

# Copyright ©

---

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Das Werk bzw. der Inhalt darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtsinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

Copyright and Moral Rights for this thesis are retained by the author and/or other copyright owners. The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

66b z 945-1

BERICHTE

aus dem

SONDERFORSCHUNGSBEREICH

VERÄNDERUNGEN DER UMWELT - DER NÖRDLICHE NORDATLANTIK



05. Dez. 1995

Nr. 59

Coccolithophoriden im Europäischen Nordmeer:  
Sedimentation und Akkumulation; sowie ihre  
Entwicklung während der letzten 15000 Jahre

HARALD ANDRULEIT

1566b 2945



Nr. 59

**Coccolithophoriden im Europäischen Nordmeer:  
Sedimentation und Akkumulation; sowie ihre Entwicklung  
während der letzten 15000 Jahre**

**Harald Andruleit**

## Zusammenfassung

Die Verbreitung, Sedimentation und Akkumulation von Coccolithophoriden wurde im Europäischen Nordmeer untersucht, um so die Verwertbarkeit dieser Gruppe als Indikatoren für Paläobedingungen im Vergleich mit anderen Planktongruppen abzuschätzen.

Für den Vergleich der verschiedenen Untersuchungsbereiche (Planktonproben: lebende Gemeinschaften, Sinkstoff-Fallen: Sinkgemeinschaften, Sedimente: fossile Gemeinschaften) wurde ein umfangreicher Datensatz bearbeitet. 185 Planktonproben ermöglichten die Erfassung der lebenden Gemeinschaften. Die Sinkgemeinschaften von sechs Sinkstoff-Fallen aus der Grönlandsee (OG 4/OG 5; 110 Proben) und von drei Fallen aus der Norwegensee (NB 6; 60 Proben) aus jeweils drei unterschiedlichen Wassertiefen (500, 1000, 2300 bzw. 3000 m) wurden sowohl mit den lebenden als auch mit den fossilen Gemeinschaften verglichen. Zwei kurze Sedimentkerne von den Positionen der Sinkstoff-Fallen sowie vier Sedimentkerne auf einem Süd-Nord-Transsekt im Verlauf der Nordatlantikdrift (Rockall-Plateau bis Barents-See-Hang) wurden für die paläo-ozeanographische Interpretation der fossilen Gemeinschaften (106 Proben) genutzt.

Um die Ergebnisse aus den verschiedenen Probensätzen vergleichen zu können, wurde eine neue Aufbereitungsmethodik für die Sedimentproben entwickelt. Als Vergleichsbasis wurden *Coccosphäre*einheiten (= Individuen) verwendet.

Lebende Coccolithophoriden bilden mit ca. 20 Arten bei einer hohen Variabilität charakteristische Gemeinschaften in Anpassung an hydrographische Bedingungen aus. Bei der Überlieferung in den Sinkbereich bleibt trotz einer starken Artenverarmung ein markantes pelagisches Signal anhand des Artenverhältnisses von *Emiliania huxleyi* zu *Coccolithus pelagicus* erhalten. Dieses Verhältnis weist für die Grönlandsee und die Norwegensee jeweils typische Werte auf und läßt sich ohne große Veränderungen im unterlagernden Oberflächensediment wiederfinden. Alle anderen Arten werden bei der Sedimentation bis zur Bedeutungslosigkeit abgereichert oder kommen primär mit nur sehr geringen Häufigkeiten vor.

Umlagerungsprozesse beeinflussen die Gemeinschaften der Oberflächensedimente an der Lokation der Sinkstoff-Fallen in der Grönlandsee nur episodisch und haben einen vernachlässigbar kleinen Einfluß auf die Akkumulation der Sedimentgemeinschaften. Die Norwegensee wird stärker von resuspendiertem und lateral advectiertem Material geprägt. Dennoch wird das *E. huxleyi/C. pelagicus*-Verhältnis nicht verfälscht, so daß auf eine geringe Transportweite des umgelagerten Materials geschlossen wird.

Der Vergleich der Coccolithophoridengemeinschaften aus den bearbeiteten Oberflächensedimenten bestätigt das *E. huxleyi/C. pelagicus*-Verhältnis als sedimentologisch weitgehend unbeeinflussten Indikator für ozeanographische Bedingungen. Der Hauptstromstrich der Nordatlantikdrift wird klar abgebildet. Die Gemeinschaften der Oberflächensedimente des Europäischen Nordmeeres weisen regionale Übereinstimmungen auf und grenzen sich von den Gemeinschaften südlich des Island-Schottland-Rückens im Nordatlantik ab.

Zur ökostratigraphischen Gliederung von Spätglazial und Holozän werden die Erkenntnisse der aktuopaläontologischen Analyse auf die Sedimentgemeinschaften übertragen und so vier Intervalle abgeleitet. Im Vergleich mit anderen Planktongruppen wird die paläo-ozeanographische Entwicklung am Beispiel des atlantischen Einstromes in das Europäische Nordmeer für das Spätglazial und Holozän rekonstruiert.

## Abstract

In the Norwegian-Greenland Sea the distribution, sedimentation and accumulation of coccolithophores was investigated to assess their application for paleoenvironmental reconstructions in comparison with other planktic groups.

A comprehensive dataset includes three different investigation environments: plankton samples for living communities; sediment traps for settling assemblages; sediment samples for fossil assemblages. Living communities were studied within 185 plankton samples. Settling assemblages of six sediment traps of the Greenland Sea (OG 4/OG 5; 110 samples) and of three traps of the Norwegian Sea (NB 6; 60 samples) at three distinct sampling depths (500, 1000, 2300 or 3000 m) were compared with the living communities and the fossil assemblages. Two short sediment cores from the site below the sediment traps and four cores from a south-north transect below the Northatlantic Drift (Rockall-Plateau to Barents Sea slope) were used for the paleoceanographic interpretation of fossil assemblages.

A new preparation technique was developed for processing of the sediment samples. So the different datasets could be compared on the basis of coccosphere units (=individuals).

Living coccolithophores of about 20 species reveal distinct communities in relation to hydrographic conditions. A strong reduction in species abundance and diversity occurs at the transformation from living communities to settling assemblages. However, the ratio of abundances of *Emiliania huxleyi* to *Coccolithus pelagicus* remains a characteristic pelagic signal. This ratio shows distinct values for the Greenland Sea and the Norwegian Sea and can be traced down into the surface sediments. All other species exhibit overall very low abundances or are strongly reduced during sedimentation.

Reworking and lateral transport only have an episodic influence on the composition of sediment assemblages at the location of the sediment traps in the Greenland Sea. Therefore the accumulation of fossil assemblages is only slightly altered by these processes. The Norwegian Sea is stronger affected by resuspended and lateral advected material. However, the ratio of *E. huxleyi* to *C. pelagicus* is not changed implying that the origin of the transported material is in close proximity.

The comparison of assemblages in the surface sediments confirms the ratio *E. huxleyi* to *C. pelagicus* as an oceanographic indicator largely independent of sedimentological processes. The main current of the Northatlantic Drift is clearly reflected. In the Norwegian-Greenland Sea assemblages of the surface sediments show regional similarities and are clearly distinct from the assemblages in the Northatlantic south of the Iceland-Scotland-Ridge.

The results of the actuopaleontological approach is used to define four intervals of major changes in the ecological development of coccolithophores due to variations of the oceanographic environment. The herein presented reconstruction of the atlantic inflow into the Norwegian-Greenland Sea during late glacial and holocene times was carried out in comparison with data from other planktic groups.

**Inhalt:****Zusammenfassung**

Abstract

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Einführung und Fragestellung .....	1
1.2 Grundlagen .....	4
1.2.1 Das Europäische Nordmeer als dynamisches Sedimentationsbecken ...	4
1.2.2 Kurzer Abriß von Produktion und Export .....	7
1.2.3 Biologie und Verbreitung von Coccolithophoriden .....	8
<b>2 Material und Methoden</b>	<b>12</b>
2.1 Planktonuntersuchungen .....	12
2.2 Sinkstoff-Fallen Untersuchungen .....	14
2.2.1 Aufbereitung der Fallenproben .....	15
2.2.2 Vergleich, Reproduzierbarkeit und Quantifizierbarkeit .....	16
2.3 Sedimentuntersuchungen .....	19
2.3.1 Probenmaterial .....	19
2.3.2 Aufbereitung .....	19
2.3.2.1 Sedimentfiltration .....	20
Reproduzierbarkeit der Zählergebnisse .....	21
2.3.2.2 Atterberg-Schlammung .....	23
2.3.3 Vergleich der Verfahren .....	24
2.3.4 Anmerkungen zur Lösung von Coccolithen .....	26
2.4 Stratigraphie und Akkumulation .....	27
<b>3 Ergebnisse</b>	<b>31</b>
3.1 Lebende Coccolithophoridengemeinschaften im Europäischen Nordmeer .....	31
3.1.1 Beobachtete Arten .....	31
3.1.2 Variabilität der Gemeinschaften am Beispiel der Norwegensee .....	33
Paläontologische Betrachtung der Planktongemeinschaften .....	35
3.2 Sedimentation von Coccolithophoriden .....	38
3.2.1 Grönlandsee: Sinkstoff-Fallen der Verankerung OG4/5 (1990-1992) .....	38
3.2.1.1 Gesamtfluß und Artenverhältnisse .....	38
3.2.1.2 Flüsse ausgewählter Arten .....	41
3.2.1.3 Erhaltung von Coccolithophoriden .....	45

3.2.2 Norwegensee: Sinkstoff-Fallen der Verankerung NB6 (1991-1992) ..46	
3.2.2.1 Gesamtfluß und Artenverhältnisse .....	46
3.2.2.2 Flüsse ausgewählter Arten .....	48
3.3 Coccolithophoriden im Spätglazial und Holozän .....	51
3.3.1 Sedimentkerne unterhalb der Sinkstoff-Fallenverankerungen .....	51
3.3.2 Sedimentkerne des Süd-Nord-Transektes .....	54
3.3.3 Vergleich der Coccolithophoridenakkumulation aller Kerne .....	63
<b>4 Diskussion</b> .....	<b>65</b>
4.1 Aktuopaläontologie mit Coccolithophoriden .....	65
4.1.1 Darstellung lebender Gemeinschaften .....	65
4.1.2 Sinkgemeinschaften in 500 m Tiefe: OG 4/5 versus NB 6 .....	67
4.1.3 Überlieferung lebender Gemeinschaften in den Sinkbereich .....	70
4.1.4 Veränderungen der Sinkgemeinschaften durch Transportprozesse ....	73
4.1.5 Abbildung der Gemeinschaften im Oberflächensediment .....	77
4.1.6 Coccolithophoriden als Indikatoren für ozeanographische Bedingungen: Möglichkeiten und Grenzen .....	81
4.2 Rekonstruktion ozeanographischer Bedingungen durch Coccolithophoriden ...	83
4.2.1 Oberflächensedimente: Schnittstelle Rezent/Fossil .....	83
4.2.2 Geologische Überlieferung und Entwicklung der Coccolithophoriden- gemeinschaften im Spätglazial und Holozän .....	85
4.2.3 Limitierungen aktuopaläontologischer Ansätze durch Evolution .....	90
4.2.4 Paläo-Ozeanographie nach Coccolithophoriden im Vergleich mit anderen Planktongruppen .....	91
<b>5 Schlußfolgerungen und Ausblick</b> .....	<b>97</b>
<b>6 Systematik</b> .....	<b>100</b>
<b>7 Literatur</b> .....	<b>104</b>

**Dank**

**Fototafeln**

**Datenanhang**

## 1 Einleitung

### 1.1 Einführung und Fragestellung

Mikropaläontologische Arbeiten mit Planktonorganismen unterliegen der Annahme, daß infolge der weitgehenden Anpassung der planktischen Skelettbildner an spezifische Wassermassen durch Bilanzierungen ihrer Anteile in den pelagischen Sedimenten palökologische und paläo-ozeanographische Rekonstruktionen möglich sind. Jede Planktongruppe ist aber durch charakteristische Unterschiede in ihrer Überlieferbarkeit (u.a. bedingt durch: Häufigkeiten und Blüten, Lebensweisen und Habitate, Lösungsanfälligkeit, Sinkverhalten) gekennzeichnet, so daß der einfache Vergleich mehrerer Gruppen zu Widersprüchen in der paläo-ozeanographischen Aussage führt (Baumann & Matthiessen 1992 b, Samtleben et al. 1995, Schröder-Ritzrau 1994).

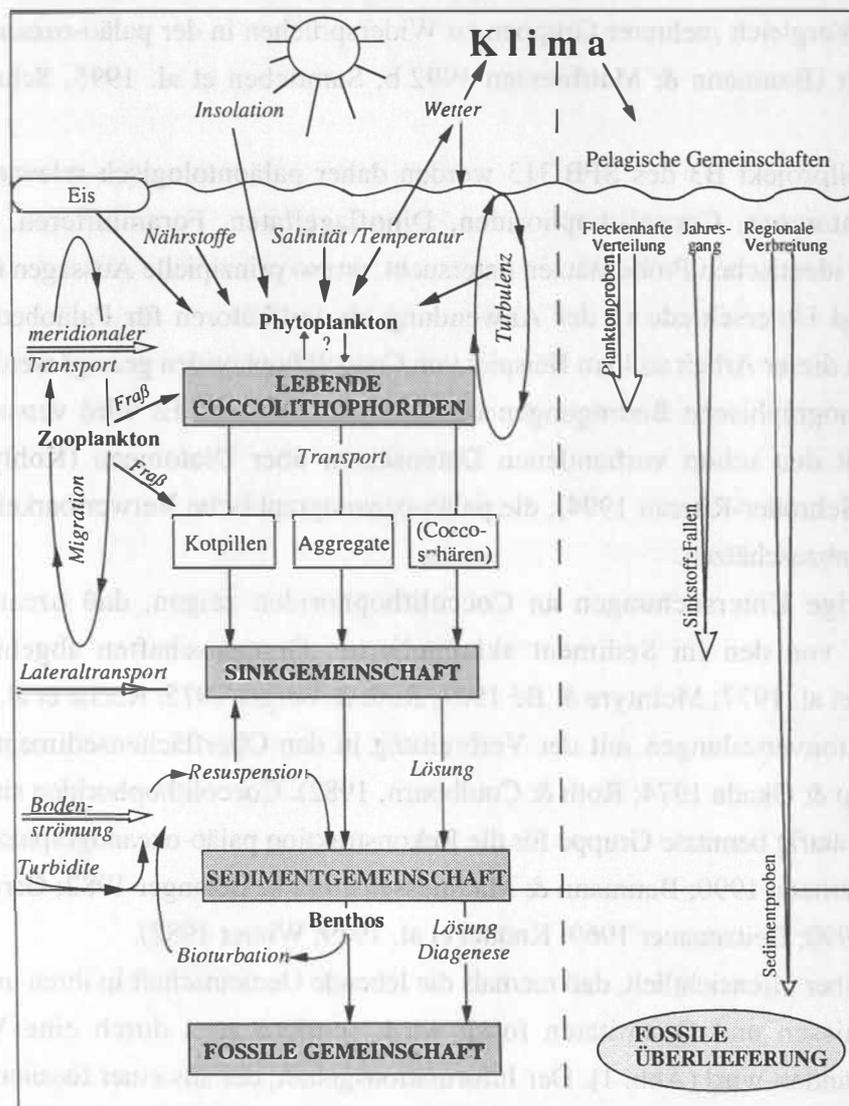
Im Teilprojekt B3 des SFB 313 werden daher paläontologisch relevante Planktongruppen (Diatomeen, Coccolithophoriden, Dinoflagellaten, Foraminiferen, Radiolarien) synoptisch an identischen Probensätzen untersucht, um so prinzipielle Aussagen über Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Anwendung als Indikatoren für Paläobedingungen zu entwickeln. In dieser Arbeit soll am Beispiel von Coccolithophoriden gezeigt werden, wie diese Gruppe ozeanographische Bedingungen im Sediment abbildet. Es wird versucht, auch im Vergleich mit den schon vorhandenen Datensätzen über Diatomeen (Kohly 1994) und Radiolarien (Schröder-Ritzrau 1994), die paläo-ozeanographische Verwertbarkeit von Coccolithophoriden abzuschätzen.

Bisherige Untersuchungen an Coccolithophoriden zeigen, daß ozeanographische Bedingungen von den im Sediment akkumulierten Gemeinschaften abgebildet werden (Geitzenauer et al. 1977; McIntyre & Bé 1967; Roth & Berger 1975; Roche et al. 1975). Auch können Planktonverteilungen mit der Verbreitung in den Oberflächensedimenten korreliert werden (Honjo & Okada 1974; Roth & Coulbourn, 1982). Coccolithophoriden sind somit eine wichtige und häufig benutzte Gruppe für die Rekonstruktion paläo-ozeanographischer Verhältnisse (u.a. Baumann 1990; Baumann & Matthiessen 1992 b; Belanger 1982; Gard 1988; Gard & Backman 1990; Geitzenauer 1969; Knüttel et al. 1989; Winter 1982).

Es ist aber offensichtlich, daß niemals die lebende Gemeinschaft in ihren ursprünglichen Artenverhältnissen und Quantitäten fossil wird, sondern stets durch eine Vielzahl von Prozessen verändert wird (Abb. 1). Der Informationsgehalt, der aus einer fossilen Coccolithophoridengemeinschaft gewonnen werden kann, unterscheidet sich daher grundlegend von dem einer lebenden Gemeinschaft. Um diese Diskrepanz zu klären, wurden verschiedene Forschungsansätze verfolgt:

Wichtige Einblicke geben Untersuchungen über Vertikaltransport (Honjo 1975, 1976, 1977; Roth et al. 1975) und Lösung in der Wassersäule und am Meeresboden (Honjo 1975;

Roth & Berger 1975; Schneidermann 1977). Samtleben & Schröder (1992) vergleichen in umfassenderen Darstellungen Planktonprofile der gesamten Wassersäule mit den unterlagernden Oberflächensedimenten. Die hohe Variabilität von lebenden Gemeinschaften mit nur schwer faßbaren räumlichen und zeitlichen Zusammenhängen erschwert aber die ozeanographische Interpretation von Planktonverteilungen. Auch die Untersuchung von bodennahen Sinkstoff-Fallen (Samtleben & Bickert 1990) ermöglicht, Teile der Prozesse darzulegen. Die bislang untersuchten Sinkstoff-Fallen weisen aber eine starke Überprägung durch resuspendiertes und lateral advektiertes Material auf. All diesen Arbeiten ist daher gemein, daß stets nur ein Ausschnitt aller Prozesse untersucht wird.



**Abb. 1:** Vereinfachte schematische Darstellung der Prozesse, die auf die Produktion, Sedimentation und Akkumulation von Coccolithophoriden Einfluß nehmen. Auf der rechten Seite sind die für diese Arbeit gewählten Untersuchungsansätze und die daraus ableitbaren Informationsgehalte dargestellt.

Das Europäische Nordmeer ist in der heutigen Ozeanographie durch starke Gradienten auf relativ engem Raum gekennzeichnet. Eine ausgeprägte Saisonalität sowie die Annäherung

an die natürlichen Verbreitungsgrenzen von Coccolithophoriden im Norden und Westen (Samtleben et al. im Druck) bedingen eine große Spannweite unterschiedlicher Lebensbedingungen. Bereits vorhandene Planktondaten (Samtleben & Schröder 1992, Samtleben et al. im Druck) können durch neue Zählungen ergänzt werden und bieten zusammen mit älteren Untersuchungen (Halldal 1953; Halldal & Markali 1955; Paasche 1960) die Basis für den Vergleich mit den Sinkgemeinschaften. Drei Sinkstoff-Fallen Verankerungen mit jeweils drei Einzelfallen in unterschiedlichen Wassertiefen erlauben erstmalig ein detailliertes Bild aus dem Sinkbereich zu zeichnen und gleichzeitig die Verknüpfung zur lebenden Gemeinschaft zu diskutieren. Zwei Kernstationen unterhalb der Sinkstoff-Fallen bieten die Möglichkeit das Abbild der Coccolithophoridengemeinschaften bis ins Oberflächensediment zu verfolgen. Diese und vier weitere Kerne dokumentieren den Zeitraum vom Spätglazial bis heute, so daß die Erkenntnisse der aktuopaläontologischen Analyse auch auf geologische Zeiträume angewendet werden können.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen umfassenden Einblick in das komplizierte System (Abb. 1) von der Bildung von Coccolithophoriden über deren Transport bis hin zur Akkumulation als Sedimentgemeinschaft zu geben. Es sollen Zusammenhänge herausgestellt werden, die einen Bezug zwischen lebenden und fossilen Gemeinschaften aufzeigen.

Von wesentlicher Bedeutung sind dabei folgende Fragen:

- Lassen sich anhand der vorliegenden Datensätze über Coccolithophoriden des Lebensbereiches die Beziehungen zu den Sinkgemeinschaften verstehen? Falls ja, wie bilden die Sinkgemeinschaften ozeanographische Bedingungen ab?
- Welche Beziehungen bestehen zwischen Sinkgemeinschaften und Sedimentgemeinschaften?
- Wo erfahren die Gemeinschaften ihre größten Veränderungen und durch welche Prozesse?

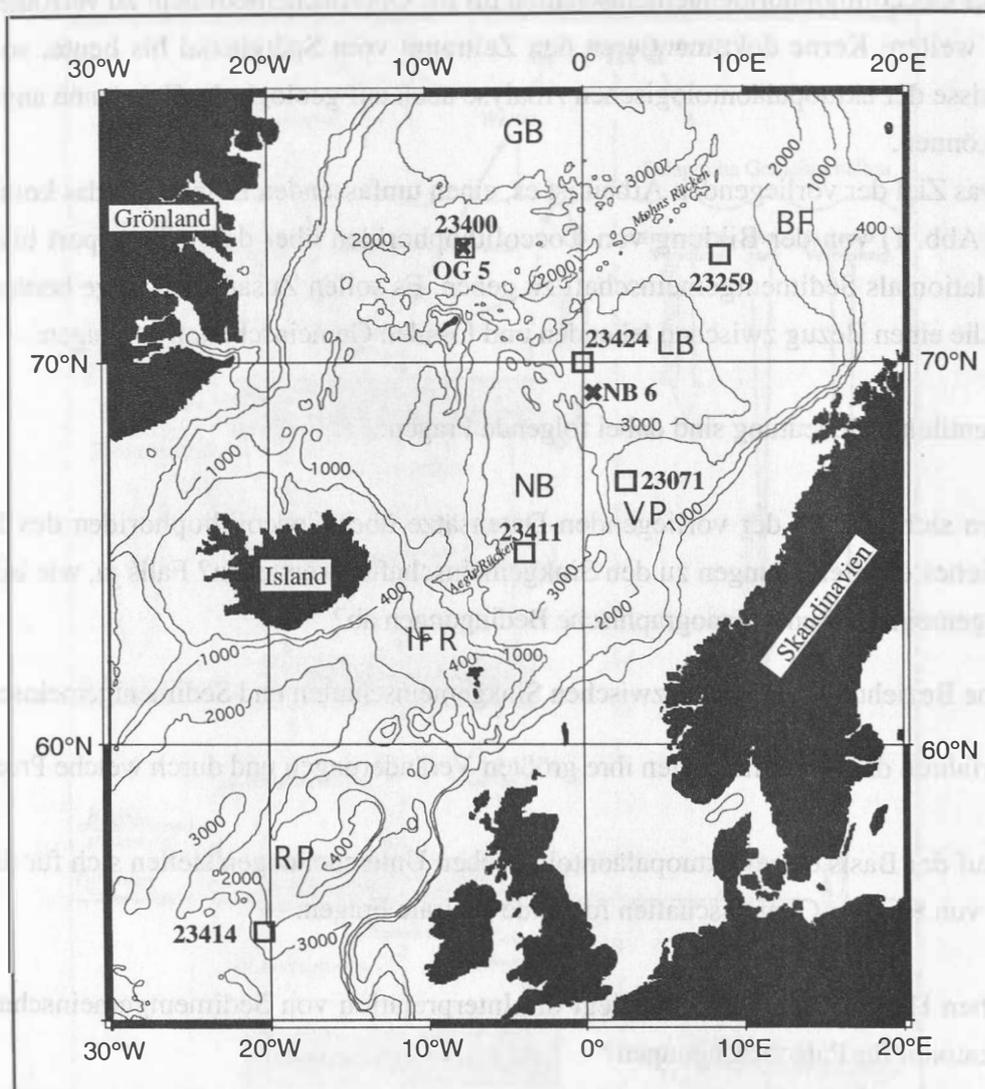
Auf der Basis dieser aktuopaläontologischen Untersuchungen stellen sich für die Interpretation von fossilen Gemeinschaften folgende zentrale Fragen:

- Welchen Einschränkungen unterliegt die Interpretation von Sedimentgemeinschaften als Indikatoren für Paläobedingungen?
- Welche Möglichkeiten und Widersprüche zeigen synoptische Interpretationen von Planktonorganismen für paläo-ozeanographische Rekonstruktionen?

## 1.2 Grundlagen

### 1.2.1 Das Europäische Nordmeer als dynamisches Sedimentationsbecken

Das Europäische Nordmeer verbindet den Arktischen Ozean mit dem Nordatlantik. Die Morphologie des Beckens wird durch den Verlauf des mittelozeanischen Rückens, bedeutende Bruchzonen sowie ehemalige Spreizungsachsen und submarine Plateaus gegliedert (Abb. 2). Diese großräumigen Strukturen bedingen eine Aufteilung in mehrere Teilbecken und haben starken Einfluß auf die Zirkulation und die Lage ozeanischer Fronten (Johannessen 1986).



**Abb. 2:** Bathymetrie des Europäischen Nordmeeres und Positionen der bearbeiteten Sinkstoff-Fallen und Kernstationen. (BF: Barents-See-Fächer; GB: Grönlandbecken; IFR: Island-Faeroe-Rücken; LB: Lofotenbecken; NB: Norwegenbecken; RP: Rockall-Plateau; VP: Vøring-Plateau) (nach Perry 1986).

Von Südwesten erfolgt der Einstrom relativ warmer und salzreicher nordatlantischer Wassermassen ( $T > 3^{\circ}\text{C}$ ,  $S > 34,4 \cdot 10^{-3}$ ) in das Europäische Nordmeer. Sie folgen dem

Verlauf des Schelfhanges vor Norwegen bis nach Spitzbergen. Ebenso schmiegen sich im Westen die kalten und niedrig salinen polaren Wassermassen des Ostgrönlandstromes ( $T < 0^{\circ}\text{C}$ ,  $S < 34,4 \cdot 10^{-3}$ ) auf ihrem Weg nach Süden eng an die Schelfkante vor Grönland an (Paquette et al. 1985). Diese beiden Wassermassen bedingen eine ausgeprägte Ost-West Differenzierung des Europäischen Nordmeeres durch die Ausbildung einer östlichen Atlantischen, einer westlichen Polaren und einer dazwischen liegenden Arktischen Domäne (Swift 1986). Getrennt werden diese charakteristischen ozeanographischen Bereiche durch Arktis- und Polarfront (Abb. 3). Die Arktische Domäne wird durch zwei große vom Norwegenstrom und Ostgrönlandstrom abdriftende zyklonale Wirbel, den Ostislandstrom im Süden und den Jan-Mayen-Strom im Norden, gespeist und bildet so eine eigene, hochvariable Wassermasse. Die großen Zirkulationssysteme weisen eine hohe Dynamik auf mit Mäandern und Wirbeln in Dimensionen bis 100 km (Johannessen 1986).

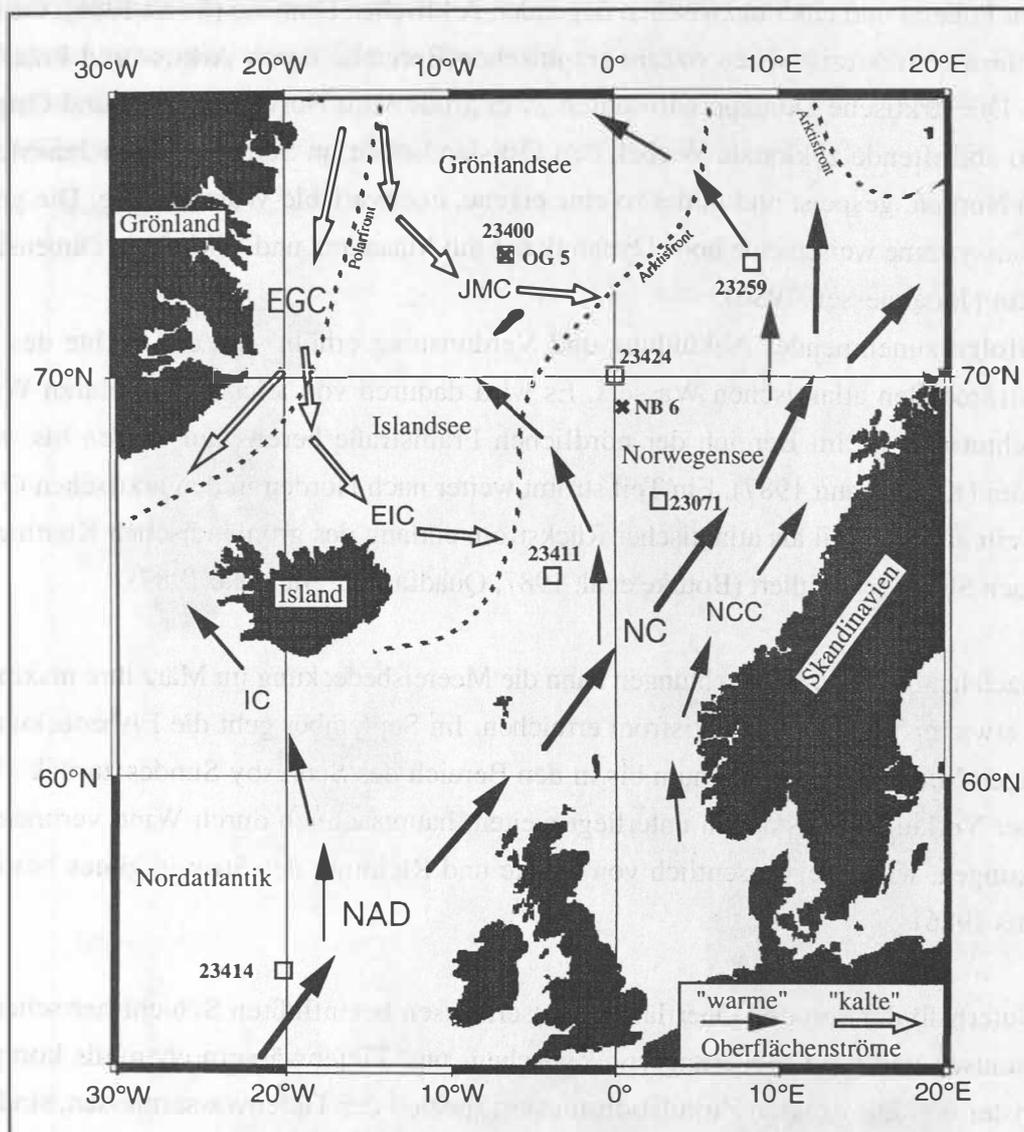
Infolge zunehmender Abkühlung und Verdunstung erhöht sich die Dichte des nach Norden strömenden atlantischen Wassers. Es wird dadurch von leichterem polaren Wasser überschichtet und ist im Bereich der nördlichen Framstraße bereits auf Tiefen bis 400 m abgesunken (Koltermann 1987). Ein Teil strömt weiter nach Norden in den arktischen Ozean, während ein anderer Teil als atlantischer Rückstrom entlang des grönländischen Kontinentalhanges nach Süden rezirkuliert (Bourke et al. 1987; Quadfasel & Meincke 1987).

Nach langjährigen Beobachtungen kann die Meereisbedeckung im März ihre maximalen Grenzen etwa im Verlauf der Arktisfront erreichen. Im September geht die Eisbedeckung im langjährigen Mittel auf ein Minimum bis in den Bereich des Scoresby Sundes zurück (Vinje 1977). Der Verlauf der Eiskanten unterliegt weiten, hauptsächlich durch Wind verursachten Schwankungen, wird aber wesentlich von Stärke und Richtung des Stromregimes bestimmt (Wadhams 1986).

Unterhalb der von den Oberflächenwassermassen beeinflussten Schicht herrschen mit dem Austausch und der Erneuerung von Zwischen- und Tiefenwässern ebenfalls komplexe Strommuster vor. Die exakten Zirkulationsmuster, speziell der Tiefenwassermassen, sind aber noch weitgehend unerforscht (Vogt 1986). Bekannt ist aus der Grönlandsee ein großer antizyklonaler Wirbel (Swift & Koltermann 1988).

Weitere Hinweise geben die Vorgänge, die zu einer Tiefenwassererneuerung führen. Für das Grönlandsee-Tiefenwasser (GSDW) sind dies im wesentlichen zwei ozeanographische Prozesse: 1) winterliche Tiefenkonvektion in der Grönlandsee und 2) Einstrom von arktischen Tiefenwässern (Aagaard et al. 1985). Zur Bildung von Norwegensee-Tiefenwasser (NSDW) kommt es durch den Einstrom von GSDW entlang von Bruchzonen, durch Absinkvorgänge von unterkühltem, salzreichem Atlantikwasser (Swift & Koltermann 1988) sowie durch sog. Brine Formation durch winterliche Meereisbildung auf dem Barents-Schelf (Quadfasel &

Meincke 1987). Diese Brines strömen kaskadenartig die Schelfhänge hinab und schichten sich in Tiefenwassermassen entsprechender Dichte ein (Midtun 1985). Der Ausstrom von Tiefen- und Zwischenwässern erfolgt über die Dänemark-Straße und den Island-Schottland-Rücken als Nordatlantisches Tiefenwasser (NADW) in weite Bereiche des Weltozeans (Aagaard et al. 1985).



**Abb. 3:** Schematische Darstellung der Oberflächenzirkulation des Europäischen Nordmeeres und Positionen der bearbeiteten Sinkstoff-Fallen und Kernstationen. (EGC: Ostgrönlandstrom; EIC: Ostislandstrom; IC: Irmingerstrom; JMC: Jan-Mayen-Strom; NAD: Nordatlantikdrift; NC: Norwegenstrom; NCC: norwegischer Küstenstrom) (nach Swift 1986).

Durch die komplexe thermohaline Zirkulation ist das Europäische Nordmeer eines der klimatisch sensitivsten Gebiete des Weltozeans. Bedingt durch die hohe Dynamik ergeben sich aber bedeutende Implikationen für planktologische und mikropaläontologische Studien.

So wird fortlaufend Plankton aus dem Nordatlantik importiert und kann bei günstigen Verhältnissen gewaltige Blüten bilden (Rey 1981). Andererseits werden auch subpolare

Faunen- und Florenelemente weit nach Norden und Westen transportiert, ohne selbst noch reproduzieren zu können.

Der rasche Tiefenwasseraustausch bedingt ein reiches Bodenleben und resultiert in einer sehr guten Karbonaterhaltung (Henrich 1992). Winter- und Schelfwasser tragen zur Lateraladvektion von Sedimentsuspensionen in die Beckenbereiche bei, während Contourite für Sedimentumverteilungen an den Beckenrändern sorgen. Generell ist die Sedimentation stark von der Morphologie abhängig. Sedimentationsraten sind daher im Bereich der Rücken und Bruchzonen gering (Thiede et al. 1986). Mit zunehmender Wassertiefe verringern sich die Stromgeschwindigkeiten, wie rezente Sedimentverteilungen anzeigen (Michels 1994; Thies 1991). Turbidite und große Rutschmassen können die Sedimentation auf den Tiefseebenen der zentralen Becken stark beeinflussen (Bugge et al. 1987; Michels 1994; Vorren et al. 1990).

### 1.2.2 Kurzer Abriss von Produktion und Export

Pelagische Gemeinschaften sind das Abbild komplexer Prozesse aus abiotischen Umweltbedingungen und biotischen Wechselwirkungen. Diese Prozesse steuern und regulieren u.a. die Primärproduktion des marinen Phytoplanktons, dessen räumliche und zeitliche Verbreitung sowie die Entstehung von Blüten einzelner Komponenten des pelagischen Systems. Die lebende Gemeinschaft des Pelagials ist demnach kein statisches Gebilde wie eine Sedimenttaphozönose, sondern ihre Existenz ist durch steten Wandel und Anpassung an momentane Zustände der natürlichen Umwelt bedingt. Im Folgenden soll in einem Vergleich von Norwegensee und Grönlandsee beispielhaft auf die biologischen Prozesse eingegangen werden, die die Grundlage für Verbreitung und Vertikalfluß vom marinen Phytoplankton sind.

In beiden Seegebieten sind der Jahresgang der Sonneneinstrahlung und der Gehalt an Nährstoffen zu Beginn der Wachstumsperiode des Phytoplanktons sehr ähnlich. Deutliche Unterschiede zeigen sich in der Eisbedeckung (Kap. 1.2.1), der saisonalen Entwicklung der Durchmischungstiefe und in den Artengemeinschaften (v. Bodungen et al. 1995).

In der Norwegensee wird die Entwicklung des Phytoplanktons zu Beginn der Wachstumsperiode (März/April) von Copepoden, die aus ihren Überwinterungstiefen aufsteigen, kontrolliert, so daß die Nährstoffvorräte nur langsam verbraucht werden (Peinert et al. 1987). Es wird also sehr früh im Jahr ein komplexes Nahrungsnetz aufgebaut mit einem hohen Anteil von regenerierter Produktion an der Gesamtproduktion. Ein Sedimentationspuls von Phytodetritus bestehend aus Diatomeenaggregaten bleibt dabei aus (Bathmann et al. 1990 a). Ein stattdessen zu erwartender vertikaler Partikelfluß aus Copepodenkotballen findet aber nur begrenzt statt (v. Bodungen et al. 1995), da die Kotballen durch Copepoden selbst wieder gefressen werden und so die Kotballeninhaltsstoffe in der Oberflächenschicht verbleiben (Lampitt et al. 1990). Erst wenn die saisonale Abwanderung von Copepoden in deren Über-

winterungstiefen von über 500 m erfolgt, scheint die Wirksamkeit dieser Wiederverwertung nachzulassen und es kommt zur verstärkten, teilweise pulsartigen Sedimentation von Kotballen (Bathmann et al. 1990 b).

Neben Copepoden stellen Pteropoden einen wichtigen Kontrollfaktor im Pelagial dar. Ihre schleimigen Nahrungsvelen bilden die Ausgangsbasis für schnell sinkende Aggregate und mit ihrem Absterben im August/September kommt es zu einem Maximum im Karbonatfluß (Bathmann et al. 1991).

Der vertikale Partikelfluß in der Norwegensee wird demnach stark von den Beziehungen zwischen Phytoplankton und Zooplankton gesteuert. Die interanuelle Variabilität ist sehr hoch, so daß in Jahren mit geringeren Zooplanktonhäufigkeiten auch eine klassische Frühjahrsblüte auftreten und sedimentieren kann (Wassmann et al. 1991).

In der Grönlandsee wird der vertikale Partikelfluß stärker von physikalisch-hydrographischen Bedingungen beeinflusst. Während sich in der Norwegensee eine saisonale Thermokline in der für temperierte Breiten typischen Art entwickelt, entsteht in der Grönlandsee mit dem Beginn der Eisschmelze eine flache haline Schichtung. Neue und regenerierte Produktion treten in der Norwegensee parallel auf und sind so wenig geeignet, das saisonale Muster des vertikalen Partikelflusses zu erklären. In der Grönlandsee dominiert dagegen die neue Produktion mit der pulsartigen Sedimentation von Phytodetritus (v. Bodungen et al. 1995).

Resultierend aus den unterschiedlichen Bedingungen ist der Karbonatfluß in der Norwegensee, bestehend aus Foraminiferen, Coccolithophoriden und Pteropoden, höher als in der Grönlandsee. Das entgegengesetzte Muster zeigt sich beim Opalfluß, verursacht durch Diatomeen und Radiolarien, mit durchschnittlich höheren Werten in der Grönlandsee (v. Bodungen et al. 1995; Kohly 1994; Schröder-Ritzrau 1994).

Generell zeigt sich aber die Schwierigkeit, Prozesse der Oberflächenwässer quantitativ mit einem vertikalen Partikelfluß in Verbindung zu setzen. Nur eine geringe Anzahl von Transportprozessen kann einen kleinen Teil der Gesamtproduktion in tiefere Wasserschichten exportieren (Wassmann et al. 1991).

### **1.2.3 Biologie und Verbreitung von Coccolithophoriden**

#### **Biologie**

Coccolithophoriden sind ein bis zwei Flagellen tragende, autotrophe Einzeller mit Zellkern, Golgi-Apparat und goldbraunen Chloroplasten. Charakteristisch für die Gruppe ist die Ausbildung von Kalkplättchen, den Coccolithen, in unterschiedlichsten Häufigkeiten und Formen.

Die Funktion von Coccolithen ist bis heute nur unzureichend bekannt. Es werden u.a. Fraßschutz, Auftriebsregulation, Lichtzuführung sowie Kalzifikation zur Unterstützung der Photosynthese propagiert. Es ist aber unwahrscheinlich, daß die vorherrschende Variation an Gestalt und Nutzung ökologischer Nischen auf nur eine allgemeingültige Funktion zurückgeführt werden kann. Young (1994) vermutet daher, daß Coccolithen in ihrer Formenvielfalt Anpassungsmechanismen an unterschiedliche Habitate darstellen und dabei mehrere Funktionen erfüllen können.

Einige Coccolithophoriden haben einen besonderen Lebenszyklus, bestehend aus einer motilen oder Schwärmerphase und einer Ruhephase, eventuell vergleichbar mit einem Zystenstadium (Parke & Adams 1960; Klaveness & Paasche 1971). Häufig lassen sich die Stadien anhand der Ausbildung der Coccolithen erkennen. So sind Holococcolithen typisch für die Schwärmerphase und Heterococcolithen für die Ruhephase. Als bekanntes Beispiel gilt *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller, 1930, dessen motile Phase als *Crystallolithus hyalinus* Gaarder & Markali, 1956, als eigene Art beschrieben wurde und erst von Parke & Adams (1960) als biologisch dieselbe Art erkannt wurde. Daß auch "nackte" Coccosphären, d.h. ohne Coccolithen vorkommen, konnte für *Emiliania huxleyi* (Lohmann) Hay & Mohler, 1967, gezeigt werden (Paasche & Klaveness 1970). Es wird vermutet, daß auch hier zwei verschiedene, alternierende Lebensphasen zu Grunde liegen (Klaveness 1972).

Bis auf seltene Ausnahmen (Gartner & Bukry 1969) gehen nur die stabileren Heterococcolithen in die geologische Überlieferung ein. Diese liegen zumeist als einzelne Coccolithen und nur selten als ganze Coccosphären vor. Anhand der großen Formenvielfalt wurde nach einem überwiegend deskriptiven Artkonzept eine Fülle von Arten beschrieben (Perch-Nielsen 1968; Romein 1979). Diese Vorgehensweise ist aber für aktuopaläontologische Untersuchungen unbrauchbar, da viele Arten einen ausgeprägten Di- oder Polymorphismus ihrer Coccolithen aufweisen (McIntyre & Bé 1967). Nicht selten gibt es auch den Aufbau aus zwei oder mehreren Schalen, die wiederum verschiedene Coccolithen tragen können (Okada & McIntyre 1977). Darüber hinaus kann auch die Temperatur Einfluß auf die Coccolithenmorphologie nehmen (Watabe & Wilbur 1966).

### Verbreitung lebender Coccolithophoriden

Coccolithophoriden stellen trotz ihrer winzigen Größe von durchschnittlich 3 bis 30 µm nach den Diatomeen und Dinoflagellaten die dritte bedeutende Komponente am marinen Phytoplankton. Sie kommen in der euphotischen Zone aller Weltmeere vor, erreichen aber ihre größte Diversität in den oligotrophen Niedrigproduktionsgebieten der mittleren und niederen Breiten (McIntyre & Bé 1967). In höheren Breiten können bei einer vergleichsweise geringen Artenvielfalt saisonal großdimensionale Blüten erzeugt werden (Groom & Holligan 1987; Balch et al. 1991). Obwohl die meisten Coccolithophoriden eurythermal sind, kann das Vorkommen

einzelner Arten und Artengemeinschaften häufig mit der Temperatur korreliert werden (Geitzenauer et al. 1976; Roche et al. 1975). Salinitätsschwankungen im offen marinen Bereich scheinen hingegen keinen Einfluß zu haben (Samtleben et al. im Druck).

Im Europäischen Nordmeer kommen etwa 20 Coccolithophoridenarten vor (Braarud et al. 1958; Halldal & Markali 1955; Ramsfjell 1960; Sakshaug et al. 1981; Samtleben & Bickert 1990; Samtleben & Schröder 1992; Samtleben et al. im Druck; Smayda 1958). Die meisten Arten erreichen während der Blütenphasen gemeinsam ihre größten Dichten. Der mit Abstand dominierende Anteil (bis 95 %) wird aber von nur einer Art, *E. huxleyi*, gebildet (Samtleben & Schröder 1992).

Der Verlauf von Produktionsphasen und die Entwicklung von Blüten unterliegt im Europäischen Nordmeer trotz einer ausgeprägten saisonalen Variabilität sowie großen Unterschieden in absoluten und relativen Zelldichten einem typischen Muster (Samtleben & Schröder 1992). Im Frühjahr entwickeln sich aus vom Nordatlantik importierten Gemeinschaften Blüten, die ein erstes Maximum im Juni vor Südnorwegen erreichen können (Braarud et al. 1958). Mit steigenden Temperaturen und sich verbessernden ökologischen Bedingungen verlagern sich die Blüten Richtung Norden und Westen. Während durch die frühe Phytoplanktonproduktion vor Norwegen im Herbst noch eine zweite Blüte stattfinden kann (Braarud et al. 1958), erreicht die Hauptproduktionsphase die Gebiete westlich von Jan Mayen und die Framstraße erst im August und September (Samtleben & Bickert 1990). Allgemein nehmen nach Norden und Westen die Zelldichten ab, was von Samtleben et al. (im Druck) auf den limitierenden Einfluß von Temperatur und Lichtintensität zurückgeführt wird.

Trotz der insgesamt überwältigenden Häufigkeit von *E. huxleyi* können für das Europäische Nordmeer nach ökologischen Präferenzen drei Artengruppen unterschieden werden (Samtleben & Schröder 1992; Samtleben et al. im Druck):

1) Die "Norwegensee Artengruppe" ist bei einer relativ hohen Diversität primär an die atlantischen Wassermassen des Norwegenstromes gebunden. Hauptsächlich an wärmere Temperaturen angepasste Arten der Gattung *Syracosphaera* charakterisieren diese Gruppe.

2) Die "Arktische Gruppe" weist eine geringere Diversität auf. Ihre Verbreitung reicht vom Norwegenstrom weiter nach Westen bis in die Arktische Domäne. Diese Gruppe ist sehr heterogen aufgebaut und wird von temperaturunabhängigen Arten dominiert.

3) Die "Polare Gruppe" kommt hauptsächlich im Ostgrönlandstrom vor und besteht aus nur zwei kaltadaptierten Arten: *C. pelagicus* (einschließlich *C. hyalinus*) sowie *Papposphaera sagittifera*.

Eine vierte Artengruppe, die "Nordatlantik Gruppe", hat ihr Verbreitungsgebiet südlich des Island-Schottland-Rückens. Das Vorkommen vieler warmtemperierter Arten resultiert in einer vergleichsweise hohen Diversität.

Neben dieser regional ausgerichteten Einteilung führen Samtleben et al. (im Druck) zusätzlich eine Gliederung in wiederholt auftretende Gemeinschaften nach absoluten Zelldichten

ein. Unabhängig von biologischen oder synökologischen Beziehungen werden dabei wiederholt auftretende Artengemeinschaften als Abbild ähnlicher ökologischer Bedingungen betrachtet und mit Hilfe von Clusteranalysen gruppiert. Eine typische Gemeinschaft ist die stets von *E. huxleyi* dominierte "Sommerblüte" mit Zelldichten von über 100000 Individuen pro Liter. Daneben gibt es schwächere, aber ebenfalls von *E. huxleyi* dominierte Blüten, sowie die Gemeinschaften außerhalb der Blütephasen. Hier werden allgemein wesentlich geringere Zelldichten (<10000 - 70000 Ind./l) erreicht mit einer häufig kleinen Artenvielfalt. *Emiliana huxleyi* kann dann auch ganz zurücktreten, wie beispielsweise in der von *C. pelagicus* in westlichen und nordwestlichen Bereichen dominierten Gemeinschaft.

### Coccolithophoriden im Sinkbereich

Wie sich die Gemeinschaften innerhalb eines Jahresganges im Sinkbereich abbilden, ist bislang nur unzureichend bekannt. Samtleben & Bickert (1990) haben anhand dreier tiefhängender Sinkstoff-Fallen im Europäischen Nordmeer erstmalig Flüsse von Coccolithophoriden quantitativ untersucht. Trotz einer starken Überprägung durch lateral advectiertes Material konnten sie den saisonalen Ablauf der Coccolithophoridenproduktion im sedimentierten Material wiedererkennen. Die starke Artenverarmung mit nur noch zwei dominierenden Formen (*C. pelagicus* und *E. huxleyi*) und das Vorkommen meist isolierter Coccolithen weisen dabei auf die gravierenden Veränderungen auf dem Weg durch die Wassersäule hin.

Generell ist der Transport von Coccolithophoriden aus der photischen Zone zum Meeresboden von Beschleunigungsmechanismen abhängig, da das Sinkpotential einer Coccosphäre bzw. einzelner Coccolithen sehr klein ist (Honjo 1976; 1980). Man kann zwei Transporttypen unterscheiden: Kotpillen (Pilskaln & Honjo 1987; Roth et al. 1975) und Aggregate ("marine snow") (Honjo 1982; Lampitt 1985). Der Anteil am Gesamtfluß beider Materialien ist sehr variabel und schwankt je nach Autor und Untersuchungsgebiet zwischen ca. 5 und fast 100 % (Asper 1987; Pilskaln & Honjo 1987). Möglicherweise sorgen Kotpillen primär für den Transport aus der photischen Zone, während Aggregate eher eine wichtigere Rolle für den Vertikalfluß der tieferen Wasserschichten spielen (Shanks & Trent 1980). Durch Zerfall und biologischen Abbau von Kotpillen und Aggregaten werden zumeist isolierte Coccolithen (seltener intakte Coccosphären) in der gesamten Wassersäule freigesetzt. Diese werden entweder von anderen Aggregaten eingefangen und weiter transportiert oder lösen sich mit der Zeit auf (Honjo 1976).

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Planktonuntersuchungen

Für das Europäische Nordmeer liegen bereits umfangreiche Datensätze von Planktonzählungen vor (Samtleben & Schröder 1990; 1992; Samtleben et al. im Druck; Baumann unpubl.; Samtleben unpubl.; Schröder-Ritzrau unpubl.). Zusätzlich wurden eigene Zählungen durchgeführt (Station 1 bis 3) (Tab. 1). Die Artenverhältnisse dieser Proben werden zusammen mit den Ergebnissen von zwei weiteren Stationen (alle in ca. 150 km Umkreis der Sinkstoff-Falle NB 6) in Kap. 3.1.2 vorgestellt.

Tab. 1: Liste der untersuchten Wasserproben.

Station	Expedition/ Bezeichnung	Position	Datum	Tiefe [m]	Temperatur [°C]	Salzgehalt [S*10 <sup>-3</sup> ]
1	ARK 10/1 31/2	70°00,2N / 03°57,9E	10.07.94	0	-	-
				20	7,6	35,10
				40	6,4	35,10
2	ARK 10/1 31/3	71°23,8N / 02°42,3W	11.07.94	0	-	-
				20	4,9	34,94
				40	3,6	34,94
3	M 26/2 478/1	70°00,0N / 00°00,1E	10.10.93	0	7,9	34,08
				23	7,9	35,40
				58	7,9	35,42
				511	4,3	35,41
				1010	0,0	35,41
				3261	-0,8	35,21
4	M 7/4;5 536	70°02,0N / 00°05,0E	01.09.88	3	9,7	-
				15	9,7	-
				25	8,6	-
5	M 7/4;5 580	70°03,0N / 00°06,0E	20.09.88	6	9,3	34,96
				15	9,2	34,94
				25	6,9	35,08

An jeder Station wurden anhand von CTD-Profilen aus definierten Schichten Wasserproben mit dem Kranzwasserschöpfer entnommen. Ein bis zwei Liter des Seewassers wurden bei leichtem Unterdruck durch Millipore Filter (0,45 µm Porenweite) gefiltert, die anschließend ohne weiteres Spülen oder Konservieren für einige Stunden im Trockenschrank getrocknet wurden. Die Filter wurden für die spätere Untersuchung luftdicht mit Trockenperlen verpackt. Von jedem Filter wurde ein ca. 1 cm<sup>2</sup> großes Stück aus der Mitte herausgeschnitten, auf einen REM Objektträger aufgeklebt und mit einer Gold/Palladium Legierung bedampft.

Ausschließlich am Rasterelektronenmikroskop (REM) wurden auf definierten Arealen die Coccosphärenhäufigkeiten bestimmt. Alle intakten Coccosphären wurden als "lebend" angesehen. An einigen Proben wurde zusätzlich die Anzahl der isolierten Coccolithen festgestellt. Diese können dann über einen artspezifischen Durchschnittswert von Coccolithen pro Coccosphäre (Kap. 6) auf Coccosphäreinheiten (nach Samtleben & Schröder 1990) umge-

rechnet werden und bieten so die Möglichkeit, Individuenanzahlen zu vergleichen. Die Berechnung der Dichten pro Liter Meerwasser ergibt sich wie folgt:

$$\text{Coccolithophoridendichte [Ind. l}^{-1}] = \frac{F * C}{A * V} \quad (1)$$

F = belegte Filterfläche [mm<sup>2</sup>]

C = Anzahl der Coccosphäreinheiten

A = abgesuchtes Areal [mm<sup>2</sup>]

V = Volumen des gefilterten Wassers [l]

Der vorliegende Datensatz (s.o.) wurde nach zwei verschiedenen Aspekten untersucht. Bei den als "Gem.%" (Gemeinschafts %) dargestellten Werten wurden die Artenverhältnisse jeder Art von allen Proben aufsummiert und durch die Anzahl der Proben geteilt. Das Ergebnis ist eine Charakterisierung jeder Art nach ihren relativen Häufigkeiten. Jede Probe wird so als Beispiel einer Coccolithophoridengemeinschaft betrachtet und ist unabhängig von den Coccolithophoridenhäufigkeiten der Probe gleich gewichtet. Für die "Sum. %" (Summen %) Werte wurden die absoluten Häufigkeiten jeder Art aus allen Proben aufaddiert und aus der Summe die Artenverhältnisse ermittelt. Jede Art wird dabei von den absoluten Häufigkeiten charakterisiert. Die Proben werden in diesem Fall wesentlich nach den Quantitäten gewichtet. Als Grenzlinie zwischen arktisch-polarem (57 Proben) und atlantischem (128 Proben) Bereich wurde der Verlauf der Arktisfront genommen (vgl. Abb. 3) sowie im Norden der Breitengrad bei 76°N. Die Gruppierung nach ökologischen Präferenzen erfolgt nach Samtleben et al. (im Druck).

Die Einteilung in relative Stabilitätsklassen richtet sich nach Untersuchungen zur Erhaltung von Coccolithophoriden von Berger & Roth (1975) sowie eigenen Beobachtungen an Sinkstoff-Fallen und Sedimentmaterial. Die Stabilität von *E. huxleyi* dient als Bezugswert: ++: deutlich bessere, +: bessere, 0: gleiche, -: schlechtere, - -: deutlich schlechtere Erhaltung als *E. huxleyi*.

Um Mißverständnisse im Sprachgebrauch zu vermeiden wird im folgenden eine kurze Definition der verwendeten Bezeichnungen der bearbeiteten Planktongruppe gegeben:

Coccolithophoriden: Überbegriff für die gesamte Planktongruppe.

Coccolithen: kalzitische Schuppen einer Zelle, häufig isoliert vorkommend.

Coccosphäre: lebende oder fossile Zelle bestehend aus einzelnen Coccolithen.

Coccosphäreinheit: Recheneinheit zur Darstellung von Individuenanzahlen auf der Basis von gezählten Coccosphären und/oder isolierten Coccolithen; entspricht einem Individuum.

Coccolithophoridengemeinschaft: Der Begriff "Gemeinschaft" bezeichnet Assoziationen von Coccosphären und/oder Coccolithen, zusammengefaßt als Coccosphäreinheiten, die in einer Probe gemeinsam vorkommen.

## 2.2 Sinkstoff-Fallen Untersuchungen

Das Aussetzen und Bergen von Sinkstoff-Fallen wurde im Rahmen der langjährigen Arbeiten des Teilprojektes A1 des SFB 313 über pelagische Prozesse und vertikalen Partikelfluß durchgeführt. Es wurde bereits vorgespaltetes Probenmaterial von drei Jahrgängen von zwei Stationen für Untersuchungen an Coccolithophoriden bereitgestellt.

Aus der Grönlandsee wurden zwei aufeinanderfolgende Jahrgänge (OG 4 und OG 5) mit jeweils drei Tiefen ausgewertet. Zum Vergleich dient ein Jahrgang aus der Norwegensee (NB 6) mit ebenfalls drei Tiefen (Tab. 2). Die Sammelperiode der OG 5 und der NB 6 umfassen den Zeitraum von August 1991 bis Juli 1992 und sind exakt in den gleichen Sammelintervallen geschaltet. Bei der OG 4 fehlen aus technischen Gründen die Proben von drei Intervallen. Für den einwöchigen Zeitraum des Fallenwechsels zwischen OG 4 und OG 5 sind keine Proben vorhanden. Diese Fehlzeiten bleiben beim Vergleich der Flüsse unberücksichtigt, sind aber bei der Darstellung der Gesamtflüsse in den Abbildungen gekennzeichnet (Kap. 3.2.1). Obwohl die Fangzeiträume der Sinkstoff-Fallen weder biologisch noch kalendarisch ein vollständiges Jahr umfassen, werden auf Grund einer hohen interannuellen Variabilität die Gesamtflüsse als Jahresflüsse betrachtet.

Tab. 2: Daten der bearbeiteten Sinkstoff-Fallen

Bezeichnung	Position	Wassertiefe	Falltiefe	Verankerungsdauer	Probenanzahl
OG 4 / 500	Grönlandsee: 72°23,0N / 007°42,7W	2631 m	500 m	07.09.1990 - 31.07.1991	18
OG 4 / 1000			1000 m		18
OG 4 / 2300			2300 m		18
OG 5 / 500	Grönlandsee: 72°22,9N / 007°42,7W	2624 m	500 m	06.08.1991 - 10.07.1992	19
OG 5 / 1000			1000 m		18
OG 5 / 2300			2300 m		19
NB 6 / 500	Norwegensee: 69°41,2N / 000°27,8E	3292 m	500 m	06.08.1991 - 07.07.1992	20
NB 6 / 1000			1000 m		20
NB 6 / 3000			3000 m		20

Bei den verwendeten Sinkstoff-Fallen handelt es sich um den modifizierten Typ der "Kiel Sediment Trap" (Zeitshel et al. 1978). Die Sammelzeiträume lagen je nach erwartetem Eintrag zwischen 10 und 17 Tagen im Sommer und 30 Tagen im Winter. Die Sammelbehälter wurden vorab mit  $\text{HgCl}_2$  vergiftet um biologische Abbauprozesse zu verhindern. Im Teilprojekt A1 wurde vor dem Splitten der Proben das Zooplankton bzw. aktive Schwimmer ausgelesen. Unregelmäßigkeiten bei der Karbonatbestimmung (Bauerfeind, mündl. Mittl.) verhinderten eine Verwendung der Karbonatdaten für diese Arbeit.

### 2.2.1 Aufbereitung der Fallenproben

Die vorliegenden Teilproben wurden nach visueller Abschätzung des Partikelgehaltes und Trübung entweder sofort auf Millipore Filter (0,45 µm Porenweite) gefiltert oder erst in kleinere Splits aufgeteilt (Kap. 2.3.2). Als Splitmedium wurde filtriertes Meerwasser verwendet. Stark schwankende Materialgehalte erforderten eine weite Spanne von Splitgrößen von minimal  $1/16$  bis maximal  $1/2048$ . In den meisten Fällen konnte so eine gute Filterbelegung erreicht werden. Ausnahmen machten die Proben mit sehr geringen Coccolithophoridenhäufigkeiten, da die Ausgangsmengen hier bereits sehr klein waren. Dieses wirkte sich nachteilig bei der Quantifizierung aus, da nicht immer eine Mindestanzahl von Partikeln (s.u.) gezählt werden konnte.

Filtration, Trocknung, Lagerung und Vorbereitung der REM Objektträger erfolgte analog zu den Planktonproben (Kap. 2.1). Je nach Filterbelegung wurden bei 2000- bis 5000-facher Vergrößerung am REM die erkennbaren Coccolithen und Coccosphären gezählt und für die Flußberechnung zu Coccosphäreneinheiten (Kap. 6) zusammengefaßt. Der Fluß wurde wie folgt berechnet:

$$\text{Coccolithophoridenfluß [Ind. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}] = \frac{F * C}{A * D * S * FF} \quad (2)$$

F = belegte Filterfläche [mm<sup>2</sup>]

C = Anzahl der Coccosphäreneinheiten

A = abgesuchtes Areal [mm<sup>2</sup>]

D = Dauer des Sammelintervalls [d]

S = Splitgröße

FF = Fangfläche [m<sup>2</sup>]

Es wurde angestrebt eine Mindestanzahl von 300 Coccolithen zu zählen. Relative Häufigkeiten werden nur dann angegeben, wenn mindestens 100 Coccolithen gezählt werden konnten. Fragmentierte Coccolithen bei denen weniger als ein Drittel fehlte wurden wie intakte Coccolithen als jeweils eine Zählereinheit erfaßt. Halbe Coccolithen wurden zu einer Zählereinheit zusammengefaßt. Kleinere Bruchstücke wurden nicht gezählt. Intakte Coccosphären wurden als jeweils eine Coccosphäreneinheit erfaßt.

Bei den meisten Coccolithen konnte die Art entsprechend der verwendeten Systematik (Kap. 6) eindeutig bestimmt werden. Bei der Gattung *Syracosphaera* war dies jedoch nicht immer möglich, so daß zusätzlich die Zählereinheit *Syracosphaera* spp. geführt wurde. In seltenen Fällen vorkommende fossile Coccolithen wurden allgemein als "Umgelagerte" gezählt. Trotz der Zugehörigkeit zu einer biologischen Art werden in dieser Arbeit *C. pelagicus* und *C. hyalinus* auf Grund des aktuopaläontologischen Ansatzes als separate Einheiten behandelt (Kap. 6). Von *C. hyalinus* wurden häufig deformierte und, vermutlich durch Fraß, kompak-

tierte Exemplare vorgefunden (Taf. 2, Abb. 2c, d). Soweit erkennbar, würden derartige Exemplare als ganze Coccosphäreinheiten gezählt.

Parallel zu den Zählungen an der Sinkstoff-Fallen Verankerung OG 5 wurden Untersuchungen zum Erhaltungszustand ausgesuchter Coccolithen durchgeführt. Dazu wurde für die beiden Arten *E. huxleyi* und *C. pelagicus* ein Fragmentierungsindex definiert:

$$\text{Fragmentierungsindex [\%]} = \frac{C_z}{C_i + C_z} * 100 \quad (3)$$

$C_z$  = Anzahl der zerbrochenen Coccolithen

$C_i$  = Anzahl der intakten Coccolithen

Um bei den großen Variationen im Erhaltungszustand einen objektiven Maßstab zu haben, wurde keine Erhaltungsreihe aufgestellt, sondern nur zwischen unversehrten und zerbrochenen Coccolithen unterschieden. Da der Fragmentierungsindex hauptsächlich als ein Maß für die mechanische Zerkleinerung von Coccolithen angesehen werden kann, wurde am Beispiel von *C. pelagicus* zudem in angelöste und nicht gelöste Coccolithen unterschieden und ein Lösungsindex definiert:

$$\text{Lösungsindex [\%]} = \frac{C_l}{C_n + C_l} * 100 \quad (4)$$

$C_l$  = Anzahl der angelösten Coccolithen

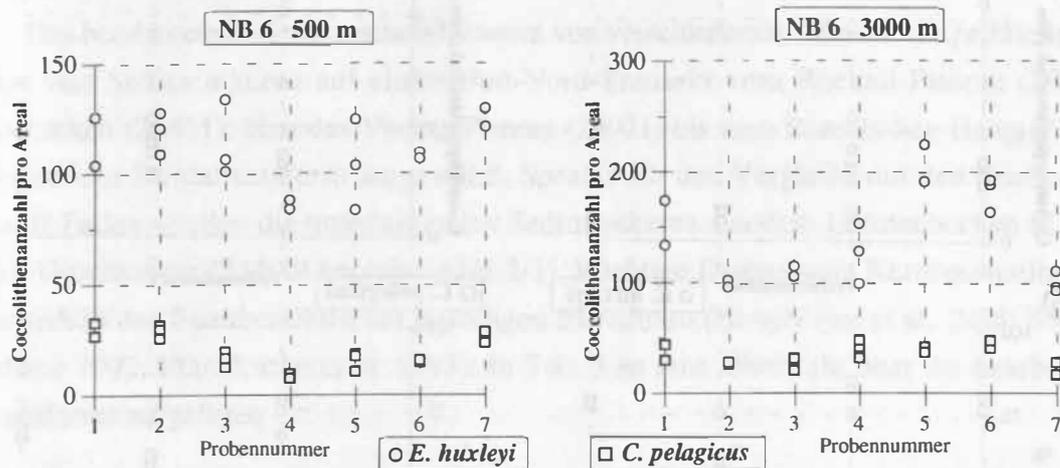
$C_n$  = Anzahl der nicht angelösten Coccolithen

Ähnlich wie bei der Definition des Fragmentierungsindex wurde auch hier nur zwischen Coccolithen mit Lösungsspuren (Taf. 2, Abb. 1b) und solchen (unabhängig davon ob sie zerbrochen oder intakt waren) ohne Anzeichen von Lösung unterschieden.

### 2.2.2 Vergleich, Reproduzierbarkeit und Quantifizierbarkeit

Die Reproduzierbarkeit der Zählergebnisse ist im wesentlichen abhängig von 1) der Homogenität der Filterbelegung und 2) der Splitgenauigkeit. Die Filterbelegung wurde durch Vergleichszählungen an verschiedenen Arealen derselben Probe überprüft. In Abb. 4 sind die Ergebnisse der Coccolithenzählungen von verschiedenen gleich großen Flächen am Beispiel der beiden dominanten Arten *E. huxleyi* und *C. pelagicus* dargestellt. Das verwendete Gesamtzählergebnis setzt sich aus der Summe der einzelnen Areale zusammen. Es zeigt sich, daß in fast allen Fällen bereits das Zählergebnis von nur einem Areal ausgereicht hätte, die Probe statistisch zu repräsentieren. Generell wurden die Flächen von mindestens zwei Arealen

gezählt. Nur bei abweichenden Quantitäten wurden weitere Areale zur Überprüfung hinzugenommen. Die absoluten Unterschiede zwischen den Zählungen erreichen maximal das 1,2 fache (d.h. Fehlerfaktor = 1,2).

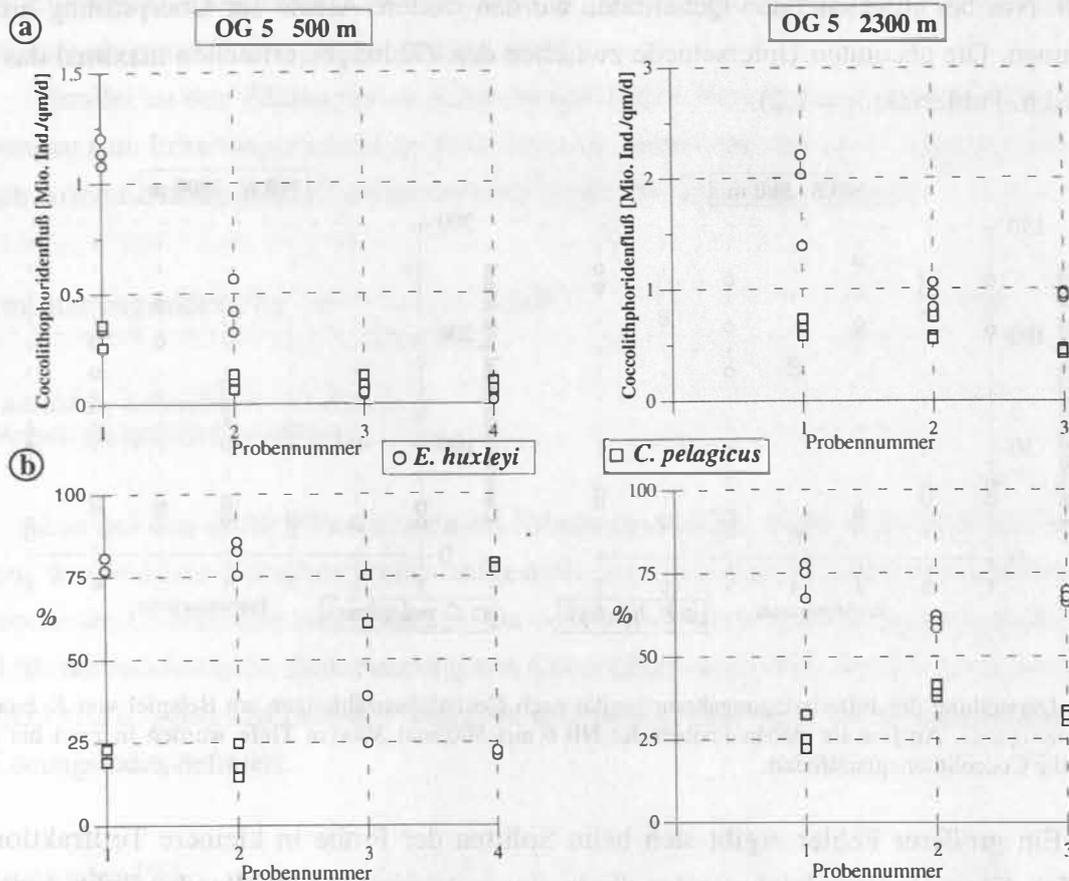


**Abb. 4:** Darstellung der Filterbelegungshomogenität nach Coccolithenzählungen am Beispiel von *E. huxleyi* und *C. pelagicus*. An jeweils sieben Proben der NB 6 aus 500 und 3000 m Tiefe wurden in zwei bis drei Arealen die Coccolithen quantifiziert.

Ein größerer Fehler ergibt sich beim Splitten der Probe in kleinere Teilfraktionen (Abb. 5a). Für einen Vergleich wurden die in einem Arbeitsgang anfallenden Splits parallel untersucht. Die Variationsbreite ist dabei recht hoch und erreicht maximal den Faktor 2. Die Differenzierung der Fallenproben zeigt sich klarer bei dem Vergleich der relativen Häufigkeiten von *E. huxleyi* und *C. pelagicus* (Abb. 5b). Der maximale Fehlerfaktor liegt hier bei 1,7.

Die Quantifizierung von Coccolithophoriden in Fallenmaterial unterliegt nach der hier angewendeten Methode zwar einer großen Fehlerspanne, doch bleiben auch im ungünstigsten Fall allgemeine Trends erhalten. Die Ursachen für die teilweise stark differierenden Ergebnisse der Splitexperimente sind nur zum Teil auf die Splitprozedur selbst zurückzuführen. Häufig ist das Fallenmaterial sehr inhomogen und läßt sich nur schwer fraktionieren (Teilprojekt A1, M. Krumbholz, mündl. Mittl.). Besonders schleimige Algenaggregate und andere Zusammenballungen organischer Substanz erschweren eine einwandfreie Trennung.

Die vorangehenden Betrachtungen belegen unter Berücksichtigung der angegebenen Fehlerspanne die Reproduzierbarkeit der verwendeten Methodik. Dennoch bleibt es fraglich, inwieweit die tatsächliche Anzahl von Coccolithen und Coccosphären erfaßt werden kann. Während bei den Präparationsmethoden für Diatomeen und Radiolarien das gesamte Sinkstoff-Fallenmaterial chemisch aufbereitet wird (Kohly 1994; Schröder-Ritzrau 1994), bleibt dieses bei der Coccolithophoridenaufbereitung weitgehend intakt. In Kotpillen und Aggregaten verborgene Coccolithen bleiben daher einer Quantifizierung entzogen, so daß laut Samtleben & Bickert (1990) alle Flußberechnungen nur Minimalwerte darstellen können.



**Abb. 5:** Vergleich der absoluten a) und relativen b) Flüsse von verschiedenen Probensplits am Beispiel von *E. huxleyi* und *C. pelagicus*. Von vier Proben der OG 5 aus 500 m und drei Proben aus 2300 m Tiefe wurden an je zwei bis drei Parallelsplits die Flüsse verglichen.

Um eine Aussage zu erhalten, inwiefern der ermittelte Coccolithophoridenfluß der Fallenproben nicht nur methodischen Schwankungen unterliegt, sondern tatsächlich quantitativ ist, wurden die in Abb. 5 dargestellten Parallelproben unterschiedlich aufbereitet. Eine Probe blieb unbehandelt, eine zweite wurde einer 40 sekundigen Ultraschallbehandlung unterzogen und eine dritte (sofern vorhanden) wurde zusätzlich zum Ultraschall mit  $H_2O_2$  versetzt. Wider Erwarten konnten an den so behandelten Proben im Mittel keine höheren Coccolithophoridenflüsse festgestellt werden. Die Unterschiede in den Häufigkeiten von unbehandelten und behandelten Proben heben sich demnach nicht aus der allgemeinen Fehlerspannweite hervor. Trotz der unterschiedlichen Materialzusammensetzung der flachen Fallenproben in 500 m und der in 2300 m Tiefe konnte auch hier kein Trend festgestellt werden.

Zusammenfassend wird daher davon ausgegangen, daß:

- 1) alle Coccolithophoridenflüsse aus Sinkstoff-Fallenmaterial stets Minimalwerte sind,
- 2) eine große Fehlerspanne Bilanzierungen zusätzlich erschwert, hingegen relative Häufigkeiten weniger stark beeinflusst sind,
- 3) die Fehlerspannweite in allen Fallentiefen etwa gleich groß ist, bzw. die Erkennbarkeit von Coccolithen und Coccusphären sich nicht gravierend verändert.

## 2.3 Sedimentuntersuchungen

### 2.3.1 Probenmaterial

Das bearbeitete Sedimentmaterial stammt von verschiedenen "Meteor"-Expeditionen. Es wurden vier Sedimentkerne auf einem Süd-Nord-Transekt vom Rockall-Plateau (23414), Aegir-Rücken (23411), über das Vøring-Plateau (23071) bis zum Barents-See-Hang (23259) im Verlauf der Nordatlantikdrift ausgewählt. Speziell für den Vergleich mit den bearbeiteten Sinkstoff-Fallen wurden die unterlagernden Sedimentkerne aus dem Lofotenbecken (23424) und der Grönlandsee (23400) beprobt (Abb. 2/3). Wichtige Daten sowie Kernbeschreibungen finden sich in den Fahrtberichten der jeweiligen Expedition (Hirschleber et al. 1988; Suess & Altenbach 1992; Pfannkuche et al. 1993). In Tab. 3 ist eine Übersicht über die bearbeiteten Sedimentkerne aufgelistet.

Tab. 3: Positionen und Daten der bearbeiteten Sedimentkerne.

Kern-Nummer	Gerät	Position	Wassertiefe	bearb. Kernlänge	Expedition
23414-6	GKG	53°32,2N / 20°17,4W	2201 m	36 cm	M17/2 1991
23414-7	MUC	53°32,3N / 20°17,3W	2201 m	0,5 cm	"
23414-9	KAL	53°32,2N / 20°17,3W	2196 m	104,5 cm	"
23411-5	GKG	65°47,9N / 03°30,6 E	2849 m	36,5 cm	"
23071-2	GKG	67°05,1N / 02°54,4 E	1306 m	44 cm	M2/2 1987
23071-3	KAL	67°05,1N / 02°54,5 E	1308 m	102,25 cm	"
23259-2	KOL	72°21,1N / 09°15,9 E	2518 m	109,5 cm	M7/2 1988
23424-3	GKG	70°02,1N / 00°03,9W	3247 m	27 cm	M21/4 1992
23400-3	GKG	72°21,1N / 07°48,4W	2571 m	39,5 cm	M17/1 1991

GKG = Großkastengreifer, MUC = Multicorer, KAL = Kastenlot, KOL = Kolbenlot.

Da der Schwerpunkt der Sedimentarbeiten auf die Untersuchung des Holozäns sowie den Übergang vom Spätglazial zum Holozän ausgerichtet war, wurde eine detaillierte Beprobung mit 1 bis 1,5 cm mächtigen Schlitzproben in 2,5 bis 5 cm Abstand durchgeführt. Die Oberflächenproben wurden mit Hilfe eines 20 cm<sup>2</sup> großen Metallrahmens genommen und umfassen den obersten Zentimeter des Sedimentes. Die Angaben über die Probentiefen in den Sedimentkernen beziehen sich immer auf die Mitte des genommenen Sedimentausschnittes.

### 2.3.2 Aufbereitung

Sämtliche Sedimentproben wurden nach zwei unterschiedlichen Verfahren aufbereitet. Die zuerst angewendete Methodik der Atterberg-Trennung erwies sich im Laufe der Arbeit als nicht ausreichend geeignet, die Coccolithen-führenden Sedimente des Europäischen Nord-

meeres adäquat aufzubereiten (Kap. 2.3.3). Es wurde daher zusätzlich eine neue Methode (Sedimentfiltration) in Anlehnung an die Aufbereitung der Sinkstoff-Fallenproben eingeführt und alle Sedimentproben erneut bearbeitet. Die im Ergebnisteil aufgeführten Zählungen stammen ausnahmslos von der Sedimentfiltration, während die Angaben zu Karbonatgehalt und Fraktionsgewichten aus der Atterberg-Aufbereitung stammen.

### 2.3.2.1 Sedimentfiltration

Die Filtration von Sedimentmaterial bietet im Gegensatz zur Aufbereitung nach dem Atterberg-Verfahren die Möglichkeit, alle Sedimentpartikel einer Probe in einem Arbeitsgang (Abb. 6) quantifizieren zu können. Das Prinzip dieser Aufbereitung wurde von Backman & Shackelton (1983) zur Kontrolle von Smearslide-Zählungen erwähnt und wird hier, nach eigenen Vorstellungen weiterentwickelt, ausführlich vorgestellt.

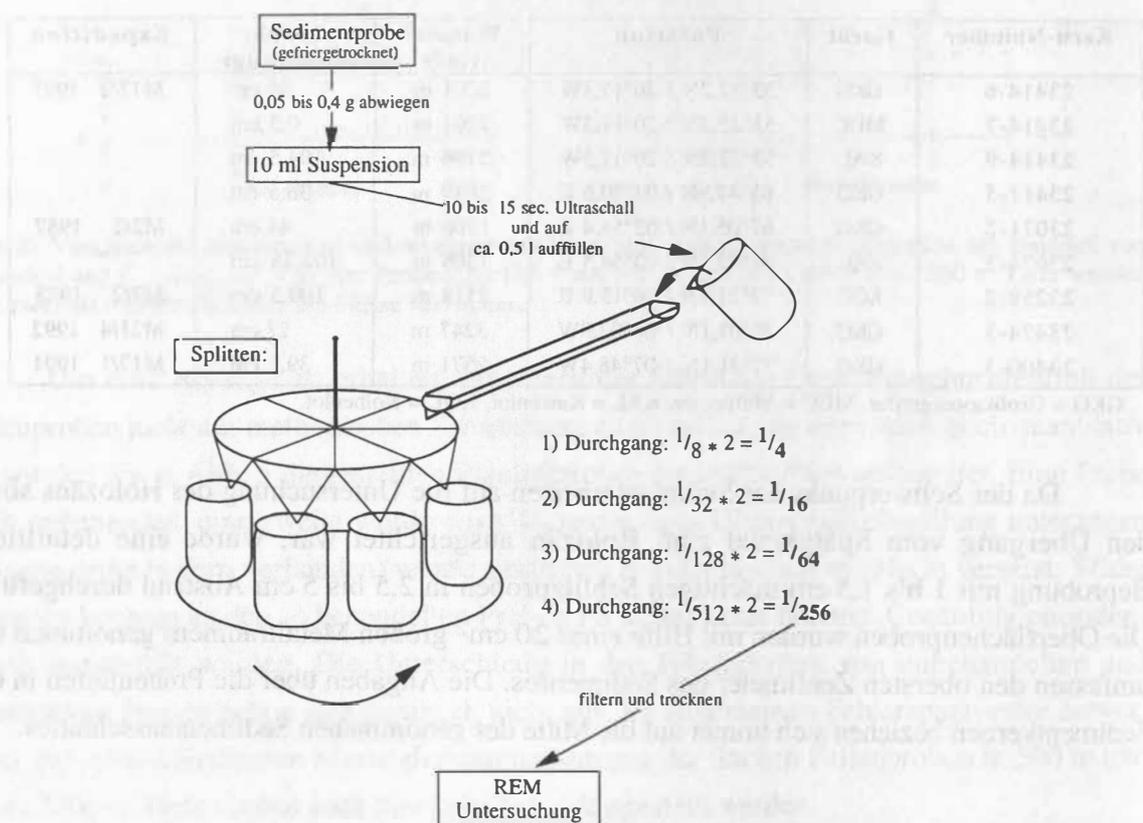


Abb. 6: Flußdiagramm der Probenaufbereitung zur Sedimentfiltration.

Von der gefriergetrockneten Probe wurde nach Abschätzung des zu erwartenden Coccolithengehaltes 0,05 bis 0,4 g abgewogen. Vor dem Wiegen wurde das Sediment 24 Stunden im Trockenschrank nachgetrocknet. Die gewogene Probe wurde mit ca. 10 ml

Leitungswasser in eine dichte Suspension gebracht und für einige Minuten stehengelassen. Anschließend wurde das Sediment kurz aufgeschüttelt und für 15 Sekunden ins Ultraschallbad getaucht. Waren im Anschluß an die Ultraschallbehandlung noch mit bloßem Auge zusammengebackte Sedimentkörner zu erkennen, wurde die Probe für weitere 5 bis 10 Sekunden mit Ultraschall behandelt. Die Suspension wurde auf 0,5 l aufgefüllt und durch Schütteln gut durchgemischt. Anschließend wurde das verdünnte Sediment analog zu den Fallenproben mit einem Drehteiler bei 50 Umdrehungen pro Minute in jeweils acht Teilproben gesplittet. Zum Ausgleich etwaiger Splittungenauigkeiten wurden nach jedem Durchgang die gegenüberliegenden Splits zusammengekippt. Zugunsten einer besseren Reproduzierbarkeit erhöht sich damit die Anzahl der benötigten Splittdurchgänge. In den meisten Fällen wurde die beste Filterbelegung mit der Fraktion  $1/256$  erreicht. Je nach Menge von Ausgangsmaterial und Coccolithengehalt können auch andere Splitgrößen geeigneter sein. Die fertig gesplitteten Proben wurden auf Millipore Filter (0,45  $\mu\text{m}$  Porenweite) gefiltert und für die REM Untersuchungen vorbereitet (Kap. 2.2.1). Als Splitmedium wurde normales Leitungswasser verwendet.

Der Coccolithophoridgehalt pro g Sediment errechnet sich danach wie folgt:

$$\text{Coccolithophoriden [Ind. g}^{-1}\text{]} = \frac{F * C}{A * G * S} \quad (5)$$

F = belegte Filterfläche [ $\text{mm}^2$ ]

C = Anzahl der Coccosphäreneinheiten

A = abgesuchtes Areal [ $\text{mm}^2$ ]

G = eingewogenes Sediment [g]

S = Splitgröße

Für eine Beurteilung der statistischen Absicherung ist weniger die Anzahl pro g Sediment, sondern die Menge der tatsächlich gezählten Exemplare von Bedeutung. Bei geringen Häufigkeiten liegt die Mindesterfaßbarkeit bei ca. Hunderttausend Individuen. Ein einzelner Coccolith im Präparat kann demnach repräsentativ für Hunderttausend Individuen pro g Sediment sein (Formel 5). Für seltene Arten bei größeren Gesamthäufigkeiten erhöht sich die Mindesterfaßbarkeit auf ca. zwei Millionen Individuen pro g Sediment.

### Reproduzierbarkeit der Zählergebnisse

Wie für die Fallenproben ist das Splitten auch für die Sedimentproben eine Hauptfehlerquelle. Um die Fehlerspanne abschätzen zu können, wurden an Kern 23411 vom Aegir-Rücken sieben Proben wiederholt aufbereitet und gezählt. Beispielhaft dargestellt werden die beiden dominanten Arten *E. huxleyi* und *C. pelagicus* (Abb. 7). Die Belegung ist im Schnitt homogener als bei den Fallenproben. Auch konnte im Mittel eine größere Splittgenauigkeit mit

einem maximalen Fehlerfaktor von 1,5 erreicht werden. Nur bei der Probe aus 32 cm Teufe mit sehr geringen Coccolithengehalten trat ein größerer Fehler auf.

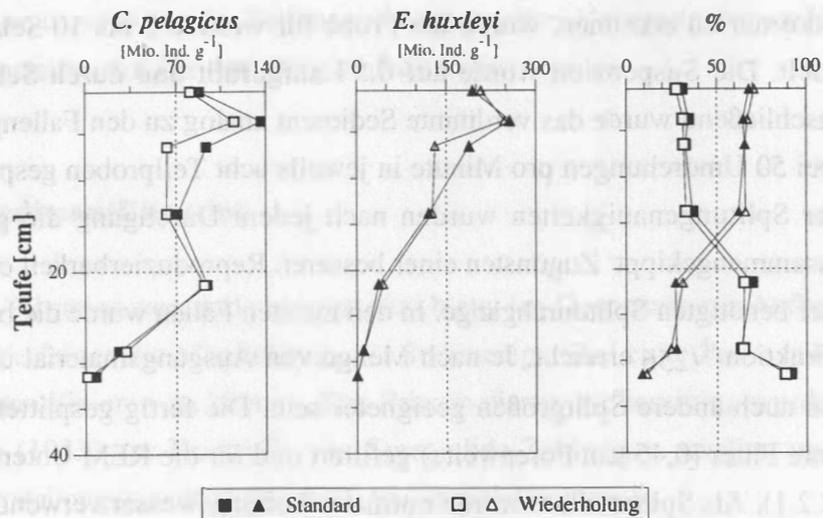


Abb. 7: Ergebnisse der Wiederholungsaufbereitung von Kern 23411 (Aegir-Rücken).

Interessant ist, daß die Reproduzierbarkeit der relativen Häufigkeiten noch deutlich besser ist (Abb. 7). Schwankende absolute Anzahlen haben demnach keinen erkennbaren Einfluß auf die Artenverhältnisse. Wie bei den Fallenproben erweist sich auch hier das Artenverhältnis als der konservativere, durch das Aufbereitungsverfahren weniger beeinflussbare Parameter. Die insgesamt bessere Reproduzierbarkeit der Ergebnisse im Vergleich mit den Fallenproben ist vermutlich durch die homogenere Beschaffenheit des Sedimentmaterials bedingt.

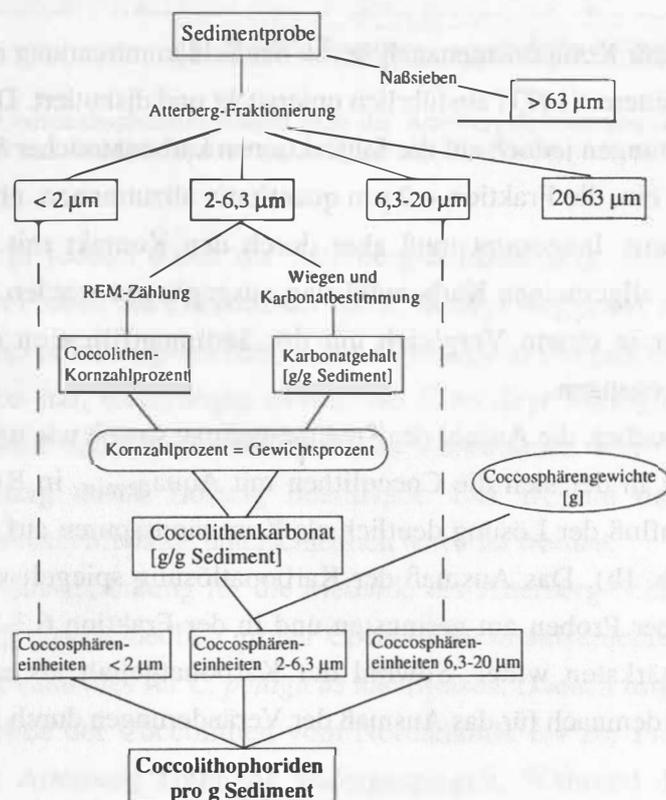
Der Vorteil der Sedimentfiltration liegt in der schnellen Aufbereitung sowie in der Erfassung quantitativer Häufigkeiten bezogen auf ein Gramm Sediment. Die Umrechnung der Coccolithenzählungen in Coccosphäreinheiten schafft darüberhinaus die Basis für den Vergleich mit Individuenhäufigkeiten anderer Planktongruppen. An dem Sedimentkern 23071 (Vøring-Plateau) können die Ergebnisse dieser Methodik direkt mit dem Aufbereitungsverfahren für Coccolithenzählungen von Baumann (1990) verglichen werden. Baumann (1990) benutzt ein verkürztes Schlämmverfahren und stellt die gezählten Coccolithen im Verhältnis zu den sonstigen enthaltenen Partikel als Kornzahlprozent dar. Die Daten zeigen große Übereinstimmungen im Muster der Häufigkeitsvariationen zu semiquantitativen Coccolithendaten von Gard (1988). Die in dieser Studie ermittelten Gesamthäufigkeiten erweisen sich am Beispiel von Sedimentkern 23071 im allgemeinen Trend als übereinstimmend mit den Ergebnissen von Baumann (1990). Generell ist damit die vorgestellte Methodik auch mit anderen semiquantitativen Verfahren vergleichbar. Der Vergleich betrifft aber nur die absoluten Häufigkeiten (Baumann 1990: Kornzahlprozent; Gard 1988: specimens  $\text{mm}^{-2}$ ; diese Arbeit: Coccolithophoriden  $\text{g}^{-1}$  Sediment), während relative Anteile einzelner Arten teilweise erhebliche

Unterschiede aufweisen. So ergibt sich nach der Methode von Baumann (1990) am Kern 23071 allgemein eine Dominanz von *C. pelagicus* vor *E. huxleyi*, während das hier angewendete Aufbereitungsverfahren das umgekehrte Bild zeigt (s.u.).

Im Gegensatz dazu weisen die von Samtleben & Schröder (1992) mit der Atterberg-Trennung (Kap. 2.3.2.2) untersuchten Oberflächensedimentproben vom Vøring-Plateau eine noch größere Dominanz von *E. huxleyi* vor *C. pelagicus* auf, als nach der Sedimentfiltration erkannt wird. Ein derartiges Verhältnis ist bei der stark lösungsbeeinflussten Aufbereitung der Atterberg-Trennung (Kap. 2.3.3) vermutlich methodisch bedingt und stellt daher wahrscheinlich kein reales Abbild der Sedimentgemeinschaften dar.

### 2.3.2.2 Atterberg-Schlammung

Das Prinzip der Atterberg-Trennung beruht auf der Fraktionierung der Siltfraction in einzelne Kornklassen, die dann separat untersucht werden. Der gesamte Arbeitsgang (Abb. 8) setzt sich aus vielen Einzelschritten zusammen und dauert im Schnitt vier bis sechs Wochen pro Probe.



**Abb. 8:** Flußdiagramm der Atterberg-Trennung mit Berechnung von Coccolithenkarbonat und Coccolithophoridengehalt pro g Sediment (verändert nach Schröder 1990).

Von etwa drei bis vier g Sediment wurde die Fraktion  $> 63 \mu\text{m}$  durch Naßsieben abgetrennt. Anschließend erfolgte die Klassierung in die Fraktionen  $< 2 \mu\text{m}$ ,  $2-6,3 \mu\text{m}$ ,  $6,3-20 \mu\text{m}$  und  $20-63 \mu\text{m}$  in modifizierten Andreasen-Zylindern (30 cm Fallhöhe). Zur Dispergierung und Pufferung wurde mit Ammoniak versetztes demineralisiertes Wasser (Aqua<sub>demin.</sub>) benutzt. Nach der Klassierung wurden alle fünf Fraktionen getrocknet, gewogen und der Karbonatgehalt mit dem Coulomaten bestimmt. Von den drei Coccolithen-führenden Fraktionen ( $< 2 \mu\text{m}$ ,  $2-6,3 \mu\text{m}$ ,  $6,3-20 \mu\text{m}$ ) wurden Streupräparate auf Deckgläsern angefertigt. Am REM wurden aus repräsentativen Ausschnitten die Kornzahlprozentage von Coccolithen ausgezählt. Unter der Annahme, daß alle Körner einer Fraktion das gleiche Gewicht aufweisen, werden die ermittelten Kornzahlprozentage den Gewichtsprozentagen gleichgesetzt. Über den Gewichtsanteil des Karbonates kann so der gewichtsprozentuale Anteil von Coccolithen am Sediment berechnet werden. Dabei gilt: Coccolithenanteil  $\leq$  Karbonatgehalt. Die Berechnung der Cocosphäreneinheiten (Kap. 2.1) kann dann über ein artspezifisches Eigengewicht der Cocosphären erfolgen (Samtleben & Schröder 1992). Die Summe der Cocosphäreneinheiten aller Fraktionen ergibt den Coccolithophoridgehalt pro g Sediment.

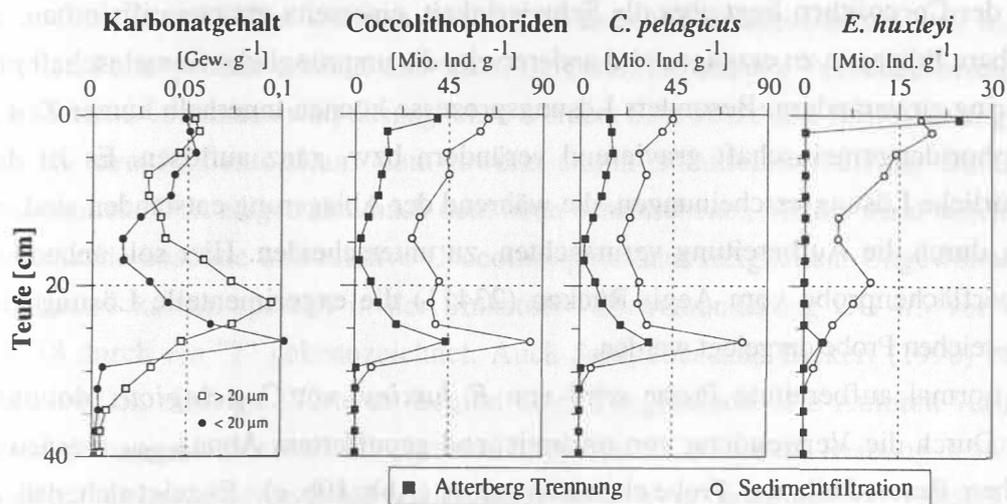
### 2.3.3 Vergleich der Verfahren

Die Methodik zur Komponentenanalyse mit der Schlämmtrennung nach dem Atterberg-Verfahren wird von Fütterer (1977) ausführlich untersucht und diskutiert. Der Autor beschränkt sich in seinen Betrachtungen jedoch auf die Siltfraktionen karbonatreicher Sedimente und weist auf die Schwierigkeit hin, die Fraktion  $< 2 \mu\text{m}$  quantitativ abzutrennen, ohne daß es dabei zur Karbonatlösung kommt. Insgesamt muß aber durch den Kontakt mit dem stets frischen Aqua<sub>demin.</sub> von einer allgemeinen Karbonatlösung ausgegangen werden (Fütterer 1977). Im folgenden wird daher in einem Vergleich mit der Sedimentfiltration nur auf spezifische Einschränkungen eingegangen.

Trotz des Versuches, die Anzahl der Trennungsgänge soweit wie möglich zu verringern und damit die Dauer, in der sich die Coccolithen mit Aqua<sub>demin.</sub> in Kontakt befinden, zu verkürzen, ist der Einfluß der Lösung deutlich als Korrosionsspuren auf den Coccolithen zu erkennen (Taf. 2 Abb. 1b). Das Ausmaß der Karbonatlösung spiegelt sich in der Fraktion  $< 2 \mu\text{m}$  karbonatreicher Proben am geringsten und in der Fraktion  $6,3-20 \mu\text{m}$  in karbonatarmen Proben am stärksten wider. Sowohl der Karbonatgehalt als auch die Dauer der Trennungsgänge sind demnach für das Ausmaß der Veränderungen durch Lösung von wesentlicher Bedeutung.

Der Nachweis von Karbonatlösung während der Probenaufbereitung in dem erkannten Ausmaß ist für quantitative Untersuchungen nicht tragbar. Es werden nicht nur die Häufigkeiten der Coccolithophoriden beeinflusst, sondern auch die Artenverhältnisse (Kap. 2.3.4), so

daß nur ein stark verfälschtes Abbild der Sedimentgemeinschaft durch die Methodik reproduziert werden kann. Der Vergleich der Zählergebnisse mit denen aus der Sedimentfiltration an dem Kern 23400 aus der Grönlandsee (Abb. 9) zeigt die Einschränkungen der Schlämmtrennung für quantitative Untersuchungen auf. Generell ist der Sedimentkern aus der Grönlandsee (23400) im Vergleich mit anderen Kernen durch sehr geringe Coccolithophoridenhäufigkeiten und Karbonatgehalte gekennzeichnet. Es zeigt sich ein prinzipiell ähnlicher Verlauf in den Häufigkeiten von *C. pelagicus* nach beiden Verfahren (Abb. 9). Für *E. huxleyi* kann durch die Sedimentfiltration ebenfalls eine differenzierte Häufigkeitsabfolge im Sedimentkern



**Abb. 9:** Vergleich der Coccolithophoridengehalte nach der Atterberg-Schlämmtrennung und der Sedimentfiltration an Kern 23400 aus der Grönlandsee mit Angabe der Karbonatgehalte der Fraktion  $< 20 \mu\text{m}$  und  $> 20 \mu\text{m}$ .

erkannt werden, nicht jedoch durch die Atterberg-Schlammung. Hier sind bis auf zwei Ausnahmen aus allen Proben die Coccolithen von *E. huxleyi* weggelöst worden. Auffällig ist, daß *E. huxleyi* nur dort erhalten geblieben ist, wo *C. pelagicus* die größten Häufigkeiten nach der Sedimentfiltration hat, unabhängig davon, wo *E. huxleyi* Maxima aufweist. Weniger auffällig, aber dennoch bedeutend wird auch das Vorkommen von *C. pelagicus* bei der Atterberg-Schlammung durch Lösung beeinflusst. Der Beginn der Überlieferung von *C. pelagicus* würde je nach Methode unterschiedlich bewertet werden.

Eine weitere Einschränkung für die Methode der Atterberg-Schlammung ergibt sich durch die Ausbildung unterschiedlich großer Coccolithen in verschiedenen Meeresgebieten. Baumann (im Druck) kann dies für *C. pelagicus* nachweisen. Danach zeigt sich im Mittel eine Reduktion in der Größe der Coccolithen vom Nordatlantik bis zur Framstraße. Dies wird unmittelbar von der Atterberg-Trennung widerspiegelt. Während die Coccolithen von *C. pelagicus* auf dem Rockall-Plateau meist in der Fraktion  $6,3\text{-}20 \mu\text{m}$  vorkommen, sind sie in der Grönlandsee nahezu ausschließlich in der Fraktion  $2\text{-}6,3 \mu\text{m}$  zu finden. Ähnliche Variationen sind auch für andere Arten zu erwarten. Da aber jeweils nur ein Durchschnitts-

gewicht für die Berechnung der Coccosphärenheiten angenommen wird (Samtleben & Schröder 1992), fehlt so für den Vergleich von Gemeinschaften regional auseinanderliegender Räume eine einheitliche Basis.

### 2.3.4 Anmerkungen zur Lösung von Coccolithen

Alle Aufbereitungsmethoden von Coccolithophoriden aus Sinkstoff-Fallenmaterial oder Sedimenten sollen ein möglichst unverfälschtes Abbild der Gemeinschaften erbringen. In der Winzigkeit der Coccolithen liegt aber die Schwierigkeit, einerseits gut quantifizierbare und reproduzierbare Präparate zu erzeugen und andererseits die ursprüngliche Gemeinschaft nicht oder nur gering zu verändern. Besonders Lösungsprozesse können innerhalb kurzer Zeit die Coccolithophoridengemeinschaft gravierend verändern bzw. ganz auflösen. Es ist dann schwer, natürliche Lösungserscheinungen, die während der Ablagerung entstanden sind, von sekundären, durch die Aufbereitung verursachten, zu unterscheiden. Hier soll anhand der Sedimentoberflächenprobe vom Aegir-Rücken (23411) die experimentelle Lösung einer Coccolithen-reichen Probe dargelegt werden.

Die normal aufbereitete Probe wird von *E. huxleyi* vor *C. pelagicus* dominiert (Abb. 10a). Durch die Verwendung von unzureichend gepuffertem Aqua<sub>demin</sub> werden die karbonatischen Bestandteile der Probe chemisch gelöst (Abb. 10b, c). Es zeigt sich, daß die

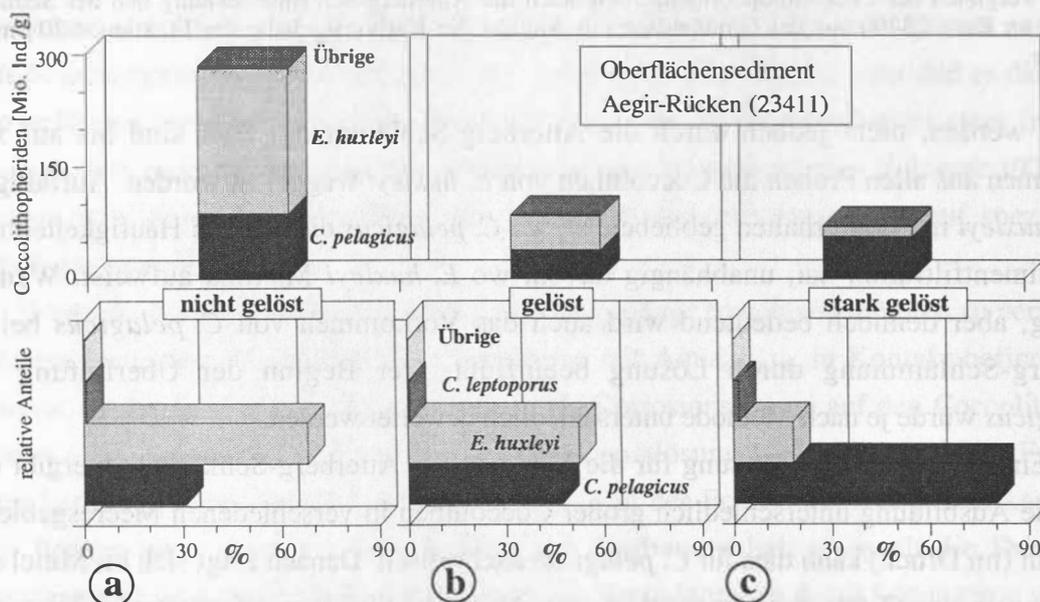


Abb. 10: Veränderung einer Coccolithophoridengemeinschaft durch künstliche Lösung im Labor hervorgerufen durch die Verwendung von absichtlich unzureichend gepuffertem Aqua<sub>demin</sub>.: a) nicht gelöste normal aufbereitete Probe, b) leicht gelöste Probe, c) stark gelöste Probe (Oberflächensediment, Aegir-Rücken: Kern 23411).

dominierende Art *E. huxleyi* selektiv vor der lösungsresistenteren Art *C. pelagicus* weggelöst und so eine drastische Änderung des Artenverhältnisses bewirkt wird (Abb. 10). Absolut gesehen verringert sich die Häufigkeit von *C. pelagicus* sogar kaum, sondern schwankt nahezu in der methodischen Fehlerspannweite. Im Extremfall werden so künstliche Gemeinschaften, bestehend aus nur noch einer Art, erzeugt. Andere, sonst sehr seltene Arten, wie *C. leptoporus*, können bei hoher Lösungsresistenz bis hin zu einer vermeintlichen Relevanz angereichert werden. Ist die Lösung schwach und wirkt über einen längeren Zeitraum, scheinen die lösungsresistenteren Arten erst nach dem Verschwinden der lösungsanfälligeren Arten gelöst zu werden.

In seltenen Fällen konnten derartig veränderte Gemeinschaften auch in den vorge-splitteten Fallenproben erkannt und teilweise durch die erneute Probenaufbereitung (sofern noch Material vorhanden war) ausgeglichen werden. Eine künstliche Beeinflussung wird häufig auch für den Probentopf aus dem jeweils ersten Sammelintervall der Sinkstoff-Fallen angenommen. Dort zeigen sich nach dem oben beschriebenen Muster nicht selten vom Trend abweichende absolute und relative Coccolithophoridenhäufigkeiten. Ungewöhnliche Artenverhältnisse kamen speziell in der Sinkstoff-Fallenverankerung OG 4/5 vor und sind in Abb. 18 durch ein "?" gekennzeichnet. Auch Samtleben und Bickert (1990) beobachteten ungewöhnlich niedrige Werte zu Beginn einer Fangperiode. Die Autoren vermuten einen Zusammenhang mit der Ausbildung eines Bakterienrasens, der die Reibung des Fangtrichters beeinflußt und einer davon abhängenden Verspätung in der Sammlung der Partikel. Möglich ist aber auch, daß hier Lösung eine Rolle spielt.

## 2.4 Stratigraphie und Akkumulation

### Sauerstoff-Isotopenmessungen

Für vier der untersuchten Sedimentkerne wurde die  $\delta^{18}\text{O}$ -Stratigraphie übernommen (Kern 23071: Vogelsang (1990); Kern 23259: Weinelt (1993); Kerne 23411 und 23414: Jung (unpubl.)). An Proben von den Kernen 23400 und 23424 wurden nach der Methodik von Vogelsang (1990) Messungen im  $^{14}\text{C}$ -Labor des Institutes für Reine und Angewandte Kernphysik der Universität Kiel an einem Finnigan MAT 251 Massenspektrometer durchgeführt. Dazu wurden ca. 30 Gehäuse der planktischen Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* (sin.) aus der Fraktion 125 - 250  $\mu\text{m}$  ausgelesen, mechanisch zerbrochen und in einem Methanolbad mit Ultraschall von Verschmutzungen gereinigt. Nur bei Kern 23414 vom Rockall-Plateau wurde die benthische Foraminifere *Cibicides wuellerstorfi* benutzt (Jung unpubl.). Als interner Standard wird Solnhofener Plattenkalk verwendet und auf PDB Standard umgerechnet.

AMS  $^{14}\text{C}$ -Datierungen

Zur absoluten Datierung der Sedimentkerne wurden Altersfixpunkte durch "Accelerator Mass Spectrometry" (AMS)  $^{14}\text{C}$ -Datierungen am Institut für Physik und Astronomie der Universität Aarhus durchgeführt. Zusätzlich wurden bereits vorhandene AMS Datierungen (Kern 23071: Vogelsang 1990; Kern 23259: Weinelt 1993) und von der Sauerstoffisotopenstratigraphie abgeleitete  $^{14}\text{C}$ -Alter (Analog-Alter) (Jung unpubl.) übernommen (Tab. 4). Für die Durchführung der Messungen wurden ca. 1500 Gehäuse der planktischen Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* (sin.) benötigt. Für einen direkten Vergleich mit terrestrischen Altern wurden die Werte um den marinen Reservoir-Effekt von 400 Jahren (Bard 1988), bzw. 550 Jahren für die Grönlandsee (Hjort 1973) korrigiert.

**Tab. 4:** Verwendete AMS  $^{14}\text{C}$ -Alter mit Reservoirkorrektur, Meßfehler und Quellenangabe sowie Analog-Alter für Kern 23414.

Kern-Nummer	Teufe	$^{14}\text{C}$ -Alter	Korrigiertes Alter	Meßfehler Jahre ( $\pm$ )	Quelle
23071-2	0,75 cm	2010	1610	70	diese Arbeit
	15 cm	7080	6680	120	Vogelsang (1990)
23071-3	85 cm	12950	12550	220	"
	92 cm	14000	13600	300	"
23259	20 cm	3820	3420	150	Weinelt (1993)
	30 cm	5960	5560	100	"
	55 cm	8860	8460	160	"
	99 cm	12360	11960	220	"
	120 cm	13510	13110	200	"
23400	0,5 cm	1040	490	130	diese Arbeit
	4,5 cm	1840	1290	60	"
	9,5 cm	3280	2730	80	"
	22 cm	6740	6190	120	"
	37 cm	10460	9910	140	"
23411	0,5 cm	2010	1610	70	diese Arbeit
	11,5 cm	4390	3990	90	"
	21,5 cm	7580	7180	90	"
	31,5 cm	10850	10450	110	"
23424	0,5 cm	330	rezent	75	diese Arbeit
	6 cm	1250	850	70	"
	9 cm	1800	1400	70	"
	18 cm	2820	2420	100	"
23414-7	0,5 cm	2485	2085	50	diese Arbeit
23414-9	35 cm	9100	Analog-Alter		Jung unpubl.
	40 cm	10400	"		"
	52,5 cm	13600	"		"
	60 cm	14800	"		"

## Umrechnung in Kalenderjahre

Durch den Vergleich von  $^{14}\text{C}$ -Altern mit dendrochronologischen, Warven- und Uran/Thorium- Altern wurden Zeiten mit erhöhter natürlicher  $^{14}\text{C}$ -Produktion, sogenannte " $^{14}\text{C}$ -Plateaus", nachgewiesen. Die  $^{14}\text{C}$ -Alter weichen in diesen Abschnitten um bis zu 3500

Jahre von den kalendarischen Altern ab (Bard et al. 1990; Stuiver et al. 1991). Um Verzerrungen bei der Berechnung von Akkumulationsraten zu vermeiden und den direkten Vergleich zu den Sinkstoff-Fallen zu ermöglichen, werden die <sup>14</sup>C-Alter daher in Kalenderjahre umgerechnet.

Nach dem von Winn et al. (1991) vorgeschlagenen Verfahren können in dem für diese Arbeit relevanten Zeitraum vier Wendepunkte für die Umrechnung von <sup>14</sup>C-Altern in Kalenderjahre genutzt werden:

9100 <sup>14</sup> C-Jahre	=	9800 Kalenderjahre
10400 <sup>14</sup> C-Jahre	=	12400 Kalenderjahre
13100 <sup>14</sup> C-Jahre	=	15100 Kalenderjahre
13200 <sup>14</sup> C-Jahre	=	16700 Kalenderjahre

Für alle Fixalter (<sup>14</sup>C-Alter und Analog Alter) können so Kalenderalter berechnet und linear inter- bzw. extrapoliert werden. Die in dieser Arbeit verwendeten Altersangaben werden als Kalenderjahre [J.v.h.] oder in seltenen Fällen als <sup>14</sup>C-Alter [<sup>14</sup>C J.v.h.] angegeben. Da die marine Isotopenstratigraphie keine weitere Unterteilung des Holozäns erlaubt, wird zum Vergleich die terrestrische Stratigraphie nach Mangerud et al. (1974) sowie eine Übersicht von <sup>14</sup>C-Altern und Kalenderjahren dargestellt (Abb. 11).

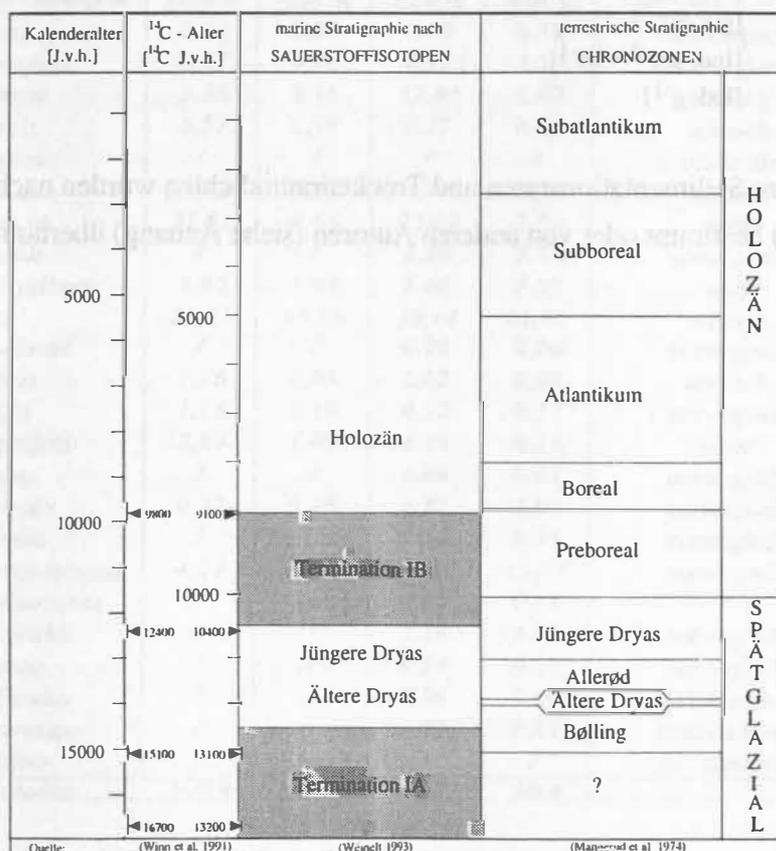


Abb. 11: Vergleich von mariner und terrestrischer Stratigraphie von Spätpleistozän und Holozän mit Angabe von <sup>14</sup>C-Alter und Kalenderalter (nach Schröder-Ritzrau 1994).

## Akkumulation

Die Bilanzierung des Coccolithophorideneintrags kann über die Berechnung der Akkumulation erfolgen. Damit ist auch ein Vergleich mit den Coccolithophoridenflüssen der Sinkstoff-Fallen möglich. Die Akkumulation wird aus der linearen Sedimentationsrate über die Bestimmung des Trockenvolumens unter Berücksichtigung der Trockendichte und der Porosität (Trockenraumdichte) berechnet (van Andel et al. 1975). Zusätzlich geht eine Dichtekorrektur von Meerwasser gegenüber Süßwasser in die Berechnung ein. Ausführliche Herleitungen mit einer Fehlerabschätzung finden sich u.a. bei Henrich (1992).

$$A_{\text{Gesamt}} = \text{LSR} * \text{DBD} \quad (6)$$

Aus der Gesamtakkumulation kann dann die Coccolithophoridenakkumulation berechnet werden:

$$A_{\text{Coccolithophoriden}} = \text{Coccolithophoriden} * A_{\text{Gesamt}} \quad (7)$$

$A_{\text{Gesamt}}$	$[\text{g} * \text{cm}^{-2} * \text{ky}^{-1}]$
LSR	$[\text{cm} * \text{ky}^{-1}]$
DBD	$[\text{g} * \text{cm}^{-3}]$
$A_{\text{Coccolithophoriden}}$	$[\text{Ind.} * \text{cm}^{-2} * \text{ky}^{-1}]$
Coccolithophoriden	$[\text{Ind.} * \text{g}^{-1}]$

Die Daten für lineare Sedimentationsraten und Trockenraumdichten wurden nach der Methode von Kassens (1990) bestimmt oder von anderen Autoren (siehe Anhang) übernommen.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Lebende Coccolithophoridengemeinschaften im Europäischen Nordmeer

##### 3.1.1 Beobachtete Arten

Untersuchungen am lebenden Plankton unterliegen der Einschränkung, daß durch die großen inter- und intraanuellen Fluktuationen kurzfristige Studien nur Stichproben darstellen können. Die Ergebnisse zu Vorkommen und Häufigkeiten aller im Europäischen Nordmeer beobachteten Arten (Tab. 5) können sich in diesem Fall auf 185 Proben aus sieben Jahren stützen und bieten daher die bislang umfangreichste verfügbare Datenbasis aus dem Europäischen Nordmeer. Dennoch ist das Probennetz weder flächendeckend, noch ist jede Jahreszeit gleichmäßig beprobt worden. Die hier verwendeten Daten stammen aus einem gemeinsamen Datenpool mehrerer Bearbeiter und wurden überwiegend bereits veröffentlicht (Kap. 2.1).

**Tab. 5:** Lebende Coccolithophoriden im Europäischen Nordmeer mit Angabe der ökologisch/ ozeanographischen Gruppenzugehörigkeit und physikalisch/chemischer Stabilitätscharakterisierung.

Gem. % = % an relativer Häufigkeit Sum. % = % an absoluter Häufigkeit	arktisch-polarer Bereich		atlantischer Bereich		Artengruppe (Samtleben et al. im Druck)	relative Stabilität (vgl. Kap. 2.1)
	Gem. %	Sum. %	Gem. %	Sum. %		
<i>Acanthoica aculeata</i>	0,02	0,07	0,68	0,18	norwegisch	-
<i>Acanthoica quattropsina</i>	0,07	0,48	2,91	3,19	norwegisch	-
<i>Algirosphaera robusta</i>	5,34	2,71	17,83	5,47	arktisch	-
<i>Alisphaera unicornis</i>	0,51	1,19	0,37	0,08	arktisch	- -
<i>Calcidiscus leptoporus</i>	/	/	/	/	nordatlantisch	+ +
<i>Calciopappus caudatus</i>	3,92	3,77	3,74	5,77	arktisch	- -
<i>Coccolithus pelagicus</i>	31,61	8,54	12,29	2,51	polar	+ +
* <i>Corisphaera gracilis</i>	/	/	1,58	0,72	norwegisch	- -
* <i>Crystallolithus hyalinus</i>	9,82	1,92	1,66	2,29	polar	- -
<i>Emiliana huxleyi</i>	33,61	69,58	38,44	61,96	arktisch	o
<i>Gephyrocapsa muelleriae</i>	/	/	0,09	0,04	norwegisch	+ +
<i>Ophiaster hydroideus</i>	1,76	0,03	2,02	0,98	arktisch	- -
<i>Papposphaera lepida</i>	1,78	0,10	0,22	0,17	norwegisch	- -
<i>Papposphaera sagitifera</i>	8,93	1,05	1,20	0,25	polar	- -
* <i>Sphaerocalyptra</i> sp.	/	/	0,08	0,01	norwegisch	- -
<i>Syracosphaera borealis</i>	0,37	0,75	0,82	2,03	norwegisch	-
<i>Syracosphaera corolla</i>	/	0,01	0,12	0,11	norwegisch	-
<i>Syracosphaera marginaporata</i>	4,17	9,79	12,53	13,09	norwegisch	-
<i>Syracosphaera mediterranea</i>	/	/	0,06	0,01	?	-
<i>Syracosphaera molischii</i>	/	/	2,58	0,91	norwegisch	-
<i>Syracosphaera nodosa</i>	/	/	0,64	0,12	norwegisch	-
<i>Syracosphaera orbiculus</i>	/	/	0,06	0,10	nordatlantisch	-
<i>Syracosphaera protrudens</i>	/	/	0,05	0,01	nordatlantisch	-
<i>Syracosphaera pulchra</i>	/	/	/	/	nordatlantisch	+
*=Holococcolithophoriden	99,91 %	99,99 %	99,97 %	100 %		

Mit insgesamt 19 Arten stellen die Heterococcolithophoriden den weitaus überwiegenden Teil an den Gemeinschaften (Tab. 5). Dagegen wurden nur drei Holococcolithophoriden

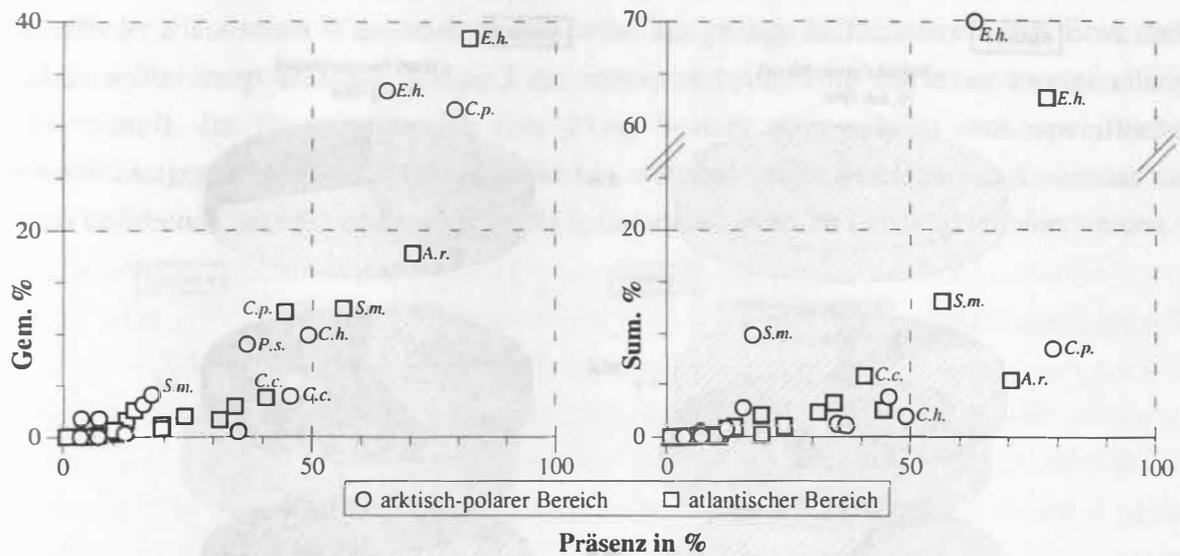
(einschließlich *C. hyalinus*) erkannt. Die Arten *Calcidiscus leptoporus* und *Syracosphaera pulchra* wurden bislang nicht als lebende Zellen, sondern nur als isolierte Coccolithen nachgewiesen. Auf Grund ihrer Bedeutung im Sinkstoff-Fallenmaterial und im Sediment werden sie aber zusätzlich aufgeführt.

Nur die fünf Arten *C. pelagicus*, *E. huxleyi*, *Gephyrocapsa muelleriae*, *C. leptoporus* und *S. pulchra* mit jeweils sehr unterschiedlichen ökologischen Präferenzen werden als mechanisch/chemisch intermediär bis stabil klassifiziert. Die Stabilität ist, als wichtige Voraussetzung für eine geologische Überlieferung, bei allen anderen Arten gering.

Allgemein dominiert *E. huxleyi* in beiden ozeanischen Bereichen. Bei dem stärker die Gemeinschaften betonenden Vergleich (Gem. %) ist diese Art mit über 30 % besonders im atlantischen Bereich die allein dominierende Form. Im arktisch-polaren Bereich ist *C. pelagicus* nahezu gleichbedeutend. Als Sum. % zeigt sich, daß mit dem Auftreten von *E. huxleyi* zumeist hohe Zelldichten erreicht werden, denn hier dominiert diese Art mit über 60 % in beiden Bereichen. Ähnliche Unterschiede zwischen Gem. % und Sum. % zeigen sich auch bei der Betrachtung der polaren Arten *C. pelagicus*, *C. hyalinus* und *Papposphaera sagittifera*. Nach den Gem. % bestimmen sie zusammen mit *E. huxleyi* die Gemeinschaften des arktisch-polaren Bereiches. Nach den Sum. % hingegen verlieren diese Arten an Bedeutung und treten hinter seltener auftretende, aber dann in größeren Häufigkeiten vorkommende Arten wie *Syracosphaera marginaporata* oder *Algirosphaera robusta* zurück. Es scheint sich folgendes Muster abzuzeichnen: Über längere Zeiträume eines Jahres bestimmen im arktisch-polaren Bereich typische Vertreter dieser Region in geringen Häufigkeiten die Gemeinschaften. Während relativ kurzer Zeiträume werden diese Gemeinschaften von Vergesellschaftungen abgelöst, die mit hohen Zelldichten unter Dominanz von *E. huxleyi* auftreten.

Unabhängig von der Darstellung nach Gem. % oder Sum. % weisen die meisten Arten eine Präferenz für den westlichen oder östlichen Bereich auf. Die Diversität ist dabei im atlantischen Bereich deutlich höher. Trotz der überwältigenden Dominanz von *E. huxleyi* in beiden Bereichen darf nicht übersehen werden, daß sich das Verhältnis zu *C. pelagicus* von 25 : 1 im atlantischen Bereich auf 8 : 1 im arktisch-polaren Bereich verringert.

Es stellt sich die Frage, inwieweit die vorgenommene Gruppierung in ozeanographische Bereiche (s.o.) von synökologischen Beziehungen innerhalb der lebenden Gemeinschaften beeinflußt wird. Ergibt sich eine gemeinsame Präsenz in den untersuchten Proben unabhängig von der Häufigkeit nach Gem. % oder Sum. %, so kann auf synökologische Beziehungen geschlossen werden. Es zeigt sich aber im Trend kein gemeinsames Vorkommen verschiedener Arten (Abb. 12). Trotz der allgemein genutzten Bezeichnung als Gemeinschaften besitzen die vorkommenden natürlichen Assoziationen von Coccolithophoriden keine ausgeprägte Gemeinschaftsstruktur. Es scheint sich demnach um bestimmte Mischungsverhältnisse von Arten in Abhängigkeit verschiedener ökologischer und physikalischer Parameter ohne synökologische Beziehungen zu handeln.



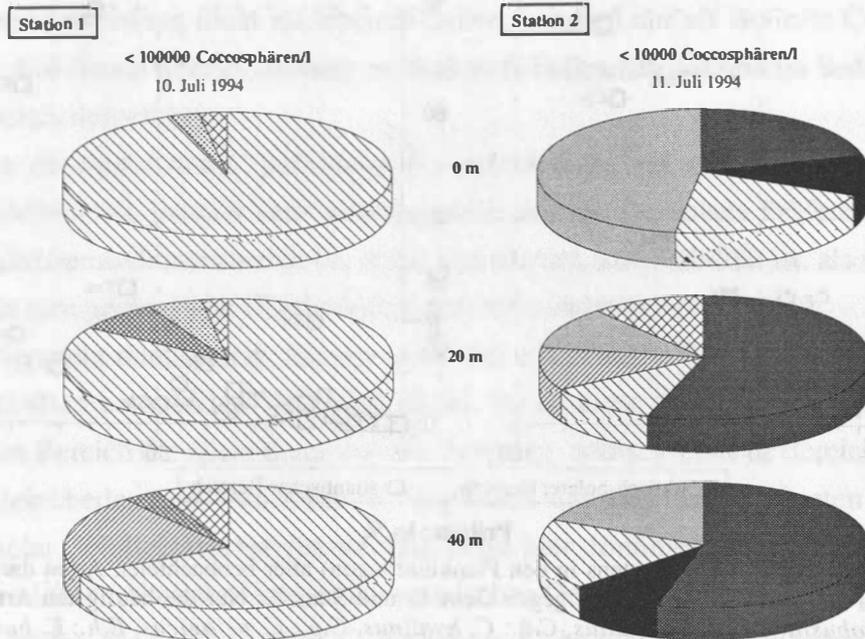
**Abb. 12:** Präsenz (Häufigkeit des Auftretens in den Planktonfängen) aller beobachteten Arten dargestellt für den arktisch-polaren und atlantischen Bereich gegen Gem. % und Sum. %. Nur die häufigsten Arten wurden markiert: A.r.: *A. robusta*, C.c.: *C. caudatus*, C.h.: *C. hyalinus*, C.p.: *C. pelagicus*, E.h.: *E. huxleyi*, P.s.: *P. sagittifera*, S.m.: *S. marginaporata*.

### 3.1.2 Variabilität der Gemeinschaften am Beispiel der Norwegensee

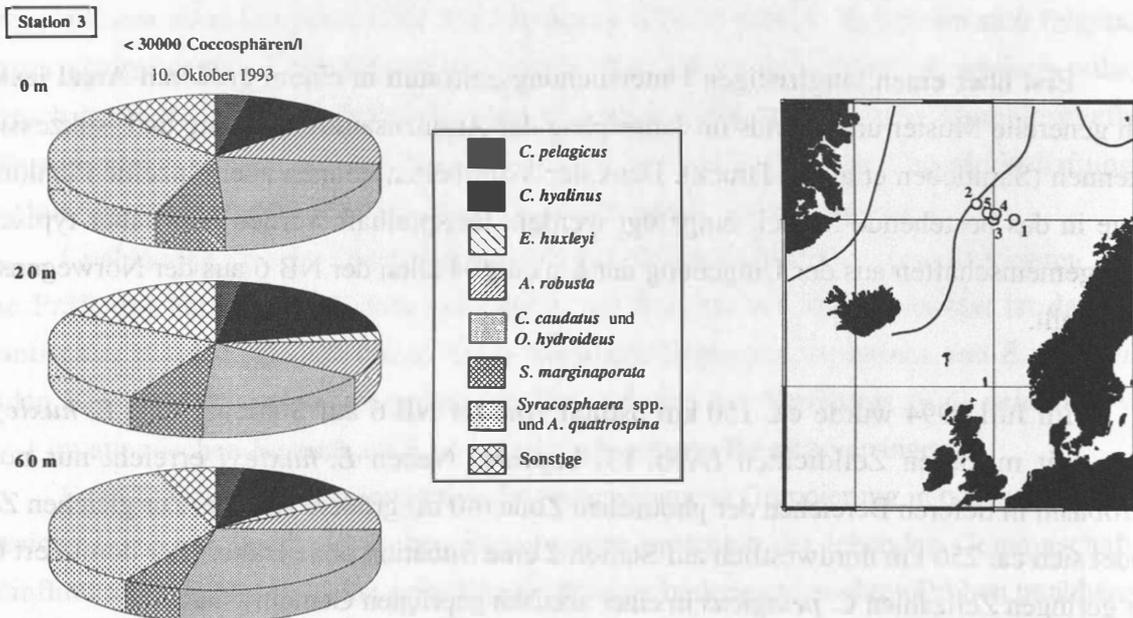
Erst über einen langfristigen Untersuchungszeitraum in einem größeren Areal lassen sich generelle Muster und Trends im Jahresgang der Artenzusammensetzung und -sukzession erkennen (Samtleben et al. im Druck). Dank der Vorarbeiten können aber einzelne Planktonfänge in das bestehende Modell eingefügt werden. Beispielhaft werden hier daher typische Artengemeinschaften aus der Umgebung der Sinkstoff-Fallen der NB 6 aus der Norwegensee vorgestellt.

Im Juli 1994 wurde ca. 150 km östlich von der NB 6 auf Station 1 eine *E. huxleyi*-Blüte mit mittleren Zelldichten (Abb. 13) beprobt. Neben *E. huxleyi* erreicht nur noch *A. robusta* in tieferen Bereichen der photischen Zone (40 m) größere Anteile. Zur gleichen Zeit findet sich ca. 250 km nordwestlich auf Station 2 eine Situation ohne Blüte. Hier dominiert bei nur geringen Zellzahlen *C. pelagicus* in einer arktisch geprägten Gemeinschaft.

Ein Beispiel für die Situation nach einer Blüte zeigt sich im Oktober 1993 auf Station 3 direkt an der Sinkstoff-Fallenposition (Abb. 14). Bis auf einen unbedeutenden Anteil ist *E. huxleyi* nicht mehr in der lebenden Gemeinschaft vertreten. Die Zellzahlen erreichen nur niedrige bis mittlere Dichten, und es besteht keine Dominanz einer einzelnen Art. Stattdessen zeigt sich eine hohe Diversität, in der sowohl warmadaptierte Arten der Gattung *Syracosphaera*, als auch der kaltadaptierte *C. pelagicus* nebeneinander vorkommen.



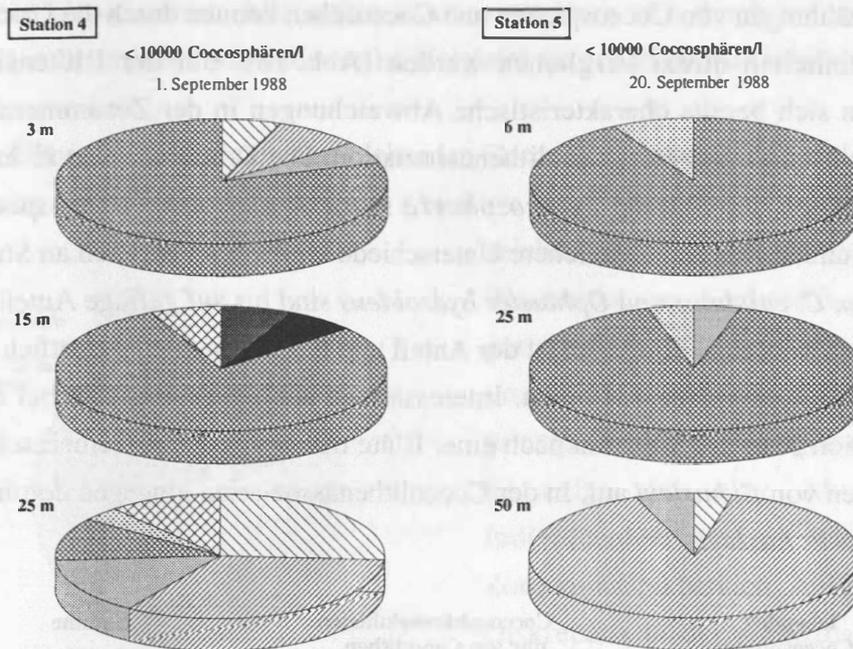
**Abb. 13:** Artenzusammensetzung der lebenden Coccolithophoridengemeinschaften von zwei Stationen aus der Norwegensee. Für jede Station sind jeweils die Zählergebnisse aus drei Wassertiefen dargestellt (Legende und Lokation siehe Abb. 14).



**Abb. 14:** Artenzusammensetzung der lebenden Coccolithophoridengemeinschaften an Station 3 aus drei Wassertiefen in der Norwegensee und Lokationskarte der Stationen 1 bis 5 (vgl. Abb. 3).

In Abb. 15 ist mit dem September 1988 ein Beispiel für eine Artensukzession innerhalb eines Monats an derselben Lokation dargestellt. Station 4 repräsentiert wahrscheinlich die Situation nach einer Blüte. Größere Anteile von *E. huxleyi* werden nur noch in tieferen Bereichen (25 m) der beprobten photischen Zone angetroffen. Im Oberflächenwasser dominiert

bereits *S. marginaporata*. Sie gilt als typische Art für Herbst- und Wintergemeinschaften innerhalb der atlantischen Wassermassen. Es werden nur geringe Zelldichten erreicht. Etwa drei Wochen später zeigt sich auf Station 5 ein fortentwickeltes Bild mit einer zweigeteilten Gemeinschaft. Im flachen Bereich (bis 25 m) besteht eine nahezu monospezifische Herbst/Wintergemeinschaft mit *S. marginaporata*, während tiefere Bereiche von *A. robusta* als typisch tiefliebende Art (Knappertsbusch 1993 b; Samtleben et al. im Druck) dominiert werden.



**Abb. 15:** Artzusammensetzung der lebenden Coccolithophoridengemeinschaften von zwei Stationen aus der Norwegensee. Für jede Station sind jeweils die Zählergebnisse aus drei Wassertiefen dargestellt (Legende und Lokation siehe Abb. 14).

Die unterschiedliche Ausbildung der Gemeinschaften in enger räumlicher und zeitlicher Abfolge in einem begrenzten Gebiet unterstreicht die hohe Variabilität des Phytoplanktons. Man kann davon ausgehen, daß jede der dargestellten Proben Teil des wiederkehrenden saisonalen Musters eines Jahresganges ist. Auffällig ist, daß die Coccolithophoridengemeinschaften innerhalb der oberen durchmischten Schicht im allgemeinen sehr homogen aufgebaut sind. Nur in tieferen Bereichen und häufig unterhalb der Temperatursprungschicht kann eine abweichende Gemeinschaft unter Dominanz von *A. robusta* ausgebildet sein.

### Paläontologische Betrachtung der Planktongemeinschaften

Lebende Coccosphären stellen nur einen Teil des Erscheinungsbildes von Coccolithophoriden in der Wassersäule dar. Unterhalb von etwa 500 m Wassertiefe kommen hauptsächlich isolierte Coccolithen vor, während intakte Zellen nur noch selten zu finden sind. Bereits in

der photischen Zone können Coccolithen, bzw. daraus berechnete Coccosphäreinheiten, bedeutende Anteile am Gesamtvorkommen erreichen. Unter der Annahme, daß filtrierende Organismen innerhalb einer bestimmten Partikelgröße potentielle Futterpartikel nicht mehr selektieren, können auch isolierte Coccolithen ingestiert und in Kotpillen verpackt werden. Damit können nicht nur die lebenden Coccolithophoridengemeinschaften, sondern auch die Coccolithenassoziationen eine geologisch-paläontologische Relevanz erreichen.

Parallelzählungen von Coccosphären und Coccolithen können durch die Umrechnung in Coccosphäreinheiten direkt verglichen werden (Abb. 16). Bei der Blütensituation an Station 1 zeigen sich bereits charakteristische Abweichungen in der Zusammensetzung der lebenden Gemeinschaft und der Coccolithenassoziation. Die Dominanz von *E. huxleyi* wird verstärkt, weil Arten der Gattung *Syracosphaera* sowie *Acanthoica quattrosphaera* nicht als Coccolithen gefunden wurden. Deutlichere Unterschiede ergibt der Vergleich an Station 2. Die Arten *A. robusta*, *C. caudatus* und *Ophiaster hydroideus* sind bis auf geringe Anteile unter den Coccolithen kaum vertreten. Hingegen ist der Anteil von *E. huxleyi* wieder deutlich größer und mit *C. hyalinus* tritt eine neue Art hinzu. Interessant ist auch der Vergleich bei dem dritten Beispiel an Station 3. In der Situation nach einer Blüte tritt eine diverse Gemeinschaft mit nur geringen Anteilen von *E. huxleyi* auf. In der Coccolithenassoziation hingegen dominieren noch Coccolithen von *E. huxleyi*.

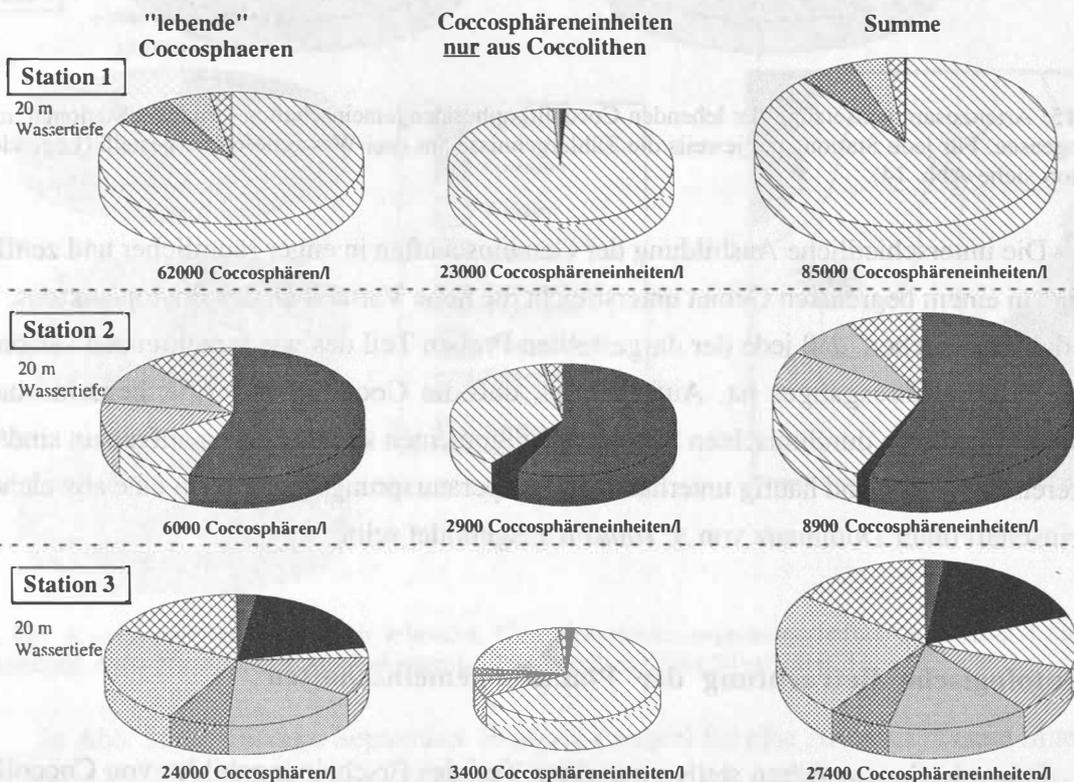
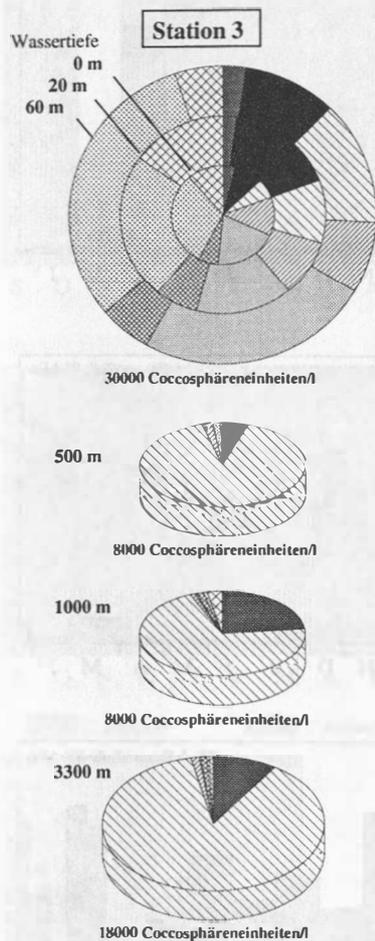


Abb. 16: Vergleich der Häufigkeit der "lebenden" Coccosphären mit dem Anteil isolierter Coccolithen, dargestellt als Coccosphäreinheiten für Station 1 bis 3 (Legende und Lokation siehe Abb. 14).

In den meisten Fällen sind die Coccolithophoridenhäufigkeiten aus Coccolithenanzahlen deutlich geringer als die aus "lebenden" Coccosphären bestimmten Mengen. Dennoch wird das Gesamterscheinungsbild besonders durch das häufige Vorkommen isolierter *E. huxleyi* Coccolithen beeinflusst. Auffällig ist auch, daß die Coccolithen der Arten, die im Sinkstoff-Fallenmaterial und in Sedimenten die Gemeinschaften dominieren, auch die Assoziationen der isolierten Coccolithen bereits in der photischen Zone bestimmen. Neben *E. huxleyi* ist dies insbesondere *C. pelagicus*. Alle anderen Arten zeichnen sich durch tendenziell geringere Anteile an den Coccolithenassoziationen im Vergleich zu den lebenden Gemeinschaften aus.

Der Übergang vom Bereich mit lebenden Coccosphären zum Sinkbereich mit dem Vorherrschen von Coccolithen ist durch eine Abnahme in der Coccolithophoridenanzahl gekenn-



**Abb. 17:** Beispiel von Coccolithophoridengemeinschaften aus dem Lebend- und Sinkbereich anhand von Station 3 (Legende und Lokation siehe Abb. 14).

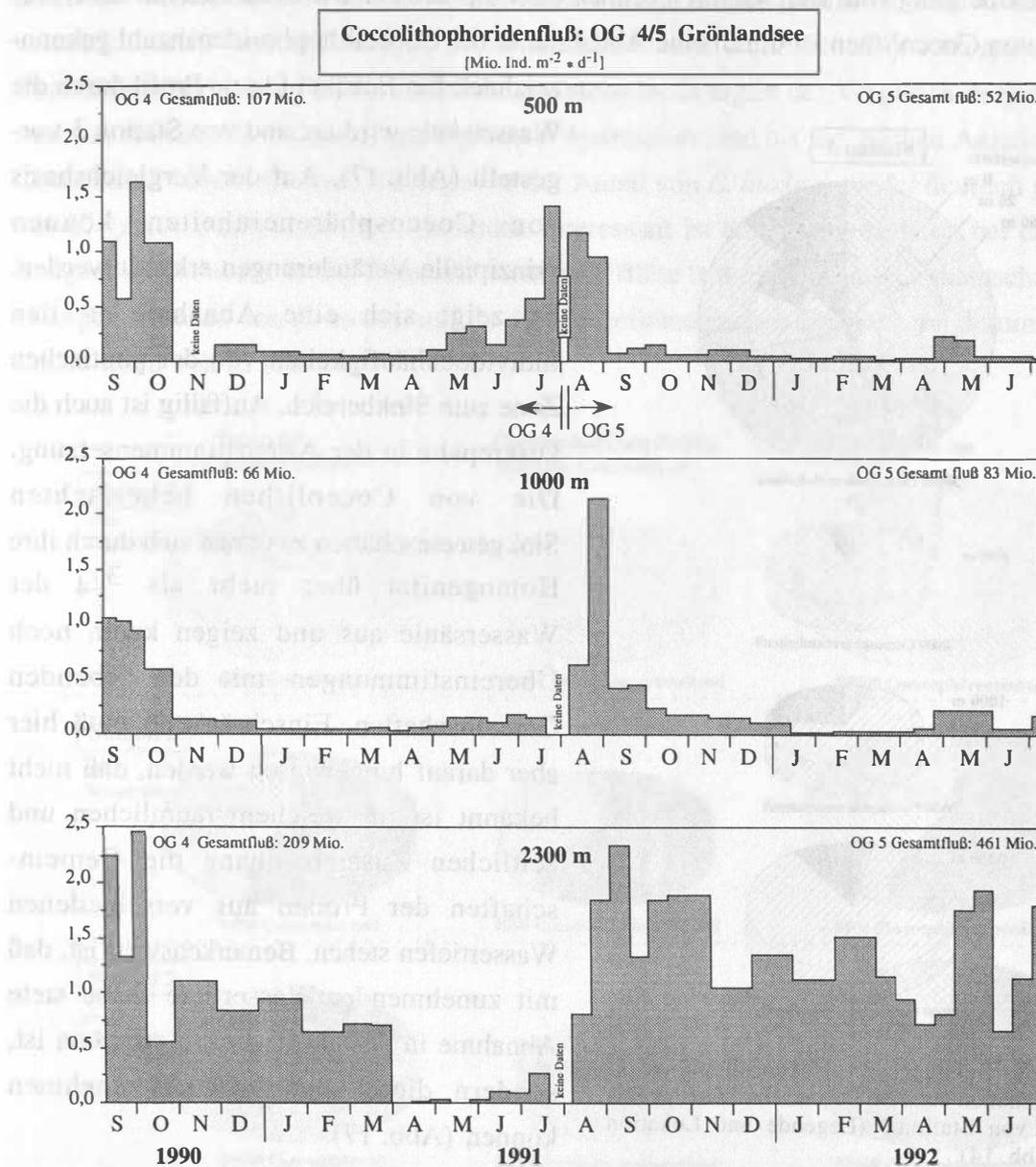
zeichnet. Ein Beispiel für ein Profil durch die Wassersäule wird anhand von Station 3 vorgestellt (Abb. 17). Auf der Vergleichsbasis von Coccosphäreinheiten können prinzipielle Veränderungen erkannt werden. Es zeigt sich eine Abnahme in den Individuenhäufigkeiten von der photischen Zone zum Sinkbereich. Auffällig ist auch die Diskrepanz in der Artenzusammensetzung. Die von Coccolithen beherrschten Sinkgemeinschaften zeichnen sich durch ihre Homogenität über mehr als  $\frac{3}{4}$  der Wassersäule aus und zeigen kaum noch Übereinstimmungen mit den lebenden Gemeinschaften. Einschränkend muß hier aber darauf hingewiesen werden, daß nicht bekannt ist, in welchem räumlichen und zeitlichen Zusammenhang die Gemeinschaften der Proben aus verschiedenen Wassertiefen stehen. Bemerkenswert ist, daß mit zunehmender Wassertiefe keine stete Abnahme in den Häufigkeiten zu sehen ist, sondern diese sogar wieder zunehmen können (Abb. 17).

### 3.2 Sedimentation von Coccolithophoriden

#### 3.2.1 Grönlandsee: Sinkstoff-Fallen der Verankerung OG 4/5 (1990 - 1992)

##### 3.2.1.1 Gesamtfluß und Artenverhältnisse

Der Coccolithophoridenfluß in der OG 4/5 500 m unterliegt einer ausgeprägten Saisonalität (Abb. 18). Vom Beginn der Sammlerperiode reichen hohe Coccolithophoridenflüsse bis in den Oktober 1990 hinein. Im Winter und Frühjahr sind nur geringe, aber durch



**Abb. 18:** Coccolithophoridenflüsse der Sinkstoff-Fallen von OG 4 und OG 5 aus der Grönlandsee aus 500, 1000 und 2300 m Wassertiefe.



seltene Ausnahmen ohne Bedeutung für den Gesamtfluß. Im Jahr darauf dominiert *C. hyalinus* die Gemeinschaft während des Flußmaximums im Juli und August 1991, gefolgt von *E. huxleyi* und *C. pelagicus*. Im Frühjahr scheint *E. huxleyi* tendenziell höhere Anteile zu erreichen, während *C. pelagicus* die Wintergemeinschaften prägt. *Crystallolithus hyalinus* ist ganzjährig zu beobachten, hat aber seine größten Anteile im Sommer und Herbst.

Sowohl die Flüsse als auch die Artenverhältnisse zeigen für sich allein betrachtet ein konsistentes Bild mit einer periodischen Wiederkehr der Ereignisse und Artenvergesellschaftungen. Übereinstimmungen in der saisonal fluktuierenden Coccolithophoridensedimentation müssen aber nicht zwangsläufig mit der Sukzession der Artenvergesellschaftung des lebenden Planktons korrelieren.

In 500 m Tiefe beträgt der Jahresgesamtfluß für die OG 4 107 Mio. und für die OG 5 52 Mio. Individuen  $\text{m}^{-2} \text{y}^{-1}$ . Über den gesamten Zeitraum betrachtet ergibt sich ein jährliches Mittel von 80 Mio. Individuen  $\text{m}^{-2} \text{y}^{-1}$ . Dieses entspricht ziemlich genau dem Fluß für das Kalenderjahr 1991 von 88 Mio. Individuen  $\text{m}^{-2} \text{y}^{-1}$ .

In **1000 m Wassertiefe** entsprechen der saisonale Sedimentationsverlauf und die Artenzusammensetzung denen in 500 m Tiefe (Abb. 18/19). Der Zeitversatz in der Coccolithophoridensedimentation beträgt nach dem Sedimentationsmaximum im Sommer 1991 ca. zwei Wochen. Auf Grund der starken Übereinstimmung kann auch der Rückschluß auf die fehlende Novemberprobe in 500 m Wassertiefe gezogen werden. Es ist wahrscheinlich, daß ebenso wie im Herbst 1991 der Rückgang im Coccolithophoridenfluß auch im Herbst 1990 ebenfalls sehr abrupt stattgefunden hat.

Der Jahresgesamtfluß beträgt für die OG 4 66 und für die OG 5 83 Mio. Individuen  $\text{m}^{-2} \text{y}^{-1}$ . Durch den Zeitversatz in der Partikelsedimentation ergibt sich für die OG 4 eine Abnahme und für die OG 5 eine Zunahme im Jahresgesamtfluß. Im Jahresmittel aus beiden Fallen (75 Mio.) bzw. für das Kalenderjahr 1991 (84 Mio.) zeigt sich hingegen im Vergleich zur Falle in 500 m Wassertiefe ein sehr ähnlicher Gesamtfluß mit einer insgesamt nur geringen Abnahme.

In den bodennahen Sinkstoff-Fallen in **2300 m Tiefe** wird das Sedimentationsmuster durch allgemein erhöhte Flüsse überprägt (Abb. 18). Die Saisonalität aus den flachhängenden Fallen ist durch die Flußmaxima im Herbst 1990 und Spätsommer 1991 mit einem Zeitversatz von zwei bis drei Wochen nur bedingt wiederzuerkennen. Die deutliche Erhöhung des Flusses kann auf lateral advektiertes Material zurückgeführt werden. Das Vorkommen von Schwammnadeln sowie benthischen Foraminiferen zeigt dabei den lateralen Eintrag auch von resuspendiertem Material an. Obwohl das Bild der tiefhängenden Fallen überwiegend von erhöhten Flüssen gekennzeichnet ist, werden im Zeitraum April bis Mai 1991 nur sehr geringe Werte erreicht. Die laterale Advektion von Coccolithophoriden-reichem Material hat demnach für den

beobachteten Zeitraum einen bestimmenden Einfluß, ist aber kein ständiges, sondern ein episodisches Phänomen.

Die Überprägung der Saisonalität zeigt sich auch in den Artenverhältnissen (Abb. 19). *Emiliana huxleyi* und *C. pelagicus* dominieren die Gemeinschaft zu annähernd gleichen Anteilen gleichförmig über die Jahreszeiten die Gemeinschaften. Die Hauptsedimentationsereignisse sind nur noch durch die, im Vergleich zu den flachhängenden Fallen, deutlich geringeren Anteile von *C. hyalinus* zu identifizieren; andere Arten treten noch stärker zurück. Auffällig ist, daß die Anteile von *E. huxleyi* in 2300 m Wassertiefe verdoppelt sind.

Der Jahresgesamtfluß ist mit 209 Mio. für die OG 4 und 461 Mio. Individuen  $m^{-2} y^{-1}$  für die OG 5 um das Zwei- bzw. Achtfache zu den Fallen in 500 m Tiefe erhöht. Das Kalenderjahr 1991 zeigt, bedingt durch die extrem niedrigen Flußwerte im April und Mai, eine geringere Erhöhung auf 321 Mio. bzw. das 3,6-fache des Kalenderjahres der 500 m Tiefe. Das jährliche Mittel aus dem gesamten Verankerungszeitraum ist um das 4,2-fache erhöht.

Es zeigt sich, daß der Vergleich von den Gesamtflüssen der Fallen einer Verankerung mißverständlich sein kann, da durch den Zeitversatz der absinkenden Partikel, speziell wenn die Flußmaxima kurz vor oder nach dem Sammelzeitraum liegen, stark schwankende Gesamtflüsse resultieren können. Es ist daher in jedem Fall sinnvoll und erstrebenswert, längerfristige Zeiträume oder biologische Jahre zu vergleichen.

### 3.2.1.2 Flüsse ausgewählter Arten

Im Sinkstoff-Fallenmaterial aus der Grönlandsee wurden insgesamt 18 Coccolithophoridenarten erkannt (Tab. 6). Von denen dominieren aber nur drei (*C. pelagicus*, *C. hyalinus*, *E. huxleyi*) die Gemeinschaften in allen Fallentiefen bis über 97 %.

Der Erhaltungszustand der Arten im Fallenmaterial ist sehr unterschiedlich. Während *E. huxleyi* nur in Ausnahmefällen als intakte Coccosphäre vorkommt, ist im Gegensatz dazu der Anteil isolierter Coccolithen von *C. hyalinus* vernachlässigbar klein (Tab. 6). Intakte Coccosphären sind aber auch hier selten und treten hinter kompaktierten *C. hyalinus*-Aggregaten zurück (Kap. 2.2.1; Taf. 2, Abb. 2c, d). Auch bei *C. pelagicus* wird der Fluß von isolierten Coccolithen beherrscht, obwohl Coccosphären häufig zu beobachten sind. Bis auf *A. robusta* kommen alle anderen Arten nur als isolierte Coccolithen vor. Mit zunehmender Wassertiefe verringert sich die Bedeutung von Coccosphären für den Coccolithophoridenfluß.

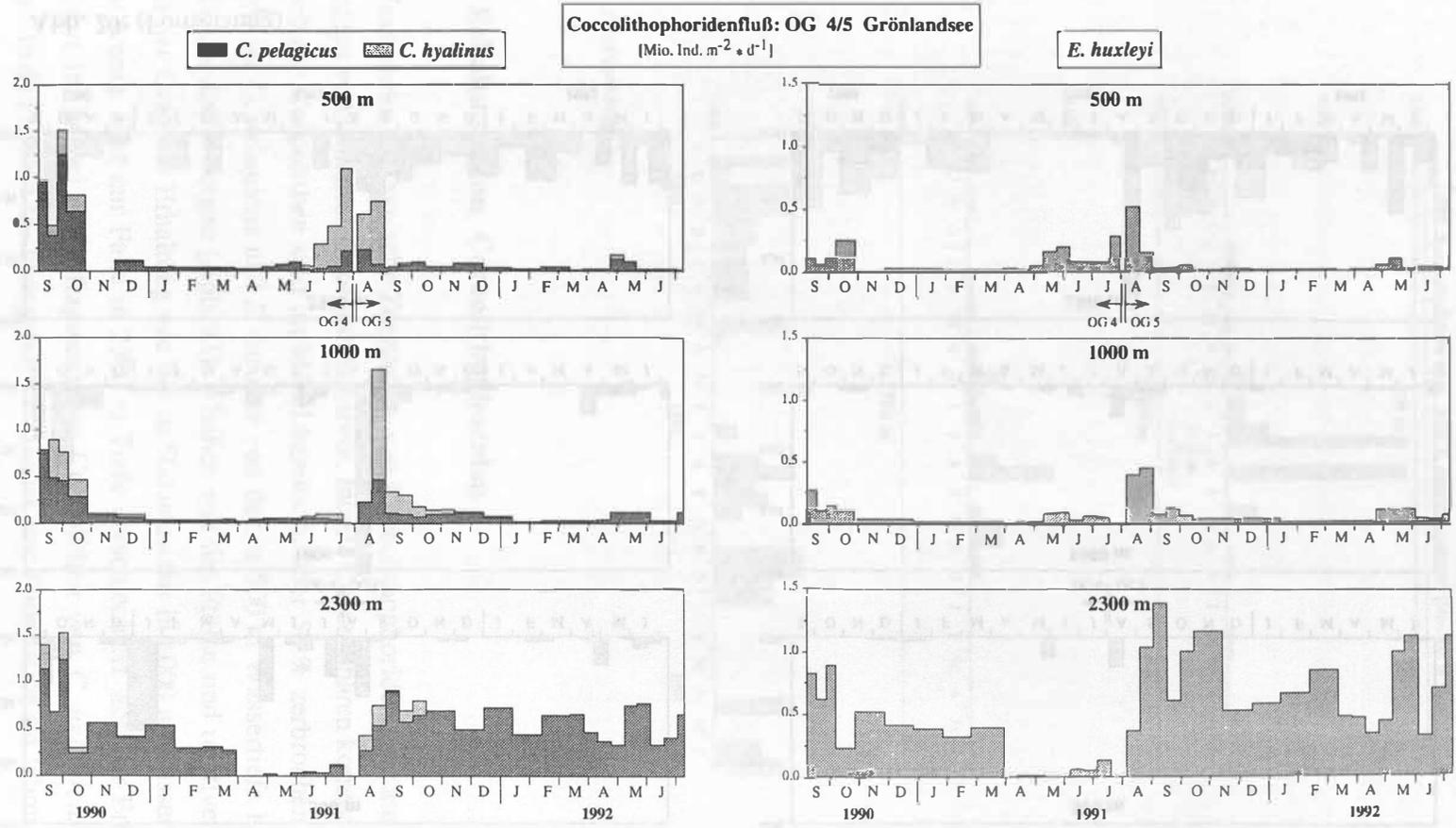
Die Flüsse von *C. pelagicus* und *E. huxleyi* bestimmen das Muster des Gesamtflusses (Abb. 20). Beide Arten zeigen ähnliche Flüsse in 500 und 1000 m Tiefe sowie eine deutliche Erhöhung zur bodennahen Falle in 2300 m Wassertiefe. Die Korrelation der Flüsse kann als Hinweis auf identische Transportprozesse gewertet werden. Während sich der Fluß von *C. pelagicus* ebenso wie der Gesamtfluß über den Verankerungszeitraum von OG 4 und

OG 5 um das Vierfache erhöht, wird *E. huxleyi* um mehr als das Achtfache angereichert. Hingegen erfährt *C. hyalinus* als einzige Art eine Verringerung um das 2,8-fache (Abb. 20) und kann damit als Anzeiger für die vertikale Flußkomponente gewertet werden. Diese Art weist die ausgeprägteste Saisonalität von allen Arten auf. Auffällig ist, daß *C. pelagicus* über den gesamten Sammelzeitraum der OG 5 sowie auch den größten Teil der OG 4 Flußwerte nicht über 0,25 Mio. Individuen  $m^{-2} d^{-1}$  in der 500 m Tiefe erreicht. Stattdessen dominiert mit bis 1 Mio. Individuen  $m^{-2} d^{-1}$  die motile Phase während der Gesamtflußmaxima. Nur zu Beginn des Sammelzeitraumes der OG 4 zeigen sich Flußmaxima von *C. pelagicus* mit über 1,2 Mio. Individuen  $m^{-2} d^{-1}$ , während gleichzeitig *C. hyalinus* vergleichsweise geringe Flußwerte aufweist. Es scheint sich damit ein episodisch/periodischer Wechsel im Vorkommen beider Lebensphasen abzuzeichnen.

**Tab. 6:** Arten der Sinkstoff-Fallen der Grönlandsee mit Angabe der relativen Anteile am Jahresfluß pro Verankerungszeitraum. Zusätzlich ist der % Anteil intakter Coccosphären am Fluß der Arten aufgelistet.

(% pro Sammelzeitraum)	OG 4			OG 5			OG 4/5		
	500m	1000m	2300m	500m	1000m	2300m	500m	1000m	2300m
<i>Acanthoica quattrosolina</i>	0,01	0,10	0,03	-	-	0,01	0	0	0
<i>Algirosphaera robusta</i>	0,92	1,09	0,39	0,70	0,93	0,42	23,9	23,4	0
<i>Alisphaera unicornis</i>	0,01	-	-	-	-	-	0	0	0
<i>Calcidiscus leptoporus</i>	0,14	0,12	0,83	0,26	0,18	0,55	0	0	0
<i>Calciopappus caudatus</i>	0,30	0,37	0,09	-	0,06	0,03	0	0	0
<i>Coccolithus pelagicus</i>	50,02	51,23	49,17	37,66	35,64	42,01	24,8	19,4	6,9
<i>Corisphaera gracilis</i>	0,09	0,10	0,15	-	-	-	0	0	0
<i>Crystallolithus hyalinus</i>	25,93	21,05	3,47	30,25	31,72	2,02	97,9	93,2	92,1
<i>Emiliana huxleyi</i>	22,33	25,48	45,10	30,76	30,99	54,36	1,4	0	0
<i>Gephyrocapsa muelleriae</i>	-	0,18	0,52	0,01	0,26	0,48	0	0	0
<i>Papposphaera lepida</i>	0,04	0,04	0,01	-	-	-	0	0	0
<i>Papposphaera sagittifera</i>	0,01	0,01	-	-	-	-	0	0	0
<i>Syracosphaera borealis</i>	0,01	0,02	0,02	0,09	0,02	0,02	0	0	0
<i>Syracosphaera corolla</i>	0,01	-	0,01	-	-	-	0	0	0
<i>Syracosphaera marginap.</i>	0,01	0,04	0,04	-	-	-	0	0	0
<i>Syracosphaera mediter.</i>	0,02	-	-	0,002	0,04	0,03	0	0	0
<i>Syracosphaera molischii</i>	0,07	-	0,01	0,26	0,07	0,01	0	0	0
<i>Syracosphaera pulchra</i>	0,01	0,02	0,10	0,01	0,02	0,05	0	0	0
<i>Syracosphaera spp.</i>	0,08	0,08	0,03	-	0,05	-	0	0	0
umgel. fossile Arten	-	-	0,02	-	-	-	0	0	0

Die größte Anreicherung erfahren *G. muelleriae* und *C. leptoporus* mit über 15-facher Flußerhöhung von 500 m zu 2300 m Wassertiefe (Abb. 20). Beide Arten sind nur in Ausnahmefällen in 500 m Tiefe zu beobachten, kommen aber in der bodennahen Falle regelmäßig vor. *Algirosphaera robusta* sowie die Arten der Gattung *Syracosphaera* kommen ganzjährig in 500 m Tiefe vor, haben aber ihre größten Häufigkeiten während der allgemeinen Flußmaxima (Abb. 20). Zu den bodennahen Fallen erhöhen sich die Flüsse mäßig um das Zwei- bis Dreifache.



**Abb. 20:** Flüsse wichtiger Coccolithophoridenarten der Sinkstoff-Fallen von OG 4 und OG 5 aus der Grönlandsee aus 500, 1000 und 2300 m Wassertiefe.

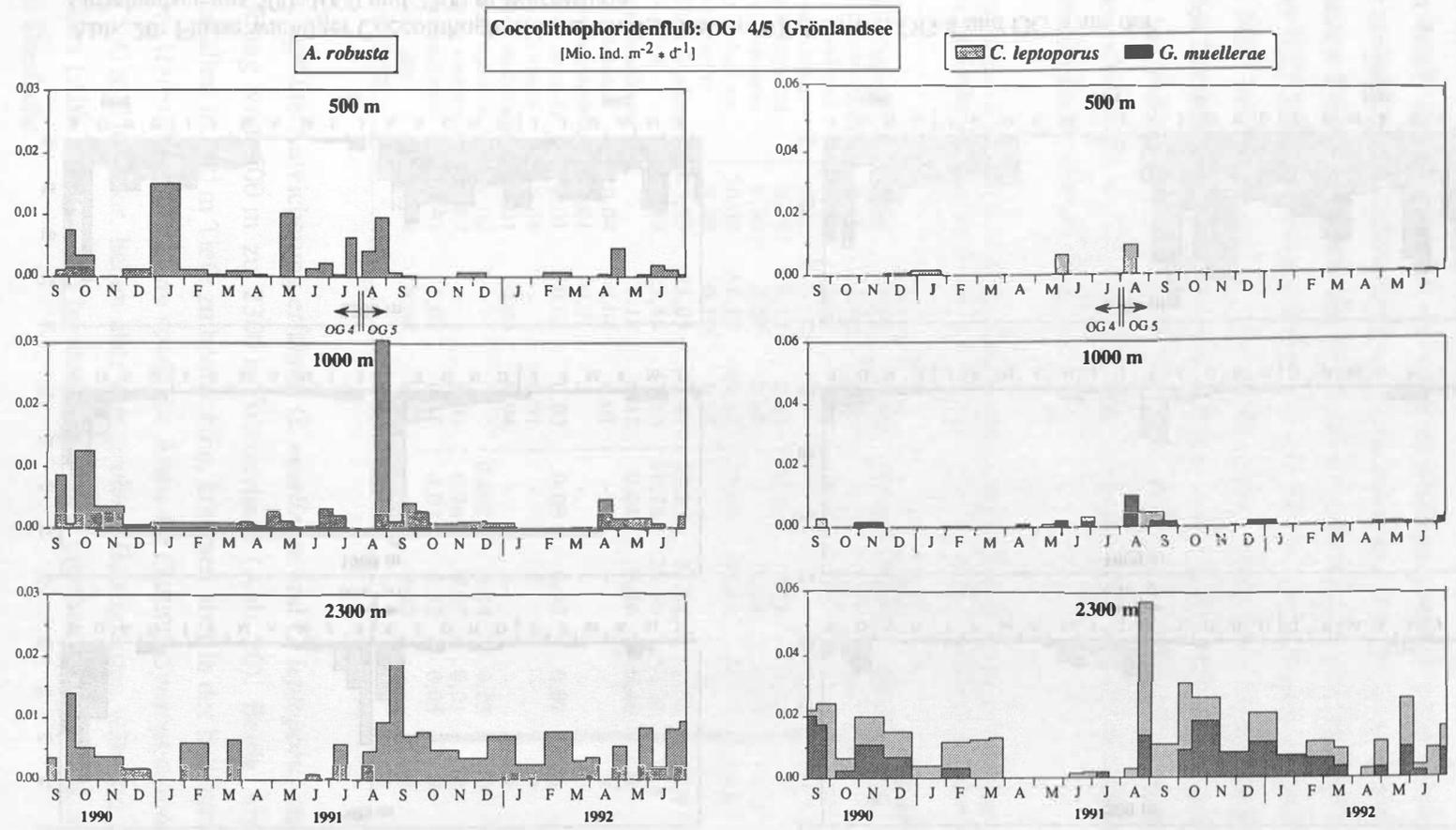


Abb. 20: (Fortsetzung)

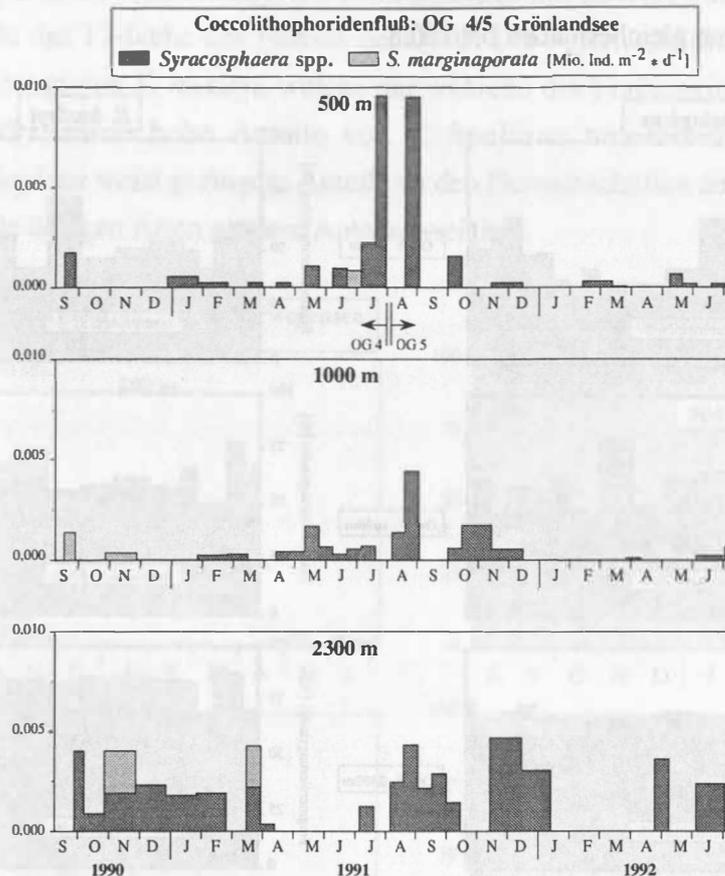
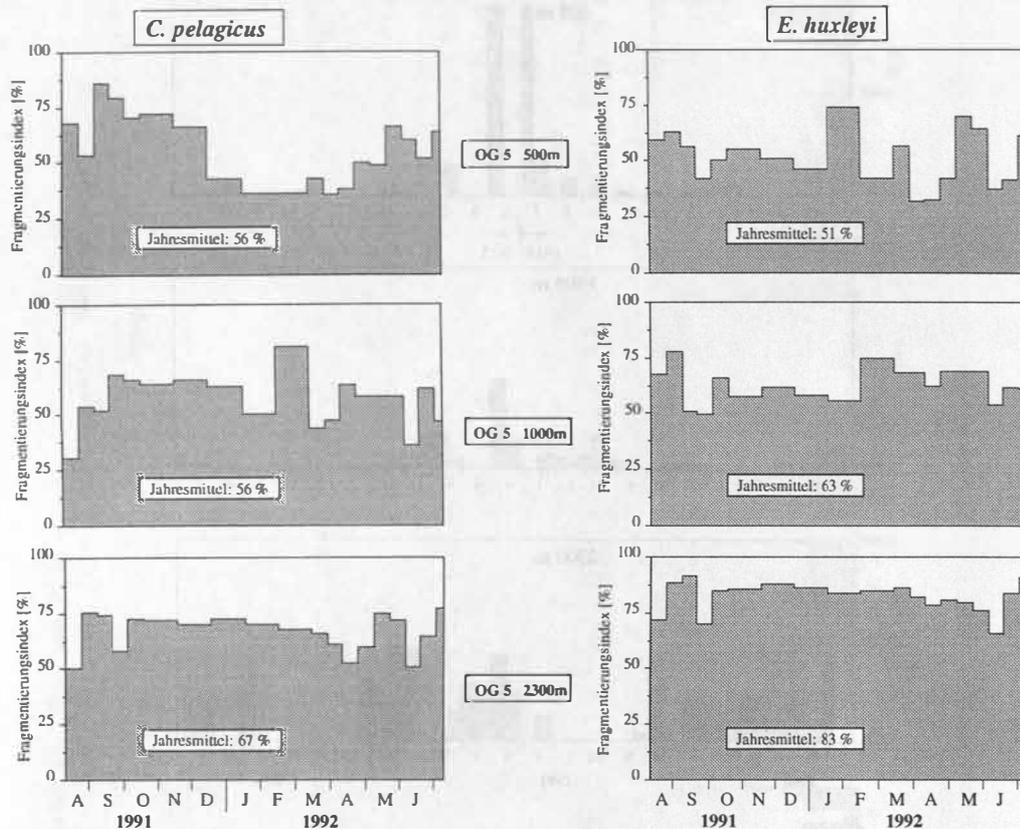


Abb. 20: (Fortsetzung)

### 3.2.1.3 Erhaltung von Coccolithophoriden

Eine starke mechanische Zerstörung von Coccolithophoriden geht aus dem deutlichen Vorherrschen von isolierten Coccolithen hervor. Intakte Coccoosphären kommen nur selten vor. Doch auch die Coccolithen sind im Mittel bereits zu über 50 % zerbrochen, wie die Untersuchungen an *C. pelagicus* und *E. huxleyi* von der in 500 m Wassertiefe hängenden Sinkstoff-Falle der OG 5 zeigen (Abb. 21). Ähnlich wie die Flüsse und relativen Anteile ändert sich auch der Grad der Erhaltung von der in 500 m zu der in 1000 m Wassertiefe hängenden Falle nur wenig. Erst zur Falle in 2300 m Tiefe verschlechtert sich der Erhaltungszustand deutlich auf im Mittel 67 % fragmentierte Coccolithen von *C. pelagicus* und 83 % von *E. huxleyi*. In den beiden flachhängenden Fallen ist eine Fluktuation im Jahresgang, besonders für *C. pelagicus*, deutlich ausgeprägt, ohne jedoch in einem erkennbaren Zusammenhang zur Jahreszeit oder zu Quantitäten zu stehen. In 2300 m Tiefe zeigt sich hingegen eine Nivellierung der Erhaltungszustände über den Sammelzeitraum sowie eine Korrelation im Fragmentierungs-

grad von *C. pelagicus* und *E. huxleyi*. Auch hier kann daher auf Prozesse geschlossen werden, die beide Arten gleichermaßen betreffen.



**Abb. 21:** Darstellung des Anteils fragmentierter Coccolithen von *C. pelagicus* und *E. huxleyi* von den Sinkstoff-Fallen der OG 5 in 500, 1000 und 2300 m Wassertiefe.

Im Gegensatz zum ansteigenden Grad der mechanischen Fragmentierung mit größerer Wassertiefe konnte keine Zunahme in der Anzahl der angelösten Coccolithen festgestellt werden. Der Lösungsindex ist generell sehr gering und liegt im Mittel für die flachhängenden Fallen bei 6 % und für die bodennahe Falle sogar nur bei 3 % angelösten Coccolithen.

### 3.2.2 Norwegensee: Sinkstoff-Fallen der Verankerung NB 6 (1991 - 1992)

#### 3.2.2.1 Gesamtfluß und Artenverhältnisse

Der Coccolithophoridenfluß der Falle in **500 m Wassertiefe der NB 6** unterliegt, sehr ähnlich wie die zeitgleiche Falle der OG 5 aus 500 m Wassertiefe, einer ausgeprägten Saisonalität. Es zeigen sich hohe Flüsse im Spätsommer und Herbst 1991, eine Winterminimumphase und wieder ansteigende Werte im Mai des darauffolgenden Jahres (Abb. 22). Im Gegensatz zur Falle in der Grönlandsee zeigen sich hohe Flüsse in Form eines zweiten

Maximums bis in den Winter hinein. Der Jahresgesamtfluß erreicht mit 910 Mio. Individuen  $m^{-2} y^{-1}$  mehr als das 17-fache des Flusses der OG 5. Die Artenverhältnisse werden bestimmt durch die Dominanz von *E. huxleyi*, welche nur während des Flußmaximums im Spätsommer und Herbst 1991 durch hohe Anteile von *C. hyalinus* unterbrochen wird (Abb. 22). *Coccolithus pelagicus* weist geringere Anteile an den Gemeinschaften auf als in der Grönlandsee, während alle übrigen Arten größere Anteile erreichen.

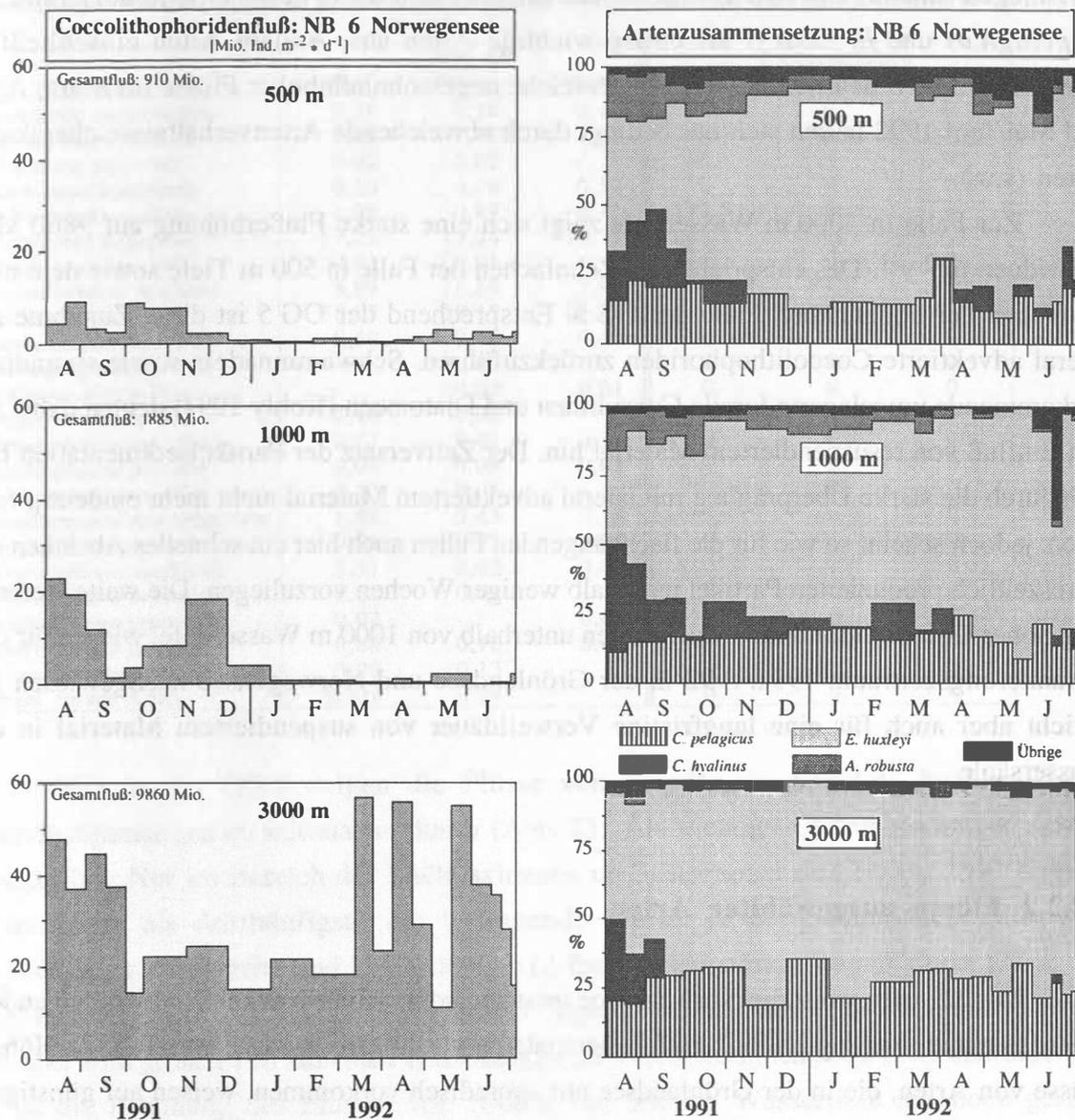


Abb. 22: Coccolithophoridenflüsse und Artenverhältnisse der Sinkstoff-Fallen der NB 6 aus der Norwegensee in 500, 1000 und 3000 m Wassertiefe.

In 1000 m Tiefe zeigt sich ein sehr ähnliches Sedimentationsmuster zu dem in 500 m Wassertiefe. Auch die Artenverhältnisse stimmen gut überein (Abb. 22). Zum Teil bedingt durch den Zeitversatz der Partikelsedimentation ist der Jahresgesamtfluß um das Zweifache auf

1885 Mio. Individuen  $\text{m}^{-2} \text{y}^{-1}$  erhöht und erreicht damit das 23-fache der entsprechenden Falle der Grönlandsee.

In **3000 m Wassertiefe** zeigt sich ein anderes Sedimentationsmuster mit ganzjährig hohen Flüssen (Abb. 22). Eine Saisonalität läßt sich nur noch bedingt ableiten, während stattdessen, besonders im Frühjahr 1992, eine pulsartige Coccolithophoridensedimentation vorzuliegen scheint. Die Artengemeinschaft zeichnet sich dabei durch eine Reduzierung auf *C. pelagicus* und *E. huxleyi* als einzig wichtige Arten aus. Andere Arten einschließlich *C. hyalinus* treten deutlich zurück. Die Bereiche ungewöhnlich hoher Flüsse im März, April und Mai/Juni 1992 lassen sich nur bedingt durch abweichende Artenverhältnisse charakterisieren (s.u.).

Zur Falle in 3000 m Wassertiefe zeigt sich eine starke Flußerhöhung auf 9860 Mio. Individuen  $\text{m}^{-2} \text{y}^{-1}$ . Das entspricht dem Zehnfachen der Falle in 500 m Tiefe sowie dem über 20-fachen der bodennahen Falle der OG 5. Entsprechend der OG 5 ist diese Zunahme auf lateral advektierte Coccolithophoriden zurückzuführen. Schwammnadeln sowie sporadisch vorkommende umgelagerte fossile Coccolithen und Diatomeen (Kohly 1994) deuten dabei auf den Einfluß von resuspendiertem Material hin. Der Zeitversatz der Partikelsedimentation läßt sich durch die starke Überprägung mit lateral advektiertem Material nicht mehr eindeutig festlegen, jedoch scheint so wie für die flachhängenden Fallen auch hier ein schnelles Absinken der jahreszeitlich produzierten Partikel innerhalb weniger Wochen vorzuliegen. Die weite Verbreitung hoher Coccolithophoridenhäufigkeiten unterhalb von 1000 m Wassertiefe, wie sie für den Verankerungszeitraum 1991/1992 in der Grönlandsee und Norwegensee nachgewiesen ist, spricht aber auch für eine langfristige Verweildauer von suspendiertem Material in der Wassersäule.

### 3.2.2.2 Flüsse ausgewählter Arten

Mit 22 Arten weist die Norwegensee im untersuchten Zeitraum keine wesentlich andere Artenzusammensetzung im Sinkstoff-Fallenmaterial als die Grönlandsee auf (Tab. 7). Höhere Flüsse von Arten, die in der Grönlandsee nur sporadisch vorkommen, weisen auf günstigere Lebensbedingungen in der Norwegensee hin. Die Dominanz von *E. huxleyi*, *C. pelagicus* und *C. hyalinus* ist mit über 80 % in der 500 m Tiefe dennoch überwältigend und erreicht in der bodennahen Falle mit über 96 % vergleichbare Werte wie in der Grönlandsee.

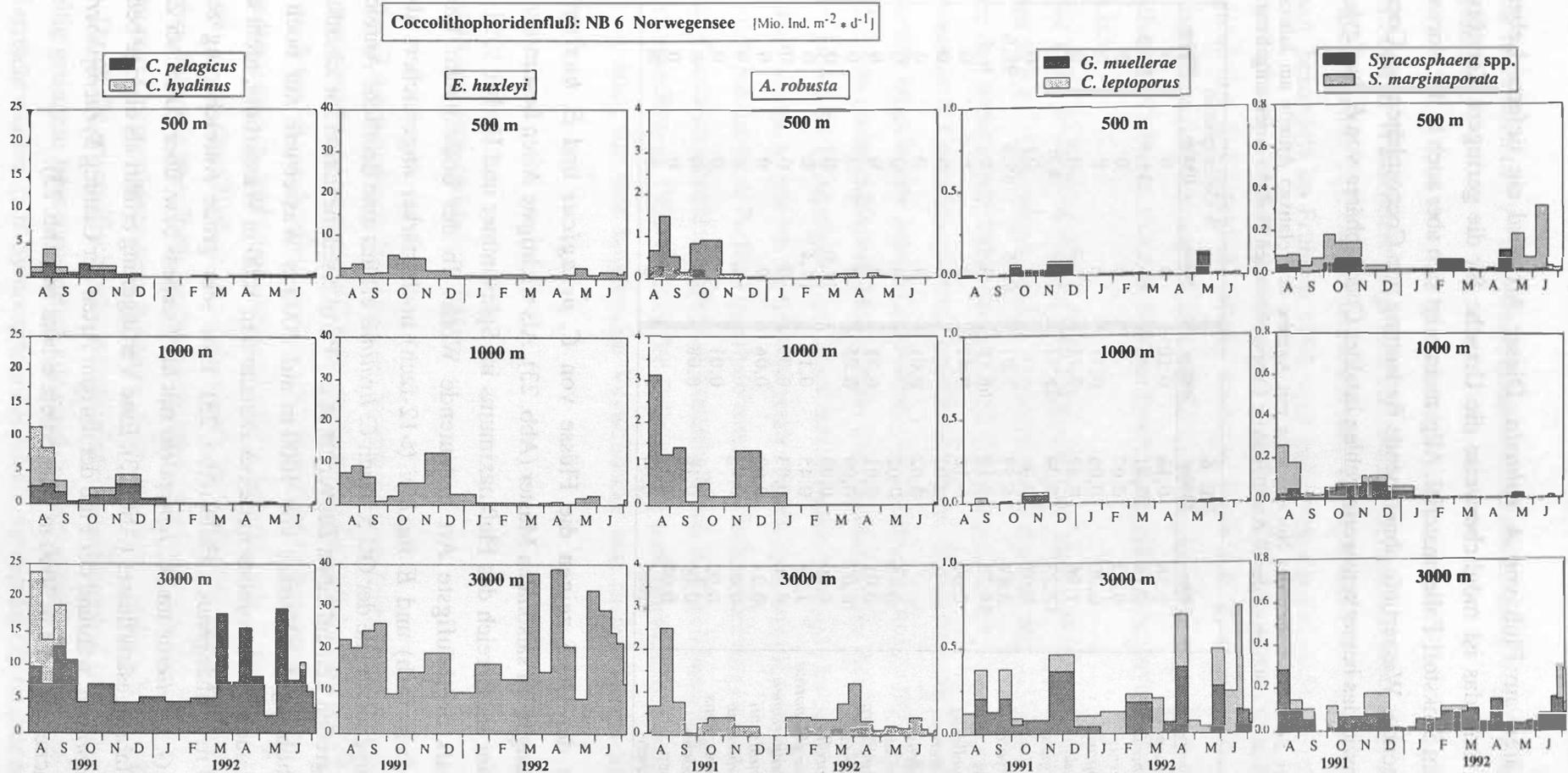
Intakte Cocosphären verschiedener Arten kommen vereinzelt in 500 m Tiefe vor (Tab. 7). Durch die artspezifisch hohe Anzahl von Coccolithen pro Cocosphäre (Kap. 6) bei gleichzeitig geringem Jahresgesamtfluß können dann hohe relative Anteile von Cocosphären am Fluß erreicht werden (z.B. *Syracosphaera corolla*). Aussagekräftig ist aber der hohe Anteil

von Coccosphären am Fluß von *A. robusta*. Dieser Art wird ein tieferer Lebensraum zugeschrieben, und das ist möglicherweise die Ursache für die geringere Zerstörung der Coccosphären im Sinkstoff-Fallenmaterial. Allgemein zeigt sich aber auch in der Norwegensee die mit zunehmender Wassertiefe abnehmende Bedeutung von Coccosphären am Coccolithophoridenfluß sowie das bemerkenswerte Fehlen intakter Coccosphären von *E. huxleyi*.

**Tab. 7:** Arten der Sinkstoff-Fallen der Norwegensee mit Angabe der relativen Anteile am Jahresfluß pro Verankerungszeitraum. Zusätzlich ist der % Anteil intakter Coccosphären am Fluß der Arten aufgelistet.

(% pro Sammelzeitraum)	NB 6			% Coccosphären		
	500m	1000m	3000m	500m	1000m	3000m
<i>Acanthoica quattrospina</i>	0,26	0,18	0,10	0	0	0
<i>Algirosphaera robusta</i>	9,78	7,81	1,48	45,1	35,3	32,9
<i>Alisphaera unicornis</i>	0,02	0,02	-	0	0	0
<i>Calcidiscus leptoporus</i>	0,20	0,06	0,37	0	0	0
<i>Calciopappus caudatus</i>	1,96	0,87	0,11	17,7	0	0
<i>Coccolithus pelagicus</i>	17,23	15,24	26,77	12,7	6,6	5,7
<i>Corisphaera gracilis</i>	0,01	0,01	-	0	0	0
<i>Crystallolithus hyalinus</i>	8,89	16,59	3,91	95,5	89,8	99,6
<i>Emiliana huxleyi</i>	58,27	58,17	66,14	0	0	0,4
<i>Gephyrocapsa muelleriae</i>	0,60	0,10	0,41	0	0	0
<i>Helicosphaera carteri</i>	-	0,001	-	0	0	0
<i>Ophiaster hydroideus</i>	-	0,02	0,01	0	0	0
<i>Papposphaera lepida</i>	0,16	0,02	-	0	0	0
<i>Papposphaera sagittifera</i>	0,01	0,01	0,31	0	0	0
<i>Syracosphaera borealis</i>	0,07	0,09	0,05	0	0	0
<i>Syracosphaera corolla</i>	0,20	0,03	-	77,0	0	0
<i>Syracosphaera marginaporata</i>	1,88	0,45	0,14	13,4	0	0
<i>Syracosphaera mediterranea</i>	0,06	0,03	0,05	0	0	0
<i>Syracosphaera molischii</i>	0,21	0,02	0,06	0	0	0
<i>Syracosphaera orbiculus</i>	0,01	0,01	-	0	0	0
<i>Syracosphaera protrudens</i>	0,02	-	0,01	0	0	0
<i>Syracosphaera pulchra</i>	0,08	0,10	0,08	0	0	0
<i>Syracosphaera</i> spp.	0,08	0,13	-	0	0	0
umgel. fossile Arten	0,001	0,04	-	0	0	0

Wie in der OG 5 zeigen die Flüsse von *C. pelagicus* und *E. huxleyi* große Übereinstimmungen im saisonalen Muster (Abb. 23). Als wichtigste Arten bestimmen sie den Gesamtfluß. Nur im Bereich des Flußmaximums im Spätsommer und Herbst 1991 erreicht *C. hyalinus* als dritthäufigste Art bedeutende Werte. In der bodennahen Falle sind *C. pelagicus* (>16-fach) und *E. huxleyi* (>12-fach) noch stärker angereichert als in der 2300 m tiefhängenden Falle der OG 5. Auch *C. hyalinus* erfährt eine deutliche Anreicherung, was aber zum großen Teil auf einen Zeitverzug in der Partikelsedimentation zurückzuführen ist. So ist die Erhöhung des Flusses von 1000 m auf 3000 m Wassertiefe nur noch gering. Ähnliches gilt auch für *A. robusta* mit einer Zunahme in 1000 m Wassertiefe, nicht aber von dort zur 3000 m tiefhängenden Falle (Abb. 23). Eine sehr große Anreicherung zeigt sich wiederum bei *G. muelleriae* und *C. leptoporus* mit über sieben- bzw. über 20-facher Zunahme im Mittel des Jahresgesamtflusses (Abb. 23). Eine Verringerung erfährt als einzige bedeutende Art *S. marginaporata*, während der Fluß der übrigen Arten der Gattung *Syracosphaera* mäßig um das Vierfache zur Falle in 3000 m Wassertiefe erhöht ist (Abb. 23).



**Abb. 23:** Flüsse wichtiger Coccolithophoridenarten der Sinkstoff-Fallen der NB 6 aus der Norwegensee aus 500, 1000 und 3000 m Wassertiefe

Die pulsartige Sedimentation mit Flußmaxima im Frühjahr 1992 wird nicht von allen Arten widerspiegelt. *Emiliania huxleyi*, gefolgt von *C. pelagicus* sind die deutlichsten Anzeiger dieser kurzfristigen Phasen ungewöhnlich hoher Flußwerte. Aber auch die für den Gesamtfluß unbedeutenden Arten *G. muelleriae* und *C. leptoporus* weisen dort Flußmaxima auf. Alle anderen Arten zeigen hingegen in ihren Flüssen keine ungewöhnlichen Steigerungen während der Sedimentationspulse.

### 3.3 Coccolithophoriden im Spätglazial und Holozän

Für die Sedimentkernprofile steht eine ausgezeichnete Stratigraphie basierend auf AMS  $^{14}\text{C}$ -Altern zur Verfügung (Tab. 4), so daß alle Parameter gegen Kalenderalter [J.v.h.] im gleichen Maßstab für alle Kerne dargestellt werden. Zusätzlich sind die absoluten Häufigkeiten pro g Sediment gegen die Teufe aufgetragen. Eine Ausnahme bildet der Kern 23424, bei dem ab ca. 20 cm Kernteufe ein Turbidit eine Alterseinstufung verhindert. In diesem Fall werden die oberen 20 cm des Kernes gegen Kalenderalter und die unteren 10 cm gegen die Teufe dargestellt.

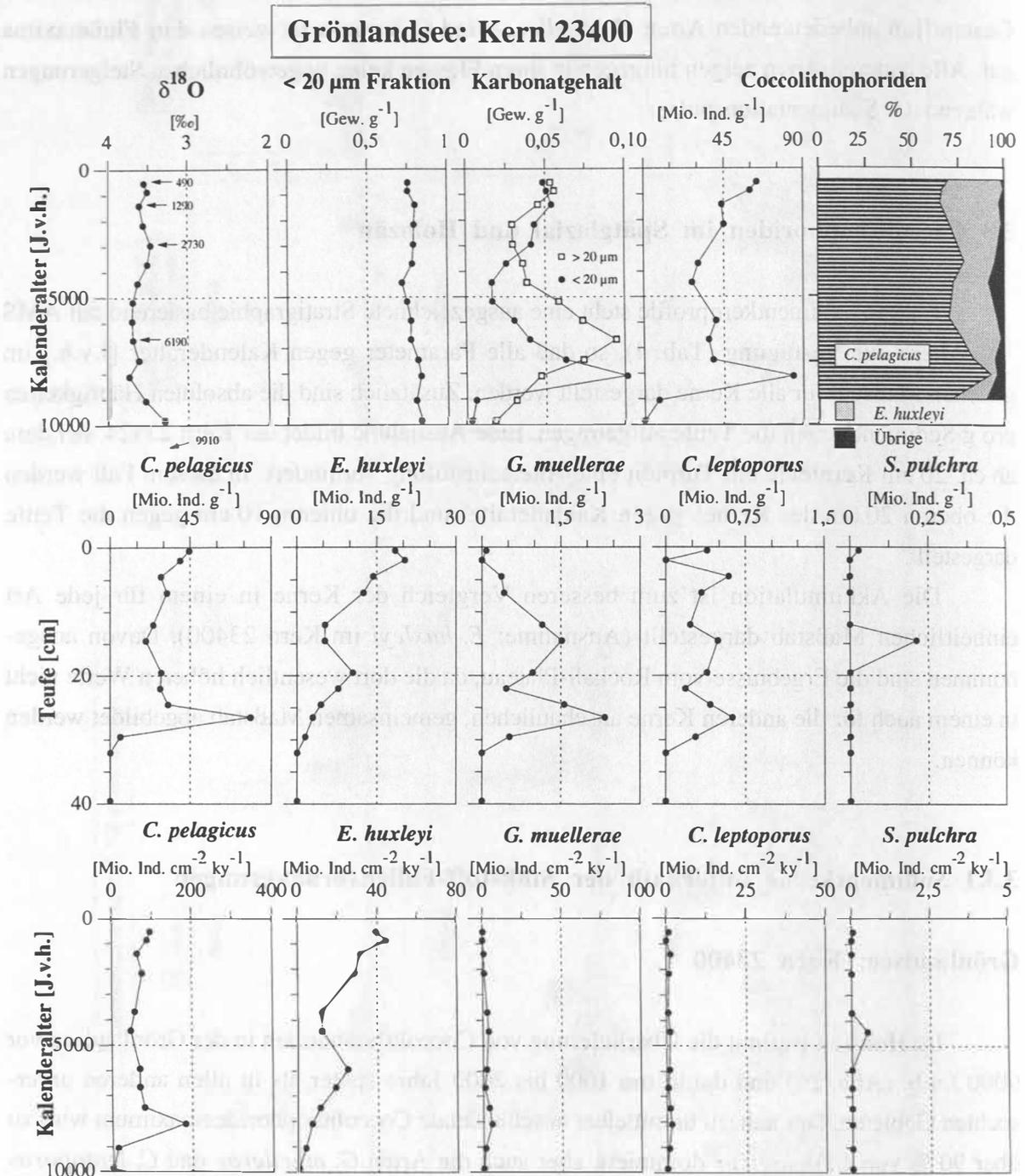
Die Akkumulation ist zum besseren Vergleich der Kerne in einem für jede Art einheitlichen Maßstab dargestellt (Ausnahme: *E. huxleyi* im Kern 23400). Davon ausgenommen sind die Ergebnisse vom Rockall-Plateau, da die dort wesentlich höheren Werte nicht in einem auch für die anderen Kerne anschaulichen, gemeinsamen Maßstab abgebildet werden können.

#### 3.3.1 Sedimentkerne unterhalb der Sinkstoff-Fallenverankerungen

##### Grönlandsee: Kern 23400

Im Holozän beginnt die Überlieferung von Coccolithophoriden in der Grönlandsee vor 9000 J.v.h. (Abb. 24) und damit um 1000 bis 2000 Jahre später als in allen anderen untersuchten Gebieten. Das nahezu unmittelbar anschließende Coccolithophoridenmaximum wird zu über 90 % von *C. pelagicus* dominiert, aber auch die Arten *G. muelleriae* und *C. leptoporus* haben hier ihre größten Häufigkeiten. Hingegen erreicht *E. huxleyi* erst bei ca. 6000 J.v.h. ein Maximum. Ab diesem Zeitpunkt zeigt sich anhand der relativen Anteile eine Konsolidierung in der Zusammensetzung der Coccolithophoridengemeinschaften. Die nur untergeordnet vorkommende *G. muelleriae* weist einen abnehmenden Trend auf. *Calcidiscus leptoporus* kommt nur mit sehr geringen Häufigkeiten vor, ist aber von Beginn der Coccolithophoridenüberlieferung

an durchgehend vorhanden. Charakteristisch für den gesamten Sedimentkern ist die Dominanz von *C. pelagicus*, der stets über 60 % der Gemeinschaften ausmacht.



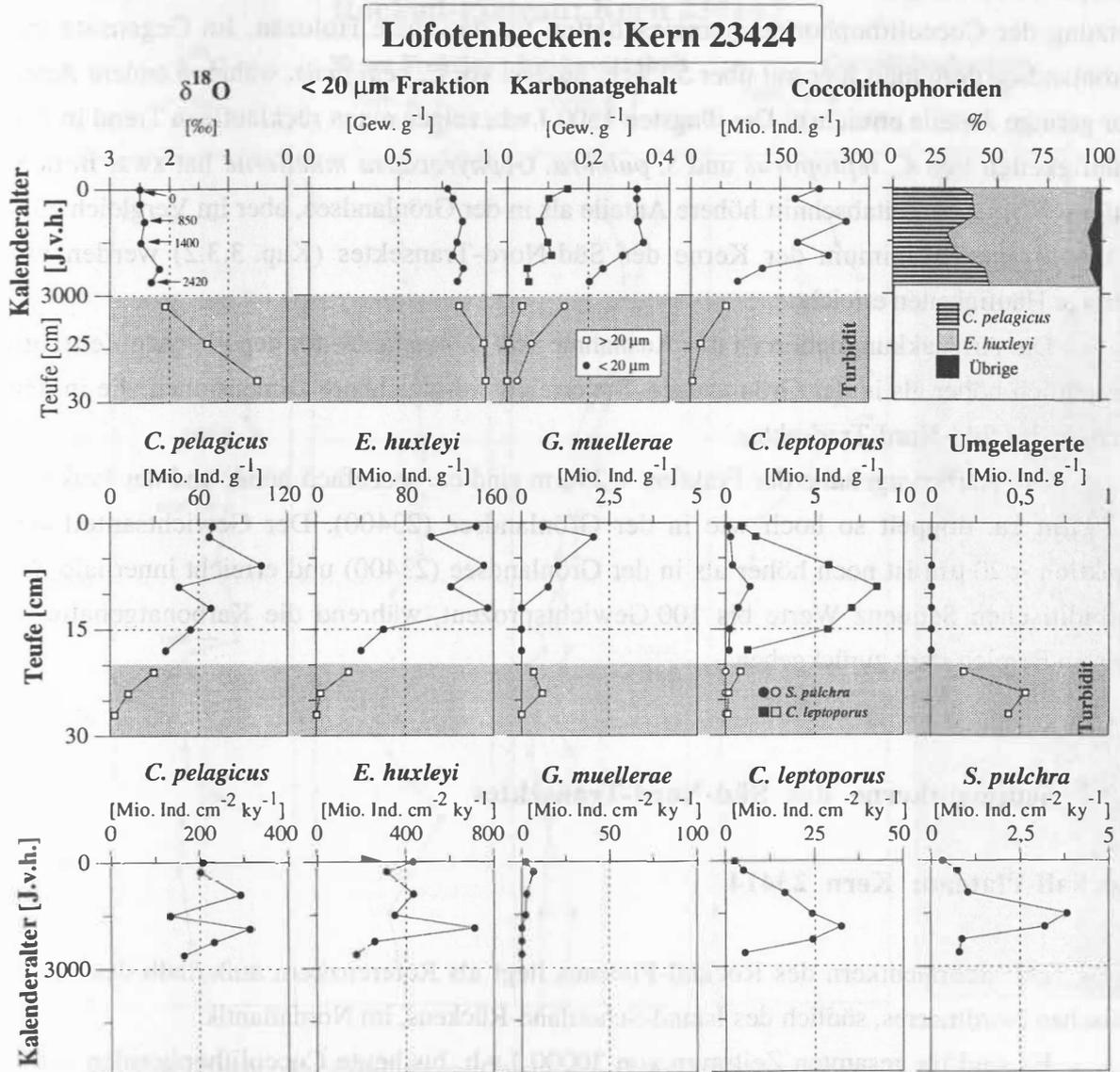
**Abb. 24:** Kern 23400, Grönlandsee. Dargestellt gegen Kalenderalter sind:  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopen von *N. pachyderma* (sin.) mit AMS  $^{14}\text{C}$ -Altern, Gewichtsanteil der Fraktion < 20  $\mu\text{m}$ , Karbonatgehalte der Fraktionen < 20  $\mu\text{m}$  und > 20  $\mu\text{m}$ , absolute und relative Coccolithophoridenhäufigkeiten und Akkumulation wichtiger Arten. Dargestellt gegen die Tiefe sind nur die absoluten Häufigkeiten wichtiger Arten.

Die Akkumulation der Arten (Abb. 24) erreichen nur sehr niedrige Werte. Als einzige Art zeigt *C. pelagicus* während des frühholozänen Maximums ähnliche Werte wie in den östlich liegenden Kernen.

Der Karbonatanteil der Fraktion < 20 µm ist mit < 10 Gew. % niedrig, weist aber eine große Ähnlichkeit im Verlauf zur Coccolithophoridenhäufigkeit auf. Deutlich unabhängig von beiden Parametern zeigt sich der Verlauf des Karbonatgehaltes der Fraktion > 20 µm, der hauptsächlich durch planktische Foraminiferen gebildet wird. Mit recht konstanten Werten um ca. 75 Gew. % bildet die Feinfraktion den größten Anteil am Sediment.

**Lofotenbecken: Kern 23424**

Von dem Sedimentkern 23424 aus dem Lofotenbecken lassen sich nur die oberen 20 cm Kerntiefe stratigraphisch auflösen (Abb. 25). Der nach unten anschließende Bereich



**Abb. 25:** Kern 23424, Lofotenbecken. Dargestellt gegen Kalenderalter sind:  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopen von *N. pachyderma* (sin.) mit AMS  $^{14}\text{C}$ -Altern, Gewichtsanteil der Fraktion < 20 µm, Karbonatgehalte der Fraktionen < und > 20 µm, absolute und relative Coccolithophoridenhäufigkeiten und Akkumulation wichtiger Arten. Dargestellt gegen die Teufe sind nur die absoluten Häufigkeiten wichtiger Arten.

wird durch einen Turbidit gebildet, dessen Basis nicht aufgeschlossen ist. Eozäne Diatomeen (Kohly 1994) und umgelagerte fossile Coccolithen treten zusammen mit jüngeren Arten auf, so daß aus dem sedimentologisch überprägten Bereich nur der Übergang zur turbiditischen Lage gegen die Tiefe dargestellt ist. Möglicherweise beeinflußt die Bioturbation auch die beiden ältesten noch gegen das Alter abgebildeten Proben, da hier nur sehr geringe Coccolithophoridengehalte erreicht werden. Eine hohe Sedimentationsrate von 6 cm/ka verbunden mit dem als rezent datierten Oberflächensediment ermöglichen aber eine ausgezeichnete Auflösung des jüngsten Holozäns sowie den bestmöglichen Vergleich zu den überlagernden Sinkstoff-Fallen der NB 6.

Es zeigen sich für die jüngsten 2500 J.v.h. nur geringe Unterschiede in den Coccolithophoridenhäufigkeiten. Auch die relativen Anteile zeigen eine Konstanz in der Zusammensetzung der Coccolithophoridengemeinschaften für das späte Holozän. Im Gegensatz zur Grönlandsee dominiert hier mit über 50 % *E. huxleyi* vor *C. pelagicus*, während andere Arten nur geringe Anteile erreichen. Die jüngsten 1500 J.v.h. zeigen einen rückläufigen Trend in den Häufigkeiten von *C. leptoporus* und *S. pulchra*. *Gephyrocapsa muelleriae* hat zwar in dem aufgeschlossenen Zeitabschnitt höhere Anteile als in der Grönlandsee, aber im Vergleich zum frühholozänen Maximum der Kerne des Süd-Nord-Transektes (Kap. 3.3.2) werden nur geringe Häufigkeiten erreicht.

Die Artenakkumulation ist mit Ausnahme von *G. muelleriae* für den gleichen Zeitraum wesentlich höher als in der Grönlandsee. Sie erreicht vergleichbare Dimensionen wie in den Kernen des Süd-Nord-Transektes.

Die Karbonatgehalte der Fraktion < 20 µm sind ca. sechsfach höher und der Fraktion > 20 µm ca. doppelt so hoch wie in der Grönlandsee (23400). Der Gewichtsanteil der Fraktion < 20 µm ist noch höher als in der Grönlandsee (23400) und erreicht innerhalb der turbiditischen Sequenz Werte bis 100 Gewichtsprozent, während die Karbonatgehalte in diesem Bereich stark zurückgehen.

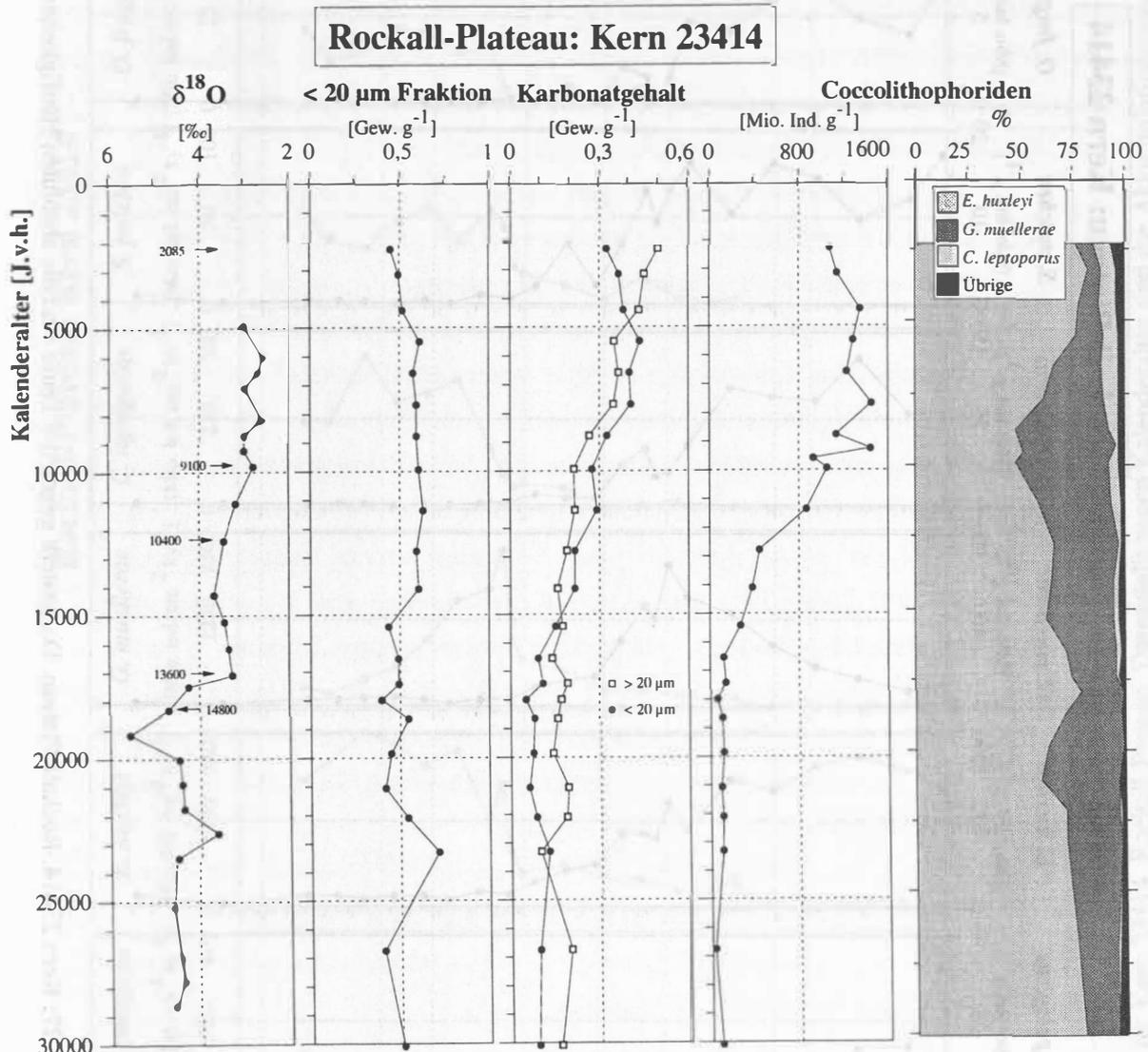
### 3.3.2 Sedimentkerne des Süd-Nord-Transektes

#### Rockall-Plateau: Kern 23414

Der Sedimentkern des Rockall-Plateaus liegt als Referenzkern außerhalb des Europäischen Nordmeeres, südlich des Island-Schottland-Rückens, im Nordatlantik.

Es sind im gesamten Zeitraum von 30000 J.v.h. bis heute Coccolithophoriden überliefert. Im ausgehenden Spätglazial zeigen sich für diesen Sedimentationsraum vergleichsweise geringe Häufigkeiten, die ab ca. 17500 J.v.h. ansteigen und ab ca. 9000 J.v.h. ein Plateau erreichen (Abb. 26). Die Diversität der Artengemeinschaft ist deutlich höher als in den Kernen

des Europäischen Nordmeeres. Während *C. pelagicus* nur noch einen untergeordneten Anteil stellt, dominiert *E. huxleyi* auch hier die Coccolithophoridengemeinschaften (Abb. 26). Alle Arten zeigen zum Holozän ansteigende Häufigkeiten (Abb.27), aber nur *G. muelleriae* erreicht bereits vor ca. 9000 J.v.h. ein breit angelegtes Maximum. Diese Art erlangt in dem Zeitraum fast die gleiche Bedeutung wie *E. huxleyi* an der Artenzusammensetzung. Im Laufe des Holozäns geht der Anteil aber wieder auf nahezu glaziale Häufigkeitswerte zurück. Größere Anteile von nur auf dem Rockall-Plateau beobachteten Arten (u.a. *Oolithotus fragilis*) charakterisieren zusammen mit *C. leptoporus* und *S. pulchra* das Holozän. Umgelagerte fossile Coccolithen lassen sich vereinzelt beobachten, sind aber im Holozän seltener.



**Abb. 26:** Kern 23414, Rockall-Plateau. Dargestellt gegen Kalenderalter sind:  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopen von *C. wuellerstorfi* mit AMS  $^{14}\text{C}$ -Alten und Analog-Alten, Gewichtsanteil der Fraktion < 20  $\mu\text{m}$ , Karbonatgehalte der Fraktionen < und > 20  $\mu\text{m}$  sowie absolute und relative Coccolithophoridenhäufigkeiten.

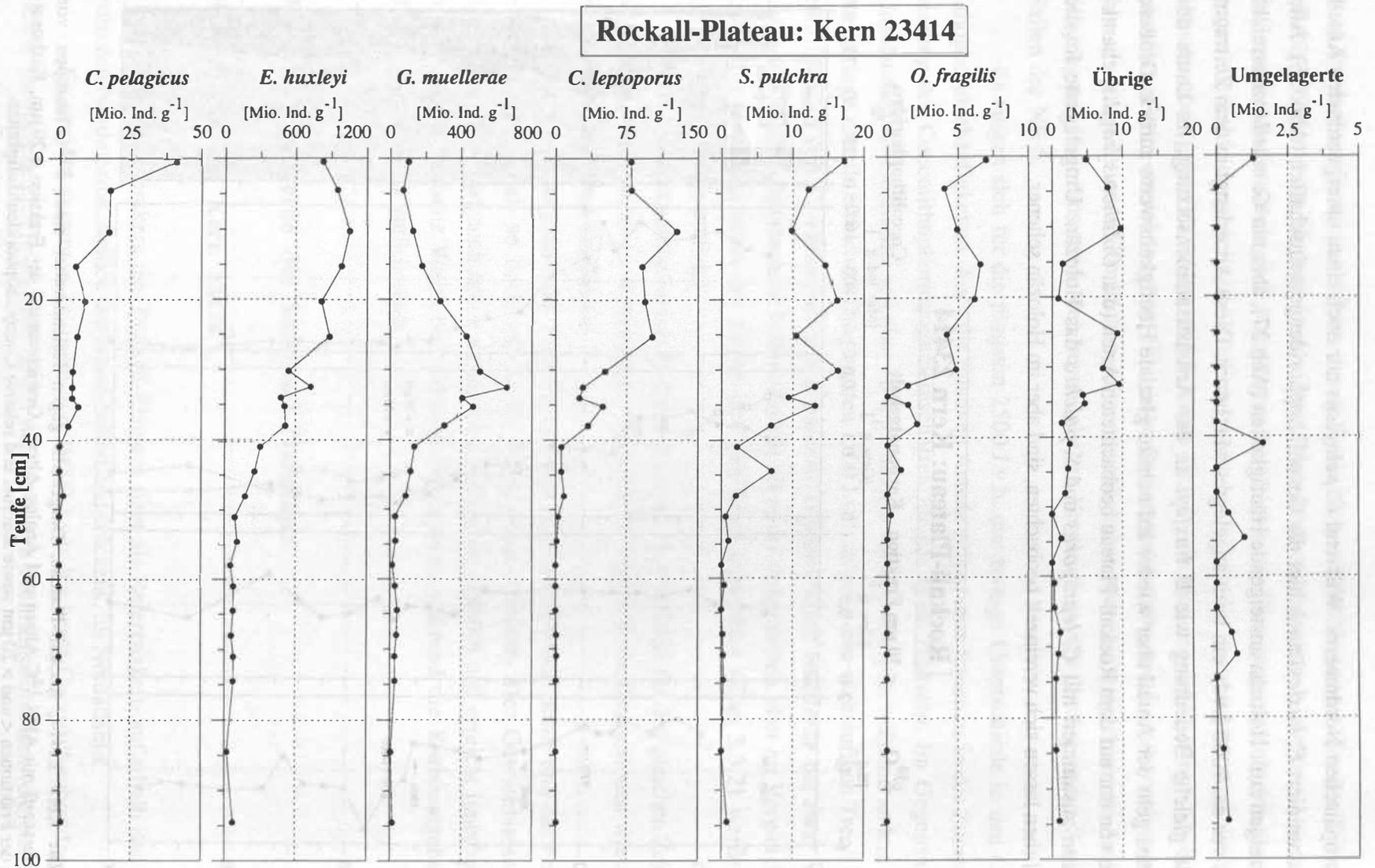


Abb. 27: Kern 23414, Rockall-Plateau. Dargestellt gegen die Teufe sind die absoluten Häufigkeiten ausgewählter Arten.

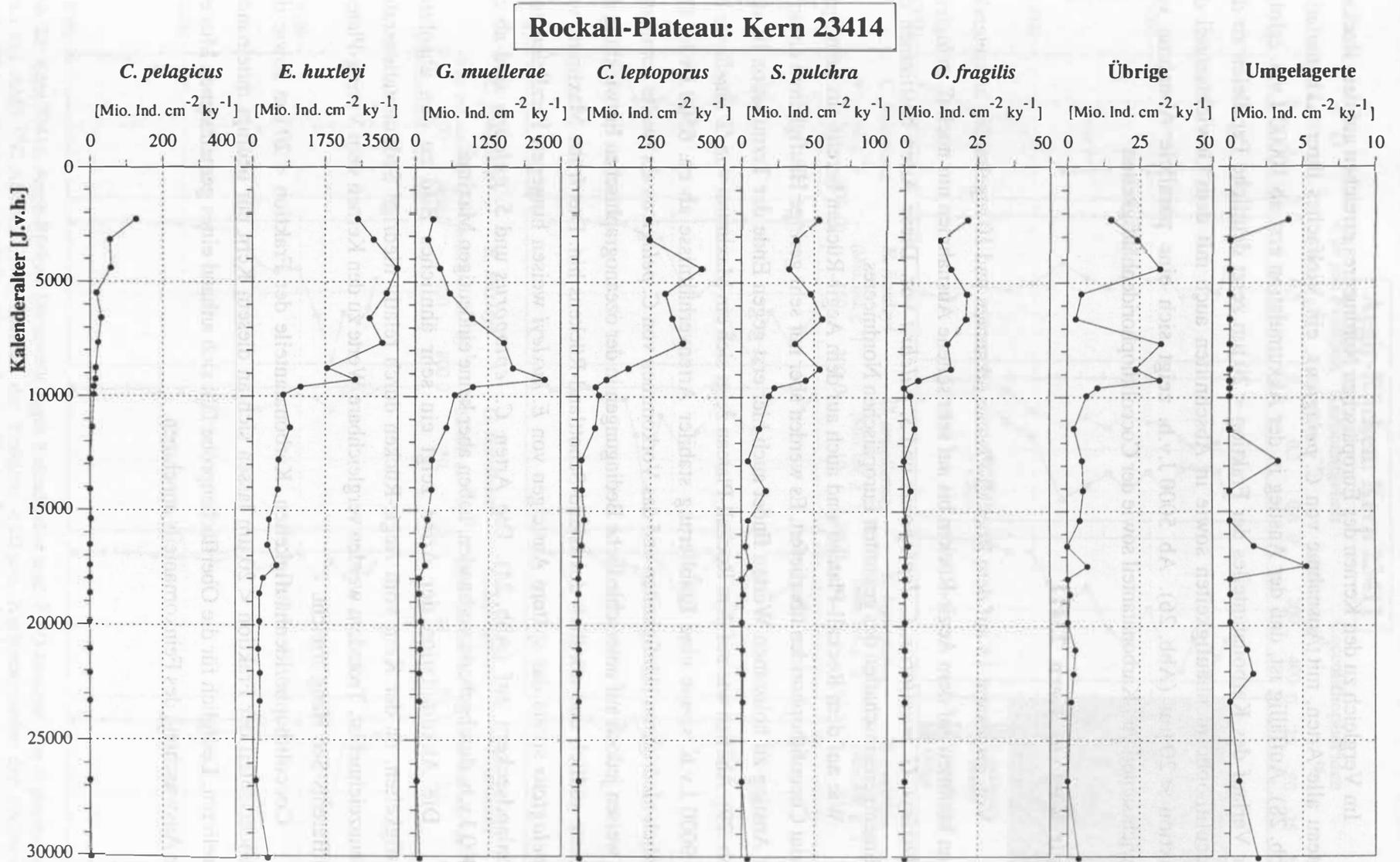


Abb. 28: Kern 23414, Rockall-Plateau. Dargestellt gegen Kalenderalter sind die Akkumulationsraten ausgewählter Arten.

Im Vergleich zu den Kernen des Europäischen Nordmeeres erreichen auf dem Rockall-Plateau alle Arten, mit Ausnahme von *C. pelagicus*, ein Vielfaches ihrer Akkumulation (Abb. 28). Auffällig ist, daß der Anstieg in der Akkumulation erst ab 10000 J.v.h. erfolgt. Der Verlauf des Karbonatanteiles der Fraktion < 20 µm zeigt deutliche Parallelen zu den Coccolithophoridenhäufigkeiten sowie in Abschnitten auch mit dem Gewichtsanteil der Fraktion < 20 µm (Abb. 26). Ab 5000 J.v.h. zeigt sich eine parallele Abnahme von Gewichtsanteil und Karbonatanteil sowie der Coccolithophoridenhäufigkeiten.

### **Aegir-Rücken: Kern 23411**

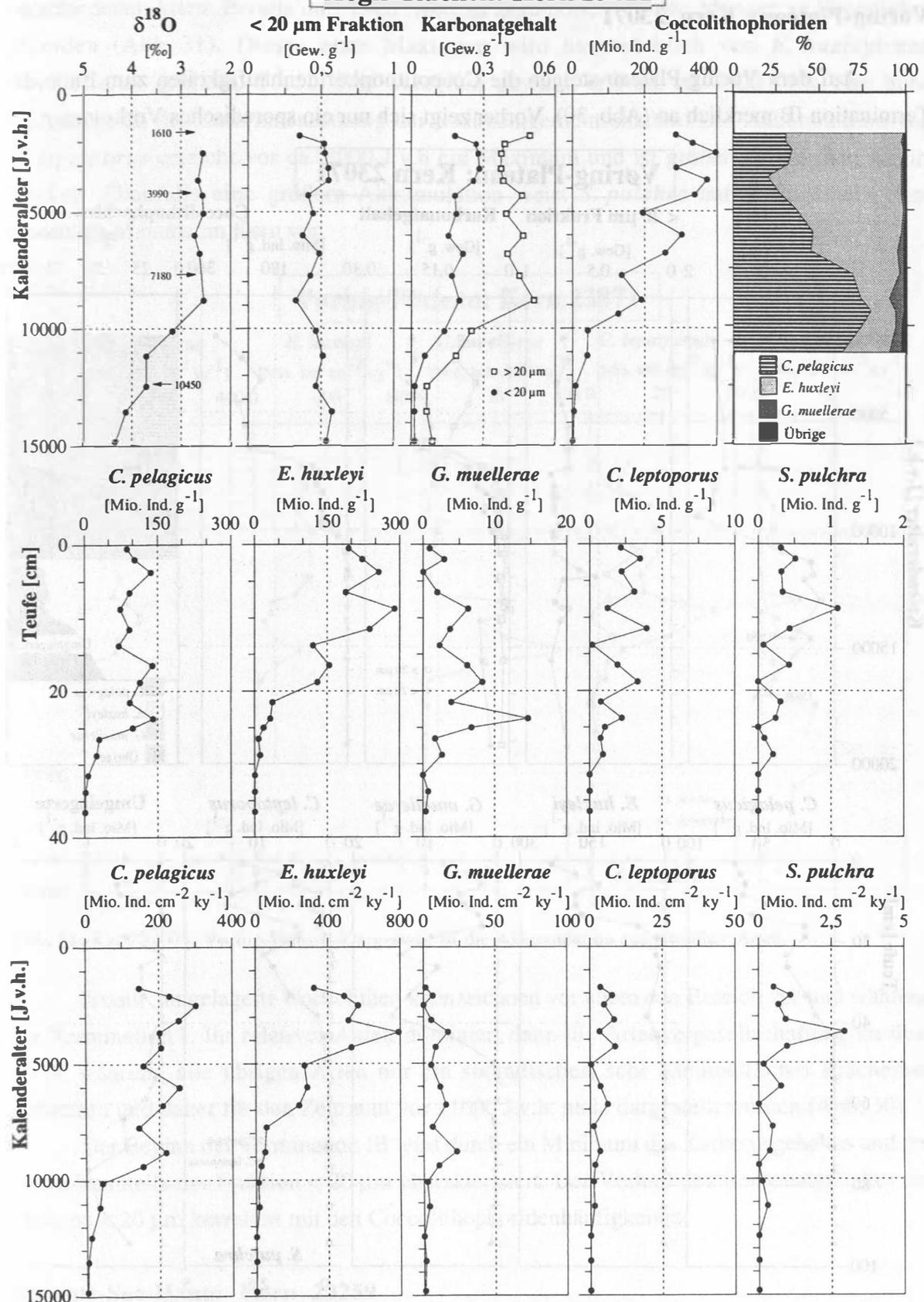
Von insgesamt 15 auf dem Rockall-Plateau erkannten und 10 regelmäßig auftretenden Arten kommen auf dem Aegir-Rücken bis auf sehr seltene Ausnahmen nur noch *C. pelagicus*, *E. huxleyi*, *G. muellerae*, *C. leptoporus* und *S. pulchra* vor. Diese Arten bestimmen die Sedimentgemeinschaften des gesamten Europäischen Nordmeeres.

Wie auf dem Rockall-Plateau sind auch auf dem Aegir-Rücken bereits aus dem Spätglazial Coccolithophoriden überliefert. Es werden aber nur sehr geringe Häufigkeiten erreicht. Der Anstieg zu holozänen Werten findet auch hier erst gegen Ende der Termination IB statt (Abb. 29). Ähnlich wie auf dem Rockall-Plateau zeigt sich ein Maximum von *G. muellerae* bei ca. 9000 J.v.h. sowie eine Etablierung stabiler Artenverhältnisse ab ca. 6500 J.v.h.. Die deutlich niedrigeren Häufigkeiten und das Vorkommen von *C. pelagicus* als zweite dominante Art weisen jedoch auf unterschiedliche Bedingungen in der ozeanographischen Entwicklung der Gebiete südlich und nördlich des Island-Schottland-Rückens hin. Das frühe Maximum von *C. pelagicus* sowie das spätere Ansteigen von *E. huxleyi* weisen hingegen Parallelen zum Grönlandseekern auf (Abb. 24). Die Arten *C. leptoporus* und *S. pulchra* sind ab ca. 11000 J.v.h. durchgehend vorhanden, haben aber keine eindeutigen Maxima.

Die Akkumulation der Arten zeigt ein sehr ähnliches Bild zu den absoluten Häufigkeiten, da der Kern vom Aegir-Rücken durch relativ niedrige Sedimentationsraten gekennzeichnet ist. Trotzdem werden vergleichbare Werte zu den Kernen vom Vøring-Plateau und Barents-See-Hang erreicht.

Coccolithophoridenhäufigkeiten, Karbonatanteile der Fraktion < 20 µm sowie der Gewichtsanteil der Fraktion < 20 µm lassen sich an diesem Kern nur bedingt miteinander korrelieren. Lediglich für die Oberflächenprobe läßt sich anhand eines gemeinsamen Musters eine Auswaschung des Feinkornanteils annehmen.

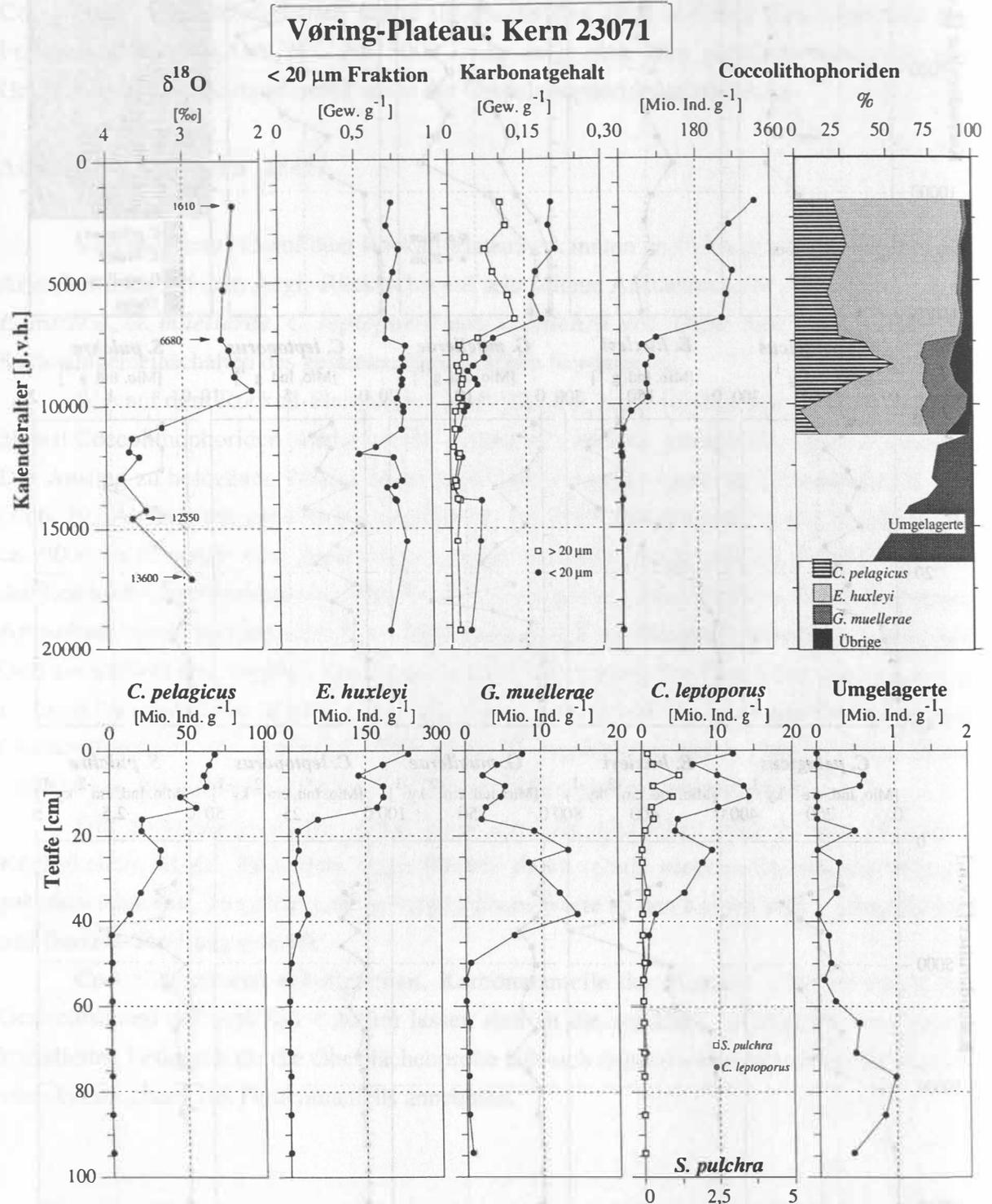
**Aegir-Rücken: Kern 23411**



**Abb. 29:** Kern 23411, Aegir-Rücken. Dargestellt gegen Kalenderalter sind:  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopen von *N. pachyderma* (sin.) mit AMS <sup>14</sup>C-Altern, Gewichtsanteil der Fraktion < 20  $\mu\text{m}$ , Karbonatgehalte der Fraktionen < und > 20  $\mu\text{m}$ , absolute und relative Coccolithophoridenhäufigkeiten und Akkumulation wichtiger Arten. Dargestellt gegen die Tiefe sind nur die absoluten Häufigkeiten wichtiger Arten.

### Vøring-Plateau: Kern 23071

Auf dem Vøring-Plateau steigen die Coccolithophoridenhäufigkeiten zum Ende der Termination IB merklich an (Abb. 30). Vorher zeigt sich nur ein sporadisches Vorkommen



**Abb. 30:** Kern 23071, Vøring-Plateau. Dargestellt gegen Kalendaralter sind:  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopen von *N. pachyderma* (sin.) mit AMS  $^{14}\text{C}$ -Altern, Gewichtsanteil der Fraktion < 20  $\mu\text{m}$ , Karbonatgehalte der Fraktionen < 20  $\mu\text{m}$  und > 20  $\mu\text{m}$  sowie absolute und relative Coccolithophoridenhäufigkeiten. Dargestellt gegen die Teufe sind nur die absoluten Häufigkeiten wichtiger Arten.

verschiedener Arten. Bereits im frühen Holozän akkumulieren große Mengen an Coccolithophoriden (Abb. 31). Dieses erste Maximum wird hauptsächlich von *E. huxleyi* und *G. muelleriae* gebildet. *Coccolithus pelagicus* gewinnt erst um ca. 8500 J.v.h. eine hohe Bedeutung an der Zusammensetzung der Sedimentgemeinschaften. Die Akkumulation von *C. leptoporus* erreicht vor ca. 8000 J.v.h ein Maximum und ist größer als auf dem Aegir-Rücken. Ebenfalls eine größere Akkumulation weist *S. pulchra* auf, kommt aber ohne eindeutige Maxima im Kern vor.

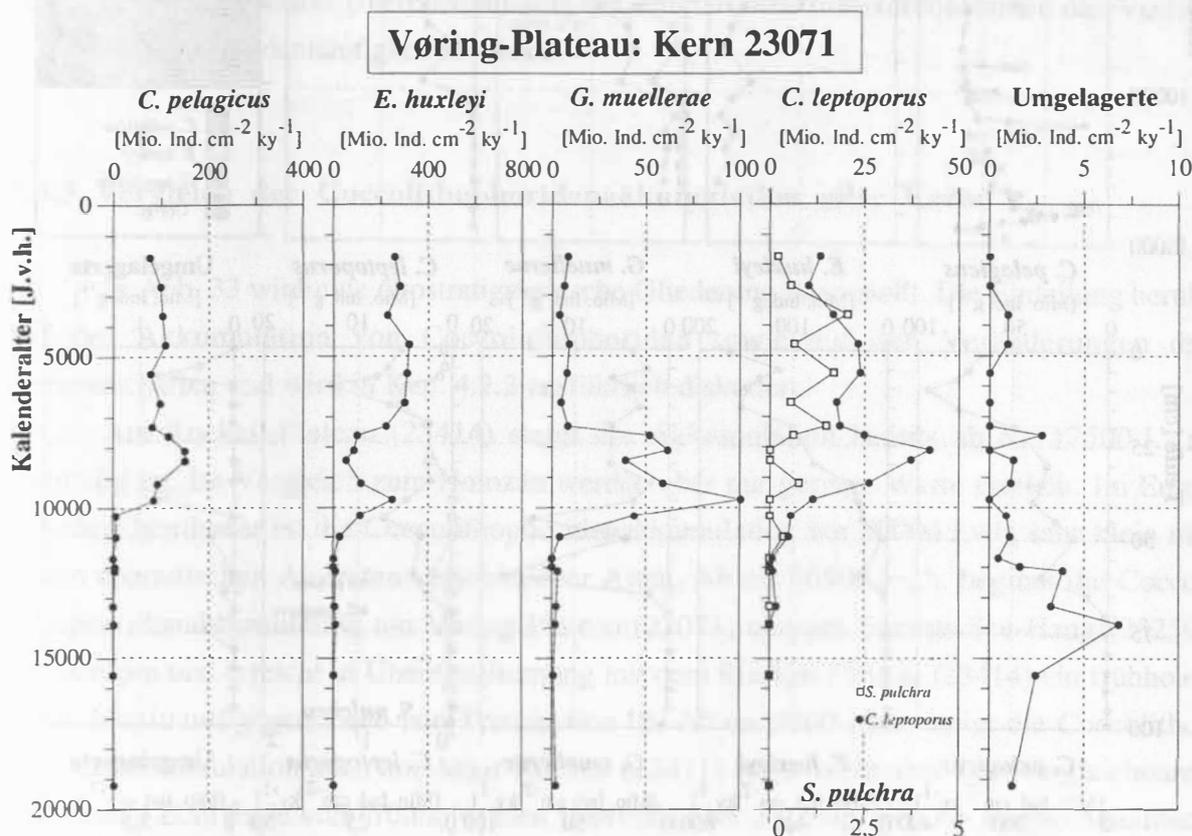


Abb. 31: Kern 23071, Vøring-Plateau. Dargestellt ist die Akkumulation ausgewählter Arten.

Fossile umgelagerte Coccolithen kennzeichnen vor allem den Bereich vor und während der Termination I. Ihr relativer Anteil dominiert dann die Artenvergesellschaftung zu über 50 %, während alle übrigen Arten nur ein sporadisches, sehr uneinheitliches Erscheinen aufweisen und daher für den Zeitraum vor 11000 J.v.h. nicht dargestellt wurden (Abb. 30).

Der Beginn der Termination IB wird durch ein Minimum des Karbonatgehaltes und des Gewichtsanteils der Fraktion < 20  $\mu$ m charakterisiert. Der Verlauf des Karbonatgehaltes der Fraktion < 20  $\mu$ m korreliert mit den Coccolithophoridenhäufigkeiten.

#### Barents-See-Hang: Kern 23259

Der Kern vom Barents-See-Hang schließt das Süd-Nord-Transekt nach Norden ab (Abb. 32). Anhand der relativen Artenverhältnisse zeigt sich eine nahezu identische Entwick-

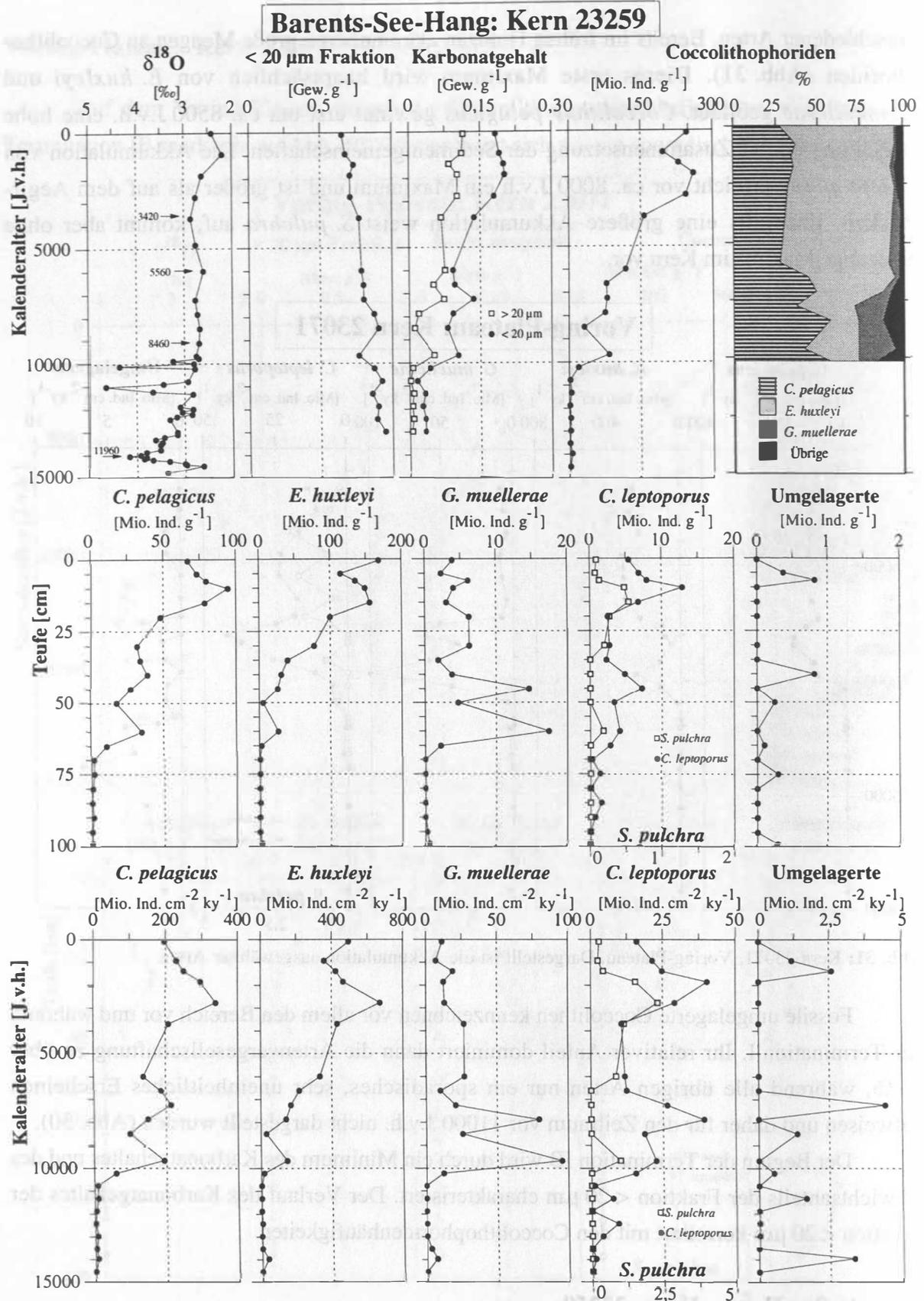


Abb. 32: Kern 23259, Barents-See-Hang. Dargestellt gegen Kalenderalter sind:  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopen von *N. pachyderma* (sin.) mit AMS  $^{14}\text{C}$ -Altern, Gewichtsanteil der Fraktion  $< 20 \mu\text{m}$ , Karbonatgehalte der Fraktionen  $<$  und  $> 20 \mu\text{m}$ , absolute und relative Coccolithophoridenhäufigkeiten und Akkumulation wichtiger Arten. Dargestellt gegen die Tiefe sind nur die absoluten Häufigkeiten wichtiger Arten.

lung zum Vøring-Plateau (23071). Auffällig ist aber die Parallelität im Verlauf der Häufigkeiten von *E. huxleyi* und *C. pelagicus*. Auch ist *C. pelagicus* im Gegensatz zum Vøring-Plateau (23071) bereits wesentlich an der Zusammensetzung des frühholozänen Maximums nach der Termination IB beteiligt. Ein markantes Merkmal ist auch hier das Maximum von *G. muelleriae* gegen Ende von Termination IB.

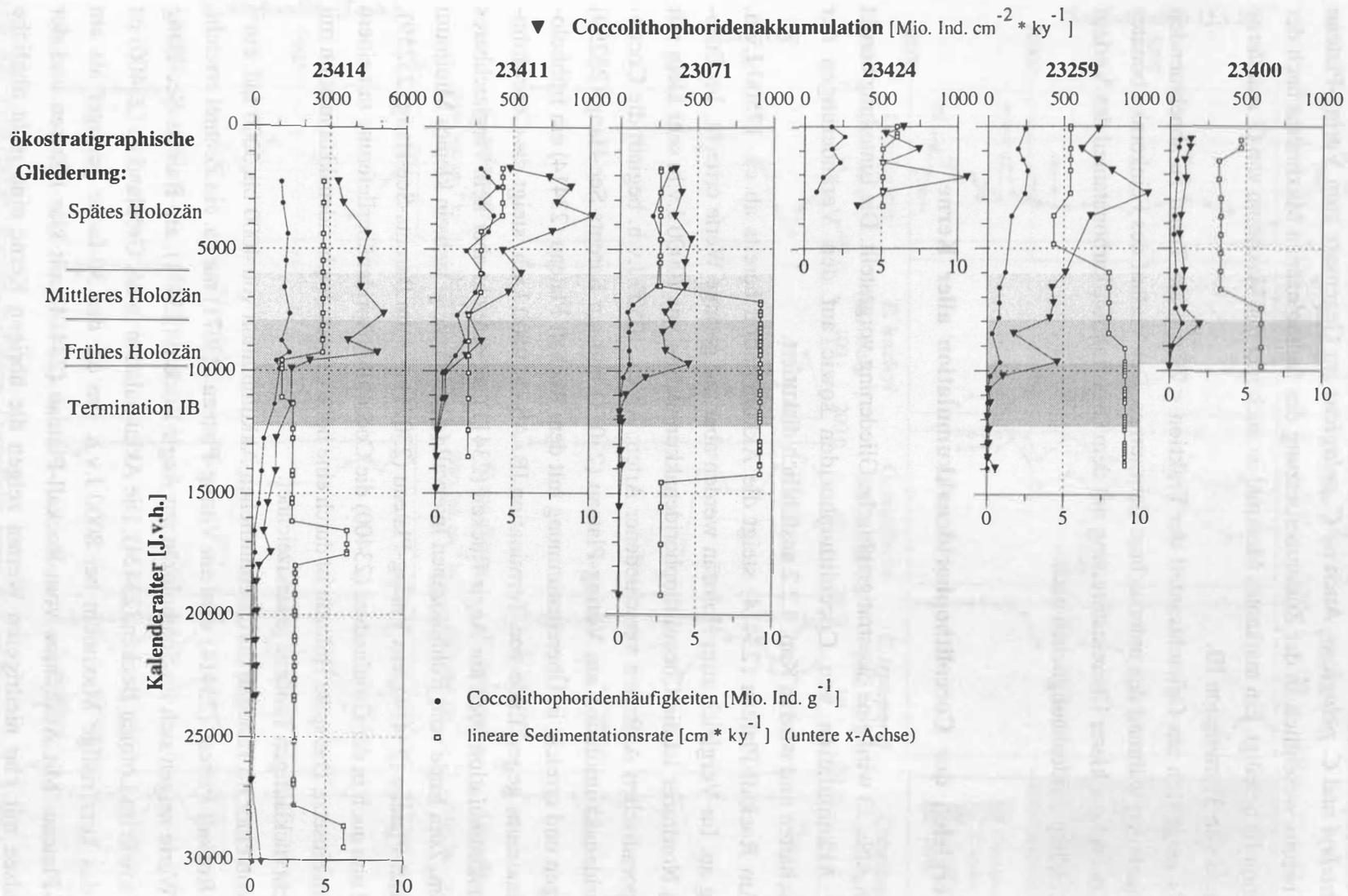
Es zeigt sich am Gewichtsanteil der Fraktion  $< 20 \mu\text{m}$  ein Trend zu abnehmenden Feinkornanteilen während des untersuchten Zeitraumes. Der Verlauf des Feinkornkarbonates zeichnet bei relativ klarer Übereinstimmung mit dem Grobfraktionskarbonatanteil den Verlauf der Coccolithophoridenhäufigkeiten nach.

### 3.3.3 Vergleich der Coccolithophoridenakkumulation aller Kerne

In Abb. 33 wird eine ökostratigraphische Gliederung vorgestellt. Die Einteilung beruht auf der Akkumulation von Coccolithophoriden sowie auf den Veränderungen der Gemeinschaften und wird in Kap. 4.2.2 ausführlich diskutiert.

Am Rockall-Plateau (23414) steigt die Akkumulation bereits ab ca. 17500 J.v.h. erstmalig an. Im Vergleich zum Holozän werden aber nur geringe Werte erreicht. Im Europäischen Nordmeer ist die Coccolithophoridenakkumulation vor 10000 J.v.h. sehr klein mit einem sporadischen Auftreten verschiedener Arten. Ab ca. 10500 J.v.h. beginnt die Coccolithophoridenakkumulation am Vøring-Plateau (23071) und am Barents-See-Hang (23259) anzusteigen und erreicht in Übereinstimmung mit dem Rockall-Plateau (23414) ein frühholozänes Maximum gegen Ende von Termination IB. Ab ca. 9500 J.v.h. steigt die Coccolithophoridenakkumulation auch am Aegir-Rücken (23411) an, erreicht aber kein vergleichbares Maximum. Zum Ende vom frühholozänen Intervall (Abb. 33) zeigt sich ein kleines Minimum am Rockall-Plateau (23414), am Vøring-Plateau (23071) und am Barents-See-Hang (23259), während nun auch in der Grönlandsee (23400) die Coccolithophoridenüberlieferung mit einem Maximum einsetzt. Das späte Holozän ist durch eine hohe Coccolithophoridenakkumulation mit einer leicht rückläufigen Tendenz gekennzeichnet.

Von einer im Holozän durchschnittlichen Akkumulation von 4000 bis 5000 Ind.  $\text{cm}^{-2} \text{ky}^{-1}$  am Rockall-Plateau (23414) wird am Vøring-Plateau (23071) nur ca. ein Zehntel erreicht. Höhere Werte zeigen sich im Spätholozän am Aegir-Rücken (23411), am Barents-See-Hang (23259) sowie im Lofoten-Becken (23424). Die Akkumulation in der Grönlandsee (23400) ist bis auf das kurzfristige Maximum bei 8000 J.v.h. um ca. das 30-fache geringer als am Rockall-Plateau. Mit Ausnahme vom Rockall-Plateau (23414) mit klar höheren und der Grönlandsee mit klar niedrigeren Werten zeigen die übrigen Kerne eine recht ähnliche Akkumulation. Lediglich im späten Holozän zeigen sich auf dem Vøring-Plateau vergleichsweise niedrige Werte.



**Abb. 33:** Dargestellt gegen Kalenderalter und ökostratigraphische Gliederung (Kap. 4.2.2) ist die Akkumulation von Coccolithophoriden sowie die absoluten Häufigkeiten und die linearen Sedimentationsraten von allen untersuchten Kernen.

## 4 Diskussion

### 4.1 Aktuopaläontologie mit Coccolithophoriden

#### 4.1.1 Darstellung lebender Gemeinschaften

Die Differenzierung regionaler Artengruppen nach spezifischen ökologischen Präferenzen ist für das Europäische Nordmeer erfolgreich durchgeführt worden (Samtleben & Schröder 1992; Samtleben et al. 1995). Die meisten dieser Arten gehen aber bei der Sedimentation verloren, so daß sich die Interpretation der fossilen Gemeinschaften nur auf wenige Informationsträger stützen kann. Auch die Gruppierung in wiederholt auftretende Gemeinschaften (Samtleben et al. im Druck) kann nicht für eine Gegenüberstellung mit Sink- und Sedimentgemeinschaften genutzt werden. Erst die Summierung von relativen und absoluten Häufigkeiten auf der Basis langfristiger Untersuchungen (Gem. % und Sum. %, Kap. 2.1) bietet einen Ansatz für diesen Vergleich.

Für die meisten Arten ist ein eindeutiger Trend in der Präferenz für eine Region zu erkennen, der aus beiden Darstellungen der relativen Häufigkeiten deutlich wird (Tab. 5). Auf zwei abweichende Beispiele wichtiger Arten soll im folgenden kurz eingegangen werden. So weist *E. huxleyi* im Vergleich zum arktisch-polaren Bereich im atlantischen Bereich einen höheren Anteil an den Gemeinschaften (Gem. %) auf, zeigt aber einen geringeren Anteil an den absoluten Häufigkeiten (Sum. %). Für *C. hyalinus* zeigt sich das umgekehrte Bild. Läßt man den Einwand einer unvollständigen statistischen Grundlage außer acht (vgl. Kap. 4.1.3), so könnte dies bedeuten, daß *E. huxleyi* zwar im atlantischen Bereich insgesamt regelmäßiger anzutreffen ist, aber erst im arktisch-polaren Bereich während der Blütenphasen die stärkste Dominanz erreicht. Umgekehrt hieße dies für *C. hyalinus*, daß diese Art zwar als motile Phase von *C. pelagicus* charakteristisch für den arktisch-polaren Bereich ist, aber dennoch die größten absoluten Häufigkeiten im atlantischen Bereich erreichen würde.

Der Vergleich ausgewählter Stationen im Bereich der NB 6 in der Norwegensee kann die hohe Variabilität von Coccolithophoridengemeinschaften aufzeigen (Kap. 3.1.2). Sowohl räumlich als auch zeitlich scheinen die relativen und absoluten Häufigkeiten schnellen Wechsels zu unterliegen. Der Vergleich der Stationen 1 und 2 (Abb. 13) zeigt zeitgleich eine sich entwickelnde *E. huxleyi* Blüte mit hohen Zellzahlen und eine Situation ohne Blüte mit geringen Zellzahlen, dominiert von *C. pelagicus*. Ein Beispiel für einen eher graduellen zeitlichen Übergang von der Situation nach einer Blüte zur Wintersituation zeigt sich bei Station 4 und 5. Natürlich können die vorgestellten Beispiele nicht als repräsentativ für die Lokation der NB 6 betrachtet werden. Sie geben vielmehr einen Eindruck dafür, daß die Zuordnung lebender Gemeinschaften nach dem im wesentlichen von *E. huxleyi* bestimmten Gemeinschaftsprinzip

(nach Samtleben et al. im Druck) relativ einfach erfolgen kann. Die Charakterisierung regionaler Gruppen aus dem Einzelbeispiel ist hingegen nicht möglich.

Interessant ist das Fehlen von *C. leptoporus* und *S. pulchra* als lebende Zellen im Europäischen Nordmeer. Beide Arten werden zwar als zugehörig zur "Nordatlantik Gruppe" mit einem Hauptverbreitungsgebiet außerhalb des untersuchten Raumes klassifiziert (Samtleben et al. im Druck), doch gehören sie zu den fünf wichtigsten in den Sedimenten verbreiteten Arten des Europäischen Nordmeeres (u.a. Baumann 1990; Eide 1990; Gard 1987, 1988, 1989). In geringen Anteilen wurden jedoch isolierte Coccolithen beider Arten in den Planktonproben beobachtet. Auch schließen Samtleben & Bickert (1990) aus dem Nachweis sporadisch auftretender intakter Coccosphären in Sinkstoff-Fallenmaterial aus dem Lofotenbecken auf ein zeitweiliges Auftreten von *C. leptoporus* in dieser ozeanographischen Region. Speziell für *S. pulchra* beschreiben die Autoren den Transport als Partikel auf agglutinierenden Tintiniden. Die Verdriftung von Coccolithophoriden mit den Oberflächenwassermassen der Nordatlantikkdrift ist ein häufig zu beobachtendes Phänomen (Samtleben & Schröder 1992). Trotz der verschiedenen Möglichkeiten des Transportes bleibt es fraglich, wie diese Arten trotz ihrer geringen Anteile an den lebenden Gemeinschaften fossil überliefert werden. Eine denkbare Möglichkeit liegt in der sehr unregelmäßig und nur selten auftretenden Ausbildung von Blüten. Kurzfristig hohe Zellzahlen könnten so episodisch sedimentieren und in den Sedimenten, durch sedimentologische Prozesse stark verdünnt, abgebildet werden. Entsprechendes gilt auch für *G. muelleriae*, die zwar sporadisch als lebende Zelle vorgefunden wurde, aber unbedeutend für die Zusammensetzung der lebenden Gemeinschaften ist.

Auch in älteren Planktonarbeiten (Braarud et al. 1958; Halldal & Markali 1955; Sakshaug et al. 1981; Smayda 1958; Ramsfjell 1960) findet sich nur bei den erstgenannten Autoren ein Hinweis auf das Auftreten lebender Zellen von *S. pulchra* im Untersuchungsgebiet. Ansonsten weisen die beschriebenen Gemeinschaften, trotz stark abweichender Untersuchungsmethoden (REM versus Lichtmikroskop), in ihrer Zusammensetzung und dem Vorkommen von *C. pelagicus*, *C. hyalinus*, *E. huxleyi* und *A. robusta* als häufige Arten große Ähnlichkeiten zu den angetroffenen Gemeinschaften aus den Untersuchungen der vergangenen sieben Jahre auf.

Durch die kombinierte Betrachtung von "lebenden" Coccosphären und der Menge bzw. Zusammensetzung der isolierten Coccolithen verändert sich das Gesamterscheinungsbild im Plankton. Es zeigen sich auch erste Tendenzen, welche Teile der Gemeinschaften sich in den Coccolithenassoziationen der Sedimente abbilden können. In den untersuchten Beispielen erreicht die Anzahl der auf Coccolithen basierenden Coccosphäreneinheiten maximal die Hälfte von den aus "lebenden" Coccosphären bestimmten Mengen. Bei geringen Zellzahlen können Coccolithenassoziationen das Erscheinungsbild der Coccolithophoriden auch bestimmen (Schröder 1990). Besonders *E. huxleyi* beherrscht fast ubiquitär die Coccolithenassoziationen.

Im Extremfall sind die Coccolithen dieser Art sogar dann noch vorherrschend, wenn lebende Zellen nur unbedeutende Anteile an den Gemeinschaften erreichen. Einerseits weisen Coccolithen von *E. huxleyi* eine größere Stabilität auf als die meisten anderen Coccolithophoriden. Andererseits verstärkt sich der Anteil von *E. huxleyi* durch die Ausbildung mehrerer Lagen von Coccolithen, die noch im lebenden Zustand der Zelle an die Umgebung abgegeben werden (Balch et al. 1993). Alle Arten mit einer geringeren Stabilität werden bereits im Plankton fast ausschließlich durch lebende Zellen repräsentiert. Untersuchungen an Wasserproben aus dem Sinkbereich zeigen sehr deutlich, daß mit dem Fehlen lebender Zellen nur noch ein stark verzerrtes und verarmtes Abbild der lebenden Gemeinschaften erhalten geblieben ist (Samtleben & Schröder 1992).

Obwohl Planktonuntersuchungen an Wasserproben, speziell aus dem Sinkbereich, stets Einzelbeispiele mit nur eingeschränkten Interpretationsmöglichkeiten sind, wurde dennoch ein Beispiel eines Planktonprofils dargestellt (Abb. 17). Trotz des ungeklärten räumlich-zeitlichen Zusammenhangs der Proben des Profils wird deutlich, daß *E. huxleyi* zumindest zeitweise die Gemeinschaften des größten Teils der Wassersäule in erstaunlich homogener Weise dominieren kann. Ob es sich dabei um die Reste einer absinkenden *E. huxleyi*-Blüte oder, mit dem Hinweis auf ebenfalls stark erhöhte Anteile von *C. pelagicus*, allgemein um das Abbild der lebenden Gemeinschaften für einen bestimmten Zeitraum handelt, ist nicht zu klären. Relevant für Sinkstoff-Fallenuntersuchungen ist, daß bereits punktförmige Untersuchungen in der Wassersäule ein erstaunlich homogenes Bild widerspiegeln können. Beispiele, wo statt *E. huxleyi* oder *C. pelagicus* andere Arten im Sinkbereich dominieren, sind sehr seltene Ausnahmen.

#### 4.1.2 Sinkgemeinschaften in 500 m Tiefe: OG 4/5 versus NB 6

Sinkstoff-Fallen bieten die Möglichkeit, Sinkgemeinschaften von Coccolithophoriden als Abbild lebender Gemeinschaften kurz nach dem Verlassen der photischen Zone zu untersuchen. Die Veränderungen, die bei der Überlieferung vom Lebend- zum Sinkbereich auftreten werden in Kap. 4.1.3 diskutiert.

Grönland- und Norwegensee lassen sich sowohl nach absoluten als auch nach relativen Coccolithophoridenflüssen der Sinkstoff-Fallen klar voneinander abgrenzen (Kap. 1.2). Die absoluten Häufigkeiten der NB 6 erreichen das 17-fache der zeitgleichen OG 5 und das Achtfache der OG 4. Gleichzeitig verringert sich die Diversität der Gemeinschaften und es findet ein Dominanzwechsel von *E. huxleyi* in der NB 6 zu *C. pelagicus* in der OG 4/5 statt. Es ist wahrscheinlich, daß die Unterschiede in der Coccolithophoridensedimentation ein prinzipielles und für die Regionen typisches Bild kennzeichnen. Hingegen kann nicht mit gleicher Wahrscheinlichkeit beurteilt werden, ob die erfaßten Quantitäten nicht nur

charakteristisch für den untersuchten Zeitraum, sondern auch längerfristig relevant sind. Diese Einschränkung wird besonders bei dem Vergleich von Coccolithophoridenflüssen der Sinkstoff-Fallen mit der Akkumulation in den Sedimenten wichtig (Kap. 4.1.5).

Es ist zu erkennen, daß es in der Grönlandsee innerhalb eines Kalenderjahres in dem Zeitraum von Mai bis Oktober nur ein saisonales Maximum des Coccolithophoridenflusses gibt. Unter Berücksichtigung der ozeanographischen und biologischen Rahmenbedingungen (Kap. 1.2.1 und 1.2.2) ist der Coccolithophoridenfluß in der Grönlandsee auf ein kurzes Zeitintervall von wenigen Wochen konzentriert. In der Norwegensee kann es mit hoher Wahrscheinlichkeit durchaus zu einer längerfristigen Phase mit hohen Flüssen und einer zweigipfligen Verteilung kommen.

Allgemein verfügen weder Coccosphären noch Coccolithen über ein ausreichend hohes Sinkpotential, um selbständig durch die Wassersäule zu sinken (Honjo 1976, 1977). Da intakte Coccosphären bis auf die Ausnahmen von *C. pelagicus* und *A. robusta* sowie *C. hyalinus* nur zu einem sehr geringen Teil am Gesamtfluß beteiligt sind, schließt sich eine Sedimentation einzelner Coccosphären aus. Es wäre sehr unwahrscheinlich, wenn sämtliche Coccosphären erst innerhalb des Sammelbehälters der Falle oder bei der Aufbereitung zerstört worden sein sollten. Daher kann man davon ausgehen, daß durch den Transport in Kotpillen und Aggregaten, bzw. bei der "Verpackung" von Coccolithophoriden in diese Transportvehikel, der größte Teil der intakten Coccosphären zerstört wird. Laborversuche haben beispielhaft ergeben, daß 50 bis 70 % des Coccolithenkarbonates durch die Verdauung von Copepoden verloren gehen (Harris 1994). Möglicherweise kann *C. pelagicus*, mit der mit Abstand größten und schwersten Coccosphäre, als einziger frei durch die Wassersäule sinken und so zum Coccolithophoridenfluß beitragen. Allerdings ist *C. pelagicus* auch der stabilste unter allen Coccolithophoriden, so daß diese Art auch am ehesten erhalten bleibt. Ungewöhnlich bleibt das häufige Vorkommen der instabilen Coccosphären von *A. robusta* und *C. hyalinus* im Sinkstoff-Fallenmaterial. Während *A. robusta* ausdrücklich als tiefliebende Art beschrieben wurde (Knappertsbusch 1993 b; Samtleben et al. im Druck), ist für *C. hyalinus* eine teilweise heterotrophe Nahrungsaufnahme nachgewiesen (Parke & Adams 1960), so daß auch diese Art möglicherweise in größeren Wassertiefen leben kann. Die Ursache für die bessere Erhaltung läge demnach an dem kürzeren Transportweg bei möglicherweise schonenderem Transport durch Aggregate (Kap. 1.2.3). Im Gegensatz zu *A. robusta* weisen als Individuen identifizierte *C. hyalinus* Coccosphären häufig bereits Spuren einer Kompaktion auf, so daß auch der Transport durch Kotpillen vorstellbar ist.

Trotz der gravierenden Veränderungen, die die Coccolithophoridengemeinschaften bereits bis zur Sedimentation in 500 m Wassertiefe bei der OG 4/5 erfahren haben zeigt sich nicht nur in den absoluten (Abb. 18), sondern auch in den relativen Häufigkeiten (Abb. 19) ein klarer saisonaler Wechsel. Es ist auffällig, daß weder besonders drastische Übergänge die saisonale Artensukzession bestimmen, noch *E. huxleyi* jemals in einem Zeitintervall die

Gemeinschaften zu über 90 % dominiert. Die typische Dominanz von *E. huxleyi* in Blütenphasen der lebenden Gemeinschaften wird demnach nicht in vergleichbar deutlicher Weise abgebildet. Es wäre aber auch möglich, daß die beiden erfaßten Jahre zwei besondere Ausnahmejahre ohne ausgeprägte *E. huxleyi* Blüten waren. Die letztere Annahme ist jedoch unwahrscheinlich. Auch spricht das nahezu vollständige Fehlen intakter Coccosphären von *E. huxleyi* stärker für die gravierende Veränderung der Gemeinschaften beim Vertikaltransport, als für das Ausbleiben einer Blüte im Plankton. In Bezug auf Coccolithophoriden würden die Sinkgemeinschaften damit nicht unmittelbar Prozesse und Häufigkeiten der lebenden Gemeinschaften widerspiegeln, sondern nur das verzerrte Abbild, das durch die Verpackung in sinkende Partikel produziert wurde. Es ist daher ungewiß, inwieweit das saisonale Sedimentationsmuster tatsächliche Häufigkeitsvariationen darstellt oder nur die Anzahl der Verpackungsmöglichkeiten (Kotpillen und Aggregate), beispielweise gesteuert durch Copepodenaktivitäten, repräsentiert. Betrachtet man unter diesem Aspekt die größten relativen Anteile von *E. huxleyi* im Zeitraum Mai/Juni 1991 (Abb. 19), so zeigt sich nur ein vergleichsweise geringes Maximum in den Flüssen (Abb. 18). Das eigentliche Sedimentationsmaximum liegt später und wird von *C. hyalinus* dominiert. Im Vergleich zur Norwegensee ist die Kontrolle des autotrophen Wachstums in der Grönlandsee geringer (v. Bodungen et al. 1995, Bauerfeind et al. 1994). So erscheint es möglich, daß sich schnell entwickelnde Blüten von *E. huxleyi* nicht, bzw. nur untergeordnet, auch im Coccolithophoridenfluß abgebildet werden. Unter diesen Voraussetzungen würden die relativen Häufigkeiten besser als die absoluten Häufigkeiten lebende Gemeinschaften im Sinkstoff-Fallenmaterial abbilden.

Entsprechende Aussagen über die Ergebnisse aus der Norwegensee (NB 6) zu ziehen fällt schwerer, da hier kein vollständiger saisonaler Zyklus beprobt wurde. Auch ist die Saisonalität in den relativen Häufigkeiten noch wesentlich stärker als in der Grönlandsee nivelliert (Abb. 22). Eine geringere Artenfluktuation könnte durch die ausgeglicheneren Bedingungen im Bereich der Nordatlantik-Drift im Vergleich zu den hochvariablen ozeanographischen Verhältnissen der Grönlandsee verursacht sein.

Auch Diatomeen- und Radiolariengemeinschaften der Sinkstoff-Fallen aus Grönland- und Norwegensee zeigen anhand charakteristischer Artenzusammensetzungen ein arktisch bzw. atlantisch geprägtes pelagisches Signal (Kohly 1994, Schröder-Ritzrau 1994). Alle drei Planktongruppen können demnach die ozeanographischen Bedingungen kennzeichnen.

Im Gegensatz zu Coccolithophoriden ist aber der Jahresfluß in der Grönlandsee von Radiolarien geringfügig höher und von Diatomeen ca. sechsfach höher als in der Norwegensee. Die Flüsse von Coccolithophoriden und Radiolarien weisen ähnliche Sedimentationsmuster auf, während der Fluß von Diatomeen in der Grönlandsee durch nur einen sehr kurzzeitigen Sedimentationspuls gekennzeichnet ist. Innerhalb von 25 Tagen sedimentierten 93 % aller Diatomeen des Beobachtungszeitraumes (Kohly 1994). Im vergleichbaren Flußmaximum der

Coccolithophoriden sedimentierten innerhalb von 28 Tagen 57 % des Gesamtflusses. Radiolarien können ein zweites Sedimentationsmaximum aufweisen, so daß der Fluß weniger auf kurzfristige Intervalle konzentriert ist (Schröder-Ritzrau 1994).

Sowohl in der Artenzusammensetzung als auch in den Jahresflüssen weisen die Radiolariengemeinschaften die geringsten Unterschiede zwischen den untersuchten Seegebieten auf. Auch das saisonale Sedimentationsmuster ist in beiden Regionen ähnlich ausgebildet mit einer ganzjährigen Radiolariensedimentation und weniger stark ausgeprägten Sedimentationsmaxima (Schröder-Ritzrau 1994). Ganz im Gegensatz dazu ist eine Sukzession von Diatomeenarten im Jahresgang nur in der Grönlandsee zu beobachten. Auch zeigt sich ein Sedimentationsmuster mit typischen jahreszeitlichen Maxima nur in der Grönland- nicht aber in der Norwegensee, da hier eine stärkere Kontrolle des Phytoplanktons durch Beweidung erfolgt (v. Bodungen et al. 1995; Kohly 1994). Wie bei den Coccolithophoriden werden bei den Diatomeen die mechanisch/chemisch stabilsten Arten selektiv angereichert. Dies sind aber nicht wie bei den Coccolithophoriden auch die typischen Arten der Blüten, sondern in nur geringen bis mäßigen Häufigkeiten vorkommende Diatomeen (Kohly 1994).

Während Coccolithophoriden dort sedimentieren, wo das Phytoplankton stark beweidet wird, können Diatomeen als absinkende Blüte auch ohne Zooplanktonfraß, durch Aggregation, in den Sinkbereich überliefert werden (vgl. Kap. 1.2.2). Die geringeren intra- und inter-annuellen Variationen in der Sedimentation von Radiolarien weisen auf eine weniger starke Beziehung zwischen Fraß und Sedimentation hin. Auch das Skelettmaterial (kieselig oder kalkig) bedingt physiologische Unterschiede sowie eine differierende Lösungsanfälligkeit und beeinflusst die Verbreitung und Überlieferbarkeit der Planktongruppen (Berger 1976).

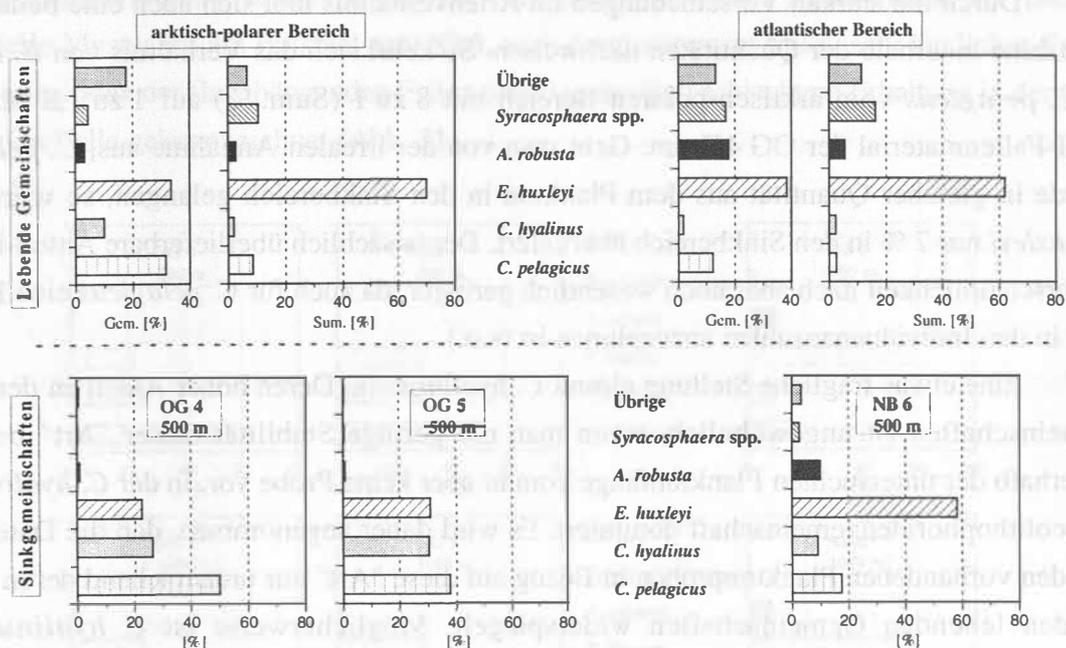
#### **4.1.3 Überlieferung lebender Gemeinschaften in den Sinkbereich**

Aus der differenzierten Betrachtung von lebenden und sinkenden Coccolithophoridengemeinschaften wird deutlich, daß bereits die Sinkgemeinschaften nur ein stark verändertes Abbild der lebenden Gemeinschaften darstellen können. Einerseits wirken bereits im Plankton Prozesse, die eine starke Verschiebung der Artenanteile hin zur relativen Anreicherung stabiler Arten zur Folge haben. Andererseits wird im Sinkbereich hauptsächlich das abgebildet, was dorthin transportiert wurde und somit nicht nur die Produktion von Coccolithophoriden, sondern auch die Aktivität der Fraßfeinde widerspiegelt.

Als Grundlage für den Vergleich und die Diskussion der Beziehungen zwischen lebenden Gemeinschaften und Sinkgemeinschaften können die relativen Anteile der Arten aus Planktonfängen und Sinkstoff-Fallen genutzt werden (Abb. 34). Der Vergleich absoluter Häufigkeiten ist hingegen nicht möglich. Dafür müßten über einen mehrwöchigen Zeitraum im

Bereich der Fallenlokationen kontinuierliche Probenerserien vorliegen. Einen Eindruck über die Quantitäten im Plankton kann aber folgende Modellrechnung vermitteln:

Anhand aller Planktonproben oberhalb von 50 m Wassertiefe wurden für den arktisch-polaren Bereich eine mittlere Zelldichte von 35000 und für den atlantischen Bereich von 60000 Ind. l<sup>-1</sup> ermittelt. Diese Anzahlen entsprechen einer Zellzahl von 1,75 bzw. 3 Mrd. in der 50 m mächtigen Oberflächenschicht bezogen auf einen Quadratmeter (Bei diesem Vergleich bleibt ein saisonaler Wechsel in der Produktion unberücksichtigt). Geht man von einer täglichen Reproduktionsrate von einmal pro Tag aus (z.B. *E. huxleyi*: 2,5 x und *C. leptoporus*: 1 x pro Tag (Brand & Guillard 1981)), so stehen täglich Milliarden von Coccolithophoriden potentiell zur Sedimentation zur Verfügung. Im Vergleich dazu erreichen die Coccolithophoridenflüsse aus den Sinkstoff-Fallen stets nur Werte im Promillebereich. Es ist aber offensichtlich, daß die Produktion sehr ungleich über ein Jahr verteilt ist .



**Abb. 34:** Vergleich der relativen Coccolithophoridenhäufigkeiten aus dem Plankton und der Sinkstoff-Fallen OG 4/5 und NB 6 aus 500 m Wassertiefe im längsjährigen bzw. im Jahresmittel. Die relativen Häufigkeiten der lebenden Gemeinschaften sind jeweils aufgeteilt in Gemeinschafts % und Summen % (Kap. 3.1.1).

Die Sinkstoff-Fallen der Grönlandsee zeigen für die OG 4 und OG 5 sehr ähnliche Artenverhältnisse. Es dominiert *C. pelagicus* vor *E. huxleyi* und *C. hyalinus*, während andere Arten nur unbedeutende Anteile erreichen. Der Hauptunterschied zwischen beiden Fallen liegt in der größeren Dominanz von *C. pelagicus* in der OG 4, ohne das sich damit der Gesamteindruck für die Grönlandsee wesentlich verändern würde. Im Vergleich mit den lebenden Gemeinschaften des arktisch-polaren Bereiches scheinen die Sinkgemeinschaften der Grönlandsee stärker die persistierenden Gemeinschaften (Gem. %) widerzuspiegeln, als die nach den absoluten Häufigkeiten vorherrschenden Gemeinschaften (Sum. %). Besonders die

mit 70 % deutliche Dominanz von *E. huxleyi* findet keinen entsprechenden Niederschlag in den Gemeinschaften der Sinkstoff-Fallen. Das starke Zurücktreten anderer Coccolithophoriden außer den drei dominanten Arten ist relativ einfach durch die überwiegend sehr geringe Stabilität der meisten Arten zu begründen. Der starke Rückgang von *E. huxleyi* im Sinkstoff-Fallenmaterial könnte dagegen durch den Mangel an Transportmöglichkeiten für *E. huxleyi*-Blüten bedingt sein (Kap. 4.1.2). Unter dem Einfluß derartiger Veränderungen ergibt sich ein Umbau der lebenden Gemeinschaften des arktisch-polaren Bereiches zu Sinkgemeinschaften, die zwar größere Ähnlichkeiten zu den persistierenden Gemeinschaften haben, aber dennoch aus den nach Häufigkeiten vorherrschenden Gemeinschaften (Sum. %) mit importierten Arten aus Blütenphasen hervorgegangen sind. Damit wird deutlich, daß nicht die persistierenden Gemeinschaften, sondern die episodisch in Blüten auftretenden Arten das pelagische Signal der überlieferten Gemeinschaften bestimmen.

Durch die starken Verschiebungen im Artenverhältnis läßt sich auch eine bedeutende Abnahme innerhalb der Quantitäten nachweisen. So kehrt sich das Verhältnis von *E. huxleyi* zu *C. pelagicus* vom arktisch-polaren Bereich mit 8 zu 1 (Sum. %) auf 1 zu 1,8 im Sinkstoff-Fallenmaterial der OG 4/5 um. Geht man von der irrealen Annahme aus, *C. pelagicus* würde in gleicher Quantität aus dem Plankton in den Sinkbereich gelangen, so würde von *E. huxleyi* nur 7 % in den Sinkbereich überliefert. Der tatsächlich überlieferbare Anteil ist aller Wahrscheinlichkeit nach aber noch wesentlich geringer, da auch für *C. pelagicus* eine Reduktion in den Individuenanzahlen anzunehmen ist (s.o.).

Eine etwas fragliche Stellung nimmt *C. hyalinus* ein. Deren hoher Anteil an den Sinkgemeinschaften ist ungewöhnlich, wenn man die geringe Stabilität dieser "Art" bedenkt. Innerhalb der untersuchten Planktonfänge kommt aber keine Probe vor, in der *C. hyalinus* die Coccolithophoridengemeinschaft dominiert. Es wird daher angenommen, daß die Datenbasis aus den vorhandenen Planktonproben in Bezug auf diese "Art" nur unzureichend deren Anteil an den lebenden Gemeinschaften widerspiegelt. Möglicherweise ist *C. hyalinus* eine tiefliebende "Art" (vgl. Kap. 4.1.2) und wurde daher nicht in ihrem eigentlichen Habitat beprobt.

Für die Norwegensee zeigen sich geringere Diskrepanzen zwischen Artenanteilen nach Gem. % und Sum. %. Auch der Vergleich zu den Gemeinschaften der Sinkstoff-Falle NB 6 stimmt in wesentlichen Punkten überein. Deutlich wird auch hier die relative Zunahme von *C. pelagicus* und die Abnahme der meisten anderen Arten. Trotz der bedeutenden interannuellen Variabilität scheint sich danach in der Norwegensee das mehrjährige Mittel der lebenden Gemeinschaften mit geringeren Veränderungen in den Sinkgemeinschaften abzubilden. Einen Hinweis darauf, daß von den Quantitäten im Plankton nur ein geringer Teil die Sinkgemeinschaften erreicht, gibt auch hier das Verhältnis von *E. huxleyi* zu *C. pelagicus*. Dieses verringert sich von 25 zu 1 nach den Sum. % im Plankton auf nur noch 3,4 zu 1 in der in 500 m Wassertiefe hängenden Sinkstoff-Falle. Unter der Annahme einer quantitativen

Konstanz von *C. pelagicus* würde von *E. huxleyi* nur knapp 14 % in den Sinkbereich überliefert. Der tatsächlich sedimentierte Anteil ist aber auch in der Norwegensee wahrscheinlich wesentlich geringer (s.o.).

#### 4.1.4 Veränderungen der Sinkgemeinschaften durch Transportprozesse

Die Betrachtung der Artenzusammensetzung der Sinkgemeinschaften im Jahresmittel mit zunehmender Wassertiefe (Abb. 35) zeigt, daß auch in der Wassersäule eine fortschreitende, aber diskontinuierliche Modifikation der Gemeinschaften erfolgt. So fällt auf, daß bei allen untersuchten Sinkstoff-Fallen die Artenzusammensetzungen in 500 m und 1000 m Tiefe ein nahezu identisches Bild zeigen. Hingegen grenzen sich die jeweils tiefhängenden Fallen in ihrer Artenzusammensetzung sowie durch vier- bis zehnfach höhere Jahresflüsse ab. Dieses prinzipielle Muster ist, am Beispiel der OG 5, auch durch einen im Mittel sehr ähnlichen Fragmentierungsindex der flachhängenden Fallen und eine deutlich schlechtere Erhaltung in der tiefhängenden Falle gekennzeichnet (Abb. 21).

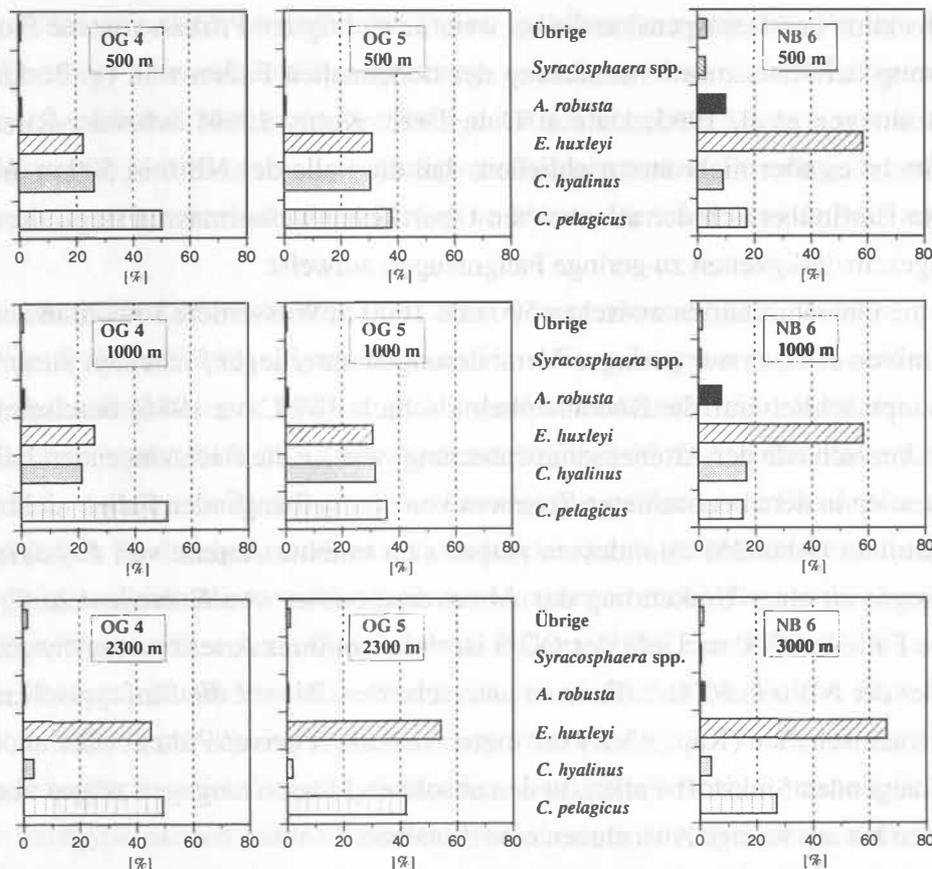


Abb. 35: Vergleich der relativen Coccolithophoridenflüsse aus dem Jahresmittel der Sinkstoff-Fallen OG 4/5 und NB 6 aus 500 m, 1000 m und 2300 bzw. 3000 m Wassertiefe.

Die Erhöhung der Coccolithophoridenflüsse wurde bereits in Kap. 3.2 hauptsächlich auf den Einfluß von Resuspension und Lateraltransport zurückgeführt. Weitere Möglichkeiten sind das sog. Bypassing (nach Longhurst & Harrison 1988) sowie die Fängigkeit der Sinkstoff-Fallen. Speziell für die Zunahme des Flusses in der Norwegensee von 500 auf 1000 m kann eine Flußverfälschung durch die Migration von Zooplankton und den damit aktiven Vertikaltransport verbunden mit der Ausscheidung von Kotpillen unterhalb 500 m Wassertiefe nicht ausgeschlossen werden. Die Bedeutung einer möglichen Flußerhöhung durch Bypassing zu der in 1000 m Wassertiefe hängenden Falle ist aber im Vergleich zur Erhöhung zur Falle in 3000 m Wassertiefe als gering einzuschätzen. Unterschiede der Fängigkeit von Sinkstoff-Fallen in Abhängigkeit hydrographischer Bedingungen werden von verschiedenen Autoren kontrovers diskutiert (u.a. Buesseler, 1991; Butman et al. 1986; Gust et al. 1992; Honjo & Doherty 1988; Siegel et al. 1990). Für die tiefhängenden Fallen ist eine Flußerhöhung nur durch eine gesteigerte Fängigkeit unlogisch, da auch eine Veränderung der Artenzusammensetzung erfolgt. Würden die tiefhängenden Fallen auf Grund spezieller hydrographischer Umstände nur eine bessere Fangkapazität aufweisen, so müßten sich die Artenverhältnisse entsprechend der geringen Unterschiede zwischen den flachhängenden Fallen ebenfalls nur geringfügig verändert haben. Für die weitere Diskussion wird daher davon ausgegangen, daß laterale Advektion und Resuspension die bei weitem wichtigsten Prozesse für die Flußerhöhung und Änderung der Artenzusammensetzung der bodennahen Fallen sind (v. Bodungen et al. 1991; v. Bodungen et al. 1995; Dale & Dale 1992; Kohly 1994; Schröder-Ritzrau 1994). Andererseits ist es aber nicht auszuschließen, daß die Falle der NB 6 in 500 m Wassertiefe, die noch im Einflußbereich der atlantischen Oberflächenwassermassen liegt, durch erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten zu geringe Fangmengen aufweist.

Da die Gemeinschaften zwischen 500 und 1000 m Wassertiefe sowohl in absoluten als auch in relativen Flüssen nur geringen Veränderungen unterliegen, scheinen diese Transportprozesse hauptsächlich auf die Bodennepheloidschicht (McCave 1986) beschränkt zu sein. Regionale Unterschiede der Artenzusammensetzung, wie sie die flachhängenden Fallen widerspiegeln, werden in dem beobachteten Zeitraum von den tiefhängenden Fallen nicht in gleicher Weise abgebildet (Abb. 35). Stattdessen zeigen sich erhöhte Anteile von *E. huxleyi*, die für die OG 5 sogar zu einer Umkehrung des Artenverhältnisses von *E. huxleyi* zu *C. pelagicus* führen. Die Falle in 2300 m Tiefe der OG 5 ist damit in ihrer Artenzusammensetzung kaum noch von der NB 6 in 3000 m Tiefe zu unterscheiden. Bis auf die fünf typischen Arten der Sedimentgemeinschaften (Kap. 3.3.2.) verringern sich die relativen Anteile aller anderen Arten in den tiefhängenden Sinkstoff-Fallen. In den absoluten Flüssen hingegen zeigen aber auch die übrigen Arten bis auf wenige Ausnahmen eine Zunahme.

Folgendes Szenario scheint daher für den Verankerungszeitraum der OG 5 und NB 6 wahrscheinlich: Die ausgeprägte Saisonalität und Regionalität der Fallen in 500 m Wassertiefe beider Seegebiete wurde durch den Einfluß von Resuspension und Lateraltransport in den

bodennahen Fallen verwischt. Die starke Überprägung durch ganzjährig hohe Flüsse (Abb. 18/22) sowie die Gleichförmigkeit der Artenzusammensetzung über den Verankerungszeitraum (Abb. 19/22) können dies nachweisen. Es ist möglich, daß die bodennahe Falle der OG 5 von dem gleichen Material wie die der NB 6 beliefert wurde. Dies folgert sich aus der Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung. Die deutlich geringeren Flußwerte in 2300 m Wassertiefe der OG 5 im Vergleich zur 3000 m tiefhängenden Falle der NB 6 sowie der erhöhte Anteil atlantischer Arten würden dabei eine westwärts gerichtete Transportkomponente ausweisen.

Über die Menge und Transportrichtung von resuspendiertem Material gibt es bislang nur vage und vielfach widersprüchliche Hinweise. So vermuten v. Bodungen et al. (1991) eine ostgerichtete Materialzufuhr vom Mohns-Rücken und der Jan-Mayen-Bruchzone in das Lofotenbecken. Auch Kohly (1994) kann eine Anreicherung arktischer Diatomeen in der bodennahen Falle der NB 6 feststellen, was ebenfalls für eine östliche Transportkomponente spricht. Hinweise auf ein Liefergebiet für resuspendiertes Material lassen sich anhand von tertiären Diatomeen in der NB 6 (Kohly 1994) sowie miozänen Dinoflagellaten-Zysten in einer tiefhängenden Sinkstoff-Falle aus dem Lofotenbecken (Dale & Dale 1992) ableiten. Tertiäre Schichten als möglicher Herkunftsort sind vom Vøring-Plateau und Lofotenschelf bekannt (Bjørklund & Kellogg 1972; Mokhtari 1987) und sprächen für einen nach Westen gerichteten Transport. Derartige Hinweise auf Transportwege in tieferen Wasserschichten lassen sich aber nicht zu einem generellen Muster zusammenfügen. Auch vermuten Samtleben et al. (1995) auf Grund des geringen Vorkommens von transportierten neritischen Dinoflagellaten-Zysten im Oberflächensediment unterhalb der NB 6 eine lokale Herkunft des lateral advektierten Materials.

Besonders das Lofotenbecken wird stark von resuspendiertem Material geprägt. So konnten Dale & Dale (1992) allgemein eine klare Korrelation von Sediment- und Dinoflagellaten-Zystenfluß in einer 2600 m tiefhängenden Sinkstoff-Falle nachweisen. In einem einzelnen Sammelintervall im Juli 1984 wurden dabei über 40 % aller Dinoflagellaten-Zysten und 99 % aller präquartären Zysten der Verankerungszeit sedimentiert. Die Autoren vermuten als Ursache dieses Flußereignisses einen Turbidit, der durch ein lokales Erdbeben ausgelöst wurde. Im gleichen Sammelintervall ist auch das Maximum für den Coccolithophoridenfluß an derselben Falle festgestellt worden (Samtleben & Bickert 1990). Eine Saisonalität in Abhängigkeit von der Produktivität im Plankton scheint daher auch für den von Dale & Dale (1992) und Samtleben & Bickert (1990) untersuchten Sammelzeitraum 1983/1984 nur stark überprägt vorhanden gewesen zu sein. Vermutlich bedingt durch den sowohl kontinuierlich als auch episodisch nachgewiesenen Eintrag von resuspendiertem Material zeigt sich für die von Samtleben & Bickert (1990) untersuchte Sinkstoff-Falle ein für das Oberflächensediment dieser Region charakteristisches *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis von 1,8 zu 1 (Kap. 4.1.5). Trotz aller Überprägung durch Resuspension und laterale Advektion bleibt damit ein typischer

Parameter für die Charakterisierung einer bestimmten Region erhalten. Dies können auch Samtleben & Bickert (1990) anhand eines Süd-Nord-Transektes tiefhängender Sinkstoff-Fallen zeigen. Bei zunehmender Beeinflussung durch resuspendiertes und lateral advektiertes Material zeigt sich eine generelle Abnahme des Coccolithophoridenflusses nach Norden sowie gleichzeitig die zunehmend stärker werdende Dominanz von *C. pelagicus*.

Laterale Advektion und Resuspension können nicht differenziert werden, da auch resuspendiertes Material lateral transportiert wird. Anhand von *C. hyalinus*, der auf Grund der schlechten Erhaltbarkeit keine Überlieferung im Sediment findet, kann aber abgeschätzt werden, wie groß der Anteil von resuspendiertem (mit oder ohne Lateraltransport) und der Anteil von meridional transportiertem Material ist. In der Grönlandsee zeigt *C. hyalinus* eine Verringerung von der 500 m zu der in 2300 m Wassertiefe hängenden Falle, d.h. der Anteil von meridional transportiertem und noch nicht resuspendiertem Material ist demnach sehr gering und trägt kaum zur Flußerhöhung bei. In der Norwegensee reichert sich hingegen *C. hyalinus* um mehr als das Vierfache von der 500 m zu der in 3000 m Wassertiefe hängenden Falle an. Auch unter Berücksichtigung des Zeitversatzes der Partikelsedimentation (Kap. 3.2.1) scheint damit für den untersuchten Zeitraum ein größerer Anteil der Flußerhöhung aus meridional transportiertem Material zu bestehen. In dem von Samtleben & Bickert (1990) untersuchten Material konnten die Autoren *C. hyalinus* sowie andere sehr fragile Arten nicht in ihrem Probenmaterial nachweisen, so daß der Anteil von nicht resuspendiertem Material vermutlich gering war. Einen Hinweis, daß eher die mechanische Zerstörung als Lösungsprozesse für den Abbau und Artenselektion sorgen, zeigt die Zunahme des Fragmentierungsgrades bei unverändertem Anteil gelöster Coccolithen (vgl. Kap. 3.2.1.3).

Ein völlig gegensätzliches Bild zu *C. hyalinus* zeigen in den hier untersuchten Sinkstoff-Fallen *G. muelleriae* und *C. leptoporus*. Beide Arten weisen überdurchschnittlich hohe Anreicherungen in den stark durch Resuspension beeinflussten tiefhängenden Fallen auf. Sowohl im Plankton als auch in den flachhängenden Fallen erreichen diese Arten aber nur eine sehr geringe Bedeutung an der Zusammensetzung der Gemeinschaften (Kap. 4.1.1). Einerseits kann aus dem unbedeutenden Anteil von *G. muelleriae* und *C. leptoporus* an den lebenden Gemeinschaften und denen des flachen Sinkbereiches geschlossen werden, daß diese Arten derzeit nicht im Europäischen Nordmeer leben. Andererseits kann sich ein derartiges Fehlen nicht unmittelbar abbilden, da durch Resuspension und Lateraltransport weiterhin beide Arten verbreitet und abgelagert werden.

Für die kieseligen Gruppen wird generell ein bedeutender Einfluß von Kieselsäurelösung in der Wassersäule angenommen (Kohly 1994, Schröder-Ritzrau 1994). Im Gegensatz zur hauptsächlich mechanischen Zerstörung von Coccolithen und Coccosphären, werden so lösungsresistentere Arten selektiv angereichert. Dennoch können auch Diatomeen (Kohly 1994) und Radiolarien (Schröder-Ritzrau 1994) eine Zunahme der Flüsse durch resuspendiertes

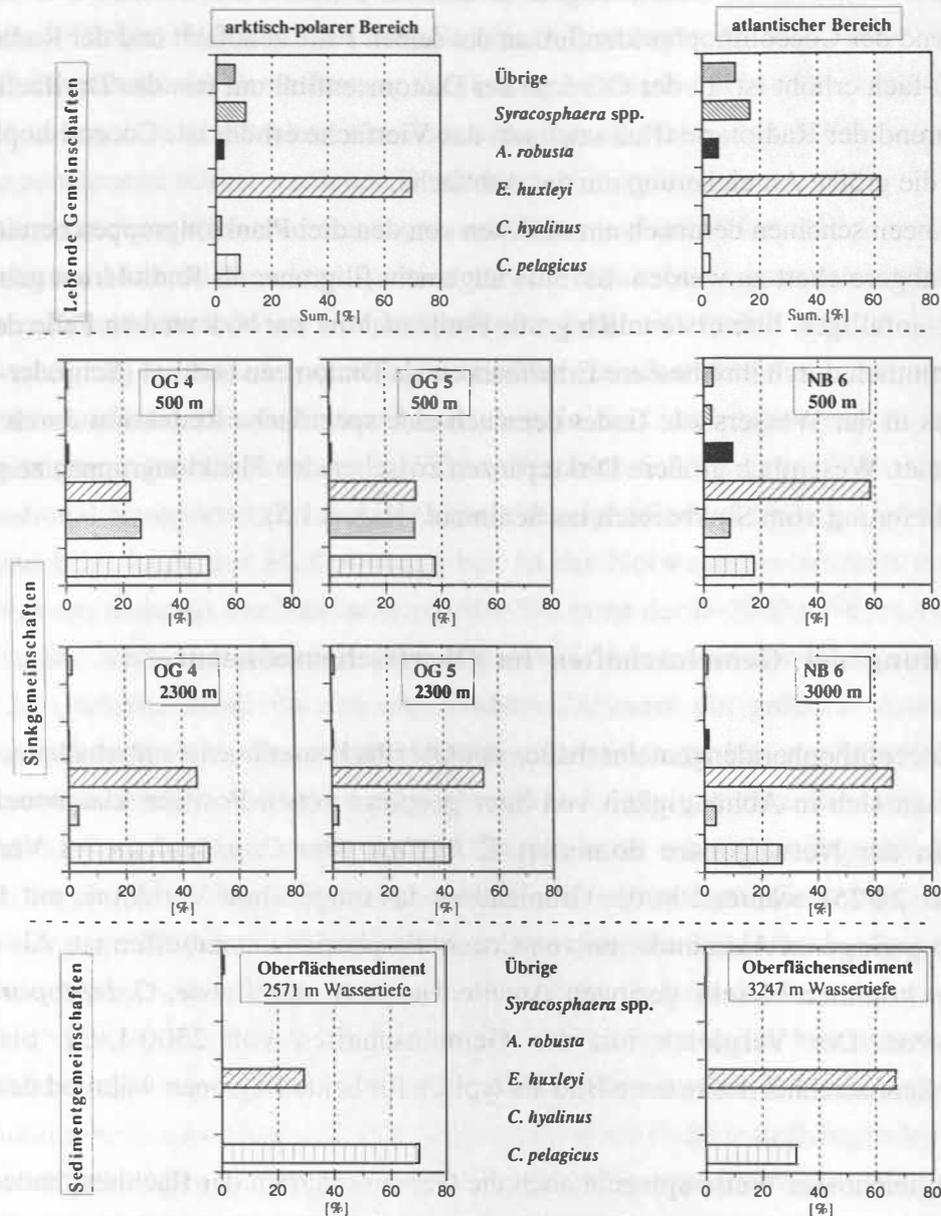
Material in den bodennahen Fallen zeigen. In der NB 6 wird der Diatomeenfluß fünffach erhöht, während der Coccolithophoridenfluß an der selben Falle zehnfach und der Radiolarienfluß sogar 20-fach erhöht ist. In der OG 5 ist der Diatomeenfluß um fast das Dreifache abgereichert, während der Radiolarienfluß noch um das Vierfache erhöht ist. Coccolithophoriden erfahren hier die größte Anreicherung um das Achtfache.

Diatomeen scheinen demnach am stärksten von den drei Planktongruppen bereits in der Wassersäule abgereichert zu werden. Sie sind allgemein filigraner als Radiolarien gebaut und somit lösungsanfälliger. Ihre erstaunlich große Flußzunahme zur bodennahen Falle der NB 6 ist daher vermutlich durch ihre bessere Erhaltbarkeit als Diatomeen bedingt (Schröder-Ritzrau 1994). Bereits in der Wassersäule findet demnach eine spezifische Reduktion durch Kieselsäurelösung statt. Wesentlich größere Diskrepanzen zwischen den Planktongruppen zeigen sich bei der Überlieferung vom Sinkbereich ins Sediment (Kap. 4.1.5).

#### 4.1.5 Abbildung der Gemeinschaften im Oberflächensediment

Die Coccolithophoridengemeinschaften der Oberflächensedimente unterhalb der Fallstationen lassen sich in Abhängigkeit von ihrer geographischen Position klar voneinander abgrenzen. In der Norwegensee dominiert *E. huxleyi* über *C. pelagicus* im Verhältnis 2,1 zu 1 (Abb. 24/25), während in der Grönlandsee das umgekehrte Verhältnis mit 1 zu 2,4 eine fünffach geringeren Akkumulation von Coccolithophoriden anzutreffen ist. Als einzige andere Arten kommen in sehr geringen Anteilen noch *G. muelleriae*, *C. leptoporus* und *S. pulchra* vor. Der Vergleich mit den Gemeinschaften von 2500 J.v.h. bis heute (Abb. 24/25) kennzeichnet das rezente Bild als typisch für beide Regionen während des späten Holozäns.

In vergleichbarer Weise spiegeln auch die Gemeinschaften der flachhängenden Sinkstoff-Fallen die regionalen Unterschiede wider (Kap. 4.1.2). Bei Vernachlässigung der nicht erhaltungsfähigen Arten *C. hyalinus* und *A. robusta* zeigen sich insbesondere für die OG 4 mit dem *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis von 1 zu 2,2 und für die NB 6 mit dem Verhältnis von 3,4 zu 1 nahezu identische Artenverhältnisse zu den Sedimentgemeinschaften (Abb. 36). Die OG 5 weicht in ihrer Artenzusammensetzung geringfügig von der der OG 4 und der Sedimentgemeinschaft der Grönlandsee ab, läßt sich aber dennoch klar von der NB 6 und dem dort unterlagernden Sediment abgrenzen. Wesentlich größer sind hingegen die Unterschiede zu den Gemeinschaften im Plankton. Auch läßt sich das pelagische Signal der flachhängenden Fallen nicht einfach durch die Wassersäule ins Sediment verfolgen. Der Einfluß von Resuspension und Lateraltransport, speziell für die Sinkstoff-Fallen der Grönlandsee, verhindert dies. Nur anhand der Artenverhältnisse würde sich daher für die Abbildung lebender Coccolithophoridengemeinschaften im Sediment folgendes Schema ableiten:

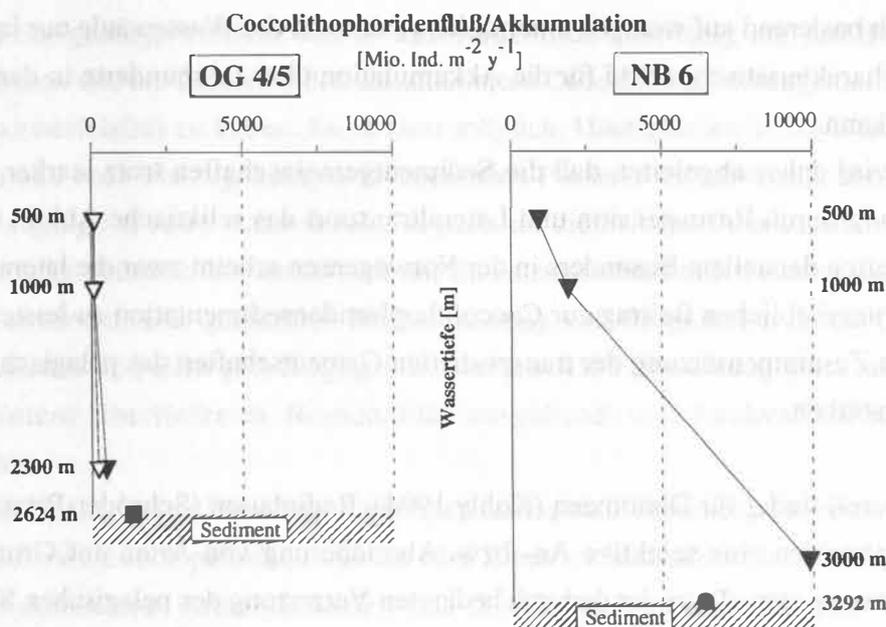


**Abb. 36:** Vergleich der Artenverhältnisse: 1) der lebenden Gemeinschaften im langjährigen Mittel, 2) der Sinkstoff-Fallen OG 4/5 und NB 6 aus 500 m und 2300 bzw. 3000 m Wassertiefe im Jahresmittel mit 3) dem unterlagernden Oberflächensediment.

Bei der Umwandlung zu Sinkgemeinschaften wird bereits ein Großteil der fragilen Arten zerstört und besonders in der Grönlandsee nur sporadisch in den Sinkbereich überliefert. Mit der Ausnahme von *C. hyalinus* (Kap. 4.1.3) reichert sich nahezu ausschließlich der stabile *C. pelagicus* auf Kosten aller anderen Arten einschließlich *E. huxleyi* bei der Umwandlung zu den Sinkgemeinschaften relativ an. Um das Artenverhältnis der Sedimentgemeinschaften erklären zu können, scheinen im langjährigen Mittel die Sinkgemeinschaften der oberen Wassersäule ohne weitere gravierende Veränderungen zu sedimentieren. Für die Region der Grönlandsee würden demnach Phasen mit hohen Anteilen von resuspendiertem und lateral

advektiertem Material zwar für den beobachteten Zeitraum ihr Abbild innerhalb der tiefhängenden Fallen finden, aber für die Akkumulation der Gemeinschaften am Meeresboden vernachlässigbar sein. In der Norwegensee würden hingegen selbst die nachgewiesenen Umlagerungsprozesse die Zusammensetzung der Gemeinschaften nicht verfälschen, da das umgelagerte Material im langjährigen Mittel hauptsächlich lokalen Ursprungs zu sein scheint (Kap. 4.1.4).

Ohne die Berücksichtigung von tatsächlichen Quantitäten ist es daher möglich, einen Zusammenhang zwischen Sinkgemeinschaften als stark verändertes aber reales Abbild der lebenden Gemeinschaften und Sedimentgemeinschaften abzuleiten. Der Vergleich von Flüssen mit Akkumulation weist aber für den untersuchten Zeitraum erhebliche Diskrepanzen auf (Abb. 37). Für die untersuchten Fallen zeigt sich, daß die erfaßten Coccolithophoridenflüsse in 500 m und 1000 m Wassertiefe viel zu gering sind, um die Akkumulation im Sediment zu erklären. So ist die Coccolithophoridenakkumulation in der Grönlandsee um ca. das 17-fache höher als der Fluß in 500 m Wassertiefe. Für die Norwegensee zeigt sich eine etwas geringere Diskrepanz mit einer ca. siebenfach höheren Akkumulation. Erst der Einfluß von Resuspension und Lateraltransport kann den Fluß in den tiefhängenden Fallen so stark erhöhen, daß in der Norwegensee mehr sedimentiert als akkumuliert wird. Nach den absoluten Coccolithophoridenflüssen ist demnach für den untersuchten Zeitraum keine Bilanzierung der Coccolithophoridensedimentation möglich.



**Abb. 37:** Vergleich von Coccolithophoridenflüssen der Sinkstoff-Fallen OG 4/5 und NB 6 mit der Coccolithophoridenakkumulation aus dem unterlagernden Oberflächensedimentes.

Es stellt sich daher die Frage, ob es sich bei den Sedimentgemeinschaften von Grönlandsee und Norwegensee um ein verzerrtes und verarmtes Abbild der lebenden Gemein-

schaften handelt, wie es die Interpretation der Artenverhältnisse nahelegt, oder um mehrfach umgelagerte Transportgemeinschaften, wie es der Vergleich von Flüssen aus Sinkstofffallen und Sedimentakkumulation andeutet?

- 1) Es hat sich gezeigt, daß Artenverhältnisse allgemein wesentlich konservativer sowie von methodischen Fehlern weniger beeinflußt sind als Gesamtflüsse und so eine sehr verlässliche Interpretationsbasis darstellen. Auf der anderen Seite sind stark schwankende absolute Häufigkeiten ein gewohntes Bild für Coccolithophoriden im Europäischen Nordmeer (Samtleben et al. im Druck). Es ist daher möglich, daß in anderen Jahren wesentlich größere Coccolithophoridenflüsse erreicht werden.
- 2) Nicht nur die Zelldichte lebender Coccolithophoridengemeinschaften, sondern primär die Verpackung in Transportvehikel ist für eine Überlieferung in die Sinkgemeinschaften von Bedeutung. Damit kann auch die Kontrolle des Phytoplanktons durch das Zooplankton die Sedimentation wesentlich beeinflussen. Diese unterliegt ihrerseits beträchtlichen Schwankungen (Wassmann et al. 1991).
- 3) Generell ist ein Vergleich von Quantitäten aus der Wassersäule und dem Sediment auf Grund der unterschiedlichen Betrachtungszeiträume nur eingeschränkt möglich. Während sich im Sinkbereich die absoluten Flüsse von Grönlandsee und Norwegensee mit Faktoren bis über 40 voneinander unterscheiden, ist die Akkumulation von Coccolithophoriden im Sediment unterhalb der NB 6 nur um etwas mehr als den Faktor vier größer als in der Grönlandsee. Die um eine Dimension geringeren Unterschiede in den Sedimenten machen deutlich, daß ein Vergleich basierend auf wenigen untersuchten Jahren in der Wassersäule nur im Ausnahmefall ein charakteristisches Bild für die Akkumulation über Jahrhunderte in den Sedimenten ergeben kann.

Es wird daher abgeleitet, daß die Sedimentgemeinschaften trotz starker episodischer Beeinflussung durch Resuspension und Lateraltransport das reliktsche Abbild der lebenden Gemeinschaften darstellen. Besonders in der Norwegensee scheint zwar die laterale Advektion einen nicht unerheblichen Beitrag zur Coccolithophoridensedimentation zu leisten, aber durch die ähnliche Zusammensetzung der transportierten Gemeinschaften das pelagische Signal eher noch zu verstärken.

Generell findet für Diatomeen (Kohly 1994), Radiolarien (Schröder-Ritzrau 1994) und Coccolithophoriden eine selektive An- bzw. Abreicherung von Arten auf Grund der spezifischen Bauweise statt. Trotz der dadurch bedingten Verzerrung des pelagischen Signals zeigen die Gemeinschaften der Oberflächensedimente charakteristische Übereinstimmungen zu den Artenvergesellschaftungen der Sinkstoff-Fallen. Eine Differenzierung der Seegebiete ist somit von allen Planktongruppen anhand der Artenverhältnisse möglich.

Im Gegensatz zu Coccolithophoriden sind die Jahresflüsse von Diatomeen und Radiolarien in den flachhängenden Fallen meistens größer als die Akkumulation im Ober-

flächensediment (Kohly 1994, Schröder-Ritzrau 1994). Von den Diatomeenflüssen in 500 m Tiefe werden unter Berücksichtigung einer allgemeinen Kieselsäurelösung zwischen 73 % (NB 6) und 5,2 % (OG 5) im Sediment akkumuliert (Kohly 1994). Radiolarien zeigen eine bessere Überlieferung mit bis zu 73 % (NB 6) und bis 14 % (OG 5) Akkumulation des Jahresflusses (Schröder-Ritzrau 1994). Ohne den Eintrag von lateral advectiertem Material würde sich für Diatomeen und Radiolarien die Diskrepanz von sedimentierten und akkumulierten Häufigkeiten noch wesentlich verstärken. Trotz der größeren Sedimentation von Diatomeen und Radiolarien in der Grönlandsee ist aber die Überlieferung im Oberflächensediment geringer als in der Norwegensee. Die Menge des erhaltenen kieseligen Materials wird wesentlich durch die allgemeine Sedimentationsrate bedingt. Diese ist im Lofotenbecken um 30 % höher als in der Grönlandsee, so daß dort eine schnellere Einbettung und damit eine bessere Erhaltung ermöglicht wird. Die Verzerrung des pelagischen Signals ist demnach auch für die kieseligen Planktongruppen in der Grönlandsee größer als in der Norwegensee. Da Coccolithophoriden nicht in gleichem Maße der Lösung unterliegen, ist ihre Akkumulation weniger von einer schnellen Einbettung abhängig.

#### **4.1.6 Coccolithophoriden als Indikatoren für ozeanographische Bedingungen: Möglichkeiten und Grenzen**

Es konnte gezeigt werden, daß es außerordentlich schwierig ist, die Beziehungen zwischen lebenden und am Meeresboden akkumulierten Coccolithophoridengemeinschaften in Fallbeispielen zweifelsfrei zu klären. Es ist zwar möglich, Häufigkeiten in der Wassersäule zu quantifizieren und auch die zugehörigen verändernden Prozesse zu verstehen, aber es gelingt nicht, diese Vorgänge in entsprechender Weise auch auf die fossilen Gemeinschaften zu übertragen. Sedimentgemeinschaften lassen sich nur im Ausnahmefall durch aktualistische Untersuchungen bilanzieren. Die qualitative Differenzierung von Seegebieten durch Coccolithophoriden aus Sinkstoff-Fallen gibt hingegen Einsichten in die Entstehung einer ausgeprägten und im Sediment überlieferten Regionalität ausgehend von hochvariablen lebenden Gemeinschaften.

Auf der Basis qualitativer Untersuchungen lassen sich Beziehungen wesentlich klarer verdeutlichen. So wird auch plausibel, daß nur fünf Arten im Sediment überliefert werden. Das Verhältnis der dominanten Arten (*E. huxleyi* und *C. pelagicus*) zueinander kann nicht nur die ozeanographischen Regionen charakterisieren, sondern ist auch repräsentativ für den Rückschluß auf die lebenden Gemeinschaften. Ein *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis im Sediment von 2 zu 1 (Lofotenbecken) wäre demnach charakteristisch für atlantisch beeinflusste Bedingungen, während das umgekehrte Verhältnis (Grönlandsee) ein Anzeiger für arktisch-polar geprägte Gemeinschaften wäre.

Nur eingeschränkt erlauben die warmadaptierten *C. leptoporus* und *G. muelleriae* den Rückschluß auf die von ozeanographischen Bedingungen beeinflussten lebenden Gemeinschaften. Auf Grund der hohen Erhaltbarkeit können diese Arten durch Resuspension und Lateraltransport auch bei einer derzeitigen Bedeutungslosigkeit an den lebenden Gemeinschaften weit in den Sedimenten verbreitet werden. Erst eine höhere Akkumulation dieser Arten in den Sedimenten läßt daher den Schluß auf ökologisch günstigere Bedingungen zu. Allgemein scheinen danach die Sedimentgemeinschaften zu einem nicht unerheblichen Grad von allochthonen Anteilen geprägt zu sein. Bei einer sehr geringen Akkumulation von Coccolithophoriden dürfen daher die Sedimentgemeinschaften unter dem Einfluß eines "Hintergrundrauschens" nur sehr vorsichtig interpretiert werden. In Bezug auf das als rezent datierte Oberflächensediment unterhalb der NB 6 kann daher sehr grob eine Mindestakkumulation für *C. leptoporus* und *G. muelleriae* von ca. 2,5 Mio. Ind. cm<sup>-2</sup> ky<sup>-1</sup> angegeben werden. Die Beeinflussung durch lateralen und meridionalen Coccolithophoridentransport in der Wassersäule kann somit für nahezu alle Kernlokationen im Europäischen Nordmeer als stetiges Phänomen betrachtet werden, ohne das aber die ozeanische Sedimentation entscheidend bzw. überregional verändert würde.

Die Untersuchungen haben auch gezeigt, daß die Karbonaterhaltung für Coccolithophoriden in der Wassersäule sehr gut ist und hauptsächlich eine mechanische bzw. biologische Zerstörung stattfindet. Im Gegensatz zu den stark lösungsbeeinflussten kieseligen Gruppen der Diatomeen (Kohly 1994) und Radiolarien (Schröder-Ritzrau 1994) ist die Überlieferung von Coccolithophoriden daher weniger von einer schnellen Einbettung durch eine hohe Sedimentationsraten abhängig. Dadurch ist aber der Anteil transportierter Individuen potentiell höher als bei den kieseligen Gruppen. Diese weisen in einem generell an Kieselsäure unter-sättigten Milieu in der Regel trotz Resuspension und Lateraltransport höhere Flüsse auf, als in den Sedimenten akkumuliert werden (Kohly 1994; Schröder-Ritzrau 1994). Coccolithophoridengemeinschaften erfahren demnach die stärksten Veränderungen bei der Umwandlung von lebenden Gemeinschaften zu Sinkgemeinschaften durch vornehmlich biologische Prozesse, während hingegen kieselige Planktonorganismen stärker von physikalisch-chemischen Lösungsprozessen bei der Sedimentation und Akkumulation beeinflusst werden.

Die Diversität von Diatomeen (Kohly 1994) und Radiolarien (Schröder-Ritzrau 1994) ist in den Sinkstoff-Fallen im Mittel mehr als doppelt so groß wie die von Coccolithophoriden. Im Sediment vergrößert sich die Diskrepanz, da von Coccolithophoriden nur ca. 25 % der Arten auch im Sediment vorkommen. Von Diatomeen treten hingegen ca. 60 % und von polyzystinen Radiolarien nahezu 100 % aller Arten auch im Sediment auf. Coccolithophoriden werden von nur ein oder zwei Arten dominiert. Radiolarien und Diatomeen zeigen hingegen immer das gemeinsame Vorherrschen von vier bis zehn Arten.

Coccolithophoriden können erst dann in den Sinkbereich gelangen, wenn sie durch Fraß in Kotpillen verpackt und so transportiert werden. Diese Gruppe kann demnach nur fossil

überliefert werden, wenn auch Fraßfeinde vorkommen und damit ein umfassendes biologisches System etabliert ist. Im Gegensatz dazu können ganze Blüten von Diatomeen, ohne gefressen worden zu sein, pulsartig absinken (Bauerfeind et al. 1994) und als Phytodetritus innerhalb kurzer Zeit den Meeresboden erreichen (Graf 1992). Eine Kopplung von Fraß und erhöhter Sedimentation ist auch für Diatomeen vorhanden (Schrader 1971), aber begünstigt durch Aggregation (Smetacek 1985) können Diatomeen auch ohne Transportmittel sedimentieren. Andere Planktongruppen mit erhaltungsfähigen Hartteilen (Radiolarien, Foraminiferen) besitzen auf Grund ihrer Größe ein eigenes Sinkpotential (Berger 1976) und können daher auch unabhängig von synökologischen Beziehungen zum Meeresboden gelangen.

Obwohl physikalische Parameter (i.w. Temperatur) wesentlich die Verbreitung und Häufigkeiten von Coccolithophoriden beeinflussen, sind sie doch nur mittelbar mit der Verbreitung reliktsicher Sedimentgemeinschaften zu korrelieren. Besonders in ökologischen Extrembereichen (Beispiel: Grönlandsee) treten diese Parameter hinter saisonalen Effekten, wie der Entwicklung von Blüten und dem kurzfristigen Aufbau umfangreicher biologischer Systeme zurück. In Bereichen mit gemäßigteren klimatischen Bedingungen (Beispiel: Norwegensee) können lebende Coccolithophoridengemeinschaften besser in Qualität und Quantität im Sediment abgebildet werden.

Im Vergleich mit Diatomeen und Radiolarien erweisen sich damit Coccolithophoriden trotz einer sehr viel kleineren Diversität als aussagekräftige Indikatoren für Paläobedingungen. Besonders die geringere Lösungsanfälligkeit ermöglicht eine paläo-ozeanographische Interpretation selbst dort, wo keine Diatomeen oder Radiolarien mehr erhalten sind. Es ist daher vielversprechend, auch die Daten von Foraminiferen (Jensen, in Vorb.) und Dinoflagellaten-Zysten (Baumann, in Vorb.) synoptisch an demselben Probenmaterial auf ihre paläo-ozeanographische Verwertbarkeit zu untersuchen.

## 4.2 Rekonstruktion ozeanographischer Bedingungen durch Coccolithophoriden

### 4.2.1 Oberflächensedimente: Schnittstelle Rezent/Fossil

Trotz eines teilweise hohen Alters bis über 2000 J.v.h. werden Oberflächensedimente von aktuellen Prozessen geprägt und stellen so die heute erfaßbaren Schnittstellen zwischen lebenden und fossilen Planktongemeinschaften dar.

Im Europäischen Nordmeer wird das Verteilungsmuster von Coccolithophoriden in Oberflächensedimenten wesentlich vom Einfluß der Nordatlantikdrift geprägt. Generell läßt sich eine Abnahme der absoluten Häufigkeiten verbunden mit der zunehmenden Dominanz von *C. pelagicus* von Osten nach Westen und gradueller ausgeprägt, auch von Süden nach Norden

in Annäherung an die polaren Wassermassen beobachten (DeVoe 1979; Eide 1990; Samtleben & Schröder 1992; Samtleben et al. 1995).

Eine durchschnittlich zehnfach höhere Coccolithophoridenakkumulation bei einer deutlich größeren Diversität weist auf stark unterschiedliche Sedimentationsbedingungen zwischen dem östlichen Nordatlantik (Rockall-Plateau, Kern 23414) und dem Gebiet im Einfluß des Norwegenstromes hin (Abb. 38). Die Distanz vom Rockall-Plateau (Kern 23414) zum Aegir-Rücken (23411) bzw. von dort zum Barents-See-Hang (23259) ist nahezu übereinstimmend. Die letzteren Kerne weisen in den Oberflächensedimenten charakteristische Übereinstimmungen innerhalb der Coccolithophoridengemeinschaften sowohl in den Häufigkeiten als auch in der Diversität auf, grenzen sich aber deutlich von denen des Rockall-Plateaus (23414) ab. Die Coccolithophoriden des Europäischen Nordmeeres sind daher nur bedingt mit den Gemeinschaften des Nordatlantiks gleichzusetzen und werden wesentlich von regionalen Prozessen nördlich des Island-Schottland-Rückens geprägt.

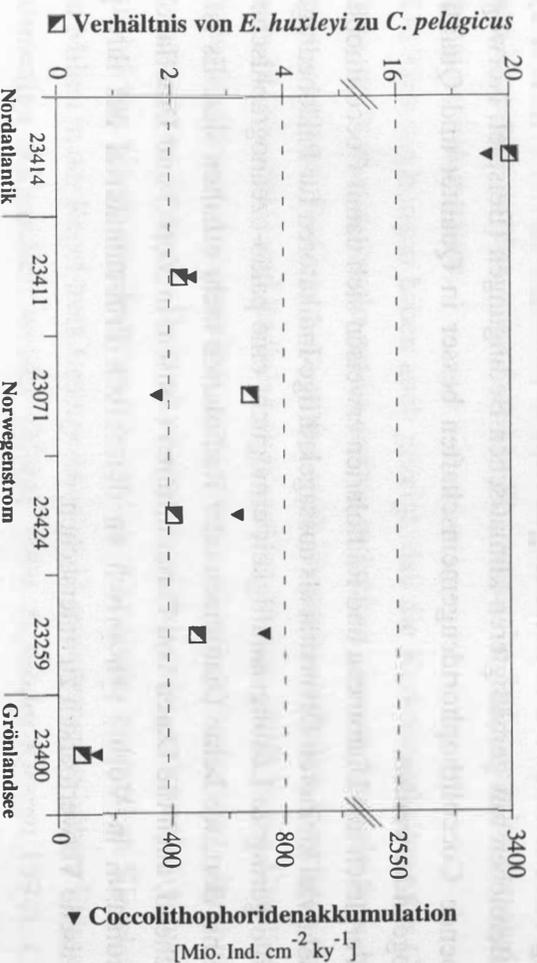


Abb. 38: Verhältnisse von *E. huxleyi* zu *C. pelagicus* mit Angabe der Coccolithophoridenakkumulation in den Oberflächensedimenten der bearbeiteten Kerne.

Das *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis (Kap. 4.1.6) unterstreicht einerseits die Gemeinsamkeiten der Coccolithophoridengemeinschaften der Oberflächensedimente im Einfluß der Nordatlantikdrift und ermöglicht andererseits eine Beurteilung der Stärke des atlantischen Einflusses. Im Europäischen Nordmeer zeigt sich am Vøring-Plateau (23071) das höchste Verhältnis (Abb. 38). Etwas niedrigere, aber dennoch für den atlantisch beeinflussten Raum typische Verhältnisse ergeben sich für den Aegir-Rücken (23411), das Lofotenbecken (23424) und den Barents-See-Hang (23259). Ein weit niedrigeres Verhältnis charakterisiert die Gemeinschaft in der Grönlandsee (23400). Um eine Dimension größer ist das Verhältnis auf dem Rockall-Plateau (Kern 23414). Prinzipiell zeigt sich eine positive Korrelation der Coccolithophoridenakkumulation mit dem *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis (Abb. 38), was die

regionale Differenzierung der Coccolithophoridengemeinschaften unterstreicht. Während die Coccolithophoridenakkumulation zu einem Großteil von sedimentologischen Parametern abhängig ist, kann das *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis direkt als reliktsches Abbild der lebenden Gemeinschaften genutzt werden (Kap. 4.1.6). Demnach würden die Coccolithophoridengemeinschaften des Vøring-Plateaus (23071) den stärksten atlantischen Einfluß aufweisen. Trotz der südlicheren Lage unmittelbar nördlich des Island-Schottland-Rückens wird der Aegir-Rücken (23411) anscheinend nicht im gleichen Maße von der Nordatlantikdrift beeinflusst. Dies ist vermutlich durch die westlichere Lage und die Nähe zur Arktisfront bedingt. Andererseits zeigt sich am Barents-See-Hang (23259), der nördlichsten Kernposition, ein höheres Verhältnis sowohl als im Lofotenbecken (23424) als auch am Aegir-Rücken (23411).

Diese anhand des *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnisses charakterisierte, relativ kleinräumige ozeanographische Differenzierung kann auf Grund der weitgehenden Unabhängigkeit von sedimentologischen Einflüssen als verlässlicher Parameter für einen atlantischen Einfluß gewertet werden. So wird der Hauptstromstrich des Norwegenstromes am östlichen Kontinentalhang (Johannessen 1986) klar abgebildet. Eine entsprechende Einteilung nach atlantischem Einfluß derselben Sedimentkerne zeigt sich auch anhand der prozentualen Anteile atlantischer Arten der Diatomeen- und Radiolariengemeinschaften (Kohly 1994; Schröder-Ritzrau 1994).

#### 4.2.2 Geologische Überlieferung und Entwicklung der Coccolithophoridengemeinschaften im Spätglazial und Holozän

Markante Veränderungen innerhalb der Gemeinschaften sowie der Verlauf der Akkumulation werden zur Einteilung in vier ökostratigraphische Intervalle genutzt:

##### Spätglazial bis Termination IB (vor 9800 J. v. h.)

Der größte Teil dieses Zeitabschnittes ist in den bearbeiteten Kernen nur am Rockall-Plateau (23414) mit Coccolithophoriden dokumentiert. In diesem Intervall dominieren *E. huxleyi* und *G. muelleri* mit ziemlich konstanten Verhältnissen, während andere Arten einschließlich *C. pelagicus* nur untergeordnet vorkommen (Abb. 26). Ungewöhnlich erscheinen die geringen relativen und absoluten Häufigkeiten von *C. pelagicus*, der einerseits als typisch kaltadaptierte Art beschrieben wurde (Braarud 1979, Samtleben et al. im Druck) und andererseits höchste Anteile zu Beginn des Holozäns (Baumann & Matthiessen 1992 b) sowie rezent in der arktisch beeinflussten Grönlandsee (Abb. 36) zeigt. Auch Baumann (1990) fand in einem Parallelkern nur geringe absolute Anteile von *C. pelagicus* im Vergleich zum Euro-

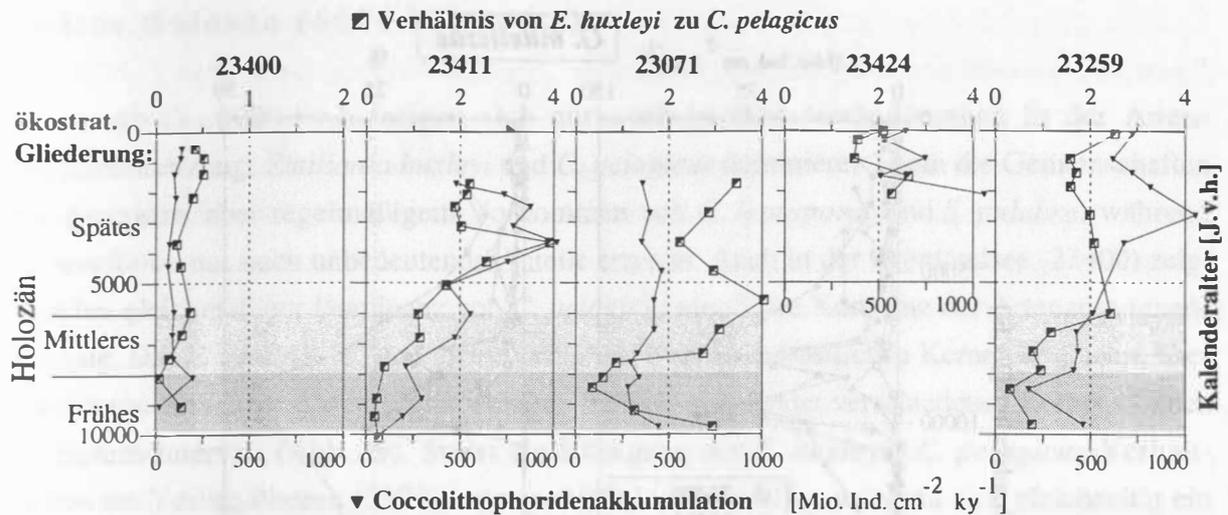
päischen Nordmeer. Es ist daher möglich, daß die Entstehungsbedingungen der glazialen Coccolithophoridengemeinschaften des Rockall-Plateaus sich grundlegend von denen des noch glazial beeinflussten Überganges zum Holozän im Europäischen Nordmeer unterscheiden. Rezent werden nach morphometrischen Untersuchungen für *C. pelagicus* nördlich des Island-Schottland-Rückens die besten ökologischen Bedingungen vermutet (Baumann im Druck). Eventuell ergeben sich für *C. pelagicus* während glazialer Perioden keine entsprechenden Lebensbedingungen in südlicheren Gebieten. Über den Zeitraum von Sauerstoffisotopenstadium 8 bis 1 kann Gard (1986) bei allgemein sehr geringen absoluten Anteilen im Gegensatz zu Baumann (1990) keine signifikanten Häufigkeitsvariationen von *C. pelagicus* an einem Kern auf dem Rockall-Plateau feststellen. Gard (1986) vermutet daher, daß neben Temperatur andere limitierende Faktoren wie Salinität und/oder Nährstoffe eine wesentliche Rolle spielen.

In den Sedimentkernen vom Aegir-Rücken (23411), Vøring-Plateau (23071) und Barents-See-Hang (23259) finden sich in diesem Intervall nur sporadisch Coccolithophoriden, zumeist dominiert von umgelagerten fossilen Arten. Deren großer Anteil sowie die Ähnlichkeit der Restgemeinschaften zu denen des Rockall-Plateaus mit einem nahezu regelmäßigem Auftreten von *G. muelleræ* sprechen für einen sehr hohen Anteil allochthoner bzw. transportierter Florenanteile. Die Individuenakkumulation liegt allgemein unter den für *G. muelleræ* und *C. leptoporus* exemplarisch festgestellten Mindestwerten (Kap. 4.1.6), so daß ein Rückschluß auf ehemalige Planktongemeinschaften nicht möglich ist. Auch Baumann & Matthiessen (1992 b) weisen auf die sporadische Coccolithophoridenüberlieferung vor 10000 J.v.h. hin. Als erster Hinweis auf einen pelagisch/autochthonen Ursprung der Coccolithophoridenakkumulation kann ab ca. 13000 J.v.h. der qualitative Nachweis von *E. huxleyi* in der südöstlichen Norwegensee (Jansen & Bjørklund 1985) betrachtet werden.

Frühes Holozän (9800 bis 8000 J.v.h.)

Gegen Ende der Termination IB erreicht die Coccolithophoridenakkumulation ein deutliches Maximum am Vøring-Plateau (23071) und am Barents-See-Hang (23259). Vermutlich durch ein etwas schlechteres Altersmodell (nach Analog-Altern) geringfügig versetzt, aber wahrscheinlich dennoch zeitgleich zeigt sich ein ähnliches Maximum am Rockall-Plateau (23414). Die Gleichzeitigkeit dieses Ereignisses ergibt sich auch aus der Zusammensetzung der Gemeinschaften, da die Maxima sowohl am Rockall-Plateau als auch am Vøring-Plateau von *E. huxleyi* und *G. muelleræ* dominiert werden. Auch weiter im Norden am Barents-See-Hang wird das Maximum von *G. muelleræ* noch deutlich, allerdings dominiert hier bereits *C. pelagicus* als häufigste Art die Gemeinschaft. Am Aegir-Rücken (23411) zeigt sich ein gradueller Anstieg der Akkumulation bei gleichzeitiger Dominanz von *C. pelagicus*. Es ist aber auch hier das Maximum von *G. muelleræ* dokumentiert, so daß eine schnelle Entwicklung ausgehend vom Nordatlantik stattgefunden haben muß. Der atlantische Einfluß war trotz der

nördlicheren Lage im Bereich der östlichen Kerne stärker, wie das *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis anzeigt (Abb. 39). Besonders für das Vøring-Plateau ergibt sich kurzfristig ein erstaunlich hohes Verhältnis, das aber zum Ende dieses Intervalls wieder deutlich abfällt.



**Abb. 39:** Verhältnisse von *E. huxleyi* zu *C. pelagicus* mit Angabe der Coccolithophoridenakkumulation für den Zeitraum von 10000 J.v.h. bis heute aus den bearbeiteten Kernen des Europäischen Nordmeeres dargestellt gegen Kalenderalter und ökostratigraphische Gliederung.

Im Gegensatz zu den anderen untersuchten Sedimentkernen werden erst zum Ende dieses Intervalls auch in der Grönlandsee (23400) Coccolithophoriden überliefert. Die Gemeinschaften zu Beginn der Überlieferung werden von *C. pelagicus* dominiert und grenzen sich damit von den Gemeinschaften der östlichen Kerne nach der Termination IB ab. Mit dem Einsetzen zeigt sich zeitgleich ein Maximum von *G. muelleriae*, welches mit den stärker ausgeprägten Maxima in den östlichen Kernen korreliert werden kann (Abb. 40).

Auch Baumann & Matthiessen (1992 b) finden zum Ende von Termination IB einen klaren Anstieg der absoluten Coccolithophoridenhäufigkeiten hauptsächlich in östlichen Bereichen, während die Grönlandsee noch keine Coccolithophoridenüberlieferung aufweist. Allerdings geben die vorgenannten Autoren weder Hinweise auf das klar ausgeprägte Maximum von *G. muelleriae* (Abb. 40) noch den hohen Anteil von *E. huxleyi*, sondern verweisen auf die alleinige Dominanz von *C. pelagicus* in diesem Zeitintervall. Einerseits könnte das erstaunlich hohe *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis am Vøring-Plateau (23071) eventuell durch Bioturbation bzw. der Vermengung mit *E. huxleyi* reichen Material bedingt sein. Andererseits benutzen Baumann & Matthiessen (1992 b) ein verkürztes Schlammverfahren (vgl. Kap. 2.3.2) mit nachweislich geringeren Anteilen von *E. huxleyi* (Kap. 2.3.2), so daß vermutlich unterschiedliche methodische Ansätze die Diskrepanzen in den Artenzusammensetzungen bedingen. Nach den hier vorgestellten Daten ist es daher wahrscheinlich, daß sich mit Beginn der Coccolithophoridenüberlieferung im Europäischen Nordmeer kurzfristig eine Gemeinschaft in enger Affinität an die glazialen Coccolithophoriden-

gemeinschaften des Rockall-Plateaus etablierte, sich dann aber unter dem Einfluß frühholozäner Bedingungen bald die Dominanz von *C. pelagicus* herausbildete.

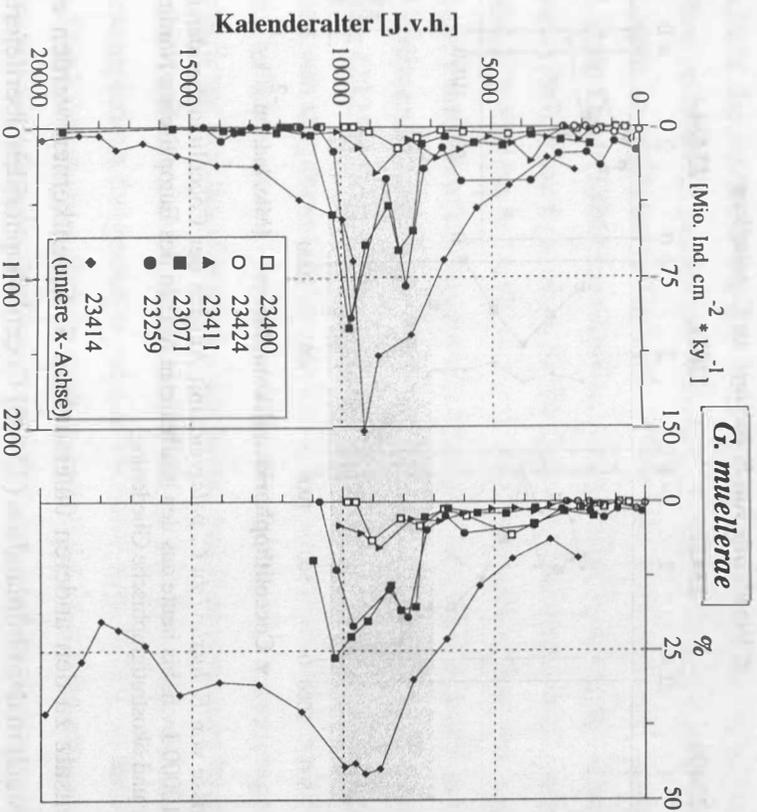


Abb. 40: Akkumulation und relative Häufigkeiten von *G. muellerae* von allen bearbeiteten Kernen.

Mittleres Holozän (8000 bis 6000 J. v. h.)

Dieses Intervall ist durch tiefgreifende Veränderungen der Artenzusammensetzung charakterisiert. In den östlichen Sedimentkernen findet der Wechsel von *C. pelagicus* zu *E. huxleyi* dominierten Gemeinschaften bei gleichzeitigem Anstieg der Coccolithophoridenakkumulation statt (Abb. 39). *Gephyrocapsa muellerae* zeigt einen klaren Rückgang in absoluten und relativen Häufigkeiten.

Während das in allen Kernen auftretende Maximum von *G. muellerae* zu Beginn des Holozäns nahezu zeitgleich die schnelle Ausbreitung eines atlantischen Einflusses anzeigt, wird ein *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis größer zwei erst später erreicht. Am frühesten etabliert sich am Vøring-Plateau (23071) vor ca. 7500 J.v.h. ein atlantisch geprägtes Verhältnis (Kap. 4.1.6), gefolgt vom Barents-See-Hang (23259) vor ca. 6200 J.v.h und Aegir-Rücken (23411) vor ca. 5000 J.v.h..

Übereinstimmend zeigen Baumann & Matthiessen (1992 b) in diesem Intervall einen allgemeinen Anstieg der Coccolithophoridenhäufigkeiten hauptsächlich basierend auf der

erhöhten Akkumulation von *E. huxleyi*. Die Veränderungen in Artenhäufigkeiten und Zusammensetzung in diesem Intervall deuten auf eine anschließende Konsolidierung der Gemeinschaften.

#### Spätes Holozän (6000 bis heute)

Ab ca. 6000 J.v.h. zeigen sich nur noch geringe Veränderungen in der Artenzusammensetzung. *Emiliana huxleyi* und *C. pelagicus* dominieren allein die Gemeinschaften bei geringem, aber regelmäßigem Vorkommen von *C. leptoporus* und *S. pulchra*, während *G. muelleriae* nur noch unbedeutende Anteile erreicht. Auch in der Grönlandsee (23400) zeigt sich bei gleichmäßiger Dominanz von *C. pelagicus* eine klare Konstanz der Artenzusammensetzung. Das *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis liegt in den östlichen Kernen allgemein über zwei, kann aber genutzt werden zur weiteren Differenzierung der verschiedenen Kempositionen in diesem Intervall (Abb. 39). So ist ein Rückgang des *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnisses am Vøring-Plateau (23071) vor ca. 3500 J.v.h. auffällig, während sich gleichzeitig ein Maximum auf dem Aegir-Rücken (23411) zeigt. Nahezu unverändert konstant ist das Verhältnis hingegen am Barents-See-Hang (23259). Möglicherweise lassen sich hieraus, entsprechend des rezenten Verhältnismusters (Kap. 4.2.1), Rückschlüsse auf den Hauptstromstrich des Norwegengstromes ziehen.

Die vorgestellte ökostratigraphische Gliederung beruht allein auf den bislang vorhandenen Daten über Coccolithophoriden im Europäischen Nordmeer. Im Vergleich zu den identischen Einheiten der kieseligen Gruppen (Diatomeen, Kohly 1994 und Radiolarien, Schröder-Ritzrau 1994) wird aber eine etwas abgewandelte Einteilung abgeleitet. Diatomeen und Radiolarien erreichen bereits in der Termination IB Maxima. Coccolithophoriden haben erst nach der Termination IB ihr erstes Maximum. Auch bedingen die geringen Diatomeen- und Radiolarienhäufigkeiten im mittleren Holozän (Kohly 1994; Schröder-Ritzrau 1994) eine etwas andere Einteilung. Diese Diskrepanzen werden in Kap. 4.2.4 diskutiert.

Generell zeigen die kieseligen Gruppen auffällige Übereinstimmungen in den Häufigkeitskurven (Kohly 1994; Schröder-Ritzrau 1994). Für den Sinkbereich wurde die unterschiedliche Reaktion von Diatomeen und Radiolarien auf Lösung diskutiert (Kap. 4.1.4). An der Sedimentoberfläche bzw. im Sediment unterliegen die kieseligen Gruppen jedoch während bedeutend längerer Zeiträume dem Einfluß von Lösung, so daß vermutlich ein prinzipiell ähnliches Häufigkeitsmuster in Abhängigkeit vom Ausmaß der Lösung und der Menge des kieseligen Materials produziert wird. Schröder-Ritzrau (1994) vermutet eine Zone der aktiven Lösung, die mit zunehmender Kernteufe in eine Zone des "fossilisierten Silikates" übergeht. Primär kleinere Häufigkeiten werden dabei stärker reduziert als größere Häufigkeiten, so daß steilere Übergänge zwischen Minima und Maxima (als ursprünglich sedimentiert) die Häufig-

keitskurven in der fossilen Überlieferung prägen. Für Coccolithophoriden konnte weder in der Wassersäule noch im Sediment eine vergleichbare Beeinflussung durch Lösung festgestellt werden.

#### 4.2.3 Limitierungen aktuopaläontologischer Ansätze durch Evolution

Die Entwicklung der Coccolithophoridengemeinschaften im Spätglazial und Holozän des Europäischen Nordmeeres (Kap. 4.2.2) wirft Fragen auf, die durch aktuopaläontologische Untersuchungen allein nicht zu beantworten sind.

So kann gegen Ende von Termination IB der atlantische Einstrom durch ein Maximum von *G. muellerae* nachgewiesen werden. Andererseits wird ein *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis, charakteristisch für einen heute vergleichbaren atlantischen Einfluß (Kap. 4.1.6), zeittransgressiv erst ab ca. 7500 J.v.h. (Abb. 39) festgestellt. Der abgeleitete Indikator für atlantischen Einfluß, d.h. das *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis (Kap. 4.1.6), ist daher primär für atlantische Bedingungen in der heutigen Konfiguration charakteristisch. Trotz eines permanenten Einstromes zu diesem Zeitraum (Jansen & Bjørklund 1985) kann auf Grund der noch nicht begonnenen Coccolithophoridenüberlieferung in der Grönlandsee (23400) auf stärkere Gradienten (z.B. Temperatur) geschlossen werden. Dies wird anscheinend durch ein entsprechend niedriges *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis abgebildet. Daraus folgt, daß das *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis nicht nur ein Indikator für den atlantischen Einstrom ist, sondern auch als Anzeiger für den Grad der Annäherung an rezente Verhältnisse im Europäischen Nordmeer betrachtet werden kann.

Es wurde bereits das ungewöhnliche Verbreitungsmuster von *C. pelagicus* im Spätglazial und dem frühen Holozän diskutiert (Kap. 4.2.2). Ein aktualistischer Rückschluß ist demnach nur bedingt möglich, so daß auch das *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis als atlantischer Indikator wohl erst nach der Termination IB genutzt werden kann. Obwohl *C. pelagicus* heute als hervorragender Indikator für niedrige Temperaturen gilt, zeigt das Vorkommen in der geologischen Überlieferung eine oftmals widersprüchliche Verteilung (u.a. Raffi & Rio 1981; Samtleben 1978). Baumann (im Druck) schlägt daher zur Erklärung der unterschiedlichen Affinitäten einen evolutionären Prozeß, wie die Selektion bestimmter Teilpopulationen einer ursprünglich eurythermalen Art vor. Das bedeutet aber, daß die Benutzung einer Art als Temperaturindikator nur bedingt aus aktualistischer Sicht erfolgen kann, und stets durch vergleichende paläontologische Studien überprüft werden muß.

Ein anderes Beispiel stellt das ungewöhnliche Maximum von *G. muellerae* zu Beginn des Holozäns dar (Abb. 40). Diese Art ist fossil als eurythermal beschrieben (Samtleben 1980) und wird heute der norwegischen Artengruppe zugeordnet mit einem Temperaturbereich bis minimal 5°C (Samtleben et al. im Druck). Die Zunahme im Übergang zum Holozän erfolgt in

Übereinstimmung mit dem Anstieg der Coccolithophoridenakkumulation und könnte demnach auf sich verbessernde ökologische Bedingungen zurückgeführt werden. Wider Erwarten geht der Anteil von *G. muelleriae* aber ab 8000 J.v.h. drastisch zurück, während *E. huxleyi* eine Zunahme erfährt. Der Einfluß von Temperatur als Ursache für den Rückgang ist aber unwahrscheinlich, so daß aus paläontologischer Sichtweise auf veränderte ökologische Affinitäten oder einen evolutionären Prozess, eventuell bedingt durch Verdrängung durch *E. huxleyi*, geschlossen werden kann. Der Dominanzwechsel von *E. huxleyi* über *Gephyrocapsa* spp. wird weltweit als zeittransgressives Ereignis vor ca. 85000 bis 61000  $^{14}\text{C}$  J.v.h. beschrieben (Thierstein et al. 1977). Das kurzfristige Maximum von *G. muelleriae* mit knapp 50 % (Abb. 40) am Rockall-Plateau (23414) widerspricht aber einem einseitigen Trend und wirft die Frage nach den Ursachen für derartige sich wiederholende Artenverschiebungen auf.

#### 4.2.4 Paläo-Ozeanographie nach Coccolithophoriden im Vergleich mit anderen Planktongruppen

Aus den Ausführungen in Kap. 4.2.2 wird deutlich, daß das Vorkommen von Coccolithophoriden in den Sedimenten des Europäischen Nordmeeres im Spätglazial und Holozän ein prinzipielles Verteilungsmuster widerspiegelt und so unter Berücksichtigung der in Kap. 4.1.6 und 4.2.3 diskutierten Einschränkungen Rückschlüsse auf die Paläo-Ozeanographie erlaubt. Im folgenden soll daher die Überlieferung von Coccolithophoriden paläo-ozeanographisch interpretiert und durch die Diskussion mit den Vorkommen anderer Planktongruppen am Beispiel der Rekonstruktion des atlantischen Einflusses in das Europäische Nordmeer vorgestellt werden.

##### Spätglazial bis Termination IB (vor 9800 J. v. h.)

Mit dem ersten Ansteigen der Coccolithophoridenakkumulation vor ca. 17500 J.v.h. auf dem **Rockall-Plateau (23414)** treten auch *C. leptoporus* und *S. pulchra* erstmalig in signifikanten Häufigkeiten auf. Die Coccolithophoridengemeinschaften scheinen damit auf das Ende der maximalen Vereisung (LGM, CLIMAP 1976) vor ca 21000 J.v.h., möglicherweise in Abhängigkeit von der nun ansteigenden Insolation (Berger 1978), schnell zu reagieren. Bis zum Ende von Termination IB steigt die Coccolithophoridenakkumulation sowie der Anteil warmadaptierter Arten nur langsam an, obwohl nun auch subtropische Arten unregelmäßig vorkommen. Im Vergleich zu den holozänen Gemeinschaften ist die Akkumulation der Coccolithophoriden und die Diversität vor 10000 J.v.h. deutlich geringer und charakterisieren so für dieses Gebiet glaziale Bedingungen. Im Europäischen Nordmeer lassen sich aber zu

keinem untersuchten Zeitraum ähnliche Artenvergesellschaftungen nachweisen. Sowohl das unterschiedliche Auftreten von *C. pelagicus* und *G. muelleriae* (Kap. 4.2.3) als auch das Vorkommen subtropischer Arten grenzen die fossilen Gemeinschaften des Nordatlantiks ab. Hingegen ist eine Akkumulation von durchschnittlich knapp 800 Mio. Ind. cm<sup>-2</sup> ky<sup>-1</sup> für *E. huxleyi* auf dem Rockall-Plateau mit spätholozänen Werten in östlichen Bereichen des Europäischen Nordmeeres vergleichbar.

Im Widerspruch zu den Coccolithophoriden werden die Radiolariengemeinschaften bis zum Beginn der Termination IB von typisch kaltadaptierten Arten, vergleichbar den rezenten Sedimentgemeinschaften der Grönlandsee dominiert, so daß für das letzte Glazial ähnliche Bedingungen zu heutigen Verhältnissen dort angenommen werden (Schröder-Ritzrau 1994). Auch die Zusammensetzung der Dinoflagellaten-Zysten weisen auf kalte Bedingungen hin (Baumann & Matthiessen 1992 b). Etwas günstigere Bedingungen deuten die aus planktischen Foraminiferen über Transferfunktionen ermittelten Temperaturen an (Schulz in Vorb.), die heute in arktisch/atlantischen Wassermassen des Europäischen Nordmeeres gemessen werden. Kohly (1994) findet am Rockall-Plateau während des LGM kaltadaptierte Diatomeenarten überliefert und weist aber in Übereinstimmung mit den Coccolithophoriden das Vorkommen von warmadaptierten Arten ab ca. 17000 J.v.h. nach.

Im Gegensatz zu der früheren Annahme von einem ganzjährig eisbedeckten glazialen Europäischen Nordmeer (CLIMAP 1976; Kellogg 1976, 1980) gibt es Hinweise auf einen zeitweisen atlantischen Einstrom mit eisfreien Phasen auch während des LGM (Hebbeln et al. 1994; Johannessen et al. 1994). Trotz einer Beeinflussung durch Schmelzwässer (Jones 1991; Jones & Keigwin 1988) scheinen sich demnach im östlichen Nordatlantik schon sehr früh günstige Bedingungen für das Phytoplankton eingestellt zu haben. Johannessen et al. (1994) vermuten anhand der starken Gradienten der  $\delta^{18}\text{O}$  und  $\delta^{13}\text{C}$  Werte (Keigwin & Boyle 1989; Sarnthein et al. 1992) die Existenz einer ozeanischen Front (vergleichbar der heutigen Arktisfront) zwischen dem Europäischen Nordmeer und dem östlichen Nordatlantik. Möglicherweise bedingt durch die stark ansteigende Insolation (Berger 1978) und einer daraus resultierenden Erwärmung der obersten, durch Schmelzwässer stabilisierten Wasserschichten, konnte sich schon ab ca. 17000 J.v.h. warmadaptiertes Phytoplankton etablieren, während das Zooplankton, das in tieferen und damit noch stärker glazial geprägten Wasserschichten gelebt hat, eine kühlere Fauna in der sedimentären Überlieferung widerspiegelt.

Im **Europäischen Nordmeer** werden Coccolithophoriden erst gegen Ende der Termination IB in großen Häufigkeiten überliefert. Erste Vorläufer lassen sich ab ca. 13000 J.v.h. in der südöstlichen Norwegensee beobachten. Hingegen bilden sowohl Diatomeen als auch Radiolarien bereits während der Termination IB klare Akkumulationsmaxima aus (Kohly 1994, Schröder-Ritzrau 1994). Erste Vorläufer von Diatomeengemeinschaften lassen sich bereits vor 17000 J.v.h. in der südöstlichen Norwegensee in Form kalt-

adaptierter Floren nachweisen (Koç Karpuz & Jansen 1992). Trotz einer nur spärlichen Überlieferung von Dinoflagellaten-Zysten werden für den Zeitraum vor der Termination IB relativ kalte, durch eine reduzierte Salinität gekennzeichnete Bedingungen abgeleitet (Baumann & Matthiessen 1992 b). Auch subpolare Foraminiferen werden bereits vor 12000 J.v.h. in Schelfsedimenten vor Nordnorwegen gefunden (Vorren et al. 1984; Hald & Vorren 1987).

Aus einer Vielzahl von Sedimentkernuntersuchungen im Europäischen Nordmeer über planktische Mikrofossilien und stabile Isotopen kann auf eine zweiphasige Deglaziation geschlossen werden (Fairbanks 1989; Jansen et al. 1983; Jansen & Bjørklund 1985; Jansen & Veum 1990; Veum et al. 1992). Vor 14000 bis 15000 J.v.h. kommt es zu Intrusionen von atlantischen Wassermassen mit der Ausbildung eines Vorläufers des heutigen Norwegengstromes. Während der Jüngeren Dryas gehen die Oberflächentemperaturen kurzfristig wieder stark zurück, obwohl weiterhin offene ozeanische Verhältnisse vorherrschen (Jansen & Bjørklund 1985). Die Ausbildung einer mit heute vergleichbaren Oberflächenzirkulation mit dem ständigen Einstrom warmer atlantischer Wassermassen wird aus der südlichen Norwegensee ab ca. 12000 J.v.h. beschrieben (Jansen & Bjørklund 1985). Sowohl Coccolithophoriden, Dinoflagellaten-Zysten als auch Diatomeen und Radiolarien können auf Grund der spärlichen Überlieferung nur bedingt Hinweise auf das paläoklimatische Geschehen geben (Samtleben et al. 1995). Während reliktsche Vorkommen von Diatomeen (Koç Karpuz & Jansen 1992) zwar die Existenz von kaltadaptierten Floren anzeigen, sind diese sowie Radiolarien durch die große Lösungsanfälligkeit des kieseligen Materials (Kohly 1994, Schröder-Ritzrau 1994) vermutlich überwiegend wieder gelöst worden (Samtleben et al. 1995). Coccolithophoriden konnten möglicherweise in dem durch starke hydrographische Gradienten geprägten Zeitintervall (vgl. Kap. 4.1.6) nicht überliefert werden; trotz eines eventuellen Vorkommens als lebendes Plankton. Hingegen kann aus den Veränderungen der Artenzusammensetzung von planktischen Foraminiferen auf den Wechsel zu kühleren Bedingungen während der Jüngeren Dryas geschlossen werden (Jansen & Bjørklund 1985). Bauch (1993) weist aber auf die Schwierigkeit hin, die Jüngere Dryas aus Foraminiferenbefunden in zentralen Bereichen des Europäischen Nordmeeres zu erkennen, da sich hier noch keine subpolare Fauna etablieren konnte. Wie Foraminiferen sind auch Dinoflagellaten-Zysten nahezu durchgehend in diesem Zeitintervall vorhanden (Baumann & Matthiessen 1992 b). Allerdings zeigt sich eine breite Variation in der Überlieferung, vermutlich bedingt durch einen hohen Anteil aufgearbeiteten organischen Materials und den Eintrag aufgearbeiteter Zysten (Matthiessen 1991).

Auffällig bleibt der spätere Anstieg der Coccolithophoridenakkumulation nach den zeitgleichen Maxima von Diatomeen und Radiolarien zum Ende von Termination IB (Kohly 1994; Schröder-Ritzrau 1994). Ruddiman & McIntyre (1981) vermuten, daß die Ausbreitung von Planktonorganismen durch die Ausbildung einer gering salinen Oberflächenschicht verhindert wird. Im Gegensatz zu Coccolithophoriden sind Diatomeen eher in der Lage, niedrige Salinitäten zu tolerieren (Kohly 1994), während Radiolarien allgemein auch in tieferen Wasser-

schichten leben können (Schröder-Ritzrau 1994). Ausgehend von einer günstigen Nährstoffsituation für Diatomeen (Kohly 1994) wird daher vermutet, daß diese in einem stark durch Schmelzwässer beeinflussten Gebiet (Fairbanks 1990; Jones 1991; Jones & Keigwin 1988) ausgeprägte Blüten bildeten und so fossil überliefert wurden.

#### Frühes Holozän (9800 bis 8000 J. v. h.)

Der Übergang von der Termination IB zum frühen Holozän ist durch den eigentlichen Beginn der Coccolithophoridenüberlieferung im Europäischen Nordmeer gekennzeichnet. Es zeigt sich ein klarer atlantischer Einfluß durch das zeitgleiche Maximum von *G. muelleræ*. Ein hohes *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis, ebenfalls indikativ für verstärkten atlantischen Einstrom, findet sich ausgeprägt auf dem Vøring-Plateau (23071) sowie abgeschwächt auch am Barents-See-Hang (23259), während am südwestlich gelegenen Aegir-Rücken (23411), bei einer deutlich geringeren Akkumulation, allein *C. pelagicus* dominiert. Eine derartige Konfiguration könnte auf einen auf östliche Bereiche konzentrierten atlantischen Einstrom hindeuten. Das erstaunlich hohe *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis am Vøring-Plateau (23071) ist aber vermutlich auf den Einfluß von Evolution zurückzuführen (Kap. 4.2.2 und 4.2.3), da *C. pelagicus* sich auf Grund des geringen Vorkommens im Nordatlantik zunächst erneut im Europäischen Nordmeer etablieren mußte. Nach Coccolithophoriden-Daten ist ab ca. 10000 J.v.h. ein starker atlantischer Einfluß nachweisbar. Im weiteren Verlauf dieses Zeitintervalls zeigen sich charakteristisch niedrige *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnisse, vergleichbar rezenten Werten aus der Grönlandsee. Trotz eines permanenten atlantischen Einstromes müssen daher für das Plankton ungünstige Bedingungen mit starken Gradienten vorgeherrscht haben.

Untersuchungen an anderen Planktongruppen stimmen prinzipiell mit der Rekonstruktion eines permanenten atlantischen Einstromes zu diesem Zeitraum überein (Bauch 1993; Baumann & Matthiessen 1992 b; Jansen & Bjørklund 1985; Kohly 1994; Schröder-Ritzrau 1994). Es ergeben sich aber Diskrepanzen in der Beurteilung frühholozäner Temperaturen. Während anhand von Diatomeen-Daten höhere Temperaturen als rezent abgeleitet werden (Koç et al. 1993), werden die Radiolariengemeinschaften weiterhin von kaltadaptierten Arten dominiert (Schröder-Ritzrau 1994). Auch nach der kombinierten Interpretation von Dinoflagellaten-Zysten und Coccolithophoriden schließen Baumann & Matthiessen (1992 b) auf kühlere Temperaturen als rezent. Schröder-Ritzrau (1994) vermutet daher eine Stratifizierung der obersten Meter der Wassersäule durch die zu dieser Zeit noch sehr starke Insolation. Vergleichbar dem Modell für das vorhergehende Intervall (s.o.) könnten daher unterschiedliche Floren- und Faunenvergesellschaftungen in verschiedenen Wasserschichten leben. Nach der differenzierten Betrachtung des *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnisses (Kap. 4.2.3) scheint nicht die Temperatur der wesentliche limitierende Faktor gewesen zu sein, sondern vermutlich

sorgten starke Gradienten verschiedener Parameter (u.a. Temperatur, Salinität, Schmelzwässer) auf engem Raum für eingeschränkte ökologische Bedingungen. Jede Planktongruppe kann unterschiedlich auf sich schnell ändernde Verhältnisse reagieren, so daß in den Sedimenten ein scheinbar widersprüchliches Muster überliefert wird.

#### Mittleres Holozän (8000 bis 6000 J.v.h.)

Die Coccolithophoridenüberlieferung in der Grönlandsee (23400) sowie das ansteigende *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis (Abb. 39) deuten auf einen zunehmenden atlantischen Einfluß im gesamten Europäischen Nordmeer und das Nachlassen der Intensität von Ost-West Gradienten hin. Anhand des unterschiedlichen Zeitpunktes im Auftreten eines *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis von größer zwei kann geschlossen werden, daß die Etablierung nahezu rezenter Bedingungen von Süden nach Norden fortschritt und ab ca. 7500 J.v.h. das Vøring-Plateau (23071) sowie ab ca. 6000 J.v.h. den Barents-See-Hang (23259) erreichte. Auf dem südwestlich gelegenen Aegir-Rücken (23411) zeigen sich hingegen erst vor ca. 5000 J.v.h. klar atlantisch beeinflusste Verhältnisse.

Übereinstimmend zeichnen sich auch bei den anderen Planktongruppen deutliche Umstrukturierungen der Gemeinschaften ab (Samtleben et al. 1995; Baumann & Matthiessen 1992 b; Kohly 1994; Schröder-Ritzrau 1994) und werden mit dem Erreichen rezenter Bedingungen begründet. Ab ca. 7500 J.v.h. ist auch der Norwegische Küstenstrom in seiner heutigen Konfiguration rekonstruierbar (Thiede 1987). Besonders die Überlieferung der kieselligen Gruppen wird in diesem Zeitintervall durch Lösungsprozesse überprägt (Kohly 1994; Schröder-Ritzrau 1994), während Coccolithophoriden und Dinoflagellaten-Zysten (Baumann & Matthiessen 1992 b) keinen vergleichbaren Rückgang in den Häufigkeiten zeigen.

Widersprüchliche Aussagen ergeben sich bei dem Versuch, ein holozänes Optimum abzuleiten. Je nach untersuchtem Parameter wird während der Dauer der terrestrischen Chronozone "Atlantikum" (Abb. 11) versucht, wärmere bzw. günstigere Bedingungen als heute nachzuweisen (u.a. Bard et al. 1990; Bauch 1993; COHMAP-Members 1988; Jansen & Bjørklund 1985; Koç et al. 1993; Koç Karpuz & Schrader 1990). Anhand der hier vorgestellten Coccolithophoriden-Daten ist kein eindeutiges, für alle untersuchten Bereiche gültiges Optimum zu erkennen. Besonders die Diskrepanzen im *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis zwischen Aegir-Rücken (23411) und Vøring-Plateau (23071) (Abb. 39) lassen auf eine ausgeprägte Regionalität mit zeitversetzten lokalen Optima schließen.

#### Spätes Holozän (6000 bis heute)

Die in diesem Zeitintervall auftretenden Veränderungen der relativen Artenanteile sind nur gering (Abb. 29,30,31,32) und können vermutlich auf regionale Unterschiede in der

Verteilung von Oberflächenwassermassen zurückgeführt werden (Kap. 4.2.1). So ist möglicherweise eine zeitweilig westwärtige Verlagerung des Norwegenstromes und eine Verschiebung der Arktisfront im Bereich nordöstlich von Island als Ursache für die Unterschiede im *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis für diesen Zeitraum abzuleiten. Für eine Bestätigung dieser Annahme bedarf es aber zusätzlicher Untersuchungen sowie den speziellen Abgleich auf Artniveau mit anderen Planktongruppen.

Ein Abkühlungstrend ab ca. 4500 J.v.h., basierend auf Dinoflagellaten-Zysten-Daten, wird von Baumann & Matthiessen (1992 b) vermutet. Auch Kohly (1994) kann durch Veränderungen der Artenvergesellschaftungen von Diatomeen einen schwächer werdenden Einfluß atlantischer Wassermassen nachweisen. Hingegen läßt sich aus Radiolarien-Daten keine eindeutige Tendenz ableiten (Schröder-Ritzrau 1994). Aus dem *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis ist ebenfalls kein klares Abkühlungssignal zu erkennen. Eventuell könnte das derzeitige Fehlen lebender Zellen von *G. muelleriae* und *C. leptoporus* im Europäischen Nordmeer (Kap. 4.1.4) als Zeichen einer beginnenden Abkühlung gewertet werden. Dieser Rückgang ist jedoch zu kurzfristig, als daß er aus geologisch-paläontologischer Sichtweise bewertet werden könnte.

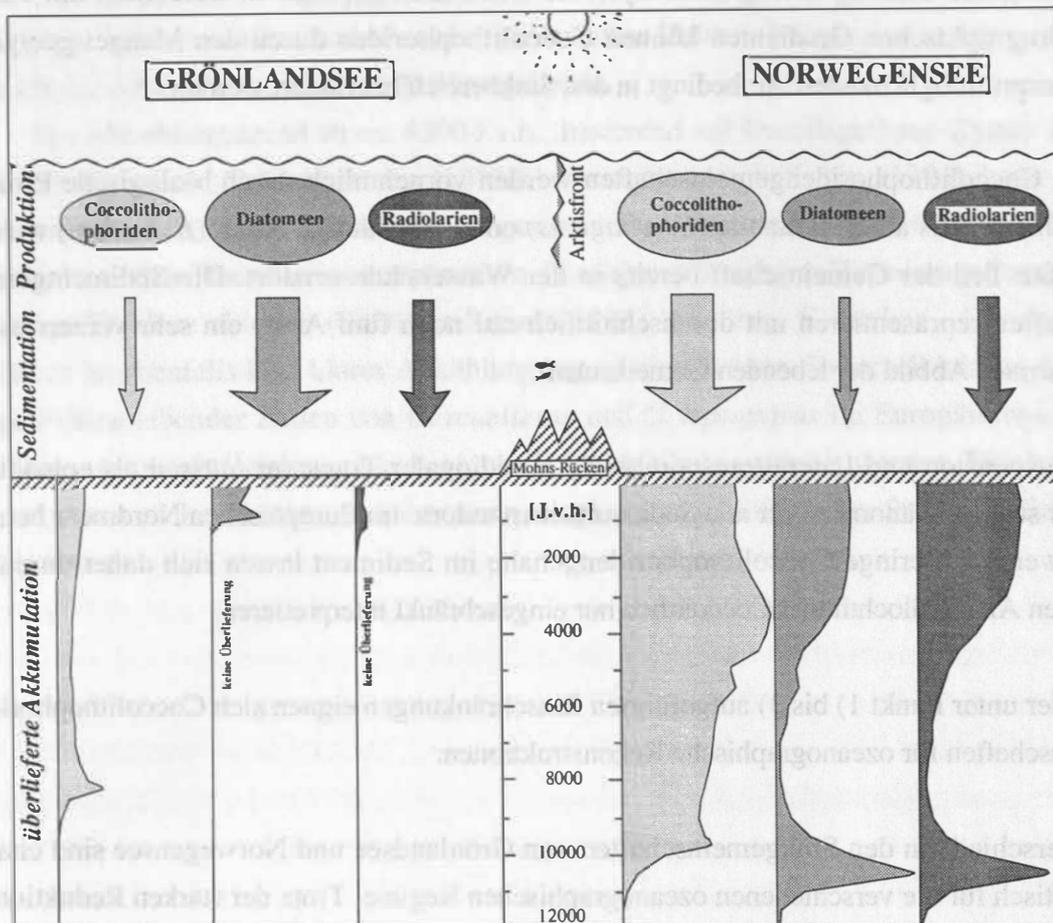
## 5 Schlußfolgerungen und Ausblick

- 1) Lebende Coccolithophoridengemeinschaften werden durch ozeanographische Bedingungen und die Ausbildung biologischer Systeme wesentlich geprägt. In Bereichen mit starken hydrographischen Gradienten können Coccolithophoriden durch den Mangel geeigneter Transportmöglichkeiten nur bedingt in den Sinkbereich überliefert werden.
- 2) Die Coccolithophoridengemeinschaften werden vornehmlich durch biologische Prozesse verändert. Bis auf sehr stabile (*C. pelagicus*) oder sehr häufige Arten (*E. huxleyi*) wird der größte Teil der Gemeinschaft bereits in der Wassersäule zerstört. Die Sedimentgemeinschaften repräsentieren mit durchschnittlich nur noch fünf Arten ein sehr verzerrtes und verarmtes Abbild der lebenden Gemeinschaft.
- 3) Resuspension und Lateraltransport sowie meridionaler Transport müssen als episodische oder stetige Phänomene für alle Sedimentkernstandorte im Europäischen Nordmeer betrachtet werden. Geringe Coccolithophoridgehalte im Sediment lassen sich daher durch den hohen Anteil allochthoner Coccolithen nur eingeschränkt interpretieren.

Trotz der unter Punkt 1) bis 3) aufgeführten Einschränkungen eignen sich Coccolithophoridengemeinschaften für ozeanographische Rekonstruktionen:

- 4) Unterschiede in den Sinkgemeinschaften von Grönlandsee und Norwegensee sind charakteristisch für die verschiedenen ozeanographischen Regime. Trotz der starken Reduktion der Coccolithophoridengemeinschaften in Qualität und Quantität bei der Überlieferung in den Sinkbereich kann das Artenverhältnis von *E. huxleyi* zu *C. pelagicus* als markantes pelagisches Signal genutzt werden.
- 5) Das *E. huxleyi* - *C. pelagicus*-Verhältnis belegt die enge Beziehung zwischen Sink- und Sedimentgemeinschaften anhand des Vergleiches der Sinkstoff-Fallen mit dem unterlagernden Sediment. Trotz der Zerstörung der nicht erhaltungsfähigen Arten findet sich das Verhältnis aus den Sinkstoff-Fallen mit nur geringen Abweichungen im Sediment wieder.
- 6) Coccolithophoriden eignen sich daher für die Anwendung einer detaillierten ökostratigraphischen Gliederung in Abhängigkeit der ozeanographischen Bedingungen im Spätglazial und Holozän.

Die wichtigsten Ergebnisse der synoptischen Studie, basierend auf den Untersuchungen von Radiolarien (Schröder-Ritzrau 1994), Diatomeen (Kohly 1994) und Coccolithophoriden (diese Arbeit), können wie folgt zusammengefaßt werden (Abb. 41):



**Abb. 41:** Vergleich von Jahresflüssen und Akkumulation (stark schematisiert) von Coccolithophoriden, Diatomeen und Radiolarien aus der Grönlandsee und der Norwegensee (Quellen: Diatomeen, Kohly 1994; Radiolarien, Schröder-Ritzrau 1994).

- 7) In Abhängigkeit der klimatisch-ozeanographischen Bedingungen, der Konzentration von Nährstoffen sowie den synökologischen Beziehungen innerhalb der Planktongemeinschaften zeigen Radiolarien, Diatomeen und Coccolithophoriden charakteristische Jahresflüsse für die Grönland- und die Norwegensee.
- 8) Die Sedimentation von Radiolarien ist in beiden Seegebieten nahezu gleich groß. Diatomeen zeigen in der Grönlandsee ca. sechsfach höhere Flüsse als in der Norwegensee. Im Gegensatz dazu ist der Coccolithophoridenfluß in der Norwegensee ca. zehnfach höher als in der Grönlandsee.

- 9) Diese Unterschiede (Punkt 8) bilden sich aber nicht in gleichem Maße im Sediment ab. Wegen der starken Kieselsäurelösung in der Grönlandsee akkumulieren dort nur sehr geringe Mengen von Diatomeen und Radiolarien. Im Holozän wurden die akkumulierten kieseligen Planktonfossilien nahezu vollständig wieder aufgelöst.
- 10) Coccolithophoriden zeigen sich sowohl in der Wassersäule als auch im Sediment von Lösung weitgehend unbeeinflusst. Dennoch weist diese Gruppe mit einem Artenverlust von 75 % bei der Sedimentation den größten Rückgang in der Diversität auf. Von Diatomeen finden sich 60 % und von polyzystinen Radiolarien im allgemeinen 100 % der lebenden Arten auch im Sediment wieder.
- 11) Es ist zu erwarten, daß sich schon unter leicht veränderten ozeanographischen Bedingungen große Variationen in der Sedimentation und Akkumulation der Planktongruppen zeigen. So ist vorstellbar, daß in der Grönlandsee bei einer geringeren Kieselsäurelösung und bei gleichzeitig verstärkten ozeanographischen Gradienten nur noch Diatomeen und Radiolarien im Sediment überliefert werden. Ähnliche Bedingungen werden für die Endphase von Termination IB angenommen. Hier werden Coccolithophoriden erst nach den kieseligen Planktongruppen überliefert.
- 12) Synoptischen Studien erhöhen die Qualität mikropaläontologischer Arbeiten und verbessern damit die Rekonstruktion von Paläobedingungen. Durch die gleichzeitige Gegenüberstellung mehrerer Gruppen am selben Probenmaterial können verändernde Prozesse (u.a. Lösung, Resuspension) umfassend erkannt und in ihrem Einfluß abgeschätzt werden.

## 6 Systematik

Die hier verwendete Taxonomie folgt hauptsächlich dem Klassifikationssystem von Jordan & Kleijne (1994) für lebende Coccolithophoriden sowie in einigen Fällen dem von Okada & McIntyre (1977). Die Gruppe der Coccolithophoriden wurde im Arbeitsgebiet schon in einer Reihe von Untersuchungen detailliert studiert (Baumann 1990; Samtleben & Bickert 1990; Samtleben & Schröder 1990, 1992; Samtleben et al. im Druck, 1995), so daß auf eine vollständige Synonymie in dieser Arbeit verzichtet wurde. Es wurde jeweils der Erstbeschreiber, die zur Zeit gültige Benennung der Art sowie wichtige und verwendete Bestimmungsliteratur aufgeführt.

Alle wichtigen Arten wurden bereits bei der Darstellung der lebenden Flora des Europäischen Nordmeer in Tab. 5 aufgelistet und nach Samtleben et al. (im Druck) regionalen Gruppen zugeordnet. Nur auf dem Rockall-Plateau (23414) wurden weitere, im allgemeinen selten auftretende, Arten angetroffen. Unter dem Stichwort "Coccolithenzahl" wird für alle in Sinkstoff-Fallen und Sedimenten auftretenden Arten die artspezifische Durchschnittszahl von Coccolithen pro Coccosphäre aufgeführt. Die Festlegung der Coccolithenzahl folgt im wesentlichen den Angaben von Samtleben & Schröder (1990). Für nur am Rockall-Plateau (23414) vorkommende Arten wurden die Werte von Okada & McIntyre (1977) übernommen. Trotz einer teilweise recht ausgeprägten innerartlichen Variabilität (Samtleben & Schröder 1990) wird so eine, für diese Arbeit essentielle, einheitliche Vergleichsbasis in Form von Coccosphäreneinheiten möglich. Für die hier nicht aufgeführten fossilen, umgelagerten Arten wurde allgemein ein statistisches Mittel aus allen im Sediment vorkommenden Arten von 30 Coccolithen pro Coccosphäre angenommen.

Die Aufstellung der Arten erfolgt in alphabetischer Reihenfolge.

### ***Acanthoica aculeata* Kamptner, 1941**

*Acanthoica aculeata* Kamptner, 1941, S. 133, Taf. 1, Abb. 1, 2

- Throndsen, 1972, S. 56-57, Abb. 16-19

- Samtleben & Schröder, 1992, S. 351, Taf. 2, Abb. 6

Vorkommen im Probenmaterial: sehr selten im Plankton, im Sinkbereich und Sediment nicht beobachtet

### ***Acanthoica quattrospina* Lohmann, 1903**

(Taf. 1, Abb. 1)

*Acanthoica quattrospina* Lohmann, 1903, S. 68, Taf. 2, Abb. 23, 24

- Halldal & Markali, 1955, S. 15, 16, Taf. 18, Abb. 1, 2

- Samtleben & Schröder, 1992, S. 345, Taf. 1, Abb. 1

- Winter & Siesser, 1994, S. 128, Abb. 72

Coccolithenzahl: Ø 82 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: verbreitet im Plankton, untergeordnet im Sinkbereich, selten im Sediment auf dem Rockall-Plateau (23414)

### ***Algirosphaera robusta* (Lohmann, 1902) Norris, 1984**

(Taf. 1, Abb. 2a-d)

*Syracosphaera robusta* Lohmann, 1902, S. 133, 135, Taf. 4, Abb. 34, 35

*Anthosphaera robusta* (Lohmann) Kamptner, 1941, S. 86-87, Taf. 9

- Halldal & Markali, 1954, S. 117-121, Taf. 1, Abb. a-g

*Algirosphaera robusta* (Lohmann) Norris, 1984, S. 38, Abb. 14-16

- Samtleben et al., im Druck, Taf. 1, Abb. 8

Coccolithenzahl: Ø 92 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: wichtige Art im Lebend- und Sinkbereich, im Sediment nur in der Oberflächenprobe vom Barents-See-Hang (23259) beobachtet

***Alisphaera unicornis* Okada & McIntyre, 1977**

*Alisphaera unicornis* Okada & McIntyre, 1977, S. 18, Taf. 6, Abb. 7,8

- Samtleben & Schröder, 1992, S. 345, Taf. 1, Abb. 4

Coccolithenanzahl: Ø 78 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: selten im Plankton, sehr selten im Sinkbereich, im Sediment nicht beobachtet

***Calcidiscus leptoporus* (Murray & Blackman, 1898) Loeblich & Tappan, 1978**

(Taf. 1, Abb. 3a-c)

*Coccosphaera leptopora* Murray & Blackman, 1898, S. 430, 439, Taf. 15, Abb. 1-17

*Calcidiscus leptoporus* (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan, 1978, S. 1391

- Knappertsbusch, 1990, S. 16, Taf. 1, Abb. 6

Coccolithenanzahl: Ø 20 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: im Plankton nicht beobachtet, sehr selten im Sinkbereich, im Sediment selten aber nahezu ubiquitär

***Calciopappus caudatus* Gaarder & Ramsfjell, 1954**

(Taf. 1, Abb. a, b)

*Calciopappus caudatus* Gaarder & Ramsfjell, 1954, S. 155-156, Abb. 1,2

- Samtleben & Schröder, 1992, S. 345, Taf. 1, Abb. 5

Coccolithenanzahl: Ø 90 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: häufig im Plankton, untergeordnet im Sinkbereich, im Sediment nicht beobachtet

***Coccolithus pelagicus* (Wallich, 1877) Schiller, 1930**

(Taf. 2, Abb. a-d)

*Coccosphaera pelagica* Wallich, 1877, S. 348, Taf. 17, Abb. 1, 2, 5, 8-11d

*Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller, 1930, S. 246-247, Abb. 123a-d

- McIntyre et al., 1967, S. 11, Taf. 4, Abb. a-b

- Samtleben & Schröder, 1992, S. 345, Taf. 1, Abb. 8

Coccolithenanzahl: Ø 17 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: sehr häufig im Plankton, dominante Art im Sinkbereich und Sediment

Bemerkungen: siehe bei *Crystallolithus hyalinus* Gaarder & Markali, 1956

***Corisphaera gracilis* Kamptner, 1937**

*Corisphaera gracilis* Kamptner, 1937, S. 307, Taf. 16, Abb. 33-35

- Samtleben & Schröder, 1992, S. 351, Taf. 2, Abb. 1

Coccolithenanzahl: Ø 67 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: selten im Lebend- und Sinkbereich, im Sediment nicht beobachtet

***Crystallolithus hyalinus* Gaarder & Markali, 1956**

(Taf. 2, Abb. 2a-d)

*Crystallolithus hyalinus* Gaarder & Markali, 1956, S. 1-5, Taf. 1, Abb. 1-8

- Okada & McIntyre, 1977, S. 6, Taf. 1, Abb. 10

- Samtleben & Schröder, 1992, S. 345, Taf. 1, Abb. 8

Coccolithenanzahl: Ø 155 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: zeitweise häufig im Lebend- und Sinkbereich, im Sediment nicht beobachtet

Bemerkungen: *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller, 1930, und *Crystallolithus hyalinus* Gaarder & Markali, 1956, gehören biologisch zu einer Art und stellen zwei unterschiedlich aussehende Phasen in einem alternierenden Lebenszyklus dar (Parke & Adams 1960). Im Rahmen dieser Arbeit wurden beide Phasen als separate Einheiten geführt (s.a. Kap. 3.2.1)

***Emiliania huxleyi* (Lohmann, 1902) Hay & Mohler, 1967**

(Taf. 3, Abb. 1a-h)

*Ponthosphaera huxleyi* Lohmann, 1902, S. 130, Taf. 4, Abb. 1-6, Taf. 6, Abb. 69

*Emiliania huxleyi* (Lohmann) Hay & Mohler, in Hay et al., 1967, S. 447, Taf. 10-11, Abb. 1-2

- Samtleben & Bickert, 1990, S. 48, Taf. 2, Abb. 1-3, 7

Coccolithenanzahl: Ø 25 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: häufigste Art im Lebend- und Sinkbereich, dominante Art im Sediment

***Gephyrocapsa muelleriae* Breheret, 1978**

(Taf. 3, Abb. 3a-c)

*Gephyrocapsa muelleriae* Breheret, 1978, S. 448, Taf. 1, Taf. 2, Abb. 3-4

- Samtleben, 1980, S. 106, Abb. 14/6-8, Abb. 15/1-4

Coccolithenanzahl: Ø 16 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: sehr selten im Lebend- und Sinkbereich, im Sediment selten aber nahezu ubiquitär

***Helicosphaera carteri* (Wallich, 1877) Kamptner, 1954**

(Taf. 3, Abb. 4a, b)

*Coccosphaera carterii* Wallich, 1877, S. 348, Taf. 17, Abb. 3-4, 6-7, 7a, 12s, 17

*Helicosphaera carteri* (Wallich) Kamptner, 1954, S. 21-23, Abb. 17-19

- Baumann, 1990, S. 127, Taf. 4, Abb. 10-11  
Coccolithenanzahl: Ø 24 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: im Plankton nicht beobachtet, sehr selten im Sinkbereich, im Sediment bis auf seltene Ausnahmen auf das Rockall-Plateau (23414) beschränkt

***Oolithotus fragilis* (Lohmann, 1912) Martini & Müller, 1972**

(Taf. 3, Abb. 5a, b)

*Coccolithophora fragilis* Lohmann, 1912, S. 54, Abb. 11

*Oolithotus fragilis* (Lohmann) Martini & Müller, 1972, S. 67, Taf. 1, Abb. 8, Taf. 2, Abb. 16

- Baumann, 1990, S. 116, Taf. 8, Abb. 6-7

Coccolithenanzahl: 50 (untere Variationsspanne nach Okada & McIntyre (1977))

Vorkommen im Probenmaterial: im Plankton nicht beobachtet, sehr selten im Sinkbereich, im Sediment bis auf seltene Ausnahmen auf das Rockall-Plateau (23414) beschränkt

***Ophiaster hydroideus* (Lohmann, 1903) Lohmann, 1913**

(Taf. 3, Abb. 6)

*Ophiaster hydroideus* Lohmann, 1903, S. 69 (keine Abb.)

*Ophiaster hydroideus* (Lohmann) Lohmann, 1913, S. 151, Abb. 9

- Samtleben & Schröder, 1992, S. 351, Taf. 2, Abb. 3

Coccolithenanzahl: Ø 67 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: mäßig im Plankton, sehr selten im Sinkbereich, im Sediment nicht beobachtet

***Papposphaera lepida* Tangen, 1972**

*Papposphaera lepida* Tangen, 1972, S. 171-175, Abb. 1-11

- Winter & Siesser, 1994, S. 125, Abb. 47

Coccolithenanzahl: 55 (Durchschnitt aller Arten im Plankton)

Vorkommen im Probenmaterial: selten im Plankton, sehr selten im Sinkbereich, im Sediment nicht beobachtet

***Papposphaera sagittifera* Manton, Sutherland, McCully, 1976**

*Papposphaera sagittifera* Manton, Sutherland, McCully, 1976, S. 228-229, Abb. 1-4

- Thomsen, 1981, S. 83-83, Abb. 9-13

- Samtleben & Schröder, 1992, S. 351, Taf. 1, Abb. 7

Coccolithenanzahl: 55 (Durchschnitt aller Arten im Plankton)

Vorkommen im Probenmaterial: selten im Plankton, sehr selten im Sinkbereich, im Sediment nicht beobachtet

***Rhabdosphaera claviger* Murray & Blackman, 1898**

*Rhabdosphaera claviger* Murray & Blackman, 1898, S. 438-439, Taf. 15, Abb. 13-15

- Baumann, 1990, S. 130, Taf. 7, Abb. 7

Coccolithenanzahl: 55 (Durchschnitt aller Arten im Plankton)

Vorkommen im Probenmaterial: im Lebend- und Sinkbereich nicht beobachtet, im Sediment selten am Rockall-Plateau (23414) beobachtet

Gattung: ***Sphaerocalyptra* Deflandre, 1952**

Vorkommen im Probenmaterial: Arten dieser Gattung wurden nur sehr selten im Plankton beobachtet

***Syracosphaera borealis* Okada & McIntyre, 1977**

(Taf. 4, Abb. 1a, b)

*Syracosphaera borealis* Okada & McIntyre, 1977, S. 20, Taf. 10, Abb. 8

- Samtleben & Bickert, 1990, S. 42, Taf. 1, Abb. 11

- Winter & Siesser, 1994, S. 135, Abb. 106

Coccolithenanzahl: Ø 40 (Samtleben & Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: mäßig im Plankton, sehr selten im Sinkbereich, im Sediment nicht beobachtet

***Syracosphaera corolla* Lecal, 1966**

(Taf. 4, Abb. 2)

*Syracosphaera corolla* Lecal, 1966, S. 252-253, Taf. 1, Abb. 2

- Samtleben & Schröder, 1992, S. 351, Taf. 2, Abb. 4

- Winter & Siesser, 1994, S. 135, Abb. 107

Coccolithenanzahl: 55 (Durchschnitt aller Arten im Plankton)

Vorkommen im Probenmaterial: selten im Plankton, sehr selten im Sinkbereich, im Sediment nicht beobachtet

***Syracosphaera marginaporata* Knappertsbusch, 1993 a**

(Taf. 4, Abb. 3a-c)

*Syracosphaera* sp. A Samtleben & Schröder, 1990, S. 45, Taf. 1, Abb. 3

*Syracosphaera marginaporata* Knappertsbusch, 1993, S. 71-76, Taf. 2, Abb. 1-4

- Samtleben et al., im Druck, Taf. 2, Abb. 3

Coccolithenanzahl: Ø 41 (Schröder 1990)

Vorkommen im Probenmaterial: häufig im Plankton, mäßig im Sinkbereich, im Sediment nicht beobachtet

***Syracosphaera mediterranea* Lohmann, 1902**

(Taf. 4, Abb. 4a, b)

*Syracosphaera mediterranea* Lohmann, 1902, S. 133-134, Taf. 4, Abb. 31, 32

- Okada & McIntyre, 1977, S. 23, Taf. 10, Abb. 4-5  
 - Knappertsbusch, 1990, S. 30, Taf. 11, Abb. 2-4  
 Coccolithenanzahl: Ø 50 (Okada & McIntyre 1977)  
 Vorkommen im Probenmaterial: sehr selten im Lebend- und Sinkbereich, im Sediment unregelmäßig am Rockall-Plateau (23414) beobachtet

***Syracosphaera molischii* Schiller, 1925**  
 (Taf. 4, Abb. 5a-c)

*Syracosphaera molischii* Schiller, 1925, S. 21, Text Abb. Ka-b  
 - Okada & McIntyre, 1977, S. 24, Taf. 8, Abb. 4-5  
 - Samtleben & Schröder, 1992, S. 345, Taf. 1, Abb. 2  
 Coccolithenanzahl: Ø 39 (Samtleben & Schröder 1990)  
 Vorkommen im Probenmaterial: sehr selten im Lebend- und Sinkbereich, im Sediment unregelmäßig am Rockall-Plateau (23414) beobachtet

***Syracosphaera nodosa* Kamptner, 1941**

*Syracosphaera nodosa* Kamptner, 1941, S. 84-85, 104, Taf. 7, Abb. 73-76  
 - Okada & McIntyre, 1977, S. 25, Taf. 8, Abb. 1-3  
 - Knappertsbusch, 1990, S. 31, Taf. 12, Abb. 1-2  
 Coccolithenanzahl: Ø 39 (Samtleben & Schröder 1990)  
 Vorkommen im Probenmaterial: sehr selten im Plankton, im Sinkbereich und Sediment nicht beobachtet

***Syracosphaera orbiculus* Okada & McIntyre, 1977**

*Syracosphaera orbiculus* Okada & McIntyre, 1977, S. 25, Taf. 9, Abb. 4-6  
 - Winter & Siesser, 1994, S. 138, Abb. 118  
 Coccolithenanzahl: 55 (Durchschnitt aller Arten im Plankton)  
 Vorkommen im Probenmaterial: sehr selten im Lebend- und Sinkbereich, im Sediment nicht beobachtet

***Syracosphaera protrudens* Okada & McIntyre, 1977**

(Taf. 4, Abb. 7)  
*Syracosphaera protrudens* Okada & McIntyre, 1977, S. 26, Taf. 10, Abb. 3  
 - Knappertsbusch, 1990, S. 33, Taf. 12, Abb. 3  
 Coccolithenanzahl: 55 (Durchschnitt aller Arten im Plankton)  
 Vorkommen im Probenmaterial: sehr selten im Lebend- und Sinkbereich, im Sediment nicht beobachtet

***Syracosphaera pulchra* Lohmann, 1902**  
 (Taf. 4, Abb. 6a, b)

*Syracosphaera pulchra* Lohmann, 1902, S. 134, Taf. 4, Abb. 33, 36, 36a, 37  
 - Halldal & Markali, 1955, S. 12, Taf. 11

- Baumann, 1990, S. 131, Taf. 8, Abb. 1-3  
 - Winter & Siesser, 1994, S. 139, Abb. 122

Coccolithenanzahl: 45 (Durchschnitt aller Arten der Gattung *Syracosphaera*)

Vorkommen im Probenmaterial: nicht beobachtet im Plankton, sehr selten im Sinkbereich, im Sediment selten aber nahezu regelmäßig

***Umbilicosphaera sibogae* (Weber van Bosse, 1901) Gaarder, 1970**

*Coccosphaera sibogae* Weber van Bosse, 1901, S. 137-140, Taf. 17, Abb. 1-2

*Umbilicosphaera sibogae* (Weber van Bosse) Gaarder, 1970, S. 113-126, Abb. 9c-d

- Okada & McIntyre, 1977, S. 13, Taf. 4, Abb. 2  
 - Winter & Siesser, 1994, S. 121, Abb. 21

Coccolithenanzahl: Ø 70 (Okada & McIntyre 1977)  
 Vorkommen im Probenmaterial: nicht beobachtet im Lebend- und Sinkbereich, im Sediment sehr selten am Rockall-Plateau (23414) beobachtet

***Umbellosphaera tenuis* (Kamptner, 1937) Paasche, in Markali & Paasche, 1955**

*Coccolithus tenuis* Kamptner, 1937, S. 311-312, Taf. 17, Abb. 41-42

*Umbellosphaera tenuis* Paasche, in Markali & Paasche, 1955, S. 96-97, Taf. 1a-e, Taf. 2a-b

- Baumann, 1990, S. 130, Taf. 7, Abb. 5-6  
 - Winter & Siesser, 1994, S. 142, Abb. 132

Coccolithenanzahl: 55 (Durchschnitt aller Arten im Plankton)

Vorkommen im Probenmaterial: nicht beobachtet im Lebend- und Sinkbereich, im Sediment sehr selten am Rockall-Plateau (23414) beobachtet

## 7 Literatur

- Aagaard, K., Swift, J.H. & Carmack, E.C. (1985): Thermohaline circulation in the Arctic Mediterranean Seas.- J. Geophys. Res., **90**(C3): 4833-4846.
- Asper, V.L. (1987): Measuring the flux and sinking speed of marine snow aggregates.- Deep-Sea Res., **34**(1): 1-17.
- Backman, J. & Shackelton, N.J. (1983): Quantitative biochronology of Pliocene and early Pleistocene calcareous nannofossils from the Atlantic, Indian and Pacific oceans.- Mar. Micropal., **8**: 141-170.
- Balch, W.M., Holligan, P.M., Ackleson, S.G. & Voss, K.J. (1991): Biological and optical properties of mesoscale coccolithophore blooms in the Gulf of Maine.- Limnol. Oceanogr., **36**(4): 629-643.
- Balch, W.M., Kilpatrick, K., Holligan, P.M. & Cucci, T. (1993): Coccolith production and detachment by *Emiliania huxleyi* (Prymnesiophyceae).- J. Phycol., **29**: 566-575.
- Bard, E. (1988): Correction of accelerator mass spectrometry  $^{14}\text{C}$  ages measured in planktonic foraminifera: paleoceanographic implications.- Paleoceanography, **3**(6): 635-645.
- Bard, E., Labeyrie, L.D., Pichon, J.-J., Labracherie, M., Arnold, M., Duprat, J., Moyes, J. & Duplessy, J.-C. (1990): The last deglaciation in the southern and northern hemispheres: a comparison based on oxygen isotope, sea surface temperature estimates, and accelerator  $^{14}\text{C}$  dating from deep-sea sediments.- in: Bleil, U. & Thiede, J. (Hrsg.), Geological history of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic.- Nato ASI Series C, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 308: 405-415.
- Bathmann, U.V., Noji, T.T. & v. Bodungen, B. (1990 a): Copepod grazing potential in late winter in the Norwegian Sea - a factor in the control of spring phytoplankton growth? Marine Ecology Progress Series, **60**: 225-233.
- Bathmann, U.V., Peinert, R., Noji, T.T. & v. Bodungen, B. (1990 b): Pelagic origin and fate of sedimenting particles in the Norwegian Sea.- Progresses in Oceanography, **24**: 117-125.
- Bathmann, U.V., Noji, T.T. & v. Bodungen, B. (1991): Sedimentation of pteropods in the Norwegian Sea in autumn. Deep-Sea Res., **38**: 1341-1360.
- Bauch, H. (1993): Planktische Foraminiferen im Europäischen Nordmeer - ihre Bedeutung für die paläo-ozeanographische Interpretation während der letzten 600.000 Jahre.- Ber. SFB 313 Univ. Kiel, **40**: 108 S.
- Bauerfeind, E., v. Bodungen, B., Arndt, K. & Koeve, W. (1994): Particle flux, and composition of sedimenting matter, in the Greenland Sea.- J. Mar. Syst., **5**: 411-423.
- Baumann, K.-H. (1990): Veränderlichkeit der Coccolithophoridenfauna des Europäischen Nordmeeres im Jungquartär.- Ber. SFB 313 Univ. Kiel, **22**: 146 S.
- Baumann, K.-H. (im Druck): Morphometry of Quaternary *Coccolithus pelagicus* coccoliths from northern North Atlantic and its paleoceanographical significance.- Rev. Españ. Micropal.,
- Baumann, A. & Matthiessen, J. (1992 a): Late Quaternary dinoflagellate-cyst ecostratigraphy in the northeastern North Atlantic and Norwegian Sea.- Geomar Report **15**: 57.
- Baumann, K.-H. & Matthiessen, J. (1992 b): Variations in surface water mass conditions in the Norwegian Sea: Evidence from Holocene coccolith and dinoflagellate cyst assemblages. Mar. Micropal., **20**: 129-146.
- 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, A.L. (1978): Long-Term variations of caloric insolation resulting from the earth's orbital elements.- Quat. Res., **9**: 139-167.
- Berger, W.H. (1976): Biogenous deep-sea sediments: production, preservation and interpretation. in: Riley, J.P. & Chester, R. (Hrsg.): Chemical Oceanography, Academic Press, **5**: 265-401.
- Berger, W.H. & Roth, P.H. (1975): Oceanic micropaleontology: progress and prospect.- Reviews of Geophysics and Space Physics, **13**: 561-585.
- Bjørklund, K.R. & Kellogg, D.E. (1972): Five new Eocene radiolarian species from the Norwegian Sea.- Micropal., **18**(3): 386-396.
- v. Bodungen, B., Antia, A., Bauerfeind, E., Haupt, O., Koeve, W., Machado, E., Peeken, I., Peinert, R., Reitmeier, S., Thomsen, C., Voss, M., Wunsch, M., Zeller, U. & Zeitzschel, B. (1995): Pelagic processes and vertical flux of particles: an overview of a long-term comparative study in the Norwegian and Greenland Sea.- Geol. Rundsch., **84**: 11-27.
- v. Bodungen, B., Bathmann, U., Voß, M. & Wunsch, M. (1991): Vertical particle flux in the Norwegian Sea - resuspension and interannual variability.- in: Wassmann, P., Heiskanen, A.-S. & Lindahl, O. (Hrsg.): Sediment trap studies in the Nordic Countries 2. Nurmi Print Oy, Nurmijärvi, 116-136.
- Bourke, R.H., Newton, J.L., Paquette, R.G. & Tunnicliffe, M.D. (1987): Circulation and water masses of the East Greenland Shelf. J. Geophys. Res., **92**(C7): 6729-6740.
- Braarud, T. (1979): The temperature range of the non-motile stage of *Coccolithus pelagicus* in the North Atlantic region.- Brit. Phycol. J., **14** : 349-352.
- Braarud, T., Gaarder, K.R. & Nordli, O. (1958): Seasonal changes in the phytoplankton at various points off the Norwegian west coast.- Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Havundersøkelser, **XII**: 1-48.

- Brand, L.E. & Guillard, R.R.L. (1981): The effects of continuous light and light intensity on the reproduction rates of twenty-two species of marine phytoplankton.- *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **50**:119-132.
- Bréhéret, J.G. (1978): Formes nouvelles quaternaires et actuelles de la famille des *Gephyrocapsaceae*.- *C. R. Acad. Sci. Paris*, **249** (D): 447-449.
- Buesseler, K.O. (1991): Do upper-ocean sediment traps provide an accurate record of particle flux?- *Nature*, **353**: 420-423.
- Bugge, T., Befring, S., Belderson, R.H., Eidvin, T., Jansen, E., Kenyon, N.H., Holtedahl, H. & Sejrup, H.P. (1987): A giant three-stage submarine landslide off Norway.- *Geo-Marine Letters*, **7**: 191-198.
- Butman, C.A., Grant, W.D. & Stolzenbach, K.D. (1986): Predictions of sediment trap biases in turbulent flows: a theoretical analysis based on observations from the literature.- *J. Mar. Res.*, **44**: 601-644.
- CLIMAP Projekt Members (1976): The surface of the ice-age-earth.- *Science*, **191**(4232): 1131-1137.
- COHMAP-Members (1988): Climatic changes of the last 18,000 years: observations and model simulations.- *Science*, **241**: 1043-1052.
- Dale, B. & Dale, A.L. (1992): Dinoflagellate contributions to the deep sea.- Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA 02543: 73 S.
- Deflandre, G. (1952): Classe des Coccolithophoridés (Coccolithophoridae Lohmann, 1902).- *in*: Grassé, P.-P. (Hrsg.): *Traité de Zoologie*, Paris: Masson et Cie., **1**: 439-470.
- DeVoe, M.R. (1979): Coccolith distribution in the Norwegian Sea during Late Quaternary interglacials. - Master Thesis, City University of New York: 72 S.
- Eide, L.K. (1990): Distribution of coccoliths in surface sediments in the Norwegian-Greenland Sea.- *Mar. Micropal.*, **16**: 65-75.
- Fairbanks, R.G. (1989): A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation.- *Nature*, **342**: 637-642.
- Fairbanks, R.G. (1990): The age and origin of the "Younger Dryas Climate Event" in Greenland ice cores.- *Paleoceanography*, **5** (6): 937-948.
- Fütterer, D. (1977): Die Feinfraktion (Silt) in marinen Sedimenten des ariden Klimabereichs: Quantitative Analysenmethoden, Herkunft und Verbreitung.- *Habil.- Schrift., Fachber. Math.- Nat., Univ. Kiel*, 246 S.
- Gaarder, K.G. & Markali, J. (1956): On the coccolithophorid *Crystalloolithus hyalinus* n. gen., n. sp.- *Nytt Mag. Bot.*, **5**: 1-5.
- Gaarder, K.R. & Ramstjell, E. (1954): A new coccolithophorid from northern waters. *Calciopappus caudatus* n. gen. n. sp.- *Nytt Mag. Bot.*, **2**: 155-156.
- Gaarder, K.R. (1970): Three new taxa of Coccolithineae.- *Nytt Mag. Bot.*, **17**: 113-126.
- Gard, G. (1986): Calcareous nannofossil biostratigraphy of late Quaternary Arctic sediments.- *Boreas*, **15**: 217-229.
- Gard, G. (1987): Late Quaternary calcareous nannofossil biostratigraphy and sedimentation patterns: Fram Strait, Arctica.- *Paleoceanography*, **2**: 519-529.
- Gard, G. (1988): Late Quaternary calcareous nannofossil biozonation, chronology and paleo-oceanography in areas north of the Faeroe-Iceland Ridge.- *Quat. Science Rev.*, **7**: 65-78.
- Gard, G. (1989): Quaternary calcareous nannofossil biostratigraphy: the eastern Arctic ocean record.- *in*: Y. Herman (Hrsg.): *The Arctic Seas*.- van Nostrand Reinhold Company, New York: 445-459.
- Gard, G. & Backman, J. (1990): Synthesis of Arctic and Sub-Arctic 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: 417-436.
- Gartner, S. & Bukry, D. (1969): Tertiary Holococcoliths.- *J. Paleont.*, **43**: 1231-1221.
- Geitzenauer, K.R. (1969): Coccoliths as Late Quaternary paleoclimatic indicators in the subantarctic Pacific Ocean.- *Nature*, **223**: 170-172.
- Geitzenauer, K.R., Roche, M.B. & McIntyre, A. (1976): Modern Pacific coccolith assemblages: derivation and application to Late Pleistocene paleotemperature analysis.- *Geol. Soc. Am. Mem.*, **145**: 423-448.
- Geitzenauer, K.R., Roche, M.B. & McIntyre, A. (1977): Coccolith biogeography from North Atlantic and Pacific surface sediments. *in*: Ramsay, A.T.S. (Hrsg.): *Oceanic Micropaleontology*.- Acad. Press: 973-1008.
- Graf, G. (1992): Benthic-pelagic coupling: A benthic view.- *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, **30**: 149-190.
- Groom, S.B. & Holligan, P.M. (1987): Remote sensing of coccolithophore blooms.- *Advances in Space Research*, **7**: 73-78.
- Gust, B., Byrne, R.H., Bernstein, R.E., Betzer, P.R. & Bowles, W. (1992): Particle fluxes and moving fluids: experience from synchronous trap collections in the Sargasso Sea.- *Deep-Sea Res.*, **39**: 1071-1083.
- Hald, M. & Vorren, T.O. (1987): Foraminiferal stratigraphy and environment of Late Weichselian deposits on the continental shelf off Troms, northern Norway.- *Mar. Micropaleontol.*, **12**: 129-160.
- Halldal, P. (1953): Phytoplankton investigations from weather ship M in the Norwegian Sea, 1948-49.- *Hvalradets Skrifter, Scientific Results of Marine Biological Research*, **38**: 1-71.

- Halldal, P. & Markali, J. (1954): Morphology and microstructure of coccoliths studied in the electron microscope. Observations on *Anthosphaera robusta* and *Calyptosphaera papillifera*.- *Nytt Mag. Bot.*, **2**: 117-121.
- Halldal, P. & Markali, J. (1955): Electron microscope studies on coccolithophorids from the Norwegian Sea, the Gulf Stream and the Mediterranean.- *Avh. Utg. Det. Norske Vid. Akad. i Oslo*, **1**: 5-30.
- Harris, R.P. (1994): Zooplankton grazing on the coccolithophore *Emiliania huxleyi* and its role in inorganic carbon flux.- *Marine Biology*, **119**: 431-439.
- Hay, W.W., Mohler, H.P., Roth, P.H., Schmidt, R.R. & Boudreaux (1967): Calcareous nannoplankton zonation of the Cenozoic of the Gulf coast and Caribbean-Antillean area, and trans-oceanic correlation.- *Trans. Gulf-Coast. Ass. Geol. Soc.*, **17**: 428-480.
- Hebbeln, D., Dokken, T., Andersen, E.S., Hald, M. & Elverhøi, A. (1994): Moisture supply for northern ice-sheet growth during the last glacial maximum.- *Nature*, **370**: 357-360.
- Henrich, R. (1992): Beckenanalyse des Europäischen Nordmeeres: Pelagische und glaziomarine Sedimentflüsse im Zeitraum 2.6 Ma bis rezent.- Unveröffent. Habilitationsschrift, Math.- Nat. Fak., Univ. Kiel, 345 S.
- Hirschleber, H., Theilen, F., Balzer, W., v. Bodungen, B. & Thiede, J. (1988): Forschungsschiff Meteor, Reise 7 vom 1. Juni bis 28. September 1988.- *Univ. Kiel, Ber. SFB 313 Univ. Kiel*, **10**: 257 S.
- Hjort, C. (1973): A sea correction for East Greenland.- *Geol. Fören. Stockholm Förh.*, **95**: 132-134.
- Honjo, S. (1975): Dissolution of suspended coccoliths in the deep-sea water column and sedimentation of coccolith ooze.- *in*: Sliter, W.V. & Berger, W.H. (Hrsg.): Dissolution of deep-sea carbonates.- Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Spec. Publ., **13**: 114-128.
- Honjo, S. (1976): Coccoliths: production, transportation and sedimentation.- *Mar. Micropal.*, **1**: 65-79.
- Honjo, S. (1977): Biogenic carbonate particles in the ocean; do they dissolve in the water column? *in*: Anderson, N.R. & Malahoff, A. (Hrsg.): The fate of fossil fuel CO<sub>2</sub> in the oceans.- Plenum Press, 269-295.
- Honjo, S. (1980): Material fluxes and modes of sedimentation in the mesopelagic and bathypelagic zones.- *J. Mar. Res.*, **38**(1): 53-97.
- Honjo, S. (1982): Seasonality and interaction of biogenic and lithogenic particulate flux at the Panama Basin.- *Science*, **218**: 883-884.
- Honjo, S. & Doherty, K.W. (1988): Large aperture time-series sediment traps; design objectives, construction and application.- *Deep-Sea Res.*, **35**(1): 133-149.
- Honjo, S. & Okada, H. (1974): Community structure of coccolithophores in the photic layer of the mid-Pacific.- *Micropal.*, **20**: 209-230.
- Jansen, E. & Bjørklund, K. (1985): Surface ocean circulation in the Norwegian Sea 15000 B.P. to present.- *Boreas*, **14**: 243-257.
- Jansen, E., Sejrup, H.P., Fjæran, T., Hald, M., Holtedahl, H. & Skarbø, O. (1983): Late Weichselian paleoceanography of the southeastern Norwegian Sea.- *Norsk Geologisk Tidsskrift*, **63**: 117-146.
- Jansen, E. & Veum, T. (1990): Evidence for a two step deglaciation and its impact on North Atlantic deep-water circulation.- *Nature*, **343**: 612-616.
- Johannessen, O. M. (1986): Brief overview of the physical oceanography.- *in*: Hurdle, B.G. (Hrsg.): The Nordic Seas.- Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: 103-127.
- Johannessen, T., Jansen, E., Flatøy, A. & Ravelo, A.C. (1994): The relationship between surface water masses, oceanographic fronts and paleoclimatic proxies in surface sediments of the Greenland, Iceland, Norwegian Seas.- *in*: Zahn, R., Pedersen, R.F., Kaminski, M.A. & Labeyrie, L. (Hrsg.): Carbon Cycling in the Glacial Ocean: Constraints on the ocean's role in global change.- NATO ASI Series I, **17**: 61-85.
- Jones, G.A. (1991): Spatial and temporal distribution of Laurentide and Fennoscandian meltwater during the last deglaciation.- *Norsk Geol. Tidsskr.*, **71**: 145-148.
- Jones, G.A. & Keigwin, L.D. (1988): Evidence from Fram Strait (78° N) for early deglaciation.- *Nature*, **336**(3): 56-59.
- Jordan, R. & Kleijne, A. (1994): A classification system for living coccolithophores.- *in*: Winter, A. & Siesser, W.G. (Hrsg.): Coccolithophores.- Cambridge Univ. Press: 83-105.
- Kamptner, E. (1937): Neue und bemerkenswerte Coccolithineen aus dem Mittelmeer.- *Arch. Protistenk.*, **89**/3: 279-316.
- Kamptner, E. (1941): Die Coccolithineen der Südwestküste von Istrien.- *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **51**(1940): 54-149.
- Kamptner, E. (1954): Untersuchungen über den Feinbau der Coccolithen.- *Arch. Protistenk.*, **100**/1: 1-90.
- Kassens, H. (1990): Verfestigte Sedimentlagen und seismische Reflektoren: Frühdiagenese und Paläo-Ozeanographie in der Norwegischen See.- *Ber. SFB 313 Univ. Kiel*, **24**: 117 S.
- Keigwin, L.D. & Boyle, E.A. (1989): Late Quaternary Paleochemistry of high-latitude surface waters.- *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **73**: 85-106.
- Kellogg, T.B. (1976): Late Quaternary climatic changes: evidence from deep-sea cores of Norwegian and Greenland Sea.- *Geol. Soc. Am. Mem.*, **145**: 77-109.
- Kellogg, T.B. (1980): Paleoclimatology and paleoceanography of the Norwegian and Greenland Seas: glacial-interglacial contrasts.- *Boreas*, **9**: 115-137.

- Klaveness, D. & Paasche, E. (1971): Two different *Coccolithus huxleyi* cell types incapable of coccolith formation.- *Archiv für Mikrobiologie*, **75**: 382-385.
- Klaveness, D. (1972): *Coccolithus huxleyi* (Lohm.) Kamptn II The flagellate cell, aberrant cell types, vegetative propagation and life cycles.- *Brit. Phycol. J.*, **7**: 309-318.
- Knappertsbusch, M. (1990): Geographic distribution of modern coccolithophorids in the Mediterranean Sea and morphological evolution of *Calcidiscus leptoporus*.- unveröff. Diss., Inst. für Technologie, Zürich: 141 S.
- Knappertsbusch, M. (1993 a): *Syracosphaera noroiticus* sp. nov., and *S. marginaporata* sp. nov., (Syracosphaeraceae, Prymnesiophyta), new coccolithophorids from the Mediterranean Sea and North Atlantic Ocean.- *J. Micropalaeontol.*, **12/1**: 71-76.
- Knappertsbusch, M. (1993 b): Geographic distribution of living and Holocene coccolithophores in the Mediterranean Sea.- *Mar. Micropal.*, **21**: 219-247.
- Knüttel, S., Russell, M.D. & Firth, J.V. (1989): Neogene calcareous nannofossils from ODP Leg 105: implications for Pleistocene paleoceanographic trends.- *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **105**: 245-262.
- Koç Karpuz, N. & Jansen, E. (1992): A high resolution diatom record of the last deglaciation from the SE Norwegian Sea: documentation of rapid climatic changes.- *Paleoceanography*, **7**(4): 499-520.
- Koç, N., Jansen, E. & Haflidason, H. (1993): Paleoceanographic reconstructions of surface ocean conditions in the Greenland, Iceland and Norwegian Seas through the last 14 ka based on diatoms.- *Quat. Science Reviews*, **12**: 115-140.
- Koç Karpuz, N. & Schrader, H. (1990): Surface sediment diatom distribution and Holocene paleotemperature variations in the Greenland, Iceland and Norwegian Sea.- *Paleoceanography*, **5**: 557-580.
- Kohly, A. (1994): Aktuopaläontologische Untersuchungen zu Verbreitung und Vertikalfluß von Diatomeen sowie ihre räumliche und zeitliche Entwicklung im Jungquartär des Europäischen Nordmeeres.- *Ber. SFB 313 Univ. Kiel*, **49**: 118 S.
- Koltermann, K. P. (1987): Die Tiefenzirkulation der Grönland-See als Folge des thermohalinen Systems des Europäischen Nordmeeres.- unveröff. Diss., Univ. Hamburg: 287 S.
- Lampitt, R.S. (1985): Evidence for the seasonal deposition of detritus to the deep-sea floor and its subsequent resuspension.- *Deep-Sea Res.*, **32** (8): 885-897.
- Lampitt, R.S., Noji, T. & v. Bodungen, B. (1990): What happens to zooplankton faecal pellets? Implications for material flux.- *Mar. Biol.*, **104**: 15-23.
- Lecal, J. (1966): Coccolithophoridés littoraux de Banyuls.- *Vie et milieu, Ser. B, Oceanographie*, **16**: 251-270.
- Loeblich, A.R. Jr. & Tappan, H. (1978): The coccolithophorid genus *Calcidiscus* Kamptner and its synonyms.- *J. Paleont.*, **56/6**: 1390-1392.
- Lohmann, H. (1902): Die Coccolithophoridae, eine Monographie der coccolithenbildenden Flagellaten, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis des Mittelmeerauftriebs.- *Arch. Protistenk.*, **1**: 89-165.
- Lohmann, H. (1903): Neue Untersuchungen über den Reichthum des Meeres an Plankton und über die Brauchbarkeit der verschiedenen Fangmethoden. Zugleich auch ein Beitrag zur Kenntnis des Mittelmeerauftriebs.- *Wiss. Meeresuntersuch. Abth. Kiel, n. ser.*, **7**: 1-87.
- Lohmann, H. (1912): Untersuchungen über das Pflanzen- und Tierleben der Hochsee. Zugleich ein Bericht über die biologischen Arbeiten auf der Fahrt der "Deutschland" von Bremerhaven nach Buenos Aires in der Zeit vom 7. Mai bis 7. September 1911.- *Veröff. Inst. Meeresk., Univ. Berlin, N.F., Geogr.- Naturw. Reihe*, **1**: 1-92.
- Lohmann, H. (1913): Über Coccolithophoriden.- *Verh. dt. zool. Ges.*, **23**: 143-164.
- Longhurst, A.R. & Harrison, W.G. (1988): Vertical nitrogen flux from the oceanic photic zone by diel migrant zooplankton and nekton.- *Deep-Sea Res.*, **35**(6): 881-889.
- Mangerud, J., Andersen, S.T., Berglund, B.E. & Donner, J.J. (1974): Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification.- *Boreas*, **3**: 106-128.
- Manton, I., Sutherland, J. & McCully, M. (1976): Fine structural observations on coccolithophorids from south Alaska in the genera *Papposphaera* Tangen and *Pappomonas* Manton and Oates.- *Brit. Phycol. J.*, **11**: 225-238.
- Markali, J. & Paasche, E. (1955): On two species of *Umbellosphaera*, a new marine coccolithophorid genus.- *Nytt Mag. Bot.*, **4**: 95-100.
- Martini, E. & Müller, C. (1972): Nannoplankton aus dem nördlichen Arabischen Meer.- *Meteor Forsch. Ergebn., C*, **10**: 63-74.
- Matthiessen, J. (1991): Dinoflagellaten-Zysten im Spätquartär des Europäischen Nordmeeres: Palökologie und Paläo-Ozeanographie.- *Geomar Report*, **7**: 104 S.
- McCave, I.N. (1986): Local and global aspects of the bottom nepheloid layers in the world ocean.- *Neth. J. Sea Res.*, **20**(2/3): 167-181.
- McIntyre, A. & Bé, A.W.H. (1967): Modern coccolithophoridae of the Atlantic Ocean - I. Placoliths and Cyrtoliths.- *Deep-Sea Res.*, **14**: 561-597.
- McIntyre, A., Bé, A.W.H. & Preikstas, R. (1967): Coccoliths and the Pliocene-Pleistocene boundary.- *Progr. Oceanogr.*, **4**: 3-25.

- Michels, K. (1994): Strömungssortierung quartärer Sedimente des Europäischen Nordmeeres: Analyse von Sinkgeschwindigkeits-Verteilungen.- unveröff. Diss., Univ. Kiel: 120 S.
- Midtun, L. (1985): Formation of dense bottom water in the Barents Sea.- *Deep-Sea Res.*, **32**: 1233-1241.
- Mokhtari, M., Markvard, S. & Olafsson, I. (1987): Seismic study of Lofoten Continental Margin, N. Norway.- *Seismol. Obsv.*, Univ. Bergen, Seismo-Ser., **X**: 3-14.
- Murray, G. & Blackman, V.H. (1898): On the nature of coccoliths and rhabdosphaeres.- *Phil. Trans. R. Soc.*, **190** (B): 427-441.
- Norris, R.E. (1984): Indian ocean nanoplankton. I. Rhabdosphaeraceae (Prymnesiophyceae) With a review of extant taxa.- *J. Phycol.*, **20**: 27-41.
- Okada, H. & McIntyre, A. (1977): Modern coccolithophores of the Pacific and North Atlantic Oceans.- *Micropal.*, **23**(1): 1-55.
- Paasche, E. (1960): Phytoplankton distribution in the Norwegian Sea in June, 1954, related to hydrography and compared with primary production data.- *Fiskeridirektoratets Skrifter Serie Havundersøkelser Report on Norwegian Fishery and Marine Investigation*, **XII** (11): 1-51.
- Paasche, E. & Klaveness, D. (1970): A physiological comparison of coccolith-forming and naked cells of *Coccolithus huxleyi*.- *Archiv für Microbiologie*, **73**: 143-152.
- Parke, M. & Adams, I. (1960): The motile (*Crystallolithus hyalinus* Gaarder & Markali) and non-motile phases in the life history of *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller.- *J. mar. biol. Ass.*, **39**: 263-274.
- Paquette, R.G., Bourke, R.H., Newton, J.F. & Perdue, W.F. (1985): The East Greenland Polar Front in autumn.- *J. Geophys. Res.*, **90**(C3): 4866-4882.
- Pflaumann, U. (1988): Plankton-Foraminiferen in der Sedimentoberfläche. *in*: Hirscheleber, H., Theilen, F., Balzer, W., v. Bodungen, B. & Thiede, J. (Hrsg.): *Forschungsschiff Meteor, Reise 7 vom 1. Juni bis 28. September 1988*.- Univ. Kiel, Ber. SFB 313 Univ. Kiel, **10**: 175-177.
- Peinert, R., Bathmann, U.V., v. Bodungen, B. & Noji, T.T. (1987): The impact of grazing on spring growth and sedimentation in the Norwegian Current.- *in*: Degens, E.T., Honjo, S. & Idzar, E. (Hrsg.): *Particle flux in the ocean*.- *Mitt. Geol.-Paläont. Inst., Univ. Hamburg, SCOPE/UNEP Sonderbd.* **62**: 149-164.
- Perch-Nielsen, K. (1968): Der Feinbau und die Klassifikation der Coccolithen aus dem Maastrichtien von Dänemark.- *De Kongelige Danske Videnskabernes Selskab Biologiske Skrifter*. **16/1**: 96 S.
- Perry, R.K. (1986): Bathymetry.- *in*: Hurdle, B.G. (Hrsg.): *The Nordic Seas*.- Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: 103-127.
- Pfannkuche, O., Duinker, J.C., Graf, G., Henrich, R., Thiel, H. & Zeitzechel, B. (1993): Nordatlantik 92, Reise Nr.21, 16. März - 31. August 1992.- *Meteor-Ber.*, Univ. Hamburg, **93/4**: 281 S.
- Pilskaln, C.H. & Honjo, S. (1987): The fecal pellet fraction of biogeochemical particle fluxes to the deep sea.- *Global Biogeochemical Cycles*, **1**(1): 31-48.
- Quadfasel, D. & Meincke, J. (1987): Note on the thermal structure of the Greenland Sea gyres.- *Deep-Sea Res.*, **35**: 1143-1150.
- Raffi, I. & Rio, D. (1981): *Coccolithus pelagicus* (Wallich): a paleotemperature indicator in the Late Pliocene Mediterranean deep-sea record. *in*: Wezel, F.C. (Hrsg.): *Sedimentary basins of Mediterranean margins*.- C.N.R. Ital. Proj. Oceanogr., Tecnoprint: 187-190.
- Ramsfjell, E. (1960): Phytoplankton distribution in the Norwegian Sea in June, 1952 and 1953.- *Fiskeridirektoratets Skrifter Serie Havundersøkelser Report on Norwegian Fishery and Marine Investigations*, **XII**(10): 1-39.
- Rey, F. (1981): The development of the spring phytoplankton outburst at selected sites of the Norwegian coast.- *The Norwegian Coastal Current*, Geilo, University of Bergen: 649-680.
- Roche, M.B., McIntyre, A. & Imbrie, J. (1975): Quantitative paleoceanography of the Late Pleistocene-Holocene North Atlantic: coccolith evidence.- *in*: Saito, T. & Burckle, L.H. (Hrsg.): *Late Neogene epoch boundaries*.- *Micropaleontology Press*, New York: 199-225.
- Romein, A.J.T. (1979): Lineages in Early Paleocene calcareous nanoplankton.- *Utrecht micropaleontological Bulletins*, **22**: 1-230.
- Roth, P.H. & Berger, W.H. (1975): Distribution and dissolution of coccoliths in the south and central Pacific. *in*: Sliter, W.V., Bé, A.W.H. & Berger, W.H. (Hrsg.), *Dissolution of deep-sea carbonates*.- *Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Spec. Publ.*, **13**: 87-113.
- Roth, P.H. & Coulbourn, W.T. (1982): Floral and solution patterns of coccoliths in surface sediments of the North Pacific.- *Mar. Micropal.*, **7**: 1-52.
- Roth, P.H., Mullin, M.M. & Berger, W.H. (1975): Coccolith sedimentation by fecal pellets: laboratory experiments and field observations.- *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **86**: 1079-1084.
- Ruddiman, W.F. & McIntyre, A. (1981): The North Atlantic Ocean during the last deglaciation.- *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, **35**: 145-214.
- Sakshaug, E., Mykkestad, S., Andresen, K., Hegseth, E.N. & Jörgensen, L. (1981): Phytoplankton off the Møre Coast in 1975-1979: distribution, species composition, chemical composition and conditions for growth.- *The Norwegian Coastal Current*, Geilo, 681-711.

- Samtleben, C. (1978): Pliocene-Pleistocene coccolith assemblages from Sierra Leone Rise - Site 366, Leg 41.- *in*: Lancelot, Y. & Seibold, E. (Hrsg.): Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project. **XLI**: 913-931.
- Samtleben, C. (1980): Die Evolution der Coccolithophoriden-Gattung *Gephyrocapsa* nach Befunden im Atlantik.- *Paläont. Z.*, **54**: 91-127.
- Samtleben, C., Baumann, K.-H. & Schröder-Ritzrau, A. (im Druck): Distribution, composition and seasonal variation of coccolithophore communities in the northern North Atlantic.- *Rev. Españ. Micropal.*,
- Samtleben, C. & Bickert, T. (1989): Coccoliths in sediment traps from the Norwegian Sea.- *Mar. Micropal.*, **16**: 39-64.
- Samtleben, C., Schäfer, P., Andruleit, H., Baumann, A., Baumann, K.-H., Kohly, A., Matthiessen, J., Schröder-Ritzrau, A., `Synpal´ Working Group (1995): Plankton in the Norwegian-Greenland Sea: from living communities to sediment assemblages - an actualistic approach.- *Geol. Rundsch.*, **84**: 108-136.
- Samtleben, C. & Schröder, A. (1990): Coccolithophoriden-Gemeinschaften und Coccolithen-Sedimentation im Europäischen Nordmeer - Zur Abbildung von Planktonzönosen im Sediment.- *Ber. SFB 313 Univ. Kiel*, **25**: 52 S.
- Samtleben, C. & Schröder, A. (1992): Living coccolithophore communities in the Norwegian-Greenland Sea and their record in sediments.- *Mar. Micropal.*, **19**: 333-354.
- Sarnthein, M., Jansen, E., Arnold, M., Duplessy, J.C., Erlenkeuser, H., Flatøy, A., Veum, T., Vogelsang, E. & Weinelt, M. (1992):  $\delta^{18}\text{O}$  time-slice reconstruction of meltwater anomalies at termination I in the north Atlantic between 50 and 80°N.- *in*: Bard, E. & Broecker, W.S. (Hrsg.): The last deglaciation: absolute and radiocarbon chronologies.- *NATO ASI Series C*, **12**: 183-200.
- Schiller, J. (1925): Die planktonischen Vegetationen des adriatischen Meeres. A. Die Coccolithophoriden-Vegetation in den Jahren 1911-1914.- *Arch. Protistenk.*, **51**(1): 1-130.
- Schiller, J. (1930): Coccolithineae.- *in*: Rabenhorst, L. (Hrsg.): Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz.- Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, **10/2**: 89-267.
- Schneidermann, N. (1977): Selective dissolution of recent coccoliths in the Atlantic Ocean. *in*: Ramsay, A.T.S. (Hrsg.): *Oceanic Micropaleontology*.- Acad. Press, London, New York, San Francisco, 1009-1053.
- Schrader, H.-J. (1971): Fecal pellets: Role in sedimentation of pelagic diatoms.- *Science*, **174**: 55-57.
- Schröder, A. (1990): Zu Vorkommen und Sedimentation von Coccolithophoriden im Europäischen Nordmeer.- Unveröff. Diplomarbeit, Univ. Kiel, 72 S.
- Schröder-Ritzrau, A. (1994): Aktuopaläontologische Untersuchungen zu Verbreitung und Vertikalfluß von Radiolarien sowie ihre räumliche und zeitliche Entwicklung im Jungquartär des Europäischen Nordmeeres.- *Ber. SFB 313 Univ. Kiel*, **52**: 99 S.
- Schulz, H. (in Vorb.): Meeresoberflächentemperaturen im frühholozänen Klimaoptimum um 10.000 Jahre vor heute - Auswirkungen des frühholozänen Insolationsmaximums.- *Diss., Geol.-Paläont. Inst. Univ. Kiel*.
- Shanks, A.L. & Trent, J.D. (1980): Marine snow: sinking rates and potential role in vertical flux.- *Deep-Sea Res.*, **27A**: 137-143.
- Siegel, D.A., Granata, T.C., Michaels, A.F. & Dickey, T.D. (1990): Mesoscale eddy diffusion, particle sinking, and the interpretation of sediment trap data.- *J. Geophys. Res.*, **95**(C4): 5305-5311.
- Smayda, T.J. (1958): Phytoplankton studies around Jan Mayen Island March-April, 1955.- *Nytt Mag. Bot.*, **6**: 75-96.
- Smetacek, V.S. (1985): Role of sinking in diatom life-history cycles: ecological, evolutionary and geological significance.- *Mar. Biol.*, **84**: 239-251.
- Stuiver, M., Becker, B., Braziunas, T.F. & Kromer, B. (1991): Climatic, solar, oceanic, and geomagnetic influences on late-glacial and Holocene atmospheric  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  change.- *Quat. Res.*, **35**: 1-24.
- Suess, E. & Altenbach, A.V. (1992): Europäisches Nordmeer Reise Nr. 17, 15. Juli - 29. August 1991.- *Meteor. Ber., Univ. Hamburg*, **92-3**: 164 S.
- Swift, J.H. (1986): The Arctic waters.- *in*: Hurdle, B.G. (Hrsg.): *The Nordic Seas*.- Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: 129-153.
- Swift, J.H. & Koltermann, K.P. (1988): The origin of Norwegian Sea deep water.- *J. Geophys. Res.*, **93**(C4): 3563-3569.
- Tangen, K. (1972): *Papposphaera lepida*, gen. nov., n. sp., a new marine coccolithophorid from Norwegian coastal waters.- *Norw. J. of Bot.*, **19**: 171-178.
- Thiede, J. (1987): The Late Quaternary Skagerrak and its depositional environment.- *Boreas*, **16**: 425-432.
- Thiede, J., Diesen, G.W., Knudsen, B.-E. & Snåre, T. (1986): Patterns of Cenozoic sedimentation in the Norwegian-Greenland Sea.- *Mar. Geol.*, **69**: 323-352.
- Thierstein, H.R., Geitzenauer, K.R. & Molfino, B. (1977): Global synchronicity of Late Quaternary coccolith datum levels: validation by oxygen isotopes.- *Geology*, **5**: 400-404.
- Thies, A. (1991): Die Benthosforaminiferen im Europäischen Nordmeer.- *Ber. SFB 313 Univ. Kiel*, **31**: 1-97.
- Thomsen, H.A. (1981): Identification by electron microscopy of nanoplanktonic coccolithophorids (Prymnesiophyceae) from West Greenland, including the description of *Papposphaera sarion* sp. nov.- *Brit. Phycol. J.*, **16**: 77-94.

- Thronsdon, J. (1972): Coccolithophorids from the Caribbean Sea.- *Norw. J. Bot.*, **19**: 51-60.
- Van Andel, T.H., Heath, G.R. & Moore, T.C. (1975): Cenozoic history and paleoceanography of the central Equatorial Pacific.- *Mem. Geol. Soc. Amer.*, **143**: 1-134.
- Veum, T., Jansen, E., Arnold, M., Beyer, I. & Duplessy, J.-C. (1992): Water mass exchange between the North Atlantic and the Norwegian Sea during the past 28,000 years.- *Nature*, **356**: 783-785.
- Vinje, T.E. (1977): Sea ice conditions in the European sector of the marginal seas of the Arctic, 1966-75.- *Norsk Polarinst. Årbok*, **1975**: 163-174.
- Vogelsang, E. (1990): Paläo-Ozeanographie des Europäischen Nordmeeres an Hand stabiler Kohlenstoff- und Sauerstoffisotope.- *Ber. SFB 313 Univ. Kiel*, **23**: 126 S.
- Vogt, P.R. (1986): Seafloor topography, sediments and paleoenvironments.- *in*: Hurdle, B.G. (Hrsg.): *The Nordic Seas*.- Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: 237-410.
- Vorren, T.O., Hald, M. & Thomsen, E. (1984): Quaternary sediments and environments on the continental shelf of northern Norway.- *Mar. Geol.*, **57**: 229-257.
- Vorren, T.O., Richardsen, G., Knutsen, S.-M. & Henriksen, E. (1990): The western Barents Sea during the Cenozoic.- *in*: Bleil, U. & Thiede, J. (Hrsg.): *Geological history of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic*.- Nato ASI Series C, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 308: 95-118.
- Wadhams, P. (1986): The ice cover.- *in*: Hurdle, B.G. (Hrsg.): *The Nordic Seas*.- Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: 20-84.
- Wallich, G.C. (1877): Observations on the coccosphere.- *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **4/19**: 342-350.
- Wassmann, P., Peinert, R. & Smetacek, V.S. (1991): Patterns of production and sedimentation in the boreal and polar Northeast Atlantic.- *Polar Res.*, **10**: 209-228.
- Watabe, N. & Wilbur, K.M. (1966): Effects of temperature on growth, calcification, and coccolith form in *Coccolithus huxleyi* (Coccolithineae).- *Limnol. and Oceanogr.*, **11**(4): 567-575.
- Weber van Bosse, A. (1901): Études sur les alues de l'Archipel Malaisien. III. Note préliminaire sur les résultats algologiques de L'expédition du Siboga.- *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg.*, **17**, 2/2: 126-141.
- Weinelt, M. (1993): Veränderungen der Oberflächenzirkulation im Europäischen Nordmeer während der letzten 60.000 Jahre - Hinweise aus stabilen Isotopen.- *Ber. SFB 313 Univ. Kiel*, **41**: 106 S.
- Winn, K., Sarnthein, M. & Erlenkeuser, H. (1991):  $\delta^{18}\text{O}$  stratigraphy and age control of Kiel sediment cores in the east Atlantic.- *Ber.-Reps., Geol.-Paläont. Inst. Univ. Kiel*, **45**: 1-99.
- Winter, A. (1982): Paleoenvironmental interpretation of Quaternary coccolith assemblages from the Gulf of Aqaba (Elat), Red Sea.- *Rev. Españ. Micropal.*, **XIV**: 291-314.
- Winter, A. & Siesser, W.G. (1994): Atlas of living coccolithophores.- *in*: Winter, A. & Siesser, W.G. (Hrsg.): *Coccolithophores*.- Cambridge Univ. Press: 107-159.
- Young, J.R. (1994): Function of Coccoliths.- *in*: Winter, A. & Siesser, W.G. (Hrsg.): *Coccolithophores*.- Cambridge Univ. Press: 63-82.
- Zeitzschel, B., Diekmann, P. & Uhlmann, L. (1978): A new multisample sediment trap.- *Mar. Biol.*, **45**: 285-288.

## **Dank**

Ich danke Frau Prof. Dr. Priska Schäfer und Herrn Prof. Dr. Jörn Thiede für die Vergabe der Arbeit und die Gewährung eines essentiellen wissenschaftlichen Freiraumes. Zusammen mit Herrn Dr. Christian Samtleben leiteten sie das Teilprojekt B3 des SFB 313 und unterstützten durch Diskussion und Kritik das Entstehen dieser Arbeit.

Ganz besonders möchte ich mich bei Herrn Dr. Christian Samtleben bedanken. Als Leiter des REM-Labors des Geologischen Instituts der CAU, als kritischer und interessierter Betreuer und Diskussionspartner sowie als geistiger Urheber des gesamten "Synpal"-Projektes hat er diese Arbeit überhaupt erst möglich gemacht.

Bei meinen Kollegen/innen Dr. Andrea Schröder-Ritzrau, Dr. Alexander Kohly, Dr. Jens Matthiessen, Dipl. Biol. Astrid und Dr. Karl-Heinz Baumann, Dr. Sigurd Locker und Dipl. Biol. Stefan Jensen möchte ich mich für die intensiven Diskussionen und Anregungen im Laufe der kurzen aber fruchtbaren Zusammenarbeit im Teilprojekt bedanken.

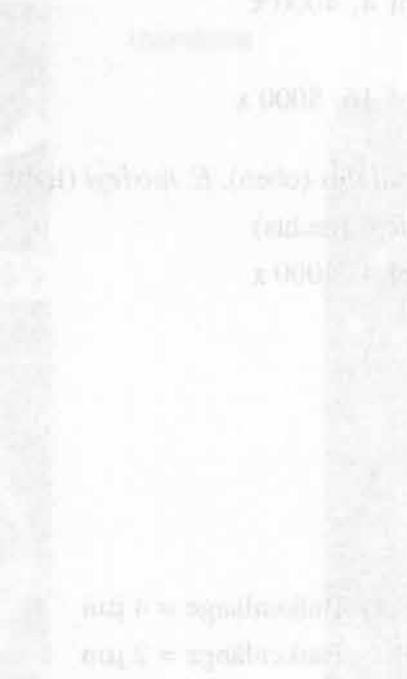
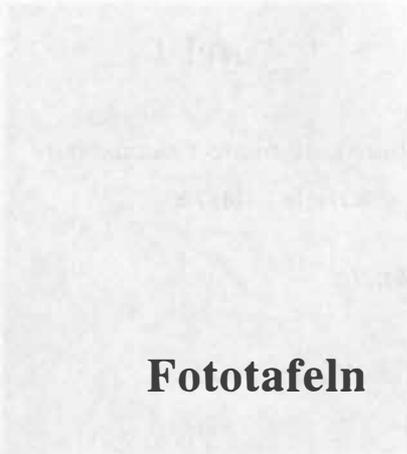
Für die kritische Durchsicht des Manuskript danke ich Dr. Jens Matthiessen, Dr. Andrea Schröder-Ritzrau, Dr. Alexander Kohly, Dr. Christian Samtleben, Dipl. Biol. Stefan Jensen und Tanja Schmieder.

Frau Ute Schuldt sei für die zuvorkommende Hilfe bei allen Fotoarbeiten herzlich gedankt. Herrn Werner Reimann danke ich für die technische Unterstützung am REM.

Für die Überlassung unveröffentlichter Daten möchte ich mich bei Dr. Christian Samtleben, Dr. Andrea Schröder-Ritzrau, Dr. Karl-Heinz Baumann, Dipl. Geol. Simon Jung und Dr. Uwe Pflaumann bedanken. Dem Teilprojekt A1 unter Leitung von Dr. Rolf Peinert möchte ich für die Bereitstellung von Probenmaterial danken.

Marita Krumbholz vom TP A1 sowie den wissenschaftlichen Hilfskräften Claudia Didié, Christiane Rosenbaum, Susanne Petke, Gunther Schmidt und Kai Vogel danke ich für die technische Unterstützung.

# Fototafeln



## Tafel I

1) *Acanthoica quattrosphina*, kollabierte Coccosphäre

Station 3, 23 m Wassertiefe, 4000 x

2a-d) *Algirosphaera robusta*

a) intakte Coccosphäre

Station 3, 23 m Wassertiefe, 4000 x

b) leicht zerfallene Coccosphäre

NB 6 500 m, Topf 6, 4000 x

c) stark zerfallene Coccosphäre

NB 6 500 m, Topf 5, 4000 x

d) schlechte erhaltene Coccolithen, nur der basale Teil ist erhalten

NB 6 500 m, Topf 17, 8000 x

3a-c) *Calcidiscus leptoporus*

a) Proximalansicht, Größenvergleich mit *A. robusta*

NB 6 500 m, Topf 4, 4000 x

b) Proximalansicht, ohne inneren Schild (links), Distalansicht (rechts),

Größenvergleich mit *G. muelleriae*

23414-6 (32,5 cm), 4000 x

c) intakte Coccosphäre

23414-6 (10,25 cm), 4000 x

4a-b) *Calciopappus caudatus*

a) Polcoccolith

NB 6 500 m, Topf 4, 4000 x

b) Coccolithen

NB 6 500 m, Topf 16, 8000 x

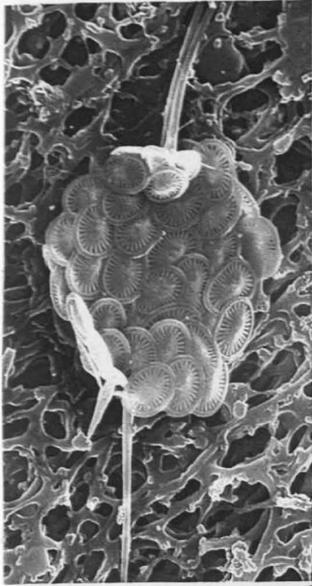
5) Größenvergleich: *C. caudatus* (oben), *E. huxleyi* (links), zerbrochener

Coccolith von *C. pelagicus* (rechts)

NB 6 500 m, Topf 4, 4000 x

Vergrößerung: 4000 x Balkenlänge = 4 µm

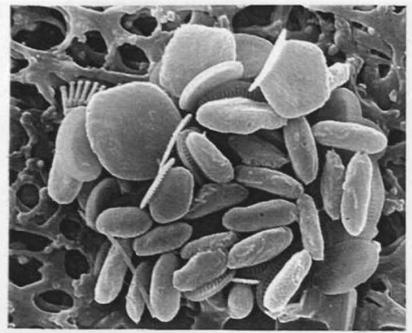
8000 x Balkenlänge = 2 µm



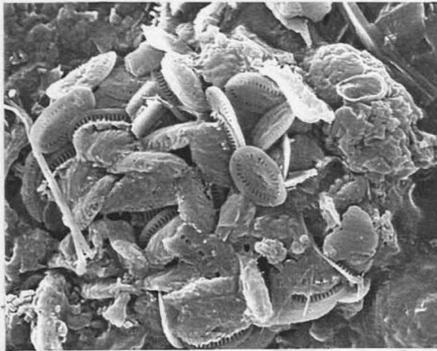
1



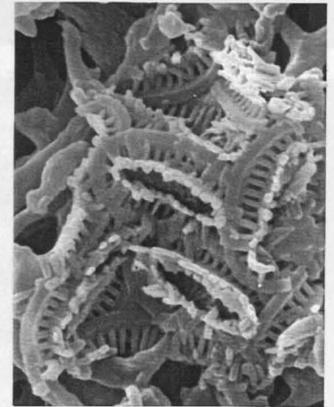
2a



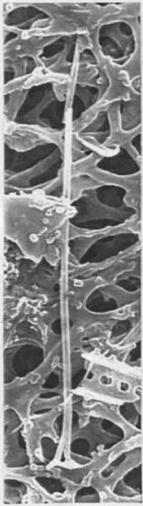
2b



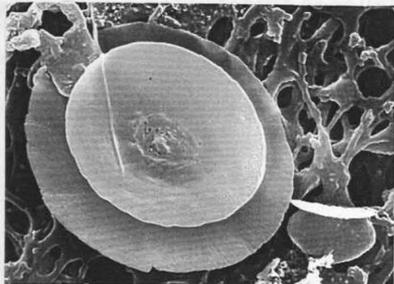
2c



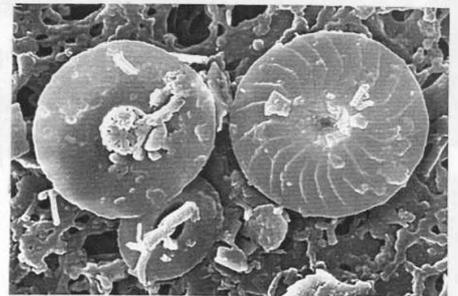
2d



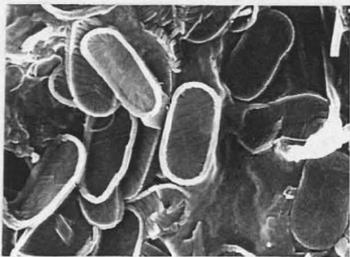
4a



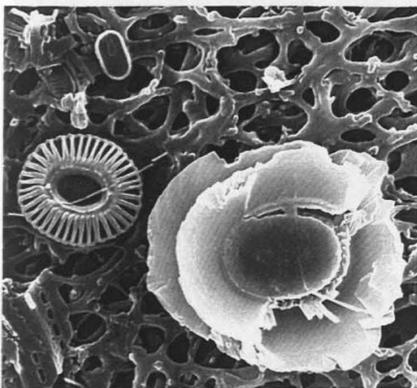
3a



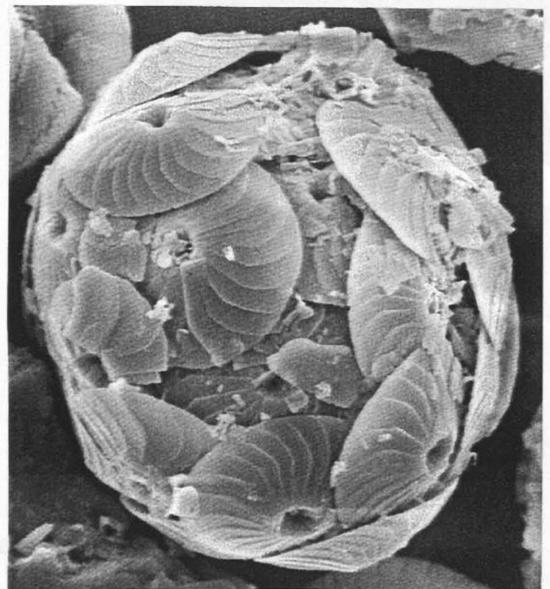
3b



4b



5



3c

## Tafel II

### 1a-d) *Coccolithus pelagicus*

a) intakte Coccosphäre

NB 6 500 m, Topf 5, 4000 x

b) Coccosphäre mit Lösungsspuren, hier durch Atterberg Schlammung

23071-2 (16 cm), 6,3 - 20  $\mu\text{m}$  Fraktion, 4000 x

c) Proximalansicht, Größenvergleich mit *E. huxleyi*

NB 6 500 m, Topf 9, 4000 x

4) Coccosphäre mit Resten von *C. hyalinus*

OG 5 500 m, Topf 4, 4000 x

### 2a-d) *Crystallolithus hyalinus*

a) kollabierte Coccosphäre

Station 2, 20 m Wassertiefe, 4000 x

b) Coccosphäre, beginnender Zerfall der Coccolithen

OG 5 500 m, Topf 15, 4000 x

c) Coccosphäre mit stark zerfallenen Coccolithen

OG 5 500 m, Topf 2, 4000 x

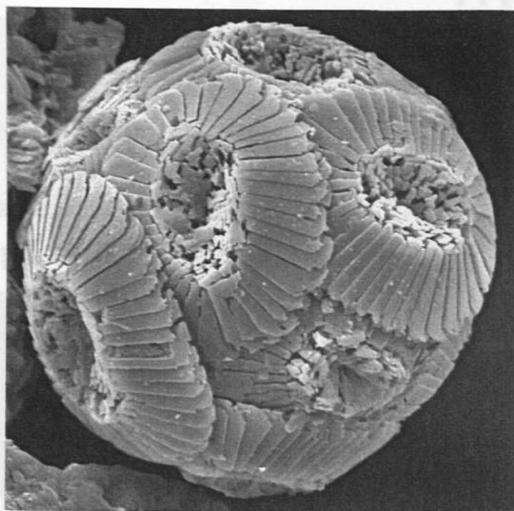
d) Kotballen (?), vermutlich aus einer kompaktierten Coccosphäre

OG 5 500 m, Topf 2, 4000 x

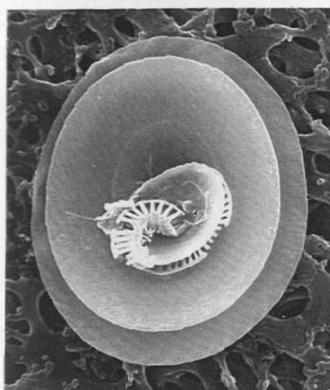
Vergrößerung: 4000 x Balkenlänge = 4  $\mu\text{m}$



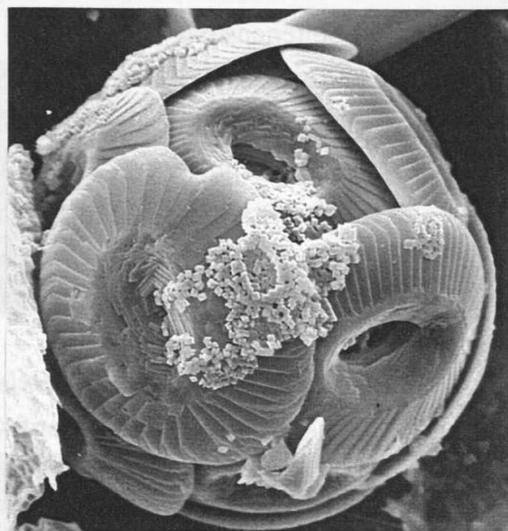
1a



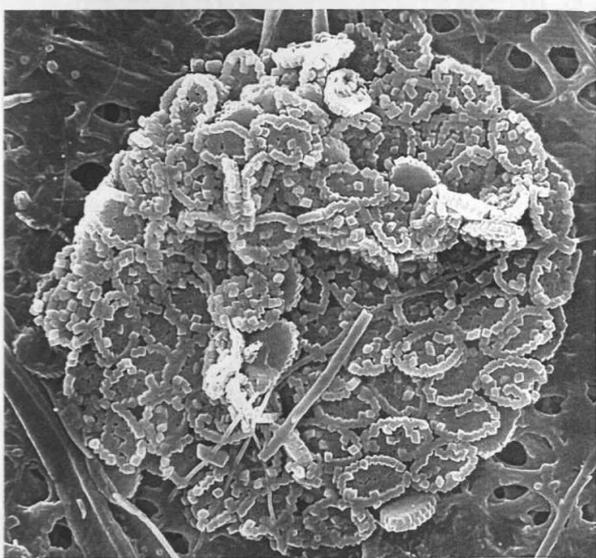
1b



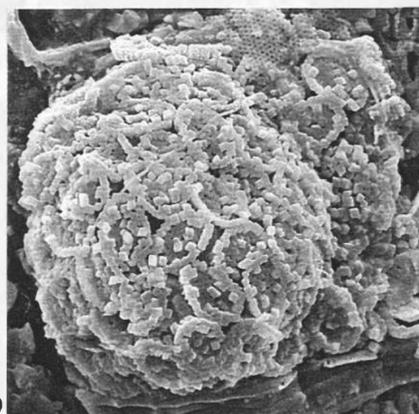
1c



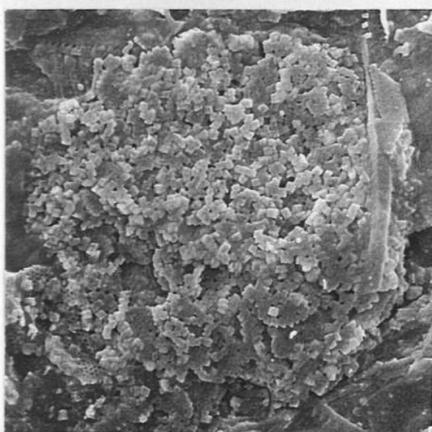
1d



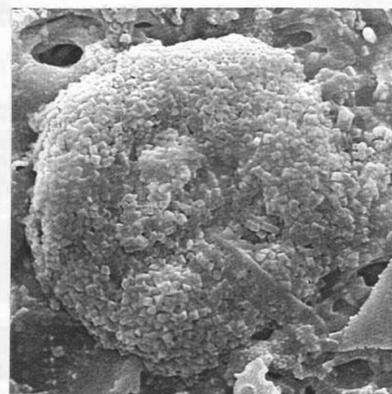
2a



2b



2c



2d

### Tafel III

#### 1a-h) *Emiliana huxleyi*

- a) und b) unterschiedliche Morphotypen von *E. huxleyi*  
a) NB 6 1000 m, Topf 1 b) Station 1, 20 m Wassertiefe, 4000 x
- c) Coccosphäre mit zerbrochenen Coccolithen  
NB 6 500 m, Topf 5, 4000 x
- d) Coccolithen in verschiedenen Erhaltungszuständen und Größen  
NB 6 500 m, Topf 9, 4000 x
- e) atypischer Coccolith mit doppeltem Distalschild  
Station 499, 10 m Wassertiefe, 4000 x
- f) Seitenansicht  
NB 6 500 m, Topf 9, 4000 x
- g) Coccosphäre (oben); kleiner Kotballen (unten), vermutlich Reste einer Coccosphäre von *E. huxleyi*  
Station 1, 20 m Wassertiefe, 4000 x
- h) Coccosphäre  
NB 6 500 m, Topf 9, 4000 x
- 2) Größenvergleich: *E. huxleyi* (oben), *C. pelagicus* (links), *A. robusta* (rechts)  
NB 6 500 m, Topf 4, 4000 x

#### 3a-c) *Gephyrocapsa muellerae*

- a) zwei Coccolithen, Distalansicht  
NB 6 500 m, Topf 14, 4000 x
- b) Proximalansicht  
NB 6 500 m, Topf 14, 4000 x
- c) Distalansicht  
23414-6 (32,5 cm), 4000 x

#### 4a-b) *Helicosphaera carteri*

- a) Distalansicht b) Proximalansicht  
23414-6 (32,5 cm), 4000 x

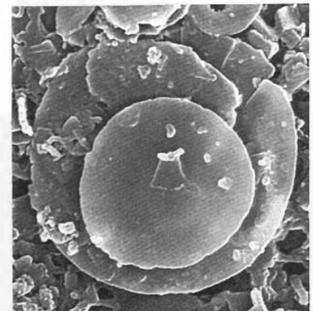
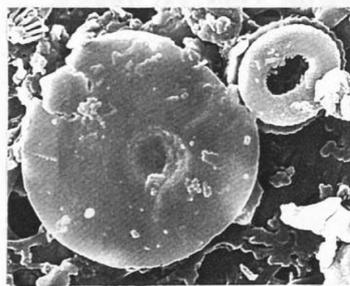
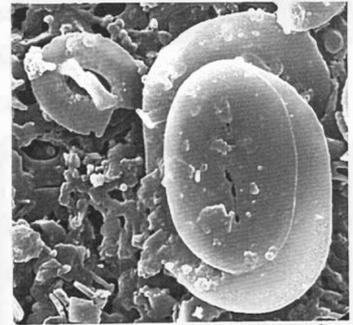
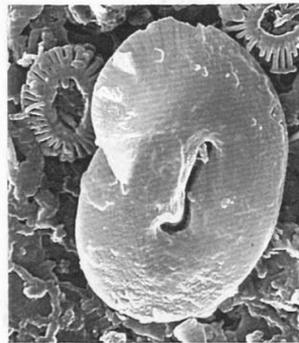
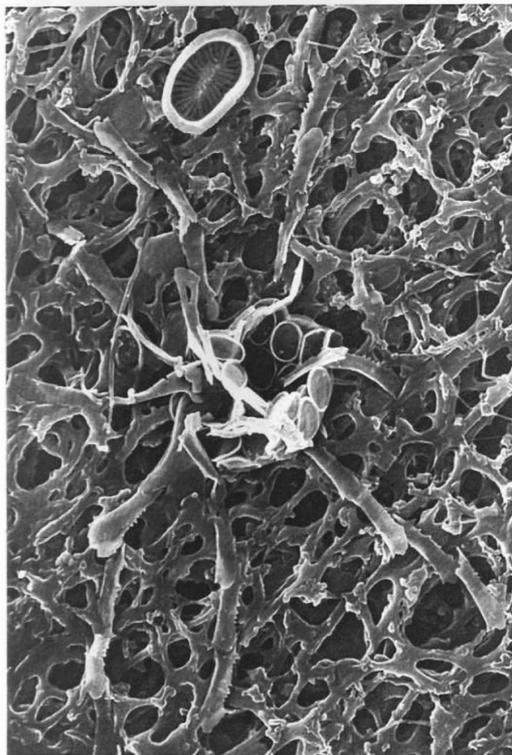
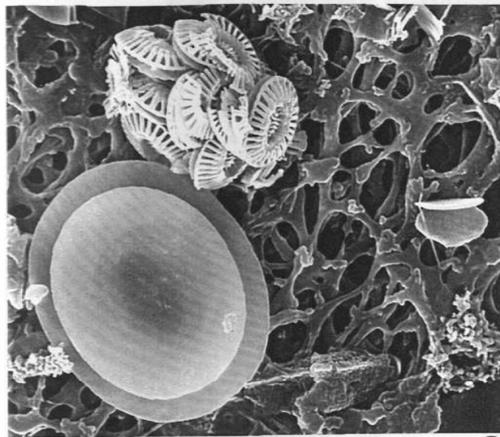
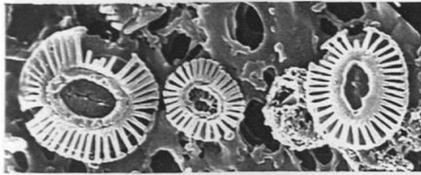
#### 5a-b) *Oolithotus fragilis*

- a) Distalansicht b) Proximalansicht  
23414-6 (32,5 cm), 4000 x

#### 6) *Ophiaster hydroideus*

Station 3, 23 m Wassertiefe, 4000 x

Vergrößerung: 4000 x Balkenlänge = 4 µm



## Tafel IV

### 1a-b) *Syracosphaera borealis*

a) intakte Coccosphäre

Station 3, 23 m Wassertiefe, 4000 x

b) Coccolith

NB 6 500 m, Topf 9, 4000 x

### 2) *Syracosphaera corolla*

Station 3, 23 m Wassertiefe, 4000 x

### 3a-c) *Syracosphaera marginaporata*

a) und c) Reste einer Coccosphäre, zerfallene Coccolithen

a) NB 6 500 m, Topf 15 b) NB 6 500 m, Topf 16, 8000 x

b) kollabierte Coccosphäre

Station 3, 23 m Wassertiefe, 4000 x

### 4a-b) *Syracosphaera mediterranea*

a) Coccolith

NB 6 500 m, Topf 10, 8000 x

b) Coccolith

NB 6 500 m, Topf 15, 4000 x

### 5a-c) *Syracosphaera molischii*

a) intakte Coccosphäre

Station 3, 23 m Wassertiefe, 4000 x

b) Fragment einer Coccosphäre

OG 5 500 m, Topf 3, 4000 x

c) zerfallene Coccolithen

NB 6 500 m, Topf 10, 4000 x

### 6a-b) *Syracosphaera pulchra*

a) und b) Distalansicht

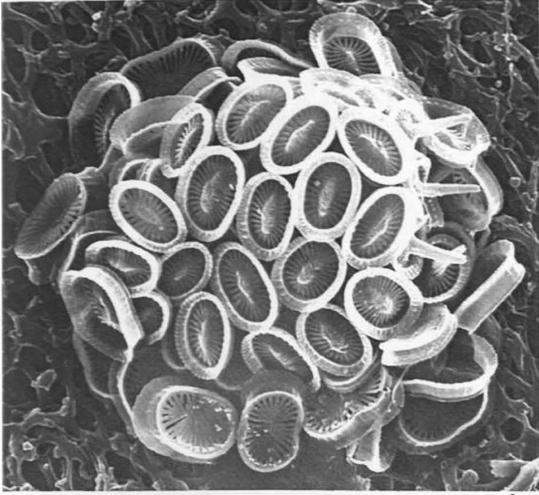
a) NB 6 500 m, Topf 20 b) NB 6 500 m, Topf 16, 4000 x

### 7) *Syracosphaera protrudens*

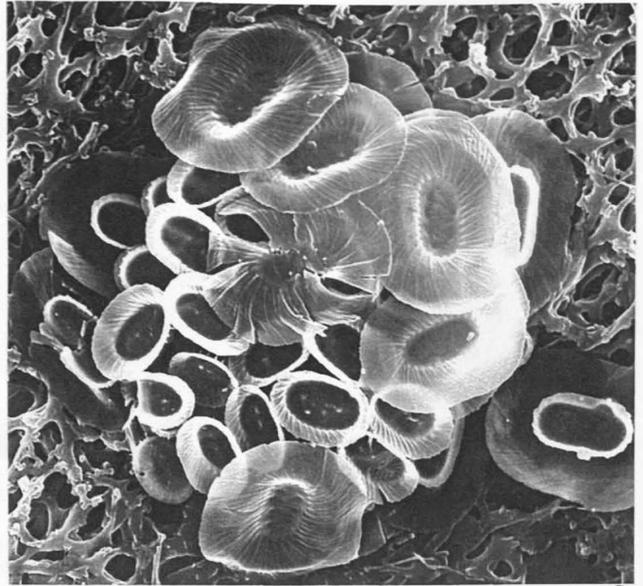
NB 6 500 m, Topf 11, 4000 x

Vergrößerung: 4000 x Balkenlänge = 4  $\mu$ m

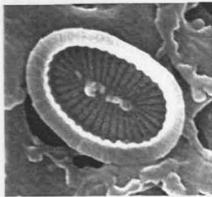
8000 x Balkenlänge = 2  $\mu$ m



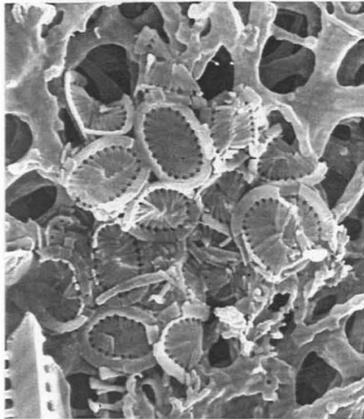
1a



2



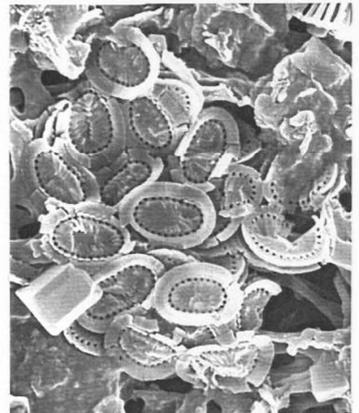
1b



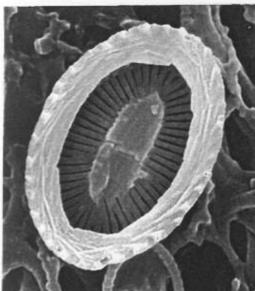
3a



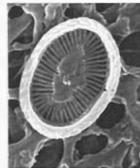
3b



3c



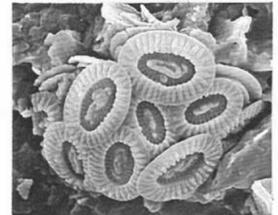
4a



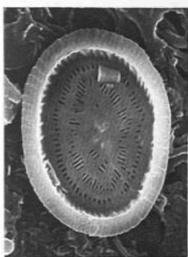
4b



5a



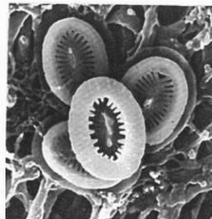
5b



6a



6b



7



5c

# Datenanhang

Region	Land	Wahljahr	Wahlkreis	Wahlkreisnummer	Wahlkreisname	Wahlkreisbeschreibung																	
1	1	1990	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
				6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
				7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
				8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
				9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
				10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	2	1990	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
				6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
				7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
				8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
				9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
				10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

© 2000 by the author

## Planktonproben Zähldaten

Station	Wassertiefe [m]	Zelldichte Gesamt	<i>Dalmanella</i>																			
			<i>A. quatropsina</i>	<i>A. robusta</i>	<i>A. unicornis</i>	<i>C. leptopus</i>	<i>C. caudatus</i>	<i>C. pelagicus</i>	<i>C. gracilis</i>	<i>C. hyalinus</i>	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. muelleri</i>	<i>O. hydroideus</i>	<i>P. lepida</i>	<i>P. sagittifer</i>	<i>S. borealis</i>	<i>S. corolla</i>	<i>S. marginaporata</i>	<i>S. molischii</i>	<i>S. orbiculus</i>	<i>S. pulchra</i>	
1	0	26087	725	0	725	0	0	0	0	0	0	24638	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	20	62147	3271	0	0	0	0	0	0	0	0	52334	0	0	1635	0	0	0	4906	0	0	0
	40	41976	0	8995	0	0	0	0	0	0	0	28484	0	0	2998	0	0	0	1499	0	0	0
2	0	3454	0	0	0	0	1636	727	0	364	727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	5995	0	666	0	0	666	3331	0	0	666	0	0	0	666	0	0	0	0	0	0	0
	40	4756	0	0	0	0	865	2594	0	432	865	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	27472	6519	3725	0	0	2794	931	2794	2794	0	0	3259	466	0	466	1397	1862	466	0	0	
	23	23817	5809	2324	581	0	1162	581	2905	4647	581	0	2905	581	0	0	0	1743	0	0	0	
	58	28467	9222	2406	0	0	4009	802	1604	3208	802	0	4009	0	0	0	0	1604	0	802	0	
	511	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3261	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Coccosphäreneinheiten nur aus Coccolithen</b>																						
1	0	13217	0	0	0	0	1449	0	0	0	11768	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	20	22877	0	0	0	0	236	96	0	106	22438	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	40	36681	0	16	0	0	33	352	0	0	36279	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	1933	0	0	0	0	90	177	0	52	1614	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	20	2878	0	0	0	32	21	1630	0	125	1031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	40	1594	0	0	0	0	323	195	0	112	964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	3586	28	140	0	70	102	246	45	90	1937	0	0	126	0	198	559	46	0	0	0	
	23	3386	14	196	0	0	71	0	46	52	2207	0	0	0	0	52	633	85	29	0	0	
	58	4132	8	128	0	0	0	0	16	5	3625	0	0	0	0	16	87	215	16	16	0	
	511	7811	0	168	0	0	112	395	0	0	7102	0	0	7	0	0	13	0	13	0	0	
	1010	8255	0	73	24	61	36	1922	0	7	5811	151	0	0	0	24	36	109	0	0	0	
	3261	17725	24	220	0	101	40	1663	0	0	15496	0	0	0	0	0	0	141	0	0	40	

**Grönlandsee: OG 5 500m**
**Wiederholungsaufbereitung**

Probe	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4
Topf	1	1	1	2	2	2	7	7	8	8
Behandlung	normal	Ultraschall	US + H2O2	normal	Ultraschall	US + H2O2	normal	US + H2O2	normal	US + H2O2
Coccolithophoridenfluß [Ind/qm/d]										
<i>C. pelagicus</i>	342531	359506	256540	96002	68353	136996	131810	85577	104905	70614
<i>E. huxleyi</i>	1135703	1204169	1082007	565678	325766	418841	43420	54769	27913	20468
%										
<i>C. pelagicus</i>	23,17	22,99	19,17	14,51	17,34	24,65	75,22	60,98	78,98	77,53
<i>E. huxleyi</i>	76,83	77,01	80,83	85,49	82,66	75,35	24,78	39,02	21,02	22,47

**OG 5 2300m**

Probe	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Topf	2	2	2	12	12	12	14	14	14
Behandlung	normal	Ultraschall	US + H2O2	normal	Ultraschall	US + H2O2	normal	Ultraschall	US + H2O2
Coccolithophoridenfluß [Ind/qm/d]									
<i>C. pelagicus</i>	668122	576092	731427	576325	548803	754517	420757	466471	449367
<i>E. huxleyi</i>	1390630	2033815	2214183	951601	839648	1063554	970260	920503	951601
%									
<i>C. pelagicus</i>	32,45	22,07	24,83	37,72	39,53	41,50	30,25	33,63	32,08
<i>E. huxleyi</i>	67,55	77,93	75,17	62,28	60,47	58,50	69,75	66,37	67,92

**Grönlandsee: OG 4 500m Zählraten**

Topf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	18	17	18	19
Laufzeit	7.9.-17.9.90	17.9.-27.9.	27.9.-7.10.	7.10.-27.10.	27.10.-26.11.	26.11.-26.12.	26.12.-25.1.91	25.1.-24.2.	24.2.-16.3.	16.3.-30.3.91	30.3.-13.4.	13.4.-27.4.	27.4.-11.5.	11.5.-25.5.	25.5.-8.6.	8.6.-22.6.	22.6.-6.7.	6.7.-20.7.	20.7.-31.7.91
Dauer [d]	10	10	10	20	30	30	30	30	20	14	14	14	14	14	14	14	14	14	11,08
gezählte Coccospähreneinheiten																			
Gesamt	7,329	5,856	19,001	13,387	keine Daten	10,795	6,929	5,878	5,947	5,202	3,389	3,752	6,242	5,964	7,145	5,852	11,057	13,390	9,889
<i>A. quattrosipina</i>	0,000	0,000	0,012	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>A. robusta</i>	0,000	0,011	0,087	0,043		0,087	1,120	0,109	0,050	0,078	0,085	0,032	0,000	0,239	0,000	0,054	0,085	0,010	0,043
<i>A. unicornis</i>	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>C. leptoporus</i>	0,000	0,000	0,000	0,000		0,050	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>C. caudatus</i>	0,000	0,078	0,055	0,089		0,022	0,033	0,011	0,033	0,022	0,010	0,044	0,000	0,011	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000
<i>C. pelagicus</i>	6,529	4,000	14,412	8,000		7,765	3,412	3,470	3,118	3,118	1,588	1,176	2,882	1,784	2,235	1,178	1,059	1,529	1,588
<i>C. gracilis</i>	0,000	0,000	0,032	0,000		0,000	0,129	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>C. hyalinus</i>	0,000	1,109	3,065	2,135		1,097	0,013	0,506	0,506	0,006	0,006	1,008	0,000	0,013	0,000	1,084	7,539	10,000	8,032
<i>E. huxleyi</i>	0,800	0,640	1,320	3,120		1,720	2,080	1,760	2,240	1,980	1,720	1,400	3,380	3,880	4,780	3,480	2,380	1,800	1,980
<i>P. lepidu</i>	0,000	0,000	0,018	0,000		0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000
<i>P. saginifera</i>	0,000	0,000	0,000	0,000		0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>S. borealis</i>	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>S. corolla</i>	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>S. marginaporata</i>	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000
<i>S. mediterranea</i>	0,000	0,018	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>S. molischii</i>	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,061	0,026
<i>S. pulchra</i>	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>Syrac. spp.</i>	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,020	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040	0,000	0,000	0,040
Coccolithophoridenfluß [Mio. Ind./qm/d]																			
Gesamt	1,0935	0,5641	1,8351	1,0752	keine Daten	0,1469	0,0928	0,0818	0,0512	0,0580	0,0488	0,0409	0,1074	0,2588	0,3074	0,1439	0,3808	0,5761	1,4047
<i>A. quattrosipina</i>	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>A. robusta</i>	0,0000	0,0011	0,0075	0,0035		0,0012	0,0150	0,0011	0,0004	0,0008	0,0009	0,0003	0,0000	0,0103	0,0000	0,0013	0,0022	0,0004	0,0082
<i>A. unicornis</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>C. leptoporus</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0007	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0085	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>C. caudatus</i>	0,0000	0,0075	0,0047	0,0071		0,0003	0,0004	0,0001	0,0003	0,0002	0,0001	0,0005	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000
<i>C. pelagicus</i>	0,9741	0,3853	1,2402	0,6425		0,1056	0,0457	0,0365	0,0268	0,0335	0,0228	0,0128	0,0498	0,0759	0,0982	0,0289	0,0385	0,0858	0,2302
<i>C. gracilis</i>	0,0000	0,0000	0,0028	0,0000		0,0000	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>C. hyalinus</i>	0,0000	0,1068	0,2638	0,1715		0,0149	0,0002	0,0053	0,0044	0,0001	0,0001	0,0110	0,0000	0,0008	0,0000	0,0287	0,2595	0,4303	0,8745
<i>E. huxleyi</i>	0,1194	0,0617	0,1136	0,2506		0,0234	0,0278	0,0185	0,0193	0,0211	0,0247	0,0153	0,0578	0,1869	0,2048	0,0856	0,0812	0,0774	0,2842
<i>P. lepidu</i>	0,0000	0,0000	0,0015	0,0000		0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000
<i>P. saginifera</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>S. borealis</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>S. corolla</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>S. marginaporata</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0008	0,0000	0,0000
<i>S. mediterranea</i>	0,0000	0,0017	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>S. molischii</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0022	0,0038
<i>S. pulchra</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>Syrac. spp.</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0000	0,0058

**Grönlandsee: OG 4 1000m Zählraten**

Topf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Laufzeit	7.9.-17.9.90	17.9.-27.9.	27.9.-7.10.	7.10.-27.10.	27.10.-26.11.	26.11.-26.12.	26.12.-25.1.91	25.1.-24.2.	24.2.-18.3.	18.3.-30.3.91	30.3.-13.4.	13.4.-27.4.	27.4.-11.5.	11.5.-25.5.	25.5.-8.6.	8.6.-22.6.	22.6.-6.7.	6.7.-20.7.	20.7.-31.7.91
Dauer [d]	10	10	10	20	30	30	30	30	20	14	14	14	14	14	14	14	14	14	11,08
gezählte Coccospähreneinheiten																			
Gesamt	6.779	17.878	18.079	15.233	9.197	11.942	4.701	4.411	3.355	5.182	2.806	5.278	3.729	7.850	4.425	7.494	6.707	8.234	keine Daten
<i>A. quattrosipina</i>	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,122	0,054	0,000	0,000	0,000	
<i>A. robusta</i>	0,000	0,152	0,011	0,326	0,239	0,054	0,087	0,098	0,065	0,078	0,130	0,054	0,141	0,085	0,011	0,022	0,119	0,109	
<i>C. leptoporus</i>	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,050	0,000	0,050	0,000	0,000	0,050	0,000	
<i>C. caudatus</i>	0,000	0,000	0,167	0,089	0,044	0,044	0,022	0,033	0,022	0,022	0,022	0,000	0,000	0,022	0,000	0,011	0,022	0,011	
<i>C. pelagicus</i>	5,059	8,588	7,941	7,471	8,118	6,176	2,500	1,882	2,000	3,118	1,441	2,706	1,706	2,529	1,118	2,880	1,588	2,235	
<i>C. gracilis</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,129	0,097	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<i>C. hyalinus</i>	0,000	7,184	5,508	4,529	0,327	1,668	0,065	0,506	0,006	0,006	0,013	1,045	0,502	0,135	0,239	2,181	2,065	2,719	
<i>E. huxleyi</i>	1,720	1,880	2,440	2,800	2,320	4,000	1,880	1,720	1,240	1,960	1,200	1,320	1,360	4,640	2,920	2,360	2,760	3,120	
<i>G. muellerue</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,083	0,000	0,000	0,063	0,000	0,063	0,000	
<i>P. lepida</i>	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,000	
<i>P. sagittifera</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<i>S. borealis</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	
<i>S. marginaporata</i>	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<i>S. pulchra</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	
<i>Syrac. spp.</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040	0,020	0,040	0,020	0,020	0,020	0,040	
Coccolithophoridenfluß [Mio. Ind/qm/d]																			
Gesamt	1,0521	1,0238	0,9207	0,5911	0,1404	0,1191	0,0449	0,0421	0,0435	0,0557	0,0287	0,0544	0,0763	0,1491	0,1448	0,1100	0,1829	0,1497	keine Daten
<i>A. quattrosipina</i>	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0024	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	
<i>A. robusta</i>	0,0000	0,0087	0,0006	0,0126	0,0036	0,0005	0,0008	0,0009	0,0008	0,0008	0,0013	0,0006	0,0029	0,0013	0,0004	0,0003	0,0032	0,0020	
<i>C. leptoporus</i>	0,0000	0,0029	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0010	0,0000	0,0000	0,0014	0,0000	
<i>C. caudatus</i>	0,0000	0,0000	0,0096	0,0035	0,0007	0,0004	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0002	0,0008	0,0002	
<i>C. pelagicus</i>	0,7852	0,4918	0,4547	0,2899	0,0934	0,0616	0,0239	0,0180	0,0259	0,0335	0,0147	0,0279	0,0349	0,0493	0,0366	0,0423	0,0433	0,0406	
<i>C. gracilis</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0012	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
<i>C. hyalinus</i>	0,0000	0,4114	0,3154	0,1757	0,0050	0,0166	0,0006	0,0048	0,0001	0,0001	0,0001	0,0108	0,0103	0,0026	0,0078	0,0320	0,0563	0,0494	
<i>E. huxleyi</i>	0,2670	0,1077	0,1397	0,1086	0,0354	0,0399	0,0179	0,0164	0,0161	0,0211	0,0123	0,0136	0,0278	0,0904	0,0955	0,0346	0,0753	0,0567	
<i>G. muellerue</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0020	0,0000	0,0017	0,0000	
<i>P. lepida</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0005	0,0000	
<i>P. sagittifera</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
<i>S. borealis</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
<i>S. marginaporata</i>	0,0000	0,0014	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
<i>S. pulchra</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
<i>Syrac. spp.</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0004	0,0008	0,0007	0,0003	0,0005	0,0007	



**Grönlandsee: OG 5 500m Zählraten**

Topf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18+19	20
Laufzeit	6.8.-20.8.91	20.8.-3.9.	3.9.-17.9.	17.9.-1.10.	1.10.-15.10.	15.10.-14.11.	14.11.-14.12.	14.12.-13.1.92	13.1.-12.2.	12.2.-13.3.92	13.3.-27.3.	27.3.-10.4.	10.4.-24.4.	24.4.-8.5.	8.5.-22.5.	22.5.-5.6.	5.6.-19.6.	19.6.-26.6.	3.7.-10.7.92
Dauer [d]	14	14	14	14	14	30	30	30	30	30	14	14	14	14	14	14	14	14	7
gezählte Coccocosphärenheiten																			
Gesamt	6,303	17,248	3,559	5,288	7,306	6,238	10,608	3,894	3,739	8,142	6,063	4,492	6,260	8,894	7,726	7,405	3,927	7,710	3,461
<i>A. robustus</i>	0,022	0,174	0,033	0,011	0,000	0,000	0,076	0,000	0,000	0,119	0,022	0,000	0,109	0,174	0,000	0,065	0,141	0,183	0,033
<i>C. leptoporus</i>	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050	0,000
<i>C. pelagicus</i>	1,294	1,647	2,353	2,824	4,471	5,118	8,235	3,294	3,059	7,176	4,941	3,412	4,471	5,000	3,941	4,118	1,706	3,708	1,588
<i>C. hyalinus</i>	2,097	12,252	0,013	1,013	0,000	0,000	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,000	0,000	0,013	0,000	0,006	0,000
<i>E. huxleyi</i>	2,840	3,000	1,160	1,440	2,760	1,120	2,240	0,600	0,680	0,800	1,080	1,080	1,680	1,720	3,760	3,120	2,080	3,780	1,840
<i>G. muelleriae</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,063	0,000	0,000	0,000
<i>S. borealis</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,075	0,000	0,025	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,025	0,000
<i>S. mediterranea</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>S. molischii</i>	0,000	0,175	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,000	0,000	0,000
<i>S. pulchra</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Coccolithophoridenfuß [Ind/qm/d]																			
Gesamt	1165734	940100	71096	116368	153393	62069	105552	39608	32638	51265	19133	25253	25395	225925	201224	49792	51962	47782	35429
<i>A. robustus</i>	4069	9484	659	242	0	0	756	0	0	749	69	0	442	4420	0	437	1866	1010	338
<i>C. leptoporus</i>	9247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	310	0
<i>C. pelagicus</i>	239324	89770	47004	62145	93871	50925	81940	33505	26702	45183	15593	19181	18138	127010	102844	27690	22574	22968	18258
<i>C. hyalinus</i>	387838	867794	260	22292	0	0	318	0	0	0	0	0	0	50804	0	87	0	37	0
<i>E. huxleyi</i>	525255	163515	23173	31689	57948	11144	22288	6103	5936	5037	3408	6071	6815	43891	97929	20979	27522	23302	18835
<i>G. muelleriae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	424	0	0	0
<i>S. borealis</i>	0	0	0	0	1575	0	249	0	0	157	0	0	0	0	651	0	0	155	0
<i>S. mediterranea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. molischii</i>	0	9538	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	0	0	0
<i>S. pulchra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Grönlandsee: OG 5 500m**
**Fragmentierungsindex**

Topf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18+19	20
<i>C. pelagicus</i>	68,4	53,8	86,5	79,5	70,8	72,5	66,2	43,2	38,4	38,4	43,1	36,1	38,3	50,0	48,9	68,7	60,7	51,9	84,0
<i>E. huxleyi</i>	59,1	63,1	56,3	41,7	50,0	55,0	50,9	46,2	73,7	42,1	56,5	32,0	32,5	42,1	69,8	84,0	37,2	41,1	60,9
<b>OG 5 1000m</b>																			
Topf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14 + 15 + 18	17	18+19	20		
<i>C. pelagicus</i>	30,6	54,0	52,5	68,3	65,9	64,2	65,7	62,7	50,0	80,8	43,8	47,5	63,8	58,2	35,7	81,5	46,8		
<i>E. huxleyi</i>	67,9	77,8	50,8	49,5	66,1	57,4	61,5	58,0	55,9	75,0	68,4	68,4	62,5	71,3	53,6	81,7	61,2		
<b>OG 5 2300m</b>																			
Topf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	18	17	18+19	20
<i>C. pelagicus</i>	50,0	75,8	74,5	58,2	72,8	71,6	70,1	72,7	70,0	87,4	65,6	80,8	52,4	59,7	75,0	72,0	50,7	64,6	77,3
<i>E. huxleyi</i>	71,8	88,7	91,6	69,9	85,3	85,9	88,2	88,1	84,0	85,3	86,1	82,3	78,4	80,8	79,8	76,2	65,6	83,6	90,8



**Grönlandsee: OG 5 2300m Zählraten**

Topf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18+19	20
Laufzeit	6.8.-20.8.91	20.8.-3.9.	3.9.-17.9.	17.9.-1.10.	1.10.-15.10.	15.10.-14.11.	14.11.-14.12.	14.12.-13.1.92	13.1.-12.2.	12.2.-13.3.92	13.3.-27.3.	27.3.-10.4.	10.4.-24.4.	24.4.-6.5.	6.5.-22.5.	22.5.-5.6.	5.6.-19.6.	19.6.-28.6.	3.7.-10.7.92
Dauer [d]	14	14	14	14	14	30	30	30	30	30	14	14	14	14	14	14	14	14	7
gezählte Coccocosphäreinheiten																			
Gesamt	15,020	8,542	10,783	12,257	12,747	12,808	15,492	14,458	9,897	14,902	20,284	17,344	13,271	14,882	10,073	12,487	18,421	12,284	12,488
<i>A. quattrosipina</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>A. robusta</i>	0,087	0,043	0,087	0,085	0,054	0,033	0,054	0,078	0,022	0,078	0,054	0,085	0,000	0,098	0,000	0,054	0,054	0,087	0,085
<i>C. leptoporus</i>	0,050	0,200	0,050	0,100	0,150	0,050	0,000	0,100	0,000	0,050	0,100	0,000	0,050	0,150	0,000	0,100	0,050	0,100	0,050
<i>C. caudatus</i>	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,011	0,000	0,000	0,011	0,000	0,011	0,000	0,011	0,011	0,000	0,000
<i>C. pelagicus</i>	5,059	2,470	4,176	5,353	4,471	4,708	7,294	7,882	3,882	6,353	11,847	8,588	6,941	8,294	4,353	5,059	9,176	4,471	4,588
<i>C. hyalinus</i>	3,019	1,006	0,039	1,039	1,109	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>E. huxleyi</i>	6,780	4,780	8,400	5,880	8,880	7,880	7,920	8,240	5,720	8,360	8,400	8,880	8,280	8,200	5,720	7,200	9,000	7,800	7,720
<i>G. muelleriae</i>	0,000	0,063	0,000	0,000	0,063	0,125	0,125	0,125	0,083	0,083	0,083	0,000	0,000	0,083	0,000	0,063	0,083	0,000	0,063
<i>S. borealis</i>	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000
<i>S. mediterranea</i>	0,020	0,000	0,020	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000
<i>S. molischii</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,000
<i>S. pulchra</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,044	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,068	0,000	0,000	0,022	0,000	0,000
Coccolithophoridenfluß [Ind/qm/d]																			
Gesamt	812742	1848745	2333838	1326489	1839257	1881440	1043196	1348889	1119418	1505149	1148138	938508	718312	805248	1744181	1930436	684497	1131398	1801598
<i>A. quattrosipina</i>	0	0	0	0	0	1783	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. robusta</i>	4706	9307	18831	7034	7792	4848	3636	7091	2505	7676	3080	3528	0	5303	0	8349	1948	8013	9379
<i>C. leptoporus</i>	2706	43289	10822	10822	21844	7346	0	9331	0	5050	5688	0	2899	8117	0	15480	1804	9210	7215
<i>C. caudatus</i>	0	0	2381	0	0	0	741	0	1281	0	0	595	0	595	0	1701	397	0	0
<i>C. pelagicus</i>	273746	534613	903864	579309	645143	691399	491161	735458	448123	641695	659923	464702	374845	340573	753740	782131	331013	411794	882028
<i>C. hyalinus</i>	163360	217741	8376	112442	160023	0	1279	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. huxleyi</i>	365788	1030267	1385233	614697	992750	1157719	533315	582246	660294	844415	475947	469681	338968	443707	990442	1113134	324684	699985	1113958
<i>G. muelleriae</i>	0	13528	0	0	9018	18365	8417	11664	7215	6313	3541	0	0	3382	0	9663	2255	0	9018
<i>S. borealis</i>	1353	0	0	0	0	0	1683	1026	0	0	0	0	0	0	0	0	902	0	0
<i>S. mediterranea</i>	1082	0	4329	2164	2886	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	721	0	0
<i>S. molischii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2395	0
<i>S. pulchra</i>	0	0	0	0	0	0	2983	2053	0	0	0	0	0	3571	0	0	794	0	0



Norwegensee: NB 6 1000m Zählraten

Topf	1	2	3	4	5	8	7	8	9	10	11	12	13	14	15	18	17	18	19	20
Laufzeit	8.8.-20.8.91	20.8.-3.9.	3.9.-17.9.	17.9.-1.10.	1.10.-15.10.	15.10.-14.11.	14.11.-14.12.	14.12.-13.1.92	13.1.-12.2.	12.2.-13.3.92	13.3.-27.3.	27.3.-10.4.	10.4.-24.4.	24.4.-8.5.	8.5.-22.5.	22.5.-5.6.	5.6.-19.6.	19.6.-28.6.	28.6.-3.7.	3.7.-7.7.92
Dauer [d]	14	14	14	14	14	30	30	30	30	30	14	14	14	14	14	14	14	7	7	4
gezählte Coccoosphärenheiten																				
Gesamt	31,336	26,559	15,905	8,308	12,642	23,595	26,621	22,272	9,384	8,061	8,417	11,472	15,022	8,598	9,009	8,308	7,973	8,485	8,323	14,532
<i>A. quattrosipina</i>	0,085	0,048	0,024	0,012	0,012	0,036	0,037	0,049	0,025	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	1,000	0,000	0,000
<i>A. robusta</i>	4,240	1,852	1,891	0,522	1,913	0,841	1,935	1,793	0,500	0,304	0,522	0,389	0,011	0,130	0,000	0,000	0,085	0,183	0,054	0,293
<i>A. unicornis</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>C. leptoporus</i>	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050
<i>C. caudatus</i>	0,378	0,322	0,233	0,158	0,155	0,278	0,080	0,122	0,111	0,044	0,078	0,022	0,000	0,067	0,011	0,000	0,122	0,258	0,044	0,111
<i>C. pelagicus</i>	3,847	4,000	2,412	1,412	2,000	3,785	4,290	4,235	1,880	1,235	1,529	2,059	3,847	1,118	1,353	0,785	1,708	0,882	1,647	1,823
<i>C. gracilis</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
<i>C. hyalinus</i>	12,113	7,484	2,303	1,129	0,148	3,100	2,032	1,019	0,052	1,071	0,077	1,058	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,258	0,000	1,013
<i>E. huxleyi</i>	10,520	12,780	9,000	4,880	8,200	15,400	18,000	14,720	8,880	5,320	8,000	7,840	11,320	5,200	7,480	7,480	5,580	2,580	8,480	11,000
<i>G. muelleriae</i>	0,000	0,000	0,000	0,063	0,000	0,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,063	0,000	0,000	0,000	0,063	0,063	0,000	0,000	0,083
<i>H. carteri</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>O. hydroideus</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,149
<i>P. lepida</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>P. sagittifera</i>	0,000	0,000	0,000	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000
<i>S. borealis</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,050	0,075	0,025	0,000	0,050	0,025	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>S. corolla</i>	0,018	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>S. marginaporata</i>	0,317	0,171	0,024	0,098	0,049	0,039	0,049	0,146	0,073	0,050	0,049	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,415	0,388	0,098	0,012
<i>S. mediterranea</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>S. molischii</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,000	0,026	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>S. orbiculus</i>	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>S. pulchra</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,067	0,044	0,044	0,022	0,000	0,000	0,044	0,000	0,000	0,022	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>Syrac. spp.</i>	0,018	0,054	0,000	0,000	0,055	0,091	0,000	0,055	0,018	0,000	0,000	0,036	0,018	0,018	0,073	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018
umgel. foss. Arten	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Coccolithophoridenfluß [Mio. Ind./qm/d]																				
Gesamt	23,0541	19,5398	11,7014	1,5280	3,4878	8,2424	18,2795	3,8233	0,6041	0,8919	0,2903	0,5275	1,0381	0,4551	1,9884	2,2920	0,1375	0,2238	0,2870	1,9888
<i>A. quattrosipina</i>	0,0625	0,0353	0,0177	0,0022	0,0033	0,0126	0,0254	0,0084	0,0016	0,0032	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0345	0,0000	0,0000
<i>A. robusta</i>	3,1194	1,2154	1,3912	0,0960	0,5278	0,2239	1,3287	0,3078	0,0322	0,0261	0,0180	0,0170	0,0008	0,0090	0,0000	0,0000	0,0011	0,0058	0,0019	0,0401
<i>A. unicornis</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0124	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>C. leptoporus</i>	0,0000	0,0388	0,0000	0,0000	0,0000	0,0175	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0110	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0088
<i>C. caudatus</i>	0,2781	0,2389	0,1714	0,0287	0,0428	0,0971	0,0549	0,0209	0,0071	0,0038	0,0027	0,0010	0,0000	0,0046	0,0024	0,0000	0,0021	0,0088	0,0015	0,0152
<i>C. pelagicus</i>	2,6831	2,9428	1,7745	0,2597	0,5518	1,3152	2,9458	0,7270	0,1210	0,1080	0,0527	0,0947	0,2515	0,0771	0,2988	0,2111	0,0294	0,0304	0,0588	0,2495
<i>C. gracilis</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0345	0,0000	0,0000
<i>C. hyalinus</i>	8,9116	5,5080	1,6943	0,2077	0,0408	1,0829	1,3953	0,1749	0,0033	0,0919	0,0027	0,0486	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089	0,0000	0,1388
<i>E. huxleyi</i>	7,7396	9,3876	6,6213	0,8976	2,2623	5,3797	12,3599	2,5289	0,4300	0,4586	0,2089	0,3605	0,7808	0,3587	1,8509	2,0837	0,0959	0,0883	0,2235	1,5053
<i>G. muelleriae</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0115	0,0000	0,0437	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0029	0,0000	0,0000	0,0000	0,0172	0,0011	0,0000	0,0000	0,0088
<i>H. carteri</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>O. hydroideus</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0103	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0204
<i>P. lepida</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0000	0,0124	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>P. sagittifera</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0066	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000
<i>S. borealis</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0069	0,0000	0,0343	0,0129	0,0016	0,0000	0,0017	0,0011	0,0000	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>S. corolla</i>	0,0132	0,0000	0,0132	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0062	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>S. marginaporata</i>	0,2332	0,1258	0,0177	0,0180	0,0135	0,0136	0,0336	0,0251	0,0047	0,0043	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0072	0,0126	0,0034	0,0018
<i>S. mediterranea</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0137	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0044	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>S. molischii</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0091	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>S. orbiculus</i>	0,0000	0,0132	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>S. pulchra</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0185	0,0154	0,0302	0,0038	0,0000	0,0000	0,0015	0,0000	0,0000	0,0015	0,0049	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>Syrac. spp.</i>	0,0132	0,03																		

**Norwegensee: NB 6 3000m Zählraten**

Topf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Laufzeit	8.8.-20.8.91	20.8.-3.9.	3.9.-17.9.	17.9.-1.10.	1.10.-15.10.	15.10.-14.11.	14.11.-14.12.	14.12.-13.1.92	13.1.-12.2.	12.2.-13.3.92	13.3.-27.3.	27.3.-10.4.	10.4.-24.4.	24.4.-8.5.	8.5.-22.5.	22.5.-5.6.	5.6.-19.6.	19.6.-26.6.	26.6.-3.7.	3.7.-7.7.92
Dauer [d]	14	14	14	14	14	30	30	30	30	30	14	14	14	14	14	14	14	7	7	4
gezählte Coccosphäreneinheiten																				
Gesamt	20,359	22,583	21,816	11,338	17,339	17,343	12,708	23,879	18,882	19,269	13,755	22,640	27,016	19,857	13,540	25,084	22,957	32,387	13,108	18,587
<i>A. quattrosipina</i>	0,146	0,000	0,012	0,000	0,024	0,024	0,000	0,000	0,024	0,012	0,012	0,000	0,024	0,000	0,024	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024
<i>A. robusta</i>	0,283	1,522	0,389	0,011	0,348	0,315	0,109	0,000	0,326	0,369	0,174	1,174	0,152	0,078	0,250	0,078	0,228	0,141	0,021	0,119
<i>C. leptoporus</i>	0,050	0,100	0,000	0,050	0,050	0,000	0,050	0,100	0,100	0,050	0,050	0,000	0,150	0,050	0,050	0,100	0,150	0,550	0,000	0,050
<i>C. caudatus</i>	0,000	0,044	0,100	0,000	0,022	0,022	0,000	0,000	0,044	0,022	0,000	0,000	0,044	0,000	0,078	0,011	0,022	0,044	0,000	0,022
<i>C. pelagicus</i>	4,118	4,353	6,176	3,294	5,412	5,588	2,353	8,294	3,588	5,235	4,294	7,235	7,588	5,708	3,178	8,353	4,785	8,529	2,882	3,823
<i>C. hyalinus</i>	8,008	4,013	3,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,019	0,000	1,000	0,000	0,000
<i>E. huxleyi</i>	9,440	12,320	11,840	7,920	11,280	11,280	9,920	15,200	12,760	13,280	9,200	14,120	18,800	14,000	9,920	15,380	17,720	21,840	10,000	12,200
<i>G. muelleriae</i>	0,000	0,125	0,063	0,063	0,063	0,063	0,188	0,083	0,000	0,188	0,000	0,063	0,188	0,000	0,000	0,125	0,000	0,125	0,083	0,083
<i>O. hydroideus</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,134
<i>P. sagittifera</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>S. borealis</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,025	0,000	0,050	0,025	0,000	0,000	0,000	0,050	0,025	0,000
<i>S. marginaporata</i>	0,195	0,024	0,024	0,000	0,122	0,000	0,049	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,073	0,048
<i>S. mediterranea</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040	0,000	0,000	0,020	0,000	0,020	0,020	0,000	0,020	0,020	0,000	0,000	0,020	0,040
<i>S. molischii</i>	0,077	0,000	0,028	0,000	0,000	0,051	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,028	0,000	0,000
<i>S. protrudens</i>	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000
<i>S. pulchra</i>	0,044	0,044	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,040	0,044	0,000	0,022	0,000	0,000	0,022	0,000	0,022	0,044	0,022	0,044
Coccolithophoridenfluß [Mio. Ind/qm/d]																				
Gesamt	47,8741	37,1398	44,4752	37,3241	14,2700	22,2029	24,4047	15,1573	21,6133	18,5015	58,6034	23,2910	55,5880	29,1835	11,1437	55,0087	37,7883	35,5184	28,0159	15,9071
<i>A. quattrosipina</i>	0,3433	0,0000	0,0247	0,0000	0,0198	0,0307	0,0000	0,0000	0,0307	0,0115	0,0494	0,0000	0,0494	0,0000	0,0198	0,0000	0,0395	0,0000	0,0000	0,0230
<i>A. robusta</i>	0,6655	2,5053	0,7592	0,0362	0,2864	0,4033	0,2087	0,0000	0,4174	0,3543	0,7160	1,2078	0,3127	0,1117	0,2058	0,1888	0,3753	0,1547	0,0449	0,1143
<i>C. leptoporus</i>	0,1176	0,1848	0,0000	0,1646	0,0412	0,0000	0,0960	0,0840	0,1280	0,0480	0,2058	0,0000	0,3086	0,0735	0,0412	0,2195	0,2489	0,8038	0,0000	0,0480
<i>C. caudatus</i>	0,0000	0,0724	0,2058	0,0000	0,0181	0,0282	0,0000	0,0000	0,0563	0,0211	0,0000	0,0000	0,0905	0,0000	0,0642	0,0241	0,0382	0,0483	0,0000	0,0211
<i>C. pelagicus</i>	9,6835	7,1652	12,7075	10,8442	4,4542	7,1541	4,5187	5,3092	4,5936	5,0266	17,6703	7,4432	15,6128	8,3860	2,6139	18,3328	7,8434	9,3594	8,1809	3,8708
<i>C. hyalinus</i>	14,1231	8,6058	8,1850	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0082	0,0000	0,0000	0,0000	0,0417	0,0000	1,0974	0,0000	0,0000
<i>E. huxleyi</i>	22,1981	20,2793	24,3615	26,0734	9,2837	14,4413	19,0502	9,7300	16,3361	12,7514	37,8591	14,5264	38,8821	20,5756	8,1644	33,7110	29,1879	23,9884	21,3772	11,7144
<i>G. muelleriae</i>	0,0000	0,2058	0,1288	0,2058	0,0514	0,0800	0,3601	0,0400	0,0000	0,1800	0,0000	0,0643	0,3858	0,0000	0,0000	0,2743	0,0000	0,1372	0,1338	0,0800
<i>O. hydroideus</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1287
<i>P. sagittifera</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,1947	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>S. borealis</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0240	0,1029	0,0000	0,1029	0,0367	0,0000	0,0000	0,0000	0,0549	0,0534	0,0000
<i>S. marginaporata</i>	0,4585	0,0395	0,0494	0,0000	0,1004	0,0000	0,0941	0,0000	0,0000	0,0230	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1581	0,0481
<i>S. mediterranea</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0768	0,0000	0,0000	0,0192	0,0000	0,0206	0,0412	0,0000	0,0185	0,0439	0,0000	0,0000	0,0428	0,0384
<i>S. molischii</i>	0,1811	0,0000	0,0535	0,0000	0,0000	0,0853	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0428	0,0285	0,0000	0,0000
<i>S. protrudens</i>	0,0000	0,0296	0,0000	0,0000	0,0146	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0198	0,0000	0,0000
<i>S. pulchra</i>	0,1035	0,0724	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0141	0,0512	0,0422	0,0000	0,0228	0,0000	0,0000	0,0181	0,0000	0,0362	0,0483	0,0470	0,0422



### Grönlandsee: 23400 - 3 Zählraten

		gezählte Coccospäreinheiten					
Teufe [cm]	Alter [J.v.h.]	gesamt	<i>C. pelagicus</i>	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. muelleriae</i>	<i>C. leptoporus</i>	<i>S. pulchra</i>
0,50	529	10,421	7,314	3,029	0,013	0,060	0,005
2,00	852	9,791	6,471	3,320	0,000	0,000	0,000
4,50	1389	7,426	4,823	2,440	0,063	0,100	0,000
7,00	2165	6,758	4,765	1,880	0,063	0,050	0,000
12,00	3685	6,695	5,235	1,160	0,250	0,050	0,000
14,50	4430	5,552	4,059	1,080	0,313	0,100	0,044
19,50	5921	5,241	3,706	1,360	0,125	0,050	0,000
22,00	6666	9,942	7,647	2,120	0,125	0,050	0,000
24,50	7458	9,320	7,765	1,080	0,375	0,100	0,000
26,50	8092	13,543	12,588	0,480	0,375	0,100	0,000
29,50	9043	2,907	2,059	0,560	0,188	0,100	0,000
32,00	9835	0,059	0,059	0,000	0,000	0,000	0,000
39,50	12212	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		absolute Häufigkeiten [Mio. Ind./g Sed.]					
0,50	529	63,501	44,553	18,451	0,081	0,387	0,028
2,00	852	59,784	39,512	20,272	0,000	0,000	0,000
4,50	1389	43,705	28,387	14,361	0,368	0,589	0,000
7,00	2165	45,033	31,755	12,529	0,417	0,333	0,000
12,00	3685	30,679	23,989	5,316	1,146	0,229	0,000
14,50	4430	27,122	19,675	5,235	1,515	0,485	0,213
19,50	5921	40,392	28,562	10,481	0,963	0,385	0,000
22,00	6666	36,334	27,947	7,748	0,457	0,183	0,000
24,50	7458	38,804	32,330	4,497	1,561	0,416	0,000
26,50	8092	84,332	78,385	2,989	2,335	0,623	0,000
29,50	9043	8,076	5,721	1,556	0,521	0,278	0,000
32,00	9835	0,141	0,141	0,000	0,000	0,000	0,000
39,50	12212	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		relative Anteile in %					
0,50	529		70,16	29,06	0,13	0,61	0,04
2,00	852		66,09	33,91	0,00	0,00	0,00
4,50	1389		64,95	32,86	0,84	1,35	0,00
7,00	2165		70,51	27,82	0,92	0,74	0,00
12,00	3685		78,19	17,33	3,73	0,75	0,00
14,50	4430		72,54	19,30	5,58	1,79	0,79
19,50	5921		70,71	25,95	2,39	0,95	0,00
22,00	6666		76,92	21,32	1,26	0,50	0,00
24,50	7458		83,32	11,59	4,02	1,07	0,00
26,50	8092		92,95	3,54	2,77	0,74	0,00
29,50	9043		70,84	19,27	6,45	3,44	0,00
32,00	9835		100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39,50	12212		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Akkumulationsraten [Mio. Ind./qcm/ky]					
0,50	529	135,891	95,341	39,490	0,177	0,829	0,054
2,00	852	131,525	86,925	44,600	0,000	0,000	0,000
4,50	1389	96,150	62,450	31,595	0,808	1,298	0,000
7,00	2165	104,928	73,984	29,191	0,965	0,776	0,000
12,00	3685	72,403	56,612	12,547	2,701	0,543	0,000
14,50	4430	64,008	46,432	12,354	3,572	1,146	0,506
19,50	5921	96,133	67,976	24,946	2,298	0,913	0,000
22,00	6666	88,655	68,193	18,901	1,117	0,443	0,000
24,50	7458	94,682	78,889	10,974	3,806	1,013	0,000
26,50	8092	196,494	182,641	6,956	5,443	1,454	0,000
29,50	9043	18,817	13,330	3,626	1,214	0,647	0,000
32,00	9835	0,334	0,334	0,000	0,000	0,000	0,000
39,50	12212	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

### Lofotenbecken: 23424 - 3 Zählraten

		gezählte Coccosphärenheiten						
Teufe [cm]	Alter [J.v.h.]	gesamt	<i>C. pelagicus</i>	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. mueller.</i>	<i>C. leptopor.</i>	<i>S. pulchra</i>	Umgelag.
0,50	0	18,714	6,027	12,549	0,054	0,075	0,009	0,000
2,00	283	15,918	6,118	9,440	0,188	0,150	0,022	0,000
6,00	917	15,870	6,235	9,200	0,063	0,350	0,022	0,000
9,00	1508	14,738	3,824	10,040	0,063	0,700	0,111	0,000
12,00	1874	14,727	4,353	9,880	0,000	0,450	0,044	0,000
15,00	2240	12,648	5,706	6,320	0,000	0,600	0,022	0,000
18,00		9,581	4,529	4,880	0,000	0,150	0,022	0,000
21,00		10,641	5,235	5,160	0,063	0,150	0,000	0,033
24,00		5,330	3,765	1,160	0,188	0,050	0,000	0,167
27,00		1,605	1,235	0,120	0,000	0,050	0,000	0,200
		absolute Häufigkeiten [Mio. Ind./g Sed.]						
0,50	0	215,299	69,339	144,372	0,617	0,863	0,109	0,000
2,00	283	174,566	67,095	103,528	2,056	1,645	0,241	0,000
6,00	417	261,059	102,568	151,343	1,028	5,758	0,362	0,000
9,00	917	178,610	46,345	121,679	0,757	8,484	1,345	0,000
12,00	1508	230,780	68,214	154,825	0,000	7,052	0,690	0,000
15,00	1874	120,466	54,347	60,195	0,000	5,715	0,210	0,000
18,00	2240	78,477	37,097	39,972	0,000	1,229	0,180	0,000
21,00		59,047	29,051	28,634	0,347	0,832	0,000	0,183
24,00		16,847	11,901	3,667	0,593	0,158	0,000	0,528
27,00		3,480	2,678	0,260	0,000	0,108	0,000	0,434
		relative Anteile in %						
0,50	0		32,21	67,06	0,29	0,40	0,05	0,00
2,00	283		38,44	59,31	1,18	0,94	0,14	0,00
6,00	417		39,29	57,97	0,39	2,21	0,14	0,00
9,00	917		25,95	68,13	0,42	4,75	0,75	0,00
12,00	1508		29,56	67,09	0,00	3,06	0,30	0,00
15,00	1874		45,11	49,97	0,00	4,74	0,17	0,00
18,00	2240		47,27	50,93	0,00	1,57	0,23	0,00
21,00			49,20	48,49	0,59	1,41	0,00	0,31
24,00			70,64	21,77	3,52	0,94	0,00	3,13
27,00			76,95	7,48	0,00	3,12	0,00	12,46
		Akkumulationsraten [Mio. Ind./qcm/ky]						
0,50	0	206,657	430,251	1,861	2,566	0,321	0,000	0,000
2,00	283	202,651	312,675	6,221	4,956	0,738	0,000	0,000
6,00	417	292,325	431,307	2,902	16,443	1,042	0,000	0,000
9,00	917	132,095	346,807	2,138	24,179	3,818	0,000	0,000
12,00	1508	313,123	710,670	0,000	32,414	3,178	0,000	0,000
15,00	1874	231,498	256,439	0,000	24,325	0,872	0,000	0,000
18,00	2240	162,852	175,461	0,000	5,409	0,792	0,000	0,000
21,00								
24,00								
27,00								

### Rockall-Plateau: 23414 - 6/7/9

		Akkumulationsraten [Mio. Ind./qcm/ky]								
Teufe [cm]	Alter [J.v.h.]	gesamt	<i>C. pelagicus</i>	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. mueller.</i>	<i>C. leptopor.</i>	<i>S. pulchra</i>	<i>O. fragilis</i>	Übrige	Umgelag.
0,50	2273	3312,755	126,216	2538,896	312,724	244,150	52,878	21,533	14,880	3,975
4,50	3146	3515,236	54,486	2920,107	221,108	246,067	37,613	12,303	24,020	0,000
10,25	4400	4482,620	57,378	3491,513	428,090	424,056	32,723	16,137	32,078	0,000
15,25	5491	4223,074	18,159	3236,564	595,031	299,416	47,721	21,538	4,913	0,000
20,25	6581	4231,686	30,891	2820,842	975,827	324,147	55,858	21,158	2,910	0,000
25,25	7673	5120,255	22,017	3131,036	1523,276	359,954	36,866	14,849	32,494	0,000
30,25	8764	3746,406	14,986	1788,534	1676,891	172,335	53,948	16,110	23,635	0,000
32,50	9255	4886,701	14,771	2461,814	2230,404	98,473	44,313	4,924	32,005	0,000
34,00	9582	2247,999	10,513	1156,414	986,456	61,325	22,778	0,000	10,512	0,000
35,25	9930	1525,573	9,459	737,767	678,270	72,160	19,070	2,136	6,721	0,000
38,00	11360	1518,383	5,466	900,705	534,167	59,672	12,299	3,644	2,390	0,000
41,00	12776	938,931	0,000	624,953	287,782	12,957	4,601	0,000	5,225	3,380
44,50	14092	928,511	0,000	607,896	280,875	14,763	16,992	2,321	5,559	0,000
48,00	15408	639,578	3,134	399,161	206,776	21,362	4,733	0,000	4,376	0,000
51,00	16536	485,209	0,000	352,116	116,935	11,014	2,426	1,116	0,000	1,650
54,50	17420	763,539	0,000	574,410	163,626	7,941	5,345	0,000	6,960	5,268
58,00	17980	312,689	0,000	250,339	62,350	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
61,00	18645	219,788	0,000	159,456	58,749	0,000	0,835	0,000	0,752	0,000
64,50	19851	251,377	0,000	161,509	89,063	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
68,00	21057	212,465	0,000	127,096	79,441	1,763	0,382	0,000	2,612	1,169
71,00	22091	240,714	0,000	173,796	60,347	2,407	0,530	0,000	2,027	1,589
74,50	23297	230,621	0,000	165,747	61,483	1,499	0,646	0,000	1,242	0,000
84,50	26743	82,198	0,000	63,498	15,544	0,953	0,000	0,000	0,000	0,633
94,50	30089	443,590	3,504	359,219	66,893	2,972	3,904	0,000	3,904	1,952

# Rockall-Plateau: 23414 - 6/7/9 Zählraten

gezählte Coccospähreneinheiten

Teufe [cm]	Alter [J.v.h.]	gesamt	<i>C. pelagicus</i>	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. mueller.</i>	<i>C. leptopor.</i>	<i>S. pulchra</i>	<i>O. fragilis</i>	<i>S. mediter.</i>	<i>S. molisch.</i>
0,50	2273	27,817	1,059	21,320	2,625	2,050	0,444	0,180	0,080	0,026
4,50	3146	22,872	0,354	19,000	1,438	1,600	0,244	0,080	0,000	0,051
10,25	4400	27,475	0,353	21,400	2,625	2,600	0,200	0,100	0,000	0,026
15,25	5491	27,506	0,118	21,080	3,875	1,950	0,311	0,140	0,000	0,000
20,25	6581	31,984	0,235	21,320	7,375	2,450	0,422	0,160	0,000	0,000
25,25	7673	27,734	0,118	16,960	8,250	1,950	0,200	0,080	0,020	0,000
30,25	8764	29,325	0,118	14,000	13,125	1,350	0,422	0,125	0,080	0,000
32,50	9255	19,850	0,060	10,000	9,060	0,400	0,180	0,020	0,020	0,030
34,00	9582	12,830	0,060	6,600	5,630	0,350	0,130	0,000	0,000	0,000
35,25	9930	28,535	0,176	13,800	12,688	1,350	0,356	0,040	0,040	0,000
38,00	11360	16,521	0,059	9,800	5,813	0,650	0,133	0,040	0,000	0,026
41,00	12776	18,149	0,000	12,080	5,563	0,250	0,089	0,000	0,040	0,000
44,50	14092	15,702	0,000	10,280	4,750	0,250	0,288	0,040	0,060	0,000
48,00	15408	11,985	0,059	7,480	3,875	0,400	0,089	0,000	0,020	0,000
51,00	16536	8,819	0,000	6,400	2,125	0,200	0,044	0,020	0,000	0,000
54,50	17420	9,623	0,000	7,240	2,063	0,100	0,067	0,000	0,000	0,000
58,00	17980	3,448	0,000	2,760	0,688	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
61,00	18645	5,845	0,000	4,240	1,563	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000
64,50	19851	6,350	0,000	4,080	2,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
68,00	21057	6,018	0,000	3,600	2,250	0,050	0,011	0,000	0,000	0,000
71,00	22091	4,986	0,000	3,600	1,250	0,050	0,011	0,000	0,000	0,000
74,50	23297	7,736	0,000	5,560	2,063	0,050	0,022	0,000	0,000	0,000
84,50	26743	4,298	0,000	3,320	0,813	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000
94,50	30089	7,459	0,059	6,040	1,125	0,050	0,066	0,000	0,020	0,000
absolute Häufigkeiten [Mio. Ind./ g Sed.]										
0,50	2273	1079,073	41,081	827,043	101,829	79,523	17,224	6,983	3,103	1,009
4,50	3146	1145,028	17,722	951,195	71,965	80,101	12,215	4,005	0,000	2,553
10,25	4400	1350,187	17,348	1051,662	129,001	127,772	9,829	4,914	0,000	1,258
15,25	5491	1287,523	5,523	986,729	181,384	91,277	14,558	6,553	0,000	0,000
20,25	6581	1230,141	9,038	819,992	283,651	94,230	16,231	6,154	0,000	0,000
25,25	7673	1450,497	6,171	887,014	431,478	101,986	10,460	4,184	1,046	0,000
30,25	8764	1135,275	4,568	541,990	508,115	52,263	16,337	4,839	3,097	0,000
32,50	9255	1441,505	4,357	726,199	657,936	29,048	13,072	1,452	1,452	2,179
34,00	9582	928,925	4,344	477,857	407,627	25,341	9,412	0,000	0,000	0,000
35,25	9930	1052,119	6,489	508,819	467,800	49,776	13,126	1,475	1,475	0,000
38,00	11360	867,648	3,099	514,691	305,269	34,138	6,985	2,101	0,000	1,366
41,00	12776	447,110	0,000	297,605	137,039	6,159	2,193	0,000	0,985	0,000
44,50	14092	383,682	0,000	251,194	116,067	6,109	7,037	0,977	1,466	0,000
48,00	15408	274,497	1,351	171,317	88,751	9,161	2,038	0,000	0,458	0,000
51,00	16536	121,302	0,000	88,030	29,229	2,751	0,605	0,275	0,000	0,000
54,50	17420	142,186	0,000	106,973	30,474	1,478	0,990	0,000	0,000	0,000
58,00	17980	60,953	0,000	48,798	12,155	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
61,00	18645	103,187	0,000	74,859	27,587	0,000	0,388	0,000	0,000	0,000
64,50	19851	113,233	0,000	72,754	40,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
68,00	21057	96,138	0,000	57,509	35,943	0,799	0,177	0,000	0,000	0,000
71,00	22091	107,462	0,000	77,588	26,940	1,078	0,239	0,000	0,000	0,000
74,50	23297	103,417	0,000	74,326	27,571	0,668	0,294	0,000	0,000	0,000
84,50	26743	26,950	0,000	20,820	5,095	0,314	0,000	0,000	0,000	0,000
94,50	30089	87,321	0,691	70,709	13,170	0,585	0,773	0,000	0,234	0,000
relative Anteile in %										
0,50	2273		3,81	76,64	9,44	7,37	1,60	0,65	0,29	0,09
4,50	3146		1,55	83,07	6,29	7,00	1,07	0,35	0,00	0,22
10,25	4400		1,28	77,89	9,55	9,46	0,73	0,36	0,00	0,09
15,25	5491		0,43	76,64	14,09	7,09	1,13	0,51	0,00	0,00
20,25	6581		0,73	66,66	23,06	7,66	1,32	0,50	0,00	0,00
25,25	7673		0,43	61,15	29,75	7,03	0,72	0,29	0,07	0,00
30,25	8764		0,40	47,74	44,76	4,60	1,44	0,43	0,27	0,00
32,50	9255		0,30	50,38	45,64	2,02	0,91	0,10	0,10	0,15
34,00	9582		0,47	51,44	43,88	2,73	1,01	0,00	0,00	0,00
35,25	9930		0,62	48,36	44,46	4,73	1,25	0,14	0,14	0,00
38,00	11360		0,36	59,32	35,18	3,93	0,81	0,24	0,00	0,16
41,00	12776		0,00	66,56	30,65	1,38	0,49	0,00	0,22	0,00
44,50	14092		0,00	65,47	30,25	1,59	1,83	0,25	0,38	0,00
48,00	15408		0,49	62,41	32,33	3,34	0,74	0,00	0,17	0,00
51,00	16536		0,00	72,57	24,10	2,27	0,50	0,23	0,00	0,00
54,50	17420		0,00	75,23	21,43	1,04	0,70	0,00	0,00	0,00
58,00	17980		0,00	80,06	19,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
61,00	18645		0,00	72,55	26,73	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00
64,50	19851		0,00	64,25	35,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
68,00	21057		0,00	59,82	37,39	0,83	0,18	0,00	0,00	0,00
71,00	22091		0,00	72,20	25,07	1,00	0,22	0,00	0,00	0,00
74,50	23297		0,00	71,87	26,66	0,65	0,28	0,00	0,00	0,00
84,50	26743		0,00	77,25	18,91	1,16	0,00	0,00	0,00	0,00
94,50	30089		0,79	80,98	15,08	0,67	0,88	0,00	0,27	0,00

## Rockall-Plateau: 23414 - 6/7/9 (Fortsetzung Zähldaten)

gezählte Coccospähreneinheiten										
Teufe [cm]	Alter [J.v.h.]	<i>Syrac. spp.</i>	<i>A. quatro.</i>	<i>H. carteri</i>	<i>U. sibogae</i>	<i>U. tenuis</i>	<i>R. claviger</i>	Umgelagerte	Unbest.	
0,50	2273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,000	
4,50	3146	0,022	0,000	0,083	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
10,25	4400	0,089	0,000	0,042	0,020	0,000	0,000	0,000	0,020	
15,25	5491	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	
20,25	6581	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,000	0,000	
25,25	7673	0,020	0,012	0,042	0,000	0,000	0,022	0,000	0,060	
30,25	8764	0,000	0,000	0,083	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	
32,50	9255	0,040	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
34,00	9582	0,020	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
35,25	9930	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,022	0,000	0,022	
38,00	11360	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
41,00	12776	0,025	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,066	0,000	
44,50	14092	0,022	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
48,00	15408	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	
51,00	16536	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,000	
54,50	17420	0,022	0,024	0,042	0,000	0,000	0,000	0,066	0,000	
58,00	17980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
61,00	18645	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	
64,50	19851	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	
68,00	21057	0,000	0,012	0,042	0,000	0,000	0,000	0,033	0,020	
71,00	22091	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,033	0,000	
74,50	23297	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
84,50	26743	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,033	0,040	
94,50	30089	0,020	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,010	
absolute Häufigkeiten [Mio. Ind./g Sed.]										
0,50	2273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,280	0,000	
4,50	3146	1,101	0,000	4,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
10,25	4400	4,374	0,000	2,064	0,983	0,000	0,000	0,000	0,983	
15,25	5491	0,000	0,562	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,936	
20,25	6581	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,846	0,000	0,000	
25,25	7673	1,046	0,628	2,197	0,000	0,000	1,151	0,000	3,138	
30,25	8764	0,000	0,000	3,213	0,000	0,852	0,000	0,000	0,000	
32,50	9255	2,905	0,000	2,905	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
34,00	9582	1,448	0,000	2,896	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
35,25	9930	0,000	0,000	1,538	0,000	0,000	0,811	0,000	0,811	
38,00	11360	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
41,00	12776	0,616	0,887	0,000	0,000	0,000	0,000	1,626	0,000	
44,50	14092	0,538	0,293	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
48,00	15408	0,000	0,000	0,962	0,000	0,000	0,000	0,000	0,458	
51,00	16536	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,413	0,000	
54,50	17420	0,325	0,355	0,616	0,000	0,000	0,000	0,975	0,000	
58,00	17980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
61,00	18645	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,353	
64,50	19851	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,357	
68,00	21057	0,000	0,192	0,671	0,000	0,000	0,000	0,527	0,319	
71,00	22091	0,000	0,000	0,905	0,000	0,000	0,000	0,711	0,000	
74,50	23297	0,000	0,000	0,557	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
84,50	26743	0,000	0,000	0,263	0,000	0,000	0,000	0,207	0,251	
94,50	30089	0,234	0,421	0,000	0,000	0,000	0,000	0,386	0,117	
relative Anteile in %										
0,50	2273	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	
4,50	3146	0,10	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
10,25	4400	0,32	0,00	0,15	0,07	0,00	0,00	0,00	0,07	
15,25	5491	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	
20,25	6581	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	
25,25	7673	0,07	0,04	0,15	0,00	0,00	0,08	0,00	0,22	
30,25	8764	0,00	0,00	0,28	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	
32,50	9255	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
34,00	9582	0,16	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
35,25	9930	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,08	0,00	0,08	
38,00	11360	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
41,00	12776	0,14	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	
44,50	14092	0,14	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
48,00	15408	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	
51,00	16536	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	
54,50	17420	0,23	0,25	0,43	0,00	0,00	0,00	0,69	0,00	
58,00	17980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
61,00	18645	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	
64,50	19851	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	
68,00	21057	0,00	0,20	0,70	0,00	0,00	0,00	0,55	0,33	
71,00	22091	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	
74,50	23297	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
84,50	26743	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,77	0,93	
94,50	30089	0,27	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,13	

## Aegir-Rücken: 23411 - 5 Zähldaten

gezählte Coccospähreneinheiten

Tiefe [cm]	Alter [J.v.h.]	gesamt	<i>C. pelagicus</i>	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. muelleriae</i>	<i>C. leptoporus</i>	<i>S. pulchra</i>	<i>H. carteri</i>
0,50	1733	19,833	6,118	13,480	0,063	0,150	0,022	0,000
2,00	2083	14,328	4,471	9,560	0,125	0,150	0,022	0,000
3,75	2490	26,849	9,235	17,400	0,000	0,150	0,022	0,042
6,50	3131	18,606	6,059	12,200	0,125	0,200	0,022	0,000
8,75	3655	15,064	3,000	11,720	0,250	0,050	0,044	0,000
11,50	4296	17,196	4,706	12,080	0,188	0,200	0,022	0,000
13,75	5069	16,091	5,882	10,000	0,188	0,015	0,006	0,000
16,50	6014	15,531	7,176	7,920	0,313	0,100	0,022	0,000
18,75	6787	11,581	5,176	5,880	0,375	0,150	0,000	0,000
21,50	7732	8,739	6,059	2,360	0,250	0,050	0,020	0,000
23,75	8794	17,062	12,647	2,880	1,313	0,200	0,022	0,000
25,00	9383	11,855	9,410	1,720	0,625	0,100	0,000	0,000
26,50	10091	11,036	8,176	2,200	0,438	0,200	0,022	0,000
28,75	11153	8,736	5,529	2,400	0,563	0,200	0,044	0,000
31,50	12450	4,710	4,294	0,400	0,016	0,000	0,000	0,000
33,75	13512	0,697	0,412	0,160	0,125	0,000	0,000	0,000
36,50	14809	1,056	0,588	0,280	0,188	0,000	0,000	0,000

absolute Häufigkeiten [Mio. Ind./g Sed.]

0,50	1733	285,685	88,129	194,178	0,900	2,161	0,317	0,000
2,00	2083	332,673	103,809	221,968	2,902	3,483	0,511	0,000
3,75	2490	395,979	136,201	256,622	0,000	2,212	0,324	0,619
6,50	3131	286,992	93,458	188,181	1,928	3,085	0,339	0,000
8,75	3655	372,071	74,098	289,477	6,175	1,235	1,087	0,000
11,50	4296	338,271	92,577	237,638	3,689	3,934	0,433	0,000
13,75	5069	194,241	71,006	120,718	2,263	0,181	0,072	0,000
16,50	6014	301,916	139,503	153,966	6,075	1,944	0,428	0,000
18,75	6787	256,092	114,457	130,025	8,292	3,317	0,000	0,000
21,50	7732	136,029	94,313	36,735	3,891	0,778	0,311	0,000
23,75	8794	190,420	141,150	32,143	14,649	2,232	0,246	0,000
25,00	9383	126,692	100,563	18,381	6,679	1,069	0,000	0,000
26,50	10091	41,897	31,041	8,353	1,661	0,759	0,084	0,000
28,75	11153	40,823	25,838	11,216	2,629	0,935	0,206	0,000
31,50	12450	8,475	7,727	0,720	0,028	0,000	0,000	0,000
33,75	13512	4,097	2,422	0,940	0,735	0,000	0,000	0,000
36,50	14809	2,208	1,230	0,586	0,392	0,000	0,000	0,000

relative Anteile in %

0,50	1733		30,85	67,97	0,32	0,76	0,11	0,00
2,00	2083		31,20	66,72	0,87	1,05	0,15	0,00
3,75	2490		34,40	64,81	0,00	0,56	0,08	0,16
6,50	3131		32,56	65,57	0,67	1,07	0,12	0,00
8,75	3655		19,92	77,80	1,66	0,33	0,29	0,00
11,50	4296		27,37	70,25	1,09	1,16	0,13	0,00
13,75	5069		36,56	62,15	1,17	0,09	0,04	0,00
16,50	6014		46,21	51,00	2,01	0,64	0,14	0,00
18,75	6787		44,69	50,77	3,24	1,30	0,00	0,00
21,50	7732		69,33	27,01	2,86	0,57	0,23	0,00
23,75	8794		74,13	16,88	7,69	1,17	0,13	0,00
25,00	9383		79,38	14,51	5,27	0,84	0,00	0,00
26,50	10091		74,09	19,94	3,96	1,81	0,20	0,00
28,75	11153		63,29	27,47	6,44	2,29	0,50	0,00
31,50	12450		91,18	8,49	0,33	0,00	0,00	0,00
33,75	13512		59,11	22,96	17,93	0,00	0,00	0,00
36,50	14809		55,71	26,53	17,76	0,00	0,00	0,00

Akkumulationsraten [Mio. Ind./qcm/ky]

0,50	1733	477,358	147,169	324,269	1,480	3,628	0,525	0,000
2,00	2083	735,208	229,385	490,530	6,396	7,720	1,103	0,000
3,75	2490	875,114	301,039	567,161	0,000	4,901	0,700	0,877
6,50	3131	783,487	255,103	513,733	5,249	8,383	0,940	0,000
8,75	3655	1015,754	202,338	790,257	16,862	3,352	2,946	0,000
11,50	4296	754,344	206,464	529,927	8,222	8,750	0,981	0,000
13,75	5069	433,157	158,362	269,207	5,068	0,390	0,173	0,000
16,50	6014	555,525	256,708	283,318	11,166	3,555	0,778	0,000
18,75	6787	471,209	210,583	239,233	15,267	6,126	0,000	0,000
21,50	7732	210,846	146,179	56,949	6,030	1,202	0,485	0,000
23,75	8794	295,150	218,795	49,821	22,697	3,453	0,384	0,000
25,00	9383	196,373	155,873	28,491	10,353	1,656	0,000	0,000
26,50	10091	61,170	45,321	12,197	2,422	1,107	0,122	0,000
28,75	11153	59,602	37,722	16,373	3,838	1,365	0,298	0,000
31,50	12450	14,747	13,446	1,252	0,049	0,000	0,000	0,000
33,75	13512	7,128	4,214	1,637	1,278	0,000	0,000	0,000
36,50	14809	3,842	2,141	1,019	0,682	0,000	0,000	0,000

## Vøring-Plateau: 23071 - 2/3 Zähldaten

gezählte Coccosphäreneinheiten

Teufe [cm]	Alter [J.v.h.]	gesamt	<i>C. pelagicus</i>	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. muelleriae</i>	<i>C. leptoporus</i>	<i>S. pulchra</i>	Umgelagerte
0,75	1733	18,650	3,941	13,560	0,438	0,700	0,011	0,000
3,25	2691	15,415	3,823	10,920	0,250	0,400	0,022	0,000
5,75	3649	11,608	3,353	7,480	0,125	0,550	0,067	0,033
8,25	4607	15,834	3,706	10,960	0,313	0,800	0,022	0,033
10,75	5565	16,749	3,059	12,360	0,313	0,950	0,067	0,000
13,25	6523	16,752	3,882	11,960	0,188	0,700	0,022	0,000
16,00	7303	9,856	2,412	6,600	0,250	0,550	0,044	0,000
18,75	7603	10,673	4,176	3,600	1,875	0,900	0,022	0,100
23,25	8093	7,229	3,176	1,840	1,313	0,900	0,000	0,000
26,25	8420	7,127	3,824	1,320	1,000	0,950	0,000	0,033
33,25	9183	8,460	2,647	3,320	1,688	0,750	0,022	0,033
38,25	9728	7,741	1,471	4,320	1,750	0,200	0,000	0,000
43,25	10273	5,972	0,176	4,000	1,563	0,200	0,000	0,033
*49,75	10981	2,552	0,353	1,560	0,250	0,300	0,022	0,067
*53,75	11689	0,163	0,000	0,080	0,000	0,050	0,000	0,033
*58,75	11962	0,415	0,235	0,080	0,000	0,000	0,000	0,100
*63,75	12105	1,167	0,176	0,520	0,188	0,050	0,000	0,233
*70,75	13270	1,005	0,000	0,400	0,188	0,150	0,000	0,267
*76,25	13869	1,251	0,059	0,600	0,125	0,000	0,000	0,467
*85,25	15552	0,685	0,000	0,160	0,125	0,000	0,000	0,400
*94,25	19195	0,751	0,118	0,120	0,313	0,000	0,000	0,200
absolute Häufigkeiten [Mio. Ind./ g Sed.]								
0,75	1733	323,222	68,303	235,014	7,582	12,132	0,191	0,000
3,25	2691	260,629	64,637	184,628	4,227	6,763	0,375	0,000
5,75	3649	212,416	61,357	136,877	2,287	10,065	1,226	0,604
8,25	4607	267,705	62,658	185,304	5,284	13,526	0,375	0,558
10,75	5565	252,005	46,027	185,974	4,702	14,294	1,008	0,000
13,25	6523	242,582	56,215	173,193	2,715	10,137	0,321	0,000
16,00	7303	84,977	20,796	56,904	2,155	4,742	0,379	0,000
18,75	7603	51,780	20,260	17,465	9,096	4,366	0,108	0,485
23,25	8093	74,602	32,778	18,990	13,546	9,288	0,000	0,000
26,25	8420	59,736	32,051	11,064	8,382	7,963	0,000	0,277
33,25	9183	62,054	19,417	24,354	12,378	5,502	0,161	0,242
38,25	9728	65,010	12,354	36,280	14,697	1,680	0,000	0,000
43,25	10273	24,508	0,722	16,415	6,414	0,821	0,000	0,135
*49,75	10981	6,141	0,849	3,754	0,602	0,722	0,053	0,161
*53,75	11689	0,365	0,000	0,179	0,000	0,112	0,000	0,074
*58,75	11962	0,912	0,516	0,176	0,000	0,000	0,000	0,220
*63,75	12105	2,618	0,395	1,167	0,421	0,112	0,000	0,523
*70,75	13270	1,800	0,000	0,717	0,336	0,269	0,000	0,478
*76,25	13869	2,666	0,126	1,279	0,266	0,000	0,000	0,995
*85,25	15552	1,461	0,000	0,341	0,267	0,000	0,000	0,853
*94,25	19195	1,652	0,260	0,264	0,688	0,000	0,000	0,440
relative Anteile in %								
0,75	1733		21,13	72,71	2,35	3,75	0,06	0,00
3,25	2691		24,80	70,84	1,62	2,59	0,14	0,00
5,75	3649		28,89	64,44	1,08	4,74	0,58	0,28
8,25	4607		23,41	69,22	1,97	5,05	0,14	0,21
10,75	5565		18,26	73,80	1,87	5,67	0,40	0,00
13,25	6523		23,17	71,40	1,12	4,18	0,13	0,00
16,00	7303		24,47	66,96	2,54	5,58	0,45	0,00
18,75	7603		39,13	33,73	17,57	8,43	0,21	0,94
23,25	8093		43,94	25,45	18,16	12,45	0,00	0,00
26,25	8420		53,66	18,52	14,03	13,33	0,00	0,46
33,25	9183		31,29	39,25	19,95	8,87	0,26	0,39
38,25	9728		19,00	55,81	22,61	2,58	0,00	0,00
43,25	10273		2,95	66,98	26,17	3,35	0,00	0,55
*49,75	10981		13,83	61,13	9,80	11,76	0,86	2,63
*53,75	11689		0,00	49,08	0,00	30,67	0,00	20,25
*58,75	11962		56,63	19,28	0,00	0,00	0,00	24,10
*63,75	12105		15,09	44,58	16,07	4,29	0,00	19,97
*70,75	13270		0,00	39,82	18,67	14,93	0,00	26,58
*76,25	13869		4,72	47,96	9,99	0,00	0,00	37,33
*85,25	15552		0,00	23,36	18,25	0,00	0,00	58,39
*94,25	19195		15,72	15,99	41,64	0,00	0,00	26,65

\* = KAL-Originalteufe minus 2,5 cm





### Grönlandsee: 23400 - 3

Gerät	Teufe [cm]	AMS- <sup>14</sup> C-Alt. [J.v.H. <sup>14</sup> C]	Kal.-Alt. [J.v.H.]	$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	Karbonatgehalt [g <sup>-1</sup> ]		Fraktion [g <sup>-1</sup> ] < 20 $\mu\text{m}$	DBD [gcm <sup>-3</sup> ]	LSR [cmky <sup>-1</sup> ]	AR Bulk [gcm <sup>-2</sup> ky <sup>-1</sup> ]
					< 20 $\mu\text{m}$	> 20 $\mu\text{m}$				
GKG	0,50	490	529	3,55	0,049	0,053	0,755	0,46	4,65	2,14
GKG	2,00		852	3,51	0,051	0,056	0,754		4,65	2,20
GKG	4,50	1290	1389	3,61	0,054	0,045	0,799		3,22	2,20
GKG	5,00		1544					0,70	3,22	2,26
GKG	7,00		2165	3,56	0,043	0,029	0,792		3,22	2,33
GKG	9,50	2730	2940	3,47	0,041	0,029	0,789		3,35	2,33
GKG	10,00		3089					0,72	3,35	2,41
GKG	12,00		3685	3,51	0,025	0,036	0,781		3,35	2,36
GKG	14,50		4430	3,63	0,016	0,038	0,716		3,35	2,36
GKG	15,00		4579					0,69	3,35	2,30
GKG	17,00		5176	3,69	0,016	0,058	0,747		3,35	2,38
GKG	19,50		5921	3,7	0,030	0,073	0,770		3,35	2,38
GKG	20,00		6070					0,73	3,35	2,46
GKG	22,00	6190	6666	3,69	0,040	0,095	0,770		3,35	2,44
GKG	24,50		7458	3,62	0,063	0,074	0,814		3,16	2,44
GKG	25,00		7617					0,77	3,16	2,42
GKG	26,50		8092	3,74	0,101	0,047	0,831		3,16	2,33
GKG	29,50		9043	3,54	0,006	0,031	0,802		3,16	2,33
GKG	30,00		9201					0,71	3,16	2,24
GKG	32,00		9835	3,3	0,003	0,018	0,836		3,16	2,37
GKG	34,50		10628	2,88	0,003	0,008	0,867		3,16	2,37
GKG	35,00		10786					0,80	3,16	2,51
GKG	37,00	9910	11420	3,41	0,002	0,004	0,798		3,16	2,71
GKG	39,50		12212	3,39	0,002	0,004	0,785		3,16	2,71

### Lofotenbecken: 23424 - 3

Gerät	Teufe [cm]	AMS- <sup>14</sup> C-Alt. [J.v.H. <sup>14</sup> C]	Kal.-Alt. [J.v.H.]	$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	Karbonatgehalt [g <sup>-1</sup> ]		Fraktion [g <sup>-1</sup> ] < 20 $\mu\text{m}$	DBD [gcm <sup>-3</sup> ]	LSR [cmky <sup>-1</sup> ]	AR Bulk [gcm <sup>-2</sup> ky <sup>-1</sup> ]
					< 20 $\mu\text{m}$	> 20 $\mu\text{m}$				
GKG	0,50	rezent	0	2,50	0,320	0,147	0,781		6,00	2,98
GKG	1,00		83					0,50	6,00	2,98
GKG	2,00		283		0,319	0,101	0,811		6,00	3,02
GKG	3,00		417	2,50				0,51	6,00	3,05
GKG	5,00		750					0,51	6,00	3,08
GKG	6,00	850	917	2,42	0,322	0,079	0,866		5,08	2,85
GKG	7,00		1114					0,52	5,08	2,62
GKG	9,00	1400	1508	2,48	0,335	0,098	0,835	0,56	5,08	2,85
GKG	11,00		1752					0,57	8,20	4,67
GKG	12,00		1874	2,50	0,284	0,108	0,80		8,20	4,59
GKG	13,00		1996					0,55	8,20	4,50
GKG	15,00		2240	2,18	0,235	0,048	0,872	0,52	8,20	4,26
GKG	17,00		2484					0,53	8,20	4,35
GKG	18,00	2420	2606	2,31	0,203	0,053	0,838		8,20	4,39
GKG	19,00							0,54		
GKG	21,00			2,08	0,141	0,036	0,846	0,59		
GKG	23,00							0,65		
GKG	24,00			1,36	0,059	0,003	0,987			
GKG	25,00							0,69		
GKG	27,00			0,50	0,025	0,000	0,998	0,70		

**Rockall-Plateau: 23414 - 6/7/9**

Gerät	Teufe [cm]	AMS- <sup>14</sup> C-Alt. [J.v.H. <sup>14</sup> C]	Kal.-Alt. [J.v.H.]	Karbonatgehalt [g <sup>-1</sup> ]		Fraktion [g <sup>-1</sup> ] < 20 µm	DBD [gcm <sup>-3</sup> ]	LSR [cmky <sup>-1</sup> ]	AR Bulk [gcm <sup>-2</sup> ky <sup>-1</sup> ]
				< 20 µm	> 20 µm				
MUC	0,50	2110	2273	0,325	0,499	0,451		4,58	3,07
GKG	4,50		3146	0,365	0,452	0,495	0,67	4,58	3,07
GKG	5,00		3255				0,67	4,58	3,16
GKG	10,00		4346				0,71	4,58	3,25
GKG	10,25		4400	0,382	0,434	0,517		4,58	3,32
KAL	12,50		4891				0,74	4,58	3,39
GKG	15,00		5437				0,68	4,58	3,11
GKG	15,25		5491	0,436	0,349	0,614		4,58	3,28
KAL	17,50		5982				0,75	4,58	3,44
KAL	20,00		6527				0,74	4,58	3,39
GKG	20,25		6581	0,402	0,365	0,575		4,58	3,44
KAL	22,50		7073				0,76	4,58	3,48
KAL	25,00		7618				0,78	4,58	3,57
GKG	25,25		7673	0,408	0,347	0,594		4,58	3,53
KAL	27,50		8164				0,76	4,58	3,48
KAL	30,00		8709				0,70	4,58	3,21
GKG	30,25		8764	0,326	0,266	0,595		4,58	3,30
KAL	32,50		9255				0,74	4,58	3,39
GKG	34,00		9582					4,58	2,42
KAL	35,00	*9100	9800				0,75	1,92	1,44
GKG	35,25		9930	0,275	0,213	0,607		1,92	1,45
KAL	37,50		11100				0,76	1,92	1,46
KAL	38,00		11360	0,292	0,216	0,630			1,75
KAL	40,00	*10400	12400				0,77	2,66	2,04
KAL	41,00		12776	0,216	0,189	0,593			2,10
KAL	42,50		13340				0,81	2,66	2,16
KAL	44,50		14092	0,216	0,157	0,604		2,66	2,42
KAL	45,00		14280				1,01	2,66	2,68
KAL	47,50		15220				0,88	2,66	2,33
KAL	48,00		15408	0,150	0,174	0,436			2,33
KAL	50,00		16160				0,87	2,66	2,33
KAL	51,00		16536	0,093	0,138	0,489			4,00
KAL	52,50	*13600	17100				0,91	6,25	5,68
KAL	54,50		17420	0,108	0,190	0,491		6,25	5,37
KAL	55,00		17500				0,81	6,25	5,06
KAL	57,50		17900				0,82	6,25	5,13
KAL	58,00		17980	0,050	0,168	0,396			3,62
KAL	60,00	*14800	18300				0,73	2,90	2,11
KAL	61,00		18645	0,079	0,156	0,545			2,13
KAL	62,50		19162				0,74	2,90	2,15
KAL	64,50		19851	0,075	0,141	0,447		2,90	2,22
KAL	65,00		20023				0,79	2,90	2,28
KAL	67,50		20885				0,77	2,90	2,23
KAL	68,00		21057	0,061	0,191	0,414			2,21
KAL	70,00		21746				0,75	2,90	2,19
KAL	71,00		22091	0,085	0,186	0,541			2,24
KAL	72,50		22608				0,79	2,90	2,28
KAL	74,50		23297	0,126	0,098	0,711		2,90	2,23
KAL	75,00		23469				0,75	2,90	2,17
KAL	77,50		24331				0,82	2,90	2,38
KAL	80,00		25192				0,78	2,90	2,26
KAL	82,50		26054				1,23	2,90	3,57
KAL	84,50		26743	0,094	0,199	0,405		2,90	3,05
KAL	85,00		26915				0,87	2,90	2,53
KAL	87,50		27777				0,80	2,90	2,31
KAL	90,00		28638				0,77	2,90	2,22
KAL	92,50	*26000	29500				0,75	6,17	4,60
KAL	94,50		30189	0,088	0,162	0,510		18,26	5,08
KAL	95,00		30361					18,26	5,55

\* Analog-Alter nach  $\delta^{18}\text{O}$  Stratigr.= Jung (unveröff.)  
DBD= Jung (unveröff.)

### Aegir-Rücken 23411 - 5

Gerät	Teufe [cm]	AMS- <sup>14</sup> C-Alt. [J.v.H. <sup>14</sup> C]	Kal.-Alt. [J.v.H.]	Karbonatgehalt [g <sup>-1</sup> ]		Fraktion [g <sup>-1</sup> ] < 20 µm	DBD [gcm <sup>-3</sup> ]	LSR [cmky <sup>-1</sup> ]	AR Bulk [gcm <sup>-2</sup> ky <sup>-1</sup> ]
				< 20 µm	> 20 µm				
GKG	0,50	1610	1733	0,179	0,494	0,350	0,39	4,29	1,67
GKG	2,00		2083	0,267	0,389	0,520		4,29	2,21
GKG	3,75		2490	0,278	0,375	0,525		4,29	2,21
GKG	5,00		2782				0,64	4,29	2,75
GKG	6,50		3131	0,283	0,374	0,549		4,29	2,73
GKG	8,75		3655	0,256	0,383	0,550		4,29	2,73
GKG	10,00		3947				0,63	4,29	2,70
GKG	11,50	3990	4296	0,180	0,462	0,410		2,91	2,23
GKG	13,75		5069	0,185	0,395	0,443		2,91	2,23
GKG	15,00		5499				0,60	2,91	1,75
GKG	16,50		6014	0,152	0,466	0,371		2,91	1,84
GKG	18,75		6787	0,212	0,400	0,486		2,91	1,84
GKG	20,00		7217				0,66	2,91	1,92
GKG	21,50	7180	7732	0,168	0,450	0,424		2,12	1,55
GKG	23,75		8794	0,197	0,511	0,324		2,12	1,55
GKG	25,00		9383				0,55	2,12	1,17
GKG	26,50		10091	0,135	0,246	0,462		2,12	1,46
GKG	28,75		11153	0,055	0,183	0,511		2,12	1,46
GKG	30,00		11742				0,82	2,12	1,74
GKG	31,50	10450	12450	0,013	0,063	0,462		2,12	1,74
GKG	33,75		13512	0,012	0,062	0,573		2,12	1,74
GKG	36,50		14809	0,013	0,087	0,535		2,12	1,74

DBD = Pflaumann (unveröff.)

37,5									
39,0									
40,5									
42,0									
43,5									
45,0									
46,5									
48,0									
49,5									
51,0									
52,5									
54,0									
55,5									
57,0									
58,5									
60,0									
61,5									
63,0									
64,5									
66,0									
67,5									
69,0									
70,5									
72,0									
73,5									
75,0									
76,5									
78,0									
79,5									
81,0									
82,5									
84,0									
85,5									
87,0									
88,5									
90,0									
91,5									
93,0									
94,5									
96,0									
97,5									
99,0									
100,5									
102,0									
103,5									
105,0									
106,5									
108,0									
109,5									
111,0									
112,5									
114,0									
115,5									
117,0									
118,5									
120,0									
121,5									
123,0									
124,5									
126,0									
127,5									
129,0									
130,5									
132,0									
133,5									
135,0									
136,5									
138,0									
139,5									
141,0									
142,5									
144,0									
145,5									
147,0									
148,5									
150,0									
151,5									
153,0									
154,5									
156,0									
157,5									
159,0									
160,5									
162,0									
163,5									
165,0									
166,5									
168,0									
169,5									
171,0									
172,5									
174,0									
175,5									
177,0									
178,5									
180,0									
181,5									
183,0									
184,5									
186,0									
187,5									
189,0									
190,5									
192,0									
193,5									
195,0									
196,5									
198,0									
199,5									
201,0									
202,5									
204,0									
205,5									
207,0									
208,5									
210,0									
211,5									
213,0									
214,5									
216,0									
217,5									
219,0									
220,5									
222,0									
223,5									
225,0									
226,5									
228,0									
229,5									
231,0									
232,5									
234,0									
235,5									
237,0									
238,5									
240,0									
241,5									
243,0									
244,5									
246,0									
247,5									
249,0									
250,5									
252,0									
253,5									
255,0									
256,5									
258,0									
259,5									
261,0									
262,5									
264,0									
265,5									
267,0									
268,5									
270,0									
271,5									
273,0									
274,5									
276,0									
277,5									
279,0									
280,5									
282,0									
283,5									
285,0									
286,5									
288,0									
289,5									
291,0									
292,5									
294,0									
295,5									
297,0									
298,5									
300,0									
301,5									
303,0									
304,5									
306,0									
307,5									
309,0									
310,5									
312,0									
313,5									
315,0									
316,5									
318,0									
319,5									
321,0									
322,5									
324,0									
325,5									
327,0									
328,5									
330,0									
331,5									
333,0									
334,5									

**Vøring-Plateau: 23071 - 2/3**

Gerät	Teufe korr. [cm]	AMS- <sup>14</sup> C-Alt. [J.v.H. <sup>14</sup> C]	Kal.-Alt. [J.v.H.]	δ <sup>18</sup> O [‰]	Karbonatgehalt [g <sup>-1</sup> ]		Fraktion [g <sup>-1</sup> ]	DBD [gcm <sup>-3</sup> ]	LSR [cmky <sup>-1</sup> ]	AR Bulk [gcm <sup>-2</sup> ky <sup>-1</sup> ]
					< 20 µm	> 20 µm	< 20 µm			
GKG	0,75	1610	1733		0,202	0,102	0,744	0,42	2,61	1,10
GKG	1,00		1829	2,35					2,61	1,30
GKG	2,00		2212					0,57	2,61	1,49
GKG	3,25		2691		0,196	0,112	0,711		2,61	1,52
GKG	4,50		3170					0,59	2,61	1,54
GKG	5,00		3362	2,38					2,61	1,66
GKG	5,75		3649		0,210	0,071	0,789		2,61	1,66
GKG	7,00		4128					0,68	2,61	1,77
GKG	8,25		4607		0,171	0,086	0,752		2,61	1,72
GKG	9,50		5086					0,64	2,61	1,67
GKG	10,00		5278	2,48					2,61	1,67
GKG	10,75		5565		0,163	0,115	0,708		2,61	1,67
GKG	12,00		6044					0,64	2,61	1,67
GKG	13,25		6523		0,182	0,129	0,705		2,61	1,74
GKG	14,50		7002					0,69	2,61	1,80
GKG	15,00	*6680	7194	2,50					9,18	3,89
GKG	16,00		7303		0,086	0,056	0,700		9,18	3,89
GKG	17,00		7412					0,65	9,18	5,97
GKG	18,75		7603		0,067	0,019	0,830		9,18	5,70
GKG	19,50		7684					0,59	9,18	5,42
GKG	20,00		7739	2,40					9,18	4,96
GKG	22,00		7957					0,49	9,18	4,50
GKG	23,25		8093		0,068	0,030	0,807		9,18	4,55
GKG	25,00		8284	2,36				0,50	9,18	4,59
GKG	26,25		8420		0,046	0,014	0,818		9,18	4,68
GKG	27,00		8502					0,52	9,18	4,77
GKG	28,25		8638		0,035	0,018	0,796		9,18	4,68
GKG	30,00		8829	2,33				0,50	9,18	4,59
GKG	31,25		8965		0,049	0,025	0,809		9,18	4,73
GKG	32,50		9101					0,53	9,18	4,87
GKG	33,25		9183		0,054	0,023	0,804		9,18	4,78
GKG	35,00		9374	2,11					9,18	4,78
GKG	38,00		9701					0,51	9,18	4,68
GKG	38,25		9728		0,024	0,017	0,771		9,18	6,84
GKG	41,25		10055		0,034	0,023	0,813		9,18	6,84
GKG	43,25		10273		0,027	0,010	0,814		9,18	6,84
KAL	48,50		10845	3,28					9,18	6,84
KAL	49,75		10981		0,018	0,009	0,801		9,18	6,84
KAL	52,50		11281	3,67					9,18	6,84
KAL	53,75		11689		0,004	0,006	0,631		9,18	6,84
KAL	57,50		11826	3,71					9,18	6,84
KAL	58,75		11962		0,013	0,018	0,523		9,18	6,84
KAL	59,00		11989					0,98	9,18	9,00
KAL	59,50		12044	3,58					9,18	7,44
KAL	63,75		12105		0,023	0,017	0,748		9,18	7,44
KAL	66,25		12779		0,012	0,009	0,802		9,18	7,44
KAL	67,50		12915	3,81				0,64	9,18	5,88
KAL	68,75		13052		0,006	0,006	0,704		9,18	6,84
KAL	70,75		13270		0,012	0,011	0,757		9,18	6,84
KAL	73,25		13542		0,019	0,014	0,756		9,18	6,84
KAL	76,25		13869		0,061	0,018	0,764		9,18	6,84
KAL	79,50		14223	3,50				0,85	9,18	7,80
KAL	82,50	*12550	14550	3,67					2,75	5,35
KAL	85,25		15552		0,057	0,012	0,830		2,75	5,35
KAL	85,50		15643					1,05	2,75	2,89
KAL	89,50	*13600	17100	2,91					2,75	2,89
KAL	94,25		19195		0,037	0,015	0,717		2,75	2,89

Teufe korr. = Kal-Originalteufe minus 2,5 cm

 \*AMS - <sup>14</sup>C-Alter = Vogelsang (1990)

 δ<sup>18</sup>O = Vogelsang (1990)

DBD = Kassens (1990)

### Barents-See-Hang: 23259 - 2/3

Gerät	Teufe [cm]	AMS- <sup>14</sup> C-Alt. [J.v.H. <sup>14</sup> C]	Kal.-Alt. [J.v.H.]	δ <sup>18</sup> O [‰]	Karbonatgehalt [g <sup>-1</sup> ]		Fraktion [g <sup>-1</sup> ]	DBD [gcm <sup>-3</sup> ]	LSR [cmky <sup>-1</sup> ]	AR Bulk [gcm <sup>-2</sup> ky <sup>-1</sup> ]
					< 20 µm	> 20 µm	< 20 µm			
GKG	0,00	0	0	2,42				0,52	5,43	2,82
GKG	0,50		92		0,183	0,144	0,653		5,43	2,94
KOL	2,00		368					0,57	5,43	3,07
KOL	5,00		921	2,20	0,191	0,111	0,677		5,43	3,13
KOL	7,5		1382		0,120	0,084	0,735		5,43	3,13
KOL	10,00		1842	2,63	0,201	0,102	0,710		5,43	3,13
KOL	12,00		2210					0,59	5,43	3,19
KOL	15,00		2763	2,76	0,179	0,101	0,711		5,43	4,32
KOL	20,00	3420	3684	2,86				0,68	4,34	4,32
KOL	25,00		4836	2,76	0,137	0,068	0,772		4,34	4,32
KOL	30,00	5560	5987	2,60	0,092	0,075	0,788		8,00	4,32
KOL	32,00		6237					0,68	8,00	5,44
KOL	35,00		6612		0,096	0,052	0,801		8,00	5,44
KOL	40,00		7237	2,77	0,135	0,073	0,802		8,00	5,44
KOL	43,00		7612					0,68	8,00	5,44
KOL	45,00		7861	2,73	0,092	0,019	0,873		8,00	5,44
KOL	50,00		8486	2,68					8,00	5,44
KOL	53,00		8861					0,68	8,00	5,43
KOL	55,00	8460	9111	2,70	0,080	0,011	0,904		9,07	5,50
KOL	60,00		9662	2,76	0,103	0,052	0,766		9,07	5,50
KOL	61,00		9772	2,71					9,07	5,50
KOL	62,00		9882	3,24					9,07	5,50
KOL	63,00		9993	2,81					9,07	5,50
KOL	64,00		10103	4,35					9,07	5,50
KOL	65,00		10213	2,79	0,044	0,007	0,872		9,07	5,50
KOL	70,00		10764	2,93	0,016	0,002	0,925		9,07	5,50
KOL	71,00		10874	3,44					9,07	5,50
KOL	72,00		10984	4,63					9,07	5,50
KOL	73,00		11095					0,61	9,07	5,56
KOL	74,00		11205	3,66					9,07	5,64
KOL	75,00		11315	2,83	0,033	0,008	0,858		9,07	5,64
KOL	80,00		11866	3,10	0,027	0,006	0,900		9,07	5,64
KOL	81,00		11976	2,83					9,07	5,64
KOL	82,00		12087	3,06					9,07	5,64
KOL	83,00		12197	2,85				0,63	9,07	5,72
KOL	84,00		12307	3,17					9,07	6,08
KOL	85,00		12417	3,31	0,033	0,008	0,890		9,07	6,08
KOL	90,00		12968	3,16	0,033	0,005	0,947		9,07	6,08
KOL	91,00		13078	3,16					9,07	6,08
KOL	92,00		13189	3,43					9,07	6,08
KOL	93,00		13299	3,61				0,71	9,07	6,44
KOL	94,00		13409	3,47					9,07	11,69
KOL	95,00		13519	3,51					9,07	11,69
KOL	97,00		13740	3,51					9,07	11,69
KOL	98,00		13850	3,80					9,07	11,69
KOL	99,00	11960	13960	3,92					18,26	11,69
KOL	100,00		14015	4,16					18,26	11,69
KOL	101,00		14070	3,80					18,26	11,69
KOL	102,00		14124	3,85				0,93	18,26	16,93
KOL	103,00		14179	3,67					18,26	16,93
KOL	104,00		14234	3,33					18,26	16,93
KOL	106,00		14343	3,01					18,26	16,93
KOL	107,00		14398	2,97					18,26	16,93
KOL	108,00		14453	2,62					18,26	16,93
KOL	109,50		14535						18,26	16,93
KOL	114,00		14781	3,37					18,26	
KOL	120,00	13110	15110	4,13					18,26	

AMS-<sup>14</sup>C-Alt. = Weinelt (1993)  
 δ<sup>18</sup>O = Weinelt 1993  
 DBD = Paetsch (unveröff.)