 5.2.4.) soll auf diese Weise eine stratigraphische Einstufung aller Kerne ermöglichen. Als besonders geeignet für diese Korrelationen haben sich der Foraminiferen-Index (Abb. 31), die Grobfraktionsanteile (Abb. 32) und die C/N-Verhältnisse (Abb. 33) erwiesen.

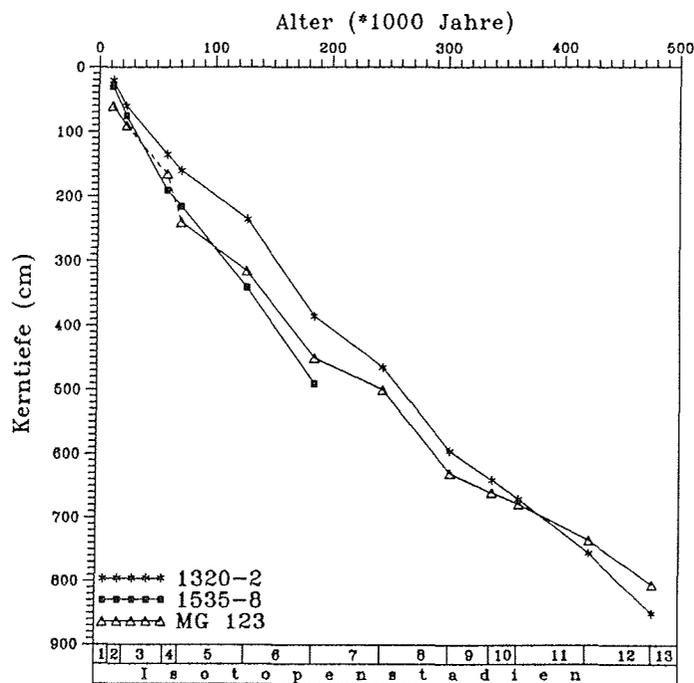


Abb. 30: Alters-Tiefenkurven für die Kerne MG-123, 1320,2 und 1535-8. Die Bereiche zwischen den Grenzen der Sauerstoffisotopenstadien sind linear interpoliert. Aufgrund einer Störung in der Schichtabfolge ist die Zuordnung des Kernes MG-123 im Bereich des Isotopenstadiums 4 nicht eindeutig.

Von der großen Zahl der Korrelationsanhaltspunkte heben sich einige besonders charakteristische ab, die in fast allen Kernen zu finden sind. Der Foraminiferen-Index weist während der Stadien 6 bis 8 eine teilweise typische Folge isolierter Maxima auf, an die sich nach der markanten Stadiengrenze 5/6 durchgehend hohe Werte anschließen (78°N) (Abb. 31). In den Kernen auf dem 80°N-Profil gruppieren sich zwei Maxima um die Stadiengrenze 2/3. Durch sehr niedrige Grobfraktionsanteile ist das Stadium 12 gekennzeichnet (Abb. 32). Im Anschluß an dieses Stadium ist ein kontinuierlicher Anstieg

der Grobfraktionsanteile zu beobachten, der bis in das Stadium 9 reicht und dann mit einem abrupten Abfall endet. Hohe Grobfraktionsanteile, mit 2 bis 3 typischen kurzen Phasen geringer Anteile, charakterisieren das Stadium 6. Häufig weist der Beginn des Stadium 2 hohe Werte auf. Die C/N-Verhältnisse zeichnen sich in den älteren Stadien durch typische Maxima aus (Abb. 33). Einem Doppelmaximum im Stadium 12 folgen ein Maximum im Stadium 8 und ein Doppel- oder Dreifachmaximum im Stadium 6 (parallel zu den Grobfraktionsanteilen; Abb. 32). In den jüngeren Stadien treten drei markante C/N-Maxima auf (Stadiengrenze 3/4 und Beginn des Stadium 3, Stadiengrenze 2/3, Ende Stadium 2).

Zusätzlich zu der Übertragung der Isotopenstadiengrenzen erscheint hier anhand der sedimentologischen Daten ebenfalls eine höher auflösende Korrelation durchaus möglich, die aber, aufgrund einer nicht erreichbaren höheren stratigraphischen Auflösung, nicht durchgeführt wurde. Als Leithorizonte bei dieser Korrelation dienten das Auftreten von *Pullenia bulloides* und die Coccolithenstratigraphie von GARD (1987). Die Korrelationen der einzelnen Parameter wurden ständig gegeneinander abgeglichen, um die größtmögliche Genauigkeit bei der Übertragung der Isotopenstadiengrenzen zu erreichen. Die Ergebnisse der drei Korrelationen sind in den Tabellen 8 und 9 zusammengefaßt und in den Abb. 31 - 33 darge-

---

Seite 60:

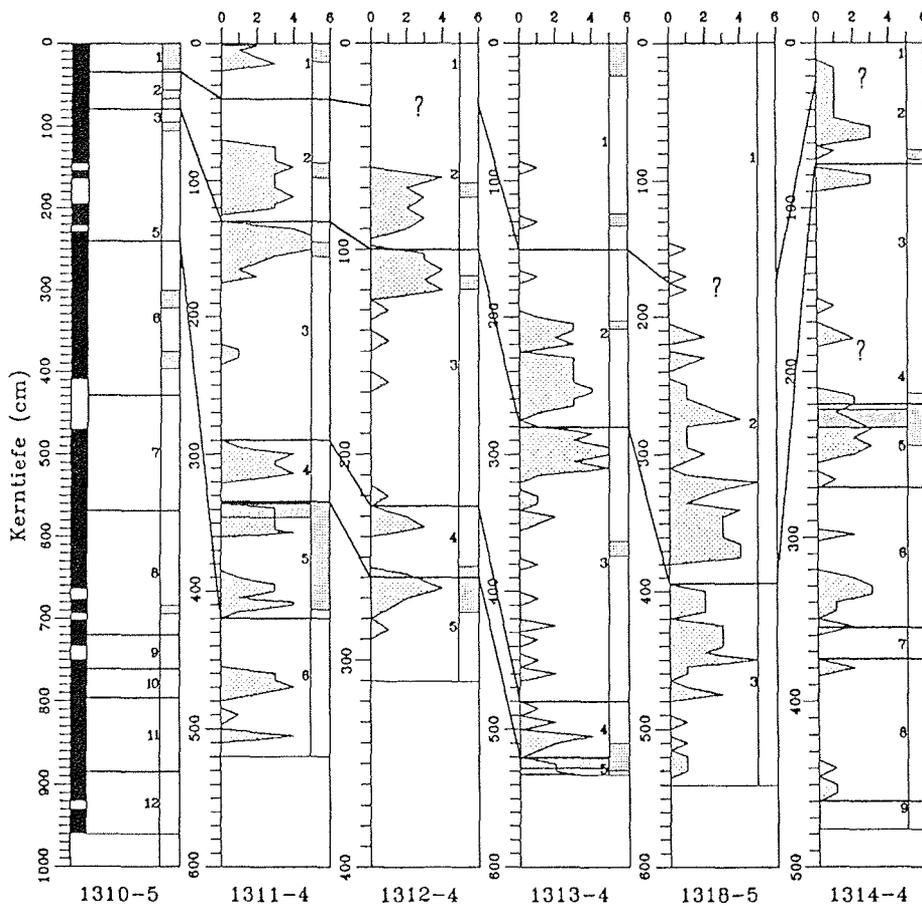
Abb. 31: Korrelation der untersuchten Sedimentkerne anhand des Foraminiferen-Indexes, des Auftretens von *Pullenia bulloides* und der Coccolithenverteilungen (GARD 1987). Die durchgezogenen Linien stellen die Grenzen der Sauerstoffisotopenstadien dar, die am rechten Rand der einzelnen Kerndarstellungen angegeben sind. Stadiengrenzen, die anhand dieser Parameter nicht eindeutig zu lokalisieren sind, sind mit einem "?" gekennzeichnet. Für den Kern 1310-5, für den keine Foraminiferendaten vorliegen, ist zusätzlich die Magnetostratigraphie von NOWACZYK (1991) abgebildet (zum Alter der paläomagnetischen Ereignisse siehe Tab. 6). (a) 80°N-Profil, (b) 78°N-Profil.

Seite 61:

Abb. 32: Korrelation der untersuchten Sedimentkerne anhand des Grobfraktionsanteils >63 µm. Die durchgezogenen Linien stellen die Grenzen der Sauerstoffisotopenstadien dar, die am rechten Rand der einzelnen Kerndarstellungen angegeben sind. Stadiengrenzen, die anhand dieses Parameters nicht eindeutig zu lokalisieren sind, sind mit einem "?" gekennzeichnet. (a) 80°N-Profil, (b) 78°N-Profil.

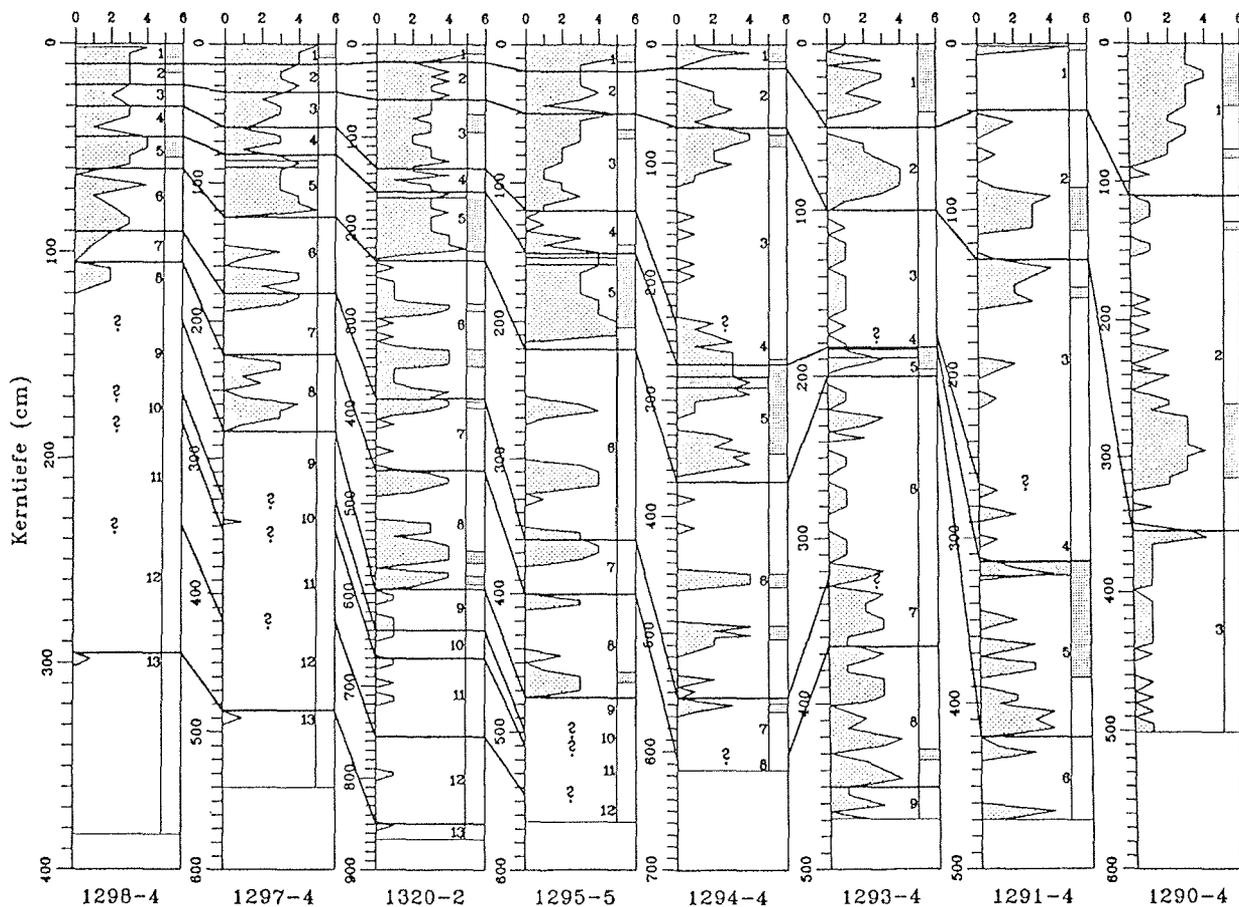
Seite 62:

Abb. 33: Korrelation der untersuchten Sedimentkerne anhand der C/N-Verhältnisse. Die durchgezogenen Linien stellen die Grenzen der Sauerstoffisotopenstadien dar, die am rechten Rand der einzelnen Kerndarstellungen angegeben sind. Stadiengrenzen, die anhand dieses Parameters nicht eindeutig zu lokalisieren sind, sind mit einem "?" gekennzeichnet. (a) 80°N-Profil, (b) 78°N-Profil.



Foram - Index

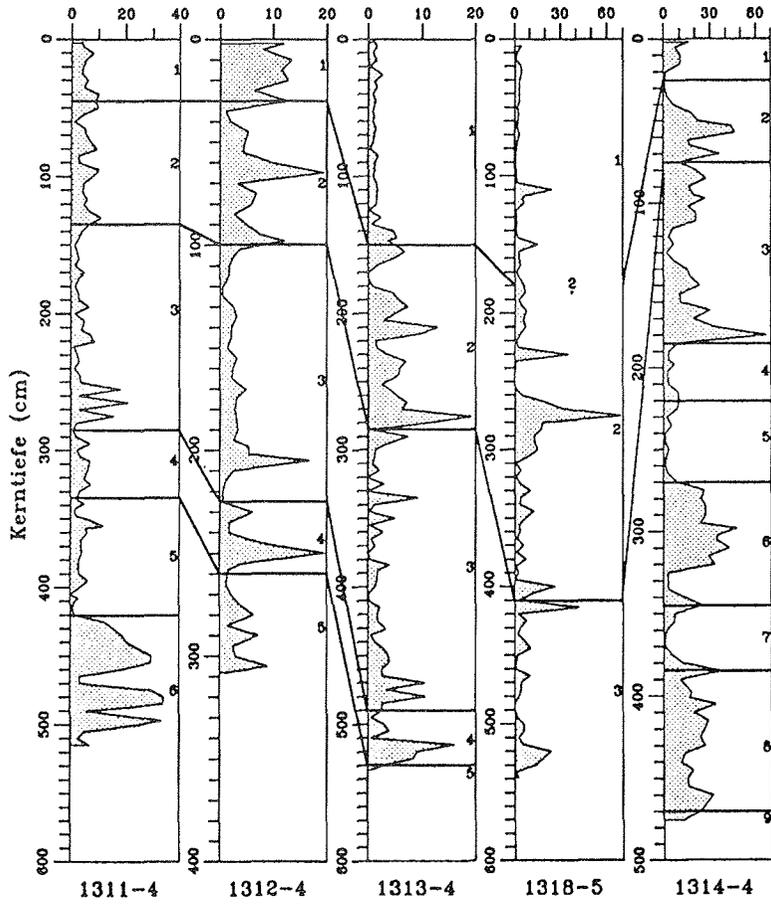
b)



Auftreten von Coccolithen (nach GARD 1987)

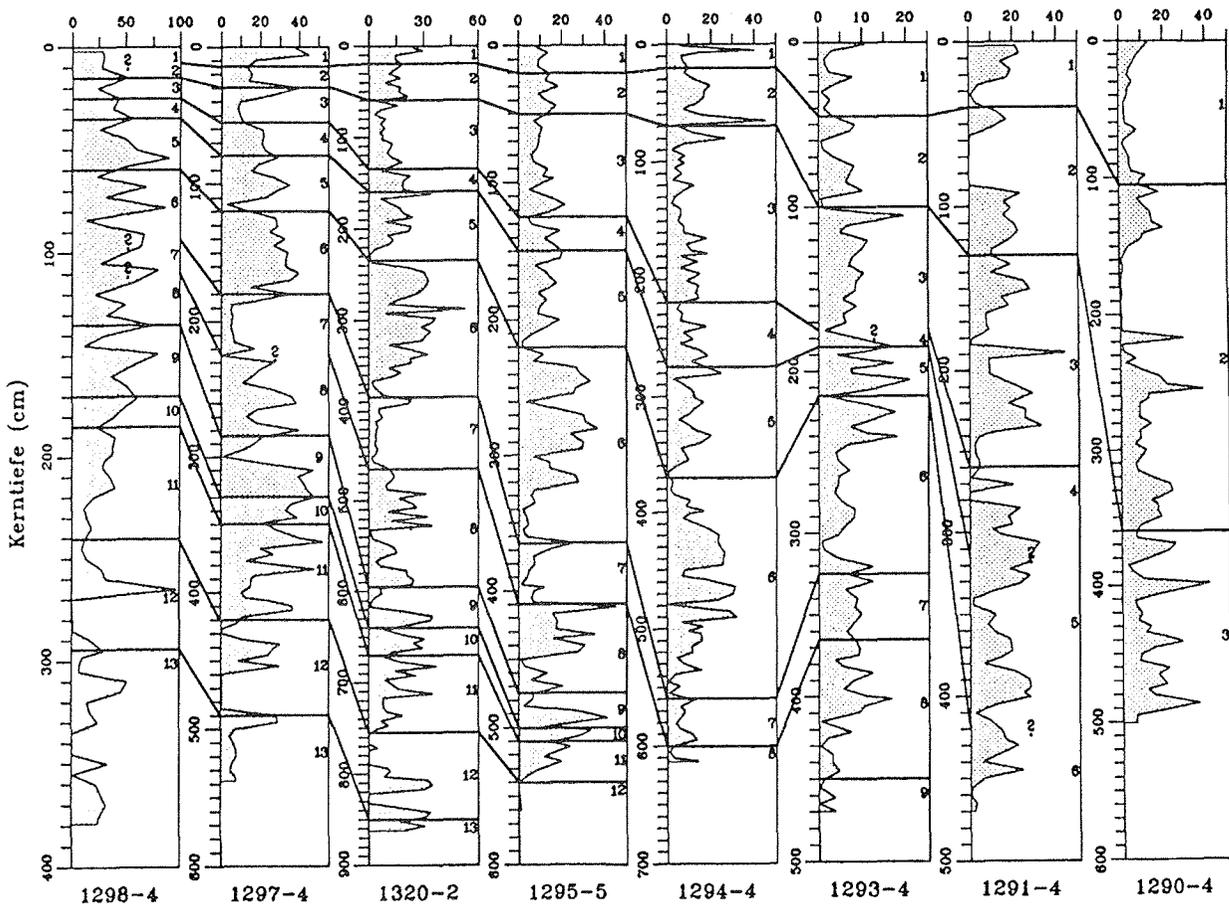


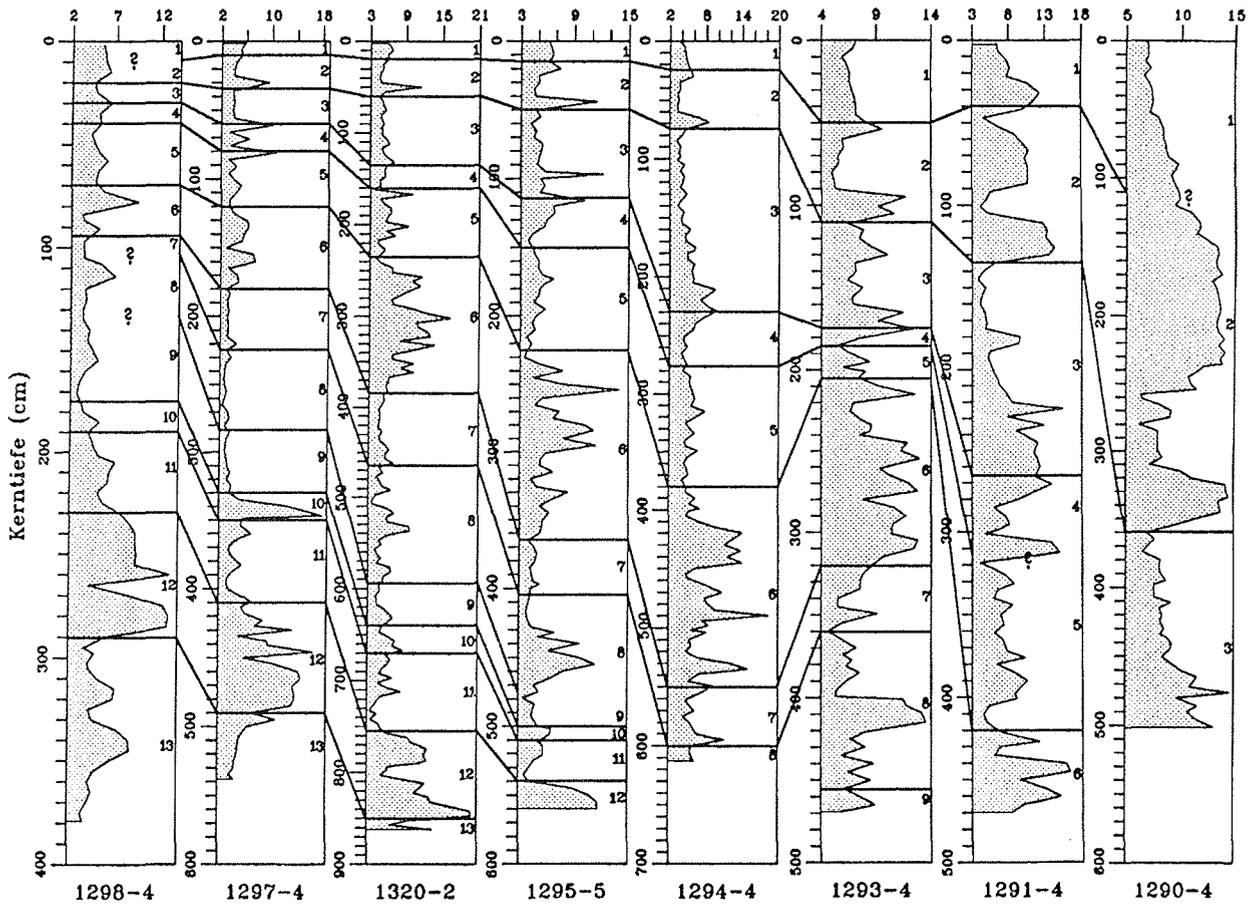
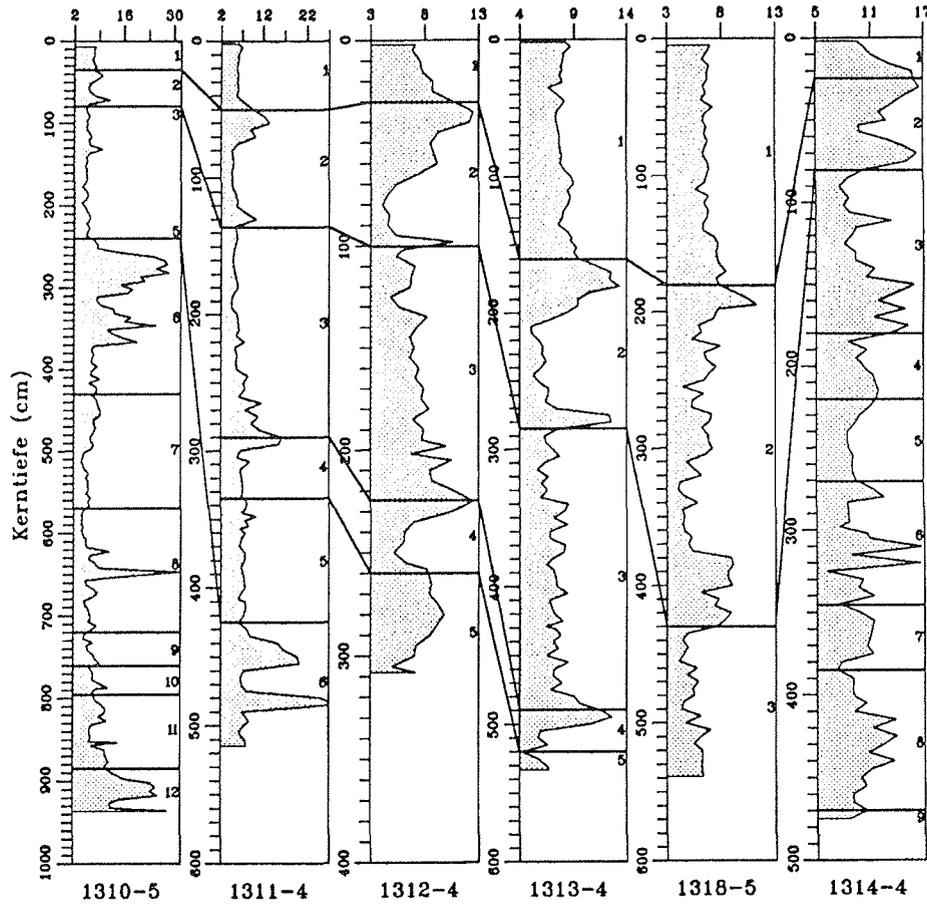
*Pullenia bulloides* - Horizont



>63 $\mu$  (%)

b)





Kern- Nr.	Kerntiefe (cm) für die Isotopenstadiengrenzen											
	1/2	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7	7/8	8/9	9/10	10/11	11/12	12/13
1290-4	Fox:	110	355	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gfa:	105	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C/N:	?	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ST:	105	360									
1291-4	Fox:	40	130	?	315	420	-	-	-	-	-	-
	Gfa:	40	130	260	?	?	-	-	-	-	-	-
	C/N:	40	135	265	?	420	-	-	-	-	-	-
	ST:	40	130	265	315	420						
1293-4	Fox:	50	110	?	182	200	?	365	450	-	-	-
	Gfa:	45	100	?	185	215	325	365	450	-	-	-
	C/N:	50	110	175	185	205	320	360	455	-	-	-
	ST:	50	110	175	185	205	325	365	450			
1294-4	Fox:	20	70	?	270	370	555	?	-	-	-	-
	Gfa:	20	70	230	275	370	560	600	-	-	-	-
	C/N:	25	75	230	275	380	550	600	-	-	-	-
	ST:	20	70	230	275	370	555	600				
1295-4	Fox:	20	50	120	150	220	360	400	475	?	?	?
	Gfa:	20	50	125	150	220	365	398	475	500	510	540
	C/N:	15	50	115	150	225	365	405	?	500	510	540
	ST:	20	50	120	150	220	365	400	475	500	510	540
1297-4	Fox:	12	35	60	80	125	180	225	280	?	?	?
	Gfa:	12	30	55	80	120	180	?	285	330	350	420
	C/N:	10	35	60	80	120	180	225	285	330	350	410
	ST:	12	35	60	80	120	180	225	285	330	350	420
1298-4	Fox:	10	20	30	45	60	90	105	?	?	?	?
	Gfa:	?	15	25	35	60	?	?	135	170	185	240
	C/N:	?	20	30	40	70	95	?	?	175	190	230
	ST:	10	20	30	35	60	95	105	135	170	185	235

Tab. 8: Kerntiefen für die Isotopenstadiengrenzen in den Kernen vom 70°N-Profil korreliert von dem Kern 1320-2 über den Foraminiferen-Index und die Coccolithenhäufigkeiten (Fox), über den Anteil der Grobfraction (Gfa) und über die C/N-Verhältnisse (C/N). Mit ST sind die im weiteren für die Lage der Isotopenstadiengrenzen verwendeten Kerntiefen bezeichnet.

Kern- Nr.	Kerntiefe (cm) für die Isotopenstadiengrenzen											
	1/2	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7	7/8	8/9	9/10	10/11	11/12	12/13
1310-5	Fox:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gfa:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C/N:	35	80	H	H	240	430	570	720	760	795	885
	ST:	35	80	H	H	240	430	570	720	760	795	885
1311-4	Fox:	40	130	290	335	420	-	-	-	-	-	-
	Gfa:	45	135	285	335	420	-	-	-	-	-	-
	C/N:	50	135	290	335	425	-	-	-	-	-	-
	ST:	40	135	290	335	420						
1312-4	Fox:	?	100	225	260	-	-	-	-	-	-	-
	Gfa:	30	100	225	260	-	-	-	-	-	-	-
	C/N:	30	100	225	260	-	-	-	-	-	-	-
	ST:	30	100	225	260							
1313-4	Fox:	150	280	480	520	-	-	-	-	-	-	-
	Gfa:	150	285	490	520	-	-	-	-	-	-	-
	C/N:	160	285	490	520	-	-	-	-	-	-	-
	ST:	155	285	490	520							
1314-4	Fox:	?	75	?	220	270	355	375	460	-	-	-
	Gfa:	25	75	185	220	270	345	385	470	-	-	-
	C/N:	25	80	180	220	270	345	385	470	-	-	-
	ST:	25	75	185	220	270	345	385	470			
1318-5	Fox:	?	395	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gfa:	?	420	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C/N:	180	430	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ST:	180	410									

H = Hiatus

Tab. 9: Kerntiefen für die Isotopenstadiengrenzen in den Kernen vom 80°N-Profil korreliert von dem Kern 1320-2 über den Foraminiferen-Index und die Coccolithenhäufigkeiten (Fox), über den Anteil der Grobfraktion (Gfa) und über die C/N-Verhältnisse (C/N). Mit ST sind die im weiteren für die Lage der Isotopenstadiengrenzen verwendeten Kerntiefen bezeichnet.

stellt. Sofern die einzelnen Korrelationen zu unterschiedlichen Ergebnissen für die Kerntiefen bestimmter Stadiengrenzen kamen, wurden die drei Ergebnisse bezüglich ihrer Aussagekraft bewertet und in Abhängigkeit dieser Bewertung zu einem Wert zusammengefaßt (Tab. 8 und 9). Basierend auf diesen Stadiengrenzen konnten für alle untersuchten Kerne Alters-Tiefen-Kurven erstellt werden (Abb. 34).

Obwohl für den Kern 1310-5 weder Daten über die Grobfraktionsanteile noch über den Foraminiferen-Index vorliegen, konnte über die C/N-Verhältnisse, die Coccolithenstratigraphie (GARD 1987) und die Magnetostratigraphie (NOWACZYK 1991) eine befriedigende Korrelation erzielt werden (Abb. 31 - 33). Für einen Hiatus bei 212 cm Kerntiefe, der den Zeitraum von ca. 52.000 Jahren bis 110.000 Jahren vor heute, also Teile der Stadien 3 und 5 und das gesamte Stadium 4, umfaßt (NOWACZYK 1991), wurden weitere Hinweise gefunden. Da die hohen Coccolithenzahlen zwischen 305 cm und 395 cm Tiefe des Kernes 1310-5 in einem Kernabschnitt mit hohen C/N-Verhältnissen auftreten, ist diese Abfolge im Vergleich zu dem Kern 1320-2 eindeutig in das Stadium 6 zu stellen. Dies widerspricht der Interpretation von GARD (1987), wonach es sich bei diesen Auftreten von Coccolithen um das Stadium 5 handelt. Da dies nicht der Fall ist, fehlen in diesem Kern die typischen Häufigkeitsmaxima der Coccolithen im Stadium 5, was als weiterer Hinweis auf einen Hiatus im Bereich der Stadien 3 bis 5 zu werten ist. Das gilt ebenfalls für das Fehlen von *Pullenia bulloides* in dem Parallelkern 1310-3 (HEBBELN unveröfl. Daten), der den gleichen Hiatus aufweist (NOWACZYK 1991).

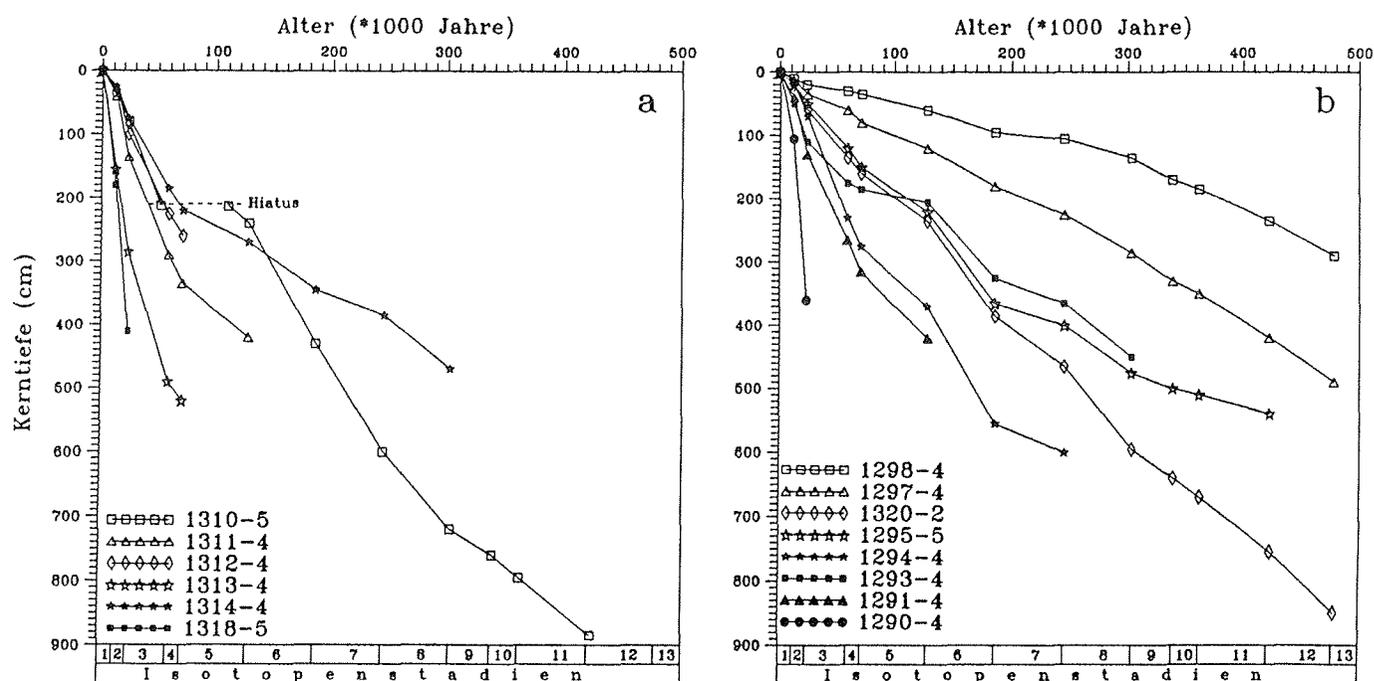


Abb. 34: Alters-Tiefenkurven für die untersuchten Sedimentkerne. (a) 80°N-Profil, (b) 78°N-Profil. Die Bereiche zwischen den Grenzen der Sauerstoffisotopenstadien sind linear interpoliert.

Ebenfalls unvollständig erscheint die Abfolge der Sedimente in den Kernen 1293-4 und 1314-4. Erste Hinweise darauf sind schon bei der Coccolithenstratigraphie zu beobachten, bei der das Stadium 5 in beiden Kernen nur durch einen, statt, wie in den meisten Kernen, durch zwei Häufigkeitsmaxima gekennzeichnet ist. Das parallele Auftreten von *Pullenia bulloides* mit den Coccolithen im Kern 1293-4 könnte als Hinweis darauf gedeutet werden, daß nur das Stadium 5a erhalten ist. Da *Pullenia bulloides* in dem Kern 1314-4 nicht gefunden werden konnte, muß angenommen werden, daß das Coccolithenmaximum in diesem Kern das Stadium 5e repräsentiert (siehe Kap. 5.1.). Da in beiden Kernen einzelne Bereiche der Sedimentabfolge fehlen und die Sedimentationsraten im Stadium 5 jeweils extrem niedrig sind (siehe Kap. 5.4.2.), können zeitweilige Erosionsereignisse für diese unvollständige Abfolge verantwortlich sein. Die Lage der Kernpositionen beider Kerne am Hang (1293-4: Hang des Knipovitch-Rückens, 1314-4: Kontinentalhang von Spitsbergen) läßt Rutschungsereignisse als durchaus möglich erscheinen.

Mit einer Ausnahme fehlen Coccolithen in den beiden Kernen 1297-4 und 1298-4 nahezu völlig. Höhere Coccolithenzahlen weist lediglich der Kern 1298-4 bei 50 cm Kerntiefe auf. Diese Kerntiefe liegt der Korrelation der Stadiengrenzen zufolge im Stadium 5. Bei diesem Kern muß aber darauf hingewiesen werden, daß nur der Teil unterhalb von 200 cm Kerntiefe eindeutig korrelierbar ist, wohingegen die Zuordnungen der Stadiengrenzen im oberen Teil des Kernes, nicht zuletzt aufgrund der geringen Auflösung bei Sedimentationsraten von ca. 0,5 cm/1000 Jahre, als sehr vage anzusehen sind. Da *Pullenia bulloides* in diesem Kern nicht gefunden werden konnte, fällt auch diese Zeitmarke weg. Aufgrund der eindeutigen Korrelation der sedimentologischen Daten und des Auftretens von *Pullenia bulloides* konnte im Kern 1297-4 trotz der fehlenden Coccolithen das Stadium 5 eindeutig definiert werden.

Die mit zunehmender Kerntiefe auftretende Divergenz der im oberen Teil parallel laufenden Alters-Tiefenkurven der Kerne 1320-2 und 1295-5 (Abb. 34) ist ein Artefakt, der auf unterschiedliche Kernentnahmetechniken zurückzuführen ist. Schon KUHN (1986), GARD (1987) und NOWACZYK (1991) haben gezeigt, daß die Kernlänge eines Kolbenlotkernes mit 8,4 cm Durchmesser (1320-2) bei gleicher stratigraphischer Reichweite deutlich größer ist, als die eines Schwerelotkernes mit 12 cm Durchmesser und daß sich dieser Unterschied mit zunehmender Kerntiefe vergrößert. Dieser Effekt wird wahrscheinlich durch das Strecken von Sedimentlagen im Kolbenlot und/oder durch das Ausquetschen weicher Sedimentlagen in Schwereloten verursacht. Von besonderer Bedeutung ist dieser Effekt bei der Berechnung von Sedimentationsraten (siehe Kap. 5.4.1.).

## 5.4. Sedimentationsraten

### 5.4.1. Berechnung der Sedimentationsraten

Über die Lage der Isotopenstadiengrenzen in den Sedimentkernen konnten in Anlehnung an die Alterszuordnung von IMBRIE et al. (1984) lineare Sedimentationsraten für die einzelnen Stadien bestimmt werden (Tab. 10, Abb. 35). Wie bereits angedeutet, sind die Schichtmächtigkeiten gleicher Schichten in den Kolbenlotkernen größer als in den Schwerelotkernen (KUHNS 1986, GARD 1987, NOWACZYK 1991). Um die Sedimentationsraten der verschiedenen Kerntypen miteinander vergleichen zu können, müssen die Werte der Kolbenlotkerne (1310-5, 1318-5 und 1320-2) auf entsprechende Schwerelotkern-Werte korrigiert werden. Für die beiden Kolbenlotkerne 1310-5 und 1320-2 mit einem Durchmesser von 8,4 cm stehen von den gleichen Positionen Schwerelotkerne (1310-3 und 1296-4) zur Verfügung, auf die

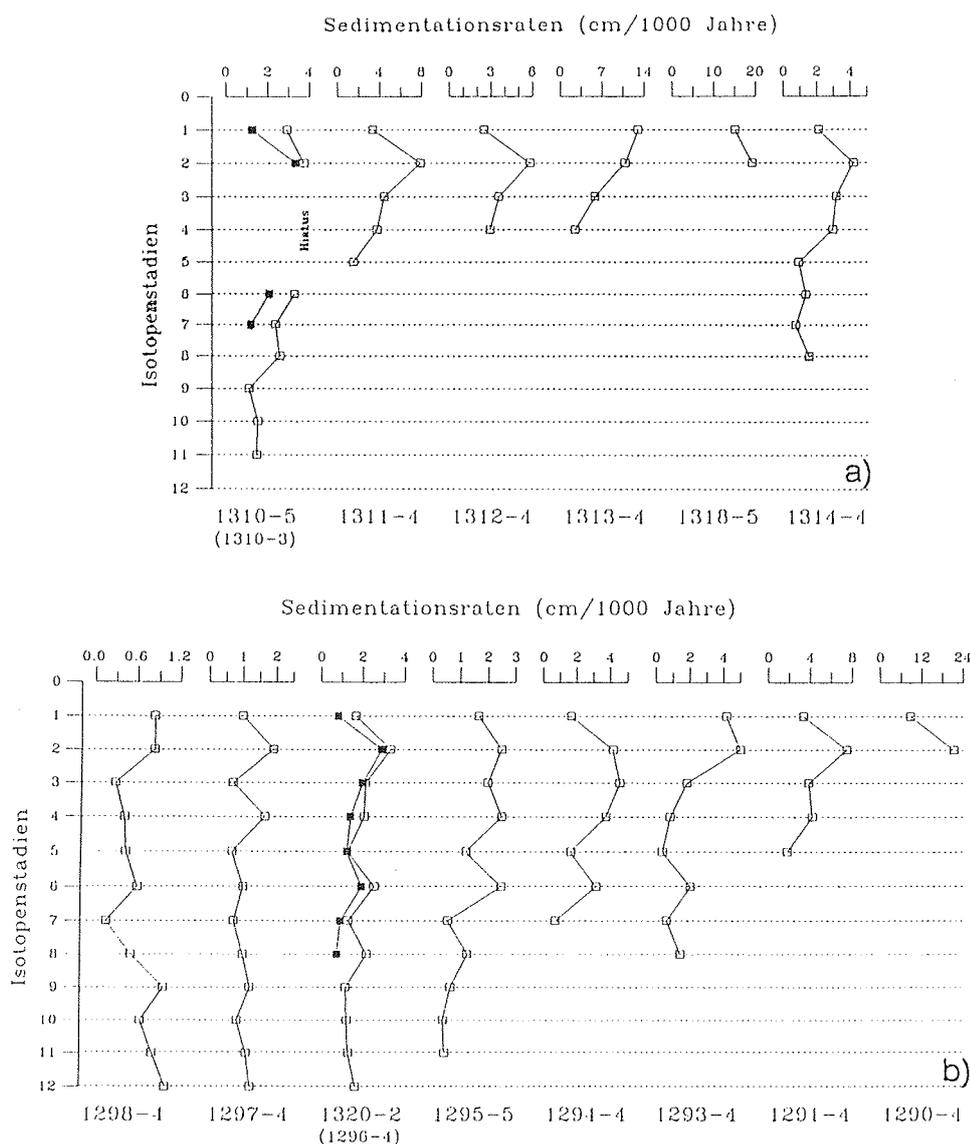


Abb. 35: Sedimentationsraten für die einzelnen Sauerstoffisotopenstadien in den untersuchten Kernen. An den Kolbenlotstationen 1310 und 1320 sind zum besseren Vergleich auch die Werte für die parallel gewonnenen Schwerelotkerne angegeben (a) 80°N-Profil, (b) 78°N-Profil.

die Isotopenstadiengrenzen unter Zuhilfenahme der Coccolithen- (GARD 1987) und der Magnetostratigraphie (NOWACZYK 1991) sowie der Wassergehalte (1310-3: RUHLAND 1988, 1296-4: HEBBELN unveröff. Daten) zum Teil übertragen werden konnten (Abb. 36). Aufgrund der kürzeren stratigraphischen Länge des Schwerelotkernes (1310-3) oder aufgrund mangelnder Korrelationsanhaltspunkte (1296-4) liegen für diese Schwerelotkerne vergleichsweise wenig Daten vor, die aber für den Vergleich mit den übrigen Kernen ausreichen (Tab. 10). Bei Kolbenlotkernen mit einem Durchmesser von 12 cm (1318-5) ist der Unterschied in den gekernteten Schichtmächtigkeiten gegenüber den Schwerelotkernen deutlich geringer als bei Kolbenlotkernen mit einem Durchmesser von 8,4 cm (KUHN 1986, GARD 1987, NOWACZYK 1991). Durch die extrem hohen Sedimentationsraten im Kern 1318-5 verliert dieser Effekt zusätzlich an Bedeutung und kann größtenteils vernachlässigt werden, wenn man die ermittelten Sedimentationsraten als geringfügig erhöht gegenüber einem vergleichbaren Schwerelotkern betrachtet. Dieser Effekt macht deutlich, daß die hier vorgestellten Sedimentationsraten zwar untereinander vergleichbar sind, aber keinesfalls als absolute Werte betrachtet werden dürfen.

Kern- Nr.	Sedimentationsrate (cm/1000 Jahre) in den Isotopenstadien												Mittelwerte		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	linear	glazial	interglazial
1290-4	8,75	21,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,00	21,25	8,75
1291-4	3,33	7,50	3,86	4,17	1,84	-	-	-	-	-	-	-	3,28	4,66	2,10
1293-4	4,17	5,00	1,80	0,80	0,40	2,07	0,68	1,47	-	-	-	-	1,49	1,94	0,86
1294-4	1,67	4,17	4,57	3,75	1,67	3,19	0,76	-	-	-	-	-	2,45	3,76	1,25
1295-5	1,67	2,50	2,00	2,50	1,23	2,50	0,59	1,29	0,69	0,43	0,49	-	1,28	1,81	0,80
1320-2	1,67	3,33	2,14	2,08	1,32	2,59	1,36	2,24	1,25	1,30	1,39	1,73	1,78	2,24	1,35
*1296-4	0,83	2,92	2,00	1,42	1,28	1,98	0,98	0,81	-	-	-	-	1,40	1,62	1,10
1297-4	1,00	1,92	0,71	1,67	0,70	1,03	0,76	1,03	1,25	0,87	1,15	1,27	1,03	1,14	0,94
1298-4	0,83	0,83	0,29	0,42	0,44	0,60	0,17	0,52	0,97	0,65	0,82	1,00	0,61	0,66	0,58
1310-5	2,92	3,75	Hiatus	Hiatus	Hiatus	3,28	2,37	2,59	1,11	1,52	1,48	-	2,09/2,39	2,78	1,82
*1310-3	1,25	3,33	Hiatus	Hiatus	Hiatus	2,07	1,19	-	-	-	-	-	1,42/1,81	2,29	1,19
1311-4	3,33	7,92	4,43	3,75	1,49	-	-	-	-	-	-	-	3,28	5,00	1,81
1312-4	2,50	5,83	3,57	2,92	-	-	-	-	-	-	-	-	3,66	3,90	2,50
1313-4	12,92	10,83	5,86	2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	7,32	6,19	12,92
1318-5	15,00	19,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,08	19,17	15,00
1314-4	2,08	4,17	3,14	2,92	0,88	1,29	0,68	1,47	-	-	-	-	1,55	2,03	0,90

\* Parallel-Schwerelotkerne zu den schmalen Kolbenlotkernen ( $\varnothing$  8,4 cm)

Tab. 10: Sedimentationsraten für die einzelnen Isotopenstadien in den untersuchten Kernen. Zusätzlich sind lineare Sedimentationsraten für die ganzen Kerne und gemittelte Werte für die glazialen und interglazialen Sedimente angegeben. Für die Kernstation 1310 sind zwei lineare Sedimentationsraten aufgeführt: ohne Berücksichtigung des Hiatuses / mit Berücksichtigung des Hiatuses.

Beim Kernvorgang mit Kolben- und Schwereloten kann die direkte Sedimentoberfläche zerstört werden, was einen Verlust der oberen Zentimeter der Sedimentsäule zufolge hat. Das führt zu einer Unterschätzung der holozänen Sedimentationsraten, da die ermittelte Kerntiefe der Stadiengrenze 1/2 nicht mehr der Originaltiefe entspricht und nur noch ein Teil der ursprünglichen Schichtmächtigkeit in die Berechnung der Sedimentationsrate eingeht. Dieser Effekt läßt sich am Beispiel des Kernes 1295-5 deutlich belegen. Die Korrelation ergab für das Stadium 1 eine Sedimentationsrate von 1,67 cm/1000 Jahre. An dem Großkastengreifer 1295-4 von der gleichen Station, der eine ungestörte Sedimentoberfläche besitzt, haben JONES & KEIGWIN (1988) für das Holozän eine Sedimentationsrate von 2,5 cm/1000 Jahre bestimmt. Überträgt man diesen Wert auf das Schwerelot 1295-5 ergibt sich ein Kernverlust an der Oberfläche von ca. 10 cm. Zu demselben Ergebnis führt der Vergleich der Wassergehalte des Schwerelotkernes und des Kastengreifers (HEBBELN unveröff. Daten). Mit steigender Sedimentationsrate nimmt das Ausmaß dieser Unterschätzung ab. Die hier vorgestellten holozänen Sedimentationsraten sind daher als untere Grenzwerte anzusehen.

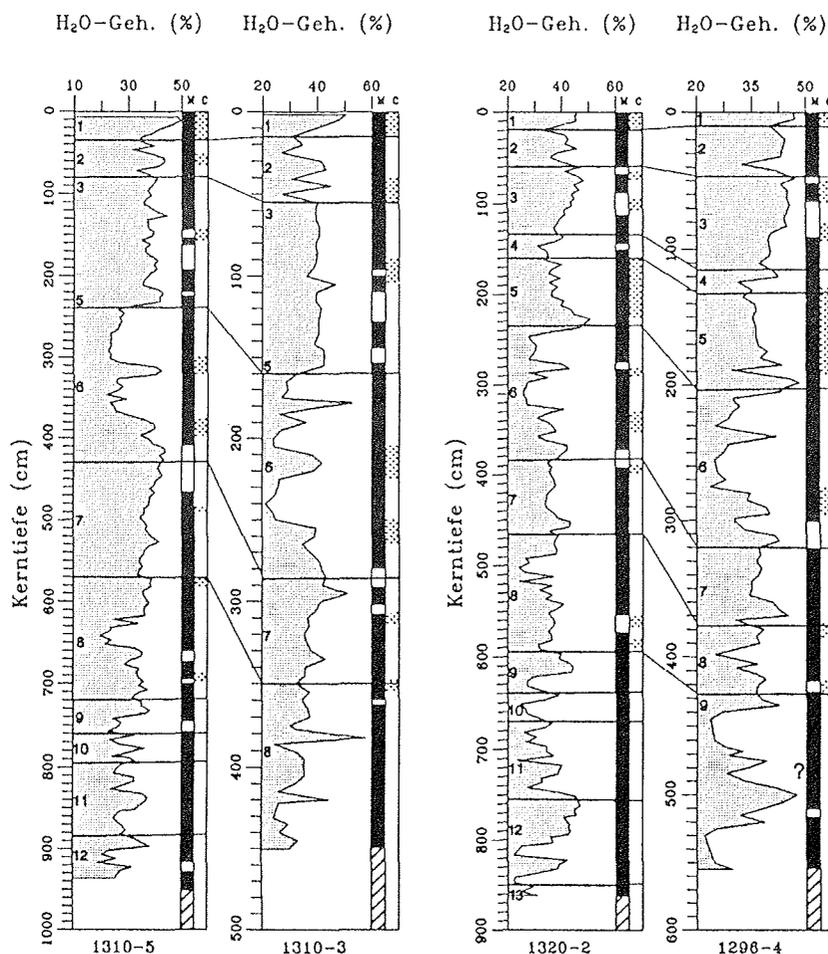


Abb. 36: Korrelation der Wassergehalte von Kolbenlot- ( $\varnothing$  8,4cm, 1310-5 und 1320-2) und Schwerelotkernen ( $\varnothing$  12cm, 1310-3 und 1296-4) an den Parallelkernen 1310-5/1310-3 und 1320-2/1296-4 (1310-3: RUHLAND 1988, 1296-4: HEBBELN unveröff. Daten). 1-13: Isotopenstadien, M: Magnetostratigraphie (NOWACZYK 1991), C: Coccolithenverteilung (GARD 1987).

Um für die einzelnen Kernstationen zusammenfassende Aussagen machen zu können, wurden von der jeweils ältesten nachgewiesenen Isotopenstadiengrenze lineare, mittlere Sedimentationsraten für den gesamten Kern berechnet (Tab. 10). Für die Kerne 1310-5 und 1310-3 mit einem rund 52.000 Jahre umfassenden Hiatus kann die so ermittelte lineare Sedimentationsrate naturgemäß nur zu niedrige Werte ergeben. Deshalb wurden zusätzlich Werte berechnet, die diesen Hiatus berücksichtigen, um zu vergleichbaren Werten zu den linearen Sedimentationsraten der anderen Kerne zu kommen. Die Berechnung von typischen Sedimentationsraten für Glazial- und Interglazialzeiten, basierend auf der Schichtmächtigkeit aller glazialen bzw. interglazialen Sedimente eines Kernes, soll die Möglichkeit bieten, generelle Beziehungen dieser Klimazyklen zu den Sedimentationsraten aufzuzeigen. Hierbei stellte sich die Frage nach der Zuordnung des Isotopenstadiums 3, das nach der Standardisotopenkurve (PRELL et al. 1986) weder als vollwertiges Interglazial- noch als vollwertiges Glazialstadium zu werten ist. Da verschiedene Autoren für dieses Stadium in

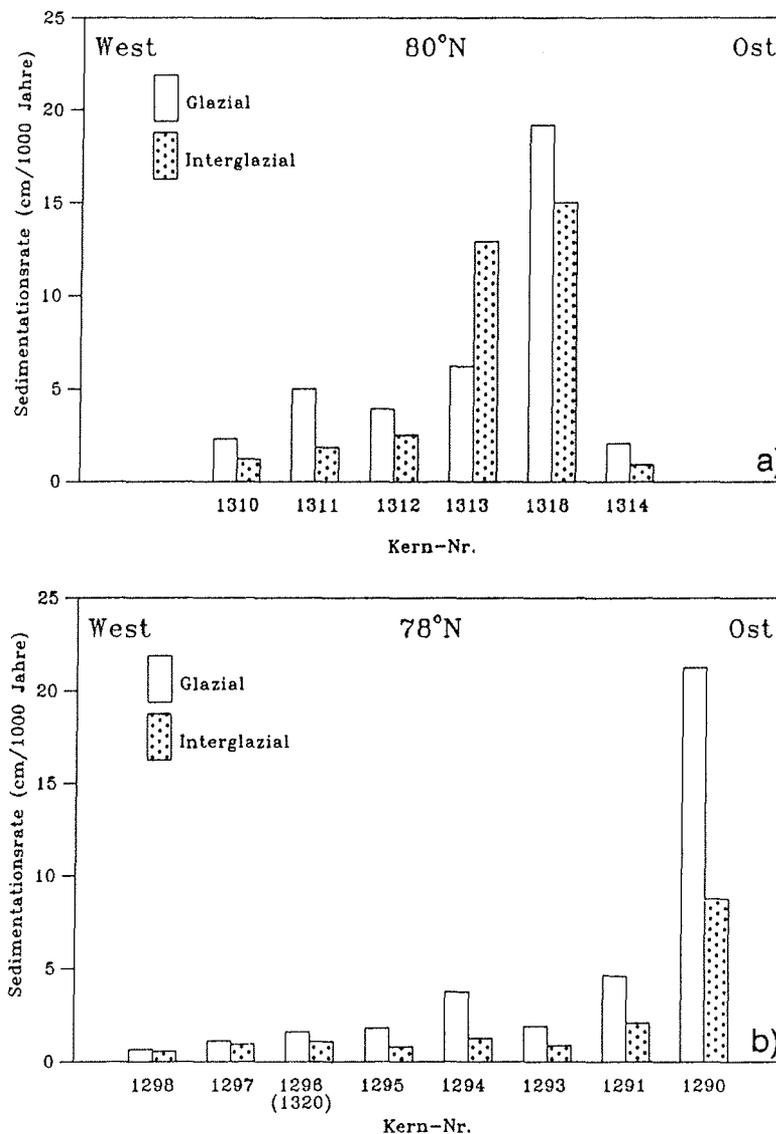


Abb. 37: Mittelwerte für die Sedimentationsraten glazialer und interglazialer Sedimente in den untersuchten Kernen. Zum Vergleich wurde an den Stationen 1310 und 1320/1296 auf die Werte für die entsprechenden Schwerelotkerne zurückgegriffen. (a) 80°N-Profil, (b) 78°N-Profil.

der Norwegisch-Grönländischen See und in der Fram-Straße nahezu vollglaziale Bedingungen annehmen (KELLOGG 1976, GARD 1987, SPIELHAGEN 1990, VOGELANG 1990), wurde es bei der Berechnung typischer glazialer und interglazialer Sedimentationsraten als Glazialstadium betrachtet (Tab. 10, Abb. 37).

#### 5.4.2. Zeitliche Variationen

Vergleicht man die durchschnittlichen Sedimentationsraten für die Glazial- und Interglazialzeiten so zeigt sich ein deutlicher Trend zu höheren Werten in den Kaltzeiten (Abb. 37). Durch erhöhte Sedimentationsraten zeichnen sich vor allem die Stadien 2 bis 4, 6 und 8 aus (Abb. 35, Tab. 10). Abweichend von diesem Muster weist nur das Stadium 1 ebenfalls höhere Sedimentationsraten auf. In den älteren Stadien (>8) sind die Werte in der Regel geringer und bezogen auf die Klimaphasen gleichmäßiger. Nur die beiden Kerne 1297-4 und 1298-4 vom Westrand des 78°-Profils haben in den Sedimenten, die älter sind als das Stadium 8, erhöhte Sedimentationsraten. Auffällig ist ebenfalls eine Veränderung der Sedimentationsrate in dem Kern 1314-4. Am Übergang der Isotopenstadien 4 und 5 ist ein deutlicher Wechsel von durchschnittlich 1 cm/1000 Jahren im älteren Teil auf 3 cm/1000 Jahre im jüngeren Teil zu beobachten (Abb. 35). Auf eine unvollständig erhaltene Sedimentabfolge sind wahrscheinlich die geringen Sedimentationsraten im Bereich der Stadien 3 bis 5 in dem Kern 1293-4 zurückzuführen (siehe Kap. 5.3.).

Mit einer Ausnahme sind in allen Kernen in den Glazialen höhere durchschnittliche Sedimentationsraten zu beobachten. Diese Ausnahme bildet der Kern 1313-4, bei dem die interglaziale bzw. holozäne Sedimentationsrate deutlich höher liegt, als die der Stadien 2 bis 4 (Abb. 37, Tab. 10). Eine Ursache könnten die in allen Kernen zu beobachtenden hohen holozänen Sedimentationsraten sein, die eventuell in diesem Kern zu dem erwähnten Effekt führen. Der Grund für diese hohen holozänen Sedimentationsraten liegt wahrscheinlich in der geringeren Kompaktion dieser jüngsten Sedimente verglichen mit den tiefer liegenden älteren Ablagerungen.

Der deutliche Trend zu höheren Sedimentationsraten in Glazialzeiten muß seine Ursache in klimabedingten Faktoren haben. Aus der Verteilung und der Zusammensetzung eistransportierten Materials hat SPIELHAGEN (1990) für die Glazialzeiten einen verstärkten Eisbergtransport durch die Fram-Straße postuliert. Der hohe Anteil groben eistransportierten Materials muß in Verbindung mit einem ebenfalls hohen Anteil feinen eistransportierten Materials gesehen werden, das nicht eindeutig als solches zu erkennen ist. Daraus ließe sich schließen, daß die hohen glazialen Sedimentationsraten auf eine erhöhte Zufuhr eistransportierten Materials zurückzuführen sind.

Untersuchungen von HEBBELN & WEFER (1991) haben allerdings gezeigt, daß bei niedrigen Oberflächenwassertemperaturen nur geringe Mengen eistransportierten Materials freigesetzt werden. Am Eisrand, wo das Eis durch den Kontakt mit wärmerem Wasser ( $>0^{\circ}\text{C}$ ) schmilzt, wird dagegen sehr viel transportiertes Sediment freigesetzt. Da für die Glaziale in der Fram-Straße größtenteils eine geschlossene Eisdecke und entsprechend kalte Oberflächenwassertemperaturen angenommen werden (siehe Kap. 8.), stellt sich die Frage nach der Ursache der höheren glazialen Sedimentationsraten. Eine mögliche Ursache könnte in deutlich höheren Transportraten für das Eis gesehen werden. Für die jetzigen interglazialen Bedingungen wird der jährliche Transport von Eis durch die Fram-Straße von VINJE & FINNEKASA (1986) auf  $5.000 \text{ km}^3$  geschätzt, woraus LARSEN et al. (1987), ausgehend von einer Sedimentkonzentration im Eis von  $30 \text{ g/m}^3$ , einen jährlichen Sedimenttransport von  $15 \times 10^7 \text{ t}$  ableiten. Eine Erhöhung dieser Transportrate im Glazial hätte möglicherweise auch bei einer geringeren Freisetzung eistransportierten Materials pro Eisscholle insgesamt zu einer höheren Sedimentationsrate führen können. Ein weiteres Erklärungsmodell wäre eine höhere Sedimentkonzentration im Eis, die auf eine Änderung in den vorherrschenden Mechanismen, die das Sediment ins Eis einbringen, deuten würde. Da große Teile der sibirischen Schelfe während der Glaziale infolge der Meeresspiegelabsenkungen (CHAPPEL & SHACKLETON 1986) für die Meereisbildung nicht zur Verfügung standen, muß davon ausgegangen werden, daß diese Mechanismen in bedeutendem Maße variiert haben. Ein Beispiel für eine solche Veränderung ist der Eintrag windtransportierten Materials. Obwohl dieser Eintrag heutzutage als nicht sehr bedeutend betrachtet wird (DARBY et al. 1974), kann er in den Kaltzeiten eine wesentlich größere Rolle gespielt haben, wie es z.B. der hohe Staubanteil in den glazialen Abschnitten des Dye-3-Eiskernes von Grönland andeutet (HAMMER et al. 1985).

#### 5.4.3. Geographische Variationen

Die Unterschiede zwischen den glazialen und interglazialen Sedimentationsraten werden in der Fram-Straße durch sehr starke räumliche Veränderungen überlagert, die durch niedrige Sedimentationsraten im Westen und hohe im Osten gekennzeichnet sind. Hinzu kommt ein leichtes Nord-Süd Gefälle mit höheren Sedimentationsraten auf dem  $80^{\circ}\text{N}$ -Profil gegenüber dem  $78^{\circ}\text{N}$ -Profil (Abb. 37).

Der räumliche Trend mit hohen Sedimentationsraten im Osten und niedrigen im Westen ist zum größten Teil durch die Morphologie der Fram-Straße bedingt. Die höchsten Werte wurden am Kontinentalhang vor Spitsbergen ermittelt (Abb. 37), der nach der Untersuchung von Oberflächensedimenten heute durch eine intensive bodennahe Zufuhr von Sedimentmaterial gekennzeichnet ist (HEBBELN & BERNER in Vorb.). Sinkstoffallenuntersuchungen haben außerdem gezeigt, daß sich dieses Gebiet durch extrem hohe Partikelflußraten auszeichnet, die auf eine intensive Freisetzung eistransportierten Materials zurückzuführen sind (HEBBELN & WEFER 1991).

In der zentralen Fram-Straße auf dem 78°-Profil sind vergleichsweise geringe Sedimentationsraten zu beobachten (Abb. 37). Für diesen Bereich konnte ein rezenter Einfluß bodennaher Transportmechanismen nicht nachgewiesen werden (HEBBELN & BERNER in Vorb.). Der Vergleich von Partikelflußraten aus Sinkstoffallenuntersuchungen in der zentralen Fram-Straße mit an Sedimentkernen ermittelten Sedimentationsraten zeigt, daß diese allein aus dem Partikelfluß erklärbar sind (BERNER 1991), so daß diese Sedimentationsraten als Abbild der pelagischen Sedimentation unter Einbeziehung des eistransportierten Materials betrachtet werden können.

Auffällig sind die sehr niedrigen Sedimentationsraten (<1,1 cm/1000 Jahre) der beiden westlichsten Kerne 1297-4 und 1298-4 (Abb. 37). Beide Kernstationen liegen im Bereich des Ostgrönländischen Polarfrontstromes (East Greenland Polar Frontal Jet, PAQUETTE et al. 1985) der, wie die Korngrößenverteilung der Oberflächenproben zeigt (BERNER & WEFER 1990), deutlich erosiv tätig ist. Sinkstoffallenuntersuchungen in diesem Bereich haben unter einer ganzjährigen Eisbedeckung sehr geringe Partikelflußraten ergeben (HEBBELN & WEFER 1990), die nicht einmal die geringen Sedimentationsraten in diesen Kernen erklären können. Aufgrund der hohen Grobfraktionsanteile der Kerne 1297-4 und 1298-4 muß angenommen werden, daß einerseits am Kontinentalhang bodennah Material in dieses Gebiet transportiert wird und andererseits durch den Ostgrönländischen Polarfrontstrom teilweise wieder erodiert wird. Die Abnahme der Sedimentationsrate (Tab. 10) und die Zunahme groben Materials in dem Kern 1298-4 an der Wende vom Isotopenstadium 9 zum Stadium 8 sind wahrscheinlich auf das Einsetzen des Ostgrönländischen Polarfrontstromes zurückzuführen. Da zur Bildung des Ostgrönländischen Polarfrontstromes die Existenz des Ostgrönlandstromes eine Voraussetzung ist (siehe Kap. 2.2.), und die ersten Hinweise auf die Existenz beider Strömungen aus dem Stadium 8 stammen (siehe auch Kap. 8.5.), kann geschlossen werden, daß beide Strömungen erst vor 300.000 Jahren einsetzten oder sich aus dem Küsten- und Schelfbereich bis über den Kontinentalhang verlagert haben. Relativ hohe Sedimentationsraten im Vergleich mit den anderen Kernen und geringere Grobfraktionsanteile in den ältesten dokumentierten Isotopenstadien (9 bis 12), könnten als Hinweis auf ein Fehlen des Ostgrönlandstromes und des Ostgrönländischen Polarfrontstromes in dieser Zeit gedeutet werden.

Das Profil auf 80°N ist durch allgemein höhere Sedimentationsraten gekennzeichnet als der zentrale Bereich der Fram-Straße auf 78°N (Abb. 37). Die Ursache hierfür ist wieder in der Morphologie zu sehen. Die hohen Sedimentationsraten am Kontinentalhang vor Spitsbergen wurden bereits angesprochen und diskutiert. Auf diesem Profil zieht sich der Kontinentalhang bis in die Mitte der Fram-Straße und beeinflußt damit die Kerne 1318-5, 1313-4 und 1312-4.

Die Kerne 1310-3/5 und 1311-4 liegen schon im Einflußbereich des grönländischen Kontinentalhanges (Abb. 37). Außerdem befinden sich beide Kernstationen heute im Bereich der

Eisrandoszillationszone (BERNER & WEFER 1990), wo große Mengen eistransportierten Materials aus tauenden Eisschollen freigesetzt werden (HEBBELN & WEFER 1991). Da der Ostgrönländische Polarfrontstrom erst südlich von 80°N einsetzt (PAQUETTE et al. 1985) und erosiv tätig wird (BERNER & WEFER 1990) entfällt dieser Modifikationsfaktor für die Sedimentationsraten. Im Vergleich mit dem zentralen südlichen Profil, wo ebenfalls große Mengen eistransportiertes Material freigesetzt werden, lassen sich die relativ hohen Sedimentationsraten an den Kernstationen 1310 und 1311 nur durch einen bodennahen Transport von Grönland erklären.

## 6. Variationen der organisch-geochemischen Parameter und der Grobfraktionsanteile: Hinweise auf terrigenen Eintrag

### 6.1. Variationen der organisch-geochemischen Parameter

Veränderungen der  $C_{org}$ -Gehalte in marinen Sedimenten werden häufig auf Variationen in der biologischen Produktivität bzw. Paläoproduktivität zurückgeführt (MÜLLER & SUESS 1979, SARNTHEIN et al. 1988). Organisches Material in Tiefseesedimenten kann aber zum Teil auch terrigenen Ursprungs sein. Terrigene Anteile an der organischen Substanz können u.a. mit Hilfe der C/N-Verhältnisse erkannt werden (JASPER & GAGOSIAN 1989). Für den marinen Bereich werden typische  $C_{org}/N_{org}$ -Verhältnisse von REDFIELD et al. (1963) und BORDOWSKIY (1965) für Zooplankton mit 5-6 und für Phytoplankton mit 6-7 angegeben. Infolge frühdiagenetischen Abbaus stickstoffreicher organischer Substanz (siehe Kap. 6.1.2.) liegen die  $C_{org}/N_{org}$ -Verhältnisse in jungen Sedimenten typischerweise bei 7-9 (MÜLLER 1975). Wesentlich höher sind die Werte von 20-200, die HEDGES et al. (1986) für terrigenes organisches Material nennen. Marine Sedimente mit einem  $C_{org}/N_{org}$ -Verhältnis  $>8-9$  besitzen demnach einen bestimmten Anteil terrigenen organischen Materials. Das gilt im Besonderen für  $C_{org}/N_{ges}$ -Verhältnisse, die immer Mindestwerte für  $C_{org}/N_{org}$ -Verhältnisse darstellen (siehe Kap. 3.7.).

Die Verteilung der stabilen Kohlenstoffisotope  $^{13}C$  und  $^{12}C$  in der organischen Substanz wird häufig zur Untersuchung organischer Substanz benutzt. Dabei können Fragen zu verschiedenen Photosynthese-Prozessen (z.B. O'LEARY 1988), zur Zusammensetzung des organischen Materials (z.B. DEGENS et al. 1968b), zu dessen Bildungsbedingungen (z.B. FISCHER 1989) und zu dessen Herkunft (z.B. SACKETT 1964) beantwortet werden. Die Isotopenzusammensetzung des marinen Planktons, das normalerweise die wichtigste  $C_{org}$ -Quelle im Ozean darstellt, wird dabei von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Eine Reihe von Autoren haben  $^{13}C/^{12}C$ -Verhältnisse in marinem Plankton mit Variationen der Oberflächenwassertemperaturen korreliert (SACKETT et al. 1965, DEGENS et al. 1968a, FONTUGNE & DUPLESSY 1981), wobei Temperaturkoeffizienten von 0,23‰ bis 0,36‰ pro 1°C Temperaturerhöhung festgestellt wurden. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen haben FONTUGNE & DUPLESSY (1978) im Indischen Ozean keine solche Beziehung finden können. Sie erklären Variationen von  $\delta^{13}C$ -Werten mit Änderungen in der Artenzusammensetzung des Planktons. WONG & SACKETT (1978) haben festgestellt, daß einzelne Phytoplanktonarten unterschiedliche Temperaturkoeffizienten aufweisen, die von -0,13‰ bis 0,36‰ pro 1°C Temperaturänderung reichen. Das bedeutet, daß die generelle Tendenz zu leichteren Isotopenwerten mit abnehmenden Oberflächenwasser-Temperaturen (RAU et al. 1982) nicht auf einem linearen Zusammenhang beruhen kann.

Bei weiteren Untersuchungen fanden DEGENS et al. (1968a), daß ein Temperatureffekt bei einem  $CO_2$ -Überschuß nicht mehr auftritt. Das Phytoplankton, dem mit dem im Meerwasser

gelösten  $\text{CO}_2$  ( $\delta^{13}\text{C} = -7\text{‰}$ ) und dem Hydrogenkarbonat ( $\delta^{13}\text{C} = 1\text{‰}$ ) zwei Kohlenstoffquellen zur Verfügung stehen, bevorzugt das gelöste  $\text{CO}_2$  (DEGENS et al. 1968a). Wenn das isotopisch leichtere  $\text{CO}_2$  rasch verbraucht wird, muß das Phytoplankton auf das isotopisch schwere Hydrogenkarbonat zurückgreifen, wodurch seine Isotopenverhältnisse schwerer werden (FISCHER 1989). Der  $\text{CO}_2$ -Partialdruck ( $p\text{CO}_2$ ) im Oberflächenwasser, der in diesem Fall das  $\text{CO}_2$ -Angebot beschreibt, hat das Bestreben mit dem  $p\text{CO}_2$  der Atmosphäre im Gleichgewicht zu stehen (BROECKER & PENG 1982), was aber u.a. infolge einer Temperaturabhängigkeit nicht immer gewährleistet ist. So reagiert der  $p\text{CO}_2$  z.B. auf eine Temperaturerniedrigung von  $1^\circ\text{C}$  im Oberflächenwasser mit einer zeitweiligen Abnahme von ca. 10ppm bis sich nach mehreren Monaten wieder ein neues Gleichgewicht einstellt (BROECKER & PENG 1982). Dieser Effekt kann regional von großer Bedeutung sein, wie es Ergebnisse von TAKAHASHI & CHIPMAN (1982) zeigen, nach denen der  $p\text{CO}_2$  im Oberflächenwasser der Norwegisch-Grönländischen See mit 230ppm deutlich gegenüber dem atmosphärischen  $p\text{CO}_2$  von 340ppm erniedrigt ist. Aufgrund der raschen Abkühlung des Oberflächenwassers zwischen Nordatlantik und Norwegisch-Grönländischer See kommt es zu dieser Erniedrigung des  $p\text{CO}_2$ . Durch den schnellen Transport des Wassers nach Norden wird eine Gleichgewichtseinstellung verhindert (TAKAHASHI & CHIPMAN 1982).

Der  $p\text{CO}_2$  wird aber nicht nur durch Temperaturänderungen beeinflusst, sondern auch durch die Photosynthese autotropher Organismen. Je höher die Produktivität des Phytoplanktons ist, desto höher ist der Verbrauch an isotopisch leichtem, gelöstem  $\text{CO}_2$ , so daß das Phytoplankton in einem späteren Stadium der Produktivitätsphase isotopisch schweren Kohlenstoff einbaut (FISCHER 1989). Dieser Ansatz kommt bei SARNTHEIN et al. (1988) zur Anwendung, die in Sedimenten vor Nordwestafrika schwere  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte mit einer höheren Paläoproduktivität in Verbindung bringen. Die Limitierung von  $^{12}\text{C}$  im Meerwasser durch die Planktonproduktivität spiegelt sich auch in den Kohlenstoffisotopenzusammensetzungen von Karbonatschalen planktischer Foraminiferen wider, die ebenfalls als (Paläo-)Produktivitätsanzeiger benutzt werden (BERGER et al. 1978, GANNSEN & SARNTHEIN 1983, MORTLOCK et al. 1991).

RAU et al. (1989) sehen den entscheidenden Faktor für die Isotopenfraktionierung nicht im  $p\text{CO}_2$ , sondern im  $\text{CO}_2$ -Gehalt des Oberflächenwassers. Sie führen den häufig beschriebenen Trend zu leichteren Isotopenwerten mit abnehmender Wassertemperatur (SACKETT et al. 1965, DEGENS et al. 1968a, FONTUGNE & DUPLESSY 1981, RAU et al. 1982) auf die Temperaturabhängigkeit der  $\text{CO}_2$ -Löslichkeit im Meerwasser zurück, die mit abnehmender Temperatur ansteigt. Durch eine höhere  $\text{CO}_2$ -Konzentration in kaltem Wasser wird mehr vom Phytoplankton bevorzugtes  $^{12}\text{C}$  für die Photosynthese bereitgestellt, was zu den beobachteten leichten Isotopenwerten führt.

Nach den Ergebnissen von FISCHER (1989) sind der Einfluß von Wachstumsraten bzw. Produktivität und von wechselnden Artengemeinschaften die entscheidenden Faktoren bei der

Bildung des  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Signales in der euphotischen Zone. Hinzu kommt eine mitunter deutliche Modifikation des Isotopensignales in der Phase zwischen der Bildung und der Einbettung des organischen Materials ins Sediment, was die Interpretation von Sediment- $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werten zusätzlich erschweren kann (FISCHER 1989).

Das Kohlenstoffisotopenverhältnis des organischen Materials in marinen Sedimenten kann zusätzlich, besonders in küstennahen Bereichen, durch die Beimischung terrigenen organischen Materials verändert werden und so zur Unterscheidung von terrigenem und marinem  $\text{C}_{\text{org}}$  benutzt werden (SACKETT 1964, CALVERT & FONTUGNE 1987, JASPER & GAGOSIAN 1989). Typische  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte für terrigenes Material wurden von EMERSON & HEDGES (1988) mit  $-26\text{‰}$  bis  $-28\text{‰}$  und für marines Material mit  $-18\text{‰}$  bis  $-22\text{‰}$  (tropischer und subtropischer Bereich) angegeben. Innerhalb dieser Grenzwerte liegende Werte werden in terrigen beeinflussten Gebieten als Mischungen terrigenen und marinen organischen Materials interpretiert (GEARING 1988).

#### 6.1.1. Zeitliche Variationen

Für den letzten Klimazyklus werden für den Nordatlantik große Veränderungen in den Meeresoberflächentemperaturen und der Eisbedeckung beschrieben (CLIMAP 1976). Es ist davon auszugehen, daß sich diese Unterschiede auch in den organisch-geochemischen Parametern, induziert durch Veränderungen in der Biologie und/oder im Eintrag eistransportierten Materials abgebildet haben. Generell ist bei den untersuchten organisch-geochemischen Parametern ein Glazial/ Interglazialtrend mit hohen  $\text{C}_{\text{org}}$ -, C/N- und leichten  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werten in den Kaltzeiten und niedrigen  $\text{C}_{\text{org}}$ -, C/N- und schweren  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werten in den Warmzeiten zu beobachten. Dieser Trend wird jedoch größtenteils durch einzelne Ereignisse mit hohen  $\text{C}_{\text{org}}$ -, C/N- und leichten  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werten in den Glazialzeiten und nicht durch eindeutige Glazial/Interglazialwechsel verursacht (Abb. 38 - 40).

Da hohe  $\text{C}_{\text{org}}/\text{N}_{\text{org}}$ -Verhältnisse ( $>8-9$ ) als Anzeiger für einen Anteil terrigener organischer Substanz am Sediment betrachtet werden (z.B. MÜLLER 1977, EMERSON & HEDGES 1988), muß für den größten Teil der untersuchten Proben eine große terrigene Komponente in der organischen Substanz angenommen werden. Das gilt wahrscheinlich auch für Proben mit  $\text{C}_{\text{org}}/\text{N}_{\text{ges}}$ -Verhältnissen von 4 - 9, da aufgrund des hohen anorganischen Stickstoffanteils die  $\text{C}_{\text{org}}/\text{N}_{\text{org}}$ -Verhältnisse deutlich höher sein dürften (siehe Kap. 3.7.). Somit unterscheiden sich die Glaziale von den Interglazialen durch einen erhöhten Eintrag organischer Substanz terrigener Herkunft (Abb. 39). In den Interglazialen ist der Eintrag organischer Substanz deutlich geringer und die marine Komponente spielt eine größere Rolle. Gestützt wird diese Annahme durch Grobkornanalysen an dem Kern 1314-4, die für die Kernabschnitte 260 cm bis 320 cm und 400 cm bis 450 cm, die den Isotopenstadien 6 und 8

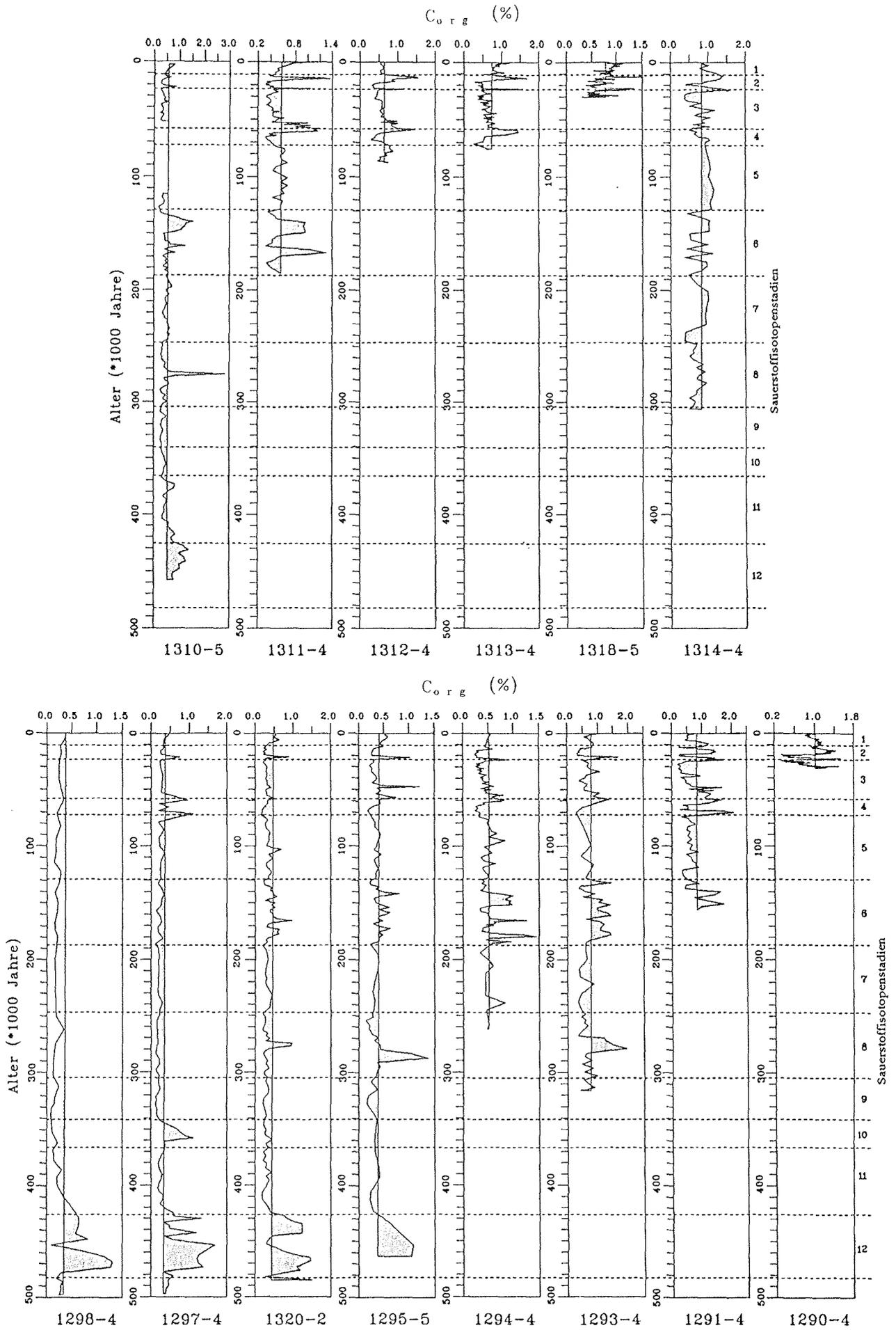
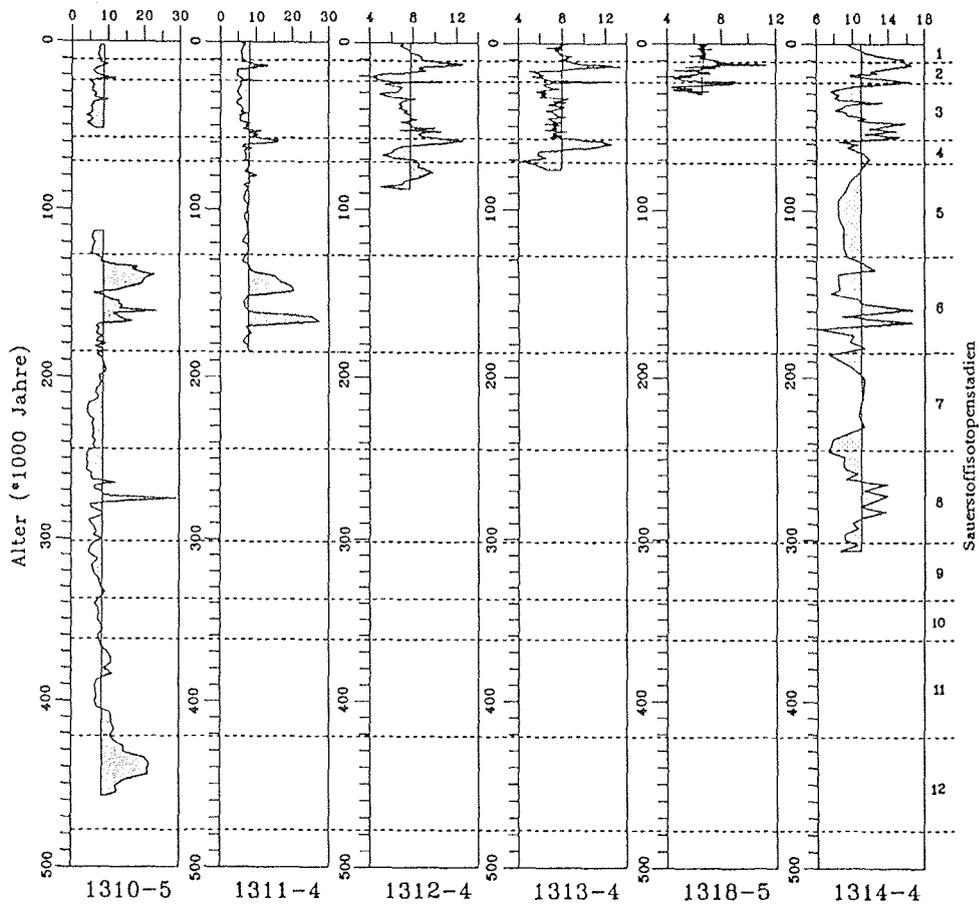


Abb. 38: Zeitliche Variationen der  $C_{org}$ -Gehalte in den untersuchten Sedimentkernen. Schraffiert sind jeweils die Abweichungen vom Mittelwert.



C : N

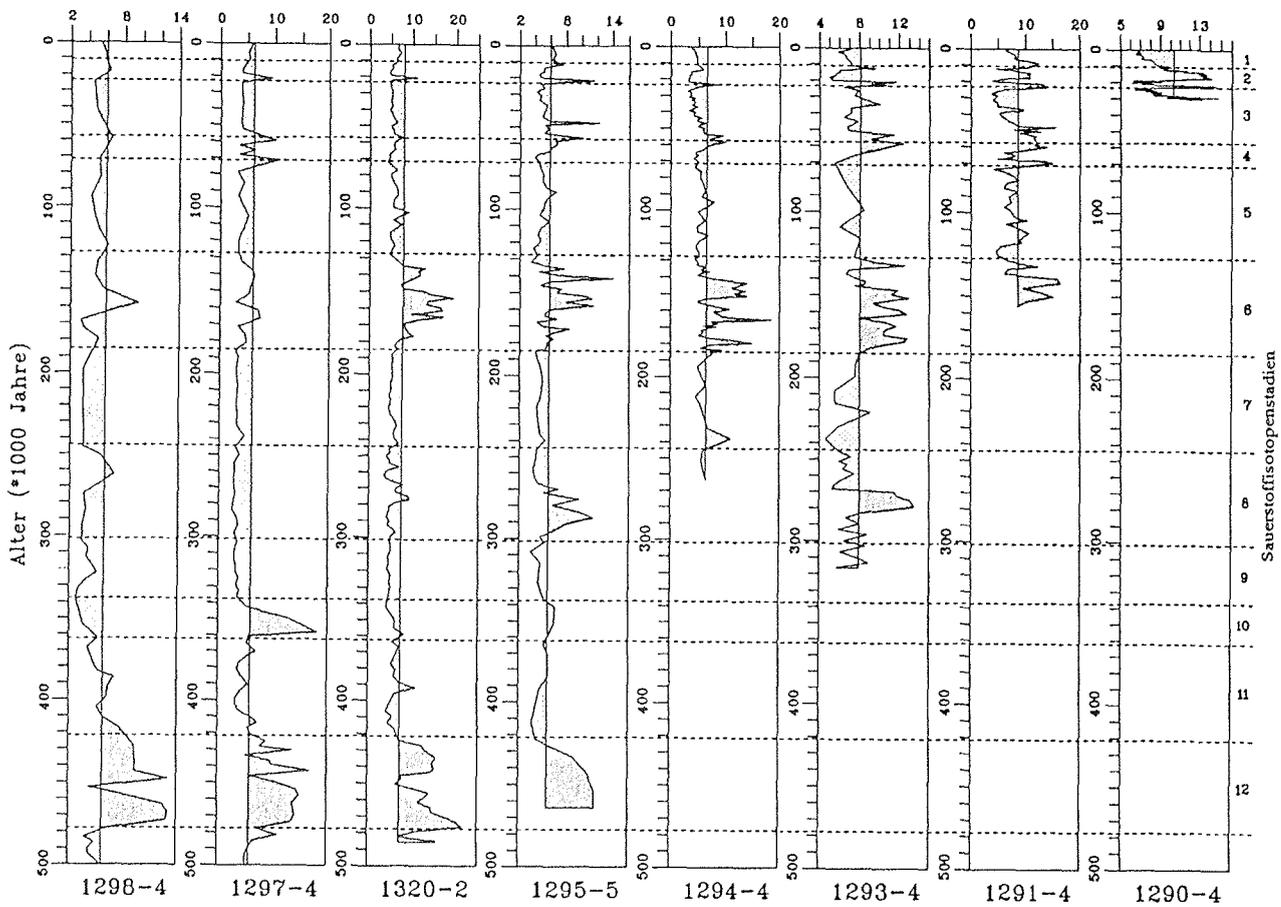


Abb. 39: Zeitliche Variationen der C/N-Verhältnisse in den untersuchten Sedimentkernen. Schraffiert sind jeweils die Abweichungen vom Mittelwert.

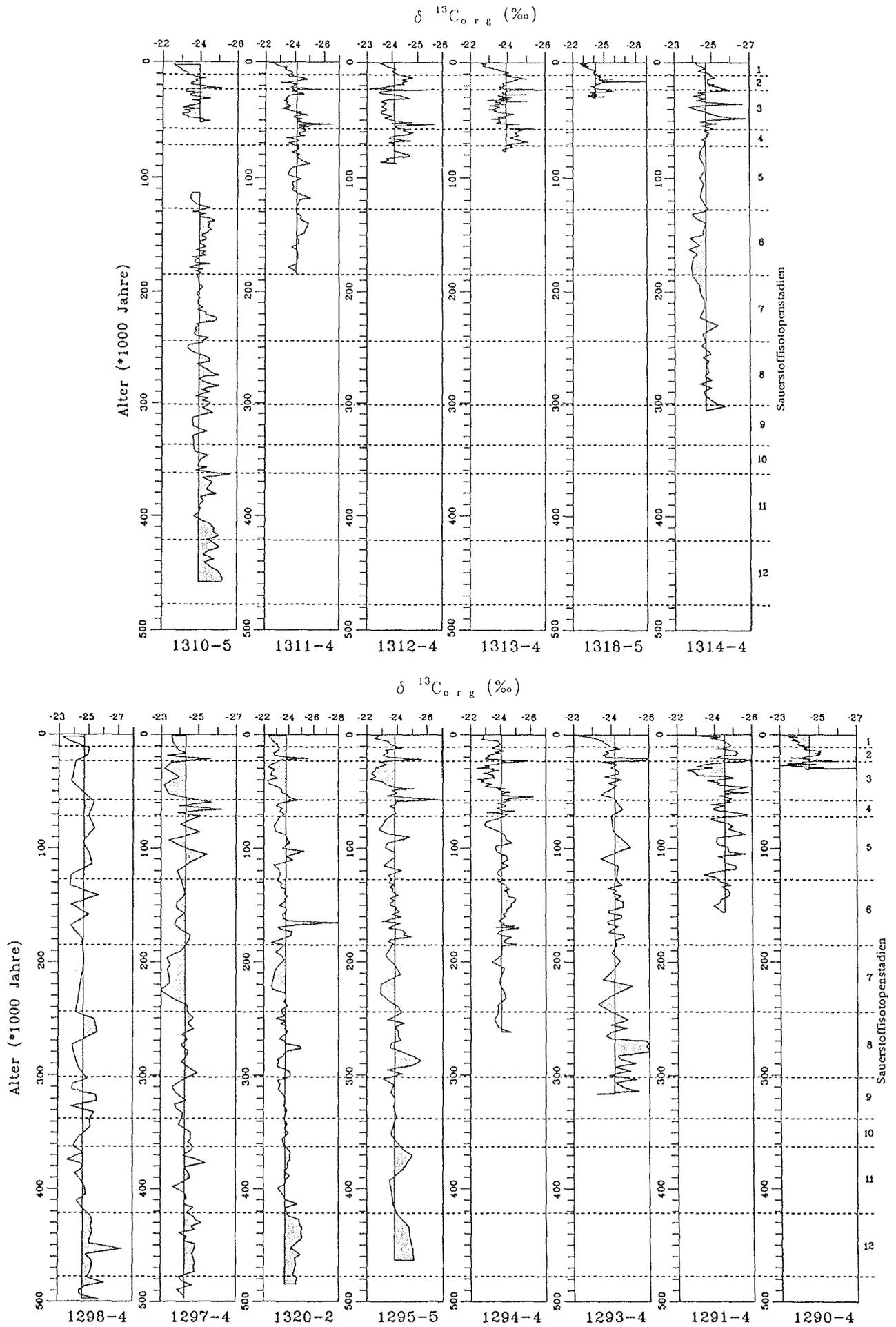


Abb. 40: Zeitliche Variationen der  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte in den untersuchten Sedimentkernen. Schraffiert sind jeweils die Abweichungen vom Mittelwert.

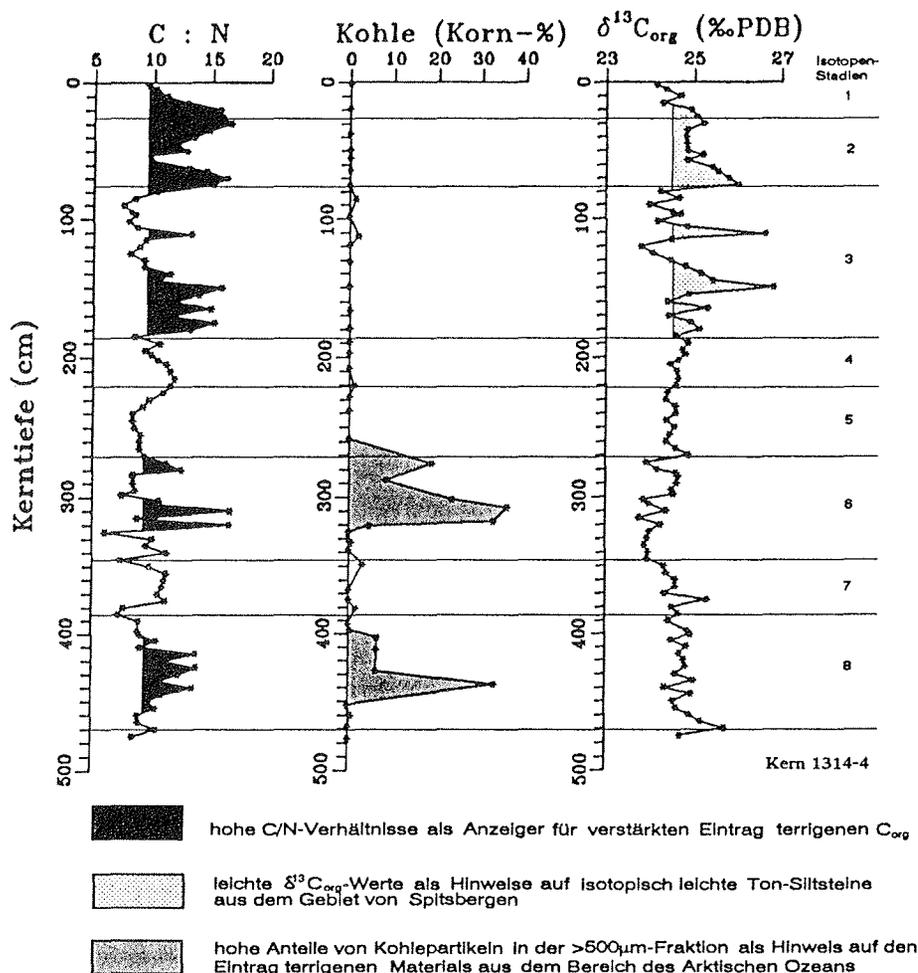


Abb. 41: Differenzierung der Liefergebiete für terrigenes organisches Material anhand der C/N-Verhältnisse, des Anteils von Kohlepartikeln an der  $>500 \mu\text{m}$ -Fraktion (SPIELHAGEN 1990) und der  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte am Beispiel des Kernes 1314-4.

entsprechen, bis zu 20% Kohlepartikel in der  $>500 \mu\text{m}$ -Fraktion ergaben (SPIELHAGEN 1990), die parallel zu hohen C/N-Verhältnissen ( $>14$ ) auftreten (Abb.41).

Als weiterer Hinweis auf einen größeren Eintrag terrigenen organischen Materials in den Glazialzeiten kann der Verlauf der  $\delta^{13}C_{org}$ -Kurve betrachtet werden. Das teilweise parallele Auftreten von relativ schweren Isotopenwerten ( $>-24\text{‰}$ ) mit niedrigen C/N-Verhältnissen bzw. von relativ leichten Isotopenwerten ( $<-24\text{‰}$ ) mit hohen C/N-Verhältnissen kann in gleicher Weise als Variation des Anteils terrigener organischer Substanz am Sediment interpretiert werden (HEDGES & VAN GEEN 1982, JASPER & GAGOSIAN 1989, SACKETT 1964) (siehe Kap. 6.1.).

Die Hauptquelle für terrigenes organisches Material dürften Erosionsprodukte älterer Sedimente darstellen, da frisches terrigenes organisches Material in den arktischen Gebieten im Spätquartär nur in beschränktem Maß zur Verfügung stand. Kohle, die von den Vorkommen

auf Spitsbergen (HARLAND et al. 1976, MANUM & THRONDSSEN 1978), Franz-Josef-Land (DIBNER & KRYLOVA 1963), Grönland (SCHIENER 1976) und in Sibirien (CHURKIN & TREXLER 1981) stammen könnte und andere  $C_{org}$ -reiche Sedimentgesteine sind dabei die wahrscheinlichsten Quellen. Isotopenmessungen an Kohlepartikeln aus den Sedimenten ergaben Werte um  $-24,8\text{‰}$ , die in guter Übereinstimmung mit Literaturdaten (größtenteils  $-24$  bis  $-25\text{‰}$ ; DEGENS 1969) stehen. An Bruchstücken von dunklen Ton-Siltsteinen konnten Werte um  $-27,7\text{‰}$  und  $C_{org}$ -Gehalte von 5,5% gemessen werden. Nach den Ergebnissen von SPIELHAGEN (1990) stammen die dunklen Ton-Siltsteine in den Sedimenten der Fram-Straße wahrscheinlich aus den mesozoischen Abfolgen auf und um Spitsbergen. Für die teilweise als bituminöser Ton-Siltstein ausgebildete Janusfjellet-Formation (mittlerer Jura bis Unterkreide) beschreiben MÖRK & BJORÖY (1984)  $C_{org}$ -Gehalte von 2%-4% mit Maximalwerten bis 12%, was darauf hinweist, daß diese Formation eine Quelle für die untersuchten Bruchstücke sein könnte.

Für die marine organische Substanz in arktischen Breiten ergaben Messungen von Planktonproben aus dem westlichen Arktischen Ozean Werte um  $-21,5\text{‰}$  (RAU et al. 1982). Der größte Teil der hier untersuchten Sedimentproben liegt zwischen  $-25\text{‰}$  und  $-22\text{‰}$ , so daß sie vereinfacht als Mischungen dieser terrigenen ( $-28\text{‰}$  bzw.  $-25\text{‰}$ ) bzw. marinen ( $-21\text{‰}$ ) Endglieder betrachtet werden können.

Kurzzeitige Ereignisse, in denen organisches Material mit extrem leichten Kohlenstoffisotopenwerten in der gesamten Fram-Straße zur Ablagerung kam, traten an den Isotopenstadiengrenzen 2/3 und 3/4 auf. Weniger stark ausgeprägt ist ein ähnliches Ereignis an der Stadiengrenze 1/2 zu beobachten (Abb. 40). Diese Ereignisse sind ebenfalls durch hohe C/N-Verhältnisse und durch ein paralleles Auftreten von Maxima in der  $>500 \mu\text{m}$ -Fraktion charakterisiert (Abb. 16). Daraus läßt sich schließen, daß die leichten Isotopenwerte der Gesamtproben auf kurzfristige Einträge terrigenen organischen Materials (dunkle Ton-Siltsteine) und nicht auf langfristige Änderungen der biologischen Produktion und der Ozeanographie (siehe Kap. 6.1.) zurückgehen. Da grobe Partikel ( $>63 \mu\text{m}$ ) nur einen sehr geringen Teil des eistransportierten Materials auf den Eisschollen des Eurasischen Beckens und der Fram-Straße ausmachen (LARSEN et al. 1987, PFIRMAN et al. 1990), wird für diese kurzfristigen Ereignisse eine verstärkte Eisbergdrift im Bereich der Isotopenstadiengrenzen 2/3 und 3/4 in der Fram-Straße angenommen. Das Auftreten dieser Ereignisse in nahezu allen untersuchten Sedimentkernen erfordert gleiche Sedimentationsbedingungen mit dem gleichen Ausgangsmaterial, und damit eine verstärkte Eisdrift gleicher Herkunft in der Fram-Straße.

Im Glazialstadium 6 weisen die hohen C/N-Verhältnisse ebenfalls auf einen hohen Anteil terrigenen organischen Materials in den untersuchten Sedimenten hin (Abb. 39), bei dem es sich zu einem großen Teil um Kohlepartikel (SPIELHAGEN 1990) handelt. BISCHOF et al. (1990), die neben Kernen aus der Fram-Straße auch Kerne aus dem östlichen Arktischen Ozean und der Norwegischen See bearbeitet haben, konnten nachweisen, daß die Kohlepar-

tikel über Eistransport aus dem Norden in die Fram-Straße und auch in die Norwegische See gelangt sind. Das Auftreten dieser Kohlepartikel im Arktischen Ozean sowie Messungen ihrer Vitrit-Reflexion deuten eher auf Franz-Josef-Land oder Sibirien und weniger auf Spitsbergen als Herkunftsort hin (BISCHOF et al. 1990). Mit  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werten von  $-24\text{‰}$  bis  $-25\text{‰}$ , die im mittleren Bereich der beobachteten Meßwerte liegen, hat die Kohle kein markantes Isotopensignal in den Sedimenten hinterlassen. Im Gegensatz dazu stehen die dunklen Ton-Siltsteine in den Stadien 2 bis 4, die bei ebenfalls hohen C/N-Verhältnissen zusätzlich leichte  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte aufweisen (Abb. 41). Bei den Sedimenten aus der Fram-Straße, die den C/N-Verhältnissen zufolge einen hohen Anteil an terrigenem organischen Kohlenstoff besitzen, können demzufolge anhand der  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte Aussagen über Liefergebiete gemacht werden. Hohe C/N-Verhältnisse in Verbindung mit leichten  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werten weisen danach auf Spitsbergen und den Barentsschelf als Liefergebiet und hohe C/N-Verhältnisse in Verbindung mit mittleren  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werten auf Sibirien oder Franz-Josef-Land hin (Abb. 41).

Ein markanter Eintrag terrigenen organischen Materials hat auch im Stadium 8 stattgefunden (Abb. 39). Auf dem  $78^\circ\text{N}$ -Profil kennzeichnet die Korrelation zwischen hohen C/N-Verhältnissen und leichten  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werten (Abb. 39 und 40) einen Eintrag terrigenen organischen Kohlenstoffes von Spitsbergen. Diese Korrelation ist in den Sedimenten des  $80^\circ\text{N}$ -Profils nicht zu beobachten. Dort sind, vergleichbar zum Stadium 6, parallel zu den hohen C/N-Verhältnissen auch Kohlepartikel zu finden (Abb. 41), die wahrscheinlich ebenfalls von den Randbereichen des Arktischen Ozeans stammen. Für das Stadium 12 weisen die hohen  $\text{C}_{\text{org}}$ -Gehalte und C/N-Verhältnisse auf einen hohen Anteil terrigenen organischen Materials hin, dessen Ursprung aufgrund der leichten  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte wiederum in den mesozoischen Ablagerungen auf und um Spitsbergen zu suchen ist.

Der Einfluß des terrigenen Kohlenstoffes aus der Kohle und aus den Ton-Siltsteinen ist der wichtigste Faktor, der die Verteilung der stabilen Kohlenstoffisotope in den Sedimenten der Fram-Straße prägt. Variationen der  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte, die über das Plankton eingebracht werden und somit Rückschlüsse auf Temperatur-, Produktivitäts-, Faunen- oder ozeanographische Veränderungen zuließen (siehe Kap. 6.1.), sind entweder zu gering oder aufgrund eines zu kleinen Anteils mariner organischer Substanz nicht erkennbar.

#### 6.1.2. Markante Einflüsse frühdiagenetischer Prozesse

In den meisten untersuchten Kernen sind die jüngsten Sedimente des Holozäns durch die schwersten Isotopenwerte ( $-23\text{‰}$  bis  $-22\text{‰}$ ) (Abb. 40), die höchsten  $\text{N}_{\text{ges}}$ -Werte (Abb. 12 - 25) und leicht erhöhte  $\text{C}_{\text{org}}$ -Werte (Abb. 38) gekennzeichnet. Diese Ergebnisse werden auf den noch nicht abgeschlossenen frühdiagenetischen Abbau des organischen Materials zurückgeführt, der besonders in den jüngsten Sedimenten von großer Bedeutung ist. Die aus

diesem Abbau resultierende Veränderung des  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Signals beträgt im Verlauf des Holozäns 0,5 - 2‰ hin zu leichteren Werten. Diese Werte sind in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von DEAN et al. (1986), die in einer zusammenfassenden Arbeit zu dem Schluß kommen, daß diagenetische Prozesse zu einer Abreicherung des schweren Isotopes  $^{13}\text{C}$  in Höhe von 1 - 2‰ führen. Die hohen  $N_{\text{ges}}$ -Werte und die schweren Isotopenwerte deuten auf einen bevorzugten Abbau stickstoffreicher und isotopisch schwerer organischer Komponenten hin, bei denen es sich z.B. um Aminosäuren handeln könnte (SACKETT 1964). Da hauptsächlich frische marine organische Substanz von diesen frühdiagenetischen Prozessen betroffen sein wird, ist anzunehmen, daß die schweren Isotopenwerte und hohen  $N_{\text{ges}}$ -Gehalte in den jüngsten Sedimenten der Fram-Straße die einzigen identifizierbaren Überreste der marinen organischen Substanz sind. Die Kerndaten zeigen, daß dieser frühdiagenetische Abbau der organischen Substanz hauptsächlich in den holozänen Sedimenten stattfindet (Abb. 40). Die in Abhängigkeit von der Sedimentationsrate variierende Mächtigkeit der holozänen Schichten (10 cm - 180 cm; Tab. 8 und 9) wirkt sich dabei nicht aus.

### 6.1.3. Klimatisch-geographische Variationen

Um räumliche Variationen im Verhältnis von  $C_{\text{org}}$  und  $N_{\text{ges}}$  im Zusammenhang mit den Glazial/Interglazialzyklen zu untersuchen, wurden die einzelnen Kerne in vier Gruppen eingeteilt (Tab. 11). Neben der durch die Lage der Kernstationen vorgegebenen Nord-Süd-Unterteilung wurde die Ost-West-Unterteilung in dieser Form gewählt, um die im Osten liegenden Bereiche des Kontinentalhanges vor Spitsbergen von den mehr pelagisch beeinflussten Gebieten westlich des Knipovitch-Rückens (78°N) bzw. der Spitsbergen-Bruchzone (80°N) abzugrenzen. Einflüsse des Kontinentalhanges von Grönland müssen für einen Teil dieser Kerne (1297-4, 1298-4, 1310-5, 1311-4) als wahrscheinlich angesehen werden (siehe Kap. 5.4.3.), konnten aber anhand der hier diskutierten Daten nicht verifiziert werden.

Bei einem Vergleich der Glazial- und der Interglazialwerte von  $C_{\text{org}}$  und  $N_{\text{ges}}$  (Abb. 42), bei dem holozäne Proben aufgrund des noch nicht sehr fortgeschrittenen frühdiagenetischen Abbaus stickstoffreicher organischer Substanz (siehe Kap. 6.1.2.) nicht mitberücksichtigt wurden, spiegeln die unterschiedlichen Steigungen der Regressionsgeraden die bereits beschriebenen Unterschiede der C/N-Verhältnisse wider. Hohe Steigungen, die niedrigen CN-Verhältnissen entsprechen, repräsentieren dabei Werte aus den Glazialen (siehe Kap. 6.1.1.). Der Achsenabschnitt der Regressionsgeraden gibt einen Mittelwert für den  $N_{\text{anorg}}$ -Gehalt an. Er liegt für die Interglaziale mit 0,03% - 0,04% in der Regel etwas niedriger als für die Glaziale mit 0,05%. Dies kann mit einer verstärkten Zufuhr terrigener Erosionsprodukte in den Kaltzeiten erklärt werden.

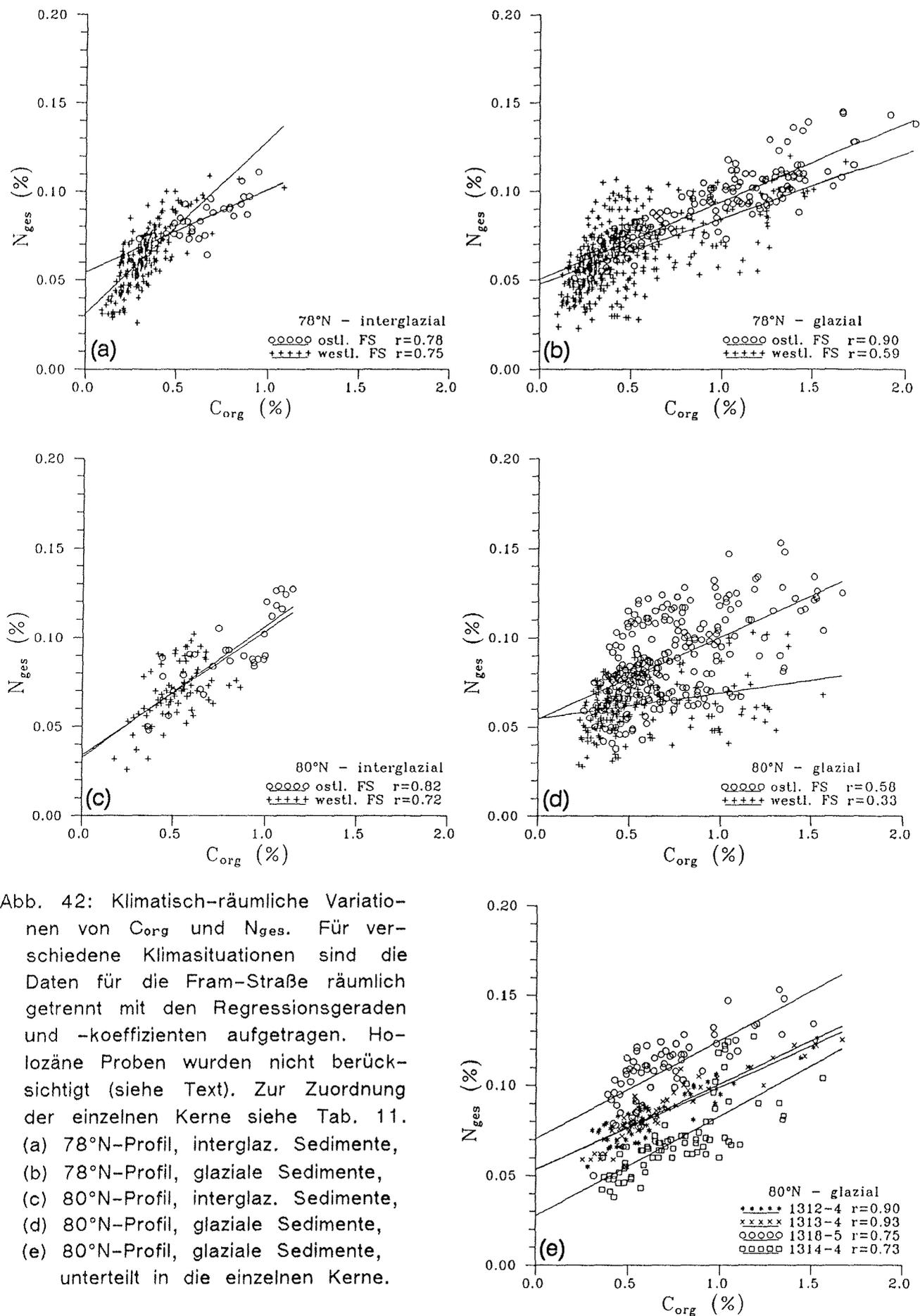


Abb. 42: Klimatisch-räumliche Variationen von  $C_{org}$  und  $N_{ges}$ . Für verschiedene Klimasituationen sind die Daten für die Fram-Straße räumlich getrennt mit den Regressionsgeraden und -koeffizienten aufgetragen. Holozäne Proben wurden nicht berücksichtigt (siehe Text). Zur Zuordnung der einzelnen Kerne siehe Tab. 11. (a) 78°N-Profil, interglaz. Sedimente, (b) 78°N-Profil, glaziale Sedimente, (c) 80°N-Profil, interglaz. Sedimente, (d) 80°N-Profil, glaziale Sedimente, (e) 80°N-Profil, glaziale Sedimente, unterteilt in die einzelnen Kerne.

F r a m - S t r a ß e		
Profil	westliche	östliche
80°N	1310-5, 1311-4	1312-4, 1313-4, 1318-5, 1314-4
78°N	1294-4, 1295-5, 1297-4, 1298-4 1320-2	1290-4, 1291-4 1293-4

Tab. 11: Einteilung der Sedimentkerne zur Untersuchung klimatisch-räumlicher Variationen von  $C_{org}$  und  $N_{ges}$ .

Der ähnliche Verlauf der Regressionsgeraden für die Daten aus den Glazialen, der sich durch gleiche Steigungen (-> C/N-Verhältnisse) und gleiche Achsenabschnitte (->  $N_{anorg}$ -Hintergrund) ausdrückt, deutet auf die Ablagerung ähnlichen Materials mit hohen Anteilen terrigener Verwitterungsprodukte, was sowohl Tonminerale als auch organische Substanz beinhaltet, in der gesamten Fram-Straße hin (Abb. 42). Das gilt auch für die Punktwolke der glazialen Daten vom östlichen Teil des 80°N-Profiles, die sich gut nach den einzelnen Kernen auflösen läßt (Abb. 42e). Dabei zeigt sich, daß die Steigung bei allen vier Kernen sehr ähnlich ist und auch den glazialen Werten des 78°N-Profiles entspricht. Unterschiede treten bei den Achsenabschnitten auf, bei denen die Kerne 1314-4 und 1318-5 durch Extremwerte auffallen. Diese Werte sind auf die Korngrößenverteilungen in diesen Kernen zurückzuführen. Der sehr hohe Achsenabschnitt des Kernes 1318-5 (0,075) basiert auf einem hohen Feinfraktions- und damit auch Tonmineralanteil, während bei dem Kern 1314-4 mit einem niedrigen Achsenabschnitt (0,028) und sehr hohen Grobfraktionsanteilen der gegenteilige Effekt zu beobachten ist. Ausnahmen bilden die Kerne 1310-5 und 1311-4 aus der nordwestlichen Fram-Straße, bei denen die höchsten C/N-Verhältnisse gemessen wurden, was in der geringen Steigung der Regressionsgeraden zum Ausdruck kommt (Abb. 42d). Die Ursache dafür muß in einem vergleichsweise großen Eintrag kohlenstoffreichen terrigenen Materials in dieses Gebiet während der Glazialzeiten liegen.

In den Interglazialen stellt sich eine andere Situation dar. Auf dem 80°N-Profil und im Westen des 78°N-Profiles haben die Regressionsgeraden ein typisches interglaziales Erscheinungsbild, mit größeren Steigungen und niedrigeren Achsenabschnitten als im Glazial. Dies ist einem geringeren Eintrag an terrigenem Verwitterungsmaterial und mit einer erhöhten Zufuhr marinen organischen Materials zu erklären. Abweichend von diesem Erscheinungsbild verhalten sich die Regressionsgeraden im Osten des 78°N-Profiles. Für diese Kerne zeigt sich ein typisch glaziales Muster mit einer flacheren Steigung und mit einem höheren  $N_{anorg}$ -Hintergrund, was beides auf einen starken Eintrag terrigenen Verwitterungs-

materials hinweist. Dieses Material kann auf einen verstärkten Eistransport hindeuten, wie er heute in der östlichen Fram-Straße zu beobachten ist (HEBBELN & WEFER 1991), oder aus dem Isfjord-Gebiet auf Spitsbergen stammen, vor dessen Mündung die betreffenden Kerne gewonnen wurden. In den Isfjord münden zahlreiche Gletscher, so daß vor dem Mündungsbereich dieses ausgedehnten Fjordsystems auch in den Interglazialen mit einem bodennahen Transport von Verwitterungsprodukten gerechnet werden muß.

#### 6.1.4. Akkumulationsraten organischen Kohlenstoffes

Bei dem Vergleich der  $C_{org}$ - und der  $N_{ges}$ -Daten fällt auf, daß die  $C_{org}$ -Werte in der östlichen Fram-Straße gegenüber der westlichen, unabhängig von der Klimasituation oder der Lage des Profils, im Durchschnitt höher sind (Abb. 42). Im Zusammenhang mit den höheren Sedimentationsraten im Osten der Fram-Straße führt dieser Effekt zu sehr großen Unterschieden in den  $C_{org}$ -Akkumulationsraten ( $AR_{Corg}$ ). Die Akkumulationsraten ( $AR$ ) wurden nach VAN ANDEL et al. (1975) und nach THIEDE et al. (1982) folgendermaßen berechnet:

$$AR_{ges} = SR * TRG \quad (10)$$

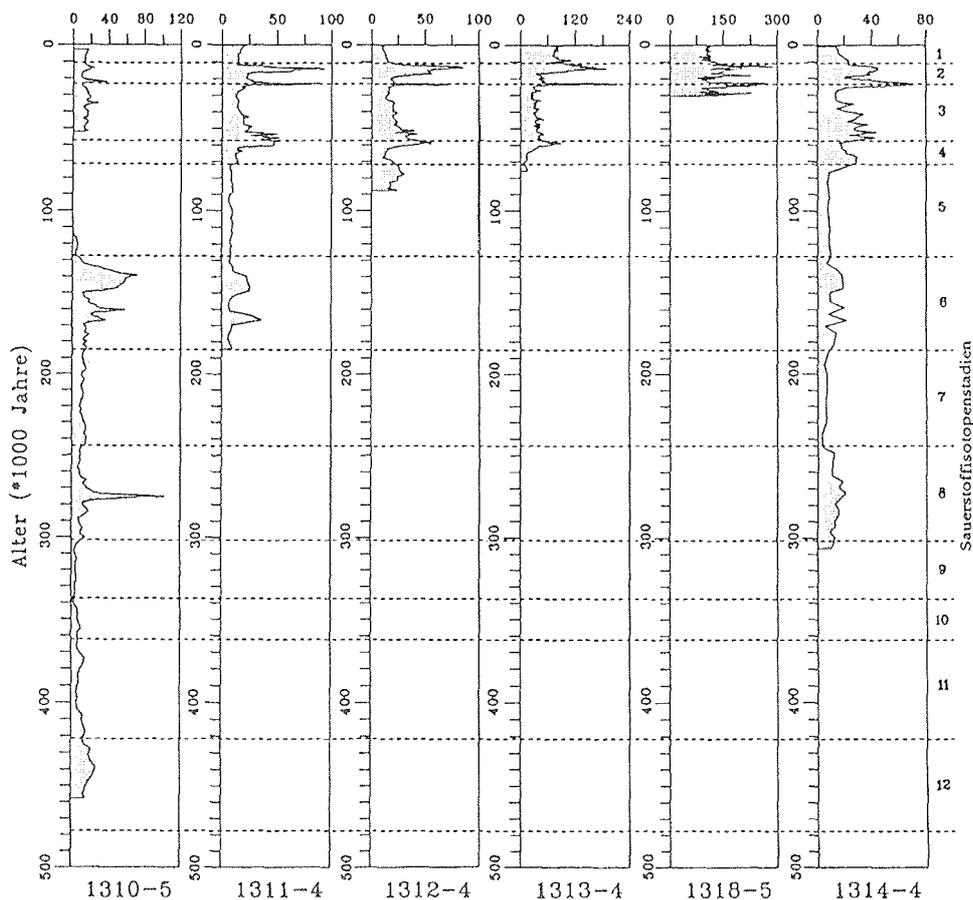
$$AR_{Corg} = AR_{ges} * C_{org} (\%) / 100 \quad (11)$$

In die Berechnung der Gesamtakkumulationsrate ( $AR_{ges}$ ) ( $g/cm^2/1000$  Jahre) geht neben der linearen Sedimentationsrate ( $SR$ ) ( $cm/1000$  Jahre) das Trockenraumgewicht ( $TRG$ ) ( $g/cm^3$ ) ein, das dem Trockengewicht des Gesamtsedimentes pro Naßvolumen entspricht.

Die  $C_{org}$ -Akkumulationsraten weisen neben einem ausgeprägten Glazial/Interglazialtrend mit hohen Werten in den Glazialen und entsprechend niedrigen in den Interglazialen ein deutliches Ost-West-Gefälle auf. Höchstwerte werden im Isotopenstadium 2 in der östlichen Fram-Straße mit über  $400 mg/cm^2/1000$  Jahre gegenüber zeitgleichen Werten von  $5 - 20 mg/cm^2/1000$  Jahre in der westlichen Fram-Straße gemessen (Abb. 43). Diese Beobachtungen müssen als Hinweis auf eine im Osten der Fram-Straße gelegene Quelle für terrigene organischen Kohlenstoff (siehe Kap. 6.1.) gedeutet werden. Diese Quelle ist entweder auf Spitsbergen oder in vornehmlich durch die östliche Fram-Straße verlaufenden Eisdriftwegen zu suchen. Die im Vergleich mit der Tiefsee-Ebene überproportional hohen durchschnittlichen  $C_{org}$ -Akkumulationsraten am Kontinentallhang von Spitsbergen (Abb. 44), die eindeutig auf einen starken bodennahen Transport von organischem Material hinweisen, deuten auf Spitsbergen als die wahrscheinlichste Quelle für die terrigene organische Substanz hin.

Die zeitliche Entwicklung der  $C_{org}$ -Akkumulationsraten in den Kernen 1297-4 und 1298-4 vom westlichen Ende des  $78^\circ N$ -Profils weicht erheblich von der in den übrigen Kernen ab.

$AK_{Corg}$  (mg/cm<sup>2</sup>/1000 Jahre)



$AK_{Corg}$  (mg/cm<sup>2</sup>/1000 Jahre)

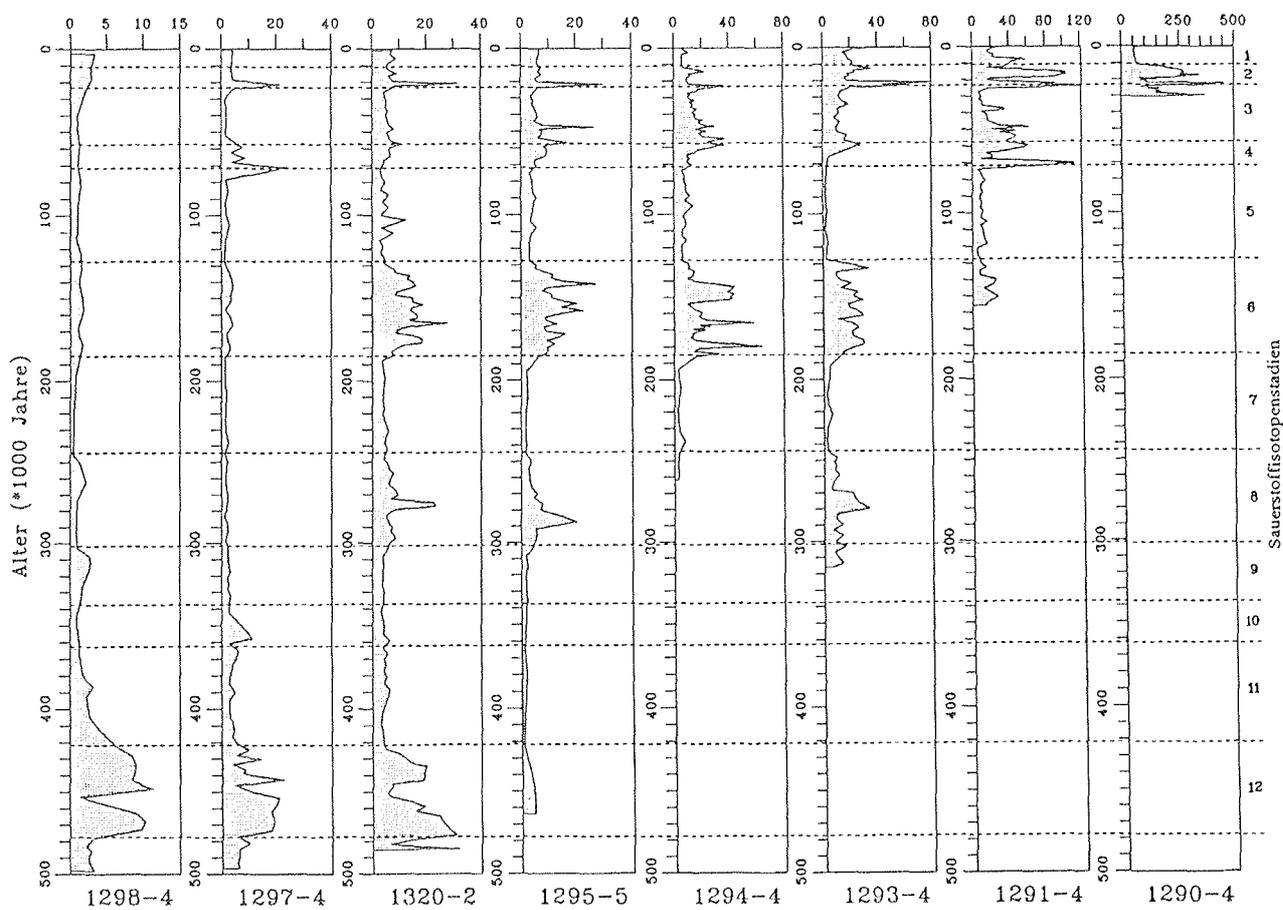


Abb. 43: Zeitliche Variationen der C<sub>org</sub>-Akkumulationsrate in den untersuchten Sedimentkernen.

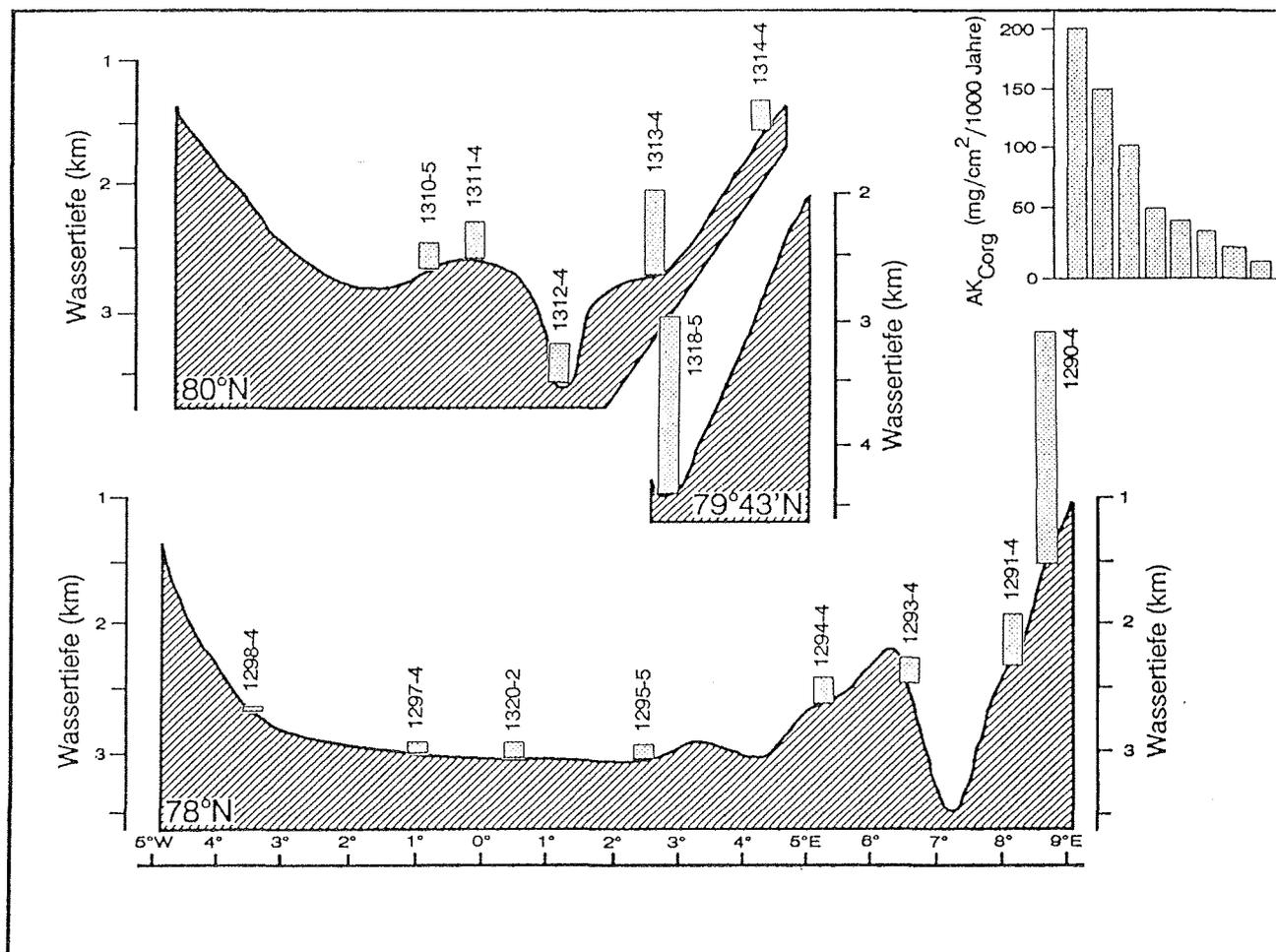


Abb. 44: Morphologische Profile durch die Fram-Straße mit den durchschnittlichen  $C_{org}$ -Akkumulationsraten der untersuchten Sedimentkerne.

In den Isotopenstadien 2 bis 4, die weiter im Osten durch mehrere Phasen hoher  $C_{org}$ -Akkumulation gekennzeichnet sind, weist der Kern 1297-4 nur einzelne kurze Ereignisse auf, während sie im Kern 1298-4 ganz fehlen (Abb. 43). Die hohen  $C_{org}$ -Akkumulationsraten, die über weite Bereiche der Fram-Straße das gesamte Stadium 6 und Teile des Stadiums 8 prägen, fehlen in den beiden westlichsten Kernen. Lediglich das Stadium 12 ist in diesen beiden Kernen ebenfalls durch hohe  $C_{org}$ -Akkumulationsraten gekennzeichnet. Diese Daten zeigen, daß die westliche Fram-Straße von den Eisdriftströmen, die in den Glazialen u.a. terrigenen organischen Kohlenstoff der zentralen Fram-Straße zugeführt haben, in den letzten 400.000 Jahren nur selten erreicht worden ist. Die parallele Entwicklung der  $C_{org}$ -Akkumulationsraten während des Stadiums 12 in den beiden westlichen Kernen 1297-4 und 1298-4 sowie in den Kernen aus der zentralen Fram-Straße ist als eindeutiger Hinweis auf ein Fehlen des Ostgrönlandstromes zu dieser Zeit zu werten. Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Variationen der  $C_{org}$ -Akkumulationsraten dieser Kerne größtenteils auf Schwankungen im Eintrag terrigenen organischen Kohlenstoffes beruhen und nicht, wie es in hochpelagischen, nicht arktischen Meeresgebieten meist der Fall ist, auf Paläoproduktivitätsschwankungen (siehe Kap. 6.1.).

## 6.2. Variationen des Grobfraktionsanteiles

Auf dem 80°N-Profil weisen die Grobfraktionsanteile eine eindeutig klimabezogene Abhängigkeit auf, die durch hohe Werte in den Glazialen und entsprechend niedrige in den Interglazialen gekennzeichnet ist. Am deutlichsten ist dieser Zusammenhang in dem Kern 1314-4 zu beobachten (Abb. 45). Weniger ausprägt ist dieser Trend auf dem 78°N-Profil, wo auch in den Stadien 5, 9 und 11 höhere Grobfraktionsanteile auftreten. Bei den letzteren fehlt hingegen der Vergleich zum 80°N-Profil, da dort die Sedimente nur bis zum Stadium 8 zurückreichen (mit Ausnahme des Kernes 1310-5, für den aber keine Grobfraktionsdaten vorliegen). Das Stadium 7 besitzt auf beiden Profilen nur sehr geringe Grobfraktionsanteile. Gegensätzlich verhält sich das Glazialstadium 12, das größtenteils Grobfraktionsanteile <2% aufweist (Abb. 45).

Das prinzipielle Muster mit einem höheren Eintrag grober Partikel und terrigenen organischen Materials läßt auf eine intensivierete Freisetzung eistransportierten Materials in den Glazialzeiten schließen. Anhand von Meereisbeobachtungen konnten PFIRMAN et al. (1989) feststellen, daß <10% des eistransportierten Materials in der Fram-Straße der Fraktion >63 µm angehören. Auf Eisbergen kann, im Gegensatz zu Eisschollen, grobes Material (Sand und Kies) in großen Mengen transportiert werden (CLARK & HANSON 1983, DOWDESWELL & DOWDESWELL 1989). Daraus ergibt sich die Frage, auf welche Form des Eis-transportes die hohen Grobfraktionsanteile in den untersuchten Sedimenten zurückzuführen sind. LARSEN et al. (1987) diskutieren die Möglichkeit, daß während der Glaziale auch auf Eisschollen grobes Material transportiert worden ist. Sie führen die rezente Dominanz der feinen Korngrößen auf den Eisschollen auf die sehr feinen Sedimente in deren Herkunftsgebieten auf den flachen Schelfen der Ostsibirischen See, der Laptev See, der Kara See und der Barents See zurück (HOLMES & CREAGER 1974, NAUGLER et al. 1974, LOGVIENKO & OGORODNIKOV 1980). Bei einem tieferen Meeresspiegel während der Glaziale und einem dementsprechend schmalen Sibirischen Schelf hätten, ähnlich wie heute auf dem Schelf vor Alaska, gröbere Sedimente für die Aufnahme durch Eisschollen zur Verfügung gestanden.

Die Kerne aus den Randbereichen der Fram-Straße zeigen, trotz des wahrscheinlich starken Einflusses bodennaher Sedimentbewegungen, für den letzten Klimazyklus auch in den Grobfraktionsanteilen vergleichbare Muster wie die Kerne aus der zentralen Fram-Straße. Variationen im Eiseintrag und im bodennahen Sedimenttransport scheinen demzufolge in einem Zusammenhang zu stehen. Wie schon die Diskussion der organisch-geochemischen Parameter gezeigt hat (siehe Kap. 6.1.1.), muß in den jüngeren Glazialen die Quelle für das eistransportierte Material in den umliegenden Landmassen, Spitzbergen und Grönland, zu suchen sein und nicht, wie es der heutigen Interglazial-Situation entspräche, größtenteils auf dem Sibirischen Schelf (NANSEN 1897, LARSEN et al. 1987, PFIRMAN et al. 1989).

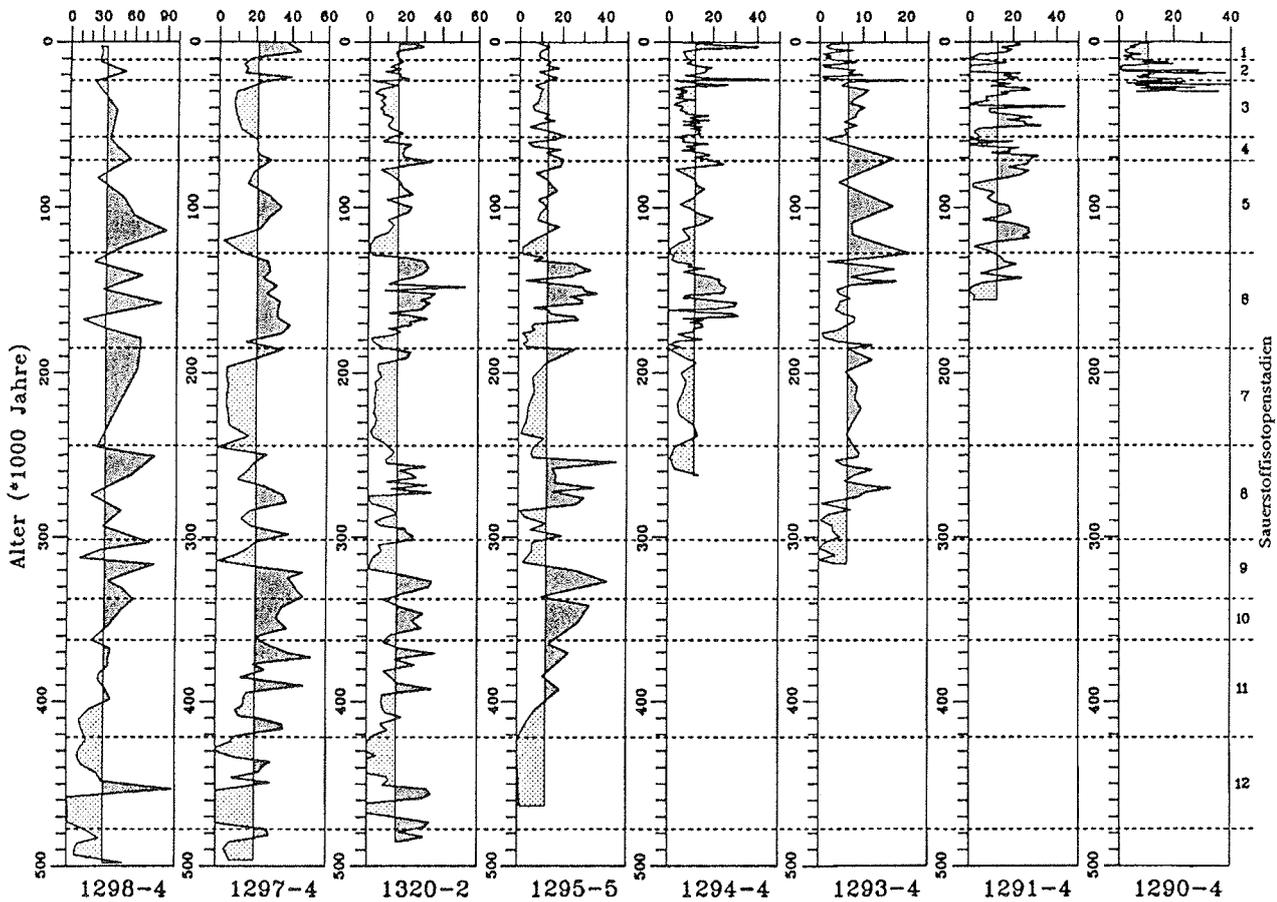
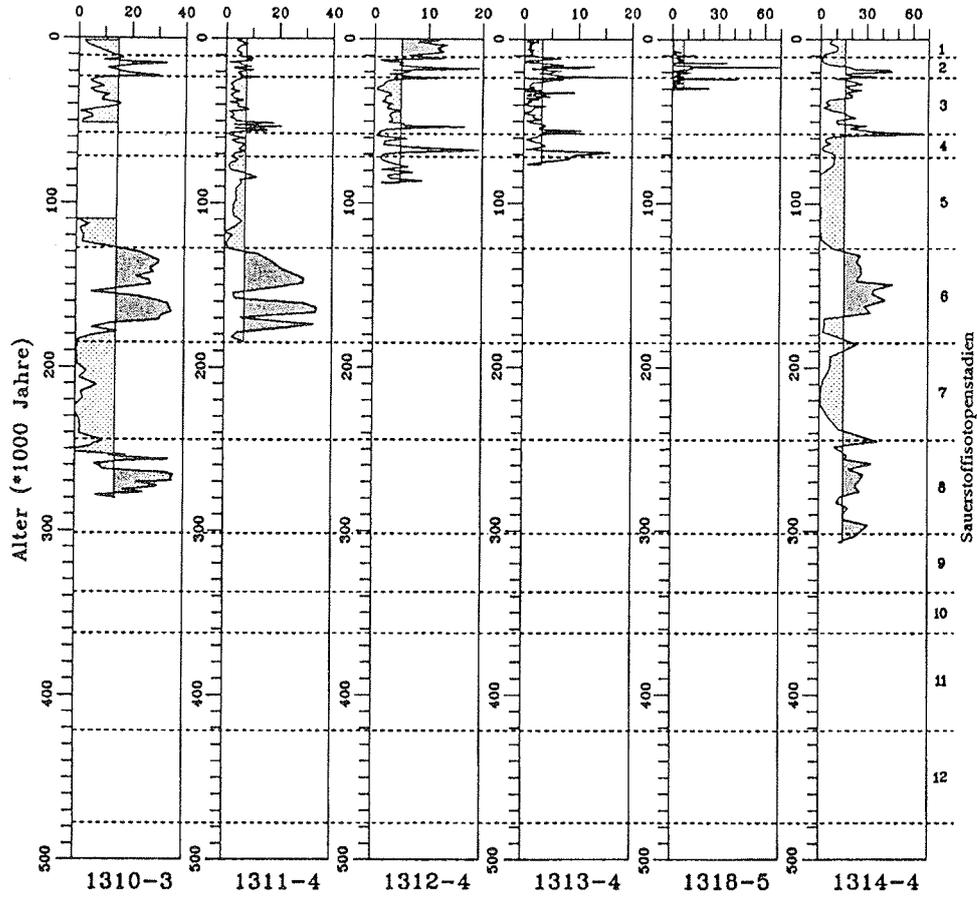


Abb. 45: Zeitliche Variationen der Grobfraktionsanteile in den untersuchten Sedimentkernen. Schraffiert sind jeweils die Abweichungen vom Mittelwert. Die Grobfraktionsdaten für den Kern 1310-3 stammen von RUHLAND (1988), die Stratigraphie für diesen Kern ist aus der Abb. 36 abgeleitet.

Im Stadium 6 findet der Eintrag groben Materials in die Fram-Straße über Eistransport aus dem Arktischen Ozean statt (siehe Kap. 6.1.1.). Aufgrund der groben Korngrößenverteilung der Sedimente aus dem Stadium 6 nimmt SPIELHAGEN (1990) für diesen Zeitraum einen vorherrschenden Transport mit Eisbergen an. Vor dem Hintergrund eines um ca. 140 m niedrigeren Meeresspiegels im Stadium 6 (CHAPPEL & SHACKLETON 1986) und den Überlegungen von LARSSSEN et al. (1987) (s.o.) kann aber auch ein Transport mit Eisschollen nicht ausgeschlossen werden.

Eine gänzlich andere Situation bietet das Stadium 12. Ein hoher Eintrag terrigenen  $C_{org}$  (Abb. 39 und 40), der wahrscheinlich von Spitsbergen stammt (siehe Kap. 6.1.1.), ist hier im Gegensatz zu den übrigen Glazialstadien an die Feinfraktion gebunden (Abb. 45). Das bedeutet, daß im Stadium 12 andere Sedimentationsprozesse wirksam waren, als in den jüngeren Kaltzeiten, in denen der terrigene  $C_{org}$  in Form von Kohle und Ton-Siltsteinen auch eine wichtige Komponente der Grobfraktion darstellte. Für die Stadien 2 bis 4, in denen das eistransportierte Material ebenfalls von Spitsbergen eingetragen wurde (siehe Kap. 6.1.1.), werden Eisberge als wichtiges Transportmedium angenommen (siehe Kap. 8.2.2.), wohingegen für das Stadium 12, aufgrund der feinen Korngrößenverteilung, Eisschollen das wahrscheinlichste Transportmittel für das eistransportierte Material darstellen. Die feine Korngrößenverteilung in den Sedimenten des Stadiums 12 könnte auch auf den Eintrag suspendierten Materials ohne Eisenintrag zurückzuführen sein. Jedoch sind der große Anteil terrigenen organischen Kohlenstoffes in allen untersuchten Kernen und die gegenüber den folgenden Stadien ähnlichen Sedimentationsraten, die ohne Eisenintrag deutlich geringer sein müßten, als wichtige Anhaltspunkte für einen Eisenintrag anzusehen.

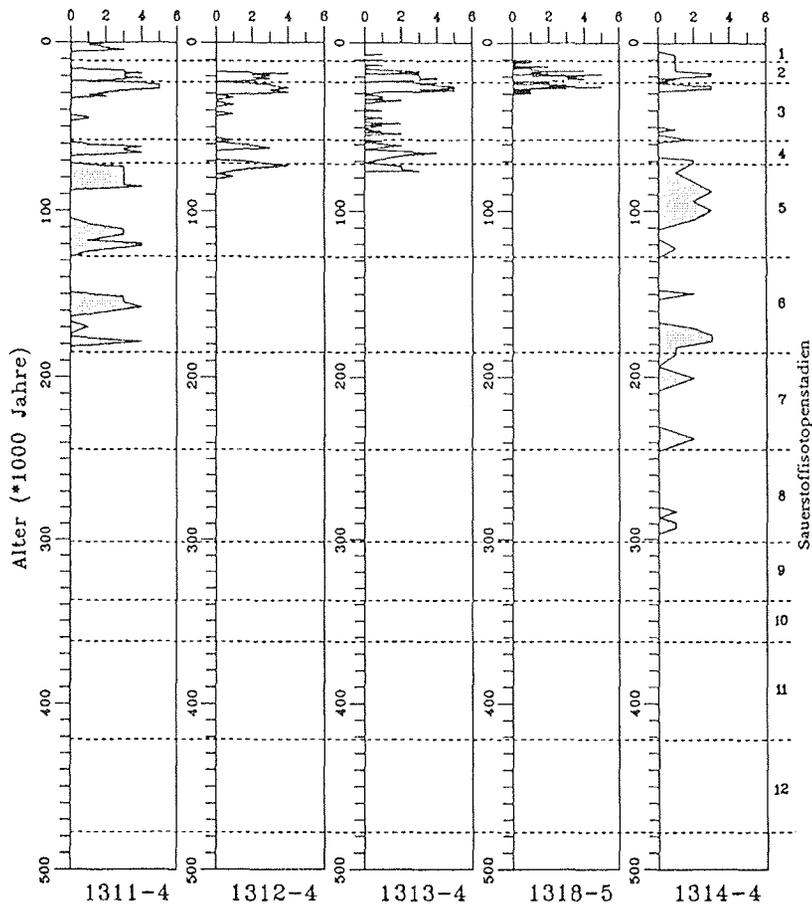
## 7. Variationen des Foraminiferen-Indexes, des Karbonat- und Opalgehaltes: Einfluß von Lösung und Produktivität

### 7.1. Variationen des Foraminiferen-Indexes und des Karbonatgehaltes

Der Karbonatanteil in Tiefseesedimenten setzt sich hauptsächlich aus den Schalen karbonatischen Planktons zusammen. Schwankungen des Karbonatgehaltes können durch Änderungen der Produktivität und/oder, besonders bei Kernen aus dem Bereich der Lysokline und der Karbonatkompensationstiefe (CCD), durch Änderungen der Karbonatlösungsintensität verursacht werden (BERGER 1973, ARRHENIUS 1988, HEBBELN et al. 1990). In den hier untersuchten Sedimenten spiegeln die Verteilung des Karbonatgehaltes und des Anteils planktischer Foraminiferen an der Grobfraction in größerem Maße eine komplexe Lösungsgeschichte wider als daß sie quantitative Schwankungen in der Karbonatsedimentation abbilden. Diese Lösungsgeschichte läßt sich in drei Phasen unterteilen.

#### 7.1.1. Phase 1: 500.000 Jahre bis 300.000 Jahre vor heute

Die Phase 1 umfaßt den Zeitraum von den ältesten untersuchten Sedimenten (älter als 500.000 Jahre vor heute) bis 300.000 Jahre vor heute. Die hier untersuchten Sedimente dieses Zeitraumes enthalten in der Regel weniger als 3% CaCO<sub>3</sub> und fast überhaupt keine planktischen Foraminiferen mehr (Abb. 46 und 47). Gleiches ist auch in dem Kern MG 123 zu beobachten (MARQUARD & CLARK 1987). Für diese Phase konnten von GARD (1987) keine Coccolithen in den Kernen aus der Fram-Straße gefunden werden. Da sowohl GARD & BACKMAN (1990) als auch BAUMANN (1990a) über sehr hohe Coccolithenzahlen in Sedimenten dieses Zeitraums aus der Norwegischen See berichten, sollte auch für die Fram-Straße das Auftreten von Coccolithen angenommen werden. Das gleiche gilt für die planktischen Foraminiferen, für die KELLOGG et al. (1978) in dem Kern V28-56 aus der Norwegischen See zeitgleich zu den Coccolithen (BLEIL & GARD 1989) Häufigkeitsmaxima während der Stadien 9 bis 11 zeigen konnten. Bei einer nur bis ins Isotopenstadium 10 zurückreichenden Rekonstruktion der Lösungsintensität anhand eines Lösungsindex für die planktische Foraminifere *Neoglobobulimina pachyderma* (sin.) konnten HENRICH et al. (1989) für mehrere Kerne aus der Norwegischen See eine stärkere Lösungsintensität in den ältesten Sedimenten feststellen. MORRIS & CLARK (1986) beschreiben aus dem zentralen Arktischen Ozean für den Zeitraum von 600.000 bis 200.000 Jahren vor heute eine kontinuierliche Absenkung der Lysokline, die sie in einen Zusammenhang zu einer weltweiten Absenkung der Lysokline im Verlauf des späten Känozoikums (VAN ANDEL 1975) stellen. Der flachste Kern, der bis in diese Phase 1 reicht, ist der Kern 1310-5 vom 80°N-Profil aus 2706 m Wassertiefe. Diese Tiefe kann somit für die Fram-Straße als minimale Obergrenze eines aggressiven Bodenwasserkörpers angenommen werden.



Foram - Index

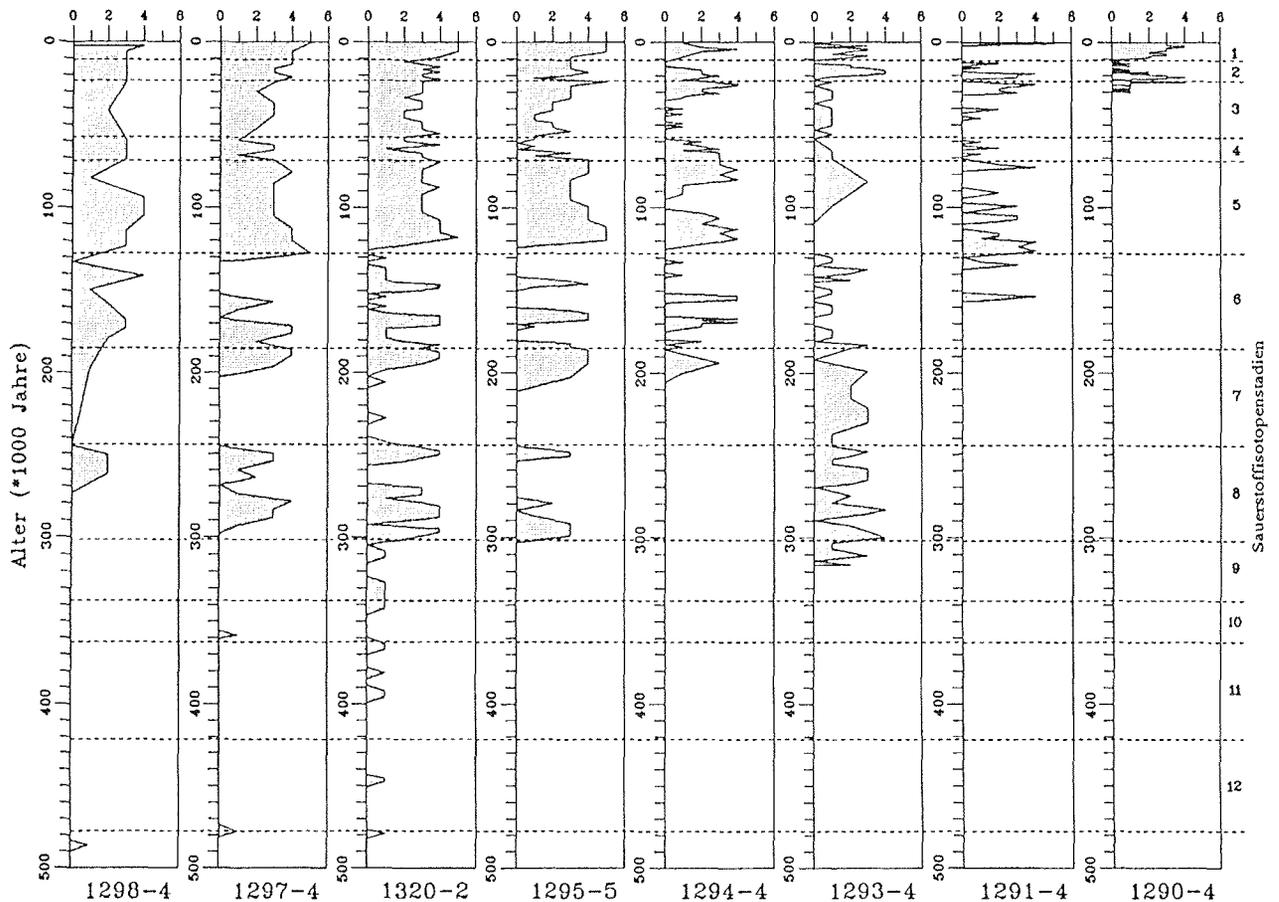


Abb. 46: Zeitliche Variationen des Anteils planktischer Foraminiferen an der Grobfraktion (Foram-Index).

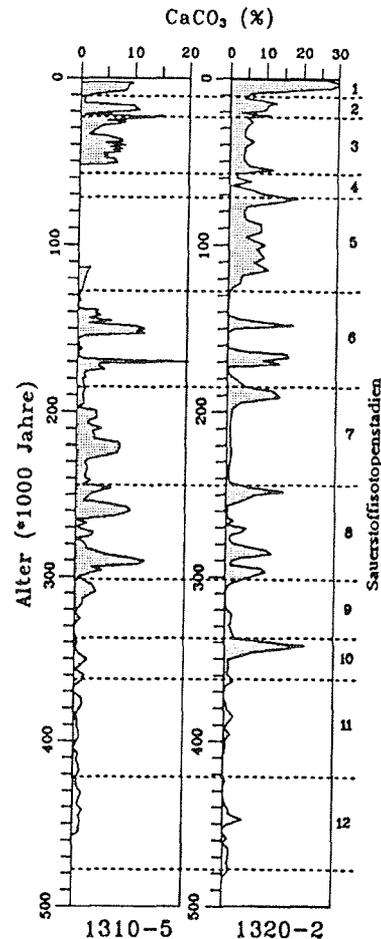


Abb. 47: Zeitliche Variationen des Karbonatgehaltes in den Kernen 1310-5 und 1320-2.

Eine aus dem Isotopenstadium 10 des Kernes 1320-2 stammende einzelne Probe weist einen Karbonatgehalt von über 20% auf (Abb. 46). Sie besitzt aber weder Coccolithen noch mehr als 5% Foraminiferen an der Grobfraction. Als Ursache für den hohen Karbonatgehalt wird deshalb ein erhöhter Anteil vom Eis eingetragener, karbonatischer Sedimentgesteine angenommen, die nicht so schnell aufgelöst werden konnten wie frische Karbonatgehäuse. Als weiterer Hinweis auf Veränderungen in der Bodenwasserzirkulation kann das Einsetzen des Ostgrönländischen Polarfrontstromes in der westlichen Fram-Straße ca. 300.000 Jahre vor heute interpretiert werden, welches sich aus den Änderungen der Sedimentationsraten und der Korngrößenverteilungen in den Kernen 1297-4 und 1298-4 (siehe Kap. 5.4.3.) und der Untersuchung der organischen Parameter (siehe Kap. 6.1.4.) ableiten läßt.

#### 7.1.2. Phase 2: 300.000 Jahre bis 130.000 Jahre vor heute

Die Phase 2, die die Isotopenstadien 6 bis 8 umfaßt, ist durch kurzfristig auftretende hohe Prozentanteile planktischer Foraminiferen an der Grobfraction und durch hohe Karbonatgehalte neben foraminiferenfreien Abschnitten mit geringen Karbonatgehalten gekennzeichnet

(Abb. 46 und 47). Hohe Werte treten hauptsächlich in den Glazialstadien 6 und 8 sowie im Interglazialstadium 7 auf. Die abrupten Variationen und das Auftreten der meisten Maxima der  $\text{CaCO}_3$ -Gehalte und der Foraminiferenanteile in den glazialen Sedimenten und nicht in den Interglazialen, wie aufgrund günstigerer Lebensbedingungen zu erwarten wäre, führt zu der Annahme, daß dieses Muster durch starke Schwankungen in der Lösungsintensität verursacht wurde. Parallel zu zwei typischen Karbonaterhaltungsmaxima im Stadium 6 treten gleichzeitig Minima im Eintrag terrigener Verwitterungsprodukte auf (siehe Kap. 8.3.2.), die wahrscheinlich kurzfristige Verringerungen oder sogar das Verschwinden der Eisbedeckung repräsentieren. Darauf weist ebenfalls das in einigen Kernen parallel beobachtete Auftreten von Coccolithen hin (GARD 1987, Abb. 31).

In der Form, wie es heute in der Norwegisch-Grönländischen See zur Tiefenwasserbildung kommt (siehe Kap. 2.2.), wurde dort auch während Phasen geringer oder fehlender Eisbedeckung, die in der Regel in den Interglazialen aufgetreten sind, Norwegisch-Grönländische-See-Tiefenwasser (NGDW) gebildet. Während dieser Zeiten spielte es, vergleichbar zur heutigen Situation (GORDON 1986), als eine Hauptkomponente des Nordatlantischen Tiefenwassers (NADW) eine bedeutende Rolle in der globalen Tiefenwasserzirkulation (DUPLESSY & SHACKLETON 1985, KELLOGG 1987, DUPLESSY et al. 1988a,b). Da die Tiefenwasserbildung in der Norwegisch-Grönländischen See unter einer Eisbedeckung nicht stattfinden kann, ist infolge mangelnder Belüftung für diese Zeiträume mit einem Anstieg der  $\text{CO}_2$ -Konzentration im Bodenwasser und dadurch mit einer erhöhten Karbonatlösungsintensität zu rechnen. Sollte es aber in den beiden Phasen geringer Eisbedeckung in der Fram-Straße im Stadium 6 in der Norwegisch-Grönländischen See zu einer Tiefenwasserbildung gekommen sein, hätte dies zu einer Verringerung der Lösungsintensität des Bodenwassers geführt und damit die Karbonaterhaltung in den Sedimenten der Fram-Straße ermöglicht. Bei der erneuten Ausdehnung der Eisbedeckung, in deren Folge die Tiefenwasserproduktion aufgehört hätte, wäre es aufgrund des Sauerstoffverbrauches und der  $\text{CO}_2$ -Produktion durch das Benthos wieder zu einem Anstieg der Lösungsintensität des Bodenwassers gekommen. Das kurzzeitige Auftreten der benthischen Foraminifere *Cibicides wuellerstorfi* während dieser beiden Abschnitte in Sedimenten aus der Norwegischen See (HAAKE & PFLAUMANN 1989) kann ebenfalls als Hinweis auf eine Belüftung des Bodenwassers interpretiert werden (DUPLESSY et al. 1988a) (siehe Kap. 8.2.1.).

Einen weiteren Hinweis auf Lösungsintensitätsschwankungen als Ursache für die Variationen im Anteil planktischer Foraminiferen stellen die Daten des Kernes 1293-4 dar. Dieser Kern stammt aus 2458 m Wassertiefe und ist der flachste aller untersuchten Kerne, in dem die Phase 2 erreicht ist. Sowohl im Stadium 7 als auch im Stadium 8 treten fast durchgehend Foraminiferen auf, die in den tiefergelegenen Kernen nicht mehr zu beobachten sind. Dies kann nur durch eine starke Zunahme der Lösungsintensität mit der Wassertiefe erklärt werden. Im Stadium 6 sind auch in dem Kern 1293-4 nur noch wenige Foraminiferen erhalten. Für dieses Stadium ergibt auch der Lösungsindex von HENRICH et al. (1989) für

Kerne aus der Norwegischen See eine verstärkte Lösungsintensität. In zwei Kernen werden dort, ähnlich wie in der Fram Straße, ebenfalls zwei Abschnitte geringerer Lösungsintensität beobachtet (HENRICH et al. 1989).

### 7.1.3. Phase 3: die letzten 130.000 Jahre

In der zentralen Fram-Straße ist die Phase 3, die die letzten 130.000 Jahre beinhaltet, durch vergleichsweise hohe Karbonatgehalte und hohe Anteile planktischer Foraminiferen gekennzeichnet (Abb. 46 und 47). Diese hohen Werte deuten auf eine fortschreitende Absenkung der Lysokline hin, die zu einer deutlichen Abnahme der Lösungsintensität im Bodenwasser der Fram-Straße führte. Der Unterschied zwischen den Kernen aus der zentralen und westlichen Fram-Straße, in denen auf 78°N während der Phase 3 durchgehend Foraminiferen auftreten, und den Kernen, die im Einflußbereich des Kontinentalhanges von Spitsbergen liegen und Abschnitte ohne Foraminiferen aufweisen, wird durch Verdünnungseffekte verursacht. Im Bereich des Kontinentalhanges haben die Kerne deutlich höhere Sedimentationsraten, die auf eine Sedimentzufuhr durch bodennahen Suspensionstransport zurückzuführen sind, durch die der Foraminiferenfluß aus dem Oberflächenwasser verdünnt wird. In der zentralen und westlichen Fram-Straße auf 78°N besteht das Sediment dagegen größtenteils aus Material, das dem pelagischen Partikelfluß zuzurechnen ist (BERNER 1991).

Das deutlich geringere Auftreten von Coccolithen im Gegensatz zu den planktischen Foraminiferen (Abb. 31) ist auf unterschiedliche Lebensbereiche dieser Organismengruppen zurückzuführen. Für Coccolithen reicht die Hauptlebens Tiefe im subarktischen Bereich bis 30 m (HONJO & OKADA 1974) und in der Norwegischen See bis 40 m (SAMTLEBEN & SCHRÖDER 1990). Unter einer Eisbedeckung sind die Lebensbedingungen für Coccolithen aufgrund des geringen Lichtangebotes und Wassertemperaturen von weniger als 0°C sehr ungünstig (MCINTYRE & BÉ 1967, OKADA & MCINTYRE 1979). Die niedrigen Salinitäten unter dem Eis (bis 31‰; FARRELLY et al. 1985) liegen dagegen im Toleranzbereich der Coccolithen (HAQ 1978). Der Hauptlebensbereich von *Neogloboquadrina pachyderma* (*sin.*), der dominierenden Foraminiferenart in der Fram-Straße, liegt dagegen unterhalb von 100 m Wassertiefe (CARSTENS & WEFER 1991a). Der Einfluß der Eisbedeckung auf Faktoren wie Wassertemperatur und Salinität ist in dieser Tiefe wesentlich geringer als an der Oberfläche und wirkt sich daher weniger nachteilig auf die Lebensbedingungen der planktischen Foraminiferen als auf die der Coccolithen aus. Das zeigt auch das Auftreten von lebenden Foraminiferenpopulationen unter dem Eis (CARSTENS & WEFER 1991a,b).

Diese Verteilungsmuster der Phase 3 mit hohen Foraminiferengehalten in Glazial- und Interglazialzeiten und hohen Coccolithenzahlen in den Interglazialen, wie sie vor allem in den Kernen mit geringen Sedimentationsraten aus der südlichen zentralen Fram-Straße zu beobachten sind, sind möglicherweise auch in den älteren Phasen 1 und 2 aufgetreten und

dort nur aufgrund der Karbonatlösung heute nicht mehr erhalten. Abb. 48 zeigt eine schematische Darstellung der generellen Absenkung der Lysokline (VAN ANDEL 1975) für die letzten 500.000 Jahre im Verhältnis zur Ablagerungstiefe der untersuchten Sedimentkerne. Dieser generelle Trend wird durch geringe Schwankungen überlagert, die auf regionale Effekte wie beispielsweise die Tiefenwasserbildung zurückzuführen sind. Während der Phase 1 lagen alle untersuchten Kerne unterhalb, in der Phase 2 innerhalb und in der Phase 3 oberhalb des Variationsbereiches der Lysokline.

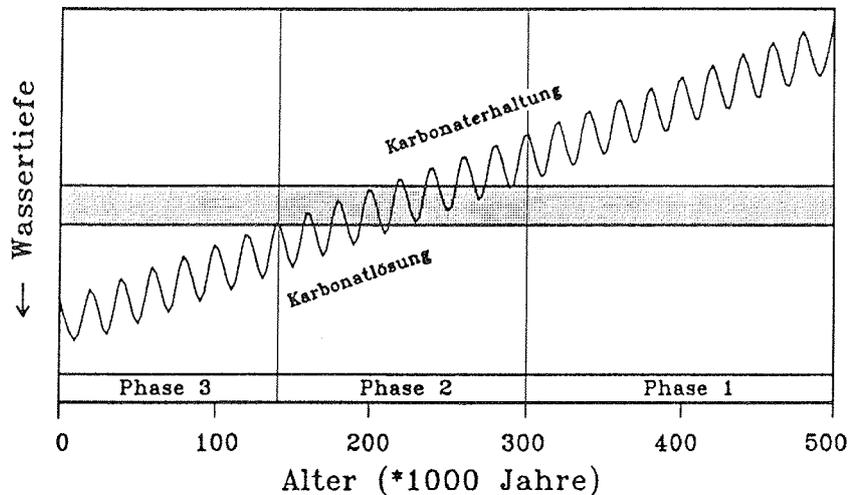


Abb. 48: Schematisches Modell zur Lage der Lysokline während der letzten 500.000 Jahre im Verlauf der Phasen 1 bis 3 im Verhältnis zur Ablagerungstiefe der untersuchten Sedimentkerne (schraffierte Zone). Der generelle Trend ist das Abbild einer globalen Absenkung der Lysokline im späten Känozoikum (VAN ANDEL 1975), der von regionalen Variationen überlagert wird.

## 7.2. Variationen des Opalgehaltes

Generell weisen die Opalgehalte des Kernes 1295-5 einen Glazial/Interglazialtrend auf, der durch hohe Gehalte (>1%) in den Interglazialen und durch niedrige Gehalte (<1%) in den Glazialen gekennzeichnet ist (Abb. 49). Auffällig ist, daß die Opalmaxima der Interglazialstadien 7 und 9 jeweils noch deutlich ins folgende Glazialstadium hineinreichen (Abb. 49). Eine gleiche Verteilung beschreiben GARD & BACKMAN (1990) aus der Norwegischen See für die Coccolithen an der Stadiengrenze 8/9. Ausgehend von der Annahme einer langsam zunehmenden Meereisbedeckung am Beginn eines Glaziales könnten die Lebensbedingungen für Diatomeen noch eine Zeitlang ausreichend gewesen sein. Dies konnte anhand von Sinkstofffallenuntersuchungen aus der westlichen Fram-Straße gezeigt werden, wo unter einer ganzjährigen Eisbedeckung der Gesamtpartikelfluß im Jahresmittel zu 30% aus Diatomeen bestand. Die absoluten Flußraten waren dabei allerdings extrem niedrig (HEBBELN & WEFER 1991).

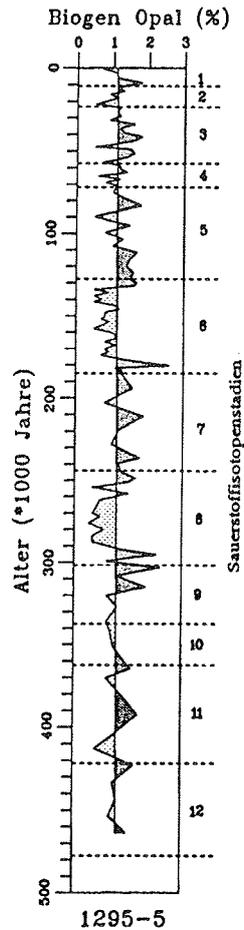


Abb. 49: Zeitliche Variationen des Biogen-Opalgehaltes in dem Kern 1295-5. Schraffiert sind die Abweichungen vom Mittelwert.

Durch die niedrigsten Opalgehalte (0,5% - 0,8%) sind die Glazialstadien 2, 4, 6 und 8 gekennzeichnet, in denen die Lebensbedingungen für Diatomeen sehr schlecht gewesen sein müssen und der geringe Opalfluß durch einen erhöhten Eintrag terrigenen Verwitterungsmaterials auch noch verdünnt wurde. Im Stadium 3 zeigt sich eine negative Korrelation zwischen den Opalgehalten und den C/N-Verhältnissen, die auf einen mehrfachen Wechsel guter Lebensbedingungen für Diatomeen bei teilweise eisfreien Gebiete mit dem Eintrag terrigener organischer Substanz durch verstärkten Eistransport hinweist.

## 8. Paläozeanographische Rekonstruktionen

### 8.1. Anzeiger variierender Eisbedeckungen

Die größte Bedeutung hinsichtlich der paläozeanographischen Rekonstruktion kommt der Frage nach dem Vorhandensein und der Ausdehnung einer Eisbedeckung in der Fram-Straße zu. Die Beantwortung dieser Frage erlaubt Rückschlüsse auf die Strömungsmuster in der Fram-Straße, aus denen sich zum Teil auch Hinweise auf die hydrographischen Verhältnisse in den nördlich und südlich angrenzenden Meeresgebieten, den Arktischen Ozean und die Norwegische-Grönländische See, ableiten lassen.

Um generelle Aussagen über die paläozeanographischen Verhältnisse in der Fram-Straße machen zu können, wurden für einige Parameter (Tab. 12) charakteristische Kurvenverläufe, die in mehreren Kernen beobachtet werden konnten, graphisch zu sogenannten "Standardkurven" zusammengefaßt (Abb. 50). Diese Parameter wurden in zwei Gruppen eingeteilt, die jeweils als Anzeiger für die paläozeanographischen Extremsituationen "offenes Wasser und saisonale Eisbedeckung" bzw. "Eisbedeckung und verstärkter Eintrag eistransportierten Materials" angewendet werden sollen (Tab. 12, Abb. 51).

H i n w e i s e a u f	
offenes Wasser und saisonale Eisbedeckung	Eisbedeckung und verstärkter Eintrag eistransp. Materials
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coccolithenverteilung</li> <li>- Anteile planktischer Foraminiferen an der Grobfraktion</li> <li>- Opalgehalte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- C/N-Verhältnisse</li> <li>- C<sub>org</sub>-Akkumulationsraten</li> <li>- Grobfraktionsanteile</li> <li>- <math>\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}</math>-Werte</li> </ul>

Tab. 12: Einteilung der angewendeten Parameter für die Rekonstruktion der paläozeanographischen Extrembedingungen.

Nach Auswertung der Arbeiten von BAUMANN (1990c), GARD & BACKMANN (1990) und CARSTENS & WEFER (1991a,b) wurden die drei Parameter für "offenes Wasser und saisonale Eisbedeckung" entsprechend ihrer Sensitivität bezüglich der Fragestellung in der aufgeführten Reihenfolge (Tab. 12) gewertet. Auf die Relevanz der Indikatoren für verstärkten Eintrag eistransportierten Materials wurde bereits ausführlich hingewiesen (siehe Kap. 6.1.). Diese Parameter sind in ihrer Aussagekraft allerdings weniger eindeutig als jene, die "offenes Wasser" anzeigen (Abb. 50). Das ist in der ständigen Präsenz von Eis in der Fram-Straße begründet. Auch im jetzigen Interglazial, das durch sehr warme Bedingungen gekennzeichnet ist, tritt in dem größten Teil der Fram-Straße eine saisonale Eisbedeckung

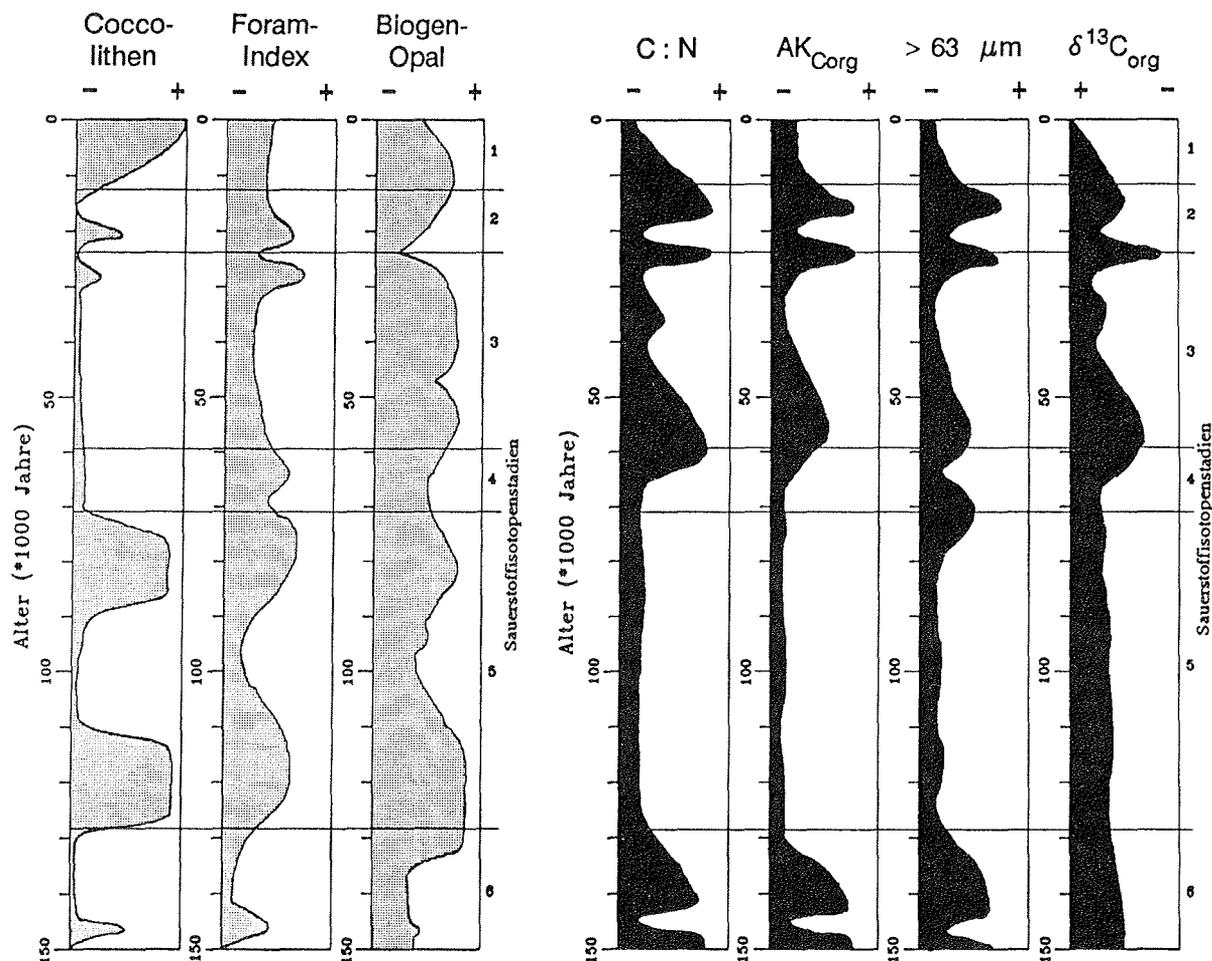


Abb. 50: "Standardkurven" einzelner Parameter für alle untersuchten Sedimentkerne für den letzten Glazial/Interglazialzyklus. Hell schraffiert sind die Parameter, die als Anzeiger für "offenes Wasser und saisonale Eisbedeckung" angesehen werden. Dunkel schraffiert sind die Parameter, die als Anzeiger für "Eisbedeckung und verstärkter Eintrag eistransportierten Materials" gelten. Die Coccolithendaten stammen von GARD (1987).

auf, aus der eistransportiertes Material zur Sedimentation beitragen kann. Da für den gesamten Verlauf der letzten 500.000 Jahre ein Eintrag eistransportierten Materials angenommen werden muß, kann von den hier untersuchten Parametern nur eine quantitative Aussage abgeleitet werden.

Im Hinblick auf einen ausgeprägten bodennahen Suspensionstransport am Kontinentalhang von Spitsbergen und dessen Bedeutung für die Sedimentation in der Fram-Straße (siehe Kap. 6.1.4) wurden auch die Vereisungsbedingungen auf dieser Insel berücksichtigt. Da bei einer Vereisung von Spitsbergen auch mit einer verstärkten Eisbergproduktion zu rechnen ist, kommt der Vereisungsgeschichte dieser Insel auch bezüglich des Eintrages eistransportierten Materials in die Fram-Straße und der Rekonstruktion von Eisdriftwegen eine wichtige Bedeutung zu. MANGERUD et al. (1990) beschreiben aus dem Bereich des Isfjord drei ausgedehnte Gletschervorstöße während der letzten 130.000 Jahre (Abb. 51), wobei sie aber

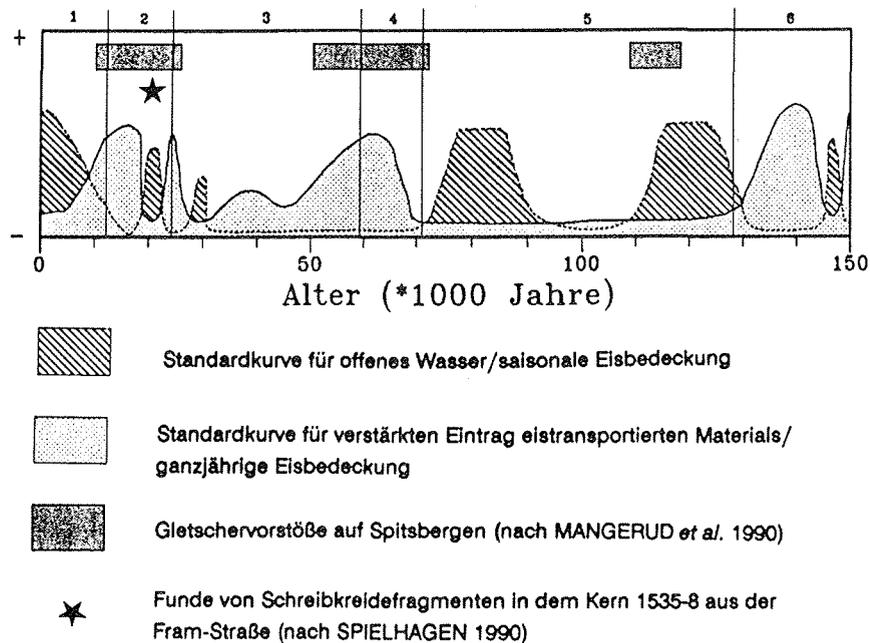


Abb. 51: Zusammenfassung der Indikatoren für "offenes Wasser und saisonale Eisbedeckung" und für "Eisbedeckung und verstärkter Eintrag eistransportierten Materials" für die Fram-Straße für den letzten Glazial/Interglazialzyklus. Zusätzlich aufgeführt sind die Gletschervorstöße auf Spitsbergen (MANGERUD *et al.* 1990) und die Funde von Schreibeisdefragmenten (SPIELHAGEN 1990).

die exakte stratigraphische Zuordnung als problematisch ansehen. Das zeigt sich auch in abweichenden Datierungen von LINDNER & MARKS (1990) und MILLER *et al.* (1989).

## 8.2. Der letzte Glazial/Interglazialzyklus

Aufgrund der oben aufgeführten Parameter lassen sich für den Verlauf der letzten 130.000 Jahre fünf Phasen mit offenen Wasserflächen und einer lediglich saisonalen Eisbedeckung rekonstruieren (Abb. 51). Daneben gibt es zwei Phasen mit einem sehr starken Eintrag terrigenen Materials. Zwischen diesen sieben deutlich unterscheidbaren Phasen weisen die Sedimente teilweise weder Anzeichen für "offenes Wasser und saisonale Eisbedeckung" noch für "Eisbedeckung und verstärkten Eintrag eistransportierten Materials" auf.

### 8.2.1. Vorstöße atlantischen Wassers und saisonale Eisbedeckung

Die ausgeprägtesten Vorstöße wärmeren atlantischen Wassers traten in den Isotopenstadien 1 und 5e auf, die global als die wärmsten Perioden des letzten Klimazyklus angesehen werden. Die ozeanographischen Bedingungen waren im Stadium 5e sehr ähnlich den heutigen (KELLOGG 1980), die hauptsächlich durch einen starken Einstrom warmen atlantischen

Wassers in die Norwegische See, die Fram-Straße und den Arktischen Ozean und durch den Ausstrom kalten polaren Wassers aus dem Arktischen Ozean durch die Fram-Straße, die Grönländische See und die Dänemark-Straße gekennzeichnet sind (siehe Kap. 2.2.). Hohe Coccolithenzahlen und das einzige neben dem Holozän beschriebene, nennenswerte Auftreten von subpolaren planktischen Foraminiferen aus der Norwegisch-Grönländischen See (KELLOGG et al. 1978, HENRICH et al. 1989), weisen auf die Ähnlichkeit dieser beiden Stadien hin. Da die Coccolithenmaxima der Isotopenstadien 1 und 5e in der Fram-Straße auch in dem westlichsten Kern 1298-4 auftreten, kann geschlossen werden, daß das atlantische Wasser im Verlauf dieser Stadien wenigstens zeitweise auch die westliche Fram-Straße erreicht hat. Nach den Ergebnissen von SPIELHAGEN (1990) lag die westliche Fram-Straße auch während des Stadiums 5e größtenteils im Einflußbereich des Ostgrönlandstromes.

Das Auftreten der benthischen Foraminifere *Cibicides wuellerstorfi* in der Norwegischen See im Stadium 5 wird von BELANGER (1982) als Hinweis auf mindestens saisonal eisfreies Wasser interpretiert, in dem die Phytoplanktonproduktion groß genug gewesen ist, um auch die benthische Nahrungskette ausreichend zu versorgen. STREETER & SHACKLETON (1979) haben das Auftreten von *Cibicides wuellerstorfi* als Hinweis auf eine gute Durchlüftung des Bodenwassers gewertet, woraus sie auf die Bildung von Tiefenwasser in diesem Gebiet schlossen. Ein Vergleich der stabilen Kohlenstoffisotopenverhältnisse der planktischen Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma (sin.)* und der benthischen Foraminifere *Cibicides wuellerstorfi* deuten ebenfalls auf eine Tiefenwasserbildung in der Norwegisch-Grönländischen See (DUPLESSY et al. 1988a,b). Nach diesen Ergebnissen hielt die Tiefenwasserbildung in diesem Gebiet bis in das Stadium 4 hinein an. Die Coccolithendaten von BELANGER (1982) zeigen für diesen Zeitraum für die Norwegische See saisonal eisfreie Flächen an, was eine Voraussetzung für die Tiefenwasserbildung darstellt. In der Fram-Straße sind nur im Stadium 5a noch derartige Hinweise beobachtet worden (GARD & BACKMAN 1990).

Im Stadium 5a dürfte in der Fram-Straße und in der Norwegischen See prinzipiell ein ähnliches Zirkulationsmuster geherrscht haben wie in den Stadien 1 und 5e. In der Fram-Straße wurden in Sedimenten aus dieser Zeit sogar die höchsten Coccolithenzahlen gefunden, wenngleich die beiden westlichsten Kerne 1297-4 und 1298-4 von dem atlantischen Wasser nicht mehr erreicht wurden, was auf eine Ausdehnung des Ostgrönlandstromes zurückzuführen ist. Subpolare planktische Foraminiferen traten dagegen in der Norwegischen See im Stadium 5a nicht auf (KELLOGG et al. 1978). Eine mögliche Ursache für diesen Effekt könnte eine niedrig saline Oberflächenwasserschicht mit geringer Salinität gewesen sein, die ein Vorkommen der typischen subpolaren Foraminiferenarten (z.B. *Neogloboquadrina pachyderma (dextr.)*, *Turborotalia quinqueloba*, *Globigerina bulloides*, *Globorotalia inflata* und *Globigerinita glutinata*; KELLOGG et al. 1978) verhindert hat. Die Coccolithen, deren Salztoleranz bis 18‰ reicht (HAQ 1978), hätten durch eine parallel entstehende stabile Schichtung des Oberflächenwassers gute Produktionsbedingungen gefunden, die durch ein Insolationsmaximum auf der geographischen Breite von Spitsbergen zu dieser Zeit (MILLER

et al. 1989) noch optimiert worden wären. Unterstützt wird diese These zusätzlich durch die Sauerstoffisotopenmessungen an *Neogloboquadrina pachyderma* (*sin.*), die in der Fram-Straße jeweils im Stadium 5a und nicht im Stadium 5e die leichtesten Werte ergaben (MORRIS 1988, KÖHLER & SPIELHAGEN 1990) (Abb. 29). Dieses Ergebnis wird ebenfalls als Auswirkung eines niedrig salinen Oberflächenwasserkörpers interpretiert (KÖHLER & SPIELHAGEN 1990).

Zusätzlich zu diesen drei markanten Phasen mit einer saisonalen Eisbedeckung sind im Bereich der Isotopenstadiengrenze 2/3 zwei weitere Phasen mit einem Einstrom wärmeren Wassers von Süden zu beobachten (Abb. 51). In der Fram-Straße sind diese beiden Phasen durch das kurze Auftreten von Coccolithen und etwas länger anhaltende Foraminiferenmaxima charakterisiert, die ebenfalls als Anzeiger für saisonal offene Wasserflächen anzusehen sind. Auch in der Norwegischen See sind diese Hinweise anhand der Coccolithenverteilung zu beobachten (BELANGER 1982). Während dieser Phasen konnte möglicherweise eine kurzfristige Tiefenwasserbildung stattfinden. Diese wird durch das Vorkommen von *Cibicides wuellerstorfi* während dieser zwei kurzen Phasen in der Norwegischen See angedeutet (BELANGER 1982, STREETER et al. 1982, HAAKE & PFLAUMANN 1989). Aufgrund der kurzen Dauer dieser Ereignisse hat die Tiefenwasserbildung wahrscheinlich nur regional zur Belüftung des Bodenwassers führen können.

Von besonderem Interesse ist der Fund von Schreibkreidefragmenten im mittleren Stadium 2 in dem Kern 1535-8 (SPIELHAGEN 1990). Dieser Fund wurde parallel zu dem jüngeren der beiden oben erwähnten Coccolithenfunde aus diesem Zeitraum (BAUMANN 1990b) gemacht (Abb. 51). Ähnliche Funde beschreibt BISCHOF (1990) für den Zeitraum von 19.200 bis 14.100 Jahre vor heute aus der Norwegischen See. Da die Schreibkreidefazies räumlich größtenteils auf den Nord- und Ostseeraum beschränkt ist und nicht weiter als bis 59°N reicht (HANCOCK 1984), können Schreibkreidefragmente mit beobachteten Korngrößen >500 µm in Sedimenten aus der Norwegischen See (BISCHOF 1990) und der Fram-Straße (SPIELHAGEN 1990) nur mit einem nordwärts gerichteten Eistransport erklärt werden. Die möglichen Herkunftsgebiete für die Schreibkreidefragmente lagen im fraglichen Zeitraum im Bereich des Skandinavischen Eisschildes (ANDERSEN 1981), so daß ein Transport in oder auf Eisbergen durchaus möglich erscheint. Eine nordwärts gerichtete Strömung aus dem Nordseeraum muß einerseits kalt genug gewesen sein, um Eisberge über mehr als 2000 km transportieren zu können, ohne sie vollständig zu schmelzen. Andererseits muß sie warm genug gewesen sein, um in der Fram-Straße zumindest saisonal offene Wasserflächen zu schaffen ohne die dort keine Coccolithen, deren Temperaturtoleranz bis 0°C-2°C reicht (MCINTYRE & BÉ 1967, OKADA & MCINTYRE 1979), hätten leben können. Vor diesem Hintergrund müssen für eine solche Oberflächenströmung saisonale Temperaturschwankungen angenommen werden, die verglichen mit dem rezenten Zusammenspiel von Eisbedeckung (VINJE 1977) und Oberflächenwassertemperaturen (DIETRICH 1969) im Bereich von 0°C bis 3°C gelegen haben könnten.

Eine etwas ältere von den sedimentologischen Daten her vergleichbare Phase erstreckte sich über den Zeitraum zwischen ca. 27.000 und 24.000 Jahren vor heute (Abb. 51). Allerdings wurden in der Fram-Straße in den Sedimenten aus dieser Phase keine Schreibkreidefragmente gefunden. Beschrieben sind dagegen die Funde von *Inoceramus*-Prismen aus der Norwegischen See (HENRICH et al. 1989). Westlich von 1°W sind in der Fram-Straße keine Hinweise mehr auf saisonal offene Wasserflächen während dieser beiden Phasen zu finden, was wahrscheinlich auf eine größere Ausdehnung des Ostgrönlandstromes zurückzuführen ist.

Eine nordwärts gerichtete Oberflächenströmung in der östlichen Norwegischen See und der östlichen und zentralen Fram-Straße widerlegt eindeutig die ästuarine Zirkulation mit einem antizyklonalen Oberflächenzirkulationsmuster, die SARNTHEIN et al. (1991) für die glazialen Phasen in der Norwegischen See postulieren (siehe Kap. 8.2.2.)

### 8.2.2. Verstärkter terrigener Eintrag von Spitsbergen und ganzjährige Eisbedeckung

Aus den Standardkurven der Parameter, die einen verstärkten Eintrag eistransportierten Materials anzeigen (Tab. 12), lassen sich zwei Phasen einer intensivierten Zufuhr terrigenen, organischen Kohlenstoffes rekonstruieren, zu denen parallel auch höhere Grobfractionsanteile auftreten. Die erste Phase beginnt im Stadium 4 und endet im Stadium 3, die zweite Phase reicht vom Ende des Stadiums 3 bis zum Beginn des Holozäns. Diese zweite Phase wird im mittleren Stadium 2 jedoch von dem jüngeren der beiden schwächeren Warmwasservorstöße unterbrochen (siehe Kap. 8.2.1.; Abb. 51).

Der Vergleich mit den Ergebnissen von MANGERUD et al. (1990) zeigt einen Zusammenhang zwischen den Phasen verstärkten Eintrages terrigener organischer Substanz und den jüngeren Gletschervorstößen auf Spitsbergen (Abb. 51). Der erste bei MANGERUD et al. (1990) aufgeführte Gletschervorstoß auf Spitsbergen (ca. 118.000 - 108.000 Jahre vor heute) ist in den Sedimenten der Fram-Straße noch nicht zu erkennen. Der Zeitraum des zweiten Gletschervorstoßes (ca. 72.000 - 50.000 Jahre vor heute) zeichnet sich dagegen durch ein ausgeprägtes Maximum im Eintrag terrigenen Materials in den Sedimenten der Fram-Straße ab. Der zeitliche Versatz zwischen dem Beginn des Gletschervorstoßes (ca. 72.000 Jahre vor heute) und der verstärkten Zufuhr terrigenen Materials in die Fram-Straße (ca. 65.000 Jahre vor heute) ist wahrscheinlich ein Artefakt infolge der bereits erwähnten stratigraphischen Probleme (siehe Kap. 8.1.). Die parallel zu dem Gletschervorstoß auftretenden hohen  $C_{org}$ -Akkumulationsraten am Kontinentalhang von Spitsbergen weisen, ebenso wie die deutliche Abnahme der  $C_{org}$ -Akkumulationsraten von Osten nach Westen, auf diese Insel als Quelle für das terrigene organische Material hin. Das Gleiche gilt für die isotopisch leichten,  $C_{org}$ -reichen Sedimentgesteinsbruchstücke (siehe Kap. 6.1.1.), die in diesen Sedimenten gefunden wurden. Für diese Zeit muß angenommen werden, daß die Gletscher das Meer

erreicht und sogar den Schelf teilweise bedeckt haben. Dort konnten sie zum einen terrigenes Material für den bodennahen Suspensionstransport (PFIRMAN & SOLHEIM 1989) und zum anderen sedimentbeladene Eisberge freisetzen (DOWDESWELL & DOWDESWELL 1989). Die Verteilung des terrigenen Materials in der Fram-Straße und seine mutmaßliche Herkunft von Spitsbergen und dem Barentsschelf deuten auf eine zyklonale Oberflächenzirkulation hin, die in der Lage war Eisberge von dort bis in die zentrale Fram-Straße zu transportieren. Da in dem westlichsten Kern 1298-4 ein Hinweis auf dieses Ereignis nicht zu finden ist, hat dieser wahrscheinlich im Einflußbereich des Ostgrönlandstromes gelegen, wo er von der zyklonalen Strömung in der östlichen und zentralen Fram-Straße nicht erreicht werden konnte. Aufgrund der Analyse von eistransportiertem Material (Sedimentkörner  $>500 \mu\text{m}$ ) kommt SPIELHAGEN (1990) für diesen Zeitraum zu vergleichbaren Ergebnissen.

Für den Beginn der Abschmelzphase nach der letzten Eiszeit (13.600 Jahre vor heute) beschreiben SARNTHEIN et al. (1991) aufgrund von Sauerstoffisotopenmessungen an planktischen Foraminiferen im Zusammenhang mit dem Abschmelzen des Barents See-Eisschelfes eine ästuarine Zirkulation mit einem antizyklonalen Oberflächenzirkulationsmuster in der Norwegisch-Grönländischen See. Dieses Zirkulationsschema extrapolieren SARNTHEIN et al. (1991) auch auf die glazialen Phasen. Eine genaue Betrachtung der vorliegenden Daten läßt aber ebenso eine gegenläufige Interpretation zu. SARNTHEIN et al. (1991) lassen bei ihrer Diskussion außerdem die Ergebnisse von SPIELHAGEN (1990) außer Acht, der gerade für die Glazialzeiten einen ausgeprägten Ostgrönlandstrom nachweisen konnte, der sich mit einer antizyklonalen Oberflächenzirkulation in der Norwegisch-Grönländischen See nur sehr schwer vereinbaren läßt. Auch KELLOGG (1980) nimmt für die Glazialzeiten eine abgeschlossene zyklonale Oberflächenzirkulation in der Norwegisch-Grönländischen See an. Die von SARNTHEIN et al. (1991) vorgeschlagene ästuarine Zirkulation, die auch zu einer Belüftung des Bodenwassers in der Norwegisch-Grönländischen See beigetragen haben soll, steht ebenfalls im Widerspruch zu den Ergebnissen von STREETER et al. (1982), DUPLESSY et al. (1988a), HAAKE & PFLAUMANN (1989), die aufgrund der Artenzusammensetzung der benthischen Foraminiferen eine nahezu gleichbleibend schlechte Bodenwasserbelüftung für die Glazialphasen beschreiben.

Für den Zeitraum zwischen dem zweiten und dem dritten Gletschervorstoß (ca. 45.000 - 26.000 Jahre vor heute) werden für Spitsbergen Interstadialbedingungen angenommen, die mit einem Rückzug der Gletscher verbunden waren (VELITCHKO et al. 1989). Der dritte Gletschervorstoß auf Spitsbergen (ca. 26.000 - 10.000 Jahre vor heute, MANGERUD et al. 1990) trat wiederum parallel mit einem Maximum im Eintrag terrigener organischer Substanz auf (Abb. 51), wobei die  $C_{\text{org}}$ -Akkumulationsraten die des vorhergehenden Ereignisses noch übertrafen (Abb. 43). Es wurden auch hier Bruchstücke von Tonsteinen mit hohem  $C_{\text{org}}$ -Gehalt gefunden, die extrem leichte  $\delta^{13}C_{\text{org}}$ -Werte aufweisen. Diese Beobachtungen deuten auch für diese Phase auf eine zyklonale Zirkulation in der Fram-Straße. Da dieser dritte

Gletschervorstoß zeitlich dem letzten glazialen Maximum entspricht, wird für diese Zeit die größte Ausdehnung der Eismassen auf Spitsbergen angenommen, die zum Teil bis an den Schelfrand gereicht hat (ANDERSEN 1981). Diese größere Ausdehnung des Eises, verglichen mit dem vorhergehenden Gletschervorstoß im Verlauf der Isotopenstadien 3 und 4, ist wahrscheinlich auch die Ursache für den größeren terrigenen Eintrag während des glazialen Maximums (Abb. 43).

Die Zeitabschnitte mit einem erhöhten Eintrag terrigenen Materials in die Fram-Straße sind in den Sedimenten aus der Norwegischen See durch erhöhte Quarzakkumulationsraten gekennzeichnet (HENRICH et al. 1989), die ebenfalls eine Abnahme von Osten nach Westen aufweisen. Dieses Material stammt wahrscheinlich von Skandinavien, wo für die Ausdehnung des Skandinavischen Eisschildes ähnliche zeitliche Variationen angenommen werden wie für die Eisverhältnisse auf Spitsbergen (ANDERSEN 1981).

### 8.2.3. Geringer terrigener Eintrag und ganzjährige Eisbedeckung

Neben diesen Phasen mit verstärktem terrigenen Eintrag oder mit saisonaler Eisbedeckung gibt es Zeitabschnitte, die weder Hinweise auf die eine noch auf die andere Situation enthalten. Dabei handelt es sich um die Isotopenstadien 5b bis 5d, den älteren Teil des Stadiums 4 und den mittleren Teil des Stadiums 3. In diesen Zeiträumen muß in der Fram-Straße eine ganzjährige Eisdecke vorhanden gewesen sein, ohne daß durch gleichzeitige Gletschervorstöße an Land der Eintrag terrigenen Verwitterungsmaterials verstärkt wurde (Abb. 39). Da die Zusammensetzung des eistransportierten Materials in der zentralen und in der östlichen Fram-Straße auf Spitsbergen und die Barents-See als Herkunftsgebiete deutet (SPIELHAGEN 1990), muß für diese Phasen ebenfalls ein zyklonales Oberflächenzirkulationsmuster in der zentralen und östlichen Fram-Straße angenommen werden. Die Ausdehnung des Ostgrönlandstromes reichte in diesen Phasen bis in das Gebiet zwischen 3°W und 0°. Aufgrund der fehlenden Gletschervorstöße auf Spitsbergen (MANGERUD et al. 1990) muß dort mit einer relativ geringen Eisbergproduktion gerechnet werden, demzufolge eine ganzjährige Eisbedeckung in der Fram-Straße größtenteils aus Eisschollen bestanden haben müßte. Dafür sprechen auch die überwiegend geringen Grobfraktionsanteile in diesen Phasen (Abb. 45).

In der Norwegischen See hat es nach den Ergebnissen von BELANGER (1982) und DUPLESSY et al. (1988a,b) zumindest während des gesamten Stadiums 5 und des Stadiums 4 saisonal eisfreie Gebiete und Tiefenwasserbildung gegeben. Da in der Norwegischen See die Sedimente aus dem mittlerem Stadium 3 ebenfalls keine Hinweise auf verstärkten Eistransport (HENRICH et al. 1989) oder saisonale Eisbedeckung (BELANGER 1982) enthalten, war dieses Seegebiet, wie die Fram-Straße, wahrscheinlich größtenteils von Eisschollen bedeckt.

### 8.3. Das Isotopenstadium 6

Aufgrund der Unterschiede in der Zusammensetzung der Sedimente aus den Stadien 1 bis 5 einerseits und dem Stadium 6 andererseits, die auf deutliche Veränderungen in den Umweltbedingungen hinweisen, wird das Stadium 6 bei der paläozeanographischen Rekonstruktion im folgenden gesondert betrachtet.

#### 8.3.1. Eintrag terrigenen Materials über den Arktischen Ozean

Die Sedimente aus dem Stadium 6 sind durch einen Anteil von bis zu 60% Kohlepartikel an der  $>500 \mu\text{m}$ -Fraktion gekennzeichnet (SPIELHAGEN 1990), die von Sibirien oder Franz-Josef-Land über den Arktischen Ozean in die Fram-Straße eingetragen wurden (BISCHOF et al. 1990). Dieser, von den jüngeren Stadien abweichende, Transportweg drückt sich auch in dem fehlenden Ost-West-Gradient bei den organisch-geochemischen Parametern aus (Abb. 38 - 40), der typisch ist für Phasen verstärkten terrigenen Eintrages während der Stadien 2 bis 4 (siehe Kap.6.1.4.). Bei den C/N-Verhältnissen, die während des Stadiums 6 die höchsten Werte in den beiden westlichsten Kernen auf dem  $80^\circ\text{N}$ -Profil (1310-5 und 1311-4) aufweisen, hat sich dieser Trend sogar umgekehrt (Abb. 39). Anhand der  $\delta^{13}\text{C}_{\text{Org}}$ -Werte und der Verteilung der Kohlepartikel (SPIELHAGEN 1990) konnte schon im Kap. 6.1.1. auf die unterschiedlichen Liefergebiete für das terrigene organische Material während der Stadien 2 bis 4 und des Stadiums 6 hingewiesen werden (Abb. 41).

Das Fehlen der typischen Merkmale des Stadiums 6 in den westlichsten Kernen auf  $78^\circ\text{N}$ , das ebenfalls in den beiden westlichsten Kernen von SPIELHAGEN (1990) zu beobachten ist, deutet auf verschiedene Eisströme in der westlichen Fram-Straße einerseits und in der zentralen und östlichen Fram-Straße andererseits hin. Das über weite Bereiche des Stadiums 6 zu beobachtende Fehlen von Foraminiferen sowie der gegen 0% tendierende Karbonatgehalt sind wahrscheinlich auf intensive Karbonatlösung zurückzuführen (siehe Kap. 7.1.2.).

Die Rekonstruktion der Oberflächenströmungen während des Stadiums 6 deckt sich weitgehend mit den Ergebnissen von SPIELHAGEN (1990) und wird dort ausführlich diskutiert. Das Oberflächenzirkulationsmuster wird durch zwei südwärtsgerichtete Eisströme charakterisiert, von denen sich der westliche, wahrscheinlich von Nordostgrönland oder aus dem arerasischen Raum kommend, am grönländischen Kontinentalhang entlang bewegte (SPIELHAGEN 1990). Der östliche Eisstrom, der für den Eintrag der Kohlepartikel verantwortlich war, floß von seinem Herkunftsort im Eurasischen Raum durch den östlichen Arktischen Ozean, die zentrale und östliche Fram-Straße bis in die Norwegische See (BISCHOF et al. 1990). Nur in der südöstlichen Fram-Straße sind am Kontinentalhang lokale Einflüsse von Spitsbergen anhand eines höheren Sedimentgesteinanteils an der Grobfraktion nachzuweisen (SPIELHAGEN 1990).

Aufgrund der hohen Grobfraktionsanteile und der Beobachtung, daß auf den Eisschollen in der Fram-Straße nur sehr wenig grobes Material ( $>63 \mu\text{m}$ ) zu finden ist (PFIRMAN et al. 1989), kommt SPIELHAGEN (1990) zu dem Schluß, daß die Kohlepartikel mit Eisbergen von ihrem Herkunftsgebiet in die Fram-Straße transportiert worden sind. Da den Überlegungen von LARSEN et al. (1987) zufolge während der Glaziale auf dem Sibirischen Schelf auch Eisschollen gröberes Material aufgenommen haben könnten (siehe Kap. 6.2.), kann diese Fragestellung - Transport mit Eisbergen oder mit Eisschollen - nicht endgültig geklärt werden.

### 8.3.2. Episodische Warmwasservorstöße und Tiefenwasserbildung

Im Verlauf des Stadiums 6 treten zwei kurze Phasen mit einer völlig anderen Sedimentzusammensetzung als in den übrigen Abschnitten dieses Stadiums auf. Während dieser Phasen weisen die Sedimente einen deutlich geringeren Grobfraktionsanteil (Abb. 45) auf, der zu einem großen Teil aus planktischen Foraminiferen besteht (Abb. 47). GARD (1987) konnte ebenfalls Coccolithen nachweisen, wohingegen Kohlepartikel kaum noch oder gar nicht mehr auftreten (SPIELHAGEN 1990) und auch die  $C_{org}$ -Gehalte (Abb. 38) und -Akkumulationsraten (Abb. 43) sowie die C/N-Verhältnisse (Abb. 39) zurückgehen. Als Ursache für diese Änderung in der Sedimentzusammensetzung werden kurzzeitige Einflüsse wärmeren

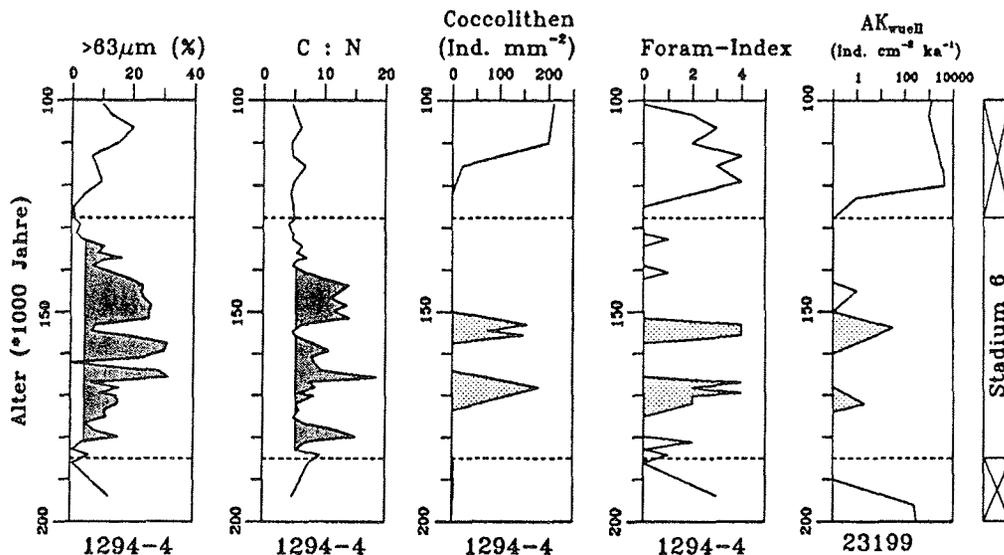


Abb. 52: Die Coccolithen-Verteilung und der Foraminiferen-Index zeigen am Beispiel des Kernes 1294-4 den zweimaligen Einstrom atlantischen Wassers (hell schraffiert) in die Fram-Straße während des Isotopenstadiums 6. Diese Phasen unterbrechen den im Stadium 6 vorherrschenden Eintrag eistransportierten Materials (dunkel schraffiert), der hier durch die C/N-Verhältnisse und die Grobfraktionsanteile angezeigt wird. Zusätzlich sind die Akkumulationsraten der benthischen Foraminifere *Cibicides wuellerstorfi* ( $AK_{wueller}$ ) in dem Kern 23199 aus der Norwegischen See (nach HAAKE & PFLAUMANN 1989) aufgeführt, die auf die Bildung von Tiefenwasser, parallel zu den Vorstößen atlantischen Wassers, hinweisen.

Wassers aus dem Süden angenommen. Dieses warme Wasser ist in der Lage gewesen, das Eis bis in den Norden der Fram-Straße zurückzudrängen, wodurch der Eintrag eistransportierten Materials stark eingeschränkt wurde. Unterstützt wird die These der Vorstöße wärmeren Wassers aus dem Süden durch Funde schreibkreideähnlicher Fragmente in der Fram-Straße (SPIELHAGEN 1990) und in der Norwegischen See (HENRICH 1990), die nur aus dem Nord- und Ostseeraum stammen können (siehe Kap. 8.2.1). Das Vorkommen von Coccolithen und der hohe Anteil an Foraminiferen zeigen, daß zumindest saisonal offene Wasserflächen vorhanden gewesen sein müssen, womit auch die Bildung von Tiefenwasser ermöglicht wurde. Durch diese Tiefenwasserbildung wurde das Bodenwasser in der Fram-Straße belüftet, was die Erhaltung des Karbonates ermöglichte, das in den übrigen Abschnitten des Stadiums 6 der Karbonatlösung zum Opfer gefallen ist (siehe Kap. 7.1.2.). Einen weiteren Hinweis auf zwei kurze Phasen der Tiefenwasserbildung stellen die Untersuchungen von HAAKE & PFLAUMANN (1989) dar, die im Stadium 6 kurzfristig erhöhte Akkumulationsraten von *Cibicides wuellerstorfi* in der Norwegischen See festgestellt haben. Diese Hinweise auf zwei kurze Phasen mit zurückgehender Eisbedeckung und dem Auftreten offener Wasserflächen in der Fram-Straße und auf die Bildung von Tiefenwasser sind in Abb. 52 zusammenfassend dargestellt.

#### 8.4. Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) für die Fram-Straße

Aus diesen Beobachtungen lassen sich für die Fram-Straße fünf typische Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) für die letzten 180.000 Jahre ableiten (Tab. 13). Die generellen Züge dieser Zirkulationsmuster wurden bereits von SPIELHAGEN (1990) beschrieben. Die zeitliche Aufeinanderfolge der einzelnen OZM ist in Abb. 53 dargestellt.

Oberflächenzirkulationsmuster (OZM)	Kurzbeschreibung	Tiefenwasserbildung
OZM I	interglaziale Bedingungen,	+
OZM II	episodische Warmwasservorstöße,	+
OZM III	glaziale Bedingungen,	+
OZM IV	glaziale Bedingungen in Verbindung mit Eistranssport von Spitsbergen,	-
OZM V	glaziale Bedingungen in Verbindung mit Eistransport über den Arktischen Ozean.	-

Tab. 13: Kurzbeschreibung der Oberflächenzirkulationsmuster I - V für die Fram-Straße und Angaben über deren Kombination mit Tiefenwasserbildung in der Norwegisch-Grönländischen See: +: Hinweise auf Tiefenwasserbildung, -: keine Hinweise auf Tiefenwasserbildung.

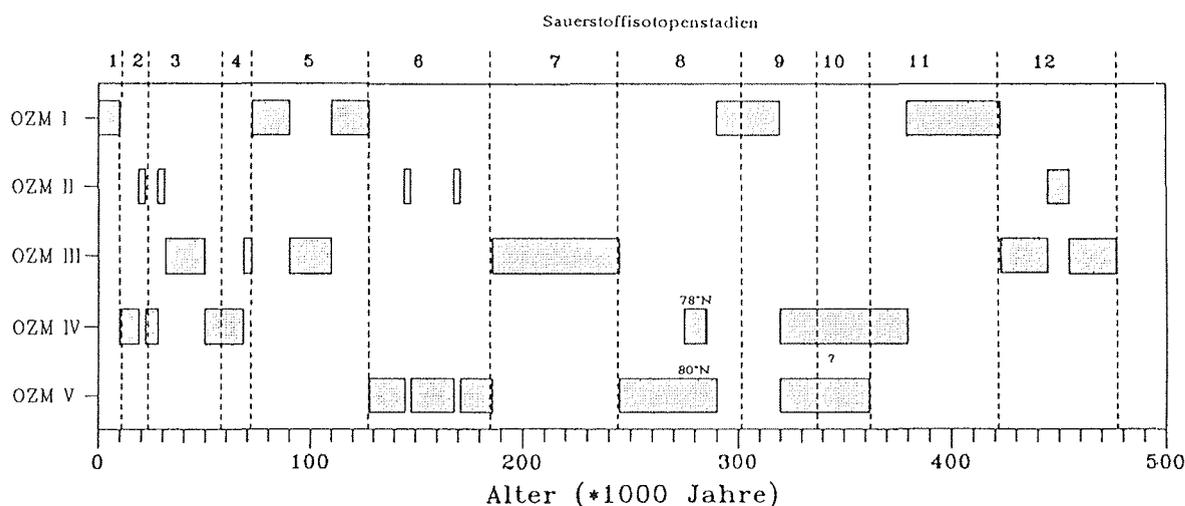


Abb. 53: Zeitliche Aufeinanderfolge der Oberflächenzirkulationsmuster I - V in der Fram-Straße während der letzten 500.000 Jahre.

Das OZM I, charakteristisch für die Isotopenstadien 1 und 5e, zeichnet sich durch ein meridionales Strömungssystem mit einem Einstrom warmen atlantischen Wassers bis in die Fram-Straße (Westspitsbergenstrom) und zumindest rezent auch bis in den Arktischen Ozean (ANDERSON et al. 1989) aus (Abb. 54, siehe Kap. 2.2.). Demgegenüber steht der Ostgrönlandstrom, der kaltes polares Wasser durch die westliche Fram-Straße nach Süden transportiert (Abb. 54, siehe Kap. 2.2.). Im OZM I wird die Fram-Straße durch das atlantische Wasser saisonal und teilweise auch ganzjährig eisfrei gehalten (Abb. 2, Kap. 2.3). Da auch die Grönländische See größtenteils eisfrei bleibt, tritt parallel zum OZM I die Bildung von Tiefenwasser auf (siehe Kap. 8.2.1.). Das Eis in der Fram-Straße besteht im OZM I fast ausschließlich aus Eisschollen, während die geringen Vorkommen von Eisbergen größtenteils auf den küstennahen Bereich vor Grönland und Spitsbergen beschränkt sind (eigene Beobachtungen 1985-1991).

Während des Stadiums 5a war die Ausdehnung des atlantischen Wassers etwas geringer, und es war zumindest in der Fram-Straße durch eine niedrig saline Oberflächenschicht überlagert (siehe Kap. 8.2.1.). Da das Zirkulationsmuster ansonsten aber dem OZM I sehr ähnlich gewesen ist, inklusive der Tiefenwasserbildung in der Grönländischen See, wird diese Situation als OZM 1a bezeichnet (siehe Kap. 8.2.1.).

Das OZM II ist ebenfalls durch einen Einstrom wärmeren Wassers von Süden in die Fram-Straße gekennzeichnet, welches die zentrale und östliche Fram-Straße saisonal eisfrei hält (Abb. 55; siehe Kap. 8.2.1.). Im OZM II müssen mit dieser Strömung auch Eisberge aus dem Nord- und Ostseeraum bis in die Fram-Straße transportiert werden, da nur so das Vorkommen von Schreibkreidefragmenten in den dortigen Sedimenten zu erklären ist. Diese nordwärts gerichtete Strömung muß dementsprechend kälter gewesen sein als es heute dem Norwegen- bzw. dem Westspitsbergenstrom entspricht (12°C - 4°C im Sommer, 8°C -

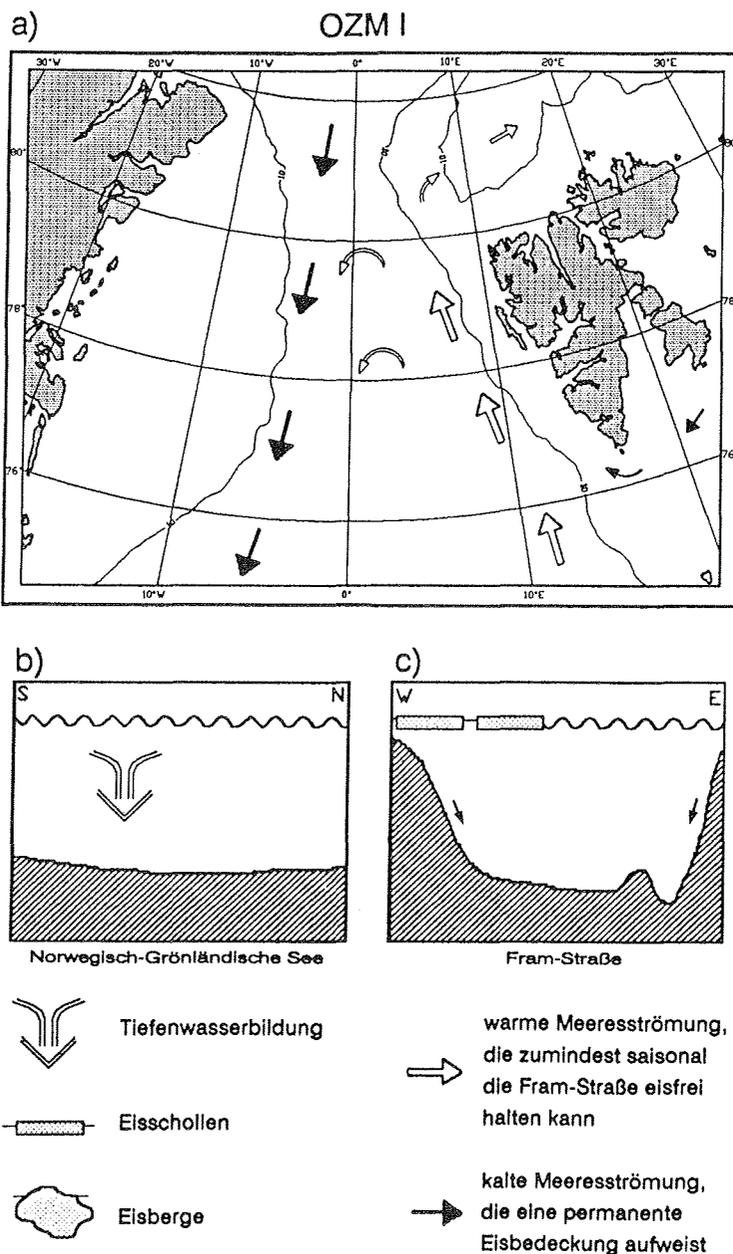


Abb. 54: (a) Schematisches Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) I für die Fram-Straße (interglaziale Bedingungen). (b) Schematisches Nord-Süd-Profil durch die Norwegisch-Grönländische See mit Angaben zur Tiefenwasserbildung und zur Eisbedeckung. (c) Schematisches Ost-West-Profil durch die Fram-Straße mit Angaben zum bodennahen Suspensionstransport und zur Eisbedeckung. Unterschiedliche Dicke der Pfeile zeigt unterschiedliche Intensitäten der Strömungen an.

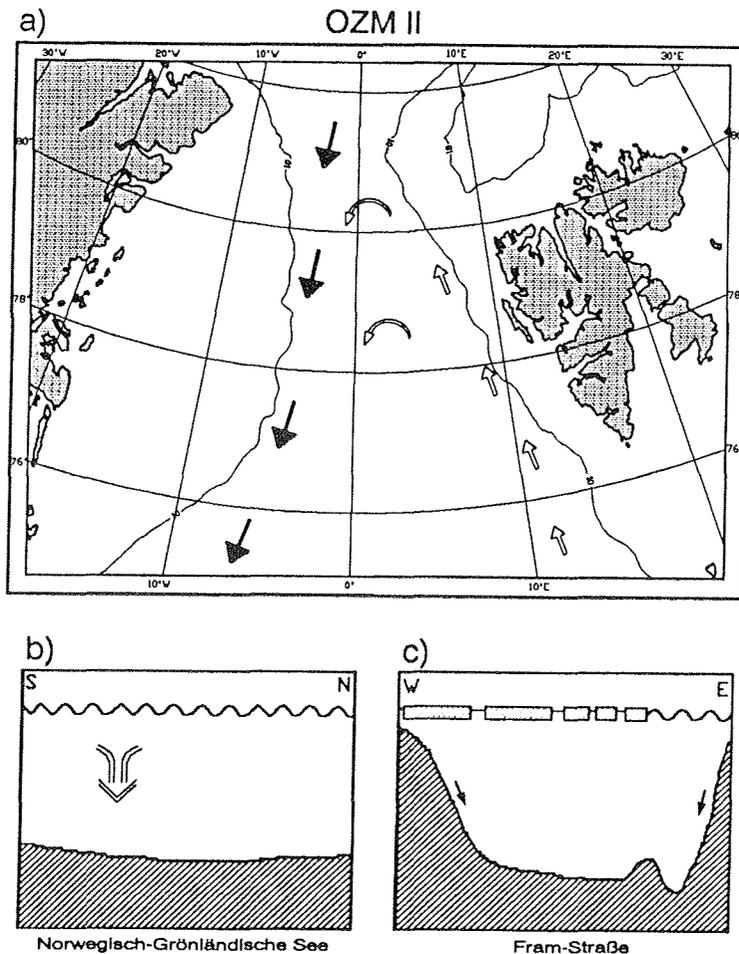


Abb. 55: (a) Schematische Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) II für die Fram-Straße (episodische Warmwasservorstöße). (b) Schematisches Nord-Süd-Profil durch die Norwegisch-Grönländische See mit Angaben zur Tiefenwasserbildung und zur Eisbedeckung. (c) Schematisches Ost-West-Profil durch die Fram-Straße mit Angaben zum bodennahen Suspensionstransport und zur Eisbedeckung. Unterschiedliche Dicke der Pfeile zeigt unterschiedliche Intensitäten der Strömungen an. (Legende siehe Abb. 54).

2°C im Winter, jeweils zwischen 60°N und 80°N; DIETRICH 1969). Auch das OZM II erlaubt die Bildung von Tiefenwasser in der Grönländischen See. Der Ostgrönlandstrom reicht im OZM II bis ca. 1°W.

Charakteristisch für das OZM III ist ein zyklonaler Wirbel in der Fram-Straße, der im Westen durch den sich gegenüber dem OZM II kaum verändernden Ostgrönlandstrom begrenzt wurde (Abb. 56, siehe Kap. 8.2.3.). Dieser Wirbel weist eine permanente Eisbedeckung auf, die größtenteils aus Eisschollen besteht, da in diesem Zeitraum die Gletscher auf Spitsbergen nicht bis an die Küste reichen. Von der Norwegischen See ist das OZM III in der Fram-Straße zum Teil entkoppelt, da in diesen Phasen in der Norwegischen See mitunter eisfreie Bedingungen und Hinweise auf eine Tiefenwasserbildung auftreten (siehe Kap. 8.2.3.).

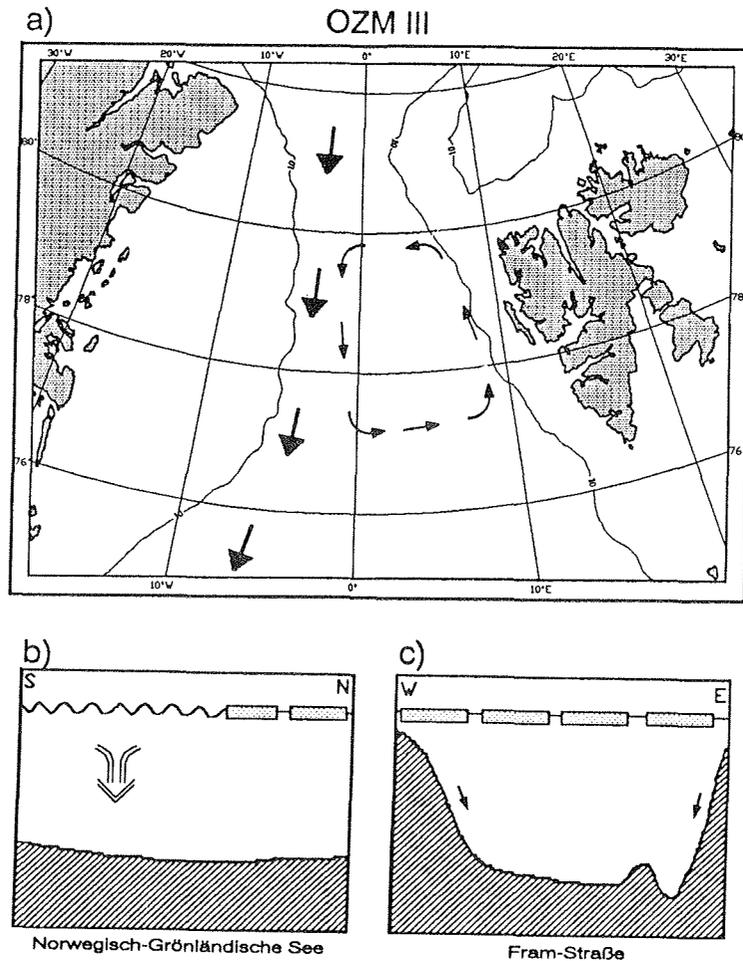


Abb. 56: (a) Schematisches Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) III für die Fram-Straße (glaziale Bedingungen). (b) Schematisches Nord-Süd-Profil durch die Norwegisch-Grönländische See mit Angaben zur Tiefenwasserbildung und zur Eisbedeckung. (c) Schematisches Ost-West-Profil durch die Fram-Straße mit Angaben zum bodennahen Suspensionstransport und zur Eisbedeckung. Unterschiedliche Dicke der Pfeile zeigt unterschiedliche Intensitäten der Strömungen an. (Legende siehe Abb. 54).

Das OZM IV weist prinzipiell das gleiche Erscheinungsbild mit einem zyklonalen Wirbel und einer permanenten Eisbedeckung in der Fram-Straße auf wie das OZM III. Es unterscheidet sich von diesem hauptsächlich durch den Einfluß der kontinentalen Vereisung auf Spitzbergen. Der Vorstoß der Gletscher bis an die Küste und teilweise bis an den Schelfrand und die damit verbundene Produktion von Eisbergen führt beim OZM IV zu einer Erhöhung des terrigenen Eintrages (Abb. 57; siehe Kap. 8.2.2.). Bodennaher Suspensionstransport am Kontinentalhang von Spitzbergen hat im Verlauf der letzten 180.000 Jahre ständig stattgefunden, wies aber während der Gletschervorstöße ebenfalls ein deutlich größeres Ausmaß auf. Einen weiteren Unterschied zum OZM III stellt die Eisbedeckung der Norwegisch-Grönländischen See dar, durch die eine Tiefenwasserbildung dort verhindert wird.

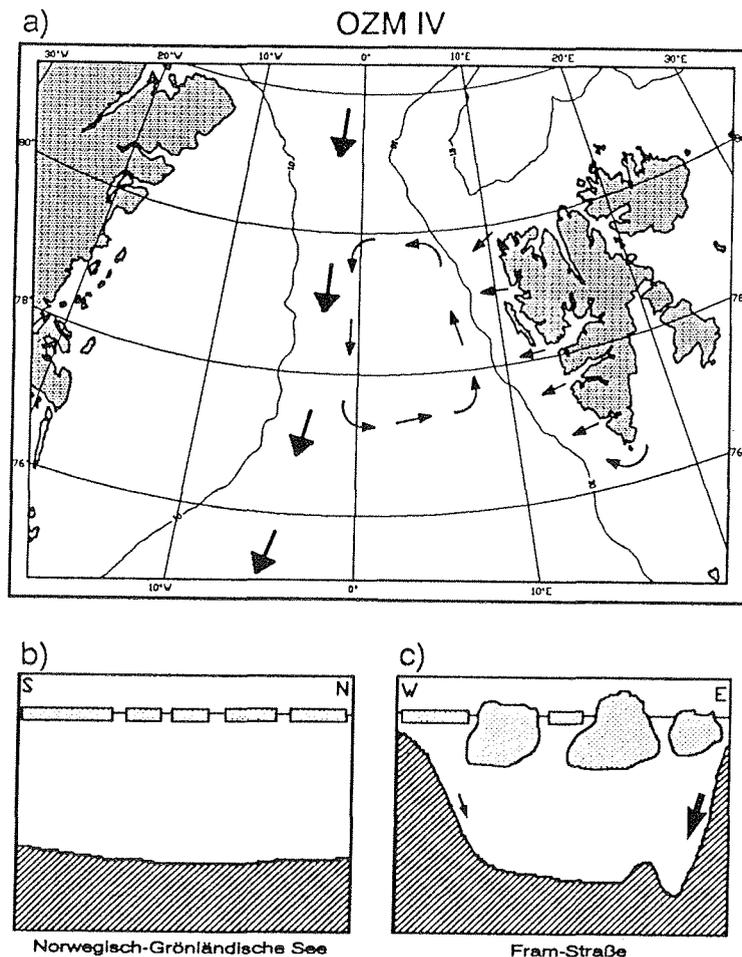


Abb. 57: (a) Schematisches Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) IV für die Fram-Straße (glaziale Bedingungen in Verbindung mit Eistransport von Spitsbergen). Die Pfeile vor der Küste Spitsbergens markieren den Eisbergtransport. (b) Schematisches Nord-Süd-Profil durch die Norwegisch-Grönländische See mit Angaben zur Tiefenwasserbildung und zur Eisbedeckung. (c) Schematisches Ost-West-Profil durch die Fram-Straße mit Angaben zum bodennahen Suspensionstransport und zur Eisbedeckung. Unterschiedliche Dicke der Pfeile zeigt unterschiedliche Intensitäten der Strömungen an. (Legende siehe Abb. 54).

Ebenfalls durch einen sehr starken terrigenen Eisenantrag und eine ganzjährige Eisbedeckung ist das OZM V gekennzeichnet, wobei das eistransportierte Material aber über den Arktischen Ozean in die Fram-Straße gelangt (Abb. 58, siehe Kap. 8.3.1.). Das OZM V wird durch zwei Eisdriftströme aus dem Arktischen Ozean geprägt, wobei der westliche wahrscheinlich Eis aus dem Amerasischen Becken durch die westliche Fram-Straße transportiert, während der östliche Eis aus dem Eurasischen Becken nach Süden befördert. Die Grenze dieser beiden Eisströme hat nach den Ergebnissen von SPIELHAGEN (1990) bei ca.  $1^{\circ}$ W gelegen (siehe Kap. 8.3.1.). Lokale Einflüsse sind lediglich in geringem Ausmaß am südöstlichen Kontinentalhang von Spitsbergen zu beobachten. Auch im Zusammenhang mit dem OZM V liegen keine Hinweise auf Tiefenwasserbildung vor. Die Abfolge der einzelnen Oberflächenzirkulationsmuster, sowohl während der bisher diskutierten Stadien 1 bis 6 als

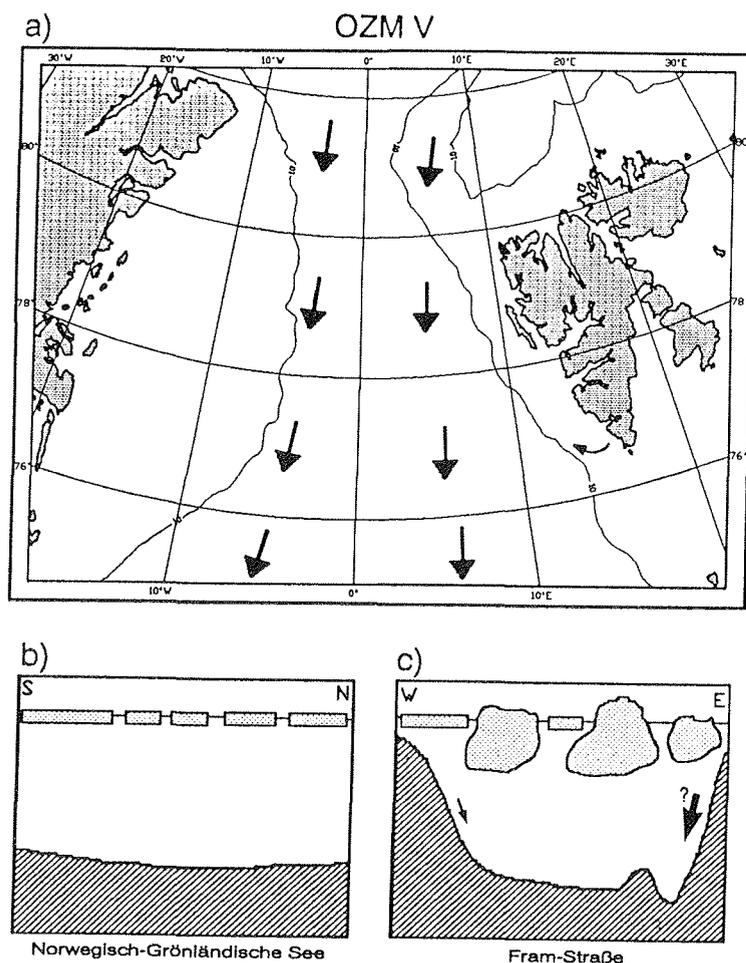


Abb. 58: (a) Schematisches Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) V für die Fram-Straße (glaziale Bedingungen in Verbindung mit Eistransport über den Arktischen Ozean). (b) Schematisches Nord-Süd-Profil durch die Norwegisch-Grönländische See mit Angaben zur Tiefenwasserbildung und zur Eisbedeckung. (c) Schematisches Ost-West-Profil durch die Fram-Straße mit Angaben zum bodennahen Suspensionstransport und zur Eisbedeckung. Unterschiedliche Dicke der Pfeile zeigt unterschiedliche Intensitäten der Strömungen an. (Legende siehe Abb. 54).

auch während der im folgenden erörterten älteren Isotopenstadien (7 - 12), ist in Abb. 53 dargestellt.

### 8.5. Oberflächenzirkulation in den älteren Isotopenstadien (7 bis 12)

Die Rekonstruktion der Oberflächenzirkulation für den Verlauf der Stadien 7 bis 12 ist aufgrund der starken Karbonatlösung, besonders in den Sedimenten, die älter sind als 300.000 Jahre, problematisch. Durch die Karbonatlösung sind Coccolithen und der Anteil planktischer Foraminiferen an der Grobfraction, die bisher mit als Hinweise auf "offenes Wasser und saisonale Eisbedeckung" interpretiert wurden, nicht mehr in ihrer ursprünglichen Form erhalten. In den älteren Sedimenten kann somit für die Identifikation von Zeit-

abschnitten, in denen "offenes Wasser und saisonale Eisbedeckung" vorgeherrscht haben, größtenteils nur auf den Opalgehalt zurückgegriffen werden. Da nur die Kerne aus der zentralen Fram-Straße Sedimente enthalten, die älter als 200.000 Jahre sind, können im folgenden auch keine Aussagen mehr über den Einfluß des bodennahen Transportes am Kontinentalhang von Spitsbergen gemacht werden.

Das Isotopenstadium 7 zeichnet sich über den größten Teil seines Verlaufes durch geringe Grobfraktionsgehalte (Abb. 45), relativ schwere  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte (Abb. 40) und hohe Opalgehalte (Abb. 49) aus. Ähnliche Bedingungen traten im mittleren und im jüngeren Stadium 3 auf. GARD & BACKMAN (1990) fanden in der Norwegischen See im Verlauf der Stadien 7 und 8 nur geringe Vorkommen von Coccolithen und schlossen daraus ebenfalls auf Umweltbedingungen ähnlich denen im Isotopenstadium 3. Aufgrund der Analyse des Karbonatgehaltes in Kernen aus der Norwegischen See kommen KELLOGG et al. (1978) und HENRICH et al. (1989) zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen bezüglich des Stadiums 7. Diese Differenzen sind jedoch auf verschiedene Interpretationen der jeweiligen Sauerstoffisotopenkurven zurückzuführen. Folgt man der Interpretation von HENRICH et al. (1989), die auch im Einklang mit der für die hier untersuchten Kerne erstellten Stratigraphie steht, so ist das Stadium 7 in der Norwegischen See durch Karbonatgehalte (10% bis 30%) gekennzeichnet, die vergleichbar mit denen des Isotopenstadiums 5 sind. Aus diesen Beobachtungen läßt sich für die nördlich gelegene Fram-Straße für das Stadium 7 auf eine Oberflächenzirkulation entsprechend dem OZM III (Abb. 56) schließen.

Im mittleren Isotopenstadium 8 wies die Oberflächenzirkulation in der Fram-Straße sowohl Komponenten des OZM IV (Abb. 57) als auch des OZM V (Abb. 58) auf. Während auf dem 80°N-Profil ein verstärkter terrigener Eintrag anhand von Kohlepartikeln einen Transport von sedimentbedecktem Eis aus dem Arktischen Ozean belegt, ist auf dem 78°N-Profil zeitgleich der Eintrag terrigener Materials von Spitsbergen zu beobachten (siehe Kap. 6.1.1.). Diese Situation ist wahrscheinlich auf das gleichzeitige Vorrücken der Gletscher auf Spitsbergen und in Sibirien zurückzuführen, das in beiden Gebieten eine verstärkte Produktion sedimentbeladener Eisberge und/oder Eisschollen zufolge hatte. Der Einstrom von Norden aus dem Arktischen Ozean hat zu einer Verschiebung des zyklonalen Wirbels des OZM IV nach Süden geführt, so daß dessen Einfluß nur noch den 78. Breitengrad erreichte. Die beiden westlichsten Kerne auf dem 78°N-Profil (1297-4 und 1298-4) bilden wieder eine Ausnahme und besitzen keine Hinweise auf einen verstärkten terrigenen Eintrag im mittleren Stadium 8. Das bedeutet, daß sie sich zu dieser Zeit im Einflußbereich des Ostgrönlandstromes befanden.

Der übrige Teil des Stadiums 8 weist etwas höhere  $C_{org}$ -Akkumulationsraten als die umliegenden Stadien auf (Abb. 43), die, zusammen mit den durchschnittlich höheren Grobfraktionsanteilen (Abb. 45), auf das Andauern eines stärkeren Eiseintrages hindeuten, wenngleich das Ausmaß geringer gewesen sein dürfte als im mittleren Stadium 8. Da für

den Anfang und für das Ende des Stadiums 8 die Isotopenwerte keinen Hinweis auf einen Eintrag von Spitsbergen liefern, waren diese Phasen wahrscheinlich durch ein schwach ausgeprägtes OZM V (Abb. 58) gekennzeichnet.

Die Phase vom mittleren Stadium 9 bis zum Anfang des Stadiums 8 wies nach den Daten von GARD & BACKMAN (1990) in der Norwegischen See ein interglaziales Gepräge auf. Hinweise auf vergleichbare Bedingungen liegen auch aus der Fram-Straße vor, wobei neben hohen Opalgehalten vor allem im Bereich der Stadiengrenze 8/9 auch noch einige Coccolithen erhalten sind. Anhaltspunkte auf einen verstärkten Eintrag eistransportierten Materials liegen für den Zeitraum vom mittleren Stadium 9 bis zum Beginn des Stadiums 8 nicht vor. Für diese Phase wird deshalb eine dem OZM I (Abb. 54) entsprechende Oberflächenzirkulation angenommen. Der Wechsel in den Sedimentationsraten des Kernes 1298-4 von  $>0,6$  cm/1000 Jahre für die älteren Sedimente ( $>300.000$  Jahre) auf  $<0,6$  cm/1000 Jahre für die jüngeren Sedimente und die gleichzeitige Zunahme der Grobfraction (siehe Kap. 5.4.3.) deuten ebenso wie die Entwicklung der  $C_{org}$ -Akkumulationsraten (siehe Kap. 6.1.4.) auf das Einsetzen des Ostgrönländischen-Polarfront-Stromes am Kontinentalhang von Grönland zu diesem Zeitpunkt hin .

Das Fehlen von Hinweisen auf "offenes Wasser und saisonale Eisbedeckung" sowie der hohe Grobfractionsanteil (Abb. 45), der nur auf Eistransport zurückgeführt werden kann, weisen darauf hin, daß im Verlauf des Stadiums 10 und am Anfang des Stadiums 9 in der Fram-Straße glaziale Bedingungen geherrscht haben. Hinweise auf einen verstärkten Eintrag terrigener organischer Substanz liegen für diesen Zeitraum allerdings nicht vor (Abb. 39). Da sich in diesem Fall aus der Untersuchung der organischen Komponenten keine Schlüsse auf die Herkunft des eistransportierten Materials ableiten lassen, ist eine endgültige Zuordnung dieser Phase zum OZM IV (Abb. 57) oder OZM V (Abb. 58) nicht durchführbar.

Das Isotopenstadium 11 ist in der Norwegischen See durch sehr hohe Coccolithenzahlen (GARD & BACKMANN 1990, BAUMANN 1990a) und entsprechend hohe Karbonatgehalte (KELLOGG et al. 1978) gekennzeichnet, aus denen auf ausgeprägte interglaziale Verhältnisse geschlossen werden kann. In der Fram-Straße weist das mittlere Stadium 11 hohe Opalgehalte (Abb. 49) und parallel dazu geringe Grobfractionsanteile (Abb. 45) auf. Für diesen Teil des Stadiums 11 müssen auch für die Fram-Straße Interglazialbedingungen (OZM I; Abb. 54) angenommen werden. Im jüngeren Teil sind einerseits die Grobfractionsanteile (Abb. 45) höher und andererseits die Opalgehalte niedriger (Abb. 49), so daß während dieser Phase die Fram-Straße wahrscheinlich eisbedeckt war. Gleichzeitig treten relativ leichte  $\delta^{13}C_{org}$ -Werte auf (Abb. 40), die auf einen Eintrag isotopisch leichter Ton-Siltsteine von Spitsbergen und daher auf ein dem OZM IV (Abb. 57) entsprechendes Zirkulationsmuster schließen lassen. Das steht in Einklang mit den Ergebnissen von GARD & BACKMAN (1990), nach denen die interglazialen Bedingungen in der Norwegischen See bereits kurz vor Ende des Isotopenstadiums 11 aufhörten.

Im Stadium 12 weisen die Sedimente in der Fram-Straße eine Zusammensetzung auf, die später nicht mehr aufgetreten ist. Obwohl es sich um ein Glazialstadium handelt, ist der Anteil der Grobfraktion, abgesehen von einem kurzen Abschnitt, ständig sehr gering. Hohe C/N-Verhältnisse (Abb. 39) und leichte  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werte (Abb. 40) belegen einen hohen Anteil terrigenen organischen Materials, dessen Herkunft wiederum in den mesozoischen Ablagerungen auf und um Spitsbergen zu vermuten ist. Die geringen Grobfraktionsanteile deuten daraufhin, daß dieses Material mit Eisschollen in die Fram-Straße transportiert wurde (siehe Kap. 6.2.). Wahrscheinlich war das Stadium 12 durch eine Oberflächenzirkulation ähnlich der im mittleren Stadium 3 (OZM III; Abb. 56) charakterisiert. Im Stadium 12 reichte dieses Strömungsmuster bis zu den Positionen der Kerne 1297-4 und 1298-4 in der westlichen Fram-Straße, was auf eine Abwesenheit des Ostgrönlandstromes oder auf seine Beschränkung auf einen Küstenstrom hinweist.

Während einer kurzen Phase im Stadium 12 war der Grobfraktionsanteil der Sedimente deutlich größer (Abb. 45), während die  $\text{C}_{\text{org}}$ -Gehalte (Abb. 38) und die  $\text{C}_{\text{org}}$ -Akkumulationsraten (Abb. 43) und die C/N-Verhältnisse (Abb. 39) geringer waren. Für diesen Zeitraum wird von GARD & BACKMAN (1990) ein verstärkter Einfluß atlantischen Wassers in die Norwegische See beschrieben, der möglicherweise bis in die Fram-Straße gereicht haben könnte. Eine solche Situation würde dem OZM II (Abb. 55) entsprechen, wobei grobes, wahrscheinlich eistransportiertes Material während dieser Phase entweder mit einer nordwärtsgerichteten Strömung von weit aus dem Süden in die Fram-Straße transportiert wurde, oder aber von Spitsbergen stammt und mit einem zyklonalen Wirbel über die Fram-Straße verteilt wurde.

## 9. Schlußfolgerungen

Die markanten Abfolgen der sedimentologischen, geochemischen und mikropaläontologischen Parameter ermöglichen eine gute Korrelation der Sedimentkerne aus der Fram-Straße. Anhand dieser Korrelation können die stratigraphischen Einstufungen datierter Kerne (MORRIS 1988, KÖHLER & SPIELHAGEN 1990) auch auf undatierte Kerne aus der Fram-Straße übertragen werden. Da die untypischen Sauerstoffisotopenstratigraphien aus der Fram-Straße eine höhere stratigraphische Auflösung als die Festlegung der Isotopenstadiengrenzen nicht zulassen, konnten auch nur diese auf die anderen Kerne übertragen werden, obwohl die Korrelation der Kerne untereinander eine höhere Auflösung zugelassen hätte. Auf diese Weise läßt sich anhand der Korrelation mit wenigen datierten Kernen ein stratigraphischer Rahmen für die gesamte Fram-Straße erstellen.

Die daraus abgeleiteten Sedimentationsraten weisen einen deutlichen Glazial/Interglazial-Trend auf, der durch hohe Werte in den Kaltzeiten und durch niedrigere Raten in den Warmzeiten gekennzeichnet ist. Einen größeren Einfluß als die wechselnden Klimasituationen übt allerdings die Morphologie der Fram-Straße aus. Am steilen Kontinentalhang vor Spitsbergen werden sehr hohe Sedimentationsraten beobachtet, die hauptsächlich auf eine intensive Zufuhr von Sedimentmaterial durch bodennahen Transport zurückgeführt werden. Da die Kerne aus diesem Bereich nahezu keine Anzeichen auf Massenumlagerungen aufweisen, muß es sich dabei um einen bodennahen Suspensionstransport handeln. Die größte Bedeutung hatte dieser Prozess während der Vereisungsphasen auf Spitsbergen. In der zentralen Fram-Straße stehen die Sedimentationsraten etwa im Einklang mit den Partikelflußraten (BERNER 1991). Für den Kontinentalhang von Grönland muß aufgrund der Diskrepanz zwischen den geringen Sedimentationsraten und den noch geringeren Partikelflußraten (HEBBELN & WEFER 1991) und aufgrund der groben Kornverteilungen sowohl eine bodennahe Sedimentzufuhr als auch eine erosive Tätigkeit angenommen werden.

Die Gletschervorstöße auf Spitsbergen stehen im direkten Zusammenhang mit den Sedimentationsbedingungen in der Fram-Straße. Zeitgleich zu diesen Vorstößen in den Isotopenstadien 2, 3 und 4 (MANGERUD et al. 1990) ist in der östlichen und zentralen Fram-Straße ein deutlicher Anstieg in der Sedimentation terrigener organischer Kohlenstoffes zu beobachten, als dessen Herkunftsgebiet aufgrund der Verteilung der stabilen Kohlenstoffisotopen Spitsbergen angesehen werden muß. Während dieser Kaltphasen reichten die Gletscher wahrscheinlich bis an die Küste bzw. bis an den Schelfrand, wo sie große Mengen Material für den bodennahen Transport den Kontinentalhang hinab anlieferten und von wo aus mit Sediment beladene Eisberge die gesamte östliche und zentrale Fram-Straße erreichen konnten.

Während des Stadiums 6 wurden ebenfalls große Mengen terrigener organischer Substanz in die Fram-Straße eingetragen. Im Gegensatz zu den Stadien 2 bis 4, in denen das terrigene organische Material mit Ton-Siltsteinen aus dem Bereich von Spitsbergen eingetragen wurde,

handelt es sich im Stadium 6 hauptsächlich um Kohle, die nach den Ergebnissen von BISCHOF et al. (1990) über den Arktischen Ozean in die Fram-Straße gelangt ist. Dieser Unterschied im Material und im Herkunftsgebiet drückt sich auch in unterschiedlichen  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ -Werten aus, die somit als Anzeiger für die Liefergebiete für das terrigene organische Material (Kohle: Sibirien, Franz-Josef-Land; Ton-Siltsteine: Spitsbergen, Barentsschelf) angesehen werden können.

Für die letzten 500.000 Jahre konnten für die Fram-Straße fünf typische, einander abwechselnde Oberflächenzirkulationsmuster (OZM) rekonstruiert werden. Der variierende Einfluß wärmeren atlantischen Wassers spielte hauptsächlich in den Interglazialen eine bedeutende Rolle, trat aber auch in kurzen Phasen in den Kaltzeiten auf. Der Ostgrönlandstrom war während der letzten 300.000 Jahre ständig präsent, schwankte aber in seiner Ausdehnung nach Osten. Neben diesen Hauptströmungsachsen hat sich in der Fram-Straße über weite Zeiträume ein zyklonaler Wirbel etabliert, der aber während der älteren Glaziale (6 und 8), die durch den Transport sedimenttransportierender Eisberge über den Arktischen Ozean in die Fram-Straße gekennzeichnet sind, nicht auftrat. Von entscheidender Bedeutung für die Sedimentationsbedingungen ist die Frage nach dem Vorhandensein einer Eisbedeckung, die sich einerseits anhand von Parametern, die offenes Wasser anzeigen, und andererseits von Parametern, die den Eintrag eistransportierten Materials dokumentieren, rekonstruieren läßt. In den Sedimenten aus den letzten 500.000 Jahren wurde der älteste Hinweis auf die Existenz des Ostgrönlandstromes im Isotopenstadium 8 gefunden. Das Auftreten von hohen  $\text{C}_{\text{org}}$ -Gehalten in der zentralen Fram-Straße in diesem Stadium und deren Fehlen in den westlichen Kernen deutet auf zwei südwärts gerichtete Strömungen hin, wobei die westliche, auch verglichen mit den späteren Stadien, dem Ostgrönlandstrom entspricht. Während des Stadiums 12 konnte die Sedimentation  $\text{C}_{\text{org}}$ -reichen, feinen Materials von der zentralen Fram-Straße auch auf die westliche Fram-Straße übergreifen. Zu dieser Zeit kann der Ostgrönlandstrom, sofern er existiert hat, nur als Küstenstrom ausgebildet gewesen sein. Da für den Zeitabschnitt der Stadien 9 bis 11 keine definitiven Hinweise über den Ostgrönlandstrom vorliegen und da sich an der Stadiengrenze 8/9 die Sedimentationsbedingungen für den westlichsten Kern (1298-4) ändern, wird das Einsetzen des Ostgrönlandstromes für ca. 300.000 Jahre angenommen. Von da an liegen ständig Hinweise auf seine Existenz vor, wobei seine Ausdehnung nach Osten aber Schwankungen unterworfen war.

Die Karbonatsedimentation in der Fram-Straße steht nicht in einem direkten Zusammenhang zur Oberflächenzirkulation, sondern ist vielmehr das Spiegelbild einer komplexen Lösungsgeschichte. Diese Lösungsgeschichte läßt sich in drei Phasen gliedern: in der Phase 1 (500.000 - 300.000 Jahre) besitzen die Sedimente sehr geringe Karbonatgehalte von <3%. Dies ist generell auch in der Phase 2 (300.000 - 130.000 Jahre) der Fall, in der aber mehrere Sedimentationsereignisse mit bis zu 10% Karbonatanteilen auftreten. Die Sedimente der Phase 3 (die letzten 130.000 Jahre) weisen nahezu durchgängig Karbonatgehalte über 5% auf. Diese Entwicklung wird auf eine generelle Absenkung der Lysokline im späten

Känozoikum (VAN ANDEL 1975) zurückgeführt, die im Verlauf der letzten 500.000 Jahre in der Fram-Straße den kritischen Tiefenbereich durchquert haben muß, aus dem die untersuchten Kerne stammen (2500 m - 3100 m). Diese Absenkung der Lysokline wird durch regionale Effekte überlagert, die z.B. für die episodisch auftretenden Karbonaterhaltungsmaxima in der Phase 2 verantwortlich sind.

Bei diesen regionalen Effekten kann es sich u.a. um die Tiefenwasserbildung in der Grönländischen See handeln. Neben den aus der Literatur bekannten jüngeren Phasen der Tiefenwasserbildung in der Norwegisch-Grönländischen See während der Stadien 1, 4 und 5 (DUPLESSY et al. 1988a,b) gibt es Hinweise auf 4 weitere kurze Phasen in den Stadien 2, 3 und 6. Diese Phasen zeichnen sich durch das parallele Auftreten von Coccolithen (GARD 1987), die als Anzeiger für zumindest saisonal offene Wasserflächen eine der Grundvoraussetzungen für die Tiefenwasserbildung belegen, und der benthischen Foraminifere *Cibicides wuellerstorfi* (HAAKE & PFLAUMANN 1989), die an gut durchlüftetes Bodenwasser gebunden ist (STREETER & SHACKLETON 1979), aus. Hinzu kommt für die beiden Ereignisse im Stadium 6 eine ungewöhnlich gute Karbonaterhaltung, die ebenfalls mit einer Belüftung des Bodenwassers erklärt werden kann. Ältere Funde von Coccolithen in Verbindung mit guter Karbonaterhaltung in der Fram-Straße sind möglicherweise auf ähnliche ozeanographische Bedingungen zurückzuführen. Da für diese älteren Sedimente aber keine Daten über die Verteilung benthischer Foraminiferen in der Fram-Straße oder der Norwegischen See vorliegen und damit ein wichtiger Hinweis auf die Qualität des Bodenwassers fehlt, können für diese älteren Ereignisse keine definitiven Aussagen gemacht werden.

Diese vier kurzen Phasen der Tiefenwasserbildung, die alle in Glazialzeiten auftreten, sind alle mit einem nordwärts gerichteten Einstrom wärmeren Wassers verbunden. Nur dieser ist in den Glazialzeiten in der Lage, größere Areale eisfrei zu halten, ohne die eine Tiefenwasserbildung nicht möglich wäre. Dieser Einstrom wärmeren Wassers aus dem Süden wird durch das parallele Auftreten von Coccolithen und Funden von Schreibkreidefragmenten in den betreffenden Sedimenten, die nur aus dem Nord- und Ostseeraum in die Norwegische See und die Fram-Straße transportiert worden sein können, eindeutig belegt.

## 10. Literaturverzeichnis

- AAGARD, K. (1982): Inflow from the Atlantic Ocean to the Polar Basin.- In: REY L. (Hrsg.): The Arctic Ocean.- Comité Arctique International, Monaco, 69-82.
- AAGARD, K. & COACHMAN, L.K. (1968): The East Greenland Current north of Denmark Strait, Part I.- *Arctic*, 21, 181-200.
- ANDERSEN, B.G. (1981): Late Weichselian ice sheets in Eurasia and Greenland.- In: DENTON, G.H. & HUGHES, T.J.(Hrsg.): The Last Great Ice Sheets.- John Wiley & Sons, New York, 1-65.
- ANDERSON, L.G., JONES, E.P., KOLTERMANN, K.P., SCHLOSSER, P., SWIFT, J.H. & WALLACE, D.W.R. (1989): The first oceanographic section across the Nansen basin in the Arctic Ocean.- *Deep-Sea Res.*, 36, 475-482.
- ARRHENIUS, G. (1988): Rate of production, dissolution and accumulation of biogenic solids in the ocean.- *Paleogeogr. Paleoclimat. Paleoecol.*, 67, 119-146.
- BAUMANN, K.-H. (1990a): Veränderlichkeit der Coccolithophoridenfauna des Europäischen Nordmeeres im Jungquartär.- *Ber. Sonderforschungsbereich 313, Universität Kiel*, 22, 146 S..
- BAUMANN, M. (1990b): Coccoliths in sediments of the eastern Arctic Basin.- In: BLEIL, U. & THIEDE, J. (Hrsg.): Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic.- Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 437-445.
- BAUMANN, M.E.M. (1990c): Untersuchung zur Primärproduktion und Verteilung des Phytoplanktons der Grönlandsee mit Kulturexperimenten zum Einfluss des Lichts und der Temperatur auf Wachstum und Photosyntheseleistung arktischer Diatomeen.- Dissertation, Rheinisch-Westfälische Hochschule Aachen, 196 S..
- BELANGER, P.E. (1982): Paleo-oceanography of the Norwegian Sea during the past 130,000 years: coccolithophorid and foraminiferal data.- *Boreas*, 11, 29-36.
- BERGER, W.H. (1973): Deep-sea carbonates: Pleistocene dissolution cycles.- *Journ. Foram. Res.*, 3, 187-195.
- BERGER, W.H., DIESTER-HAAS, L. & KILLINGLEY, J.S. (1978): Upwelling off North-West Africa: the Holocene decrease as seen in carbon isotopes and sedimentological indicators.- *Oceanol. Acta*, 1, 3-7.
- BERGGREN, W.A. (1972): Late Pliocene-Pleistocene glaciation.- *Init. Rep. Deep-Sea Drill. Project*, 12,953-963.
- BERNER, H. (1991): Mechanismen der Sedimentbildung in der Framstraße, im Arktischen Ozean und in der Norwegischen See.- *Ber. Fachbereich Geowissenschaften, Univ. Bremen*, im Druck.
- BERNER, H. & WEFER, G. (1990): Physiographic and biological factors controlling surface sediment distribution in the Fram Strait.- In: BLEIL, U. & THIEDE, J. (Hrsg.): Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic.- Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 317-335.
- BERTH, W., KELLER, W. & SCHARNOW, U. (1965): *Wetterkunde*.- VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin, 387 S..

- BISCHOF, J. (1990): Dropstones in the Norwegian-Greenland Sea - Indications of Late Quaternary circulation patterns? - In: BLEIL, U. & THIEDE, J. (Hrsg.): Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic.- Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 499-518.
- BISCHOF, J., KOCH, J., KUBISCH, M., SPIELHAGEN, R.F. & THIEDE, J. (1990): Nordic Seas surface ice drift reconstructions: evidence from ice rafted coal fragments during oxygen isotope stage 6.- In: DOWDESWELL J.A. & SCOURSE J.D. (Hrsg.): Glacimarine Environments: Processes and Sediments.- Geol. Soc. Spec. Publ. No 53, 235-251.
- BLEIL, U. & GARD, G. (1989): Chronology and correlation of Quaternary magnetostratigraphy and nannofossil biostratigraphy in Norwegian-Greenland Sea sediments.- Geol. Rundsch., 78, 1173-1187.
- BLINDHEIM, J. (1987): Cascading of Barents Sea bottom water into the Norwegian Sea.- ICES Symposium 1987, Paper 61, 17 S..
- BOHRMANN, G. (1988): Zur Sedimentationsgeschichte von biogenem Opal im nördliche Nordatlantik und dem Europäischen Nordmeer (DSDP/ODP-Bohrungen 408, 642, 643, 644, 646 und 647).- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Universität Kiel, 9, 1-221.
- BORDOWSKIY, O.K. (1965): Sources of organic matter in marine basins.- Marine Geol., 3, 5-31.
- BOURKE, R.H., NEWTON, J.L., PAQUETTE, R.G. & TUNNICLIFFE, M. (1987): Circulation and watermasses of the East Greenland shelf.- Journ. Geophys. Res., 92, 6729-6740.
- BREMNER, J.M. (1959): Determination of fixed ammonium in soil.- Journ. Agr. Sci., 52, 147-160.
- BROECKER, W.S. & VAN DONK, J. (1972): Insolation changes, ice volumes and the  $\delta^{18}\text{O}$  record in deep-sea cores.- Rev. Geophys., 8, 169-198.
- BROECKER, W.S. & PENG, T.-H. (1982): Tracers in the Sea.- Eldigio Press, Palisades, New York, 690 S..
- BROECKER, W.S., PETEET, D.M. & RIND, D. (1985): Does the ocean-atmosphere system have more than one stable mode of operation? - Nature, 315, 21-26.
- CARSTENS, J. & WEFER, G. (1991a): Distribution of planktonic foraminifera at the ice margin in the Fram Strait.- eingereicht bei Mar. Micropal..
- CARSTENS, J. & WEFER, G. (1991b): Recent distribution of planktonic foraminifera in the Nansen Basin, Arctic Ocean.- eingereicht bei Deep Sea Res..
- CALVERT, S.E. & FONTUGNE, M.R. (1987): Stable carbon isotopic evidence for the marine origin of the organic matter in the holocene Black Sea sapropel.- Chem. Geol., 66, 315-322.
- CHAPPEL, J. & SHACKLETON, N.J. (1986): Oxygen isotopes and sea level.- Nature, 324, 137-140.
- CHURKIN, M.Jr. & TREXLER, J.H.Jr. (1981): Continental plates and accreted oceanic terranes in the Arctic.- In: NAIRN, A.E.M., CHURKIN, M.Jr. & STEHLI, F.G. (Hrsg.): The Ocean Basins and Margins, Bd.5, The Arctic Ocean.- Plenum Press, New York, 1-20.
- CLARK, D.L. (1988): Early history of the Arctic Ocean.- Paleoceanography, 5, 539-550.

- CLARK, D.L. & HANSON, A. (1983): Central Arctic Ocean sediment texture: A key to ice transport mechanisms.- In: MOLNIA B.F. (Hrsg.): *Glacial-Marine Sedimentation*.- Plenum, New York, 301-330.
- CLARK, D.L., ANDRÉE, M., BROECKER, W.S., MIX, A.C., BONANI, G., HOFMANN, H.J., MORENZONI, E., NESSI, M., SUTER, M. & WÖLFLI, W. (1986): Arctic Ocean chronology confirmed by accelerator  $^{14}\text{C}$  dating.- *Geophys. Res. Lett.*, 13, 319-321.
- CLARKE, R.A., SWIFT, J.H., REID, J.L. & KOLTERMANN K.P. (1990): The formation of Greenland Sea Deep Water: Double diffusion or deep convection? - *Deep-Sea Res.*, 37, 1385-1424.
- CLIMAP (1976): The surface of the ice-age earth.- *Science*, 191, 1131-1137.
- COLONY, R. & THORNDIKE, A.S. (1985): Sea ice motion as a drunkard's walk.- *Journ. Geophys. Res.*, 90, 965-974.
- CRAIG, H. (1957): Isotopic standards for carbon & oxygen and correction factors for mass spectrometric analysis of  $\text{CO}_2$ .- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 12, 133-149.
- DARBY, D.A., BURCKLE, L.H. & CLARK, D.L. (1974): Airborne dust on the Arctic pack ice: its composition and fallout rate.- *Earth and Planetary Sc. Rep.*, 477, 1-13.
- DEAN, W.E., ARTHUR, M.A. & CLAYPOOL, G.E. (1986): Depletion of  $^{13}\text{C}$  in cretaceous marine organic matter: source, diagenetic, or environmental signal? - *Mar. Geol.*, 70, 119-157.
- DEGENS, E.T. (1969): Biogeochemistry of stable carbon isotopes.- In: EGLINTON, G. & MURPHY, M.T.J.: *Organic Geochemistry*.- Springer Verlag, Berlin, 304-329.
- DEGENS, E.T., GUILLARD, R.R.L., SACKETT, W.M. & HELLEBUST, J.A. (1968a): Metabolic fractionation of carbon isotopes in marine plankton - I. Temperature and respiration experiments.- *Deep-Sea Res.*, 15, 1-9.
- DEGENS, E.T., BEHRENDT, M., GOTTHARDT, B. & REPPMANN, E. (1968b): Metabolic fractionation of carbon isotopes in marine plankton - II. Data on samples collected off the coasts of Peru and Equador.- *Deep-Sea Res.*, 15, 11-20.
- DEMASTER, D.J. (1981): The supply and accumulation of silica in the marine environment.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 45, 1715-1732.
- DIBNER, V.D. & KRYLOVA, N.M. (1963): Stratigraphic position and material composition of coal measures in Franz Josef Land.- *Sovietskaya Geologiya*, 7, 77-89 (in Russian), Übersetzung: *Int. Geol. Rev.*, 7 (6), 1030-1038, 1965.
- DIETRICH, G. (1969): Atlas of the Hydrography of the Northern Atlantic Ocean Based on the Polar Front Survey of the International Geophysical Year, Winter and Summer 1958.- International Council for the Exploration of the Sea, Hydrographic Service, Copenhagen.
- DOWDESWELL, J.A. & DOWDESWELL, E.K. (1989): Debris in icebergs and rates of glaci-marine sedimentation: Observations from Spitsbergen and a simple model.- *Journ. Geol.*, 97, 221-231.
- DUPLESSY, J.-C. & SHACKLETON, N.J. (1985): Response of global deep-water circulation to Earth's climatic change 135,000-107,000 years ago.- *Nature*, 316, 500-507.

- DUPLESSY, J.-C., LABEYRIE, L. & BLANC, P.L. (1988a): Norwegian Sea deep water variations over the last climatic cycle: paleo-oceanographical implications.- In: WANNER, H. & SIEGENTHALER, U. (Hrsg.): Long and Short Term Variability of Climate.- Lecture Notes in Earth Sciences, 16, Springer Verlag, New York, 83-107.
- DUPLESSY, J.-C., SHACKLETON, N.J., FAIRBANKS, R.G., LABEYRIE, L., OPPO, D. & KALLEL, N. (1988b): Deepwater source variations during the last climatic cycle and their impact on the global deepwater circulation.- *Paleoceanography*, 3, 343-360.
- EGGIMAN, D.W., MANNHEIM, F.T. & BETZER, P.R. (1980): Dissolution and analysis of amorphous silica in marine sediments.- *Journ. Sediment. Petrol.*, 50, 215-225.
- EISENHAUER, A., MANGINI, A., BOTZ, R., WALTER, P., BEER, J., BONANI, G., SUTER, M., HOFMANN, H.J. & WÖLFLI, W. (1990): High resolution  $^{10}\text{Be}$  and  $^{230}\text{Th}$  stratigraphy of late Quaternary sediments from the Fram Strait (Core 23235).- In: BLEIL, U. & THIEDE, J. (Hrsg.): Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic.- Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 475-487.
- ELVERHØI, A. (1984): Glacigenic and associated marine sediments in the Weddell Sea, fjords of Spitsbergen and the Barents Sea.- *Mar. Geol.*, 57, 53-88.
- EMERSON, S. & HEDGES, J.I. (1988): Processes controlling the organic carbon content of open ocean sediments.- *Paleoceanography*, 3, 621-634.
- FARRELLY, B., GAMMELSRÖD, T., GOLMEN, L.G. & SJÖBERG, B. (1985): Hydrographic conditions in the Fram Strait, summer 1982.- *Polar Res.*, 3, 227-238.
- FAURE, G. (1977): Principles of isotope geology.- John Wiley & Sons, New York, 464 S..
- FISCHER, G. (1989): Stabile Kohlenstoff-Isotope in partikulärer organischer Substanz aus dem Südpolarmeer (atlantischer Sektor).- *Ber. Fachbereich Geowissenschaften, Univ. Bremen*, 5, 161 S..
- FONTUGNE, M.R. & DUPLESSY, J.C. (1978): Carbon isotope ratio of marine plankton related to surface water masses.- *Earth Planet. Sci. Let.*, 41, 365-371.
- FONTUGNE, M.R. & DUPLESSY, J.C. (1981): Organic carbon isotopic fractionation by marine plankton in the temperature range -1 to 31°C.- *Oceanologica Acta*, 4, 85-90.
- GANNSEN, G. & SARNTHEIN, M. (1983): Stable-isotope composition of foraminifers: The surface and bottom water record of coastal upwelling.-In: SUESS, E. & THIEDE, J. (Hrsg.): Coastal Upwelling, Its sediment record (Part A), 99-121, New York, Plenum Press.
- GARD, G. (1986): Calcareous nannofossil stratigraphy in late Quaternary Arctic sediments.- *Boreas*, 15, 217-229.
- GARD, G. (1987): Late Quaternary calcareous nannofossil biostratigraphy and sedimentation patterns: Fram Strait, Arctica.- *Paleoceanography*, 2, 219-229.
- GARD, G. & BACKMAN, J. (1990): Synthesis of arctic and subarctic coccolith biochronology and history of North Atlantic drift water influx during the last 500,000 years.- In: BLEIL, U. & THIEDE, J. (Hrsg.): Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic.- Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 499-518.
- GASCARD, J.-C., KERGOMARD, C., JEANNIN, P.-F. & FILY, M. (1988): Diagnostic study of the Fram Strait marginal ice zone during summer.- *Journ. Geophys. Res.*, 93, 3613-3641.

- GEARING, J.N. (1988): The use of stable isotope ratios for tracing the nearshore-offshore exchange of organic matter.- In: JANSSON, B.-O. (Hrsg.): *Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies*, 22, 69-101, Springer Verlag, Berlin.
- GORDIENKO, P.A. & LAKTIONOV, A.F. (1969): Circulation and physics of the Arctic basin waters.- In: *Annals of the International Geophysical Year, Oceanography* 46, Pergamon Press, New York, 94-112.
- GORDON, A.L. (1986): Interocean exchange of thermocline water.- *Journ. Geophys. Res.*, 91, 5037-5046.
- GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M. & KREMLING, K. (1983): *Methods of Seawater Analysis*.- 2. Auflage, Verlag Chemie, Weinheim, 417 S.
- HAAKE, F.-W. & PFLAUMANN, U. (1989): Late Pleistocene foraminiferal stratigraphy on the Vöring Plateau, Norwegian Sea.- *Boreas*, 18, 343-356.
- HAMMER, C.U., CLAUSEN, H.B., DANSGAARD, W. NEFTEL, A. KRISTINSDOTTIR, P. & JOHNSON, E. (1985): Continuous impurity analysis along the Dye 3 deep core.- In: LANGWAY, C.C., OESCHGER, H. & DANSGAARD, W. (Hrsg.): *Greenland Ice Core: Geophysics, Geochemistry and the Environment*.- Am. Geophys. Union, *Geophys. Monograph*, 33, 90-94.
- HANCOCK, J.M. (1984): Cretaceous.- In: GLENNIE, K.W. (Hrsg.): *Introduction to the Petroleum Geology of the North Sea*.- Blackwell, Oxford, 133-150.
- HAQ, B.U. (1978): Calcareous nannoplankton.- In: HAQ, B.U. & BOERSMA, A. (Hrsg.): *Introduction to Marine Micropaleontology*.- Elsevier, New York, 79-108.
- HARLAND, W.B., PICKTON, C.A.G., WRIGHT, N.J.R., CROXTON, C.A., SMITH, D.G., CUTBILL, J.L. & HENDERSEN, W.G. (1976): Some coal-bearing strata in Svalbard.- *Norsk Polarinst. Skrift.*, 164.
- HEBBELN, D. & BERNER, H. (in Vorb.): Surface sediment distribution in the Fram Strait related to physiography and biological processes.
- HEBBELN, D. & WEFER, G. (1991): Effects of ice coverage and ice-rafted material on sedimentation in the Fram Strait.- *Nature*, 350, 409-411.
- HEBBELN, D., WEFER, G. & BERGER, W.H. (1990): Pleistocene dissolution fluctuations from apparent depth of deposition in core ERDC-127P, West-Equatorial Pacific.- *Mar. Geol.*, 92, 165-176.
- HEDGES, J.I. & VAN GEEN, A. (1982): A comparison of lignin and stable carbon isotope compositions in quaternary marine sediments.- *Mar. Chem.*, 11, 43-54.
- HEDGES, J.I., CLARK, W.A., QUAY, P.D., RICHEY, J.E., DEVOL, A.H. & DE SANTOS, U. (1986): Compositions and fluxes of particulate organic material in the Amazon River.- *Limnol. Oceanogr.*, 31, 717-738.
- HELLAND-HANSEN, B. & NANSEN, F. (1909): The Norwegian Sea, its physical oceanography based upon the norwegian researches 1900-1904.- *Report on Norwegian fishery and marine investigations*, 2, part 1, No. 2, Mallingske, Christiania (Oslo).
- HENRICH, R. (1990): Cycles, rhythms, and events in Quaternary Arctic and antarctic glaciomarine deposits.- In: BLEIL, U. & THIEDE, J. (Hrsg.): *Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic*.- Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 213-244.

- HENRICH, R., KASSENS, H., VOGELSANG, E. & THIEDE, J. (1989): Sedimentary facies of glacial-interglacial cycles in the Norwegian Sea during the last 350 ka.- *Mar. Geol.*, 86, 283-319.
- HOEFS, J. (1987): *Stable Isotope Geochemistry*.- Springer Verlag, Berlin, 237 S..
- HOLMES, M.L. & CREAGER, J.S. (1974): Holocene history of the Laptev Sea continental shelf.- In: HERMAN, Y. (Hrsg.): *Marine Geology and Oceanography of the Arctic Seas*.- Springer Verlag, New York, 211-229.
- HONJO, S. & OKADA, H. (1974): Community structure of coccolithophorids in the photic layer of the mid-Pacific Ocean.- *Micropaleontol.*, 20, 209-230.
- HUNKINS, K., BÉ, A.W.H., OPDYKE, N.D. & MATHIEU, G. (1971): The late Cenozoic history of the Arctic Ocean.- In: TUREKIAN, K.K. (Hrsg.): *Late Cenozoic Glacial Ages*.- Yale University Press, New Haven, Con., 215-237.
- IMBRIE, J., HAYS, J.D., MARTINSON, D.G., MCINTYRE, A., MIX, A.C., MORLEY, J.J., PISIAS, N.G., PRELL, W.L. & SHACKLETON, N.J. (1984): The orbital theory of Pleistocene climate: Support from a revised chronology of the marine  $\delta^{18}\text{O}$  record.- In: BERGER, A.L., IMBRIE, J., HAYS, J.D., KUKLA, G.J. & SALTZMAN, B. (Hrsg): *Milankovitch and Climate*, Reidel, Dordrecht, 269-305.
- JASPER, J.P. & GAGOSIAN, R.B. (1989): Glacial-interglacial climatically forced  $\delta^{13}\text{C}$  variations in sedimentary organic matter.- *Nature*, 342, 60-62.
- JOHANNESSEN, O.M. (1986): Brief overview of the physical oceanography.- In: HURDLE, B.G. (Hrsg.): *The Nordic Seas*.- Springer Verlag, New York, 103-127.
- JOHANNESSEN, J.A., JOHANNESSEN, O.M., SVENDSEN, E., SHUCHMAN, R.A., MANLEY, T., CAMPBELL, W.J., JOSBERGER, E., SANDVAN, S., GSACARD, J.-C., OLAUSEN, T., DAVIDSON, K. & VAN LEER, J. (1987): Mesoscale eddies in the Fram Strait marginal ice zone during the 1983 and 1984 Marginal Ice Zone Experiments.- *Journ. Geophys. Res.*, 92, 6754-6772.
- JONES, G.A. & KEIGWIN, L.D. (1988): Evidence from Fram Strait (78°N) for early deglaciation.- *Nature*, 336, 56-59.
- JOOS, F., SARMIENTO, J.L. & SIEGENTHALER, U. (1991): Estimates of the effect of Southern Ocean iron fertilization on atmospheric  $\text{CO}_2$  concentrations.- *Nature*, 349, 772-775.
- KELLOGG, T.B. (1976): Late Quaternary climatic changes: Evidence from deep-sea cores of Norwegian and Greenland Seas.- *Geol. Soc. Amer. Mem.*, 145, 77-110.
- KELLOGG, T.B. (1980) Paleoclimatology and paleo-oceanography of the Norwegian and Greenland Seas: glacial-interglacial contrasts.- *Boreas*, 9, 115-137.
- KELLOGG, T.B. (1987): Glacial-interglacial changes in global deepwater circulation.- *Paleoceanography*, 2, 259-271.
- KELLOGG, T.B., DUPLESSY, J.-C. & SHACKLETON, N.J. (1978): Planktonic foraminiferal and oxygen isotopic stratigraphy and paleoclimatology of Norwegian Sea deep-sea cores.- *Boreas*, 7, 61-73.
- KENNETT, J.P. (1982): *Marine Geology*.- Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 813 S..
- KILLWORTH, P.D. (1979): On "chimney" formation in the ocean.- *Journ. Phys. Oceanogr.*, 9, 531-554.

- KÖHLER, S.E.I. & SPIELHAGEN, R.F. (1990): The enigma of oxygen isotope stage 5 in the central Fram Strait.- In: BLEIL, U. & THIEDE, J. (Hrsg.): Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic.- Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 489-497.
- KUHN, G. (1986): Erprobung des AWI-Kolbenlotes ( $\varnothing$  84mm) und Vergleich mit anderen Kernverfahren.- In: GERSONDE, R. (Hrsg.): Die Expedition ARKTIS III mit FS Polarstern 1985.- Ber. Polarforschung, 28, 70-74.
- LARSSSEN, B.B., ELVERHØI, A. & AAGAARD, P. (1987): Study of particulate material in sea ice in the Fram Strait - a contribution to paleoclimatic research?- Polar Res., 5, 313-315.
- LINDNER, L. & MARKS, L. (1990): Approach to Late Quaternary stratigraphy of sediments of South and Central Spitsbergen.- First PONAM-Workshop 26.-29.11.1990 in Gent, Abstract Volume.
- LISITZIN, A.P. (1972): Sedimentation in the world ocean.- SEPM Spec. Publ., 17, 1-218.
- LOGVINENKO, N.V. & OGORODNIKOV, V.I. (1980): Recent sediments on the continental shelf of the Chukchi Sea.- Oceanology, 20, 448-452.
- MANABE, S. & STOUFFER, R.J. (1980): Sensitivity of a global climate model to an increase of CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere.- Journ. Geophys. Res., 85, 5529-5554.
- MANGERUD, J., SVENDSEN, J.I., LANDVIK, J. & SALVIGSEN, O. (1990): Glaciation history of Svalbard for the last 120,000 years.- First PONAM-Workshop 26.-29.11.1990 in Gent, Abstract Volume.
- MANUM, S.B. & THRONDSSEN, T. (1978): Rank of coal and dispersed organic matter and its geological bearing in the Spitsbergen tertiary.- Norsk Polarinst. Arbok 1977, 160-177.
- MARKUSSEN, B., ZAHN, R. & THIEDE, J. (1985): Late Quaternary sedimentation in the eastern Arctic Basin: Stratigraphy and depositional environment.- Paleogeogr. Paleoclimat. Paleoecol., 50, 271-284.
- MARQUARD, R.S. & CLARK, D.L. (1987): Pleistocene paleoceanographic correlations: Northern Greenland Sea to central Arctic Ocean.- Mar. Micropaleontol., 12, 325-341.
- MCINTYRE, A. & BÉ, A.W.H. (1967): Modern coccolithophorids of the Atlantic Ocean - I: Placoliths and cyrtoliths.- Deep-Sea Res., 14, 561-597.
- MIDTUN, L. (1985): Formation of dense bottom water in the Barents Sea.- Deep-Sea Res., 32, 1233-1241.
- MIENERT, J., MAYER, L.A., JONES, G.A. & KING, J.W. (1990): Physical and acoustic properties of Arctic Ocean deep-sea sediments: Paleoclimatic implications.- In: BLEIL, U. & THIEDE, J. (Hrsg.): Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic.- Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 455-473.
- MILLER, G.H., SEJRUP, H.P., LEHMAN, S.J. & FORMAN, S.L. (1989): Glacial history and marine environmental change during the last interglacial-glacial cycle, western Spitsbergen, Svalbard.- Boreas, 18, 273-296.
- MÖRK, A. & BJORÖY, M. (1984): Mesozoic source rocks on Svalbard.- In: SPENCER, A.M. (Hrsg.): Petroleum Geology of the North European Margin.- Norwegian Petroleum Society, Graham & Trotman, London, 371-382.

- MOGILEVKINA, I.A. (1964): Fixation of ammonium in soil and method of determining it.- *Soviet Soil Sci.*, 2, 185-196.
- MORRIS, T.H. (1988): Stable isotope stratigraphy of the Arctic Ocean: Fram Strait to central Arctic.- *Paleogeogr. Paleoclimat. Paleoecol.*, 64, 201-219.
- MORRIS, T.H., CLARK, D.L. & BLASCO, S.M. (1985): Sediments of the Lomonosov Ridge and Makarov Basin: A Pleistocene stratigraphy for the North Pole.- *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 96, 901-910.
- MORRIS, T.H. & CLARK, D.L. (1986): Pleistocene calcite lysocline and paleocurrents of the central Arctic Ocean and their paleoclimatic significance.- *Paleoceanography*, 1, 181-195.
- MORTLOCK, R.A. & FROELICH, P.N. (1989): A simple method for the rapid determination of biogenic opal in pelagic marine sediments.- *Deep-Sea Res.*, 36, 1415-1426.
- MORTLOCK, R.A., CHARLES, C.D., ZIBELO, M.A., MALONE, P., SALTZMAN, J., WANG, C., HAYS, J.D., BURCKLE, L.H. & FROELICH, P.N. (1991): Reduced productivity in the Antarctic Ocean during the last Glacial.- *Nature*, 351, 220 - 223.
- MÜLLER, P.J. (1975): Diagenese stickstoffhaltiger organischer Substanzen in oxischen und anoxischen marinen Sedimenten.- *Meteor Forsch.-Ergebn.*, Reihe C, No. 22, 1-60.
- MÜLLER, P.J. (1977): C/N ratios in Pacific deep-sea sediments: effect of inorganic ammonium and organic nitrogen compounds sorbed by clays.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 41, 765-776.
- MÜLLER, P.J. & SUESS, E. (1979): Productivity, sedimentation rate, and organic matter in the oceans -- I. Organic carbon preservation.- *Deep-Sea Res.*, 26, 1347-1362.
- MÜLLER, P.J. & SCHNEIDER, R. (1991): An automated leaching method for the determination of opal in sediments and particulate matter.- eingereicht bei *Deep-Sea. Res.*
- NANSEN, F. (1897): *In Nacht und Eis - Die norwegische Polarexpedition 1893 - 1896.*- Band 1, Brockhaus Verlag, Leipzig, 526 S..
- NAUGLER, F.P., SILVERBERG, N. & CREAGER, J.S. (1974): Recent sediments of the East Siberian Sea.- In: HERMAN, Y. (Hrsg.): *Marine Geology and Oceanography of the Arctic Seas.*- Springer Verlag, New York, 191-210.
- NEWTON, J.L. & PIPER, L.E. (1981): Oceanographic data from Northwest Greenland Sea: Arctic East 1979 survey of USCGC "Westwind".- Report SAI-202-81-003-LJ, Science Applications Inc. La Jolla, Calif.
- NOWACZYK, N.R. (1991): Hochauflösende Magnetostratigraphie spätquartärer Sedimente arktischer Meeresgebiete.- *Ber. Polarforschung*, 78, 187 S.
- OKADA, H. & MCINTYRE, A. (1979): Seasonal distribution of modern coccolithophorids in the western north Atlantic Ocean.- *Marine Biol.*, 54, 319-328.
- O'LEARY, M.H. (1988): Carbon isotopes in photosynthesis.- *BioScience*, 38, 328-336.
- PAQUETTE, R.G., BOURKE, R.H., NEWTON, J.L. & PERDUE, W. (1985): East Greenland polar front in autumn.- *Journ. Geophys. Res.*, 90, 4866-4882.
- PERRY, R.K., FLEMING, H.S., CHERKIS, N.Z., FEDEN R.H. & VOGT, P.R. (1980): Bathymetry of the Norwegian-Greenland and Western Barents Seas.- Karte, Naval Research Laboratory, Washington, D.C.

- PERRY, R.K., FLEMING, H.S., CHERKIS, N.Z., FEDEN R.H. & VOGT, P.R. (1985): Bathymetry of the Arctic Ocean.- Karte, Naval Research Laboratory, Washington, D.C.
- PFIRMAN, S.L. & SOLHEIM, A. (1989): Subglacial meltwater discharge in the open-marine tidewater glacier environment: Observations from Nordaustlandet, Svalbard Archipelago.- *Marine Geol.*, 86, 265-281.
- PFIRMAN, S.L., WOLLENBURG, I., THIEDE, J. & LANGE, M.A. (1989): Lithogenic sediment on Arctic pack ice: Potential aeolian influx and contribution to deep-sea sediments.- In: SARNTHEIN M. & LEINEN M. (Hrsg.): *Paleoclimatology and Paleometeorology: Modern and Past Pattern of Global Atmospheric Transport.*- Kluwer, Dordrecht, 463-493.
- PFIRMAN, S.L., LANGE, M.A., WOLLENBURG, I. & SCHLOSSER, P. (1990): Sea ice characteristics and the role of sediment inclusions in deep-sea deposition: Arctic-Antarctic comparisons.- In: BLEIL, U. & THIEDE, J. (Hrsg.): *Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic.*- Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 187-211.
- PICKARD, G.L. & EMERY, W.J. (1982): *Descriptive Physical Oceanography.*- Pergamon Press, Oxford, 249 S.
- PRELL, W.L., IMBRIE, J., MARTINSON, D.G., MORLEY, J.J., PISIAS, N.G., SHACKLETON, N.J. & STREETER, H.F. (1986): Graphic correlation of oxygen isotope stratigraphy application to the Late Quaternary.- *Paleoceanography*, 1, 137-162.
- QUADFASEL, D., RUDELS, B. & KURZ, K. (1988): Outflow of dense water from a Svalbard fjord into the Fram Strait.- *Deep-Sea Res.*, 35, 1143-1150.
- RAU, G.H., SWEENEY, R.E. & KAPLAN, I.R. (1982): Plankton  $^{13}\text{C}$  :  $^{12}\text{C}$  ratio changes with latitude: differences between northern and southern oceans.- *Deep-Sea Res.*, 29, 1035-1039.
- RAU, G.H., TAKAHASHI, T. & DES MARAIS, D.J. (1989): Latitudinal variations in plankton  $\delta^{13}\text{C}$ : implications for  $\text{CO}_2$  and productivity in past oceans.- *Nature*, 341, 516-518.
- REDFIELD, A.C., KETCHUM, B.H. & RICHARDS, F.A. (1963): The influence of organisms on the composition of sea-water.- In: HILL, M.N. (Hrsg.): *The Sea.*- Vol. 2, 26-77, John Wiley & Sons, New York.
- RUHLAND, G. (1988): Parallelisierung von vier Sedimentkernen aus der Fram Straße mit Hilfe der Korngrößenverteilung.- unveröffentl. Diplom-Arbeit, Universität Bremen, 38 S.
- RYAN, W.B.F. (1972): Stratigraphy of Late Quaternary sediments in the Eastern Mediterranean.- In: STANLEY, D.Jr. : *The Mediterranean Sea: A Natural Sedimentation Laboratory.*- Dowden, Hutchinson & Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania, 149-169.
- SACKETT, W.M. (1964): The depositional history and isotopic organic carbon composition of marine sediments.- *Mar. Geol.*, 2, 173-185.
- SACKETT, W.M., ECKELMANN, W.R., BENDER, M.L. & BÉ, A.H.W. (1965): Temperature dependence of carbon isotope composition in marine plankton and sediments.- *Science*, 148, 235-237.
- SAMTLEBEN, C. & SCHRÖDER, A. (1990): Coccolithen-Gemeinschaften und Coccolithen-Sedimentation im Europäischen Nordmeer.- *Ber. Sonderforschungsbereich 313, Universität Kiel*, 25, 60 S.

- SARNTHEIN, M., WINN, K., DUPLESSY, J.-C. & FONTUGNE, M.R. (1988): Global Variations of surface ocean productivity in low and mid latitudes: influence on CO<sub>2</sub> reservoirs of the deep ocean and atmosphere during the last 21,000 years.- *Paleoceanography*, 3, 361-399.
- SARNTHEIN, M., HAHN, M., VOGELANG, E., ERLLENKEUSER, H., DUPLESSY, J.C. & ARNOLD, M. (1991): Meltwater spreading from the Barents Shelf Ice Sheet records an estuarine North Atlantic 13.6 ka ago.- eingereicht bei Nature.
- SCHAUER, U. (1989): Hydrographie der Fram Straße.- In: MEINKE, J. (Hrsg.): Fram Straße - Hydrobiologische und geowissenschaftliche Schlüsselregion zwischen Nordpolarmeer und Europäischem Nordmeer.- Ergebnisse eines Workshops am 4.4.1989 in Hamburg, Institut für Meereskunde, Universität Hamburg.
- SCHIENER, E.J. (1976): Coal geology.- In: ESCHER, A. & WATT, W.S. (Hrsg.): Geology of Greenland.- *Geol. Surv. of Greenland*, Kopenhagen, 506-516.
- SCHNEIDER, R. (1991): Spätquartäre Produktivitätsänderungen im östlichen Angola-Becken: Reaktion auf Variationen im Passat-Monsun-Windsystem und in der Advektion des Benguela-Küstenstromes.- *Ber. Fachbereich Geowissenschaften, Univ. Bremen*, 21, 198 S..
- SCHOLTEN, J.C., BOTZ, R., MANGINI, A., PAETSCH, H., STOFFERS, P & VOGELANG, E. (1990): High resolution <sup>230</sup>Th<sub>ex</sub> stratigraphy of sediments from high-latitude areas (Norwegian Sea, Fram Strait).- *Earth Planet. Sci. Let.*, 101, 54-62.
- SCOTT, D.B., MUDIE, P.J., BAKI, V., MACKINNON, K.D. & COLE, F.E. (1989): Biostratigraphy and late Cenozoic paleoceanography of the Arctic Ocean: Foraminiferal, lithostratigraphic and isotopic evidence.- *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 101, 260-277.
- SHACKLETON, N.J. & OPDYKE, N.D. (1973): Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific core V28-238: Oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10<sup>5</sup> year and 10<sup>6</sup> year scale.- *Quat. Res.*, 3, 39-55.
- SHACKLETON, N.J. & OPDYKE, N.D. (1977): Oxygen isotope and paleomagnetic evidence for early northern hemisphere glaciation.- *Nature*, 270, 216-219.
- SMITH, S.D., MUENCH, R.D. & PEASE, C.H. (1990): Polynyas and leads: An overview of physical processes and environment.- *Journ. Geophys. Res.*, 95, 9461-9479.
- SPIELHAGEN, R.F. (1990): Die Eisdrift in der Framstraße während der letzten 200.000 Jahre.- Dissertation, Universität Kiel, 127 S..
- STEVENSON, F.J. & DHARIWAL, A.P.S. (1959): Distribution of fixed ammonium in soils.- *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 23, 121-125.
- STREETER, S.S. & SHACKLETON, N.J. (1979): Paleocirculation of the deep North Atlantic: 150,000 year record of benthic foraminifera and oxygen-18.- *Science*, 203, 168-171.
- STREETER, S.S., BELANGER, P.E., KELLOGG, T.B. & DUPLESSY, J.-C. (1982): Late Pleistocene paleo-oceanography of the Norwegian-Greenland Sea: Benthonic foraminiferal evidence.- *Quat. Res.*, 18, 72-90.
- SWIFT, J.H. (1986): The Arctic Waters.- In: HURDLE, B.G. (Hrsg.): The Nordic Seas.- Springer Verlag, Berlin, 129-153.
- SWIFT, J.H., TAKAHASHI, T. & LIVINGSTON, H. (1983): The contribution of the Greenland and Barents Sea to the deep water of the Arctic Ocean.- *Journ. Geophys. Res.*, 88, 5981-5986.

- SWIFT, J.H. & KOLTERMANN, K.P. (1988): The origin of Norwegian Sea Deep Water.- Journ. Geophys. Res., 93, 3563-3569.
- TAKAHASHI, T. & CHIPMAN, D. (1982): Carbon dioxide partial pressure in surface waters of the southern ocean.- Antarctic Journal of the U.S., 1982 Review, 103 - 104.
- THIEDE, J., SUESS, E. & MÜLLER, P.J. (1982): Late Quaternary fluxes of major sediment components to the sea floor at the Northwest African continental slope.- In: VON RAD, U., HINZ, K. SARNTHEIN, M. & SEIBOLD, E. (Hrsg.): Geology of the Northwest African Continental Margin.- Springer Verlag, Berlin, 605-631.
- TIEDEMANN, R. (1991): Acht Millionen Jahre Klimageschichte von Nordwest Afrika und Paläo-Ozeanographie des angrenzenden Atlantiks: Hochauflösende Zeitreihen von ODP-Sites 658-661.- Dissertation, Universität Kiel, 127 S..
- VAN ANDEL, T.H. (1975): Mesozoic/Cenozoic calcite compensation depth and the global distribution of calcareous sediments.- Earth Planet. Sci. Let., 26, 187-194.
- VAN ANDEL, T.H., HEATH, T.H. & MOORE, T.C. (1975): Cenozoic history and paleoceanography of the central equatorial Pacific Ocean.- Geol. Soc. Am. Mem., 143, 134 S..
- VELITCHKO, A.A., ISAYEVA, L.L., ORESHKIN, D.B. & FAUSTOVA, M.A. (1989): The last glaciation of Eurasia.- In: HERMAN, Y. (Hrsg.): The Arctic Seas.- Van Nostrand Reinhold Comp., New York, 729-758.
- VINJE, T.E. (1977): Sea ice conditions in the European sector of the marginal seas of the Arctic, 1966-75.- Norsk Polarinst. Arbok 1975, 163-174.
- VINJE, T.E. (1985): Sea ice distribution 1971-80.- Norsk Polarinst. Skrift., 179D.
- VINJE, T.E. & FINNEKASA, O. (1986): The ice transport through the Fram Strait.- Norsk Polarinst. Skrift., 186, 39 S..
- VOGELSANG, E. (1990): Paläo-Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres an Hand stabiler Kohlenstoff- und Sauerstoffisotope.- Ber. Sonderforschungsbereich 313, Universität Kiel, 136 S..
- VOGT, P.R. (1986): Seafloor topography, sediments, and paleoenvironments.- In: HURDLE, B.G. (Hrsg.): The Nordic Seas.- Springer Verlag, New York, 237-410.
- WADHAMS, P. (1986): The ice cover.- In: HURDLE, B.G. (Hrsg.): The Nordic Seas.- Springer Verlag, New York, 21-84.
- WEFER, G. (1986): Die Verteilung stabiler Isotope in Kalkschalen mariner Organismen.- Geol. Jahrbuch (A), 82, 114 S..
- WEFER, G. & Fahrtteilnehmer (1986): Marin-geologische Untersuchungen: Probennahmeprofile im Bereich der Fram Straße (78°N, 80°N).- In: GERSONDE, R. (Hrsg.): Die Expedition ARKTIS III mit FS Polarstern 1985.- Ber. Polarforschung, 28, 65-70.
- WOLLIN, G., ERICSON, D.B., RYAN, W.B.F. & FOSTER, J.H. (1971): Magnetism of the Earth and climatic changes.- Earth Planet. Sci. Let., 12, 175-183.
- WONG, W.W., & SACKETT, W.M. (1978): Fractionation of stable carbon isotopes by marine phytoplankton.- Geochim. Cosmochim. Acta, 42, 1809-1815.

Liste der Anhänge:

	<u>Seite</u>
Anhang A: Stationsliste der Sedimentkerne mit Position, Wassertiefe, Länge und Angaben über verwendete Lote .....	135
Anhang B: Hinweise zur Benutzung der Kernnummern.....	136
Anhang C: Zuordnung der Farbzahlen zu den Farbcodes der Rock-Colour-Chart...	137
Anhang D: Ergebnisse der Untersuchungen an den einzelnen Sedimentkernen	
D. 1.: Kerndaten für den Kern 1290-4 .....	138
D. 2.: Kerndaten für den Kern 1291-4 .....	140
D. 3.: Kerndaten für den Kern 1293-4 .....	142
D. 4.: Kerndaten für den Kern 1294-4 .....	144
D. 5.: Kerndaten für den Kern 1295-5 .....	147
D. 6.: Kerndaten für den Kern 1320-2 .....	151
D. 7.: Kerndaten für den Kern 1297-4 .....	155
D. 8.: Kerndaten für den Kern 1298-4 .....	158
D. 9.: Kerndaten für den Kern 1310-5 .....	160
D.10.: Kerndaten für den Kern 1311-4.....	164
D.11.: Kerndaten für den Kern 1312-4.....	166
D.12.: Kerndaten für den Kern 1313-4.....	168
D.13.: Kerndaten für den Kern 1318-5.....	171
D.14.: Kerndaten für den Kern 1314-4.....	173

Anhang A: Liste der bearbeiteten Kerne, ihrer Positionsangaben, ihrer Kernlängen und der benutzten Kernentnahmegерäte.

Kern-Nr.	Typ	geogr. Breite	geogr. Länge	Wasser- tiefe	Kern länge
1290-4	SL	78°00,8' N	8°43,2' E	1522 m	5,05 m
1291-4	SL	78°00,6' N	8°02,8' E	2393 m	4,92 m
1293-4	SL	77°59,9' N	6°39,9' E	2458 m	4,73 m
1294-4	SL	77°59,9' N	5°22,3' E	2668 m	6,16 m
1295-5	SL	77°59,2' N	2°24,8' E	3112 m	5,64 m
1297-4	SL	78°00,8' N	1°00,8' W	3051 m	5,40 m
1298-4	SL	77°58,9' N	3°33,7' W	2760 m	3,83 m
1310-5	K1	79°58,6' N	0°54,1' W	2706 m	9,40 m
1311-4	SL	79°57,8' N	0°10,4' E	2615 m	5,19 m
1312-4	SL	79°59,7' N	1°09,9' E	3593 m	3,11 m
1313-4	SL	79°59,9' N	2°44,8' E	2627 m	5,36 m
1314-4	SL	80°00,1' N	4°29,8' E	1382 m	4,79 m
1318-5	K2	79°43,6' N	2°54,6' E	4460 m	5,87 m
1320-2	K1	77°59,4' N	0°32,3' E	3104 m	8,68 m

SL = Schwerklot  $\phi$  12 cm, K1 = Kolbenlot  $\phi$  8,4 cm, K2 = Kolbenlot  $\phi$  12 cm

## Anhang B: Hinweise zur Benutzung der Kernnummern

Für die Kerne der Arktisexpeditionen, die von Expeditionen mit FS POLARSTERN stammen, werden zum Teil mehrere Kernnummern verwendet. Dabei handelt es sich zum einen um eine durchlaufende Nummerierung aller Sedimentkerne, die mit FS POLARSTERN gewonnen wurden. Diese Nummerierung wurde bei Indienststellung des Schiffes mit 1000 begonnen und die jeweiligen Kernnummern werden vom Alfred-Wegener-Institut (AWI) vergeben. Zur Unterscheidung von Kernen der selben Station wird die Einsatznummer angehängt.

Da bei den Arktisexpeditionen häufig die geologische Probennahme vom Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Kiel (GIK) vorgenommen wurde, wurden für die Sedimentkerne auch GIK-Nummern vergeben. Die GIK-Nummerierung entspricht der AWI-Nummer abgesehen davon, daß meistens eine 2 vorangestellt wird. Lediglich bei den Kernen der Expedition ARK II/4 wurde zusätzlich die 1 der tausender Stelle durch eine 3 ersetzt. Beide Nummerierungen werden in der Literatur verwendet. In dieser Arbeit werden die AWI-Nummern benutzt.

## In dieser Arbeit

untersuchte Sedimentkerne:

erwähnte Sedimentkerne:

AWI-Nummer	GIK-Nummer	AWI-Nummer	GIK-Nummer
1290-4	21290-4	1235-2	23235-5
1291-4	21291-4	1296-4	21296-4
1293-4	21293-4	1310-3	21310-3
1294-4	21294-4	1535-8	21535-8
1295-5	21295-5		
1297-4	21297-4		
1298-4	21298-4		
1310-5	21310-5		
1311-4	21311-4		
1312-4	21312-4		
1313-4	21313-4		
1314-4	21314-4		
1318-5	21318-5		
1320-2	21320-2		

## Anhang C: Zuordnung der Farbzahlen zu den Farbcodes der Rock-Colour-Chart

Zur Vereinfachung der Darstellung der Sedimentfarben wurden die Farbcodes der Rock-Colour-Chart, die für die untersuchten Sedimentkerne den Kernbeschreibungen entnommen wurden, einzelnen Farbzahlen zugeordnet. Die Farbzahlen von 1 bis 7 geben eine Abfolge der Farben von hellen zu dunklen Tönen und von braun über oliv nach grau wieder (siehe Kap. 3.3. und Tab. 1). Sofern bei den Farbcodes "?" aufgeführt sind, gilt diese Einteilung für alle in der Rock-Colour-Chart vorkommenden Kombinationen.

<u>Farbzahl</u>	<u>Farbtöne</u>	<u>Farbcodes</u>
1	hell -braun, -oliv, -grau,	10 YR 5-7/?, 10 Y 6/?, 5 Y 6-7/2, 5 Y 6/4, 5 GY 6-7/2, N 7-?
2	dunkelbraun, olivbraun	10 YR 3-4/?, 5 YR 4-?/?, 5 Y 5/2-?
3	dunkelolivbraun	5 Y 3-4/4-?
4	mitteloliv	10 Y 5/?, 10 GY 5/?
5	dunkeloliv	5 GY 5/2
6	grau	N 5-6
7	dunkel(oliv)grau	10 Y 4/2, 5 Y 3-4/2, 5 GY 1-4/?, N 2-4

## Anhang D.1.: Kerndaten für den Kern 1290-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (%))	Corg (%)	C:N (CHN-Anal.)	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)	
1	0.1	6.16	5 Y	6/4	1	49.96	13.34	3	-23.28	0.176	1.199	6.81	1.183	1.199	73.81
5	0.6	6.28	5 GY	5/1	5	49.10	10.86	3	-23.20	0.138	0.943	6.85	0.864	0.943	59.19
11	1.2	6.51	5 GY	5/1	5	48.05	7.99	3	-23.31	0.133	0.914	6.89	0.816	0.914	59.48
15	1.7	6.50	5 GY	5/1	5	47.96	6.78	3	-23.92	0.120	0.794	6.62	0.783	0.794	51.59
20	2.3	6.12	5 GY	5/1	5	50.19	4.92	4	-23.50	0.118	0.842	7.14	0.742	0.842	51.54
25	2.8	5.73	5 GY	5/1	5	53.35	3.58	4	-23.62	0.141	0.913	6.50	0.806	0.913	52.34
30	3.4	5.96	5 GY	5/1	5	51.00	6.03	3	-23.73	0.122	0.837	6.88	0.733	0.837	49.87
35	4.0	6.01	5 GY	5/1	5	51.23	3.85	3	-23.71	0.127	0.920	7.24	0.813	0.920	55.30
40	4.6	5.99	5 GY	5/1	5	51.15	3.56	3	-23.91	0.128	0.931	7.27	0.823	0.931	55.80
45	5.1	5.24	5 GY	5/1	5	55.39	2.14	3	-23.61	0.148	1.090	7.36	0.996	1.090	57.05
52	5.9	5.52	5 GY	5/1	5	53.91	2.34	2	-24.01	0.145	1.018	7.05	0.930	1.018	56.20
56	6.4	5.17	5 GY	5/1	5	55.61	2.69	2	-24.06	0.130	1.021	7.88	0.923	1.021	52.80
60	6.9	5.39	5 GY	5/1	5	55.22	2.74	3	-23.97	0.131	1.058	8.07	0.956	1.058	57.02
65	7.4	5.28	5 GY	5/1	5	54.99	8.34	3	-23.98	0.138	1.144	8.32	1.037	1.144	60.39
72	8.2	5.95	5 GY	5/1	5	51.61	2.69	2	-23.88	0.127	1.052	8.31	0.994	1.052	62.53
75	8.6	5.70	5 GY	5/1	5	53.74	1.50	2	-24.28	0.134	1.131	8.47	1.130	1.131	64.42
80	9.1	5.86	5 GY	5/1	5	51.72	2.94	2	-24.12	0.124	1.061	8.55	1.081	1.061	62.15
85	9.7	5.85	5 GY	5/1	5	52.21	4.72	1	-23.96	0.122	1.073	8.79	1.017	1.073	62.76
90	10.3	5.96	5 GY	5/1	5	51.78	4.64	0	-24.69	0.123	1.194	9.70	1.064	1.194	71.12
95	10.9	6.69	5 GY	5/1	5	47.73	5.95	1	-24.23	0.121	1.126	9.34	1.095	1.126	75.32
98	11.2	7.06	5 GY	5/1	5	46.63	12.38	0	-24.45	0.112	1.009	9.01	0.980	1.009	71.27
101	11.5	8.07	5 GY	5/1	5	40.65	9.71								
105	12.0	7.37	5 GY	5/1	5	44.35	8.63								
110	12.2	19.69	5 GY	5/1	5	41.20	17.99	0	-24.14	0.097	0.935	9.634	0.906	0.935	184.01
115	12.5	19.18	5 GY	5/1	5	41.93	8.03	1	-24.35	0.095	0.931	9.795	0.881	0.931	178.47
120	12.7	18.31	5 GY	5/1	5	43.55	10.93	1	-24.20	0.116	1.074	9.299	1.004	1.074	196.68
125	12.9	19.38	5 GY	5/1	5	41.24	14.23	1	-24.28	0.089	0.966	10.854	0.866	0.966	187.25
132	13.3	20.29	5 GY	4/1	7	38.77	14.94	0	-24.22	0.094	1.096	11.660	0.975	1.096	222.33
136	13.5	21.68	5 GY	4/1	7	36.88	19.99	0	-24.41	0.082	0.964	11.750	0.932	0.964	208.92
140	13.6	19.87	5 GY	4/1	7	39.54	11.32	0	-24.51	0.095	1.082	11.384	1.042	1.082	214.88
145	13.9	20.65	5 GY	4/1	7	38.55	9.38	1	-24.57	0.093	1.145	12.378	1.083	1.145	236.40
150	14.1	20.67	5 GY	4/1	7	39.66	3.92	1	-25.12	0.095	1.261	13.274	1.196	1.261	260.62
155	14.4	20.88	5 GY	4/1	7	37.50	2.20	0	-25.03	0.087	1.169	13.437	1.078	1.169	244.14
160	14.6	19.27	5 GY	4/1	7	41.02	0.81	0	-24.91	0.101	1.333	13.198	1.293	1.333	256.81
165	14.8	19.41	5 GY	4/1	7	41.82	1.55	0	-25.08	0.103	1.366	13.257	1.353	1.366	265.10
170	15.1	18.79	5 GY	4/1	7	41.38	1.17	0	-25.06	0.101	1.390	13.762	1.297	1.390	261.23
175	15.3	21.82	5 GY	4/1	7	40.05	0.62	0	-24.98	0.097	1.240	12.845	1.171	1.240	270.40
180	15.5	19.75	5 GY	4/1	7	41.26	0.57	0	-25.06	0.101	1.337	13.238	1.244	1.337	264.00
185	15.8	19.25	5 GY	4/1	7	40.66	0.70	1	-25.01	0.107	1.432	13.383	1.341	1.432	275.70
190	16.0	19.64	5 GY	4/1	7	40.87	0.40	0	-25.12	0.102	1.381	13.539	1.301	1.381	271.22
195	16.2	21.53	5 GY	4/1	7	37.28	0.38	1	-24.78	0.092	1.250	13.661	1.176	1.250	269.08
198	16.4	19.04	5 GY	4/1	7	41.86	0.30	0	-24.79	0.101	1.367	13.602	1.276	1.367	260.33
202	16.6	21.42	5 GY	4/1	7	37.46	0.84	0	-24.76	0.093	1.247	13.409	1.145	1.247	267.11
207	16.8	19.46	5 GY	4/1	7	41.29	0.53	1	-24.79	0.101	1.343	13.297	1.279	1.343	261.36
212	17.0	20.81	5 GY	4/1	7	38.59	0.74	0	-24.91	0.090	1.210	13.444	1.139	1.210	251.83
217	17.3	25.53	5 GY	4/1	7	30.55	29.31	0	-25.09	0.096	1.338	14.010	1.252	1.338	341.59
222	17.5	21.23	5 GY	4/1	7	38.13	1.00	2	-25.05	0.098	1.323	13.500	1.200	1.323	280.86
227	17.7	25.24	5 GY	4/1	7	32.09	1.31	1	-25.00	0.073	1.023	14.117	0.865	1.023	258.34
232	18.0	22.16	5 GY	4/1	7	36.27	6.75	0	-24.86	0.094	1.270	13.583	1.193	1.270	281.43
236	18.1	18.64	5 GY	4/1	7	40.05	2.11	1	-24.79	0.094	1.301	13.840	1.224	1.301	242.56
237	18.2	20.08	5 GY	4/1	7	39.98	5.39	0	-24.74	0.110	1.334	12.127	1.197	1.334	267.88
240	18.4	20.94	5 GY	4/1	7	39.02	9.23	2	-24.70	0.107	1.245	11.690	1.187	1.245	260.75
245	18.6	21.81	5 GY	4/1	7	37.52	17.63	1	-24.39	0.110	1.170	10.685	1.089	1.170	255.19
251	18.9	20.73	5 GY	4/1	7	36.09	21.17	0	-24.78	0.094	1.032	10.979	0.941	1.032	213.91
254	19.0	29.07	5 GY	4/1	7	27.39	38.17	1	-24.99	0.085	0.971	11.491	0.894	0.971	282.26

## Anhang D.1.: Kerndaten für den Kern 1290-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (%))	Corg (%)	C:N (CHN-Anal.)	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)
258	19.2	21.70	10 GY 5/2	4	37.27	12.71	2	-24.37	0.055	0.339	6.220	0.268	0.339	73.56
261	19.3	20.51	10 Y 5/2	4	39.55	12.45	2	-24.35	0.057	0.365	6.395	0.310	0.365	74.78
265	19.5	17.40	10 Y 5/2	4	44.90	8.40	1	-24.23	0.067	0.527	7.858	0.473	0.527	91.59
270	19.8	20.28	5 Y 5/2	2	39.35	8.42	3	-24.30	0.079	0.721	9.120	0.656	0.721	146.09
275	20.0	19.48	5 Y 5/2	2	40.67	8.29	3	-23.98	0.058	0.520	8.957	0.461	0.520	101.21
280	20.2	22.14	5 Y 5/2	2	36.78	13.45	3	-23.84	0.061	0.374	6.123	0.337	0.374	82.69
285	20.5	21.24	5 Y 5/2	2	38.84	8.52	3	-23.59	0.062	0.484	7.862	0.455	0.484	102.68
291	20.8	19.97	5 Y 5/6	2	40.06	8.81	3	-24.41	0.068	0.538	7.912	0.499	0.530	78.07
295	20.9	19.81	5 Y 5/2	2	41.38	6.26	4	-24.27	0.062	0.436	7.032	0.438	0.470	96.69
300	21.2	21.11	5 Y 5/2	2	38.55	11.05	3	-24.16	0.063	0.495	7.857	0.444	0.495	104.47
305	21.4	20.57	5 Y 5/2	2	38.76	9.01	3	-24.20	0.062	0.512	8.258	0.456	0.512	105.30
310	21.6	20.79	5 Y 5/2	2	38.87	6.60	3	-24.56	0.066	0.469	7.160	0.377	0.469	97.51
315	21.9	19.39	5 Y 5/6	2	40.86	7.38	2	-24.40	0.067	0.668	9.963	0.564	0.668	129.45
320	22.1	25.04	5 Y 4/2	7	32.03	13.82	2	-25.70	0.105	1.153	10.981	1.135	1.153	288.72
325	22.4	29.57	5 Y 4/2	7	23.71	22.23	0	-25.72	0.108	1.536	14.222	1.477	1.536	454.22
330	22.6	30.89	5 Y 4/2	7	23.01	23.45	0	-25.57	0.091	1.299	14.275	1.244	1.299	401.30
334	22.8	28.64	5 Y 4/2	7	26.81	18.69	0	-25.26	0.100	1.451	14.510	1.452	1.451	415.64
337	22.9	27.08	5 Y 4/2	7	27.66	13.93	1	-25.55	0.103	1.393	13.524	1.358	1.393	377.24
340	23.1	29.84	5 Y 4/2	7	24.94	16.57	0	-25.64	0.099	1.348	13.616	1.318	1.348	402.18
345	23.3	24.88	5 Y 4/2	7	22.23	16.29	0	-25.47	0.101	1.392	13.782	1.330	1.392	346.26
349	23.5	29.18	5 Y 4/2	7	29.08	17.98	0	-25.84	0.120	1.414	11.779	1.388	1.414	412.47
355	23.8	20.82	5 GY 5/1	5	38.69	8.91	3	-24.36	0.086	0.799	9.285	0.629	0.799	166.22
360	24.0	20.99	5 GY 5/1	5	37.53	6.42	4	-24.13	0.080	0.543	6.788	0.486	0.543	113.96
365	24.2	20.06	5 GY 5/1	5	40.41	6.84	1	-24.25	0.069	0.526	7.616	0.458	0.526	105.39
369	24.4	21.69	5 GY 5/1	5	36.51	24.75	1	-24.11	0.061	0.432	7.074	0.383	0.432	93.58
374	24.7	23.83	5 GY 5/1	5	33.53	21.39	1	-23.75	0.054	0.345	6.439	0.307	0.345	82.11
380	24.9	23.72	5 GY 5/1	5	33.97	11.86	1	-23.85	0.071	0.578	8.141	0.554	0.578	137.07
385	25.2	20.86	5 GY 5/1	5	38.83	2.77	1	-23.56	0.089	0.709	8.011	0.654	0.709	147.92
389	25.4	20.37	5 GY 5/1	5	40.11	4.43	1	-23.30	0.097	0.781	8.088	0.654	0.781	158.96
395	25.6	23.97	5 GY 5/1	5	33.20	9.70	1	-23.85	0.079	0.683	8.639	0.614	0.683	163.62
398	25.8	26.64	5 GY 5/1	5	28.25	40.65	0	-24.86	0.055	0.410	7.514	0.401	0.410	109.10
407	26.2	22.12	5 Y 5/1	5	36.61	14.58	1	-23.65	0.083	0.624	7.564	0.560	0.624	138.01
411	26.4	14.77	5 Y 5/1	2	37.81	5.72	1	-23.85	0.100	0.910	9.141	0.844	0.910	134.36
415	26.6	20.43	5 Y 5/1	2	39.54	6.49	1	-22.97	0.095	0.767	8.068	0.669	0.767	156.63
420	26.8	21.36	5 Y 5/1	2	36.70	9.15	1	-23.42	0.078	0.649	8.314	0.615	0.649	138.52
425	27.1	20.59	5 Y 5/1	2	39.18	7.04	1	-23.04	0.092	0.749	8.136	0.746	0.749	154.13
430	27.3	22.97	5 Y 5/1	2	35.18	12.83	1	-23.35	0.085	0.724	8.512	0.668	0.724	166.20
434	27.5	22.12	5 Y 5/1	2	36.16	10.55	1	-23.11	0.083	0.680	8.187	0.625	0.680	150.31
437	27.6	23.23	5 Y 5/1	2	34.05	19.42	1	-24.16	0.076	0.672	8.842	0.636	0.672	156.14
441	27.8	23.30	5 Y 5/1	2	30.44	27.95	0	-24.07	0.075	0.691	9.207	0.606	0.691	160.88
445	28.0	22.79	5 Y 5/1	2	34.78	14.95	1	-23.72	0.086	0.776	9.070	0.720	0.776	176.72
450	28.2	20.85	5 Y 5/1	2	36.98	8.53	0	-23.59	0.081	0.672	8.342	0.615	0.672	139.98
455	28.5	21.79	5 Y 5/1	2	35.97	7.81	0	-24.04	0.083	0.761	9.163	0.723	0.761	165.68
460	28.7	24.87	5 Y 5/1	2	31.23	21.18	0	-25.00	0.097	0.973	10.078	0.712	0.973	241.87
465	28.9	22.96	5 Y 5/1	2	31.09	16.18	1	-24.75	0.095	1.095	11.582	1.019	1.095	251.33
472	29.3	24.89	5 Y 5/1	2	31.47	20.25	0	-25.15	0.092	0.993	10.847	0.891	0.993	247.08
476	29.5	24.78	5 Y 5/1	2	31.06	11.62	1	-26.96	0.102	1.493	14.637	1.444	1.493	369.97
480	29.6	23.48	5 Y 5/1	2	33.20	14.49	0	-24.27	0.087	0.839	9.644	0.784	0.839	196.97
486	29.9	30.01	10 YR 4/2	2	23.09	35.78	1	-24.72	0.090	1.050	11.661	0.969	1.050	314.93
490	30.1	21.85	5 Y 5/1	2	27.99	23.17	0	-24.65	0.103	1.100	10.680	1.041	1.100	240.39
495	30.4	24.51	5 Y 5/1	2	31.78	6.30	1	-24.30	0.108	1.232	11.407	1.132	1.232	301.96
501	30.6	19.86	5 Y 5/1	2	31.08	6.20	1	-24.46	0.088	1.149	13.126	1.034	1.149	228.05

## Anhang D.2.: Kerndaten für den Kern 1291-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (‰))	Corg (CHN-Anal.) (‰)	C:N (‰)	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)
2	0.6	3.41	5 YR 4/4	2	48.03	21.57	5	-22.53	0.118	0.754	6.41	0.702	0.728	25.70
7	2.0	3.38	5 YR 4/4	2	38.61	23.46	0	-24.31	0.077	0.508	6.63	0.457	0.482	17.15
12	3.4	3.39	5 YR 4/4	2	38.66	14.48	0	-23.79	0.066	0.510	7.73	0.492	0.501	17.27
17	4.9	4.42	5 YR 4/4	2	35.45	19.51	0	-24.32	0.067	0.552	8.24	0.478	0.515	24.39
22	6.3	4.65	10 YR 4/2	2	36.95	17.06	0	-24.53	0.058	0.453	7.80	0.413	0.433	21.03
26	7.4	6.51	5 Y 5/2	2	37.73	4.10	0	-24.70	0.086	0.910	10.58	0.856	0.883	59.18
32	9.1	3.39	5 Y 5/2	2	42.87	0.69	0	-24.89	0.101	1.243	12.36	1.189	1.216	42.09
37	10.6	3.39	N 5	6	41.85	2.83	0	-24.73	0.106	1.210	11.47	1.152	1.181	41.03
42	12.0	3.36	N 5	6	42.75	11.96	0	-24.61	0.103	1.022	9.97	0.999	1.011	34.38
47	12.7	7.20	N 7	6	36.86	16.94	2	-24.05	0.049	0.223	4.59	0.187	0.205	16.01
52	13.4	7.05	5 Y 6/4	1	41.92	10.53	1	-24.51	0.082	0.521	6.39	0.476	0.498	36.75
57	14.0	7.12	5 Y 5/2	2	39.22	0.38	0	-25.09	0.118	1.036	8.78	0.946	0.991	73.79
62	14.7	7.12	5 Y 4/6	3	43.32	0.07	0	-25.19	0.129	1.267	9.86	1.210	1.239	90.26
67	15.4	7.15	5 Y 5/2	2	42.79	0.10	1	-25.12	0.134	1.453	10.84	1.409	1.431	103.91
72	16.1	7.06	5 Y 5/1	2	42.35	0.00	0	-25.27	0.136	1.400	10.29	1.329	1.364	98.77
77	16.8	7.08	5 Y 5/1	2	43.02	0.00	0	-25.17	0.139	1.483	10.70	1.431	1.457	104.91
82	17.5	7.06	5 Y 5/1	2	40.53	0.00	0	-25.17	0.123	1.319	10.73	1.259	1.289	93.13
87	18.1	7.10	5 Y 5/1	2	40.39	0.03	1	-25.20	0.128	1.365	10.71	1.282	1.323	96.94
92	18.8	7.09	5 Y 5/1	2	36.75	23.48	4	-24.35	0.053	0.288	5.49	0.239	0.264	20.42
97	19.5	7.20	5 Y 5/1	2	37.98	15.48	3	-24.13	0.054	0.265	4.91	0.224	0.245	19.09
101	20.0	6.38	5 Y 5/1	2	36.88	18.91	3	-24.30	0.063	0.251	4.01	0.221	0.236	15.99
105	20.6	6.37	5 Y 5/1	2	38.60	15.34	3	-23.74	0.067	0.351	5.23	0.317	0.334	22.34
111	21.4	7.12	5 Y 5/1	2	36.58	21.03	3	-24.89	0.077	0.978	12.70	0.879	0.929	69.67
115	22.0	6.37	5 Y 3/1	2	30.25	22.47	0	-25.94	0.110	1.455	13.29	1.382	1.419	92.75
120	22.6	6.37	10 Y 4/2	7	31.58	18.23	0	-25.92	0.092	1.204	13.15	1.050	1.127	76.64
126	23.5	6.41	N 3	7	31.35	10.40	0	-25.57	0.111	1.590	14.32	1.402	1.496	101.96
130	24.0	7.13	N 3	7	31.60	10.01	1	-25.61	0.128	1.732	13.58	1.660	1.696	123.53
135	25.3	3.74	5 GY 6/1	1	38.58	18.80	4	-23.91	0.076	0.465	6.15	0.427	0.446	17.38
140	26.6	3.34	5 Y 6/4	1	41.58	9.64	3	-23.31	0.072	0.329	4.59	0.299	0.314	10.98
145	27.9	3.71	5 Y 6/4	1	32.30	24.87	2	-23.01	0.051	0.190	3.73	0.186	0.188	7.05
150	29.2	3.41	5 Y 6/4	1	31.07	27.96	2	-23.89	0.057	0.274	4.84	0.250	0.262	9.32
155	30.5	3.76	10 YR 6/2	1	37.33	14.23	3	-22.96	0.064	0.277	4.35	0.245	0.261	10.40
160	31.8	3.34	10 YR 6/2	1	35.10	17.88	0	-22.52	0.056	0.225	4.01	0.211	0.218	7.50
165	33.1	3.40	10 YR 6/2	1	41.93	7.51	0	-22.86	0.072	0.338	4.72	0.312	0.325	11.46
172	34.9	3.76	10 YR 6/2	1	39.23	7.63	0	-23.10	0.058	0.288	4.97	0.255	0.271	10.82
175	35.7	3.74	10 YR 6/2	1	38.97	8.67	0	-22.98	0.066	0.315	4.81	0.279	0.297	11.77
180	37.0	3.80	5 GY 5/1	5	35.30	1.27	0	-24.90	0.094	0.897	9.54	0.817	0.857	34.07
184	38.0	3.74	5 GY 5/1	5	37.28	0.35	0	-25.01	0.102	0.956	9.42	0.886	0.921	35.79
189	39.3	3.36	N 6	6	28.84	43.70	0	-24.55	0.054	0.294	5.44	0.259	0.277	9.87
193	40.3	3.73	N 6	6	39.14	8.95	2	-23.58	0.079	0.410	5.19	0.395	0.402	15.31
202	42.7	3.46	10 Y 5/2	4	36.29	8.97	0	-24.28	0.080	0.478	6.01	0.412	0.445	16.53
206	43.7	3.77	10 Y 5/2	4	33.89	15.43	0	-24.11	0.070	0.457	6.57	0.408	0.432	17.20
209	44.5	3.35	10 Y 5/2	4	32.17	20.85	0	-24.25	0.072	0.481	6.67	0.411	0.446	16.11
214	45.8	3.74	10 Y 5/2	4	31.21	28.89	1	-25.80	0.080	0.607	7.64	0.607	0.607	22.69
220	47.3	4.41	10 Y 5/2	4	33.20	17.45	0	-25.45	0.077	0.648	8.46	0.571	0.609	28.57
224	48.4	3.76	5 Y 4/2	7	28.77	25.61	0	-24.92	0.108	1.670	15.46	1.522	1.596	62.76
229	49.7	3.75	10 Y 5/2	4	33.00	25.39	0	-24.47	0.071	0.558	7.85	0.478	0.518	20.90
234	51.0	3.41	5 Y 3/1	7	27.07	32.76	0	-25.82	0.109	1.401	12.85	1.232	1.316	47.82
238	51.9	3.36	N 4	7	34.97	12.17	0	-24.54	0.099	0.891	8.99	0.776	0.833	29.92
241	52.6	3.72	N 4	7	38.47	4.24	0	-24.80	0.110	1.129	10.26	1.093	1.111	42.04
245	53.8	3.74	N 4	7	38.65	2.17	0	-24.21	0.108	1.296	12.00	1.189	1.243	48.50
251	55.4	3.70	N 4	7	40.49	2.46	0	-24.71	0.107	1.224	11.49	1.064	1.144	45.26
255	56.4	3.46	N 4	7	37.03	4.09	0	-24.92	0.093	1.107	11.90	0.781	0.944	38.33
260	57.7	3.38	N 4	7	39.05	4.52	0	-24.56	0.094	1.154	12.28	1.017	1.086	38.97
266	59.3	3.71	N 4	7	35.35	0.57	0	-24.90	0.145	1.679	11.62	1.540	1.609	62.23

## Anhang D.2.: Kerndaten für den Kern 1291-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (‰))	Corg (CHN-Anal.) (‰)	C:N (Anal.)	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)
271	60.3	4.04	N 4	7	27.03	19.95	1	-24.43	0.106	1.464	13.88	1.427	1.445	59.16
275	61.4	4.07	5 Y 5/2	2	44.18	0.04	0	-23.74	0.111	1.300	11.76	1.163	1.232	52.86
280	62.6	3.67	5 Y 5/2	2	45.59	0.03	0	-24.56	0.112	1.052	9.43	0.927	0.989	38.62
285	63.8	4.04	5 Y 5/2	2	31.90	22.75	2	-24.16	0.061	0.367	6.02	0.312	0.340	14.81
290	65.0	4.04	5 Y 5/2	2	29.84	17.50	0	-23.87	0.069	0.516	7.47	0.430	0.473	20.83
295	66.2	4.05	5 Y 5/2	2	29.79	18.99	0	-23.92	0.069	0.560	8.12	0.460	0.510	22.68
298	66.9	3.64	5 Y 5/2	2	37.08	10.10	0	-24.26	0.079	0.546	6.91	0.442	0.494	19.85
301	67.7	4.04	5 Y 5/2	2	33.82	13.87	1	-24.73	0.055	0.262	4.75	0.221	0.241	10.56
306	68.9	4.76	N 3	7	22.20	31.56	0	-25.41	0.128	1.741	13.65	1.567	1.654	82.81
312	70.3	5.57	N 3	7	21.99	28.42	0	-25.75	0.138	2.055	14.94	1.956	2.005	114.45
319	73.8	1.80	5 GY 5/1	5	33.88	26.54	2	-23.78	0.073	0.294	4.05	0.194	0.244	5.29
322	75.7	1.59	5 GY 5/1	5	35.62	18.11	4	-23.96	0.093	0.548	5.89	0.482	0.515	8.71
326	77.9	1.78	5 GY 5/1	5	31.45	27.29	0	-24.69	0.077	0.583	7.56	0.502	0.542	10.34
331	80.6	1.78	5 GY 5/1	5	30.28	23.06	0	-24.97	0.091	0.791	8.69	0.698	0.744	14.09
335	82.8	1.80	5 GY 5/1	5	34.77	12.59	0	-24.70	0.083	0.537	6.51	0.450	0.494	9.67
340	85.5	1.82	10 YR 4/2	2	29.08	1.66	0	-25.33	0.082	0.490	5.98	0.403	0.447	8.92
344	87.7	1.79	10 YR 4/2	2	30.44	1.42	0	-25.66	0.073	0.623	8.53	0.531	0.577	11.14
350	90.9	1.62	N 4	7	34.89	11.58	2	-24.10	0.075	0.517	6.93	0.438	0.477	8.37
356	94.2	1.60	N 5	6	35.44	7.94	0	-24.04	0.091	0.664	7.33	0.573	0.618	10.65
361	96.9	1.80	N 5	6	33.04	11.62	0	-24.16	0.080	0.482	6.03	0.469	0.476	8.67
365	99.1	1.78	10 Y 5/2	4	34.77	18.06	3	-24.68	0.096	0.687	7.16	0.646	0.666	12.20
372	102.9	1.60	10 Y 5/2	4	31.83	19.12	0	-24.73	0.073	0.569	7.79	0.535	0.552	9.12
376	105.0	1.80	10 Y 5/2	4	31.62	13.99	3	-25.67	0.087	0.885	10.23	0.897	0.891	15.97
380	107.2	1.80	10 Y 5/2	4	37.51	6.28	3	-24.14	0.076	0.485	6.42	0.411	0.448	8.73
385	109.9	1.77	5 Y 5/6	1	32.82	20.85	0	-24.54	0.075	0.655	8.79	0.514	0.584	11.57
390	112.6	1.82	5 Y 5/6	1	27.48	27.28	0	-24.44	0.064	0.670	10.55	0.620	0.645	12.17
395	115.4	1.60	N 4	7	23.56	27.57	2	-25.10	0.086	0.812	9.44	0.744	0.778	13.00
398	117.0	1.78	N 4	7	23.22	24.41	2	-25.15	0.090	0.788	8.80	0.640	0.714	14.05
401	118.3	1.80	N 4	7	22.40	27.62	1	-25.11	0.097	0.897	9.24	0.673	0.785	16.16
405	120.8	1.77	5 Y 6/1	1	37.34	12.32	4	-24.08	0.065	0.345	5.35	0.296	0.321	6.12
410	123.5	1.61	10 Y 6/2	1	43.32	2.16	3	-23.36	0.074	0.336	4.56	0.299	0.317	5.42
415	126.2	1.79	10 GY 5/2	4	37.00	9.16	4	-24.04	0.075	0.373	5.01	0.302	0.338	6.68
421	129.5	1.80	10 GY 5/2	4	34.04	13.98	0	-24.22	0.074	0.511	6.95	0.416	0.464	9.18
427	132.5	1.62	N 5	6	28.68	16.00	1	-24.87	0.075	0.912	12.24	0.835	0.873	14.74
430	134.4	1.77	N 5	6	30.14	21.68	3	-24.32	0.067	0.458	6.84	0.446	0.452	8.11
435	137.1	1.78	N 5	6	32.18	13.57	0	-24.71	0.069	0.421	6.10	0.417	0.419	7.50
440	139.8	1.60	N 4	7	30.74	5.29	0	-24.81	0.103	1.622	15.82	1.483	1.553	25.89
445	142.5	1.60	N 4	7	22.10	24.16	0	-24.67	0.088	1.430	16.34	1.236	1.333	22.89
450	145.2	1.61	10 Y 6/2	1	35.99	6.15	0	-24.27	0.077	0.735	9.55	0.645	0.690	11.83
455	147.9	1.62	5 Y 5/1	2	38.56	0.89	0	-24.28	0.097	1.235	12.79	1.108	1.171	19.97
460	150.6	1.60	5 Y 5/1	2	37.61	0.21	0	-23.90	0.115	1.733	15.07	1.572	1.652	27.69
465	153.4	1.79	5 Y 4/2	7	37.02	2.71	4	-24.17	0.094	0.938	10.03	0.815	0.876	16.80
470	156.1	1.78	5 Y 4/2	7	36.97	1.82	1	-24.37	0.099	0.822	8.35	0.716	0.769	14.60

## Anhang D.3.: Kerndaten für den Kern 1293-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Parb- code	Parb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (‰))	Corg (‰)	C:N CHN-Anal.)	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)
1	0.2	2.62	10 YR 6/2	1	53.41	10.70	1	-22.27	0.153	1.089	7.14	1.039	1.064	28.50
5	1.2	2.85	5 YR 5/6	2	51.03	3.12	0	-22.30	0.114	0.784	6.91	0.745	0.765	22.33
10	2.4	2.55	10 YR 6/2	1	56.55	1.34	3	-22.94	0.112	0.656	5.85	0.632	0.644	16.69
13	3.1	2.51	5 YR 5/6	2	56.03	1.55	0	-22.92	0.090	0.554	6.19	0.526	0.540	13.90
18	4.3	2.50	5 Y 6/1	1	55.25	2.48	3	-23.33	0.102	0.667	6.54	0.641	0.654	16.66
21	5.0	2.57	5 Y 6/1	1	55.60	7.70	3	-23.39	0.106	0.697	6.60	0.665	0.681	17.91
25	6.0	2.42	N 5	6	56.66	3.93	2	-23.59	0.111	0.733	6.63	0.694	0.713	17.71
30	7.2	2.40	N 5	6	57.41	0.52	1	-23.62	0.115	0.779	6.80	0.762	0.770	18.69
35	8.4	2.52	N 5	6	54.89	2.55	3	-23.77	0.120	0.848	7.07	0.831	0.839	21.39
40	9.6	2.45	N 5	6	56.77	1.10	2	-23.83	0.123	0.879	7.18	0.869	0.874	21.55
45	10.8	2.49	N 5	6	55.86	3.30	0	-24.02	0.117	0.843	7.21	0.818	0.831	21.02
50	12.0	3.75	N 5	6	42.20	8.35	0	-24.32	0.100	0.819	8.19	0.776	0.797	30.67
54	12.8	4.35	N 5	6	43.24	7.20	0	-24.51	0.086	0.817	9.55	0.791	0.804	35.52
60	14.0	5.25	10 Y 6/2	1	36.57	0.53	2	-23.87	0.072	0.424	5.89	0.409	0.417	22.24
65	15.0	5.50	10 Y 6/2	1	34.97	1.01	2	-23.66	0.071	0.427	6.06	0.393	0.410	23.49
70	16.0	4.85	10 Y 6/2	1	40.68	3.71	3	-23.87	0.065	0.363	5.58	0.350	0.356	17.57
75	17.0	4.97	10 Y 6/2	1	38.36	8.23	4	-23.82	0.072	0.402	5.62	0.379	0.390	19.93
80	18.0	4.91	10 Y 6/2	1	38.80	7.12	4	-23.55	0.065	0.322	4.95	0.269	0.295	15.79
85	19.0	4.78	10 Y 6/2	1	39.68	6.31	4	-23.70	0.064	0.330	5.19	0.291	0.310	15.76
90	20.0	4.97	10 Y 6/2	1	38.20	9.99	3	-23.71	0.067	0.350	5.26	0.334	0.342	17.40
95	21.0	4.76	5 Y 3/1	7	40.18	0.49	1	-25.93	0.144	1.675	11.67	1.623	1.649	79.75
101	22.2	4.78	5 Y 3/1	7	39.17	1.07	0	-25.99	0.102	0.938	9.19	0.911	0.924	44.84
105	23.0	5.83	5 Y 4/1	7	32.15	19.42	0	-25.24	0.103	1.092	10.65	1.075	1.083	63.66
111	24.2	4.62	10 Y 6/2	1	40.54	6.53	1	-23.50	0.070	0.452	6.45	0.423	0.437	20.86
115	26.4	1.93	5 Y 5/1	2	36.48	4.80	0	-24.32	0.089	0.704	7.91	0.680	0.692	13.62
120	29.0	1.77	5 Y 5/1	2	39.89	11.24	1	-23.97	0.086	0.643	7.48	0.618	0.630	11.41
125	31.7	1.80	5 Y 5/1	2	39.22	9.97	1	-24.34	0.087	0.737	8.52	0.741	0.739	13.30
130	34.4	1.81	5 Y 5/1	2	38.50	7.88	1	-24.43	0.107	1.068	10.02	1.031	1.049	19.28
135	37.1	1.73	5 Y 5/1	2	40.94	6.96	0	-23.62	0.088	0.622	7.10	0.585	0.603	10.74
140	39.8	2.11	5 GY 6/1	1	33.00	10.36	1	-24.58	0.079	0.568	7.19	0.521	0.544	12.00
145	42.5	2.14	5 GY 6/1	1	33.49	8.55	1	-23.82	0.057	0.366	6.42	0.350	0.358	7.82
150	45.2	1.90	5 GY 6/1	1	37.10	8.38	1	-24.27	0.084	0.659	7.84	0.645	0.652	12.53
156	48.4	1.76	N 5	6	39.34	5.53	1	-23.98	0.079	0.536	6.83	0.534	0.535	9.44
160	50.6	1.81	N 5	6	38.78	8.54	1	-23.65	0.080	0.554	6.92	0.552	0.553	10.03
165	53.3	1.69	N 5	6	41.35	5.56	0	-23.48	0.093	1.061	11.47	1.029	1.045	17.94
170	56.0	1.84	N 5	6	38.12	6.24	1	-24.17	0.093	0.849	9.17	0.799	0.824	15.58
175	58.7	2.03	N 5	6	35.05	1.41	0	-24.24	0.110	1.362	12.38	1.322	1.342	27.68
181	65.9	0.89	5 Y 6/2	1	34.24	11.07	1	-24.62	0.068	0.504	7.41	0.515	0.510	4.50
185	70.7	1.04	5 GY 6/1	1	30.56	17.10	1	-24.01	0.051	0.281	5.50	0.284	0.282	2.90
190	84.9	0.34	10 Y 5/2	1	38.49	4.39	3	-24.09	0.083	0.562	6.77	0.512	0.537	1.93
195	99.2	0.40	5 Y 6/2	1	32.37	17.01	1	-25.03	0.090	0.758	8.42	0.703	0.730	3.05
199	109.1	0.37	5 GY 6/1	1	36.54	7.42	0	-23.43	0.074	0.444	6.03	0.425	0.434	1.62
201	116.3	0.38	5 Y 4/1	7	34.18	7.55	0	-24.37	0.106	0.855	8.07	0.829	0.842	3.26
205	127.7	0.41	5 Y 4/1	7	32.24	20.75	0	-24.25	0.079	0.585	7.41	0.557	0.571	2.43
210	130.1	2.38	N 4	7	32.05	13.60	1	-24.38	0.089	0.826	9.28	0.806	0.816	19.65
215	132.5	2.32	N 4	7	33.96	1.84	1	-24.59	0.115	1.436	12.54	1.388	1.412	33.32
221	135.2	2.24	5 Y 5/2	2	34.83	11.41	0	-23.79	0.061	0.422	6.98	0.402	0.412	9.47
225	137.3	2.58	10 YR 4/2	2	29.63	17.23	3	-24.26	0.055	0.368	6.69	0.344	0.356	9.51
230	139.7	2.23	5 Y 4/4	3	33.62	11.65	2	-24.06	0.075	0.560	7.52	0.546	0.553	12.51
234	141.7	2.27	N 4	7	35.11	7.22	0	-24.54	0.105	0.901	8.62	0.876	0.888	20.43
238	143.6	2.18	10 YR 4/2	2	35.84	10.91	2	-24.37	0.082	0.693	8.50	0.671	0.682	15.08
240	144.6	2.46	5 Y 4/4	3	32.06	17.78	0	-24.20	0.067	0.504	7.52	0.486	0.495	12.39
245	147.0	2.20	5 Y 5/2	2	35.48	6.69	0	-24.62	0.097	1.153	11.88	1.115	1.134	25.31
250	149.4	2.09	5 Y 5/2	2	37.45	4.04	1	-24.61	0.091	1.022	11.23	0.995	1.009	21.32
255	151.8	2.05	5 Y 3/2	7	37.56	4.34	1	-24.64	0.108	1.399	12.95	1.404	1.402	28.67

## Anhang D.3.: Kerndaten für den Kern 1293-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (‰))	Corg (CHN-Anal.) (‰)	C:N (Anal.)	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
261	154.7	1.95	5 Y 3/2	7	39.28	7.05	0	-23.81	0.101	0.940	9.35	0.912	0.926	18.30
265	156.7	1.90	5 Y 3/2	7	41.12	4.65	0	-23.86	0.101	1.023	10.18	0.968	0.995	19.46
270	159.1	2.03	5 Y 3/2	7	38.63	4.41	1	-24.56	0.112	1.330	11.93	1.303	1.316	27.05
275	161.5	2.08	5 Y 3/2	7	37.35	3.59	1	-24.54	0.111	1.419	12.78	1.414	1.417	29.55
280	163.9	1.82	5 Y 5/2	2	42.81	5.21	1	-23.77	0.075	0.590	7.87	0.555	0.572	10.73
285	166.3	2.06	5 Y 3/2	7	38.10	8.08	0	-23.85	0.100	1.065	10.65	1.002	1.033	21.91
290	168.7	2.17	5 Y 3/2	7	36.80	7.94	0	-24.38	0.102	1.190	11.67	1.184	1.187	25.78
295	171.2	1.88	5 Y 3/2	7	37.75	6.08	0	-24.05	0.105	1.100	10.52	1.037	1.068	20.66
301	174.1	2.04	5 Y 3/2	7	37.98	4.23	1	-23.82	0.102	1.057	10.41	1.022	1.040	21.58
305	176.0	2.09	5 Y 3/2	7	37.70	0.61	1	-24.60	0.108	1.374	12.78	1.305	1.339	28.77
310	178.4	2.08	5 Y 3/2	7	37.74	1.12	1	-24.71	0.115	1.425	12.44	1.372	1.398	29.63
315	180.8	2.00	5 Y 3/2	7	42.08	4.23	0	-24.16	0.112	1.078	9.66	1.032	1.055	21.57
320	183.2	2.25	5 Y 5/2	2	35.04	12.24	3	-24.23	0.077	0.669	8.68	0.601	0.635	15.05
325	185.4	2.22	5 Y 4/3	7	35.90	6.56	2	-24.26	0.075	0.592	7.95	0.571	0.581	13.15
329	192.1	0.82	5 Y 5/2	2	30.97	12.26	0	-24.02	0.077	0.584	7.63	0.559	0.571	4.80
334	199.4	0.73	5 Y 4/3	7	34.90	6.04	3	-24.48	0.083	0.631	7.60	0.606	0.618	4.63
340	208.3	0.69	5 Y 5/5	2	37.67	8.78	2	-24.03	0.068	0.377	5.54	0.348	0.362	2.59
345	215.7	0.69	5 Y 5/5	2	38.08	8.16	2	-23.54	0.073	0.402	5.54	0.367	0.384	2.75
349	221.6	0.78	5 Y 5/5	2	33.60	9.75	3	-25.12	0.093	0.851	9.15	0.838	0.844	6.61
355	230.4	0.69	N 3	7	38.05	7.63	3	-23.94	0.076	0.443	5.87	0.423	0.433	3.05
360	237.8	0.70	5 Y 4/3	7	37.22	6.35	1	-23.28	0.073	0.335	4.62	0.330	0.332	2.35
365	245.2	0.71	5 Y 4/3	7	36.48	8.06	1	-24.09	0.073	0.435	5.96	0.403	0.419	3.10
370	248.6	1.67	5 Y 4/3	7	33.71	9.20	3	-24.49	0.079	0.567	7.22	0.540	0.554	9.47
374	251.3	1.61	5 Y 4/3	7	35.29	9.02	2	-24.88	0.070	0.418	6.01	0.382	0.400	6.70
377	253.3	1.58	N 5	6	35.18	3.74	1	-24.58	0.085	0.580	6.86	0.544	0.562	9.17
381	256.1	1.53	N 5	6	36.77	5.49	1	-23.95	0.083	0.527	6.38	0.480	0.503	8.03
385	258.8	1.69	N 5	6	33.05	12.26	3	-24.83	0.088	0.662	7.52	0.601	0.632	11.16
390	262.2	1.45	5 Y 5/2	2	38.25	7.91	3	-23.97	0.083	0.520	6.30	0.430	0.475	7.52
395	265.6	1.45	5 Y 5/2	2	38.58	5.78	3	-23.68	0.074	0.403	5.48	0.385	0.394	5.84
399	268.4	1.61	5 Y 5/2	2	34.12	10.65	2	-24.01	0.062	0.325	5.28	0.302	0.313	5.25
401	269.7	1.77	N 3	7	30.79	16.66	0	-25.82	0.102	1.171	11.48	1.109	1.140	20.70
405	272.5	1.76	N 3	7	30.60	10.68	1	-25.95	0.106	1.243	11.72	1.083	1.163	21.91
409	275.2	1.67	N 3	7	32.52	9.26	2	-25.85	0.110	1.434	13.10	1.333	1.384	23.97
415	279.3	1.69	N 3	7	33.74	0.62	1	-26.11	0.143	1.924	13.50	1.772	1.848	32.56
421	283.4	1.50	5 Y 5/1	2	36.46	7.26	4	-24.33	0.076	0.600	7.94	0.410	0.505	8.99
425	286.1	1.52	5 Y 5/1	2	36.58	2.13	3	-24.45	0.083	0.551	6.67	0.505	0.528	8.36
430	289.5	1.72	10 YR 4/2	2	31.78	0.37	0	-25.28	0.097	0.778	8.06	0.711	0.744	13.38
435	292.9	1.49	5 Y 5/2	2	36.85	3.06	2	-24.14	0.076	0.445	5.89	0.361	0.403	6.63
440	296.3	1.65	5 Y 5/2	2	32.86	3.10	3	-25.01	0.096	0.840	8.80	0.687	0.763	13.88
445	299.7	1.53	5 Y 5/2	2	36.67	4.64	4	-23.82	0.081	0.522	6.48	0.469	0.495	7.96
450	303.2	1.63	5 Y 4/6	3	34.65	1.30	1	-25.35	0.111	0.946	8.56	0.910	0.928	15.41
455	306.6	1.44	5 Y 6/2	1	38.91	0.12	1	-24.20	0.085	0.522	6.14	0.466	0.494	7.51
461	310.7	1.48	5 Y 6/2	1	37.17	3.76	3	-24.68	0.088	0.700	8.00	0.646	0.673	10.39
465	313.4	1.61	5 Y 4/6	3	34.36	0.15	0	-25.46	0.097	0.866	8.93	0.970	0.918	13.95
469	316.1	1.50	5 Y 6/2	1	37.29	3.75	2	-23.17	0.072	0.413	5.74	0.346	0.379	6.19

## Anhang D.4.: Kerndaten für den Kern 1294-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (%)	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N	Corg von MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
1	0.6	1.08	10 YR 5/4	1	52.71	6.33	1	-22.87	0.146	0.557	3.82	0.483	0.520	6.01
5	3.0	2.14	5 GY 6/1	1	26.38	40.43	2	-22.85	0.120	0.529	4.41	0.473	0.501	11.34
7	4.2	1.18	5 GY 6/1	1	49.52	14.79	4	-22.71	0.118	0.513	4.35	0.462	0.487	6.07
10	6.0	1.22	10 YR 5/4	1	47.69	6.52	2	-23.84	0.107	0.492	4.60	0.433	0.462	6.02
15	9.0	1.31	10 YR 5/4	1	46.09	7.78	1	-23.96	0.103	0.479	4.65	0.398	0.439	6.26
20	12.0	1.45	10 YR 5/4	1	42.19	10.05	0	-23.40	0.090	0.443	4.92	0.386	0.414	6.41
24	13.0	3.72	10 YR 5/4	1	41.74	8.05	0	-23.78	0.090	0.481	5.34	0.442	0.461	17.91
30	14.4	3.80	5 Y 5/2	2	40.20	12.32	0	-24.22	0.102	0.595	5.83	0.531	0.563	22.61
35	15.6	3.97	10 YR 6/4	1	38.69	19.45	1	-23.56	0.075	0.274	3.65	0.242	0.258	10.89
40	16.8	3.77	10 YR 6/4	1	40.67	16.69	2	-24.01	0.085	0.319	3.75	0.273	0.296	12.02
45	18.0	4.01	10 YR 6/4	1	39.23	16.70	2	-23.13	0.074	0.243	3.28	0.213	0.228	9.74
50	19.2	3.70	10 YR 6/4	1	41.42	13.36	2	-23.33	0.069	0.242	3.51	0.209	0.226	8.95
55	20.4	3.43	10 YR 6/4	1	44.26	7.38	3	-23.02	0.089	0.289	3.25	0.246	0.268	9.90
60	21.6	4.07	10 YR 6/4	1	38.05	15.01	2	-22.94	0.081	0.266	3.28	0.236	0.251	10.84
65	22.8	5.05	5 Y 4/1	3	30.90	45.35	1	-25.81	0.104	0.707	6.80	0.636	0.671	35.70
69	23.8	3.90	5 Y 4/1	3	41.41	3.79	2	-25.74	0.100	0.843	8.43	0.730	0.786	32.91
75	25.1	4.06	10 YR 5/4	1	41.15	11.72	4	-23.78	0.097	0.450	4.64	0.382	0.416	18.27
80	26.2	4.37	10 YR 5/4	1	38.69	26.99	4	-23.91	0.099	0.398	4.02	0.337	0.367	17.40
85	27.3	3.79	10 YR 5/4	1	43.03	7.55	3	-22.88	0.085	0.265	3.12	0.228	0.247	10.04
90	28.4	3.49	10 YR 5/4	1	46.57	2.42	2	-23.33	0.092	0.356	3.87	0.304	0.330	12.41
95	29.4	4.03	10 YR 5/4	1	41.39	8.37	2	-22.41	0.072	0.256	3.56	0.225	0.240	10.32
98	30.1	3.71	10 YR 5/4	1	44.60	5.08	2	-23.55	0.079	0.304	3.85	0.254	0.279	11.27
101	30.8	3.98	10 YR 5/4	1	42.73	8.13	3	-23.33	0.094	0.306	3.26	0.244	0.275	12.19
105	31.6	3.66	10 YR 5/4	1	45.20	3.59	2	-23.91	0.098	0.432	4.41	0.408	0.420	15.82
110	32.7	4.08	10 YR 5/4	1	42.33	7.00	1	-23.39	0.076	0.289	3.80	0.222	0.255	11.79
115	33.8	3.59	10 YR 5/4	1	46.68	3.07	1	-22.81	0.090	0.396	4.40	0.343	0.369	14.20
120	34.9	4.13	5 Y 5/5	2	41.28	12.15	0	-23.21	0.081	0.338	4.17	0.258	0.298	13.95
125	36.0	3.94	5 Y 5/5	2	41.78	7.14	0	-23.56	0.085	0.325	3.82	0.281	0.303	12.79
130	37.1	3.60	5 Y 5/5	2	46.32	3.68	0	-23.47	0.100	0.483	4.83	0.435	0.459	17.41
135	38.2	3.59	5 Y 5/5	2	46.47	2.11	0	-23.68	0.107	0.420	3.93	0.362	0.391	15.09
140	39.3	3.91	5 Y 5/5	2	42.84	6.44	0	-22.40	0.105	0.346	3.30	0.304	0.325	13.54
145	40.4	4.00	5 Y 5/5	2	41.94	6.23	1	-22.91	0.095	0.415	4.37	0.383	0.399	16.58
150	41.5	3.94	5 Y 5/5	2	43.25	4.97	0	-22.68	0.096	0.380	3.96	0.313	0.346	14.97
155	42.6	3.89	5 Y 5/5	2	43.25	7.89	0	-23.02	0.099	0.404	4.08	0.354	0.379	15.74
160	43.7	4.11	5 Y 5/5	2	40.63	7.50	1	-23.43	0.096	0.528	5.50	0.463	0.495	21.72
165	44.8	4.64	10 YR 5/4	1	36.96	18.01	0	-23.10	0.083	0.381	4.59	0.325	0.353	17.70
170	45.9	4.08	10 YR 5/4	1	40.82	9.08	0	-22.96	0.102	0.479	4.70	0.431	0.455	19.53
175	46.9	4.20	10 YR 5/4	1	41.09	11.15	0	-24.33	0.096	0.602	6.27	0.550	0.576	25.26
178	47.6	4.96	5 Y 4/1	7	33.10	18.47	0	-23.92	0.101	0.610	6.04	0.567	0.589	30.23
180	48.0	4.33	5 Y 6/4	1	40.42	6.48	0	-23.78	0.096	0.480	5.00	0.441	0.461	20.80
185	49.1	4.51	5 Y 6/4	1	37.48	14.04	1	-23.99	0.071	0.354	4.99	0.310	0.332	15.96
190	50.2	4.26	5 Y 6/4	1	39.61	6.29	0	-24.64	0.092	0.565	6.14	0.512	0.538	24.07
195	51.3	4.41	5 Y 6/4	1	37.93	15.06	1	-24.02	0.073	0.414	5.67	0.379	0.397	18.24
201	52.6	4.06	5 Y 6/4	1	40.84	9.57	0	-24.08	0.081	0.486	6.00	0.425	0.455	19.73
205	53.5	4.59	5 Y 6/4	1	37.58	14.54	0	-24.35	0.074	0.436	5.89	0.397	0.417	20.01
211	54.8	4.62	5 Y 6/4	1	36.17	13.01	0	-26.20	0.085	0.811	9.54	0.787	0.799	37.45
216	55.9	4.56	5 Y 5/2	2	36.25	14.27	0	-24.86	0.081	0.668	8.25	0.603	0.635	30.48
220	56.8	4.29	5 Y 6/4	1	39.48	6.40	0	-24.17	0.081	0.579	7.15	0.529	0.554	24.83
225	57.9	4.28	5 Y 5/2	2	39.51	4.62	0	-24.67	0.077	0.631	8.19	0.570	0.600	27.00
229	58.8	4.47	5 Y 6/4	1	37.33	7.20	0	-24.43	0.084	0.836	9.95	0.775	0.805	37.38
235	60.4	3.46	5 Y 5/2	2	40.15	6.20	2	-23.79	0.101	0.764	7.56	0.667	0.715	26.42
240	61.7	4.41	5 Y 5/2	2	31.39	17.76	1	-24.37	0.064	0.398	6.22	0.365	0.381	17.55
245	63.0	3.68	5 Y 5/2	2	37.90	7.55	2	-24.30	0.073	0.439	6.01	0.415	0.427	16.13
251	64.6	3.87	10 YR 5/4	1	36.04	12.07	3	-23.70	0.059	0.262	4.44	0.246	0.254	10.14
255	65.7	3.57	10 YR 5/4	1	38.63	6.22	1	-23.90	0.063	0.274	4.35	0.259	0.266	9.78

## Anhang D.4.: Kerndaten für den Kern 1294-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (‰)	Corg (CHN-Anal.) (‰)	C:N	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)
260	67.0	4.00	10 YR 5/4	1	34.20	14.52	3	-24.95	0.061	0.302	4.95	0.245	0.273	12.07
265	68.4	3.96	10 YR 5/4	1	34.43	18.62	3	-23.04	0.060	0.242	4.03	0.217	0.229	9.58
270	69.7	3.85	10 YR 5/4	1	36.43	11.33	3	-24.47	0.066	0.293	4.44	0.235	0.264	11.27
275	71.0	3.97	10 YR 5/4	1	35.50	18.26	3	-24.32	0.070	0.346	4.94	0.288	0.317	13.75
280	74.0	1.86	10 YR 5/4	1	32.97	25.10	3	-23.82	0.074	0.309	4.18	0.248	0.279	5.76
285	77.0	1.48	5 Y 5/2	2	41.60	3.19	4	-22.98	0.094	0.522	5.55	0.486	0.504	7.74
290	80.0	1.60	5 Y 5/2	2	38.48	7.87	3	-22.95	0.090	0.478	5.31	0.397	0.437	7.63
295	83.0	1.66	5 Y 6/6	1	37.76	12.03	4	-23.48	0.093	0.527	5.67	0.425	0.476	8.75
301	86.6	1.61	5 Y 5/2	2	37.98	12.71	1	-24.20	0.092	0.563	6.12	0.499	0.531	9.08
305	89.0	1.79	5 Y 5/2	2	34.97	16.28	1	-24.32	0.109	0.679	6.23	0.618	0.648	12.15
310	92.0	1.68	10 YR 5/4	1	37.02	12.61	1	-24.39	0.089	0.496	5.57	0.366	0.431	8.35
315	95.0	1.73	5 Y 3/2	7	37.11	10.31	0	-24.78	0.107	0.840	7.85	0.734	0.787	14.56
320	98.0	1.55	5 Y 5/2	2	40.41	5.47	0	-23.65	0.098	0.644	6.57	0.599	0.621	9.96
325	101.0	1.61	10 YR 5/4	1	39.56	10.08	0	-23.68	0.088	0.418	4.75	0.374	0.396	6.74
329	103.4	1.60	5 Y 5/2	2	39.77	12.83	2	-23.76	0.095	0.508	5.35	0.492	0.500	8.13
334	106.4	1.57	10 YR 5/4	1	39.10	20.04	3	-24.40	0.093	0.578	6.22	0.504	0.541	9.09
340	110.0	1.78	5 Y 5/2	2	35.75	15.32	2	-24.46	0.076	0.356	4.68	0.318	0.337	6.34
345	113.0	1.52	10 YR 5/4	1	40.43	6.50	4	-24.05	0.085	0.406	4.78	0.362	0.384	6.18
349	115.4	1.43	5 Y 3/2	7	38.48	8.01	3	-24.53	0.096	0.652	6.79	0.588	0.620	9.30
355	119.0	1.62	10 YR 5/4	1	38.98	9.84	4	-23.96	0.076	0.382	5.03	0.315	0.348	6.19
360	122.0	1.48	5 Y 5/2	2	41.73	4.45	2	-23.72	0.094	0.420	4.47	0.384	0.402	6.20
365	125.0	1.32	10 YR 5/4	1	46.76	0.86	0	-23.97	0.100	0.494	4.94	0.429	0.461	6.54
370	128.0	1.26	5 Y 5/2	2	48.20	0.93	0	-24.25	0.095	0.489	5.15	0.436	0.462	6.15
374	129.3	2.70	10 YR 5/4	1	43.89	2.81	0	-23.82	0.090	0.380	4.22	0.314	0.347	10.28
381	131.5	2.65	5 Y 5/2	2	43.80	1.63	0	-24.29	0.090	0.438	4.87	0.376	0.407	11.62
385	132.7	2.92	10 YR 3/2	2	40.56	3.46	1	-24.41	0.077	0.370	4.81	0.315	0.343	10.79
390	134.3	3.32	5 Y 5/2	2	36.94	10.71	0	-24.38	0.074	0.471	6.36	0.412	0.442	15.62
395	135.9	3.25	5 Y 4/6	3	36.58	8.94	0	-24.63	0.078	0.420	5.38	0.307	0.363	13.66
399	137.1	3.40	5 Y 5/2	2	34.08	16.57	0	-24.24	0.060	0.426	7.10	0.374	0.400	14.48
401	137.7	3.13	5 Y 4/6	2	38.62	10.46	0	-24.46	0.074	0.402	5.43	0.346	0.374	12.59
405	139.0	2.92	5 Y 5/2	2	40.86	7.10	0	-24.48	0.070	0.340	4.86	0.296	0.318	9.91
410	140.6	3.66	5 Y 5/6	2	31.98	13.40	1	-24.52	0.068	0.468	6.88	0.398	0.433	17.13
415	142.1	3.97	10 YR 4/2	2	28.85	19.63	0	-24.50	0.079	0.784	9.92	0.749	0.766	31.13
420	143.7	4.48	5 Y 2/2	7	24.28	23.68	0	-24.98	0.071	0.996	14.03	0.799	0.898	44.61
425	145.3	4.67	5 Y 2/2	7	23.79	23.06	0	-25.01	0.071	0.893	12.58	0.838	0.866	41.70
430	146.8	4.66	5 Y 2/2	7	22.98	24.19	0	-24.94	0.075	0.838	11.17	0.794	0.816	39.02
435	148.4	4.60	5 Y 2/2	7	22.38	26.32	0	-24.70	0.069	0.951	13.78	0.886	0.919	43.75
440	150.0	4.54	5 Y 2/2	7	22.69	25.70	0	-24.73	0.077	0.902	11.71	0.829	0.865	40.91
445	151.5	4.40	5 Y 2/2	7	22.63	25.44	0	-24.70	0.069	0.969	14.04	0.910	0.940	42.68
450	153.1	3.18	N 5	6	37.93	7.92	4	-24.43	0.077	0.487	6.32	0.420	0.454	15.47
455	154.7	3.06	5 Y 5/2	2	39.36	7.01	4	-24.40	0.071	0.347	4.89	0.307	0.327	10.63
458	155.6	3.52	5 Y 6/6	1	34.54	18.50	4	-24.41	0.067	0.345	5.15	0.304	0.325	12.13
464	157.5	4.35	5 Y 4/5	3	25.13	31.46	0	-24.19	0.044	0.353	8.02	0.303	0.328	15.37
470	159.4	4.05	N 5	6	29.09	30.50	0	-24.34	0.048	0.517	10.77	0.491	0.504	20.95
475	160.9	3.96	N 5	6	29.08	23.67	0	-24.23	0.061	0.487	7.98	0.462	0.474	19.29
479	162.2	3.47	5 Y 4/6	3	34.73	0.11	0	-24.07	0.064	0.535	8.36	0.466	0.500	18.56
485	164.1	4.57	5 Y 4/6	3	24.26	28.77	0	-23.86	0.054	0.520	9.63	0.433	0.476	23.78
490	165.6	4.67	N 3	7	21.60	31.93	0	-24.29	0.068	1.262	18.56	1.190	1.226	58.93
494	166.9	3.07	N 5	6	40.08	6.82	4	-24.03	0.080	0.605	7.56	0.575	0.590	18.56
498	168.2	4.00	5 Y 6/2	1	29.90	16.18	2	-24.97	0.075	0.649	8.65	0.588	0.618	25.97
502	169.4	3.06	5 Y 6/2	1	39.60	9.65	4	-23.70	0.078	0.450	5.77	0.412	0.431	13.78
504	170.0	3.74	5 GY 5/2	5	32.58	15.37	2	-25.24	0.073	0.609	8.34	0.478	0.543	22.80
510	171.9	3.50	10 Y 5/2	4	34.88	15.60	2	-24.11	0.072	0.390	5.42	0.365	0.377	13.66
515	173.5	3.48	10 Y 5/2	4	34.90	11.09	1	-23.91	0.067	0.393	5.87	0.353	0.373	13.66
520	175.1	3.52	5 Y 5/2	2	35.66	11.84	0	-23.79	0.072	0.357	4.96	0.301	0.329	12.57

## Anhang D.4.: Kerndaten für den Kern 1294-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (‰)	Corg (CHN-Anal.) (‰)	C:N	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
525	176.6	3.22	10 Y 5/2	4	38.71	4.77	0	-24.14	0.085	0.562	6.61	0.498	0.530	18.11
530	178.2	3.00	5 Y 4/4	3	41.72	7.93	0	-24.73	0.106	1.278	12.06	1.132	1.205	38.40
535	179.8	4.40	N 5	6	26.90	15.71	0	-24.40	0.097	1.461	15.06	1.319	1.390	64.22
539	181.0	3.37	N 6	6	36.83	3.54	2	-24.27	0.078	0.550	7.05	0.506	0.528	18.53
545	182.9	3.14	5 Y 6/2	1	39.15	0.67	0	-24.26	0.085	0.452	5.32	0.385	0.419	14.19
549	184.1	3.51	5 Y 6/1	1	35.09	6.01	1	-25.06	0.102	0.958	9.39	0.900	0.929	33.61
555	186.0	2.88	5 Y 6/1	1	41.81	0.91	0	-24.12	0.076	0.571	7.51	0.508	0.539	16.43
561	193.9	0.89	5 Y 5/1	2	33.17	12.49	3	-24.10	0.069	0.335	4.86	0.280	0.307	2.99
566	200.4	0.79	5 Y 5/1	2	37.13	6.14	1	-23.43	0.088	0.495	5.63	0.406	0.450	3.91
570	205.7	0.81	5 Y 5/1	2	34.30	8.36	0	-24.27	0.095	0.608	6.40	0.522	0.565	4.93
575	212.2	0.79	5 GY 6/1	1	35.38	6.79	0	-24.04	0.100	0.446	4.46	0.403	0.425	3.54
580	218.8	0.63	5 GY 6/1	1	37.53	4.48	0	-23.92	0.079	0.440	5.57	0.379	0.409	2.77
585	225.4	0.76	5 GY 6/1	1	37.94	5.23	0	-24.21				0.465		3.51
590	231.9	0.86	5 GY 6/1	1	32.72	11.63	0	-24.36	0.066	0.443	6.712	0.376	0.410	3.82
595	238.5	0.94	5 GY 6/1	1	30.82	13.43	0	-23.80	0.075	0.836	11.147	0.768	0.802	7.86
600	245.0	0.75	5 Y 6/2	1	37.81	3.32	0	-23.87	0.078	0.461	5.910	0.416	0.439	3.47
605	251.6	0.67	5 Y 6/2	1	41.95	1.12	0	-23.57	0.086	0.477	5.547	0.431	0.454	3.19
610	258.1	0.70	5 Y 6/2	1	40.89	3.05	0	-23.86	0.086	0.511	5.942	0.441	0.476	3.55
613	262.1	0.64	5 Y 6/2	1	33.32	13.88	0	-24.70	0.075	0.472	6.293	0.433	0.452	3.00

## Anhang D.5.: Kerndaten für den Kern 1295-5

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (‰)	Corg (CHN-Anal.) (‰)	C:N	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
1	0.6	1.31	10 YR 5/4	1	46.86	8.23	5	-22.87	0.083	0.511	6.16	0.401	0.456	6.70
5	3.0	1.13	10 YR 4/3	2	50.62	13.72	5	-22.46	0.094	0.602	6.40	0.570	0.586	6.82
10	6.0	1.17	10 YR 5/4	1	49.96	9.50	5	-23.40	0.080	0.528	6.60	0.467	0.498	6.19
15	9.0	1.35	10 YR 4/3	2	45.67	9.09	3	-23.62	0.069	0.426	6.17	0.388	0.407	5.73
20	12.0	1.48	10 YR 5/4	1	41.49	14.46	3	-24.30	0.068	0.509	7.49	0.474	0.492	7.54
25	14.0	2.03	10 YR 4/3	2	45.04	12.29	3	-23.22	0.060	0.301	5.02			6.11
30	16.0	2.59	10 YR 5/4	1	36.72	18.23	3	-23.45	0.056	0.285	5.09			7.39
35	18.0	2.00	10 YR 4/3	2	45.64	9.00	4	-23.03	0.060	0.267	4.45			5.33
40	20.0	2.28	10 YR 5/4	1	40.81	13.03	3	-23.48	0.057	0.267	4.68	0.242	0.255	6.08
44	21.6	2.94	10 YR 3/2	2	29.30	17.42	1	-25.65	0.089	1.029	11.56	0.944	0.987	30.28
50	24.0	2.15	10 YR 5/4	1	41.98	12.89	5	-22.82	0.061	0.287	4.70	0.263	0.275	6.18
55	26.5	1.68	10 YR 5/4	1	43.66	7.23	3	-23.31	0.058	0.304	5.24	0.297	0.300	5.10
60	29.0	1.67	10 YR 5/3	1	43.18	10.99	3	-22.61	0.054	0.222	4.11	0.205	0.213	3.72
65	31.5	1.66	10 YR 5/4	1	44.01	9.63	3	-22.54	0.058	0.276	4.76	0.249	0.263	4.58
70	34.0	1.66	10 YR 5/4	1	44.51	9.38	3	-22.27	0.058	0.260	4.48	0.236	0.248	4.31
75	36.5	1.67	10 YR 5/3	1	44.44	8.60	2	-22.61	0.057	0.310	5.44	0.317	0.314	5.17
80	39.0	1.60	10 YR 5/4	1	44.94	6.10	2	-22.22	0.068	0.362	5.32	0.304	0.333	5.79
85	41.5	1.72	10 YR 5/3	1	43.92	7.17	2	-23.06	0.071	0.360	5.07	0.319	0.340	6.18
90	44.0	1.83	10 YR 5/4	1	40.76	13.77	1	-23.27	0.055	0.271	4.93	0.254	0.263	4.96
95	46.5	1.87	10 YR 5/4	1	41.02	11.34	1	-23.86	0.076	0.442	5.82	0.399	0.420	8.25
97	47.5	2.18	10 YR 5/4	1	33.85	16.50	1	-25.14	0.099	1.213	12.25	1.218	1.215	26.50
100	49.0	1.89	10 YR 5/4	1	39.72	11.08	2	-23.64	0.069	0.364	5.28	0.306	0.335	6.89
105	51.5	1.80	10 YR 5/4	1	41.35	4.87	2	-24.00	0.078	0.451	5.78	0.414	0.433	8.11
110	54.0	1.86	10 YR 5/4	1	40.53	13.84	3	-23.31	0.067	0.345	5.15	0.330	0.338	6.40
116	57.0	2.26	10 YR 5/4	1	33.24	21.52	1	-26.94	0.075	0.762	10.16	0.739	0.751	17.26
120	59.0	1.95	10 YR 5/4	1	39.00	16.69	1	-23.92	0.064	0.426	6.66	0.381	0.404	8.31
125	61.0	2.28	5 Y 3/2	7	41.11	4.18	0	-23.92	0.062	0.421	6.79	0.385	0.403	9.59
130	63.0	2.14	10 YR 5/4	1	42.31	6.12	1	-23.51	0.074	0.442	5.97	0.412	0.427	9.48
135	65.0	3.01	5 Y 6/2	1	31.32	19.25	0	-23.87	0.053	0.301	5.68	0.274	0.287	9.06
140	67.0	2.51	10 YR 5/4	1	37.61	12.40	3	-23.77	0.049	0.213	4.35	0.176	0.195	5.34
145	69.0	2.71	10 YR 5/4	1	34.69	16.38	1	-23.93	0.048	0.186	3.88	0.177	0.181	5.04
150	71.0	2.55	10 YR 5/4	1	37.16	20.50	4	-23.61	0.052	0.227	4.37	0.215	0.221	5.78
155	75.1	1.22	10 YR 5/4	1	38.30	19.48	4	-23.21	0.057	0.264	4.63	0.241	0.253	3.21
160	79.1	1.20	5 Y 6/2	1	38.62	7.83	4	-23.06	0.067	0.341	5.09	0.313	0.327	4.08
165	83.2	1.30	5 Y 3/2	7	35.81	12.94	3	-22.78	0.066	0.330	5.00	0.301	0.315	4.29
170	87.3	1.16	10 YR 5/4	1	40.67	15.47	3	-23.43	0.076	0.414	5.45	0.383	0.398	4.81
173	89.7	1.28	10 YR 5/4	1	36.49	17.77	3	-24.85	0.066	0.443	6.71			5.69
176	92.2	1.20	10 YR 5/4	1	38.99	14.85	3	-24.34	0.073	0.425	5.82	0.399	0.412	5.11
180	95.4	1.19	10 YR 5/4	1	39.69	8.94	3	-23.32	0.074	0.385	5.20			4.59
185	99.5	1.17	10 YR 5/4	1	40.04	12.94	4	-23.21	0.071	0.361	5.08	0.365	0.363	4.21
190	103.6	1.07	10 YR 5/4	1	42.75	9.89	4	-23.81	0.071	0.321	4.52	0.292	0.306	3.44
195	107.6	1.25	10 YR 5/4	1	40.58	8.85	4	-23.88	0.080	0.464	5.80	0.429	0.446	5.80
200	111.7	1.16	10 YR 5/4	1	38.43	18.74	5	-23.46	0.066	0.314	4.76	0.306	0.310	3.64
205	115.8	0.94	10 YR 5/4	1	47.13	12.85	5	-23.09	0.079	0.344	4.35	0.314	0.329	3.24
210	119.9	0.86	10 YR 5/4	1	50.73	6.54	5	-24.30	0.085	0.398	4.68	0.467	0.433	3.42
215	123.9	0.95	10 YR 5/4	1	47.39	2.03	0	-23.38	0.092	0.340	3.70	0.302	0.321	3.24
220	128.0	0.98	10 YR 5/4	1	45.99	1.98	0	-23.71	0.082	0.353	4.30	0.333	0.343	3.47
225	130.0	2.26	10 YR 5/4	1	41.32	11.45	0	-23.45	0.069	0.264	3.83	0.270	0.267	5.95
230	132.0	2.21	10 YR 6/2	1	43.47	7.18	0	-23.83	0.065	0.228	3.51	0.221	0.225	5.03
235	134.0	3.22	5 Y 5/4	2	28.27	26.80	0	-23.51	0.048	0.248	5.17	0.189	0.219	7.98
240	136.0	2.80	5 Y 4/6	3	33.12	29.11	0	-23.76	0.054	0.423	7.83	0.378	0.401	11.83
245	138.0	3.22	5 Y 4/5	3	26.78	33.51	0	-23.66	0.075	0.339	4.52	0.347	0.343	10.90
250	140.0	3.15	5 Y 4/4	3	28.85	26.80	0	-23.94	0.062	0.494	7.97	0.496	0.495	15.57
254	141.6	3.31	5 Y 4/2	7	28.44	25.63	0	-24.08	0.059	0.823	13.95	0.748	0.785	27.25
260	144.0	2.11	N 6	6	44.42	3.67	3	-23.51	0.081	0.449	5.54	0.424	0.436	9.46

## Anhang D.5.: Kerndaten für den Kern 1295-5

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (‰)	Corg (CHN-Anal.) (‰)	C:N	Corg vom MS (‰)	Corg H-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)
265	146.0	2.55	5 Y 6/3	1	37.60	16.46	4	-23.84	0.064	0.301	4.70	0.287	0.294	7.68
270	148.0	3.34	5 Y 6/3	1	27.21	30.00	1	-23.56	0.045	0.333	7.40	0.302	0.318	11.11
275	150.0	3.23	5 Y 4/5	3	29.35	30.89	0	-23.55	0.051	0.346	6.78	0.328	0.337	11.19
280	152.0	3.31	5 Y 4/2	7	26.71	36.52	0	-23.95	0.046	0.471	10.24	0.421	0.446	15.60
284	153.6	3.27	5 Y 4/5	3	27.83	24.15	0	-23.94	0.056	0.629	11.23	0.680	0.655	20.57
290	156.0	3.62	5 Y 5/2	2	25.08	29.89	0	-24.20	0.051	0.405	7.94	0.371	0.388	14.67
295	158.0	3.54	5 Y 5/2	2	25.95	29.62	0	-23.66	0.056	0.642	11.46	0.574	0.608	22.75
301	160.4	2.45	N 7	1	39.50	7.09	0	-24.30	0.089	0.532	5.98	0.475	0.503	13.06
305	162.0	2.14			36.88	14.34	3	-23.72	0.075	0.407	5.43	0.378	0.393	8.72
310	164.0	2.35			40.44	14.60	4	-23.00	0.074	0.391	5.28	0.371	0.381	9.17
315	166.0	2.67	5 Y 6/1	1	32.78	26.24	4	-24.24	0.073	0.495	6.78	0.488	0.491	13.23
320	168.0	2.87	5 Y 6/1	1	33.57	27.98	4	-23.79	0.068	0.290	4.26	0.229	0.259	8.32
326	170.4	2.30	5 Y 7/4	1	40.92	7.04	0	-23.42	0.079	0.394	4.99	0.365	0.380	9.08
330	172.0	2.55	5 Y 6/4	1	36.92	6.06	1	-24.43	0.075	0.633	8.44	0.630	0.632	16.15
335	174.0	2.66	5 Y 6/4	1	36.43	7.71	0	-24.55	0.078	0.523	6.71	0.516	0.519	13.91
340	176.0	2.41	5 Y 6/4	1	39.40	1.85	0	-24.41	0.072	0.384	5.33	0.417	0.401	9.27
345	178.0	2.49	5 Y 6/4	1	37.66	3.63	0	-24.94	0.078	0.495	6.35	0.483	0.489	12.35
351	180.4	2.23	N 7	1	40.08	4.35	0	-23.54	0.077	0.424	5.51	0.415	0.419	9.47
355	182.0	2.32			40.63	2.10	3	-23.41	0.076	0.421	5.54	0.400	0.411	9.77
360	184.0	2.22	10 YR 7/4	1	41.84	3.86	3	-23.77	0.078	0.415	5.32	0.406	0.410	9.23
365	186.0	2.65	10 YR 7/4	1	35.06	26.15	4	-23.68	0.060	0.241	4.02	0.225	0.233	6.39
370	194.4	0.57	5 Y 6/2	1	39.17	12.84	4	-23.23	0.081	0.379	4.68	0.353	0.366	2.15
375	202.9	0.61	5 Y 6/2	1	36.62	6.74	3	-23.85	0.081	0.406	5.01	0.413	0.410	2.46
380	211.3	0.62	5 Y 6/2	1	35.35	7.63	0	-24.22	0.078	0.377	4.83	0.355	0.366	2.34
385	219.7	0.64	5 Y 6/2	1	35.56	4.81	0	-22.95	0.075	0.321	4.28	0.296	0.309	2.05
390	228.1	0.60	5 Y 6/2	1	38.07	4.00	0	-22.90	0.066	0.291	4.41	0.289	0.290	1.74
395	236.6	0.51	10 YR 6/4	1	43.81	1.34	0	-23.63	0.070	0.325	4.64	0.335	0.330	1.67
397	239.9	0.65	5 Y 6/2	1	34.83	11.99	0	-24.07	0.059	0.315	5.34	0.312	0.314	2.04
400	245.0	0.52	10 YR 6/4	1	43.13	7.06	0	-24.32	0.070	0.303	4.33	0.315	0.309	1.56
405	248.9	1.23	10 YR 6/4	1	40.34	6.05	3	-23.85	0.064	0.271	4.23	0.272	0.272	3.34
408	251.2	1.26	10 YR 6/4	1	38.91	6.78	3	-23.34	0.070	0.293	4.19	0.253	0.273	3.70
412	254.3	1.85	10 YR 6/4	1	22.22	45.27	0	-24.48	0.037	0.148	4.00	0.143	0.146	2.73
417	258.1	1.42	10 YR 6/3	1	35.34	15.85	0	-23.85	0.059	0.225	3.81	0.246	0.235	3.18
422	262.0	1.50	10 YR 6/3	1	33.26	17.49	0	-24.08	0.054	0.213	3.94	0.215	0.214	3.19
428	266.7	1.48	5 Y 5/4	2	35.28	17.05	0	-24.06	0.062	0.275	4.44	0.278	0.276	4.06
432	269.7	1.49	5 Y 5/4	2	35.44	35.29	0	-24.29	0.056	0.394	7.04	0.416	0.405	5.88
435	272.1	1.50	N 7	1	31.51	15.82	0	-23.63	0.059	0.306	5.19	0.291	0.298	4.60
440	275.9	1.79	5 Y 5/6	2	24.52	30.77	0	-23.53	0.044	0.430	9.77	0.427	0.428	7.70
445	279.8	1.57	5 GY 6/1	1	30.42	27.42	2	-24.39	0.069	0.436	6.32	0.443	0.439	6.85
450	283.7	1.41	5 Y 4/1	2	34.86	0.87	0	-25.11	0.111	1.071	9.65	1.096	1.084	15.09
455	287.5	1.47	5 Y 4/1	2	33.11	2.92	1	-25.62	0.120	1.382	11.52	1.428	1.405	20.26
460	291.4	1.46	10 Y 6/2	1	33.28	13.13	3	-25.04	0.047	0.372	7.91	0.444	0.408	5.42
465	295.3	1.31	10 Y 6/2	1	37.41	6.00	3	-23.31	0.066	0.434	6.58	0.361	0.398	5.68
470	299.1	1.44	10 YR 5/4	1	34.19	20.46	3	-24.38	0.077	0.364	4.73	0.345	0.355	5.25
475	303.0	1.24	10 YR 5/4	1	46.42	6.78	0	-23.05	0.068	0.357	5.25	0.338	0.347	4.41
479	308.3	0.65	10 YR 5/4	1	41.87	6.53	0	-23.79	0.072	0.254	3.53	0.239	0.247	1.65
484	314.9	0.62	5 Y 6/4	1	45.62	2.45	0	-23.59	0.080	0.387	4.84	0.399	0.393	2.38
488	320.2	0.87	5 Y 6/4	1	26.83	27.57	0	-23.87	0.042	0.195	4.64	0.232	0.214	1.70
493	326.8	1.11	10 YR 6/4	1	22.24	41.27	0	-23.79	0.037	0.165	4.46	0.185	0.175	1.84
500	336.0	0.75	5 Y 6/3	1	35.52	10.98	0	-23.97	0.058	0.305	5.26	0.323	0.314	2.28
502	341.2	0.48	5 Y 3/2	7	24.03	33.29	0	-23.79	0.056	0.374	6.68	0.369	0.372	1.78
506	351.6	0.51	5 Y 6/3	1	26.84	28.45	0	-23.58	0.051	0.334	6.55	0.339	0.337	1.71
511	364.6	0.39	5 Y 3/2	7	32.97	14.37	0	-24.39	0.062	0.327	5.27	0.352	0.340	1.29
514	370.1	0.43	5 Y 6/3	1	29.23	23.96	0	-25.01	0.057	0.329	5.77	0.355	0.342	1.42
521	384.4	0.51	5 Y 3/2	7	36.67	11.76	0	-24.27	0.072	0.414	5.75	0.407	0.411	2.11

## Anhang D.5.: Kerndaten für den Kern 1295-5

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (%)	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)
525	392.5	0.39	5 Y 6/3	1	46.21	19.82	0	-23.51	0.089	0.423	4.75	0.442	0.432	1.64
531	404.7	0.52	5 Y 5/6	2	35.16	8.51	0	-23.65	0.061	0.251	4.11	0.261	0.256	1.32
535	412.8	0.44	5 Y 5/6	2	42.46	4.15	0	-23.70	0.064	0.236	3.69	0.248	0.242	1.03
540	423.0	0.38	5 Y 5/6	2	46.73	0.14	0	-24.03	0.068	0.291	4.28	0.295	0.293	1.11
545	433.2	0.44	5 Y 4/4	3	42.37	0.11	0	-24.75	0.069	0.618	8.96	0.652	0.635	2.71
550	443.3	0.47	5 Y 5/2	2	39.28	0.46	0	-24.87	0.078	0.843	10.81	0.879	0.861	3.96
555	453.5	0.45	N 4	7	41.62	0.84	0	-25.02	0.093	1.093	11.75	1.141	1.117	4.89
560	463.7	0.46	N 4	7	40.58	1.26	0	-25.10	0.090	1.058	11.76	1.119	1.089	4.89

## Anhang D.5.: Kerndaten für den Kern 1295-5

Kern- Alter >500µm Biogen- N-ges N-anorg N-org C:Norg								Kern- Alter >500µm Biogen-				Kern- Alter >500µm Biogen-									
tiefe		Opal						tiefe		Opal						tiefe		Opal			
(cm)	(kyr)	(Gew.-%)	(Gew.-%)	(%)	(%)	(%)		(cm)	(kyr)	(Gew.-%)	(Gew.-%)					(cm)	(kyr)	(Gew.-%)	(Gew.-%)		
1	0.6	0.53	0.7	0.083	0.043	0.040	12.78	265	146.0	8.38	1.2	525	392.5		4.8						
5	3.0	0.53	1.1	0.094	0.045	0.049	12.29	270	148.0	1.38	0.8	531	404.7	0.02	2.7						
10	6.0	0.79	1.1	0.080	0.047	0.033	16.00	275	150.0	0.42	0.8	535	412.8	0.00	0.6						
15	9.0	1.32	1.8	0.069	0.045	0.024	17.75	280	152.0	0.39	0.6	540	423.0	0.00	5.2						
20	12.0	2.73	1.1	0.068	0.044	0.024	21.21	284	153.6	1.32	0.9	545	433.2	0.00	2.3						
25	14.0	1.87	1.3	0.060	0.041	0.019	15.84	290	156.0	0.67	0.7	550	443.3	0.04	7.5						
30	16.0	0.81	0.9	0.056	0.037	0.019	15.00	295	158.0	0.74	0.5	555	453.5	0.26	2.2						
35	18.0	0.95	1.1	0.060	0.041	0.019	14.05	301	160.4	0.91	1.0	560	463.7	0.40	6.1						
40	20.0	1.09	0.8	0.057	0.038	0.019	14.05	305	162.0	0.40	1.1										
44	21.6	3.54	0.5	0.089	0.061	0.028	36.75	310	164.0	1.03	1.0										
50	24.0	0.20	1.2	0.061	0.040	0.021	13.67	315	166.0	4.12	0.8										
55	26.5	0.19	1.1	0.058	0.040	0.018	16.89	320	168.0	0.86	1.1										
60	29.0	0.07	1.2	0.054	0.036	0.018	12.33	326	170.4	0.52	0.8										
65	31.5	0.29	0.9	0.058	0.037	0.021	13.14	330	172.0	1.35	0.9										
70	34.0	0.13	1.6	0.058	0.038	0.020	13.00	335	174.0	0.77	0.7										
75	36.5	0.30	1.2	0.057	0.041	0.016	19.37	340	176.0	0.00	1.1										
80	39.0	0.24	1.3	0.068	0.045	0.023	15.74	345	178.0	0.81	1.7										
85	41.5	0.32	1.8	0.071	0.044	0.027	13.33	351	180.4	1.64	2.6										
90	44.0	0.20	1.6	0.055	0.040	0.015	18.07	355	182.0	0.14	3.1										
95	46.5	3.06	0.9	0.076	0.046	0.030	14.73	360	184.0	0.17	1.3										
97	47.5	4.56	0.5	0.099	0.058	0.041	29.59	365	186.0	0.84	1.3										
100	49.0	1.04	1.5	0.069	0.033	0.036	10.11	370	194.4	0.06	1.6										
105	51.5	0.33	1.6	0.078				375	202.9	0.40	0.8										
110	54.0	0.93	1.5	0.067	0.044	0.023	15.00	380	211.3	2.51	1.9										
116	57.0	3.81	0.7	0.075	0.049	0.026	29.31	385	219.7	0.54	1.2										
120	59.0	2.40	1.2	0.064	0.044	0.020	21.30	390	228.1	0.20	1.0										
125	61.0	0.15	1.2	0.062	0.046	0.016	26.31	395	236.6	0.01	1.8										
130	63.0	0.75	1.4	0.074	0.050	0.024	18.42	397	239.9	0.35	1.2										
135	65.0	0.90	0.6	0.053	0.049	0.004		400	245.0	1.89	1.3										
140	67.0	0.41	1.2	0.049	0.036	0.013	16.38	405	248.9	0.06	1.7										
145	69.0	1.14	0.8	0.048	0.033	0.015	12.40	408	251.2	0.11	1.5										
150	71.0	0.05	1.1	0.052	0.033	0.019	11.95	412	254.3	0.08	0.5										
155	75.1	0.17	1.0	0.057	0.034	0.023	11.48	417	258.1	3.93	1.5										
160	79.1	0.04	1.4	0.067	0.046	0.021	16.24	422	262.0	1.10	0.7										
165	83.2	0.78	1.8	0.066	0.045	0.021	15.71	428	266.7	0.41	0.6										
170	87.3	1.73	1.0	0.076	0.047	0.029	14.28	432	269.7	0.82	0.5										
173	89.7	1.76	0.5	0.066	0.043	0.023	19.26	435	272.1	1.87	0.7										
176	92.2	1.30	0.9	0.073	0.044	0.029	14.66	440	275.9	0.60	0.4										
180	95.4	0.41	1.5	0.074	0.042	0.032	12.03	445	279.8	0.69	0.8										
185	99.5	1.25	0.8	0.071	0.039	0.032	11.28	450	283.7	0.00	0.5										
190	103.6	1.17	1.3	0.071	0.039	0.032	10.03	455	287.5	0.63	0.8										
195	107.6	0.59	1.0	0.080	0.049	0.031	14.97	460	291.4	1.19	1.2										
200	111.7	1.10	1.7	0.066	0.037	0.029	10.83	465	295.3	0.04	2.3										
205	115.8	0.01	1.5	0.079	0.042	0.037	9.30	470	299.1	4.32	0.9										
210	119.9	0.06	1.4	0.085	0.044	0.041	9.71	475	303.0	0.22	2.4										
215	123.9	0.25	1.6	0.092	0.049	0.043	7.91	479	308.3	0.24	1.2										
220	128.0	0.12	1.5	0.082	0.051	0.031	11.39	484	314.9	1.11	2.6										
225	130.0	0.17	1.5	0.069	0.044	0.025	10.56	488	320.2	0.07	0.9										
230	132.0	0.62	1.6	0.065	0.038	0.027	8.44	493	326.8	0.80	1.2										
235	134.0	0.09	0.5	0.048	0.034	0.014	17.71	500	336.0	0.53	0.9										
240	136.0	0.19	0.9	0.054				502	341.2	0.49	1.0										
245	138.0	0.28	0.5	0.075				506	351.6	0.27	1.1										
250	140.0	0.71	0.7	0.062				511	364.6	0.99	1.6										
254	141.6	0.69	0.5	0.059				514	370.1	0.82	0.9										
260	144.0	0.41	1.1	0.081				521	384.4	1.32	1.5										

## Anhang D.6.: Kerndaten für den Kern 1320-2

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (%))	Corg CHN-Anal.) (%)	C:N (%)	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
2	1.2	1.35	10 YR 5/4	1	45.67	24.81	5	-22.34	0.087	0.569	6.58	0.563	0.566	7.67
5	3.0	1.37	10 YR 5/4	1	45.09	29.91	5	-22.51	0.075	0.488	6.53	0.459	0.474	6.71
10	6.0	1.36	10 YR 5/4	1	45.70	14.51	5	-22.72	0.091	0.652	7.19	0.650	0.651	8.85
15	9.0	1.64	10 YR 5/4	1	39.16	14.80	4	-23.05	0.058	0.357	6.18	0.351	0.354	5.85
20	12.0	1.93	10 YR 5/4	1	32.65	18.59	2	-23.21	0.048	0.288	5.99	0.267	0.278	5.56
25	13.5	3.01	10 YR 5/4	1	41.16	15.04	3	-23.20	0.047	0.235	5.02	0.234	0.234	7.06
30	15.0	2.94	10 YR 5/4	1	42.72	11.01	4	-22.98	0.059	0.312	5.33	0.304	0.308	9.17
35	16.5	3.04	10 YR 5/4	1	41.40	17.32	3	-22.81	0.043	0.201	4.72	0.196	0.198	6.12
40	18.0	2.70	10 YR 5/4	1	45.83	8.73	4	-22.84	0.059	0.271	4.62	0.243	0.257	7.32
45	19.5	3.37	10 YR 5/4	1	38.42	17.24	3	-23.45	0.045	0.223	4.99	0.204	0.213	7.50
50	21.0	3.56	10 YR 5/4	1	35.92	16.27	3	-25.57	0.082	0.897	10.97	0.828	0.862	31.95
55	22.5	3.17	10 YR 5/4	1	40.48	21.61	4	-23.07	0.051	0.263	5.16	0.247	0.255	8.33
60	24.0	2.54	10 YR 6/4	1	47.60	3.69	3	-23.12	0.060	0.284	4.72	0.267	0.276	7.21
65	26.3	1.97	10 YR 5/4	1	41.42	15.92	3	-22.58	0.046	0.223	4.81	0.216	0.219	4.39
70	28.7	1.71	10 YR 6/4	1	46.09	6.34	3	-22.29	0.056	0.288	5.13	0.261	0.275	4.94
75	31.0	1.61	10 YR 5/4	1	48.37	3.03	3	-22.86	0.063	0.321	5.10	0.330	0.326	5.17
80	33.3	1.84	10 YR 6/4	1	44.70	9.20	2	-22.58	0.057	0.286	5.03	0.280	0.283	5.25
85	35.7	1.70	10 YR 5/4	1	46.80	6.28	3	-22.51	0.061	0.299	4.89	0.324	0.312	5.08
90	38.0	1.90	10 YR 6/4	1	43.78	8.94	3	-23.08	0.060	0.311	5.18	0.296	0.303	5.90
95	40.3	1.80	10 YR 5/4	1	45.00	6.16	3	-22.27	0.061	0.281	4.58	0.246	0.264	5.05
98	41.7	1.90	10 YR 6/4	1	43.33	7.75	2	-22.34	0.058	0.282	4.84	0.277	0.279	5.36
102	43.6	1.82	10 YR 5/4	1	44.01	7.39	2	-22.40	0.061	0.323	5.28	0.299	0.311	5.88
107	45.9	2.00	10 YR 6/4	1	40.68	13.07	2	-23.13	0.053	0.302	5.69	0.275	0.288	6.02
112	48.3	1.93	10 YR 3/2	2	41.31	11.83	3	-23.49	0.064	0.413	6.45	0.392	0.403	8.00
117	50.6	2.06	10 YR 3/2	2	39.32	10.16	3	-23.38	0.056	0.276	4.90	0.262	0.269	5.68
122	52.9	2.10	10 YR 3/2	2	38.35	12.69	3	-23.94	0.055	0.304	5.53	0.306	0.305	6.37
127	55.3	2.20	10 YR 3/2	2	37.11	18.60	4	-24.07	0.055	0.313	5.69	0.302	0.307	6.87
132	57.6	2.13	10 YR 3/2	2	38.19	12.12	2	-24.79	0.066	0.512	7.75	0.457	0.484	10.91
137	60.0	1.95	10 YR 5/4	1	40.84	7.67	2	-23.27	0.055	0.325	5.87	0.285	0.305	6.35
142	62.4	2.06	10 YR 5/4	1	37.65	23.12	4	-22.97	0.059	0.326	5.51	0.260	0.293	6.72
147	64.8	2.55	10 YR 5/4	1	30.94	19.41	1	-23.49	0.046	0.273	5.97	0.271	0.272	6.97
152	67.2	2.30	5 Y 6/6	1	34.19	18.67	3	-23.22	0.043	0.198	4.59	0.197	0.197	4.54
157	69.6	2.29	10 YR 5/4	1	35.25	18.90	3	-23.68	0.040	0.185	4.58	0.178	0.182	4.23
162	72.5	1.97	10 YR 5/4	1	33.22	34.11	4	-23.27	0.038	0.156	4.14	0.146	0.151	3.07
167	77.2	1.05	5 Y 6/6	1	40.42	6.68	3	-23.00	0.053	0.343	6.43	0.346	0.344	3.59
172	80.1	1.78	10 YR 5/4	1	36.56	11.68	3	-22.84	0.055	0.272	4.97	0.271	0.271	4.84
177	84.8	1.17	10 YR 5/4	1	35.12	17.17	3	-22.95	0.052	0.290	5.54	0.279	0.284	3.40
182	87.7	1.65	10 YR 5/4	1	39.68	18.64	4	-23.73	0.061	0.391	6.42	0.399	0.395	6.46
187	92.4	1.15	5 Y 6/6	1	35.37	23.98	3	-23.95	0.053	0.350	6.59	0.324	0.337	4.03
192	95.3	1.69	10 YR 5/4	1	38.63	9.78	3	-24.07	0.066	0.365	5.56	0.362	0.364	6.17
197	100.0	1.14	10 YR 5/4	1	36.50	23.59	3	-23.47	0.052	0.283	5.41	0.279	0.281	3.23
202	102.9	1.82	10 YR 5/4	1	36.33	22.01	3	-25.29	0.076	0.696	9.12	0.713	0.704	12.66
207	107.6	0.99	5 Y 6/6	1	41.12	10.64	4	-23.80	0.065	0.355	5.49	0.337	0.346	3.53
212	110.5	1.64	10 YR 5/4	1	39.73	13.53	4	-24.35	0.063	0.474	7.55	0.449	0.461	7.79
217	115.2	0.95	10 YR 5/4	1	43.82	10.85	4	-22.73	0.061	0.296	4.84	0.287	0.291	2.81
222	118.1	1.44	10 YR 5/4	1	44.75	3.50	5	-23.15	0.060	0.290	4.85	0.288	0.289	4.16
227	122.8	0.77	10 YR 5/4	1	50.88	1.13	2	-23.34	0.073	0.428	5.84	0.410	0.419	3.32
232	125.7	1.27	5 Y 6/6	1	48.57	0.90	0	-23.18	0.072	0.367	5.11	0.358	0.363	4.65
237	128.8	1.30	10 YR 5/4	1	46.92	2.26	0	-23.08	0.070	0.340	4.88	0.317	0.328	4.43
242	130.7	2.79	10 YR 5/4	1	35.79	22.23	1	-23.48	0.038	0.221	5.83	0.211	0.216	6.15
247	132.6	3.39	5 Y 5/2	2	27.84	30.66	0	-23.38	0.035	0.242	6.92	0.250	0.246	8.20
252	134.6	3.31	5 Y 5/2	2	29.02	31.88	0	-23.38	0.034	0.260	7.57	0.251	0.255	8.59
257	136.5	3.13	5 Y 5/2	2	30.91	32.85	1	-23.80	0.035	0.450	12.91	0.427	0.439	14.07
262	138.4	3.18	5 Y 5/2	2	30.40	31.61	1	-23.64	0.035	0.398	11.42	0.376	0.387	12.67
267	140.4	3.19	5 Y 5/2	2	29.40	29.09	1	-23.68	0.040	0.474	11.91	0.457	0.466	15.11
272	142.3	3.38	5 Y 5/2	2	27.83	24.69	1	-23.92	0.045	0.480	10.58	0.499	0.490	16.20

## Anhang D.6.: Kerndaten für den Kern 1320-2

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (%))	Corg (% CHN-Anal.)	C:N (%)	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)
277	144.2	2.43	5 Y 6/2	1	40.62	16.04	1	-23.67	0.065	0.575	8.82	0.572	0.574	13.97
282	146.2	2.32	10 YR 6/4	1	42.91	11.15	4	-23.73	0.053	0.390	7.29	0.387	0.388	9.03
287	148.1	3.42	5 Y 6/2	1	27.84	52.95	4	-23.51	0.032	0.249	7.69	0.255	0.252	8.53
292	150.0	2.89	5 Y 5/4	2	34.98	9.11	3	-23.20	0.042	0.526	12.65	0.513	0.520	15.19
297	152.0	3.46	5 Y 5/6	2	27.27	36.71	0	-23.67	0.030	0.426	14.36	0.431	0.429	14.74
302	153.9	3.48	5 Y 5/5	2	26.93	34.65	1	-23.87	0.028	0.544	19.32	0.535	0.540	18.90
307	155.8	3.65	N 5	6	25.97	28.91	0	-23.82	0.030	0.412	13.60	0.402	0.407	15.02
312	157.8	3.58	5 Y 6/4	1	26.09	33.87	0	-23.52	0.030	0.396	13.17	0.387	0.391	14.17
317	159.7	3.49	5 Y 5/4	2	27.03	31.05	1	-23.59	0.029	0.475	16.35	0.466	0.470	16.58
322	161.6	3.46	5 Y 5/5	2	27.11	29.31	0	-23.57	0.029	0.487	16.91	0.488	0.487	16.85
327	163.6	2.42	N 5	6	40.94	11.41	1	-24.08	0.057	0.570	9.93	0.583	0.577	13.83
332	165.5	2.82	N 6	6	35.18	22.84	4	-28.19	0.057	0.981	17.15	1.032	1.007	27.67
337	167.4	3.25	5 Y 5/2	2	30.96	32.28	4	-24.80	0.037	0.428	11.50	0.449	0.438	13.93
342	169.4	2.93	5 Y 4/2	3	35.15	22.76	4	-23.10	0.040	0.329	8.24	0.335	0.332	9.62
347	171.3	2.78	5 Y 5/2	2	36.86	23.49	4	-23.38	0.037	0.305	8.26	0.305	0.305	8.49
352	173.2	2.59	5 Y 5/2	2	38.24	11.16	1	-24.33	0.073	0.645	8.79	0.635	0.640	16.75
357	175.2	3.19	5 Y 5/2	2	30.98	17.55	1	-24.18	0.063	0.581	9.22	0.542	0.562	18.52
362	177.1	2.90	5 Y 5/2	2	33.83	13.46	1	-24.23	0.062	0.634	10.27	0.637	0.636	18.38
367	179.0	2.35	5 Y 5/3	2	42.01	1.85	1	-23.64	0.064	0.463	7.23	0.455	0.459	10.89
372	181.0	2.34	5 Y 5/3	2	42.31	2.82	2	-23.11	0.056	0.363	6.47	0.357	0.360	8.50
377	182.9	2.45	5 Y 6/2	1	40.34	4.96	4	-22.61	0.049	0.285	5.83	0.284	0.284	6.98
382	184.8	2.60	10 YR 6/4	1	38.30	8.09	3	-23.64	0.051	0.335	6.55	0.332	0.334	8.73
387	187.5	2.10	5 Y 6/2	1	34.53	23.66	4	-23.44	0.035	0.189	5.41	0.194	0.192	3.97
392	191.2	1.40	5 Y 6/2	1	36.48	21.06	4	-22.95	0.051	0.284	5.59	0.273	0.279	3.98
397	194.9	1.42	5 Y 6/2	1	35.48	5.59	3	-23.48	0.058	0.309	5.36	0.331	0.320	4.40
402	198.5	1.40	10 YR 6/4	1	36.66	5.55	1	-23.63	0.062	0.338	5.41	0.328	0.333	4.73
407	202.2	1.38	5 Y 6/2	1	37.38	7.66	0	-23.28	0.061	0.335	5.48	0.301	0.318	4.61
412	205.9	1.37	5 Y 6/2	1	38.09	3.85	1	-22.98	0.061	0.308	5.03	0.295	0.301	4.22
417	209.6	1.43	5 Y 6/2	1	36.15	4.70	0	-22.83	0.055	0.279	5.08	0.269	0.274	3.98
422	213.3	1.49	5 Y 6/2	1	34.78	4.06	0	-22.83	0.058	0.265	4.56	0.256	0.261	3.95
427	217.0	1.53	10 YR 6/4	1	34.34	3.89	0	-22.74	0.060	0.304	5.09	0.294	0.299	4.67
432	220.7	1.51	5 Y 6/2	1	33.94	4.11	0	-22.65	0.058	0.272	4.66	0.270	0.271	4.12
437	224.4	1.47	5 Y 6/2	1	34.75	3.23	0	-22.69	0.062	0.308	4.98	0.289	0.298	4.52
442	228.0	1.39	5 Y 6/2	1	37.50	4.91	1	-23.79	0.066	0.393	5.92	0.395	0.394	5.45
447	231.7	1.32	10 YR 6/4	1	38.63	4.06	0	-23.75	0.071	0.458	6.44	0.453	0.455	6.05
452	235.4	1.17	10 YR 6/4	1	43.57	1.58	0	-23.61	0.072	0.417	5.76	0.412	0.414	4.88
457	239.1	1.19	10 YR 6/4	1	42.85	2.97	0	-23.94	0.069	0.399	5.77	0.382	0.390	4.75
462	242.8	1.45	5 Y 6/2	1	35.66	9.11	1	-23.44	0.056	0.386	6.95	0.386	0.386	5.59
467	245.9	1.60	10 YR 6/4	1	38.70	12.01	3	-23.49	0.058	0.288	4.95	0.282	0.285	4.59
472	248.1	2.26	10 YR 6/4	1	37.60	14.37	4	-23.72	0.038	0.196	5.10	0.179	0.188	4.45
477	250.4	2.32	5 GY 6/1	1	37.23	12.49	4	-22.97	0.059	0.237	4.05	0.241	0.239	5.50
482	252.6	2.24	10 YR 6/4	1	38.16	9.85	3	-23.84	0.056	0.280	4.96	0.283	0.281	6.27
487	254.8	2.25	5 GY 6/1	1	38.03	10.09	2	-23.36	0.056	0.280	4.96	0.281	0.280	6.29
492	257.0	3.00	10 YR 6/4	1	26.40	31.80	0	-23.82	0.037	0.269	7.24	0.269	0.269	8.07
497	259.3	2.89	10 YR 5/3	1	28.30	17.18	0	-23.66	0.055	0.244	4.40	0.229	0.236	7.05
502	261.5	3.15	10 YR 5/3	1	24.30	23.88	0	-23.92	0.056	0.207	3.71	0.196	0.202	6.53
507	263.7	3.02	10 YR 5/3	1	26.24	26.47	0	-23.86	0.054	0.203	3.75	0.192	0.197	6.12
512	266.0	2.30	5 Y 5/2	2	37.08	10.24	0	-23.51	0.060	0.333	5.57	0.381	0.357	7.68
517	268.2	3.17	5 Y 4/2	3	24.37	32.32	0	-23.24	0.034	0.277	8.09	0.276	0.277	8.79
522	270.4	2.33	5 Y 6/2	1	36.73	12.45	3	-23.67	0.064	0.396	6.22	0.413	0.404	9.21
527	272.7	2.63	5 Y 5/4	2	31.73	34.79	3	-23.80	0.043	0.262	6.15	0.250	0.256	6.88
532	274.9	2.29	10 YR 3/2	2	36.64	0.66	3	-24.94	0.105	0.977	9.31	1.003	0.990	22.41
537	277.1	2.49	10 YR 3/2	2	33.97	1.45	1	-25.02	0.097	0.937	9.64	0.939	0.938	23.34
542	279.4	2.04	10 YR 6/4	1	40.83	2.02	3	-23.93	0.067	0.407	6.06	0.448	0.428	8.30
547	281.6	2.19	5 GY 6/1	1	38.67	9.42	4	-23.62	0.057	0.268	4.69	0.260	0.264	5.86
552	283.8	2.45	10 YR 6/4	1	35.06	13.99	4	-23.55	0.045	0.219	4.83	0.204	0.211	5.36

## Anhang D.6.: Kerndaten für den Kern 1320-2

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (%))	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N (%)	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
557	286.0	2.34	5 GY 6/1	1	36.56	15.48	4	-23.07	0.057	0.254	4.43	0.244	0.249	5.94
562	288.3	2.25	10 YR 6/4	1	37.66	8.04	4	-23.21	0.067	0.287	4.32	0.285	0.286	6.45
567	290.5	2.30	5 GY 6/1	1	37.12	3.99	2	-23.08	0.069	0.335	4.87	0.326	0.330	7.70
572	292.7	2.41	10 YR 6/4	1	34.98	6.57	0	-23.10	0.064	0.281	4.35	0.282	0.282	6.77
577	295.0	2.34	10 YR 6/4	1	36.47	20.80	4	-23.78	0.059	0.336	5.65	0.339	0.338	7.87
582	297.2	2.38	10 YR 6/4	1	36.50	21.00	4	-24.13	0.058	0.362	6.26	0.312	0.337	8.61
587	299.4	2.69	10 YR 6/4	1	31.29	24.76	3	-24.20	0.047	0.246	5.28	0.249	0.248	6.63
592	301.7	2.60	10 YR 6/4	1	32.28	24.03	2	-24.17	0.047	0.234	4.95	0.224	0.229	6.09
597	304.5	1.61	10 YR 6/4	1	40.31	6.14	0	-23.12	0.063	0.330	5.28	0.315	0.322	5.32
602	308.1	1.33	10 YR 6/4	1	39.09	7.62	1	-23.35	0.055	0.288	5.28	0.318	0.303	3.83
607	311.8	1.17	10 YR 6/4	1	43.14	3.20	1	-23.16	0.073	0.332	4.57	0.299	0.316	3.90
612	315.5	1.10	10 YR 6/4	1	44.59	1.48	0	-23.49	0.076	0.365	4.83	0.362	0.364	4.03
617	319.1	1.16	10 YR 6/4	1	43.64	0.95	0	-23.72	0.075	0.332	4.42	0.356	0.344	3.84
622	322.8	1.69	10 YR 5/2	1	29.51	20.14	0	-23.68	0.044	0.228	5.24	0.218	0.223	3.86
627	326.5	1.77	ROST		27.43	35.14	1	-23.69	0.044	0.207	4.77	0.207	0.207	3.66
632	330.1	1.77	ROST		27.41	33.50	1	-23.92	0.047	0.247	5.26	0.247	0.247	4.37
642	337.7	1.29	5 Y 6/1	1	39.44	8.66	1	-23.62	0.067	0.306	4.59	0.308	0.307	3.94
647	342.1	1.30	5 Y 6/1	1	33.94	17.85	1	-23.92	0.055	0.239	4.33	0.348	0.293	3.11
652	346.4	1.65	10 YR 5/2	1	24.73	30.65	0	-23.67	0.043	0.229	5.34	0.249	0.239	3.77
657	350.7	1.55	10 YR 5/2	1	26.78	24.64	0	-24.03	0.045	0.288	6.35	0.279	0.283	4.46
662	355.1	1.54	5 Y 6/1	1	27.18	29.63	0	-23.53	0.044	0.266	6.09	0.268	0.267	4.08
667	359.4	1.39	N 5	6	31.84	12.37	0	-23.59	0.054	0.460	8.51	0.541	0.500	6.38
672	363.4	1.30	10 YR 6/4	1	36.50	8.91	1	-23.90	0.050	0.284	5.72	0.295	0.289	3.69
677	367.0	1.57	10 YR 6/4	1	33.82	16.88	1	-24.19	0.047	0.349	7.35	0.341	0.345	5.48
682	370.6	1.95	10 YR 5/2	1	25.90	37.14	0	-24.14	0.032	0.217	6.70	0.231	0.224	4.23
687	374.2	1.72	10 YR 6/4	1	30.66	14.76	0	-24.13	0.047	0.286	6.08	0.290	0.288	4.94
692	377.8	1.90	10 YR 6/4	1	26.87	26.05	0	-23.93	0.039	0.213	5.45	0.217	0.215	4.04
697	381.4	1.56	10 YR 6/4	1	34.49	9.17	1	-23.97	0.049	0.320	6.52	0.356	0.338	4.98
702	385.0	1.57	10 YR 6/4	1	34.30	13.16	0	-23.69	0.046	0.278	6.00	0.289	0.284	4.36
707	388.6	1.44	10 YR 4/3	2	37.46	16.44	0	-24.12	0.062	0.441	7.15	0.480	0.460	6.34
712	392.1	2.02	10 YR 5/2	1	23.73	35.17	1	-23.77	0.026	0.286	11.13	0.277	0.282	5.78
717	395.7	1.34	10 YR 6/4	1	40.20	8.34	1	-23.74	0.060	0.379	6.27	0.430	0.405	5.10
722	399.3	1.36	5 Y 6/2	1	39.37	7.97	0	-23.14	0.056	0.307	5.53	0.328	0.318	4.17
727	402.9	1.37	5 Y 6/2	1	38.84	8.42	0	-23.40	0.053	0.258	4.88	0.265	0.261	3.54
732	406.5	1.61	5 Y 6/2	1	32.56	10.06	0	-23.62	0.046	0.195	4.21	0.198	0.196	3.13
736	409.4	1.61	5 Y 6/3	1	33.12	18.73	0	-23.67	0.032	0.187	5.79	0.184	0.186	3.01
742	413.7	1.85	5 Y 6/1	1	27.25	7.22	0	-24.75	0.043	0.200	4.64	0.223	0.211	3.70
747	417.3	1.36	10 YR 6/4	1	38.92	11.05	0	-23.78	0.046	0.294	6.37	0.308	0.301	4.00
752	420.8	1.12	N 6	6	45.62	3.25	0	-23.89	0.054	0.363	6.76	0.370	0.367	4.08
757	424.2	1.20	5 Y 5/5	2	46.16	0.20	0	-24.01	0.055	0.409	7.44	0.434	0.422	4.93
762	427.1	1.35	5 Y 5/2	2	47.12	0.06	0	-24.80	0.060	0.745	12.50	0.828	0.787	10.08
767	429.9	1.44	N 4	7	44.82	0.00	0	-24.88	0.065	0.848	13.14	0.863	0.855	12.21
772	432.8	1.39	N 4	7	45.79	4.89	0	-24.91	0.069	1.020	14.74	1.104	1.062	14.23
775	434.6	1.58	N 4	7	40.64	0.02	0	-25.11	0.080	1.254	15.70	1.055	1.154	19.79
782	438.6	1.50	N 4	7	43.06	0.30	0	-24.96	0.085	1.256	14.85	1.297	1.276	18.87
787	441.5	1.52	N 4	7	42.73	0.31	0	-25.08	0.082	1.249	15.28	1.317	1.283	19.00
790	443.3	1.49	5 Y 6/1	1	43.53	0.20	0	-25.11	0.086	1.248	14.51	1.327	1.287	18.59
794	445.6	1.56	5 Y 6/1	1	42.40	10.49	1	-25.00	0.060	0.456	7.62	0.544	0.500	7.10
797	447.3	1.83	5 Y 6/1	1	36.23	11.82	1	-24.74	0.049	0.403	8.15	0.426	0.414	7.36
803	450.8	1.78	5 Y 6/1	1	37.23	8.60	0	-24.39	0.048	0.314	6.53	0.336	0.325	5.59
807	453.1	2.39	5 Y 6/1	1	25.40	32.57	0	-24.21	0.028	0.289	10.46	0.304	0.296	6.89
812	456.0	2.49	N 3	7	24.03	34.99	0	-24.66	0.041	0.579	14.15	0.633	0.606	14.43
817	458.9	2.63	N 3	7	22.38	30.33	0	-24.94	0.057	0.738	13.03	0.766	0.752	19.39
822	461.8	1.58	5 Y 4/3	3	42.40	0.53	0	-24.49	0.084	0.992	11.78	1.049	1.021	15.71
827	464.7	1.70	N 3	7	39.09	0.06	0	-24.54	0.099	1.452	14.63	1.471	1.462	24.68
832	467.6	1.72	N 4	7	38.55	0.02	0	-24.58	0.100	1.476	14.76	1.483	1.480	25.44

## Anhang D.6.: Kerndaten für den Kern 1320-2

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Poram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (‰))	Corg (‰)	C:N (CHN-Anal.)	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
842	473.4	2.59	N 3	7	22.59	34.17	0	-24.46	0.054	1.099	20.43	1.094	1.097	28.48
847	476.3	2.56	N 3	7	22.41	31.65	0	-24.35	0.055	1.198	21.80	1.219	1.208	30.68
852	479.2	2.15	5 GY 4/2	7	29.63	17.47	1	-24.73	0.063	0.711	11.36	0.716	0.714	15.26
857	482.1	2.39	5 GY 5/1	5	25.31	31.04	0	-24.57	0.038	0.277	7.21	0.263	0.270	6.62
862	484.9	2.10	N 4	7	30.91	19.30	0	-24.60	0.096	1.512	15.83	1.518	1.515	31.71

Kern- tiefe (cm)	CaCO3 (%)	Kern- tiefe (cm)	CaCO3 (%)	Kern- tiefe (cm)	CaCO3 (%)	Kern- tiefe (cm)	CaCO3 (%)
2	26.81	217	10.99	437	1.35	662	1.32
5	31.19	222	3.86	442	1.28	667	0.91
10	27.76	227	3.39	447	0.91	672	2.58
15	6.18	232	1.30	452	0.64	677	0.33
20	3.86	237	0.33	457	0.81	682	0.20
25	8.71	242	0.48	462	0.90	687	0.00
30	12.88	247	0.26	467	7.56	692	0.84
35	10.36	252	0.23	472	15.97	697	1.11
40	10.25	257	0.26	477	7.96	702	2.69
45	9.51	262	0.02	482	5.88	707	1.37
50	3.24	267	0.07	487	3.47	712	0.21
55	11.29	272	0.34	492	0.33	717	1.83
60	4.68	277	2.93	497	0.61	722	0.57
65	6.22	282	9.87	502	0.32	727	0.65
70	5.05	287	17.99	507	0.44	732	0.39
75	4.39	292	2.00	512	2.17	736	0.00
80	4.19	297	0.24	517	0.02	742	0.01
85	4.22	302	0.07	522	5.72	747	0.00
90	6.63	307	0.17	527	4.54	752	0.00
95	5.33	312	0.06	532	1.31	757	0.69
98	4.41	317	0.18	537	1.20	762	0.00
102	4.35	322	0.25	542	1.71	767	0.00
107	4.14	327	4.67	547	5.96	772	0.05
112	3.86	332	16.47	552	11.26	775	0.15
117	4.70	337	16.86	557	12.69	782	0.74
122	5.35	342	9.85	562	4.61	787	1.64
127	12.06	347	14.37	567	1.66	790	1.41
132	2.39	352	0.62	572	1.57	794	3.01
137	2.10	357	0.16	577	10.10	797	5.53
142	6.32	362	0.66	582	11.16	803	1.32
147	0.82	367	1.34	587	7.91	807	0.00
152	6.22	372	2.89	592	4.78	812	0.11
157	8.87	377	3.86	597	1.10	817	1.45
162	18.78	382	4.95	602	0.00	822	0.00
167	5.07	387	12.70	607	0.00	827	1.60
172	4.29	392	14.57	612	0.00	832	1.81
177	4.68	397	3.70	617	0.45	842	1.42
182	8.92	402	1.54	622	2.07	847	1.53
187	9.08	407	1.39	627	1.81	852	1.61
192	4.91	412	1.19	632	1.41	857	0.20
197	10.21	417	1.03	642	2.87	862	0.00
202	7.78	422	1.17	647	21.94		
207	9.80	427	1.30	652	7.35		
212	7.18	432	1.32	657	0.97		

## Anhang D.7.: Kerndaten für den Kern 1297-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (‰))	Corg (‰)	C:N (CHN-Anal.)	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (ng/cm2/kyr)
1	1.00	0.89	10 YR 5/3	1	42.37	37.81065	5	-23.57	0.084	0.482	5.7381	0.350	0.416	4.29
6	6.00	1.14	10 YR 5/3	1	31.97	44.96179	4	-23.59	0.067	0.3355	5.00746	0.288	0.312	3.82
10	10.00	1.12	10 YR 5/3	1	32.70	17.63818	4	-23.73	0.0625	0.3305	5.288	0.316	0.323	3.69
15	13.57	1.06	10 YR 5/4	1	47.71	13.20309	4	-23.92	0.0735	0.3225	4.38776	0.305	0.314	3.43
20	16.17	1.67	10 YR 5/4	1	42.75	15.83535	3	-24.35	0.0615	0.244	3.96748	0.245	0.245	4.09
25	18.78	1.63	10 YR 5/4	1	44.43	13.80446	3	-23.30	0.0645	0.2595	4.02326	0.283	0.271	4.23
30	21.39	2.84	10 YR 3/2	1	30.14	39.90659	4	-25.66	0.079	0.749	9.48101	0.716	0.732	21.30
36	24.52	1.79	10 YR 5/4	1	40.15	24.3435	3	-23.55	0.0615	0.235	3.82114	0.255	0.245	4.20
40	30.12	0.59	10 YR 5/4	1	44.64	9.582237	2	-23.16	0.0635	0.25	3.93701	0.261	0.256	1.47
45	37.12	0.56	10 YR 5/4	1	46.51	8.348814	3	-23.97	0.074	0.2965	4.00676	0.307	0.302	1.66
50	44.12	0.61	10 YR 5/4	1	42.86	9.43821	3	-23.15	0.0735	0.284	3.86395	0.291	0.288	1.73
56	52.52	0.62	10 YR 5/4	1	42.20	11.99566	2	-23.41	0.067	0.271	4.04478	0.271	0.271	1.69
61	59.52	0.81	10 YR 3/2	1	33.31	21.39916	1	-25.71	0.094	0.9615	10.2287	0.920	0.941	7.74
66	62.52	1.74	10 YR 5/4	1	35.60	21.63614	3	-23.96	0.0625	0.208	3.328	0.208	0.208	3.62
71	65.52	1.81	5 Y 6/3	1	34.18	20.833	3	-26.25	0.075	0.4775	6.36667	0.462	0.470	8.66
76	68.52	1.87	10 YR 5/4	1	32.24	22.60764	1	-23.89	0.057	0.1945	3.41228	0.192	0.193	3.63
81	71.52	2.19	5 Y 6/3	1	25.96	29.17896	3	-25.16	0.1015	1.0885	10.7241	1.082	1.085	23.81
86	78.65	0.74	10 YR 5/4	1	33.54	19.35077	4	-24.04	0.061	0.194	3.18033	0.180	0.187	1.44
91	85.77	0.79	5 Y 6/3	1	33.10	15.98232	3	-25.08	0.0755	0.3345	4.43046	0.341	0.338	2.63
96	92.90	0.73	10 YR 5/4	1	36.19	27.71532	3	-23.39	0.061	0.202	3.31148	0.217	0.210	1.47
101	100.02	0.80	5 Y 6/3	1	31.70	34.88996	3	-24.35	0.055	0.2285	4.15455	0.211	0.220	1.84
105	105.72	0.78	10 YR 5/4	1	33.92	28.52615	3	-25.48	0.069	0.3605	5.22464	0.389	0.375	2.80
110	112.85	0.71	5 Y 6/3	1	36.32	23.0485	4	-24.55	0.06	0.26	4.33333	0.265	0.263	1.86
115	119.97	0.63	10 YR 5/4	1	41.36	3.087911	4	-23.84	0.07	0.2365	3.37857	0.245	0.241	1.50
120	128.00	0.48	10 YR 5/4	1	46.98	14.27288	5	-24.08	0.077	0.258	3.35065	0.272	0.265	1.24
125	132.83	1.31	5 Y 5/5	2	27.98	27.70574	0	-24.18	0.0455	0.1825	4.01099	0.211	0.197	2.40
131	138.63	1.26	5 Y 4/6	3	30.45	28.81322	0	-24.27	0.0485	0.2995	6.17526	0.288	0.294	3.76
135	142.50	1.22	5 Y 5/2	2	30.60	24.86675	0	-24.22	0.053	0.3365	6.34906	0.379	0.358	4.09
140	147.33	1.32	10 YR 5/3	1	28.32	32.57277	0	-23.83	0.048	0.2705	5.63542	0.254	0.262	3.56
145	152.17	1.35	5 Y 5/2	2	26.78	26.77863	0	-23.82	0.0495	0.265	5.35354	0.263	0.264	3.58
150	157.00	1.09	N 5	6	35.32	34.22776	3	-24.31	0.048	0.137	2.85417	0.152	0.145	1.50
155	161.83	1.33	5 Y 5/2	2	26.98	32.96747	1	-23.86	0.0345	0.2455	7.11594	0.273	0.259	3.28
160	166.67	1.44	5 Y 5/2	2	25.12	33.13434	0	-23.74	0.037	0.274	7.40541	0.273	0.274	3.94
165	171.50	1.12	10 YR 5/4	1	34.59	39.72295	4	-24.09	0.0495	0.164	3.31313	0.145	0.155	1.84
170	176.33	1.11	10 YR 5/4	1	34.46	35.30615	4	-24.58	0.046	0.2105	4.57609	0.197	0.204	2.33
175	181.17	1.05	10 YR 5/4	1	36.81	15.48905	2	-24.50	0.066	0.32	4.84848	0.300	0.310	3.36
180	186.00	1.14	10 YR 5/4	1	33.15	35.47532	4	-24.31	0.0415	0.1195	2.87952	0.106	0.113	1.36
183	189.93	0.82	10 YR 5/4	1	34.20	25.54938	4	-24.12	0.054	0.191	3.53704	0.199	0.195	1.56
188	196.49	0.66	5 Y 6/3	1	42.65	5.212022	3	-23.31	0.066	0.2065	3.12879	0.201	0.204	1.36
193	203.04	0.77	5 Y 6/3	1	37.04	5.1384	0	-23.50	0.0615	0.1975	3.21138	0.192	0.195	1.51
196	206.98	0.80	5 Y 6/3	1	35.57	5.935158	0	-23.32	0.0635	0.213	3.35433	0.207	0.210	1.71
200	212.22	0.86	5 Y 6/3	1	34.17	5.323875	0	-23.43	0.063	0.198	3.14286	0.220	0.209	1.70
205	218.78	0.88	5 Y 6/3	1	32.26	5.052368	0	-23.47	0.06	0.1915	3.19167	0.188	0.190	1.68
210	225.33	0.86	5 Y 6/3	1	32.93	6.155276	0	-22.97	0.058	0.187	3.22414	0.182	0.184	1.60
215	231.89	0.81	5 Y 6/3	1	34.97	6.595425	0	-23.54	0.064	0.2025	3.16406	0.202	0.202	1.63
220	238.44	0.82	5 Y 6/3	1	34.46	17.00494	0	-24.44	0.065	0.299	4.6	0.220	0.260	2.46
225	245.00	0.57	5 Y 7/2	1	48.01	0.331	0	-24.47	0.071	0.2155	3.03521	0.221	0.218	1.24
230	249.83	1.08	10 YR 6/4	1	35.69	27.22495	3	-24.76	0.0565	0.2135	3.77876	0.211	0.212	2.31
235	254.67	1.12	10 YR 6/4	1	33.76	20.31101	3	-24.46	0.057	0.161	2.82456	0.168	0.164	1.80
240	259.50	1.12	10 YR 6/4	1	33.65	16.35738	1	-24.77	0.056	0.1575	2.8125	0.136	0.147	1.77
245	264.33	1.05	10 YR 6/4	1	36.18	11.17016	2	-24.14	0.0635	0.1675	2.6378	0.172	0.170	1.76
250	269.17	1.40	10 YR 6/4	1	25.32	26.38101	0	-24.45	0.06	0.1625	2.70833	0.167	0.165	2.27
255	274.00	1.26	10 YR 6/4	1	29.72	35.978	1	-24.08	0.0565	0.1715	3.0354	0.158	0.165	2.16
260	278.83	1.20	10 YR 6/4	1	30.86	38.32458	4	-24.48	0.057	0.154	2.70175	0.129	0.142	1.86
265	283.67	1.02	10 YR 5/4	1	37.67	18.03202	3	-24.39	0.0525	0.1265	2.40952	0.138	0.132	1.29

## Anhang D.7.: Kerndaten für den Kern 1297-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (‰))	Corg (‰)	C:N (CHN-Anal.)	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
270	288.50	1.09	10 YR 5/4	1	35.33	13.11596	3	-24.11	0.067	0.2205	3.29104	0.219	0.220	2.41
275	293.33	1.06	10 YR 5/4	1	36.66	18.47336	1	-24.50	0.063	0.221	3.50794	0.229	0.225	2.33
280	298.17	1.29	10 YR 5/4	1	28.09	39.55981	0	-25.00	0.042	0.118	2.80952	0.132	0.125	1.52
285	303.00	1.08	10 YR 5/4	1	35.63	21.14272	0	-24.30	0.061	0.217	3.55738	0.219	0.218	2.35
290	306.67	1.20	10 YR 5/4	1	41.78	17.01236	0	-23.92	0.0655	0.201	3.0687	0.193	0.197	2.41
295	310.33	1.13	5 Y 6/3	1	44.82	10.60445	0	-23.62	0.07	0.205	2.92857	0.202	0.204	2.32
300	314.00	1.05	5 Y 6/3	1	47.41	1.100903	0	-23.76	0.085	0.246	2.89412	0.236	0.241	2.57
305	317.67	1.67	5 Y 6/3	1	30.12	21.29624	0	-24.02	0.0595	0.1885	3.16807	0.178	0.183	3.14
310	321.33	1.97	5 Y 6/3	1	22.76	47.36987	0	-24.39	0.0355	0.114	3.21127	0.111	0.113	2.25
315	325.00	1.86	10 YR 4/3	2	23.96	39.38989	0	-23.74	0.0375	0.1385	3.69333	0.134	0.136	2.58
320	328.67	1.92	10 YR 4/3	2	24.13	42.20155	0	-23.89	0.039	0.125	3.20513	0.124	0.124	2.40
325	332.33	1.91	10 YR 4/3	2	24.23	44.20151	0	-24.21	0.043	0.168	3.90698	0.163	0.166	3.21
330	336.00	1.90	10 YR 4/3	2	24.58	47.65604	0	-24.15	0.0405	0.1435	3.54321	0.146	0.145	2.73
335	342.50	1.04	10 YR 4/3	2	25.11	35.97478	0	-23.95	0.047	0.2455	5.2234	0.296	0.271	2.55
340	349.00	1.05	10 YR 4/3	2	25.05	32.94031	0	-24.61	0.0505	0.643	12.7327	0.591	0.617	6.74
345	355.50	1.16	10 YR 4/2	2	19.95	38.83265	0	-24.65	0.0525	0.8785	16.7333	0.791	0.835	10.23
347	358.10	0.99	10 YR 4/2	2	27.95	29.56964	1	-24.49	0.061	1.114	18.2623	1.044	1.079	10.99
349	360.70	0.81	N 6	6	35.95	21.52318	0	-24.70	0.063	0.36	5.71429	0.344	0.352	2.93
354	365.06	1.65	5 Y 5/2	2	24.83	28.1356	0	-24.72	0.0675	0.3635	5.38519	0.351	0.357	5.98
360	370.29	1.55	5 Y 6/3	1	25.51	39.52814	0	-24.18	0.048	0.3375	7.03125	0.335	0.336	5.24
363	372.90	1.47	5 Y 6/3	1	26.90	52.19935	0	-24.83	0.051	0.2745	5.38235	0.299	0.287	4.04
368	377.26	1.48	10 Y 5/2	1	27.84	20.01323	0	-25.40	0.0595	0.229	3.84874	0.223	0.226	3.40
372	380.74	1.54	10 Y 5/2	1	27.36	26.55823	0	-24.25	0.054	0.191	3.53704	0.186	0.189	2.93
377	385.10	1.31	10 Y 5/2	1	32.84	13.2164	0	-24.50	0.053	0.2195	4.14151	0.233	0.226	2.87
383	390.33	1.66	10 Y 5/2	1	23.01	47.73361	0	-24.60	0.0525	0.292	5.5619	0.290	0.291	4.84
388	394.69	1.12	10 Y 5/2	1	38.06	16.56348	0	-24.11	0.064	0.2615	4.08594	0.261	0.261	2.92
392	398.17	1.37	10 Y 5/2	1	29.66	15.16794	0	-23.65	0.0625	0.2085	3.336	0.195	0.202	2.86
396	401.66	1.50	10 Y 5/2	1	27.67	15.1857	0	-24.12	0.0575	0.183	3.18261	0.188	0.185	2.74
400	405.14	1.45	10 Y 5/2	1	23.71	10.66101	0	-24.35	0.059	0.2065	3.5	0.218	0.212	2.99
404	408.63	1.21	10 Y 5/2	1	36.31	12.66755	0	-24.40	0.0675	0.328	4.85926	0.304	0.316	3.96
406	410.37	1.27	5 Y 5/6	2	35.52	24.28397	0	-24.28	0.052	0.316	6.07692	0.274	0.295	4.03
410	413.86	1.54	5 Y 5/6	2	26.22	36.22847	0	-24.34	0.04	0.292	7.3	0.227	0.259	4.49
413	416.47	1.65	10 Y 6/2	1	25.07	36.7194	0	-24.79	0.0425	0.2355	5.54118	0.226	0.231	3.87
418	420.83	1.47	5 Y 5/1	2	27.62	11.15067	0	-24.44	0.0615	0.3755	6.10569	0.349	0.362	5.52
423	424.76	1.69	5 Y 5/1	2	26.11	7.565617	0	-24.79	0.065	0.582	8.95385	0.517	0.549	9.86
427	427.90	0.90	10 Y 6/3	1	50.82	0.129482	0	-24.90	0.077	0.596	7.74026	0.549	0.573	5.34
430	430.26	1.07	N 5	6	44.76	0.729293	0	-25.21	0.098	1.336	13.6327	1.270	1.303	14.26
434	433.40	1.25	5 Y 7/2	1	38.37	9.789517	0	-24.66	0.0635	0.326	5.13386	0.293	0.309	4.08
438	436.54	1.73	5 GY 6/2	1	24.87	30.1839	0	-24.85	0.051	0.494	9.68627	0.432	0.463	8.56
441	438.90	1.60	5 GY 6/1	1	29.51	26.61023	0	-24.02	0.0495	0.486	9.81818	0.449	0.468	7.79
446	442.83	1.86	N 4	7	23.54	23.94714	0	-24.44	0.071	1.1985	16.8803	1.126	1.162	22.30
450	445.97	1.38	5 Y 6/1	1	34.34	8.701232	0	-24.23	0.0615	0.368	5.98374	0.334	0.351	5.07
454	449.11	1.68	5 GY 6/1	1	25.88	29.73531	0	-24.88	0.055	0.57	10.3636	0.505	0.537	9.59
460	453.83	1.23	N 4	7	38.30	0.312198	0	-24.80	0.117	1.691	14.453	1.529	1.610	20.83
465	457.76	1.33	N 4	7	35.41	0.464384	0	-24.71	0.1005	1.5095	15.0199	1.425	1.467	20.12
471	462.47	1.41	N 4	7	33.10	0.467159	0	-24.78	0.092	1.2635	13.7337	1.186	1.225	17.83
475	465.61	1.56	N 4	7	29.64	0.47798	0	-24.84	0.087	1.213	13.9425	1.086	1.149	18.86
480	469.54	1.51	N 4	7	31.18	0.5156	0	-24.79	0.0885	1.2475	14.096	1.137	1.192	18.88
485	473.47	1.31	N 4	7	36.21	0.37101	0	-24.84	0.102	1.3765	13.4951	1.305	1.341	18.01
490	477.40	1.71	N 6	6	25.96	28.19623	1	-23.97	0.047	0.338	7.19149	0.299	0.318	5.77
495	481.33	1.75	5 Y 5/2	2	24.86	29.13605	0	-24.13	0.0535	0.593	11.0841	0.528	0.561	10.37
500	485.26	1.36	5 Y 6/2	1	35.05	7.559002	0	-24.71	0.0695	0.461	6.63309	0.408	0.434	6.28
505	489.19	1.37	10 Y 5/2	1	35.47	4.434151	0	-23.85	0.083	0.48	5.78313	0.435	0.457	6.57
510	493.11	1.45	10 Y 5/2	1	40.36	6.256196	0	-24.15	0.0775	0.404	5.2129	0.372	0.388	5.84
515	497.04	1.56	10 Y 5/2	1	30.24	7.702471	0	-24.31	0.077	0.3955	5.13636	0.361	0.378	6.15

## Anhang D.7.: Kerndaten für den Kern 1297-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (%))	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)	
520	500.97	1.57	10 Y	5/2	1	30.01	7.795276	0	-24.39	0.0745	0.3735	5.01342	0.336	0.355	5.88
525	504.90	1.41	10 Y	5/2	1	33.75	5.83922	0	-24.08	0.08	0.372	4.65	0.329	0.350	5.23
530	508.83	1.41	10 Y	5/2	1	34.19	4.77055	0	-24.00	0.0805	0.366	4.54658	0.311	0.339	5.15
535	512.76	1.60	10 Y	5/2	1	29.52	7.62315	0	-23.90	0.071	0.2675	3.76761	0.292	0.280	4.28
538	515.11	1.58	10 Y	5/2	1	29.57	7.606014	0	-24.20	0.0755	0.3425	4.53642	0.302	0.322	5.40

## Anhang D.8.: Kerndaten für den Kern 1298-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63um (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (%))	Corg (% CHN-Anal.)	C:N (%)	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
2	2.4	0.88	10 YR 6/3	1	36.42	28.62	4	-23.27	0.070	0.385	5.52	0.284	0.334	3.39
5	6.0	0.91	10 YR 6/3	1	34.81	30.26	3	-23.66	0.062	0.354	5.71	0.293	0.324	3.22
10	12.0	1.06	10 YR 6/3	1	27.99	28.00	3	-25.08	0.046	0.269	5.84	0.318	0.293	2.85
15	18.0	1.03	10 YR 6/3	1	29.79	51.68	3	-24.97	0.046	0.290	6.29	0.237	0.263	2.99
20	24.0	0.90	10 YR 5/4	1	34.39	24.01	3	-24.12	0.055	0.250	4.55	0.235	0.243	2.24
25	41.5	0.37	10 YR 5/4	1	28.51	43.86	2	-23.85	0.050	0.239	4.82	0.277	0.258	0.90
30	59.0	0.37	10 YR 5/4	1	29.13	37.84	3	-25.40	0.053	0.347	6.50	0.331	0.339	1.27
35	71.0	0.51	10 YR 5/4	1	28.43	56.09	3	-25.06	0.039	0.200	5.15	0.176	0.188	1.02
40	82.4	0.54	10 YR 5/4	1	29.65	26.39	1	-25.43	0.052	0.275	5.31	0.276	0.275	1.49
45	93.8	0.59	10 YR 5/4	1	25.96	50.44	4	-24.63	0.043	0.183	4.29	0.186	0.184	1.09
50	105.2	0.55	10 YR 5/4	1	30.26	60.56	4	-25.13	0.041	0.191	4.66	0.182	0.186	1.04
54	114.3	0.60	10 YR 5/4	1	21.77	90.15	3	-25.28	0.029	0.149	5.16	0.131	0.140	0.90
58	123.4	0.53	10 YR 5/4	1	30.56	51.93	3	-23.85	0.047	0.289	6.11	0.230	0.259	1.53
63	133.0	0.65	10 YR 6/5	1	29.62	23.69	0	-23.77	0.049	0.247	5.05	0.235	0.241	1.59
68	141.3	0.73	10 YR 7/3	1	29.25	68.56	4	-25.73	0.034	0.163	4.77	0.130	0.146	1.19
73	149.5	0.77	5 Y 5/3	2	27.74	32.01	1	-23.82	0.040	0.229	5.65	0.221	0.225	1.76
78	157.8	0.88	5 Y 5/3	2	16.53	86.12	2	-25.11	0.023	0.215	9.53	0.221	0.218	1.89
84	167.8	0.70	10 YR 6/4	1	32.41	13.49	3	-23.84	0.049	0.159	3.23	0.144	0.151	1.12
87	172.7	0.75	10 YR 6/4	1	29.03	33.42	3	-24.14	0.047	0.163	3.49	0.147	0.155	1.22
91	179.4	0.82	5 Y 5/3	2	22.15	67.13	2	-24.60	0.042	0.218	5.18	0.185	0.201	1.79
97	197.8	0.43	10 YR 6/4	1	25.89	64.27	1	-24.75	0.049	0.169	3.44	0.137	0.153	0.73
105	245.0	0.23	10 YR 6/4	1	25.89	27.27	0	-24.19	0.052	0.184	3.53	0.150	0.167	0.42
108	250.8	0.71	5 Y 5/3	2	19.21	79.83	2	-25.45	0.036	0.196	5.43	0.179	0.187	1.40
114	262.4	0.63	5 Y 5/3	2	25.34	58.52	2	-25.62	0.050	0.347	6.93	0.329	0.338	2.17
120	274.0	0.51	10 YR 5/4	1	38.01	21.76	0	-23.95	0.050	0.181	3.61	0.167	0.174	0.92
125	283.7	0.63	10 YR 5/4	1	29.94	49.51	0	-24.13	0.041	0.154	3.79	0.138	0.146	0.96
130	293.3	0.68	10 YR 5/4	1	26.70	32.88	0	-24.36	0.038	0.128	3.40	0.129	0.128	0.86
135	303.0	0.70	5 Y 5/3	2	17.94	75.97	0	-25.01	0.039	0.132	3.43	0.151	0.142	0.93
140	307.7	1.39	5 Y 5/4	2	27.18	30.74	0	-23.97	0.046	0.189	4.14	0.183	0.186	2.62
145	312.4	1.18	5 Y 5/4	2	33.40	11.63	0	-23.93	0.062	0.241	3.89	0.232	0.236	2.85
149	316.2	1.29	5 Y 5/3	2	22.84	80.00	0	-25.54	0.047	0.208	4.43	0.218	0.213	2.69
155	321.9	1.38	10 YR 5/4	1	25.73	56.40	0	-25.64	0.031	0.158	5.10	0.176	0.167	2.18
160	326.6	1.08	10 YR 5/4	1	34.93	37.95	0	-23.86	0.044	0.161	3.70	0.147	0.154	1.75
165	331.3	1.74	10 YR 5/3	1	18.79	51.85	0	-25.49	0.031	0.094	3.08	0.086	0.090	1.63
171	337.7	1.47	5 YR 3/4	2	19.93	60.85	0	-25.15	0.033	0.090	2.77	0.095	0.092	1.32
175	344.7	0.91	5 Y 4/6	3	19.63	49.57	0	-25.22	0.031	0.097	3.16	0.099	0.098	0.88
180	353.3	0.85	5 YR 3/4	2	21.78	39.43	0	-24.44	0.036	0.124	3.49	0.121	0.123	1.06
185	362.0	0.59	5 Y 4/6	3	36.19	23.64	0	-24.05	0.043	0.227	5.28	0.221	0.224	1.34
190	368.1	1.06	5 YR 3/4	2	27.89	41.04	0	-24.76	0.031	0.127	4.10	0.114	0.120	1.35
195	374.2	1.03	10 YR 5/5	1	27.59	38.20	0	-23.61	0.031	0.145	4.59	0.145	0.145	1.49
198	377.9	1.09	10 YR 5/5	1	26.21	39.06	0	-24.67	0.032	0.152	4.75	0.145	0.148	1.66
202	382.7	0.96	10 YR 5/5	1	31.25	30.99	0	-24.58	0.044	0.234	5.31	0.239	0.236	2.24
205	386.4	1.06	10 YR 5/5	1	28.67	29.37	0	-24.17	0.044	0.310	7.13	0.280	0.295	3.28
210	392.5	1.12	10 YR 5/5	1	25.89	36.19	0	-24.56	0.033	0.210	6.45	0.224	0.217	2.34
215	398.6	1.16	10 YR 5/5	1	24.34	41.30	0	-24.84	0.034	0.211	6.30	0.188	0.200	2.46
220	404.7	0.95	10 YR 5/5	1	26.57	20.72	0	-24.89	0.055	0.283	5.14	0.270	0.276	2.68
225	410.8	1.08	10 YR 5/5	1	28.35	11.67	0	-24.27	0.061	0.351	5.79	0.326	0.338	3.78
230	416.9	1.12	10 YR 5/5	1	25.93	14.43	0	-24.65	0.061	0.467	7.71	0.428	0.447	5.21
235	423.0	1.17	N 5	6	24.23	18.60	0	-25.18	0.065	0.562	8.71	0.537	0.549	6.58
240	428.0	1.31	N 5	6	25.95	12.53	0	-25.34	0.070	0.651	9.36	0.619	0.635	8.53
245	433.0	1.37	N 5	6	25.80	9.75	0	-25.22	0.070	0.657	9.39	0.608	0.633	8.97
250	438.0	1.41	N 5	6	24.65	13.90	0	-25.35	0.067	0.633	9.44	0.594	0.613	8.92
255	443.0	1.46	N 5	6	22.94	28.27	0	-25.22	0.062	0.582	9.39	0.630	0.606	8.49
260	448.0	1.38	N 5	6	24.80	32.37	0	-25.08	0.063	0.830	13.17	0.826	0.828	11.44
265	453.0	1.35	5 YR 6/1	1	19.13	97.75	0	-27.32	0.024	0.104	4.31	0.103	0.103	1.40

## Anhang D.8.: Kerndaten für den Kern 1298-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (%))	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N (%)	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)
270	458.0	0.76	N 5	6	47.79	0.07	0	-24.89	0.079	0.690	8.73	0.641	0.666	5.25
275	463.0	0.79	5 YR 5/1	2	46.24	0.83	0	-25.28	0.093	1.151	12.44	1.110	1.130	9.13
280	468.0	0.79	N 5	6	47.19	1.16	0	-25.33	0.101	1.314	13.07	1.266	1.290	10.39
285	473.0	0.76	5 YR 5/1	2	48.26	1.01	0	-25.23	0.100	1.285	12.85	1.213	1.249	9.72
290	478.0	1.12	N 5	6	33.97	18.51	0	-24.96	0.049	0.303	6.24	0.277	0.290	3.40
295	483.0	1.12	5 Y 6/2	1	32.98	30.53	0	-26.14	0.055	0.210	3.81	0.187	0.198	2.34
298	486.0	0.90	5 Y 6/2	1	41.55	10.11	1	-24.83	0.069	0.338	4.93	0.311	0.324	3.03
302	490.0	0.89	5 Y 6/2	1	42.65	7.69	0	-24.42	0.068	0.291	4.28	0.270	0.281	2.58
305	493.0	0.91	5 Y 6/2	1	41.48	7.29	0	-24.46	0.070	0.299	4.30	0.289	0.294	2.72
310	498.0	1.28	5 GY 5/1	5	26.18	52.47	0	-25.82	0.049	0.259	5.28	0.287	0.273	3.31
315	503.0	1.40	N 5	6	24.39	46.62	0	-23.97	0.055	0.394	7.23	0.366	0.380	5.53
320	508.0	1.17	5 Y 5/4	2	31.77	14.91	0	-24.14	0.061	0.430	7.04	0.380	0.405	5.03
325	513.0	1.09	5 GY 6/1	1	34.41	17.95	0	-24.29	0.069	0.301	4.36	0.283	0.292	3.28
330	518.0	1.11	5 GY 6/1	1	35.68	25.43	0	-24.16	0.064	0.298	4.69	0.274	0.286	3.30
335	523.0	0.87	10 Y 5/2	1	43.31	0.25	0	-24.47	0.093	0.696	7.52	0.679	0.688	6.08
340	528.0	0.90	5 Y 6/3	1	42.29	0.35	0	-24.63	0.096	0.836	8.75	0.811	0.823	7.48
345	533.0	1.05	5 Y 6/2	1	36.57	0.25	0	-24.68	0.088	0.778	8.84	0.773	0.775	8.18
350	538.0	1.36	5 Y 6/2	1	26.10	34.37	0	-24.27	0.051	0.343	6.73	0.329	0.336	4.66
355	543.0	1.07	5 Y 6/2	1	35.32	1.44	0	-24.07	0.076	0.375	4.96	0.364	0.369	4.02
360	548.0	1.25	5 GY 5/1	5	29.13	23.56	0	-24.65	0.056	0.243	4.33	0.259	0.251	3.02
365	553.0	1.31	5 GY 5/1	5	27.45	28.16	0	-24.94	0.055	0.256	4.69	0.266	0.261	3.36
370	558.0	1.31	5 GY 5/1	5	27.23	32.84	0	-24.52	0.056	0.236	4.21	0.235	0.235	3.09
375	563.0	1.45	5 GY 5/1	5	23.68	26.99	0	-24.29	0.055	0.193	3.53	0.198	0.195	2.79
379	567.0	1.43	5 GY 5/1	5	23.27	24.59	0	-24.30	0.057	0.217	3.80	0.222	0.219	3.10

## Anhang D.9.: Kerndaten für den Kern 1310-5

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Parb- code	Parb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	delta 13Corg (‰.PDB)	Nges (%)	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)	CaCO3 (%)
7	2.4	2.24	5 YR 5/2	2	48.26	-22.53	0.103	0.799	7.79	0.807	0.803	17.91	9.68
12	4.1	2.14	5 YR 5/2	2	49.45	-22.73	0.096	0.721	7.51	0.761	0.741	15.44	8.81
17	5.8	2.29	5 YR 5/2	2	46.20	-22.95	0.082	0.628	7.64	0.639	0.634	14.39	8.69
22	7.5	2.62	5 YR 5/2	2	41.73	-23.02	0.069	0.487	7.09	0.492	0.490	12.78	8.35
27	9.3	2.82	5 Y 6/2	1	39.40	-23.32	0.063	0.470	7.42	0.477	0.473	13.28	3.86
32	11.0	3.11	5 Y 6/2	1	34.75	-23.35	0.047	0.383	8.17	0.388	0.385	11.89	0.83
37	12.5	3.48	5 Y 6/2	1	34.48	-23.68	0.056	0.432	7.77	0.405	0.418	15.02	0.85
42	13.9	3.54	5 Y 6/2	1	40.02	-24.31	0.067	0.669	10.03	0.675	0.672	23.69	0.69
47	15.2	4.40	5 Y 6/2	1	31.90	-23.65	0.048	0.402	8.38	0.380	0.391	17.67	0.79
52	16.5	3.65	10 YR 6/4	1	39.02	-23.86	0.044	0.290	6.61	0.288	0.289	10.59	9.95
57	17.9	3.19	10 YR 6/4	1	43.34	-23.49	0.047	0.275	5.91	0.245	0.260	8.79	10.35
62	19.2	3.15	10 YR 6/4	1	43.64	-23.43	0.042	0.271	6.51	0.227	0.249	8.53	10.96
67	20.5	3.35	10 YR 6/4	1	41.62	-24.24	0.044	0.344	7.75	0.313	0.328	11.50	5.39
72	21.9	4.23	5 Y 4/2	7	32.94	-25.17	0.072	0.863	12.00	0.859	0.861	36.48	0.82
77	23.2	3.69	10 YR 6/2	1	38.17	-23.28	0.044	0.273	6.26	0.238	0.255	10.05	15.26
82	24.4	3.78	10 YR 6/2	1	41.03	-23.16	0.048	0.261	5.45	0.292	0.277	9.87	9.28
87	25.5	4.36	10 YR 6/2	1	39.97	-23.19	0.048	0.272	5.61	0.269	0.271	11.87	4.84
92	26.5	4.60	5 Y 6/2	1	38.88	-24.08	0.054	0.345	6.43	0.350	0.347	15.86	8.39
97	27.6	4.68	5 Y 6/2	1	37.59	-23.45	0.056	0.314	5.61	0.324	0.319	14.68	7.33
102	28.7	4.58	5 Y 6/2	1	39.09	-23.40	0.066	0.380	5.80	0.360	0.370	17.40	4.16
107	29.7	4.79	5 Y 6/2	1	36.90	-23.73	0.062	0.343	5.51	0.327	0.335	16.43	3.62
112	30.8	5.01	5 Y 6/2	1	35.89	-24.49	0.063	0.396	6.24	0.380	0.388	19.84	3.14
117	31.8	4.51	5 Y 6/2	1	38.63	-24.56	0.064	0.435	6.85	0.433	0.434	19.65	2.48
122	32.9	4.30	5 Y 6/2	1	40.89	-23.51	0.064	0.389	6.11	0.373	0.381	16.71	2.43
127	34.0	3.85	5 Y 6/2	1	44.46	-23.92	0.058	0.380	6.56	0.369	0.375	14.64	1.67
132	35.0	4.84	5 Y 6/2	1	37.26	-24.06	0.057	0.570	10.00	0.562	0.566	27.60	5.19
137	36.1	4.61	10 YR 5/4	1	37.56	-23.92	0.054	0.341	6.34	0.332	0.336	15.73	6.72
142	37.2	4.40	10 YR 5/4	1	37.55	-23.61	0.044	0.238	5.46	0.227	0.233	10.50	7.74
147	38.2	4.48	10 YR 5/4	1	39.84	-23.19	0.050	0.295	5.92	0.268	0.282	13.25	7.92
152	39.3	4.58	10 Y 4/4	7	39.08	-23.06	0.061	0.316	5.18	0.322	0.319	14.47	4.73
157	40.3	4.95	10 Y 4/4	7	35.04	-24.02	0.065	0.369	5.64	0.358	0.364	18.26	8.42
162	41.4	4.57	10 Y 4/4	7	38.54	-23.12	0.060	0.335	5.56	0.296	0.315	15.28	5.42
167	42.5	4.68	10 Y 4/4	7	36.59	-23.46	0.059	0.352	5.92	0.333	0.343	16.49	8.05
172	43.5	4.77	10 Y 4/4	7	36.72	-23.49	0.062	0.328	5.26	0.325	0.326	15.63	6.00
177	44.6	4.66	10 Y 4/4	7	39.20	-23.02	0.054	0.228	4.21	0.222	0.225	10.61	7.63
182	45.6	4.32	10 YR 5/2	1	41.27	-23.05	0.070	0.381	5.41	0.358	0.369	16.45	4.30
187	46.7	4.53	10 YR 5/2	1	39.73	-23.36	0.063	0.372	5.91	0.355	0.363	16.82	5.26
192	47.8	4.27	10 YR 5/2	1	41.11	-23.32	0.060	0.328	5.48	0.308	0.318	13.99	4.43
197	48.8	4.64	10 YR 5/2	1	38.67	-24.19	0.064	0.265	4.11	0.242	0.253	12.27	6.68
202	49.9	4.74	10 YR 5/2	1	37.28	-24.11	0.050	0.259	5.16	0.202	0.231	12.28	6.49
207	50.9	4.90	10 YR 5/2	1	35.85	-24.56	0.043	0.241	5.66	0.226	0.233	11.79	7.07
212	52.0	5.00	N 6	6	35.64	-24.11	0.052	0.331	6.38	0.308	0.320	16.58	4.85
217	113.3	0.07	10 YR 5/4	1	41.20	-23.57	0.059	0.374	6.34	0.400	0.387	0.28	2.32
222	116.7	1.32	10 YR 4/2	2	43.17	-23.47	0.057	0.312	5.50	0.349	0.330	4.10	1.60
227	120.0	1.34	10 YR 4/2	2	42.00	-23.56	0.065	0.418	6.43	0.391	0.405	5.62	1.38
232	123.3	1.36	10 YR 4/2	2	42.17	-23.82	0.070	0.403	5.77	0.381	0.392	5.46	1.05
237	126.7	1.66	10 Y 5/2	4	32.96	-24.57	0.032	0.178	5.49	0.221	0.199	2.95	0.88
242	128.6	3.53	10 Y 5/2	4	26.42	-24.13	0.029	0.223	7.63	0.239	0.231	7.86	0.41
247	130.1	4.18	10 Y 5/2	4	28.75	-23.61	0.028	0.245	8.61	0.238	0.241	10.23	0.28
252	131.7	4.29	10 Y 5/2	4	27.27	-24.36	0.033	0.269	8.07	0.247	0.258	11.52	0.26
257	133.2	4.27	10 Y 5/2	4	27.71	-23.95	0.035	0.422	12.21	0.430	0.426	18.02	0.61
262	134.7	4.38	5 Y 4/2	7	26.81	-24.00	0.040	0.734	18.42	0.824	0.779	32.17	0.00
267	136.2	4.41	5 Y 4/2	7	26.20	-24.65	0.056	0.953	17.02	0.882	0.918	42.06	0.08
272	137.8	4.63	N 4	7	23.74	-24.82	0.057	1.113	19.53	1.096	1.104	51.53	0.00
277	139.3	4.63	N 4	7	23.93	-24.38	0.068	1.569	23.07	1.464	1.516	72.66	3.93

## Anhang D.9.: Kerndaten für den Kern 1310-5

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (%)	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)	CaCO <sub>3</sub> (%)
282	140.8	4.73	N 4	7	23.76	-24.57	0.061	1.260	20.66	1.219	1.240	59.58	3.23
287	142.3	4.69	N 4	7	24.03	-24.46	0.062	1.242	20.03	1.233	1.237	58.28	4.40
292	143.9	4.78	N 4	7	22.91	-24.44	0.061	1.197	19.62	1.133	1.165	57.18	2.16
297	145.4	4.69	N 4	7	23.93	-24.64	0.060	1.119	18.65	1.039	1.079	52.43	6.22
302	146.9	4.64	N 4	7	23.50	-24.50	0.073	1.073	14.70	1.031	1.052	49.81	2.13
307	148.5	4.26	N 4	7	26.96	-24.43	0.065	0.825	12.69	0.822	0.823	35.14	10.51
312	150.0	2.98			40.51	-24.16	0.063	0.378	6.00	0.385	0.381	11.28	12.30
317	151.5	2.89			42.87	-24.13	0.050	0.427	8.57	0.423	0.425	12.36	10.76
322	153.0	3.02			40.27	-24.34	0.045	0.427	9.56	0.394	0.410	12.90	12.37
327	154.6	4.32			26.02	-24.37	0.033	0.439	13.22	0.417	0.428	18.97	1.08
332	156.1	4.41	N 5	6	25.82	-23.98	0.031	0.408	13.32	0.394	0.401	18.00	0.00
337	157.6	4.17	10 YR 5/2	1	28.24	-24.02	0.044	0.626	14.23	0.586	0.606	26.12	0.00
342	159.1	4.49	N 5	6	26.07	-24.16	0.046	0.613	13.33	0.602	0.608	27.55	0.33
347	160.7	4.76	N 4	7	22.27	-24.35	0.053	1.246	23.51	1.232	1.239	59.31	0.21
352	162.2	4.01	N 4	7	29.44	-24.14	0.054	0.629	11.56	0.610	0.619	25.19	0.92
357	163.7	4.77	5 Y 5/2	2	23.42	-23.77	0.033	0.427	12.85	0.404	0.415	20.34	0.02
362	165.2	4.53	10 YR 6/2	1	24.94	-24.33	0.044	0.615	13.98	0.600	0.607	27.87	0.38
367	166.8	4.47	10 Y 6/2	1	25.56	-24.06	0.050	0.836	16.72	0.853	0.845	37.34	0.00
372	168.3	3.93	N 5	6	29.94	-24.38	0.059	0.443	7.55	0.419	0.431	17.41	2.02
377	169.8	3.44	10 Y 6/2	1	35.99	-23.59	0.051	0.349	6.84	0.272	0.311	12.03	20.33
382	171.3	3.14	N 6	6	39.75	-23.93	0.063	0.477	7.59	0.475	0.476	14.98	4.14
387	172.9	3.11	10 Y 6/2	1	40.29	-23.71	0.072	0.508	7.08	0.463	0.485	15.79	4.12
392	174.4	3.18	N 6	6	38.43	-23.72	0.062	0.424	6.82	0.405	0.415	13.50	5.16
397	175.9	3.62	10 Y 6/2	1	34.72	-24.59	0.061	0.533	8.68	0.533	0.533	19.30	1.58
402	177.5	3.28	N 6	6	38.28	-23.69	0.058	0.409	7.03	0.378	0.393	13.41	1.36
407	179.0	3.20	10 Y 6/2	1	39.28	-23.43	0.054	0.358	6.68	0.319	0.338	11.46	1.78
412	180.5	2.86	N 6	6	43.35	-24.18	0.062	0.582	9.40	0.493	0.538	16.62	0.97
417	182.0	2.79	10 Y 6/2	1	44.13	-23.75	0.063	0.397	6.32	0.384	0.390	11.09	1.35
422	183.6	2.95	N 6	6	41.64	-24.08	0.064	0.542	8.42	0.541	0.541	16.01	1.28
427	185.1	2.85	5 Y 5/2	2	43.48	-23.97	0.067	0.571	8.51	0.578	0.575	16.26	1.27
432	186.8	2.51	5 Y 5/2	2	42.18	-23.83	0.069	0.482	7.02	0.478	0.480	12.08	1.56
437	189.0	2.20	5 Y 5/2	2	41.25	-23.95	0.063	0.528	8.36	0.517	0.522	11.63	1.11
442	191.1	2.13	5 Y 5/2	2	42.17	-23.94	0.069	0.594	8.63	0.585	0.589	12.68	1.21
447	193.2	2.06	5 Y 5/2	2	42.86	-23.93	0.070	0.630	9.03	0.609	0.619	12.97	1.27
452	195.3	2.21	N 5	6	40.60	-24.14	0.073	0.694	9.53	0.689	0.692	15.33	1.32
457	197.4	2.25	N 5	6	40.19	-24.14	0.076	0.711	9.40	0.695	0.703	15.96	0.00
462	199.5	2.34	N 5	6	38.54	-23.95	0.064	0.489	7.69	0.459	0.474	11.45	3.61
467	201.6	2.19	N 5	6	40.24	-23.82	0.067	0.508	7.62	0.515	0.511	11.13	3.78
472	203.7	2.35	N 5	6	38.51	-23.91	0.073	0.600	8.19	0.574	0.587	14.13	3.84
477	205.8	2.39	N 5	6	38.13	-24.04	0.062	0.477	7.63	0.453	0.465	11.40	2.10
482	207.9	2.35	N 5	6	37.93	-23.92	0.066	0.443	6.76	0.434	0.439	10.44	2.56
487	210.0	2.49	N 5	6	36.21	-23.88	0.070	0.462	6.64	0.447	0.455	11.50	4.72
492	212.1	2.50	N 5	6	36.42	-23.93	0.068	0.505	7.47	0.487	0.496	12.62	2.97
497	214.2	2.59	N 5	6	34.69	-24.21	0.065	0.462	7.09	0.444	0.453	11.96	3.47
502	216.3	2.54	10 YR 5/3	1	36.02	-23.87	0.090	0.442	4.92	0.404	0.423	11.21	3.22
507	218.4	2.41	10 YR 5/3	1	37.34	-24.36	0.081	0.376	4.66	0.335	0.355	9.07	7.89
512	220.6	2.47	10 YR 5/3	1	36.71	-24.32	0.078	0.338	4.34	0.285	0.311	8.36	8.31
517	222.7	2.36	10 YR 5/3	1	38.17	-24.87	0.091	0.418	4.59	0.395	0.406	9.84	7.85
522	224.8	2.28	10 YR 5/3	1	39.53	-24.94	0.085	0.432	5.09	0.384	0.408	9.85	7.49
527	226.9	2.14	10 YR 5/3	1	41.71	-24.73	0.090	0.563	6.27	0.532	0.547	12.05	5.13
532	229.0	2.37	5 Y 6/2	1	37.99	-23.80	0.093	0.513	5.50	0.503	0.508	12.18	1.88
537	231.1	2.51	5 Y 6/2	1	36.36	-23.93	0.095	0.575	6.05	0.571	0.573	14.46	1.70
542	233.2	2.53	5 Y 6/2	1	35.90	-23.73	0.102	0.611	5.98	0.594	0.602	15.44	2.07
547	235.3	2.54	5 Y 5/2	2	34.63	-23.83	0.098	0.596	6.09	0.575	0.586	15.16	2.03
552	237.4	2.60	5 Y 5/2	2	34.31	-23.68	0.091	0.510	5.64	0.495	0.502	13.29	1.78

## Anhang D.9.: Kerndaten für den Kern 1310-5

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (%)	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)	CaCO <sub>3</sub> (%)
557	239.5	2.53	5 Y 5/2	2	35.73	-23.81	0.095	0.649	6.81	0.641	0.645	16.43	1.81
562	241.6	2.62	5 Y 5/2	2	34.14	-24.49	0.095	0.567	5.96	0.555	0.561	14.86	2.75
567	243.7	2.67	5 Y 5/2	2	33.74	-24.22	0.087	0.572	6.56	0.561	0.567	15.27	1.32
572	245.8	2.42	10 YR 6/2	1	39.03	-24.20	0.079	0.372	4.68	0.339	0.356	8.99	6.67
577	247.7	2.56	10 YR 6/2	1	38.52	-23.46	0.076	0.326	4.26	0.292	0.309	8.35	4.95
582	249.6	2.59	5 Y 5/2	2	38.68	-23.33	0.081	0.357	4.44	0.333	0.345	9.24	3.01
587	251.6	2.77	5 Y 5/2	2	35.70	-23.38	0.076	0.315	4.16	0.313	0.314	8.73	2.14
592	253.5	2.76	5 Y 5/2	2	35.79	-23.53	0.071	0.330	4.66	0.298	0.314	9.09	1.60
597	255.4	2.71	5 Y 5/2	2	37.00	-23.77	0.070	0.302	4.29	0.257	0.279	8.17	5.76
602	257.4	2.62	10 YR 5/4	1	37.97	-24.19	0.062	0.258	4.16	0.223	0.241	6.75	9.33
607	259.3	2.76	10 YR 5/4	1	36.32	-24.44	0.058	0.323	5.52	0.287	0.305	8.91	10.18
612	261.2	2.78	10 YR 5/4	1	36.17	-24.58	0.057	0.309	5.38	0.294	0.301	8.59	9.14
617	263.2	2.73	10 YR 5/4	1	36.73	-24.55	0.066	0.376	5.70	0.365	0.370	10.26	6.73
622	265.1	3.60	5 Y 4/3	7	24.96	-23.83	0.039	0.479	12.19	0.475	0.477	17.28	0.08
627	267.0	2.87	5 Y 5/2	2	34.02	-24.14	0.065	0.423	6.50	0.404	0.413	12.13	2.20
632	269.0	3.75	5 Y 4/2	7	23.32	-24.25	0.066	0.417	6.29	0.389	0.403	15.65	0.54
635	270.1	3.73	5 Y 4/2	7	24.10	-24.44	0.061	0.472	7.75	0.477	0.474	17.61	0.68
642	272.8	4.08	5 YR 4/1	2	19.72	-24.70	0.072	0.651	9.10	0.657	0.654	26.55	3.40
647	274.8	3.62	5 Y 5/3	2	24.25	-25.07	0.097	2.830	29.18	2.660	2.745	102.54	3.04
652	276.7	3.89	5 Y 5/3	2	21.50	-24.27	0.055	0.842	15.31	0.726	0.784	32.73	0.00
657	278.6	3.01	5 GY 6/1	1	32.98	-24.00	0.079	0.413	5.22	0.386	0.400	12.44	1.62
662	280.6	2.75	5 GY 6/1	1	35.45	-24.19	0.078	0.431	5.51	0.409	0.420	11.87	2.09
667	282.5	2.79	5 GY 6/1	1	35.15	-24.46	0.079	0.587	7.42	0.592	0.590	16.38	2.21
672	284.4	3.06	5 GY 6/1	1	30.74	-25.04	0.069	0.606	8.83	0.591	0.598	18.56	3.87
677	286.4	3.22	5 Y 5/1	2	28.78	-24.48	0.054	0.405	7.46	0.410	0.408	13.05	6.10
682	288.3	2.83			34.36	-24.08	0.051	0.250	4.94	0.229	0.240	7.09	9.97
687	290.2	2.95			33.38	-24.59	0.054	0.288	5.33	0.259	0.273	8.47	12.85
692	292.2	2.87			34.14	-24.19	0.053	0.328	6.18	0.264	0.296	9.41	11.63
697	294.1	2.70	5 Y 6/1	1	36.17	-23.78	0.075	0.479	6.39	0.464	0.471	12.92	3.16
702	296.0	2.84	5 Y 6/1	1	34.32	-24.50	0.054	0.375	6.93	0.342	0.359	10.67	5.21
707	298.0	2.58	5 Y 6/1	1	37.73	-24.12	0.060	0.373	6.19	0.383	0.378	9.62	2.62
712	299.9	2.90	5 Y 6/1	1	33.63	-24.62	0.063	0.539	8.57	0.534	0.536	15.60	0.81
717	301.8	3.03	5 Y 6/1	1	31.90	-24.54	0.052	0.351	6.80	0.324	0.338	10.65	1.69
722	304.7	1.91	5 Y 6/1	1	35.22	-24.17	0.055	0.285	5.23	0.272	0.279	5.43	3.16
727	308.8	1.34	10 YR 6/3	1	35.26	-24.75	0.053	0.251	4.71	0.228	0.239	3.37	4.01
732	312.9	1.23	5 GY 5/1	5	38.32	-23.66	0.065	0.485	7.41	0.472	0.478	5.98	1.56
736	316.2	1.26	5 GY 5/1	5	36.76	-23.60	0.060	0.341	5.69	0.329	0.335	4.28	1.51
742	321.2	1.70	5 Y 4/2	7	24.71	-23.69	0.045	0.280	6.19	0.277	0.279	4.77	0.21
747	325.3	1.57	5 Y 4/2	7	27.65	-24.45	0.049	0.374	7.63	0.363	0.369	5.85	1.17
752	329.4	1.62	5 Y 4/2	7	26.52	-23.64	0.037	0.299	8.00	0.249	0.274	4.85	0.01
757	333.5	1.79	5 Y 4/2	7	22.83	-23.69	0.026	0.248	9.46	0.197	0.222	4.44	0.00
762	340.3	0.85	5 Y 5/3	2	32.69	-23.68	0.049	0.312	6.36	0.271	0.292	2.65	0.67
767	343.6	2.15	5 Y 5/3	2	23.62	-23.77	0.041	0.305	7.44	0.278	0.291	6.54	0.19
772	346.9	2.04	N 5	6	26.86	-24.51	0.044	0.336	7.56	0.310	0.323	6.85	0.98
777	350.2	1.56	5 Y 5/2	2	36.62	-24.09	0.057	0.412	7.21	0.358	0.385	6.43	2.54
787	356.7	2.11	5 Y 5/2	2	24.33	-23.90	0.056	0.498	8.89	0.428	0.463	10.53	0.34
788	357.4	1.86			30.36	-24.44	0.053	0.446	8.47	0.409	0.428	8.30	0.89
792	360.0	1.73	10 YR 6/3	1	32.82	-23.78	0.054	0.396	7.37	0.369	0.383	6.85	2.00
797	363.4	1.94	5 YR 5/4	2	27.46	-25.63	0.050	0.385	7.74	0.363	0.374	7.47	1.40
802	366.7	1.99	5 Y 5/4	2	25.97	-24.19	0.037	0.299	8.15	0.281	0.290	5.96	0.15
807	370.1	2.06	10 Y 3/2	7	24.80	-24.71	0.045	0.449	9.94	0.420	0.435	9.25	0.04
812	373.5	1.73	N 4	7	32.50	-24.57	0.076	0.843	11.03	0.838	0.840	14.55	1.55
817	376.9	1.69	10 YR 6/2	1	32.54	-24.40	0.073	0.805	10.97	0.763	0.784	13.64	1.77
822	380.3	1.87	10 YR 6/2	1	28.28	-24.94	0.058	0.522	9.07	0.521	0.522	9.79	1.31
827	383.7	2.13	10 Y 3/2	7	23.83	-24.08	0.032	0.365	11.40	0.351	0.358	7.80	0.40

## Anhang D.9.: Kerndaten für den Kern 1310-5

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	delta 13Corg (‰.PDB)	Nges (%)	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)	CaCO3 (%)
832	387.1	1.57	5 Y 5/1	2	35.58	-24.25	0.071	0.509	7.21	0.482	0.495	7.96	0.76
837	390.5	1.50	5 Y 5/1	2	37.72	-24.01	0.073	0.478	6.55	0.462	0.470	7.15	0.74
842	393.9	1.54	5 Y 5/1	2	36.77	-24.07	0.062	0.409	6.63	0.394	0.402	6.29	1.03
847	397.2	1.61	5 Y 5/1	2	34.43	-23.97	0.063	0.434	6.91	0.393	0.414	6.98	1.14
852	400.6	1.70	5 Y 5/1	2	32.90	-23.69	0.056	0.356	6.39	0.314	0.335	6.04	0.62
857	404.0	1.99	10 Y 5/2	4	26.17	-24.16	0.050	0.346	6.99	0.324	0.335	6.88	0.00
862	407.4	2.05	N 4	7	25.01	-24.63	0.056	0.612	10.88	0.632	0.622	12.53	1.12
867	410.8	1.99	N 4	7	26.61	-24.83	0.052	0.573	10.91	0.569	0.571	11.39	0.70
872	414.2	1.89	N 4	7	28.36	-24.78	0.063	0.718	11.36	0.723	0.721	13.55	1.09
877	417.6	1.81	N 4	7	29.34	-25.09	0.072	0.866	11.98	0.816	0.841	15.67	1.43
882	421.0	1.89	N 4	7	27.73	-24.48	0.065	0.694	10.74	0.629	0.662	13.09	0.87
887	424.4	1.71	N 4	7	32.31	-24.84	0.065	0.775	11.92	0.720	0.747	13.29	0.71
892	427.7	1.94	N 4	7	27.72	-25.11	0.079	1.149	14.49	1.125	1.137	22.28	0.85
897	431.1	1.43	N 4	7	38.49	-24.52	0.095	1.375	14.47	1.260	1.317	19.73	1.64
902	434.5	2.15	N 2	7	23.22	-24.24	0.049	0.989	20.18	1.032	1.011	21.31	1.29
907	437.9	2.24	N 2	7	20.79	-24.83	0.055	1.184	21.53	1.097	1.141	26.53	0.82
912	441.3	2.00	N 2	7	26.20	-24.31	0.060	1.270	21.17	1.229	1.249	25.46	1.89
917	444.7	2.28	N 2	7	18.93	-24.60	0.047	0.997	21.21	0.925	0.961	22.75	1.23
922	448.1	1.74	N 3	7	31.37	-25.02	0.070	1.039	14.78	1.043	1.041	18.04	1.53
927	451.5	1.97	N 3	7	27.19	-25.16	0.063	0.763	12.14	0.760	0.761	15.04	1.33
932	454.9	1.85	N 3	7	26.25	-25.27	0.058	0.733	12.72	0.757	0.745	13.58	1.37
936	457.6	2.00	N 3	7	25.47	-25.20	0.081	0.786	9.70	0.725	0.756	15.70	0.00

## Anhang D.10.: Kerndaten für den Kern 1311-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63um (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte %)	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N (%)	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
2	0.6	2.27	10 YR 4/3	2	51.94	3.95	2	-22.23	0.152	0.921	6.06	0.881	0.901	20.87
5	1.5	2.51	10 YR 4/3	2	48.19	4.19	1	-22.61	0.109	0.765	7.05	0.756	0.760	19.17
10	3.0	2.48	10 YR 4/3	2	48.51	8.14	2	-22.91	0.109	0.669	6.13	0.672	0.670	16.59
15	4.5	2.93	10 YR 4/3	2	44.21	5.48	3	-23.43	0.095	0.579	6.09	0.555	0.567	16.95
20	6.0	2.89	10 YR 5/3	1	42.97	4.19	0	-23.30	0.087	0.494	5.68	0.468	0.481	14.29
25	7.5	2.80	10 YR 5/3	1	44.31	3.87	0	-23.56	0.089	0.541	6.07	0.514	0.527	15.16
30	9.0	3.15	10 YR 5/3	1	40.70	6.08	0	-23.93	0.080	0.469	5.86	0.427	0.448	14.79
35	10.5	3.14	10 YR 4/2	2	39.95	4.50	0	-23.64	0.078	0.477	6.15	0.464	0.470	15.00
40	12.0	3.53	10 YR 4/2	2	36.67	10.00	0	-23.53	0.066	0.373	5.69	0.353	0.363	13.17
45	12.6	8.45	5 Y 5/3	2	34.56	8.81	0	-23.98	0.057	0.429	7.59	0.417	0.423	36.24
50	13.3	7.87	10 YR 4/2	2	38.30	9.89	0	-24.53	0.068	0.652	9.65	0.633	0.642	51.30
55	13.9	6.99	N 5	6	41.28	4.51	0	-24.68	0.102	1.253	12.28	1.252	1.252	87.63
60	14.5	6.83	N 5	6	42.35	1.17	0	-24.89	0.102	1.368	13.47	1.406	1.387	93.43
65	15.2	8.23	5 Y 4/2	7	36.04	5.00	0	-24.78	0.085	0.774	9.11	0.749	0.762	63.71
70	15.8	8.48	5 Y 4/2	7	34.91	5.72	0	-24.42	0.074	0.761	10.28	0.721	0.741	64.52
75	16.4	6.87	5 Y 4/2	7	42.83	7.36	3	-24.18	0.082	0.492	6.03	0.448	0.470	33.77
80	17.1	6.83	5 Y 4/2	7	44.00	9.59	3	-23.67	0.072	0.334	4.67	0.300	0.317	22.82
85	17.7	5.83	5 Y 4/2	7	48.20	2.82	3	-23.04	0.080	0.386	4.82	0.358	0.372	22.52
90	18.3	6.22	5 Y 6/2	1	46.87	3.11	4	-24.27	0.077	0.391	5.07	0.364	0.377	24.28
95	18.9	6.97	5 Y 6/2	1	43.56	10.28	3	-23.78	0.068	0.318	4.67	0.279	0.298	22.12
101	19.7	6.55	5 Y 6/2	1	44.36	7.28	3	-24.16	0.073	0.342	4.72	0.313	0.328	22.41
105	20.2	6.69	5 Y 6/2	1	44.73	4.52	3	-23.86	0.072	0.323	4.49	0.290	0.307	21.61
112	21.1	6.32	5 Y 6/2	1	45.73	4.36	4	-23.80	0.082	0.445	5.46	0.433	0.439	28.13
117	21.7	6.85	5 Y 6/2	1	43.73	5.98	3	-23.66	0.065	0.389	5.98	0.348	0.368	26.60
120	22.1	6.78	5 Y 6/2	1	44.47	4.65	3	-24.53	0.069	0.384	5.57	0.390	0.387	26.03
125	22.7	7.06	5 Y 3/2	7	41.63	6.76	0	-24.97	0.085	0.658	7.74	0.660	0.659	46.46
130	23.4	8.55	N 3	7	36.13	11.07	0	-25.59	0.100	1.042	10.42	1.091	1.066	89.03
135	24.0	6.81	5 Y 5/2	2	43.32	6.73	4	-24.13	0.080	0.436	5.45	0.404	0.420	29.71
140	25.1	3.86	5 Y 5/2	2	43.50	4.18	5	-23.76	0.083	0.468	5.64	0.463	0.465	18.04
145	26.3	4.12	5 Y 5/2	2	40.99	2.93	5	-24.29	0.089	0.527	5.92	0.500	0.513	21.73
150	27.4	3.82	5 Y 5/2	2	44.34	1.60	5	-24.64	0.080	0.424	5.33	0.402	0.413	16.18
155	28.5	3.93	5 Y 5/2	2	43.75	2.42	3	-23.64	0.078	0.396	5.07	0.369	0.382	15.55
160	29.6	4.02	5 Y 5/2	2	41.93	3.10	2	-23.49	0.069	0.330	4.81	0.308	0.319	13.25
165	30.8	4.04	5 Y 5/2	2	41.93	1.71	1	-23.38	0.065	0.324	5.02	0.332	0.328	13.07
170	31.9	3.56	5 Y 5/2	2	40.52	5.12	2	-23.46	0.071	0.376	5.33	0.372	0.374	13.37
175	33.0	3.92	5 Y 5/2	2	33.69	2.77	0	-23.24	0.069	0.394	5.75	0.376	0.385	15.44
180	34.2	3.87	5 Y 5/2	2	44.61	1.45	0	-23.54	0.066	0.402	6.09	0.373	0.387	15.56
185	35.3	3.79	5 Y 5/2	2	42.82	2.73	0	-23.47	0.078	0.383	4.91	0.361	0.372	14.51
190	36.4	3.96	10 YR 4/2	2	41.23	3.10	0	-23.39	0.081	0.369	4.58	0.367	0.368	14.61
195	37.5	4.19	10 YR 4/2	2	40.52	6.73	0	-23.74	0.073	0.326	4.46	0.331	0.328	13.65
200	38.7	3.90	10 YR 4/2	2	42.93	1.53	0	-23.64	0.066	0.386	5.85	0.390	0.388	15.07
205	39.8	3.83	10 YR 5/2	1	43.31	4.96	0	-23.11	0.071	0.429	6.04	0.419	0.424	16.40
212	41.4	4.03	5 Y 5/2	2	41.49	4.08	0	-23.69	0.071	0.444	6.30	0.424	0.434	17.89
215	42.1	4.27	5 Y 5/2	2	39.06	7.15	0	-23.60	0.073	0.409	5.60	0.395	0.402	17.46
220	43.2	4.47	5 Y 5/2	2	37.85	8.70	0	-24.49	0.071	0.544	7.66	0.563	0.554	24.31
224	44.1	4.36	10 YR 5/3	1	39.32	1.18	1	-24.03	0.081	0.433	5.37	0.412	0.422	18.84
230	45.5	4.50	10 YR 5/3	1	37.46	2.51	1	-24.91	0.076	0.442	5.81	0.422	0.432	19.88
235	46.6	4.52	5 Y 5/2	2	38.32	3.24	0	-23.92	0.078	0.432	5.57	0.390	0.411	19.53
240	47.7	4.38	5 Y 5/2	2	39.54	1.53	0	-23.92	0.079	0.450	5.70	0.434	0.442	19.71
245	48.8	4.47	5 Y 5/2	2	38.12	3.50	0	-24.49	0.073	0.616	8.49	0.586	0.601	27.51
250	50.0	4.77	5 Y 5/2	2	35.86	3.73	0	-24.08	0.069	0.501	7.31	0.492	0.496	23.86
255	51.1	4.89	5 Y 5/2	2	34.25	18.10	0	-24.49	0.063	0.485	7.70	0.459	0.472	23.72
260	52.2	4.75	5 Y 5/2	2	35.72	3.01	0	-24.20	0.067	0.422	6.30	0.387	0.404	20.05
265	53.4	4.94	5 Y 5/2	2	32.98	20.88	0	-26.66	0.087	1.003	11.60	1.017	1.010	49.58
270	54.5	4.32	5 Y 5/2	2	39.52	3.25	0	-24.26	0.078	0.610	7.86	0.598	0.604	26.35

## Anhang D.10.: Kerndaten für den Kern 1311-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (M-werte (%))	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N (%)	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)	
275	55.6	4.95	5 Y	5/2	2	33.30	15.73	0	-24.97	0.097	1.045	10.83	1.305	1.175	51.70
280	56.7	4.43	N 4		7	39.31	2.26	0	-24.23	0.086	0.792	9.20	0.770	0.781	35.07
285	57.9	4.40	N 4		7	38.87	0.83	0	-24.47	0.103	1.175	11.40	1.191	1.183	51.63
290	59.0	4.20	N 4		7	39.98	2.09	0	-24.78	0.068	1.099	16.28	1.087	1.093	46.19
295	60.3	4.17	N 3		7	34.02	7.07	1	-24.60	0.074	1.162	15.80	1.171	1.166	48.40
300	61.7	3.51	5 Y	5/1	2	40.80	2.34	4	-24.22	0.065	0.438	6.73	0.428	0.433	15.38
305	63.0	3.64	5 Y	5/2	2	38.99	3.71	3	-24.41	0.062	0.364	5.87	0.337	0.351	13.24
308	63.8	3.83	5 Y	5/2	2	37.73	7.14	3	-24.73	0.057	0.501	8.87	0.453	0.477	19.18
314	65.4	3.75	5 Y	5/2	2	38.72	6.51	4	-23.42	0.049	0.323	6.66	0.285	0.304	12.10
321	67.3	3.80	5 Y	5/1	2	38.08	5.03	0	-24.21	0.049	0.340	7.01	0.289	0.314	12.93
325	68.3	3.81	5 Y	5/1	2	37.40	7.55	0	-24.28	0.050	0.356	7.18	0.341	0.348	13.55
330	69.7	3.57	5 Y	5/1	2	40.06	3.37	0	-23.55	0.058	0.414	7.19	0.362	0.388	14.75
333	70.5	3.57	5 Y	5/1	2	40.38	2.98	0	-23.87	0.059	0.409	6.92	0.379	0.394	14.60
336	71.7	2.38	5 Y	5/1	2	40.25	2.25	0	-23.98	0.057	0.446	7.88	0.421	0.433	10.62
339	73.7	1.42	5 Y	5/1	2	39.58	5.11	3	-24.28	0.057	0.478	8.38	0.474	0.476	6.80
342	75.7	1.37	5 GY	5/1	5	42.72	1.79	3	-24.23	0.080	0.627	7.88	0.625	0.626	8.58
345	77.7	1.42	5 GY	5/1	5	40.18	1.40	3	-23.77	0.092	0.634	6.89	0.608	0.621	9.00
348	79.7	1.45	5 GY	5/1	5	39.03	2.22	3	-24.33	0.059	0.604	10.23	0.636	0.620	8.75
351	81.7	1.58	5 GY	5/1	5	35.59	7.42	3	-24.09	0.070	0.545	7.79	0.509	0.527	8.62
355	84.4	1.72	5 Y	6/1	1	33.85	11.92	3	-24.41	0.067	0.576	8.60	0.523	0.549	9.91
357	85.8	1.49	5 Y	6/1	1	38.51	5.52	4	-24.53	0.090	0.598	6.64	0.579	0.588	8.90
360	87.8	1.54	5 Y	6/1	1	37.24	6.22	0	-25.06	0.088	0.679	7.75	0.719	0.699	10.46
365	91.1	1.42	10 Y	6/2	1	40.15	4.00	0	-23.84	0.072	0.493	6.85	0.463	0.478	7.02
370	94.5	1.46	10 Y	6/2	1	38.72	4.01	0	-23.60	0.068	0.437	6.47	0.391	0.414	6.37
375	97.8	1.47	10 Y	6/2	1	39.47	4.15	0	-23.54	0.071	0.556	7.82	0.519	0.537	8.19
380	101.2	1.48	10 Y	6/2	1	39.46	3.25	0	-24.47	0.089	0.674	7.62	0.632	0.653	9.97
385	104.5	1.54	10 Y	6/2	1	37.53	3.03	0	-23.79	0.081	0.554	6.84	0.521	0.538	8.51
390	107.9	1.47	N 5		6	38.24	3.15	1	-23.92	0.092	0.679	7.38	0.644	0.661	9.96
395	111.2	1.60	5 Y	6/2	1	36.46	6.53	3	-23.84	0.074	0.563	7.65	0.525	0.544	8.99
400	114.6	1.47	N 5		6	39.26	3.71	3	-24.34	0.082	0.634	7.78	0.592	0.613	9.29
405	117.9	1.77	5 Y	6/2	1	37.05	0.10	1	-25.09	0.065	0.430	6.66	0.403	0.416	7.62
408	120.0	1.46	N 5		6	38.29	3.02	4	-24.34	0.087	0.536	6.20	0.521	0.528	7.80
410	121.3	1.42	5 Y	6/2	1	40.00	1.85	4	-24.34	0.077	0.601	7.81	0.636	0.619	8.56
415	124.6	1.46	N 5		6	38.63	0.76	1	-24.20	0.071	0.564	7.94	0.568	0.566	8.20
420	128.0	1.50	5 Y	6/2	1	38.18	1.33	0	-24.06	0.075	0.560	7.46	0.544	0.552	8.41
425	131.0	1.95	N 5		6	33.30	12.42	0	-24.12	0.055	0.344	6.31	0.354	0.349	6.72
430	134.0	2.15	5 Y	6/4	1	28.08	15.79	0	-24.46	0.056	0.464	8.28	0.429	0.446	9.96
435	137.0	2.21	N 5		6	26.14	18.82	0	-24.39	0.056	0.494	8.89	0.525	0.509	10.89
440	139.9	2.35	10 Y	5/2	1	25.12	20.70	0	-24.96	0.063	0.972	15.42	0.854	0.913	22.87
445	142.9	2.47	5 YR	4/1	2	22.67	25.22	0	-24.86	0.056	0.935	16.85	0.914	0.924	23.05
450	145.9	2.67	5 YR	4/1	2	20.91	29.53	0	-24.72	0.048	0.955	19.89	0.927	0.941	25.45
455	148.9	2.61	5 YR	4/1	2	20.23	29.30	0	-24.70	0.048	0.967	20.36	0.963	0.965	25.23
460	151.9	2.15	5 YR	4/1	2	28.92	18.38	3	-24.09	0.067	0.503	7.56	0.501	0.502	10.82
465	154.9	1.63	5 Y	5/1	2	39.27	3.33	3	-24.28	0.063	0.425	6.74	0.407	0.416	6.90
470	157.8	1.62	5 Y	5/1	2	39.35	3.69	4	-24.30	0.062	0.426	6.86	0.414	0.420	6.89
475	160.8	2.19	N 5		6	26.87	29.54	2	-23.78	0.040	0.321	8.11	0.291	0.306	7.03
480	163.8	2.55	5 GY	6/1	1	21.58	34.44	0	-24.18	0.041	1.044	25.45	0.990	1.017	26.58
485	166.8	2.78	N 3		7	19.92	34.17	0	-24.22	0.048	1.307	27.52	1.258	1.283	36.27
490	169.8	1.79	5 Y	5/2	2	34.66	6.09	1	-24.23	0.077	0.548	7.12	0.543	0.546	9.80
497	174.0	2.05	5 Y	5/2	2	21.40	33.46	0	-24.12	0.048	0.422	8.78	0.443	0.432	8.64
500	175.7	1.88	5 Y	4/1	7	25.24	24.86	0	-24.18	0.045	0.334	7.41	0.339	0.336	6.27
505	178.7	1.52	N 5		6	36.32	5.07	4	-23.57	0.061	0.378	6.25	0.362	0.370	5.74
510	181.7	1.65	5 Y	6/2	1	37.18	2.87	0	-24.02	0.062	0.478	7.71	0.503	0.491	7.89
515	184.7	1.76	5 Y	6/2	1	33.40	7.22	0	-24.20	0.068	0.547	8.04	0.574	0.560	9.63

## Anhang D.11.: Kerndaten für den Kern 1312-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm <sup>2</sup> /kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (%)	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm <sup>2</sup> /kyr)
2	0.8	2.05	10 YR 4/2	2	44.83	12.06	0	-23.51	0.077	0.550	7.14	0.481	0.515	11.25
5	2.0	1.84	10 YR 4/2	2	49.44	8.14	0	-23.69	0.078	0.533	6.83	0.493	0.513	9.82
10	4.0	1.96	10 YR 4/2	2	46.24	13.46	0	-23.81	0.081	0.611	7.54	0.556	0.584	11.96
15	6.0	2.09	10 YR 4/2	2	43.19	11.60	0	-24.15	0.080	0.617	7.71	0.556	0.586	12.86
20	8.0	2.75	10 YR 4/2	2	34.84	12.75	0	-24.00	0.059	0.516	8.75	0.444	0.480	14.18
25	10.0	2.69	10 YR 4/2	2	35.98	6.48	0	-24.22	0.064	0.559	8.73	0.496	0.527	15.06
30	12.0	2.59	5 Y 4/1	7	37.36	12.80	0	-24.58	0.096	1.030	10.73	0.943	0.986	26.63
35	12.9	5.28	5 Y 4/1	7	41.05	1.01	0	-24.81	0.121	1.515	12.52	1.445	1.480	80.07
40	13.7	5.55	5 Y 4/1	7	39.47	2.01	0	-24.84	0.126	1.534	12.17	1.442	1.488	85.21
45	14.6	6.05	5 Y 4/1	7	36.44	5.36	0	-24.41	0.106	0.981	9.25	0.920	0.950	59.32
50	15.4	6.00	5 Y 4/1	7	36.29	4.67	0	-24.41	0.100	0.856	8.56	0.822	0.839	51.37
55	16.3	6.46	5 Y 4/1	7	34.38	4.41	0	-24.63	0.095	0.840	8.84	0.784	0.812	54.23
60	17.1	5.98	5 Y 4/1	7	35.90	9.78	0	-24.39	0.102	0.935	9.17	0.903	0.919	55.95
65	18.0	6.54	5 Y 6/1	1	33.75	19.45	4	-24.41	0.075	0.566	7.55	0.537	0.552	37.04
70	18.9	5.27	5 Y 6/1	1	41.85	3.38	2	-24.48	0.077	0.413	5.36	0.346	0.380	21.77
75	19.7	5.71	5 Y 6/2	1	40.59	6.86	3	-23.86	0.074	0.339	4.58	0.315	0.327	19.34
80	20.6	5.61	5 Y 6/2	1	40.05	6.03	2	-24.08	0.075	0.306	4.08	0.277	0.291	17.16
85	21.4	5.32	5 Y 6/2	1	41.55	2.80	3	-23.46	0.078	0.370	4.74	0.324	0.347	19.68
90	22.3	5.97	5 Y 6/2	1	37.67	5.13	2	-23.09	0.075	0.344	4.59	0.327	0.335	20.54
95	23.1	5.83	5 Y 4/2	7	38.30	7.60	0	-24.15	0.076	0.405	5.33	0.378	0.392	23.62
98	23.7	6.66	N 6	5	33.87	12.18	0	-25.37	0.101	1.075	10.64	1.067	1.071	71.55
102	24.6	4.27	5 Y 6/1	1	39.81	3.74	3	-23.95	0.084	0.502	5.98	0.466	0.484	21.43
105	25.4	3.50	N 6	5	39.25	2.80	3	-23.45	0.083	0.445	5.36	0.418	0.432	15.57
110	26.8	3.73	5 Y 6/1	1	36.48	1.76	4	-23.53	0.066	0.469	7.11	0.401	0.435	17.47
115	28.2	3.49	N 6	5	40.02	1.81	3	-24.22	0.066	0.447	6.77	0.427	0.437	15.59
120	29.6	3.76	5 Y 6/1	1	37.26	0.50	4	-24.50	0.066	0.441	6.68	0.423	0.432	16.59
125	31.0	3.51	N 6	5	39.84	0.50	0	-24.70	0.079	0.384	4.86	0.422	0.403	13.46
130	32.4	3.59	5 Y 6/1	1	38.16	2.60	1	-23.70	0.070	0.390	5.57	0.369	0.380	13.99
135	33.8	3.64	N 6	5	38.28	3.23	0	-23.56	0.068	0.558	8.21	0.490	0.524	20.29
140	35.2	3.72	5 Y 6/1	1	36.99	2.21	0	-23.79	0.081	0.588	7.26	0.566	0.577	21.88
145	36.6	3.51	N 5	5	39.07	2.09	1	-23.69	0.086	0.572	6.65	0.506	0.539	20.08
150	38.0	3.47	5 Y 6/1	1	39.67	1.45	0	-23.59	0.082	0.576	7.02	0.547	0.561	20.00
155	39.4	3.62	N 6	5	37.92	3.29	0	-23.72	0.083	0.552	6.65	0.525	0.539	19.96
160	40.8	3.88	5 Y 6/1	1	34.79	2.50	0	-23.81	0.083	0.620	7.47	0.815	0.717	24.07
165	42.2	3.69	N 6	5	37.52	2.32	1	-23.58	0.073	0.520	7.12	0.490	0.505	19.18
170	43.6	3.76	5 Y 6/1	1	36.46	4.91	0	-23.56	0.068	0.539	7.93	0.459	0.499	20.25
175	45.0	3.75	N 6	5	36.83	3.08	0	-23.75	0.078	0.600	7.69	0.509	0.554	22.50
180	46.4	4.12	N 5	5	34.17	2.84	0	-24.00	0.071	0.596	8.39	0.519	0.557	24.58
185	47.8	3.79	5 Y 5/1	2	36.02	3.16	0	-23.70	0.078	0.540	6.92	0.463	0.502	20.46
190	49.2	3.75	N 5	5	36.52	3.47	0	-23.88	0.088	0.697	7.92	0.602	0.650	26.13
195	50.6	4.06	5 Y 5/1	2	34.11	2.64	0	-24.17	0.087	0.671	7.71	0.595	0.633	27.23
198	51.4	4.10	N 5	5	33.22	5.46	0	-24.83	0.098	0.981	10.01	0.908	0.944	40.22
202	52.6	4.18	5 GY 4/2	7	32.16	5.52	0	-23.99	0.080	0.540	6.75	0.479	0.509	22.58
205	53.4	4.27	5 Y 4/6	3	31.07	16.79	0	-25.73	0.095	1.003	10.56	0.875	0.939	42.79
210	54.8	3.86	5 Y 4/1	7	34.28	2.62	0	-24.08	0.095	0.808	8.51	0.764	0.786	31.23
215	56.2	3.90	5 Y 4/1	7	35.20	1.13	0	-24.16	0.099	0.858	8.67	0.790	0.824	33.49
220	57.6	4.49	5 Y 3/2	7	29.21	0.67	1	-24.65	0.090	0.975	10.83	0.974	0.975	43.81
225	59.0	3.92	5 Y 3/2	7	33.84	0.54	0	-24.41	0.115	1.442	12.54	1.365	1.404	56.56
230	60.7	3.39	5 Y 5/4	2	31.14	6.18	2	-24.83	0.081	0.855	10.56	0.800	0.828	29.02
235	62.4	3.25	5 Y 5/4	2	33.69	1.85	3	-24.59	0.070	0.490	7.00	0.457	0.474	15.91
240	64.1	3.41	5 Y 6/3	1	32.15	1.77	0	-23.97	0.066	0.405	6.14	0.347	0.376	13.82
245	65.9	3.41	5 Y 6/3	1	32.24	7.67	0	-23.89	0.065	0.394	6.06	0.329	0.361	13.45
250	67.6	3.88	5 Y 6/3	1	26.21	19.49	0	-24.76	0.055	0.282	5.13	0.267	0.275	10.94
255	69.3	3.29	5 Y 4/1	7	33.39	4.20	0	-23.85	0.088	0.559	6.35	0.443	0.501	18.41
258	70.3	3.25	5 Y 4/1	7	33.68	1.64	2	-24.10	0.075	0.615	8.20	0.534	0.575	19.97

## Anhang D.11.: Kerndaten für den Kern 1312-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (‰)	Corg (CHN-Anal.) (‰)	C:N	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
265	72.7	3.22	5 Y 4/1	7	34.33	1.26	4	-24.10	0.093	0.802	8.62	0.662	0.732	25.81
270	74.4	3.34	5 Y 4/1	7	33.04	2.21	2	-24.10	0.093	0.784	8.43	0.650	0.717	26.18
275	76.1	3.39	5 Y 2/2	7	32.27	3.90	1	-24.05	0.087	0.807	9.28	0.708	0.758	27.36
280	77.9	3.49	5 Y 2/2	7	30.47	6.33	0	-24.31	0.090	0.884	9.82	0.797	0.840	30.88
285	79.6	3.63	5 Y 4/1	7	29.93	1.46	1	-24.66	0.071	0.648	9.13	0.548	0.598	23.53
290	81.3	3.55	5 Y 5/2	2	32.47	7.31	0	-24.72	0.084	0.715	8.51	0.633	0.674	25.38
295	83.0	3.30	5 Y 5/2	2	33.40	2.55	0	-23.74	0.070	0.501	7.16	0.432	0.467	16.53
300	84.7	3.34	5 Y 5/2	2	33.30	3.03	0	-23.88	0.079	0.556	7.04	0.483	0.519	18.55
305	86.4	3.45	5 Y 5/2	2	31.90	9.05	0	-23.53	0.089	0.441	4.96	0.399	0.420	15.20
308	87.5	3.18	5 Y 5/2	2	34.39	1.36	0	-24.18	0.105	0.748	7.12	0.671	0.709	23.82

## Anhang D.12.: Kerndaten für den Kern 1313-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63um (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (‰)	Corg (CHN-Anal.) (‰)	C:N	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
2	0.2	7.66	10 YR 4/2	2	55.76	1.07	0	-22.55	0.138	1.130	8.19	0.991	1.060	86.54
5	0.4	7.82	10 YR 4/2	2	57.09	1.63	0	-22.54	0.139	1.204	8.66	1.039	1.122	94.14
10	0.8	6.51	10 YR 4/2	2	60.15	0.97	0	-22.60	0.149	1.204	8.08	1.099	1.151	78.35
15	1.2	7.88	5 Y 5/2	2	55.84	1.49	0	-22.87	0.135	1.075	7.96	0.969	1.022	84.75
20	1.5	7.93	5 Y 5/2	2	55.02	0.33	0	-22.84	0.125	0.970	7.76	0.871	0.921	76.95
22	1.7	8.68	5 Y 5/2	2	52.82	1.12	0	-22.65	0.122	0.966	7.92	0.862	0.914	83.81
26	2.0	9.05	5 Y 5/2	2	50.41	2.65	0	-22.70	0.111	0.846	7.62	0.767	0.807	76.58
31	2.4	8.94	10 YR 2/2	7	51.21	1.16	0	-22.73	0.117	0.932	7.97	0.861	0.897	83.32
35	2.7	8.87	5 Y 5/3	2	51.80	1.66	0	-22.71	0.124	0.821	6.62	0.780	0.800	72.82
40	3.1	8.75	5 Y 5/2	2	51.19	0.82	0	-22.66	0.114	0.852	7.47	0.776	0.814	74.58
45	3.5	8.86	5 Y 5/2	2	52.05	1.39	0	-22.71	0.118	0.959	8.13	0.873	0.916	84.97
53	4.1	9.45	5 Y 5/2	2	49.54	0.87	0	-22.99	0.103	0.759	7.37	0.696	0.728	71.73
57	4.4	9.58	5 Y 5/2	2	48.63	1.08	0	-23.24	0.102	0.749	7.34	0.694	0.721	71.78
60	4.6	9.44	5 Y 5/2	2	49.38	0.88	0	-23.25	0.102	0.753	7.38	0.698	0.725	71.07
65	5.0	9.53	5 Y 5/2	2	49.53	1.48	0	-23.02	0.106	0.800	7.55	0.750	0.775	76.25
70	5.4	9.62	5 Y 5/2	2	48.63	1.08	0	-23.18	0.099	0.762	7.70	0.690	0.726	73.32
75	5.8	9.45	5 Y 5/2	2	49.05	0.98	0	-23.27	0.101	0.775	7.67	0.697	0.736	73.27
80	6.2	9.20	N 3	7	50.02	0.45	0	-23.52	0.100	0.771	7.71	0.695	0.733	70.94
85	6.6	9.68	N 3	7	48.08	1.82	0	-23.47	0.094	0.744	7.91	0.675	0.710	72.05
90	7.0	10.58	N 3	7	45.25	1.31	1	-23.45	0.097	0.755	7.78	0.691	0.723	79.91
95	7.4	10.31	N 3	7	46.29	1.23	0	-23.74	0.100	0.812	8.12	0.754	0.783	83.70
100	7.7	9.89	N 3	7	47.16	0.91	0	-23.92	0.094	0.826	8.79	0.763	0.794	81.69
105	8.1	8.69	N 3	7	52.44	1.45	0	-24.11	0.098	0.879	8.97	0.785	0.832	76.42
110	8.5	9.19	N 3	7	50.34	1.68	0	-23.86	0.118	0.988	8.37	0.905	0.947	90.83
115	8.9	10.19	N 3	7	46.75	1.49	0	-24.07	0.124	1.078	8.69	0.989	1.034	109.82
120	9.3	11.38	N 3	7	42.97	1.52	0	-24.11	0.115	0.975	8.48	0.909	0.942	110.93
125	9.7	10.51	N 3	7	45.71	0.29	0	-23.78	0.101	0.813	8.05	0.724	0.768	85.45
130	10.1	10.82	N 3	7	44.62	2.35	1	-23.72	0.084	0.667	7.94	0.608	0.637	72.15
135	10.5	10.46	N 3	7	45.89	0.59	0	-23.92	0.071	0.537	7.56	0.493	0.515	56.17
140	10.8	11.24	N 3	7	43.49	4.63	0	-24.25	0.079	0.667	8.44	0.666	0.667	74.99
145	11.2	11.91	N 3	7	41.13	5.20	0	-23.89	0.092	0.813	8.84	0.758	0.785	96.80
147	11.4	11.62	N 4	7	41.81	3.66	0	-24.08	0.101	0.880	8.71	0.820	0.850	102.23
152	11.8	12.72	N 4	7	37.63	5.64	0	-23.94	0.115	1.068	9.29	1.005	1.036	135.83
155	12.0	12.90	N 4	7	37.24	6.68	0	-24.23	0.093	0.838	9.01	0.774	0.806	108.11
160	12.5	11.36	N 4	7	36.19	4.63	0	-24.34	0.104	0.984	9.46	0.912	0.948	111.76
165	12.9	10.82	N 4	7	38.61	1.72	0	-24.55	0.115	1.288	11.20	1.181	1.234	139.31
170	13.4	10.78	N 4	7	37.55	0.22	1	-24.81	0.122	1.530	12.54	1.456	1.493	164.92
175	13.9	11.13	N 4	7	37.40	0.02	0	-24.86	0.123	1.525	12.40	1.461	1.493	169.80
180	14.3	11.20	N 4	7	37.13	0.73	0	-25.00	0.125	1.674	13.39	1.608	1.641	187.55
185	14.8	11.01	N 4	7	36.82	4.47	0	-24.43	0.110	1.153	10.48	1.056	1.105	126.91
190	15.2	11.65	N 4	7	35.00	5.51	0	-24.33	0.091	0.855	9.40	0.755	0.805	99.65
195	15.7	12.03	N 4	7	33.41	7.29	0	-24.50	0.091	0.853	9.37	0.789	0.821	102.57
200	16.2	10.83	N 4	7	37.77	4.90	1	-24.24	0.087	0.721	8.29	0.657	0.689	78.09
205	16.6	9.54	5 Y 5/3	2	42.89	2.97	3	-24.17	0.088	0.599	6.81	0.499	0.549	57.13
210	17.1	11.33	5 Y 5/3	2	36.82	12.90	3	-23.95	0.059	0.298	5.05	0.256	0.277	33.77
215	17.5	10.86	5 Y 5/3	2	37.75	9.59	2	-23.71	0.062	0.319	5.15	0.258	0.289	34.64
220	18.0	9.34	5 Y 5/3	2	44.09	1.47	3	-23.75	0.082	0.478	5.83	0.448	0.463	44.65
225	18.5	9.33	5 Y 5/3	2	43.59	1.62	0	-23.78	0.077	0.475	6.17	0.461	0.468	44.30
230	18.9	9.41	5 Y 5/3	2	44.10	3.71	3	-23.76	0.078	0.474	6.08	0.409	0.441	44.61
235	19.4	10.16	5 Y 5/3	2	40.44	6.95	3	-23.95	0.081	0.523	6.46	0.471	0.497	53.13
240	19.9	9.97	5 Y 5/3	2	40.84	5.90	3	-23.72	0.076	0.453	5.96	0.402	0.428	45.15
245	20.3	10.54	5 Y 5/3	2	38.74	5.62	3	-23.78	0.070	0.372	5.31	0.328	0.350	39.20
248	20.6	10.35	5 Y 5/3	2	39.90	4.33	3	-23.84	0.075	0.414	5.52	0.371	0.392	42.84
252	21.0	10.01	5 Y 5/3	2	40.82	2.63	4	-23.55	0.079	0.478	6.05	0.436	0.457	47.87
255	21.2	10.12	5 Y 5/3	2	40.47	3.79	4	-23.59	0.079	0.527	6.67	0.478	0.503	53.35

## Anhang D.12.: Kerndaten für den Kern 1313-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63um (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (‰)	Corg (CHN-Anal.) (‰)	C:N	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
260	21.7	10.21	5 Y 5/3	2	39.59	5.13	3	-23.58	0.067	0.444	6.63	0.404	0.424	45.34
265	22.2	10.58	5 Y 5/3	2	34.50	7.09	3	-23.82	0.069	0.440	6.38	0.393	0.417	46.54
270	22.6	10.54	5 Y 5/3	2	38.54	6.16	1	-24.52	0.077	0.573	7.44	0.556	0.564	60.40
275	23.1	14.09	5 Y 5/3	2	28.05	19.20	0	-25.79	0.100	1.238	12.38	1.182	1.210	174.46
280	23.5	13.85	5 YR 5/1	2	29.37	11.22	1	-25.90	0.122	1.530	12.54	1.504	1.517	211.89
285	24.0	9.77	5 Y 6/1	1	41.67	0.48	4	-24.23	0.091	0.690	7.58	0.650	0.670	67.38
290	24.9	6.16	5 Y 6/1	1	37.19	7.32	3	-23.90	0.070	0.442	6.31	0.390	0.416	27.23
295	25.7	5.92	5 Y 6/1	1	37.45	3.84	5	-23.69	0.079	0.512	6.48	0.473	0.492	30.30
300	26.6	5.70	5 Y 6/1	1	39.40	1.39	5	-23.73	0.080	0.568	7.10	0.535	0.552	32.38
305	27.4	6.50	5 YR 5/1	2	34.75	1.29	3	-25.01	0.092	0.712	7.74	0.670	0.691	46.26
310	28.3	5.43	5 Y 6/1	1	40.97	0.84	5	-23.45	0.079	0.497	6.29	0.465	0.481	26.97
315	29.1	6.50	5 Y 6/1	1	33.98	2.12	1	-23.55	0.062	0.349	5.63	0.310	0.329	22.68
320	30.0	5.73	5 Y 6/1	1	38.94	0.05	0	-24.27	0.079	0.529	6.70	0.483	0.506	30.33
325	30.8	5.82	N 6	6	39.09	3.02	0	-23.49	0.062	0.376	6.06	0.331	0.354	21.87
330	31.7	5.83	N 6	6	38.82	0.05	1	-24.13	0.076	0.502	6.61	0.465	0.483	29.24
335	32.5	6.07	N 6	6	36.22	9.19	1	-22.91	0.059	0.350	5.93	0.450	0.400	21.23
340	33.4	6.12	5 YR 5/1	2	36.79	1.12	0	-25.02	0.089	0.762	8.56	0.727	0.745	46.64
345	34.2	5.77	N 6	6	38.57	0.40	2	-23.30	0.080	0.650	8.13	0.600	0.625	37.52
350	35.1	6.69	5 Y 5/1	2	32.37	4.88	1	-23.58	0.059	0.421	7.14	0.382	0.401	28.18
355	36.0	5.57	5 Y 5/1	2	39.63	0.39	0	-23.89	0.079	0.662	8.38	0.606	0.634	36.88
360	36.8	5.79	5 Y 4/1	3	38.62	2.78	0	-23.19	0.074	0.505	6.82	0.453	0.479	29.22
365	37.7	5.49	5 Y 4/1	3	40.46	0.64	0	-23.05	0.075	0.509	6.79	0.449	0.479	27.96
370	38.5	5.77	5 Y 4/1	3	38.35	1.39	0	-23.61	0.087	0.716	8.23	0.663	0.689	41.29
375	39.4	5.99	5 Y 4/1	3	37.32	0.15	0	-23.54	0.080	0.648	8.10	0.602	0.625	38.79
380	40.2	5.56	5 Y 4/1	3	39.72	0.42	1	-23.25	0.087	0.612	7.03	0.556	0.584	34.03
384	40.9	5.73	5 Y 4/1	3	38.84	4.06	0	-22.97	0.072	0.469	6.51	0.443	0.456	26.89
388	41.6	5.60	10 Y 6/2	1	40.09	1.87	0	-23.46	0.080	0.576	7.20	0.472	0.524	32.25
395	42.8	5.95	5 YR 5/1	2	37.19	1.75	0	-23.27	0.079	0.582	7.37	0.532	0.557	34.63
400	43.6	5.83	N 5	6	37.91	1.38	0	-24.07	0.083	0.619	7.46	0.538	0.578	36.10
405	44.5	5.90	5 YR 5/1	2	38.13	0.30	1	-24.35	0.105	0.886	8.44	0.844	0.865	52.27
410	45.3	5.96	5 YR 5/1	2	37.29	0.25	0	-24.12	0.077	0.522	6.78	0.473	0.497	31.11
415	46.2	5.69	5 YR 5/1	2	39.01	2.18	0	-23.83	0.080	0.559	6.99	0.510	0.535	31.80
420	47.1	5.81	5 YR 5/1	2	39.00	1.67	0	-23.44	0.079	0.573	7.25	0.505	0.539	33.28
425	47.9	5.64	5 YR 5/1	2	39.31	1.81	2	-23.85	0.100	0.802	8.02	0.744	0.773	45.25
429	48.6	5.59	5 YR 5/1	2	39.13	2.94	0	-23.19	0.080	0.517	6.46	0.479	0.498	28.88
431	48.9	5.78	5 YR 5/1	2	38.73	3.28	0	-23.15	0.075	0.555	7.40	0.532	0.543	32.10
435	49.6	5.96	5 YR 5/1	2	37.56	0.53	1	-23.62	0.096	0.748	7.79	0.680	0.714	44.60
440	50.5	5.67	5 YR 5/1	2	38.94	1.26	0	-23.50	0.086	0.613	7.13	0.576	0.594	34.76
445	51.3	5.65	5 YR 5/1	2	39.31	2.97	0	-23.66	0.086	0.654	7.60	0.602	0.628	36.96
450	52.2	5.98	5 YR 5/1	2	36.58	3.88	1	-23.40	0.089	0.578	6.49	0.637	0.607	34.56
455	53.0	6.18	5 YR 5/1	2	35.66	4.03	0	-24.65	0.097	0.826	8.52	0.843	0.835	51.05
460	53.9	5.84	N 5	6	37.44	2.62	2	-23.90	0.109	0.786	7.21	0.728	0.757	45.87
465	54.7	6.08	N 5	6	36.11	2.72	0	-23.89	0.086	0.613	7.13	0.548	0.581	37.24
470	55.6	6.67	N 5	6	32.15	10.59	0	-24.02	0.083	0.658	7.93	0.611	0.634	43.90
475	56.4	5.85	5 GY 6/1	1	38.42	3.47	0	-23.91	0.087	0.600	6.90	0.628	0.614	35.10
480	57.3	6.20	5 GY 6/1	1	35.32	10.71	0	-25.51	0.099	0.895	9.04	0.824	0.860	55.47
485	58.2	6.38	5 GY 6/1	1	34.35	2.73	1	-24.27	0.098	0.937	9.56	0.880	0.909	59.80
490	59.0	6.32	5 GY 6/1	1	34.24	2.68	0	-24.81	0.122	1.409	11.55	1.318	1.364	89.03
495	61.0	2.80	5 GY 6/1	1	34.14	0.54	2	-24.38	0.116	1.466	12.64	1.390	1.428	41.06
500	63.0	2.61	5 GY 6/1	1	35.59	2.92	0	-24.61	0.110	1.166	10.60	1.146	1.156	30.43
505	65.0	2.63	5 Y 5/2	2	35.64	3.94	4	-24.15	0.091	0.538	5.91	0.500	0.519	14.15
510	67.0	2.58	5 Y 5/2	2	36.86	0.54	2	-24.60	0.094	0.537	5.71	0.511	0.524	13.84
515	69.0	3.04	5 Y 5/2	2	29.71	16.00	1	-25.13	0.076	0.502	6.61	0.466	0.484	15.26
520	71.0	2.89	5 Y 5/2	2	31.82	9.13	0	-23.98	0.059	0.252	4.27	0.242	0.247	7.29
525	73.0	2.85	5 Y 5/2	2	32.63	8.30	2	-24.32	0.078	0.444	5.69	0.442	0.443	12.67

## Anhang D.12.: Kerndaten für den Kern 1313-4

Kern- tiefe	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63um (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (%PDB)	Nges (%)	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
530	75.0	2.64	5 Y 5/2	2	35.91	2.97	2	-23.73	0.091	0.591	6.49	0.570	0.581	15.61
533	76.2	2.51	5 Y 5/2	2	38.04	0.81	3	-23.76	0.091	0.617	6.78	0.572	0.594	15.49

## Anhang D.13.: Kerndaten für den Kern 1318-5

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63um (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (‰)	Corg (CHN-Anal.) (‰)	C:N	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
5	0.3	8.98	10 YR 4/2	2	54.76	0.50	0	-22.61	0.178	1.256	7.06	1.144	1.200	112.78
10	0.7	9.84	N 5	6	53.12	0.69	0	-22.69	0.161	1.080	6.71	0.971	1.025	106.30
15	1.0	14.01	N 5	6	48.54	0.06	0	-23.50	0.129	0.814	6.31	0.770	0.792	114.04
20	1.3	9.02	N 5	6	54.43	1.00	0	-22.75	0.163	1.131	6.94	1.110	1.120	102.06
25	1.7	10.36	N 5	6	51.10	0.52	0	-23.21	0.156	1.050	6.73	0.998	1.024	108.80
30	2.0	9.65	N 5	6	53.68	0.83	0	-22.85	0.161	1.086	6.75	0.965	1.026	104.78
35	2.3	10.83	N 5	6	49.21	1.16	0	-23.31	0.146	0.936	6.41	0.978	0.957	101.37
40	2.7	11.00	N 5	6	48.92	0.72	0	-23.33	0.148	0.985	6.66	0.938	0.962	108.33
45	3.0	10.81	N 5	6	49.63	0.94	0	-22.86	0.146	0.910	6.23	0.859	0.884	98.42
50	3.3	10.96	N 5	6	48.41	0.78	0	-23.55	0.147	1.074	7.31	1.029	1.051	117.76
55	3.7	11.28	N 5	6	48.25	1.35	0	-23.14	0.147	0.965	6.56	0.885	0.925	108.88
60	4.0	11.58	N 5	6	48.14	0.34	0	-22.97	0.140	0.893	6.38	0.847	0.870	103.41
65	4.3	11.57	N 5	6	46.80	0.91	0	-23.47	0.141	0.941	6.67	0.896	0.918	108.88
70	4.7	11.71	N 5	6	46.50	1.04	0	-23.12	0.139	0.906	6.52	0.758	0.832	106.06
75	5.0	11.62	N 5	6	46.32	0.86	0	-23.44	0.135	0.924	6.84	0.687	0.805	107.41
80	5.3	12.48	N 5	6	44.06	0.58	0	-23.51	0.128	0.842	6.58	0.705	0.773	105.08
85	5.7	11.81	N 5	6	46.12	0.71	0	-23.52	0.131	0.840	6.41	0.801	0.821	99.19
90	6.0	12.86	N 5	6	43.07	0.70	0	-23.88	0.128	0.873	6.82	0.821	0.847	112.30
95	6.3	12.76	5 Y 6/1	1	44.38	0.61	0	-23.74	0.130	0.908	6.98	0.786	0.847	115.91
100	6.7	11.64	5 Y 6/1	1	46.97	0.20	0	-23.80	0.146	0.988	6.77	0.858	0.923	115.00
105	7.0	12.01	5 Y 6/1	1	46.05	0.91	0	-24.16	0.142	0.931	6.56	0.879	0.905	111.78
110	7.3	14.75	5 Y 6/4	1	36.40	2.47	0	-24.26	0.095	0.541	5.69	0.523	0.532	79.80
115	7.7	12.21	5 Y 5/2	2	44.31	3.61	0	-23.99	0.136	0.935	6.88	0.886	0.911	114.19
120	8.0	13.30	5 Y 5/2	2	42.38	6.04	0	-24.18	0.116	0.751	6.47	0.698	0.724	99.90
125	8.3	12.34	5 Y 5/2	2	45.59	0.39	0	-24.03	0.137	0.938	6.85	0.897	0.917	115.74
130	8.7	10.87	5 Y 5/2	2	50.60	0.50	0	-23.94	0.126	0.859	6.82	0.811	0.835	93.42
135	9.0	12.67	5 Y 5/2	2	43.07	1.33	0	-23.96	0.116	0.745	6.42	0.704	0.725	94.41
140	9.3	13.26	5 Y 5/2	2	42.92	1.02	0	-23.95	0.104	0.664	6.38	0.629	0.646	88.02
145	9.7	13.75	5 Y 5/1	2	40.25	2.11	0	-24.10	0.120	0.895	7.46	0.846	0.870	123.08
150	10.0	18.63	5 Y 5/1	2	29.06	15.41	1	-24.74	0.089	0.690	7.75	0.644	0.667	128.55
155	10.3	13.95	5 Y 4/1	3	39.83	2.99	0	-24.07	0.122	0.933	7.65	0.958	0.946	130.13
160	10.7	14.11	5 Y 4/1	3	39.59	3.08	0	-24.22	0.123	0.944	7.67	0.944	0.944	133.25
165	11.0	14.38	5 Y 4/1	3	38.73	3.91	0	-24.10	0.120	0.951	7.93	0.956	0.953	136.74
170	11.3	16.33	5 Y 4/1	3	33.82	1.63	1	-24.31	0.111	0.945	8.51	0.931	0.938	154.37
175	11.7	13.13	5 Y 4/1	3	41.74	3.33	0	-24.57	0.117	0.890	7.61	0.877	0.883	116.89
180	12.0	17.82	5 Y 4/1	3	30.21	6.05	1	-24.75	0.099	0.780	7.88	0.638	0.709	139.00
185	12.3	18.86	5 Y 4/1	3	38.12	6.86	0	-24.63	0.119	1.095	9.20	1.087	1.091	206.56
190	12.5	18.12	5 Y 4/1	3	39.88	2.62	0	-24.59	0.128	1.339	10.46	1.342	1.340	242.68
195	12.8	18.95	5 Y 4/1	3	37.74	4.69	0	-24.77	0.134	1.516	11.31	1.273	1.395	287.25
198	12.9	21.21	5 Y 4/1	3	32.90	7.64	0	-24.58	0.103	0.800	7.77	0.660	0.730	169.71
205	13.3	21.36	5 Y 4/1	3	33.41	5.72	0	-24.55	0.104	0.765	7.36	0.741	0.753	163.43
210	13.6	22.93	5 Y 4/1	3	30.56	7.21	1	-24.21	0.091	0.543	5.97	0.525	0.534	124.54
215	13.8	18.41	N 4	7	39.34	2.18	2	-24.14	0.110	0.690	6.27	0.665	0.678	127.04
220	14.1	19.76	5 GY 5/1	5	36.15	1.40	0	-24.44	0.107	0.571	5.34	0.534	0.552	112.86
225	14.3	20.58	5 GY 5/1	5	34.92	0.21	0	-24.73	0.123	0.980	7.97	0.956	0.968	201.66
230	14.6	27.96	5 Y 5/1	2	22.60	35.11	2	-25.83	0.085	0.549	6.46	0.545	0.547	153.52
235	14.9	20.23	5 Y 5/1	2	36.23	1.03	1	-24.61	0.117	0.788	6.74	0.754	0.771	159.43
240	15.1	17.37	5 GY 5/1	5	41.46	0.03	0	-24.56	0.128	0.968	7.56	0.916	0.942	168.17
245	15.4	19.47	5 GY 5/1	5	36.90	0.17	0	-24.57	0.114	0.789	6.92	0.762	0.776	153.64
250	15.7	25.96	N 4	7	25.91	0.23	1	-24.69	0.089	0.579	6.51	0.564	0.571	150.28
255	15.9	26.02	N 4	7	24.82	0.42	1	-24.85	0.121	0.547	4.52	0.522	0.535	142.35
260	16.2	25.81	N 4	7	23.72	4.38	1	-24.99	0.086	0.553	6.43	0.540	0.547	142.71
265	16.4	27.73	N 4	7	22.72	19.90	2	-28.99	0.085	0.460	5.41	0.441	0.451	127.56
270	16.7	27.14	N 4	7	22.69	31.54	3	-25.21	0.079	0.420	5.32	0.407	0.414	113.97
275	17.0	24.60	5 GY 5/1	5	22.67	68.67	4	-25.55	0.066	0.475	7.20	0.366	0.421	116.86

## Anhang D.13.: Kerndaten für den Kern 1318-5

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (%)	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
280	17.2	24.48	5 GY 5/1	5	27.89	18.41	1	-24.70	0.108	0.758	7.02	0.635	0.696	185.56
285	17.5	23.59	5 GY 5/1	5	29.31	10.46	1	-24.50	0.116	0.728	6.28	0.677	0.702	171.77
290	17.7	24.55	5 GY 5/1	5	28.41	12.67	1	-24.61	0.117	0.803	6.86	0.771	0.787	197.13
295	18.0	23.58	5 GY 5/1	5	29.17	13.24	1	-24.64	0.121	0.832	6.88	0.822	0.827	196.21
300	18.3	23.16	5 GY 5/1	5	31.00	8.79	2	-24.65	0.132	0.962	7.29	0.954	0.958	222.77
305	18.5	23.57	5 B 6/1	1	29.84	9.29	1	-24.47	0.110	0.720	6.55	0.609	0.664	169.68
310	18.8	18.44	N 3	7	39.53	0.82	0	-24.14	0.108	0.529	4.90	0.524	0.526	97.56
315	19.0	20.33	5 Y 5/1	2	34.75	4.29	1	-24.38	0.109	0.602	5.52	0.594	0.598	122.40
320	19.3	18.38	5 Y 5/1	2	39.01	1.09	5	-24.15	0.128	0.802	6.27	0.700	0.751	147.45
325	19.6	19.00	N 3	7	38.14	3.92	3	-24.16	0.115	0.492	4.28	0.501	0.496	93.47
330	19.8	19.83	N 3	7	36.26	10.27	2	-24.21	0.095	0.389	4.09	0.357	0.373	77.12
335	20.1	18.36	N 3	7	39.77	0.62	1	-23.62	0.113	0.527	4.66	0.523	0.525	96.77
340	20.3	17.87	5 Y 6/3	1	39.32	3.36	4	-24.10	0.119	0.704	5.92	0.703	0.703	125.81
345	20.6	20.22	5 Y 6/3	1	35.17	12.53	3	-23.73	0.096	0.425	4.43	0.409	0.417	85.92
350	20.9	19.95	5 Y 6/3	1	37.12	7.14	3	-24.09	0.106	0.491	4.63	0.479	0.485	97.97
355	21.1	18.83	5 Y 6/3	1	38.23	3.08	3	-23.92	0.108	0.489	4.53	0.471	0.480	92.08
360	21.4	18.42	5 Y 6/3	1	39.01	3.21	3	-24.01	0.109	0.508	4.66	0.498	0.503	93.57
365	21.7	18.75	5 Y 6/3	1	39.63	1.69	4	-24.06	0.111	0.592	5.33	0.607	0.600	110.99
370	21.9	19.68	5 Y 6/3	1	37.00	5.60	4	-23.89	0.102	0.514	5.04	0.518	0.516	101.16
375	22.2	18.90	5 Y 6/3	1	37.98	1.59	4	-24.31	0.111	0.601	5.41	0.604	0.602	113.58
380	22.4	21.05	5 Y 4/2	3	34.16	7.48	0	-25.64	0.134	1.201	8.96	1.156	1.179	252.80
385	22.7	19.21	5 Y 4/2	3	35.19	0.92	0	-25.14	0.148	1.351	9.13	1.223	1.287	259.51
390	23.0	20.45	5 Y 5/1	2	35.47	2.53	0	-25.01	0.153	1.327	8.67	1.205	1.266	271.32
395	23.2	21.11	N 2	7	31.36	0.43	0	-25.16	0.125	1.084	8.67	1.061	1.072	228.80
400	23.5	23.43	5 Y 5/1	2	26.64	26.60	2	-25.24	0.116	1.051	9.06	1.021	1.036	246.29
405	23.7	31.52	5 Y 5/1	2	21.91	12.19	2	-25.25	0.123	0.759	6.17	0.755	0.757	239.22
410	24.0	23.63	5 Y 5/1	2	20.16	3.42	2	-25.35	0.083	0.648	7.81	0.621	0.635	153.15
415	24.3	28.59	5 Y 5/1	2	18.38	42.03	2	-25.59	0.077	0.571	7.42	0.537	0.554	163.25
420	24.5	20.45	5 Y 5/1	2	35.00	0.25	0	-25.23	0.133	1.188	8.93	1.140	1.164	242.96
425	24.8	25.84	5 Y 5/1	2	24.80	7.65	3	-25.41	0.108	0.904	8.37	0.883	0.894	233.63
430	25.0	27.60	5 Y 5/1	2	22.50	3.63	3	-25.96	0.099	0.752	7.60	0.722	0.737	207.52
435	25.3	18.45	5 Y 6/1	1	40.03	1.18	3	-24.12	0.122	0.600	4.92	0.576	0.588	110.70
440	25.6	20.97	5 Y 6/1	1	35.33	5.69	3	-23.63	0.092	0.411	4.47	0.402	0.407	86.19
445	25.8	19.80	5 Y 6/1	1	35.85	0.66	2	-23.93	0.110	0.547	4.97	0.520	0.533	108.31
450	26.1	19.13	5 Y 6/2	1	38.50	1.96	5	-23.70	0.119	0.546	4.59	0.535	0.540	104.46
455	26.3	21.69	5 Y 6/2	1	33.32	1.28	1	-23.91	0.103	0.428	4.16	0.400	0.414	92.82
460	26.6	18.16	5 Y 6/2	1	40.74	0.34	1	-23.95	0.117	0.679	5.80	0.671	0.675	123.31
465	26.9	24.85	5 Y 6/2	1	26.71	7.16	0	-24.17	0.089	0.440	4.94	0.425	0.432	109.34
470	27.1	20.54	5 Y 5/1	2	32.96	4.60	1	-24.32	0.108	0.640	5.93	0.630	0.635	131.44
475	27.4	20.51	5 Y 5/1	2	36.15	1.51	3	-23.92	0.124	0.676	5.45	0.651	0.663	138.64
480	27.7	19.22	5 Y 5/1	2	37.93	0.97	0	-24.16	0.115	0.641	5.57	0.618	0.630	123.19
485	27.9	20.16	5 Y 5/1	2	34.25	0.34	0	-23.36	0.101	0.462	4.57	0.449	0.456	93.12
490	28.2	20.52	5 Y 5/1	2	35.55	0.55	0	-24.26	0.092	0.408	4.43	0.397	0.402	83.71
495	28.4	17.79	5 Y 6/2	1	40.96	0.16	1	-23.92	0.123	0.761	6.19	0.755	0.758	135.41
500	28.7	19.87	5 Y 6/2	1	36.93	3.26	0	-23.49	0.095	0.455	4.79	0.424	0.440	90.42
505	29.0	22.03	5 Y 6/2	1	32.17	2.68	0	-25.03	0.147	1.041	7.07	0.974	1.008	229.37
510	29.2	18.75	5 Y 6/2	1	38.38	0.19	1	-23.37	0.112	0.694	6.19	0.661	0.678	130.12
515	29.5	22.64	N 5	6	30.30	3.52	0	-23.80	0.078	0.435	5.56	0.431	0.433	98.48
520	29.7	22.64	N 5	6	27.64	23.64	1	-23.84	0.117	0.743	6.33	0.704	0.724	168.21
525	30.0	27.46	N 5	6	21.17	18.71	1	-23.91	0.082	0.522	6.34	0.509	0.516	143.35
530	30.3	25.86	N 5	6	25.25	13.76	1	-24.05	0.050	0.312	6.25	0.269	0.290	80.67
535	30.5	21.87	N 5	6	31.68	0.13	0	-23.88	0.099	0.621	6.30	0.595	0.608	135.83
539	30.7	24.99	N 5	6	25.32	2.08	0	-23.85	0.085	0.542	6.37	0.522	0.532	135.46

## Anhang D.14.: Kerndaten für den Kern 1314-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63um (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (%)	Corg (CHN-Anal.) (%)	C:N	Corg vom MS (%)	Corg M-wert (%)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)	
2	1.0	1.59	5 Y	5/2	2	47.42	7.10	0	-24.13	0.088	0.838	9.52	0.762	0.800	13.35
5	2.4	1.47	5 Y	5/2	2	49.67	5.34	0	-24.35	0.101	1.032	10.22	1.011	1.021	15.19
10	4.8	1.97	N 3		7	40.07	11.00	0	-24.69	0.069	0.768	11.13	0.738	0.753	15.14
15	7.2	1.94	N 3		7	40.83	10.26	1	-24.28	0.077	0.990	12.86	0.958	0.974	19.24
20	9.6	1.88	N 3		7	42.17	1.49	1	-24.93	0.079	1.238	15.67	1.093	1.165	23.25
25	12.0	1.66	N 3		7	46.17	0.84	1	-25.07	0.088	1.396	15.86	1.366	1.381	23.16
30	13.2	3.22	N 3		7	47.03	1.04	1	-25.23	0.081	1.344	16.59	1.304	1.324	43.29
35	14.4	3.39	N 3		7	45.07	2.10	1	-24.84	0.090	1.326	14.73	1.168	1.247	44.94
40	15.6	3.41	N 3		7	44.49	6.32	1	-24.82	0.090	1.210	13.44	1.170	1.190	41.22
45	16.8	4.17	N 3		7	37.49	17.20	1	-24.83	0.074	0.886	11.97	0.874	0.880	36.94
50	18.0	4.46	N 3		7	34.38	21.95	3	-24.85	0.068	0.872	12.82	0.758	0.815	38.88
53	18.7	4.75	10 Y	6/2	1	32.81	44.01	3	-25.20	0.046	0.448	9.74	0.397	0.422	21.28
57	19.7	4.81	5 Y	6/1	1	31.47	46.15	3	-24.84	0.041	0.404	9.85	0.334	0.369	19.41
62	20.9	4.28	5 Y	5/2	2	37.01	15.61	0	-25.42	0.071	0.924	13.01	0.914	0.919	39.59
65	21.6	4.57	5 Y	5/2	2	34.12	16.93	1	-25.55	0.071	1.028	14.48	0.952	0.990	46.94
70	22.8	5.02	5 Y	5/2	2	30.64	36.25	0	-25.79	0.083	1.350	16.27	1.231	1.290	67.82
75	24.0	4.44	N 3		7	35.36	10.15	0	-26.02	0.104	1.568	15.08	1.478	1.523	69.59
80	25.6	3.01				39.78	20.55	3	-24.24	0.069	0.716	10.38	0.672	0.694	21.57
85	27.2	3.51				33.44	26.88	3	-24.67	0.050	0.426	8.52	0.369	0.398	14.95
90	28.8	3.53	5 Y	5/2	2	33.23	16.05	0	-23.99	0.049	0.370	7.55	0.301	0.336	13.06
95	30.4	3.32	5 Y	5/2	2	35.53	19.19	0	-24.51	0.048	0.394	8.21	0.333	0.363	13.08
97	31.0	3.93	5 Y	5/2	2	30.27	26.54	0	-24.71	0.042	0.360	8.57	0.316	0.338	14.16
102	32.6	3.22	5 Y	5/3	2	37.71	15.73	0	-24.17	0.050	0.400	8.00	0.363	0.382	12.89
106	33.9	3.61	5 Y	5/3	2	33.25	20.55	0	-24.84	0.052	0.452	8.69	0.439	0.446	16.32
111	35.5	3.29	5 Y	5/3	2	36.76	20.66	0	-26.62	0.062	0.822	13.26	0.868	0.845	27.01
115	36.7	3.09	N 4		7	38.78	5.82	0	-24.50	0.069	0.650	9.42	0.583	0.617	20.07
120	38.3	2.81	N 4		7	41.90	3.35	0	-23.80	0.055	0.490	8.91	0.595	0.542	13.77
125	39.9	2.94	N 4		7	41.16	6.38	0	-24.06	0.101	0.817	8.09	0.996	0.907	24.04
130	41.5	2.90	N 4		7	41.31	1.90	0	-24.47	0.127	1.183	9.31	1.048	1.116	34.32
135	43.1	2.92	N 4		7	40.21	6.81	0	-24.81	0.110	1.024	9.31	0.953	0.989	29.89
140	44.7	3.63	N 4		7	32.97	15.42	0	-25.16	0.065	0.746	11.48	0.755	0.751	27.06
145	46.3	3.52	N 4		7	33.85	17.45	0	-25.44	0.060	0.634	10.57	0.643	0.638	22.34
150	47.9	3.51	N 4		7	32.86	23.04	0	-26.81	0.067	1.063	15.87	0.994	1.029	37.32
155	49.5	3.18	N 4		7	37.23	10.00	0	-24.90	0.063	0.877	13.92	0.837	0.857	27.86
160	51.0	3.30	N 4		7	35.83	10.80	1	-24.39	0.068	0.809	11.90	0.799	0.804	26.71
165	52.6	4.66	N 4		7	24.31	30.05	0	-25.31	0.062	0.924	14.90	0.967	0.946	43.07
170	54.2	3.99	N 4		7	28.52	19.24	0	-24.41	0.052	0.594	11.42	0.545	0.569	23.73
175	55.8	4.06	N 4		7	27.25	32.91	1	-24.92	0.069	1.050	15.22	1.020	1.035	42.62
180	57.4	4.59	N 6		6	22.09	66.58	2	-25.12	0.043	0.570	13.26	0.553	0.562	26.16
185	59.0	3.20	5 Y	5/2	2	37.95	8.92	0	-24.60	0.057	0.486	8.53	0.437	0.462	15.54
190	60.7	2.66	5 Y	5/2	2	41.02	3.38	0	-24.87	0.066	0.702	10.64	0.598	0.650	18.70
195	62.4	2.97	N 3		7	37.36	3.49	0	-24.75	0.065	0.610	9.38	0.566	0.588	18.10
198	63.5	3.23	N 3		7	36.14	6.99	0	-24.81	0.068	0.676	9.94	0.634	0.655	21.85
202	64.8	2.79	N 3		7	39.82	2.67	0	-24.66	0.070	0.734	10.49	0.716	0.725	20.47
205	65.9	2.69	N 3		7	41.13	1.38	0	-24.47	0.087	0.976	11.22	0.897	0.937	26.30
210	67.6	2.83	N 3		7	39.38	1.81	0	-24.62	0.091	1.048	11.52	1.058	1.053	29.65
215	69.3	3.00	N 3		7	36.85	7.85	2	-24.65	0.080	0.950	11.88	0.903	0.926	28.48
220	71.0	3.12	N 3		7	34.81	9.44	2	-24.59	0.080	0.924	11.55	0.898	0.911	28.79
225	76.7	0.89	N 3		7	37.20	8.42	1	-24.40	0.088	0.958	10.89	0.950	0.954	8.49
230	82.4	0.74	N 3		7	44.30	0.05	2	-24.36	0.102	0.992	9.73	0.958	0.975	7.30
235	88.1	0.75	N 3		7	43.58	0.25	3	-24.58	0.112	1.034	9.23	0.988	1.011	7.80
240	93.8	0.78	N 3		7	42.67	0.09	2	-24.59	0.126	1.057	8.39	0.989	1.023	8.23
245	99.5	0.75	N 3		7	43.49	0.26	3	-24.38	0.120	1.004	8.37	0.985	0.995	7.54
250	105.2	0.77	N 3		7	41.54	0.41	2	-24.56	0.127	1.084	8.54	0.988	1.036	8.30
255	110.9	0.77	N 3		7	42.71	0.28	0	-24.45	0.127	1.149	9.05	1.070	1.109	8.89

## Anhang D.14.: Kerndaten für den Kern 1314-4

Kern- tiefe (cm)	Alter (kyr)	Akk.- rate (g/cm2/kyr)	Farb- code	Farb- zahl	Wasser- gehalt (Gew.-%)	>63µm (Gew.-%)	Foram- Index	delta 13Corg (‰PDB)	Nges (‰)	Corg (CHN-Anal.) (‰)	C:N	Corg vom MS (‰)	Corg M-wert (‰)	Akk.-rate Corg (mg/cm2/kyr)
260	116.6	0.77	N 3	7	42.68	0.19	0	-24.38	0.124	1.110	8.95	1.058	1.084	8.56
265	122.3	0.80	N 3	7	42.14	1.17	1	-24.60	0.118	1.057	8.96	1.005	1.031	8.43
270	128.0	0.89	N 3	7	38.29	8.95	0	-24.88	0.116	1.089	9.39	0.961	1.025	9.69
275	131.9	1.55	N 6	6	31.39	26.25	0	-23.93	0.038	0.426	11.21	0.388	0.407	6.58
280	135.7	1.67	5 Y 4/3	7	27.93	23.50	0	-24.16	0.070	0.872	12.46	0.759	0.815	14.55
283	138.1	1.70	N 3	7	27.21	25.87	0	-24.58	0.124	1.042	8.40	0.995	1.019	17.66
285	139.6	1.83	N 3	7	23.46	26.36	0	-24.64	0.118	0.992	8.41	1.007	1.000	18.16
290	143.5	1.83	N 3	7	24.19	26.60	0	-24.61	0.122	1.026	8.41	0.959	0.993	18.76
295	147.3	1.83	N 3	7	24.55	23.09	0	-24.49	0.120	1.028	8.57	1.063	1.046	18.80
298	149.7	1.76	N 5	6	25.96	46.96	2	-24.54	0.066	0.494	7.48	0.443	0.469	8.71
302	152.7	1.71	10 Y 4/2	7	26.83	34.46	0	-23.85	0.049	0.518	10.57	0.461	0.489	8.83
305	155.1	1.75	10 Y 4/2	7	26.18	33.82	0	-23.99	0.048	0.517	10.77	0.457	0.487	9.04
310	158.9	1.96	N 4	7	20.77	42.06	0	-24.37	0.060	0.997	16.62	0.897	0.947	19.58
315	162.8	1.83	5 GY 6/1	1	24.01	28.84	0	-23.76	0.048	0.422	8.79	0.438	0.430	7.73
320	166.7	1.94	N 4	7	22.25	32.85	0	-24.25	0.067	1.109	16.55	1.030	1.069	21.55
325	170.5	1.39	N 6	6	35.77	2.76	2	-24.00	0.060	0.364	6.07	0.344	0.354	5.06
330	174.4	1.39	5 Y 5/1	2	35.60	3.18	3	-23.95	0.096	0.966	10.06	1.000	0.983	13.46
335	178.3	1.28	5 Y 5/1	2	38.34	1.81	3	-23.89	0.102	0.976	9.57	0.979	0.978	12.45
340	182.1	1.41	5 Y 5/1	2	33.93	13.26	1	-23.96	0.072	0.812	11.28	0.780	0.796	11.48
345	186.0	1.71	5 Y 5/1	2	27.17	24.42	1	-23.94	0.062	0.456	7.35	0.395	0.426	7.81
350	193.4	0.75	5 Y 5/1	2	33.78	6.82	0	-24.32	0.068	0.666	9.79	0.694	0.680	5.00
355	200.8	0.70	5 Y 5/1	2	36.46	6.52	2	-24.37	0.088	0.990	11.25	0.978	0.984	6.89
360	208.1	0.67	5 Y 5/1	2	38.14	1.97	0	-24.58	0.090	0.996	11.07	0.972	0.984	6.72
365	215.5	0.64	5 Y 5/1	2	39.11	0.85	0	-24.58	0.086	0.936	10.88	0.932	0.934	6.02
370	222.9	0.64	5 Y 5/1	2	40.15	0.79	0	-24.34	0.088	0.928	10.55	0.917	0.923	5.96
375	230.3	0.67	5 Y 5/1	2	38.25	5.42	0	-25.31	0.084	0.938	11.17	0.931	0.935	6.24
380	237.6	0.80	10 YR 5/2	1	31.66	11.98	2	-24.51	0.048	0.368	7.67	0.362	0.365	2.93
385	245.0	0.97	10 YR 5/2	1	25.03	37.22	0	-24.66	0.050	0.362	7.24	0.350	0.356	3.51
390	248.4	1.76	5 Y 5/1	2	31.45	9.61	0	-24.43	0.078	0.700	8.97	0.687	0.693	12.30
398	253.9	1.86	5 Y 5/4	2	28.49	17.77	0	-24.86	0.064	0.572	8.94	0.561	0.567	10.64
401	255.9	1.80	5 Y 5/4	2	30.78	16.57	0	-24.93	0.066	0.604	9.15	0.594	0.599	10.86
405	258.6	2.02	5 YR 5/1	2	25.57	33.78	0	-24.49	0.046	0.480	10.43	0.451	0.465	9.68
410	262.1	1.86			29.02	18.72	0	-24.84	0.064	0.582	9.09	0.574	0.578	10.80
415	265.5	2.23	5 Y 4/1	7	21.49	28.08	0	-24.68	0.062	0.852	13.74	0.850	0.851	19.00
420	268.9	2.31	5 Y 4/1	7	20.17	25.69	0	-24.78	0.060	0.666	11.10	0.627	0.646	15.40
425	272.3	2.28	5 Y 4/1	7	20.67	23.03	0	-24.82	0.066	0.910	13.79	0.857	0.884	20.77
430	275.7	2.30	5 Y 4/1	7	20.79	26.13	0	-24.59	0.060	0.740	12.33	0.754	0.747	17.02
435	279.1	1.83	5 Y 6/2	1	29.18	12.93	0	-25.01	0.064	0.682	10.66	0.705	0.693	12.48
440	282.5	1.61	5 Y 6/1	1	34.16	10.93	1	-24.35	0.070	0.946	13.51	0.941	0.943	15.25
445	285.9	1.93	5 Y 6/1	1	27.47	18.59	0	-24.96	0.072	0.792	11.00	0.800	0.796	15.25
450	289.4	1.84	5 Y 6/1	1	29.40	14.93	1	-24.55	0.068	0.668	9.82	0.622	0.645	12.27
455	292.8	1.87	5 Y 6/1	1	27.78	15.49	1	-24.62	0.064	0.668	10.44	0.646	0.657	12.46
460	296.2	1.87	5 Y 6/1	1	27.60	31.20	0	-24.90	0.054	0.483	8.94	0.445	0.464	9.05
465	299.6	1.92	5 Y 6/1	1	27.66	27.25	0	-25.17	0.072	0.646	8.97	0.634	0.640	12.37
470	303.0	1.96	5 GY 5/1	1	26.41	23.91	0	-25.70	0.056	0.586	10.46	0.604	0.595	11.46
475	306.4	2.00	5 GY 5/1	1	26.81	12.89	0	-24.70	0.056	0.476	8.50	0.455	0.465	9.50

In dieser Reihe bereits erschienen:

- Nr. 1      Wefer, G., E. Suess und Fahrtteilnehmer  
Bericht über die POLARSTERN-Fahrt ANT IV/2, Rio de Janeiro - Punta Arenas,  
6.11. - 1.12.1985.  
60 Seiten, Bremen, 1986.
- Nr. 2      Hoffmann, G.  
Holozänstratigraphie und Küstenlinienverlagerung an der andalusischen  
Mittelmeerküste.  
173 Seiten, Bremen, 1988.
- Nr. 3      Wefer, G., U. Bleil, P.J. Müller, H.D. Schulz, W.H. Berger, U. Brathauer, L. Brück,  
A. Dahmke, K. Dehning, M.L. Duarte-Morais, F. Fürsich, S. Hinrichs, K. Klockgeter,  
A. Kölling, C. Kothe, J.F. Makaya, H. Oberhänsli, W. Oschmann, J. Posny, F. Rostek,  
H. Schmidt, R. Schneider, M. Segl, M. Sobiesiak, T. Soltwedel, V. Spieß  
Bericht über die METEOR-Fahrt M 6/6, Libreville - Las Palmas, 18.2. - 23.3.1988.  
97 Seiten, Bremen, 1988.
- Nr. 4      Wefer, G., G.F. Lütze, T.J. Müller, O. Pfannkuche, W. Schenke, G. Siedler, W. Zenk  
Kurzbericht über die METEOR-Expedition Nr. 6, Hamburg - Hamburg,  
28.10.1987 - 19.5.1988.  
29 Seiten, Bremen, 1988.
- Nr. 5      Fischer, G.  
Stabile Kohlenstoff-Isotope in partikulärer organischer Substanz aus dem  
Südpolarmeer (Atlantischer Sektor).  
161 Seiten, Bremen, 1989.
- Nr. 6      Berger, W.H. und G. Wefer  
Partikelfluß und Kohlenstoffkreislauf im Ozean.  
Bericht und Kurzfassungen über den Workshop vom 3.-4. Juli 1989 in Bremen.  
57 Seiten, Bremen, 1989.

- Nr. 7 Wefer, G., U. Bleil, H.D. Schulz, W.H. Berger, T. Bickert, L. Brück, U. Claussen, A. Dahmke, K. Dehning, Y.H. Djigo, S. Hinrichs, C. Kothe, M. Krämer, A. Lücke, S. Matthias, G. Meinecke, H. Oberhänsli, J. Pätzold, U. Pflaumann, U. Probst, A. Reimann, F. Rostek, H. Schmidt, R. Schneider, T. Soltwedel, V. Spieß  
Bericht über die METEOR - Fahrt M 9/4, Dakar - Santa Cruz, 19.2. - 16.3.1989.  
103 Seiten, Bremen, 1989.
- Nr. 8 Kölling, M.  
Modellierung geochemischer Prozesse im Sickerwasser und Grundwasser.  
135 Seiten, Bremen, 1990.
- Nr. 9 Heinze, P.-M.  
Das Auftriebsgeschehen vor Peru im Spätquartär.  
204 Seiten, Bremen, 1990.
- Nr. 10 Willems, H., G. Wefer, M. Rinski, B. Donner, H.-J. Bellmann, L. Eißmann, A. Müller, B.W. Flemming, H.-C. Höfle, J. Merkt, H. Streif, G. Hertweck, H. Kuntze, J. Schwaar, W. Schäfer, M.-G. Schulz, F. Grube, B. Menke  
Beiträge zur Geologie und Paläontologie Norddeutschlands: Exkursionsführer.  
202 Seiten, Bremen, 1990.
- Nr. 11 Wefer, G., N. Andersen, U. Bleil, M. Breitzke, K. Dehning, G. Fischer, C. Kothe, G. Meinecke, P.J. Müller, F. Rostek, J. Sagemann, M. Scholz, M. Segl, W. Thiessen  
Bericht über die METEOR-Fahrt M 12/1, Kapstadt - Funchal, 13.3.1990 - 14.4.1990.  
66 Seiten, Bremen, 1990.
- Nr. 12 Dahmke, A., H.D. Schulz, A. Kölling, F. Kracht, A. Lücke  
Schwermetallspuren und geochemische Gleichgewichte zwischen Porenlösung und Sediment im Wesermündungsgebiet.  
BMFT-Projekt MFU 0562, Abschlußbericht.  
Bremen, Februar 1991.
- Nr. 13 Rostek, F.  
Physikalische Strukturen von Tiefseesedimenten des Südatlantiks und ihre Erfassung in Echolotregistrierungen.  
209 Seiten, Bremen, 1991.

- Nr. 14      Baumann, M.  
Die Ablagerung von Tschernobyl-Radiocäsium in der Norwegischen See  
und in der Nordsee.  
133 Seiten, Bremen, 1991.
- Nr. 15      Kölling, A.  
Frühdiagenetische Prozesse und Stoff-Flüsse in marinen und ästuarinen Sedimenten.  
140 Seiten, Bremen, Mai 1991.
- Nr. 16      SFB 261 (Hrsg.)  
1. Kolloquium des Sonderforschungsbereichs 261 der Universität Bremen  
(14.Juni 1991): Der Südatlantik im Spätquartär: Rekonstruktion von Stoff-  
haushalt und Stromsystemen. Kurzfassungen der Vorträge und Poster.  
66 Seiten, Bremen, Juni 1991.
- Nr. 17      Pätzold, J., T. Bickert, L. Brück, G. Meinecke, S. Mulitza, W. Thiessen  
Bericht und erste Ergebnisse über die METEOR-Fahrt M 15/2,  
Rio de Janeiro - Vittoria, 18.1. - 7.2.1991.  
Bremen, 1991 (in Vorbereitung).
- Nr. 18      Wefer, G., N. Andersen, W. Balzer, U. Bleil, L. Brück, D. Burda, A. Dahmke,  
B. Donner, T. Felis, G. Fischer, H. Gerlach, L. Gerullis, M. Hauf, R. Henning,  
S. Kemle, C. Kothe, R. Melyooni, F. Pototzki, H. Rode, J. Sagemann, M. Schlüter,  
M. Scholz, V. Spieß, U. Treppke  
Bericht und erste Ergebnisse über die METEOR-Fahrt M 16/1,  
Pointe Noire - Recife, 27.3. - 25.4.1991.  
Bremen, 1991 (im Druck).
- Nr. 19      Schulz, H.D., N. Andersen, M. Breitzke, D. Burda, K. Dehning, V. Diekamp, T. Felis,  
H. Gerlach, R. Gumprecht, S. Hinrichs, H. Petermann, F. Pototzki, U. Probst,  
H. Rode, J. Sagemann, U. Schinzel, H. Schmidt, R. Schneider, M. Segl, B. Showers,  
M. Tegeler, W. Thiessen, U. Treppke  
Bericht und erste Ergebnisse über die METEOR-Fahrt M 16/2,  
Recife - Belem, 28.4. - 20.5.1991.  
149 Seiten, Bremen, 1991.

- Nr. 20      Berner, H.  
Mechanismen der Sedimentbildung in der Fram-Straße, im Arktischen Ozean  
und in der Norwegischen See.  
Bremen 1991 (in Vorbereitung)
- Nr. 21      Schneider, R.  
Spätquartäre Produktivitätsänderungen im östlichen Angola-Becken: Reaktion auf  
Variationen im Passat-Monsun-Windsystem und in der Advektion des Benguela-  
Küstenstroms.  
198 Seiten, 54 Abb., 11 Tab., Bremen 1991.