

**Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen  
der östlichen Laptevsee im Holozän  
anhand von aquatischen Palynomorphen**

**Aquatic palynomorphs:  
Reconstruction of Holocene sea-surface  
water masses in the eastern Laptev Sea**

---

**Martina Kunz-Pirrung**

**Martina Kunz-Pirrung**

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung  
Postfach 120161  
Columbusstraße  
D-27568 Bremerhaven

Die vorliegende Arbeit ist die inhaltlich unveränderte Fassung einer  
Dissertation, die 1997 der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel vorgelegt wurde.

## Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| <b>Kurzfassung / Abstract</b> .....   | 1  |
| <b>I. Einleitung und Fragestellung</b> .....  | 3  |
| <b>II. Grundlagen</b> .....   | 5  |
| <b>1. Die Laptevsee</b> .....   | 5  |
| 1.1 Morphologie, Bathymetrie und rezente Sedimentation.....                                   | 5  |
| 1.2 Hydrographie und Eisverhältnisse .....  | 7  |
| <b>2. Aquatische Palynomorphen</b> .....  | 9  |
| 2.1 Dinoflagellaten und ihre Zysten .....   | 9  |
| 2.2 Chlorococcalalgen .....   | 11 |
| 2.3 Dinoflagellaten und Chlorococcalalgen im Plankton der Laptevsee .....                     | 13 |
| <b>III. Material und Methoden</b> .....   | 14 |
| <b>1. Probenmaterial</b> .....  | 14 |
| <b>2. Chemische Aufbereitung</b> .....  | 16 |
| <b>3. Auswertung der Streupräparate</b> .....   | 17 |
| 3.1 Relative Häufigkeiten .....   | 17 |
| 3.2 Bestimmung der Konzentrationen.....   | 17 |
| 3.3 Taxonomische Einordnung der Palynomorphen.....  | 18 |
| <b>4. Stratigraphie</b> .....   | 19 |
| 4.1 AMS- <sup>14</sup> C Datierungen .....  | 19 |
| 4.2 Sedimentations- und Akkumulationsraten der Sedimentkerne.....                             | 20 |
| <b>5. Statistische Methoden</b> .....   | 22 |
| 5.1 Q-Modus-Faktorenanalyse (CABFAC).....   | 23 |
| 5.2 Regressionsanalyse (REGRESS) .....  | 23 |
| 5.3 Berechnung der Paläo-Umweltparameter (THREAD) .....                                       | 24 |
| <b>IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee</b> ..    | 25 |
| <b>1. Aquatische Palynomorphen in Oberflächensedimenten der Laptevsee</b> .....               | 25 |
| 1.1 Zusammensetzung und Verbreitung der Palynomorphen-Vergesellschaftung .....                | 25 |
| 1.2 Biogeographie der Palynomorphen-Gruppen.....  | 26 |
| 1.3 Biogeographie der einzelnen Dinoflagellaten-Zysten-Taxa .....                             | 33 |
| <b>2. Definition der Dinoflagellaten-Zysten/Chlorococcalalgen-Vergesellschaftungen</b> .....  | 45 |
| <b>3. Einfluß der ozeanographischen Parameter auf die Verbreitung der Palynomorphen</b> ..... | 51 |
| 3.1 Ökologie der Dinoflagellaten-Zysten .....   | 51 |
| 3.2 Ökologie der Chlorococcalalgen.....   | 57 |
| 3.3 Ökologie weiterer aquatischer Palynomorphen.....  | 59 |
| 3.3 Moderne Situation im Ökosystem Laptevsee.....   | 61 |
| <b>V. Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän</b> ..... | 64 |
| <b>1. Palynomorphen-Vergesellschaftungen in den Sedimentkernen</b> .....                      | 64 |
| 1.1 Sedimentkern PM9462 .....   | 65 |
| 1.2 Sedimentkern IK9373 .....   | 67 |
| <b>2. Berechnung der Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte</b> .....                       | 69 |
| 2.1 Referenzdatensatz .....   | 70 |
| 2.2 Q-Modus-Faktorenanalyse am Referenzdatensatz .....  | 70 |

|  |            |
|--|------------|
| 2.3 Regressionsanalyse des Referenzdatensatzes .....   | 73         |
| 2.4 Anwendung der Transferfunktionen: Berechnung der Paläo-Umweltparameter.....                                  | 74         |
| 2.5 Aussagekraft und kritische Betrachtung der Ergebnisse .....  | 78         |
| <b>3. Entwicklung der Oberflächenwassermassen in der östlichen Laptevsee während der letzten 7400 Jahre.....</b> | <b>81</b>  |
| <b>VI. Schlußfolgerungen .....</b>   | <b>89</b>  |
| <b>VII. Taxonomie.....</b>   | <b>92</b>  |
| <b>VIII. Dank.....</b>   | <b>100</b> |
| <b>IX. Literatur.....</b>  | <b>101</b> |
| <b>Fototafeln.....</b>   | <b>107</b> |

Der Anhang (Tabellen A bis N) kann beim Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Columbusstraße, D-27568 Bremerhaven eingesehen werden.

## Kurzfassung

Aquatische Palynomorphen (Dinoflagellaten-Zysten, Chlorococcalalgen, Acritarchen, verschiedene Zoomorphengruppen) aus rezenten und holozänen Sedimenten der Laptevsee und dem angrenzenden Arktischen Ozean wurden mikroskopisch und mit Hilfe multivariater statistischer Analysenverfahren ausgewertet, um ökologische Präferenzen zu definieren und die Geschichte der Oberflächenwassermassen in der östlichen Laptevsee im Holozän zu rekonstruieren.

Das Vorkommen und die geographische Verbreitung bestimmter Palynomorphen in den rezenten Sedimenten lassen sich mit der Hydrographie des Oberflächenwassers in Beziehung setzen. Die polaren Oberflächenwassermassen des Laptev-Schelfes werden durch Vergesellschaftungen der Dinoflagellaten-Zysten *Brigantedinium* spp., *Algidasphaeridium?* *minutum* und verwandten Morphotypen in den Sedimenten dokumentiert. *Impagidinium?* *pallidum*, *Nematosphaeropsis labyrinthus* und *Operculodinium centrocarpum* dominieren die Vergesellschaftungen auf dem angrenzenden Kontinentalhang, wobei *N. labyrinthus* und *O. centrocarpum* auf den Einfluß wärmerer atlantischer Wassermassen hinweisen. Die Vergesellschaftung der Chlorococcalalgen setzt sich aus verschiedenen Arten der Gattung *Pediastrum* und *Botryococcus* cf. *braunii* zusammen, welche gewöhnlich an Süßwasserbedingungen angepaßt sind. Ihr Vorkommen in der marinen Umgebung ist auf den starken Süßwassereintrag der sibirischen Flüsse Olenek, Lena und Jana zurückzuführen.

In zwei Sedimentprofilen aus der östlichen Laptevsee wurde mit einer qualitativen und quantitativen Analyse der Dinoflagellaten-Zysten, Chlorococcalalgen und anderen aquatischen Palynomorphen die Entwicklung der Oberflächenwassermassen in den letzten 7400 Jahren rekonstruiert. Im Zeitraum zwischen 7400 und 7000 J.v.h. lag der Meeresspiegel etwa 20 m tiefer als heute und die Lena und Jana entwässerten in ein Ästuar. Der Einstrom höher salinärer Wassermassen aus dem Arktischen Ozean war aufgrund des starken Süßwassereintrages der beiden Flüsse sehr gering. Die Konzentrationen der Chlorococcalalgen zeigen, daß der Süßwassereintrag in die östliche Laptevsee um 6400 J.v.h. im Gegensatz zu heute vermutlich doppelt so hoch war. Der Einstrom mariner Wassermassen nahm bedingt durch den stetig steigenden Meeresspiegel zu. Zwischen 5200 und 2500 J.v.h. verringerte sich der Süßwassereintrag schrittweise. Ab 2500 J.v.h. entsprach der Flußwassereintrag in die östliche Laptevsee in etwa dem heutigen Eintrag. Die mittlere Meereisgrenze, die heute im Sommer in der östlichen Laptevsee etwa bei 77°N liegt, hat sich im Zeitraum zwischen 2500 und 1050 J.v.h. in Richtung Küste verschoben. Im Bereich des Eisrandes kam es in der östlichen Laptevsee zur Erhöhung der Produktivität der Oberflächenwassermassen. Im gleichen Zeitraum belegen bestimmte Arten der Dinoflagellaten-Zysten, daß sporadisch Oberflächenwasser aus dem Pazifik bis die östliche Laptevsee vordrang. Während einer Erwärmung ab 1050 J.v.h. verlagerte sich die mittlere Meereisgrenze im Sommer wieder nach Norden und nahm ab 550 J.v.h. ihre heutige Position ein. In den letzten 550 Jahren belegt das Aussetzen der wärmeren Dinoflagellaten-Zysten-Arten, daß sich die heutigen polaren Bedingungen erst in diesem Zeitraum entwickelten.

## Abstract

Aquatic palynomorphs (dinoflagellate cysts, chlorococcal algae, acritarchs, several groups of zoomorphs) in recent and Holocene sediments of the Laptev Sea shelf and the adjacent continental slope were studied microscopically. The data were processed by means of multivariate statistical analysis in order to define ecological preferences and to reconstruct the history of surface water masses in the eastern Laptev Sea during the Holocene.

The occurrence and distribution pattern of some palynomorphs in recent sediments are clearly related to the hydrographic conditions of surface water masses. The polar surface water masses of the Laptev Sea shelf are documented in the sediments by dinoflagellate cyst assemblages with *Brigantedinium* spp., *Algidasphaeridium? minutum* and related morphotypes. *Impagidinium? pallidum*, *Nematosphaeropsis labyrinthus* and *Operculodinium centrocarpum* characterize the assemblage on the continental slope. *N. labyrinthus* and *O. centrocarpum* indicate the influence of warmer Atlantic water masses. The chlorococcal algae assemblages are composed of *Pediastrum* spp. and *Botryococcus* cf. *braunii* which usually live in freshwater. Their occurrence in the marine environment indicates that the Laptev Sea shelf is strongly influenced by the freshwater input of the rivers Olenek, Lena and Yana.

The development of the surface water masses during the last 7400 years was reconstructed in two sediment cores from the eastern Laptev Sea by qualitative and quantitative analyses of dinoflagellate cysts, chlorococcal algae and other groups of aquatic palynomorphs. Between 7400 and 7000 B.P. the sea level was 20 m below present level and the Lena and Yana drained through an estuary. Therefore, the influence of higher saline water masses was very low due to the freshwater input. Around 6400 B.P. the freshwater input into the Laptev Sea was probably twice as high as today, indicated by the high concentrations of chlorococcal algae. At approximately the same time influence of marine water masses increased with rising sea level. The period between 5200 and 2500 B.P. was characterized by a stepwise decrease of freshwater input. Since 2500 B.P. the fluvial input is similar to the present situation. During summer, the present average sea-ice margin is located at 77°N. The sea-ice margin has migrated landwards between 2500 and 1050 B.P. The productivity in surface water masses increased near the ice margin. At that time period some dinoflagellate cyst species documented, that Pacific surface water masses entered the eastern Laptev Sea sporadically. Since 1050 B.P. the average sea-ice margin in summer moved northwards and reached the present position since 550 B.P. During the last 550 years a decrease of warm adapted dinoflagellate cyst species indicates a development of present day polar conditions.

## **I. Einleitung und Fragestellung**

Die sibirischen Schelfmeere spielen eine bedeutende Rolle für die hydrographischen Bedingungen im Arktischen Ozean. In den sibirischen Schelfgebieten wird jährlich ein Großteil des arktischen Meereises gebildet, wobei der Beitrag der Laptevsee höher ist als der anderer Schelfgebiete. Das Meereis wird während der Wintermonate im Bereich der Laptevsee-Polynja gebildet (NÜRNBERG et al. 1994, KASSENS & KARPIY 1994 b) und mit der Transpolardrift aus der Laptevsee über den Arktischen Ozean bis in die Framstraße transportiert (DETHLEFF et al. 1993). Paläoklimatische Rekonstruktionen und allgemeine Zirkulationsmodelle zeigen, daß die arktische Meereisbedeckung und die Ökosysteme in den hohen Breiten sehr sensibel auf klimatische Schwankungen reagieren und daß sich während einer globalen Erwärmung wahrscheinlich die größten Temperaturschwankungen in den hohen Breiten beobachten lassen (VELICHKO et al. 1996).

Eine Voraussetzung zur Bildung und Aufrechterhaltung der Meereisdecke sowie der deutlichen Stratifizierung der oberflächennahen Wassermassen ist die Zufuhr von Süßwasser in den Arktischen Ozean. Jährlich werden über wenige große Flüsse dem gesamten Arktischen Ozean etwa 2.800 km<sup>3</sup> Süßwasser zugeführt (AAGARD & CARMACK 1989). Die in die Laptevsee entwässernden sibirischen Flüsse (Khatanga, Anabar, Olenek, Lena und Jana) tragen nach TIMOKHOV (1994) mit zirka 767 km<sup>3</sup> pro Jahr dazu bei. Davon werden allein durch die Lena, dem zweitgrößten Fluß, der in den Arktischen Ozean entwässert und dem achtgrößten Strom der Welt (LÉTOLLE et al. 1993), jährlich etwa 520 km<sup>3</sup> Süßwasser in die Laptevsee eingetragen (AAGAARD & CARMACK 1989). Die Flußwasserzufuhr ist starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen, da etwa 60 % des Flußwassereintrages der Lena während der Monate Juni und Juli in die Laptevsee gelangen (LÉTOLLE et al. 1993). Die Oberflächenwassermassen der Laptevsee werden nach TIMOKHOV (1994) einerseits durch diesen enormen Süßwasser-eintrag der sibirischen Flüsse und andererseits durch atlantische bzw. pazifische Wassermassen beeinflusst.

Im Rahmen des russisch-deutschen multidisziplinären Forschungsprojektes "System Laptevsee" werden Veränderungen des Ökosystems Laptevsee anhand von Mikrofossilien, vor allem Diatomeen (CREMER 1998) und aquatischen Palynomorphen untersucht, um damit Veränderungen der physikalischen Eigenschaften der Oberflächenwassermassen und des Süßwassereintrages im Holozän zu rekonstruieren.

Dinoflagellaten können, wie Diatomeen, auch geringe Salzgehalte der Oberflächenwassermassen tolerieren und im Brack- und Süßwasser vorkommen (z.B. Ostsee, PANKOW 1990). Auch das Vorkommen und die biogeographischen Verbreitungsmuster der fossil erhaltungsfähigen Dinoflagellaten-Zysten zeigen eine deutliche Abhängigkeit von den Temperaturen und Salzgehalten der Oberflächenwassermassen (DALE 1996, ROCHON 1997, CREMER 1997).

Durch die Flüsse, insbesondere die Lena, werden auch Süßwasseralgen in die Laptevsee eingetragen (KISSELEW 1932). Neben Süßwasserdiatomeen konnten auch fossil erhaltungsfähige Chlorococcalalgen sporadisch im Oberflächenwasser der östlichen Laptevsee nachgewiesen werden. Diese Chlorococcalalgen leben als Planktonen im Süßwasser (PARRA BARRIENTOS 1979, BATTEN 1996) und können deshalb im marinen Ablagerungsmilieu als Indikatoren für den Süßwassereintrag benutzt werden (HILL et al. 1985, MUDIE & HARLAND 1996).

Insbesondere Dinoflagellaten-Zysten (u.a. MUDIE 1992, DE VERNAL et al. 1994, 1996, MATTHIESSEN 1996, DALE 1996, ROCHON 1997) und Chlorococcalalgen sind für paläo-ozeanographische Rekonstruktionen in marinen Bereichen der hohen nördlichen Breiten sehr gut geeignet, da ihre Zysten und Coenobien aus einer sehr resistenten Sporopollenin-ähnlichen Substanz bestehen. Diese organische Substanz ist widerstandsfähiger gegen Lösungser-

scheinungen und biochemischen Abbau als die Skelette der kieseligen Diatomeen (CREMER 1997). Dadurch ist das Fossilisationspotential der organisch-wandigen Mikrofossilien in den Sedimenten sehr hoch.

Eine wesentliche Voraussetzung, um die zeitlichen Veränderungen im hochvariablen Ökosystem Laptevsee zu erfassen, ist eine detaillierte Untersuchung der modernen Situation, da deutliche Gradienten im Salzgehalt die Oberflächenwassermassen, vor allem im östlichen Teil der Laptevsee, prägen. Da bisher keine systematischen Untersuchungen zu Vorkommen und Verbreitung der aquatischen Palynomorphen in Sedimenten der sibirischen Schelfgebiete vorliegen, ergeben sich folgende Fragen und Ziele:

- Wie detailliert läßt sich die stark differenzierte hydrographische Situation der Laptevsee mit aquatischen Palynomorphen nachzeichnen ?
- Ist es möglich, aquatische Palynomorphen als Indikatoren für Flußwassereintrag und Meereistransport zu nutzen ?
- Die Beziehungen zwischen der Verbreitung einzelner Arten und Vergesellschaftungen in Oberflächensedimenten der Laptevsee und den hydrographischen Parametern sollen genutzt werden, um zeitliche Änderungen der Palynomorphen-Vergesellschaftungen in zwei Sedimentkernen aus der östlichen Laptevsee zu interpretieren und dadurch die holozäne Entwicklung der Oberflächenwassermassen der Laptevsee zu rekonstruieren. Von besonderem Interesse sind dabei die zeitlichen Veränderungen des Süßwassereintrages.

## II. Grundlagen

### 1. Die Laptevsee

#### 1.1 Morphologie, Bathymetrie und rezente Sedimentation

Die Laptevsee stellt ein Randmeer des Arktischen Ozeans dar (Abb. 1). Sie ist ein Teil eines ausgedehnten Schelfgürtels, der sich entlang des eurasischen Kontinentalrandes von der Barentssee im Westen bis vor die Küste Alaskas im Osten erstreckt (Abb. 1). Die Laptevsee wird im Westen durch die Tajmyr-Halbinsel und die Inselgruppe Severnaja Zemlja und im Osten durch die Neusibirischen Inseln begrenzt. Die Schelfkante liegt nach HOLMES & CREAGER (1974) im Bereich der 50-60 m Isobathen (Abb. 2). Der Laptevsee-Schelf nimmt eine Gesamtfläche von 460.000 km<sup>2</sup> ein, wobei der Schelf im westlichen Teil etwa 300 km und im östlichen Teil etwa 500 km breit ist (HOLMES & CREAGER 1974). TIMOKHOV (1994) gibt als Gesamtfläche der Laptevsee 662.000 km<sup>2</sup> an. Der Schelf ist mit einer Neigung von 0-5 m/km ungewöhnlich flach (HOLMES & CREAGER 1974).

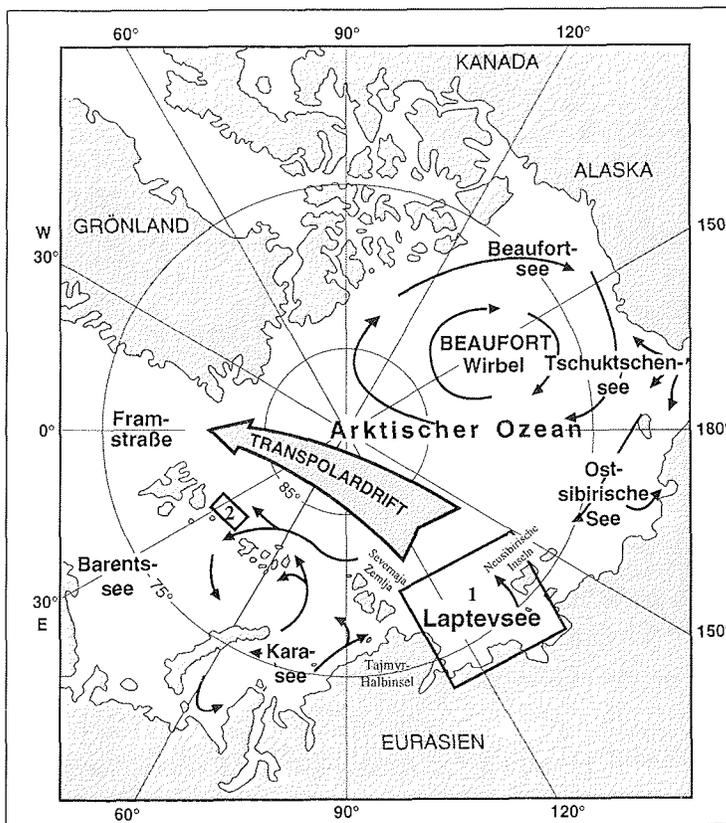


Abb. 1: Eisdriftmuster im Arktischen Ozean und seinen Randmeeren (modifiziert nach GORDIENKO & LAKTIONOV 1969) und Lage der Untersuchungsgebiete (1. Laptevsee; 2. nördliche Barentssee).

Fünf große Flüsse (Khatanga, Anabar, Olenek, Lena und Jana) entwässern in die Laptevsee. Olenek, Lena und Jana haben ein Delta entwickelt und Khatanga und Anabar münden in

Ästuar. Das Lenadelta nimmt eine Gesamtfläche von 28.000 km<sup>2</sup> ein (HOLMES 1967). Das Delta wird von vier Hauptarmen der Lena durchzogen (LÉTOLLE et al. 1993). Den Laptevsee-Schelf durchziehen fünf große submarine Rinnen (Anabar-Khatangarinne, Olenekrinne, westliche Lenarinne, östliche Lenarinne und Janarinne), die von Süden nach Norden verlaufen. Sie wurden während der pleistozänen Meeresspiegel-Tiefstände durch die in die Laptevsee entwässernden Flüsse eingeschnitten (HOLMES & CREAGER 1974). Diese Rinnen werden seewwärts nicht kontinuierlich tiefer, sondern sind durch eine Reihe von linearen tektonisch angelegten Schwellen und Trögen gekennzeichnet (HOLMES & CREAGER 1974). Zwischen der östlichen Lenarinne und der Janarinne im östlichen Teil des Laptevsee-Schelfes liegen die Stolbovoybank und die südlich angrenzende Vasilevkybank. Es handelt sich dabei um ausgedehnte sandige Ebenen mit Wassertiefen von weniger als 15 m. Auch in der westlichen Laptevsee finden sich zwischen der Anabar-Khatangarinne, Olenekrinne und der westlichen Lenarinne Verebnungsflächen mit Wassertiefen von weniger als 10 bis 15 m (HOLMES & CREAGER 1974; Abb. 2).

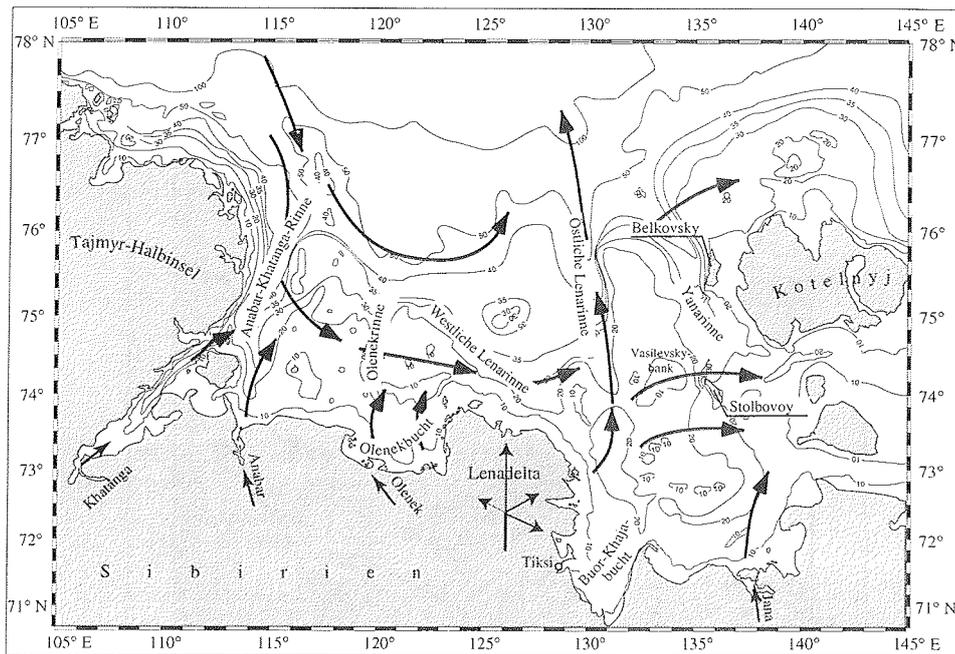


Abb. 2: Bathymetrie und Oberflächenströme in der Laptevsee (HOLMES 1967, verändert nach SUSLOV 1961)

Nach SILVERBERG (1972), HOLMES & CREAGER (1974) und RACHOLD et al. (1996) wird die Akkumulation der Sedimente auf dem Laptevsee-Schelf und im Arktischen Ozean durch den Sedimenteintrag der Flüsse, vor allem durch die Lena, entscheidend beeinflusst. Der westliche Schelf wird von gröberen, sandigen bis sandig-siltigen Sedimenten bedeckt, während der östliche Schelfbereich überwiegend von feinkörnigeren, siltig-tonigen Sedimenten geprägt ist (BENTHIEN 1994, LINDEMANN 1994). Die rezente Sedimentation der Flußfrachten ist nach BENTHIEN (1994) und LINDEMANN (1994) überwiegend auf die Rinnen beschränkt. Die Sedimentationsraten liegen nach Radioisotopendatierungen mit Pb-210 in der westlichen Laptevsee

um 26 mm pro Jahr und in der östlichen Laptevsee zwischen 14 und 64 mm pro Jahr (STROBL, unveröff. Daten).

### 1.2 Hydrographie und Eisverhältnisse

Die in die Laptevsee entwässernden sibirischen Flüsse sind für die hydrographischen Bedingungen von großer Bedeutung. Durch die Lena gelangt der Hauptanteil an Sediment und Süßwasser in die Laptevsee (RACHOLD et al. 1996). 84 % des Wassers fließt in den Sommermonaten über die beiden östlichen Hauptarme der Lena (Trofimovskaya- und Bykovskaya-kanal) in dieses Gebiet (LÉTOLLE et al. 1993). Deshalb überschichtet eine mächtige, sauerstoff- und nährstoffreiche Brackwasserfahne die Wassermassen im östlichen Teil des Schelfes während des kurzen arktischen Sommers. Der Brackwasserkörper kann bis zu 350 km in die Laptevsee reichen (LÉTOLLE et al. 1993) und spiegelt sich in den geringen Salzgehalten und erhöhten Temperaturen der Oberflächenwassermassen vor allem im Bereich des Lenadeltas wider. Der Salzgehalt liegt östlich des Lenadeltas unter 10 (ohne Einheit, nach UNESCO 1985) und die Temperaturen schwanken zwischen 4 und 6 °C (Abb. 3 und 4; TRESHNIKOV 1985, DMITRENKO et al. 1995).

Generell ist während des Sommers ein deutlicher Ost-West-Gradient (Abb. 3 und Abb. 4) in den Salzgehalten und Temperaturen der Oberflächenwassermassen in der Laptevsee ausgebildet. In der westlichen Laptevsee steigt der Salzgehalt der Oberflächenwassermassen von Süden nach Norden von 17 auf 30 und in der östlichen Laptevsee von < 10 bis 30 an (TRESHNIKOV 1985). Die Temperaturen der Oberflächenwassermassen nehmen im westlichen Teil der Laptevsee von 3 auf -1,5 °C und im östlichen Teil von > 4 auf -1,5 °C ab. Dieses Oberflächenwasser wird durch kaltes Wasser, das Salzgehalte zwischen 30 und 34,5 aufweist, unterlagert.

Die Oberflächenströme in der Laptevsee sind nach SUSLOV (1961) während der Sommermonate vorwiegend gegen den Uhrzeigersinn gerichtet (Abb. 2). Die Strömungsgeschwindigkeit liegt im allgemeinen unter 10 cm/sec (HOLMES & CREAGER 1974). Nach TIMOKHOV (1994) werden die Oberflächenströme von den Windverhältnissen, die im Sommer in der Laptevsee herrschen, entscheidend beeinflusst.

Neun bis zehn Monate im Jahr ist die Laptevsee eisbedeckt (LÉTOLLE et al. 1993). Im Bereich der Polynja, einer küstennahen eisfreien Wasserzone (SMITH et al. 1990), wird im Winter durch den latenten Wärmeverlust Meereis gebildet (NÜRNBERG et al. 1994, KASSENS & KARPIY 1994 b). In das Neueis können nach DETHLEFF (1995) große Mengen an Sediment eingefroren werden. Das Meereis wird durch die Transpolardrift über den Arktischen Ozean in die Framstraße transportiert (DETHLEFF et al. 1993). Nach TRESHNIKOV (1985) liegt die mittlere Meereiskante im August in der östlichen Laptevsee bei etwa 77°N und in der westlichen Laptevsee ungefähr bei 74°N. In extrem kalten Jahren und in Abhängigkeit des Süßwassereintrages der Flüsse ist im Sommer nur ein schmaler Bereich rund um das Lenadelta und vor der Janamündung eisfrei (Abb. 5).

## II. Grundlagen

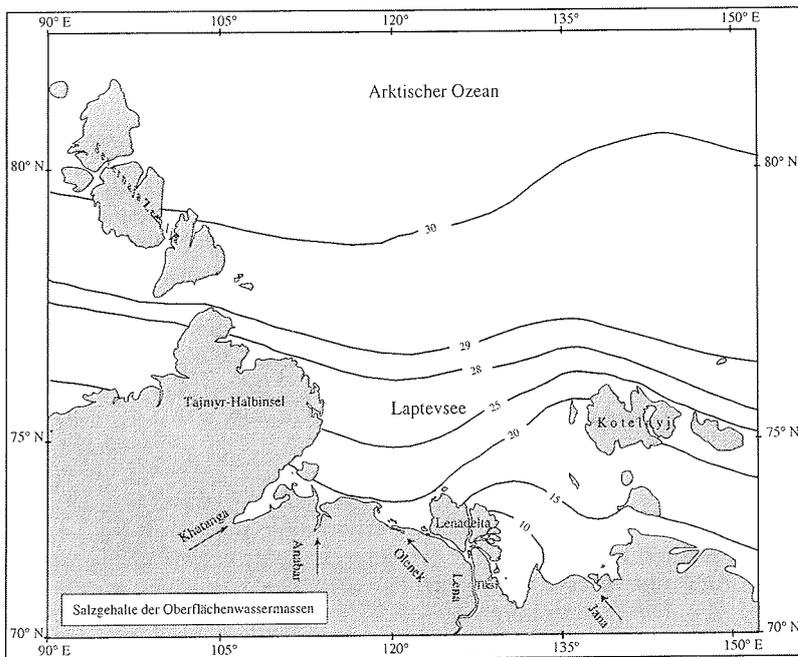


Abb. 3: Schematische Darstellung der Salzgehalte des Oberflächenwassers der Laptevsee im Sommer (nach TRESHNIKOV 1985).

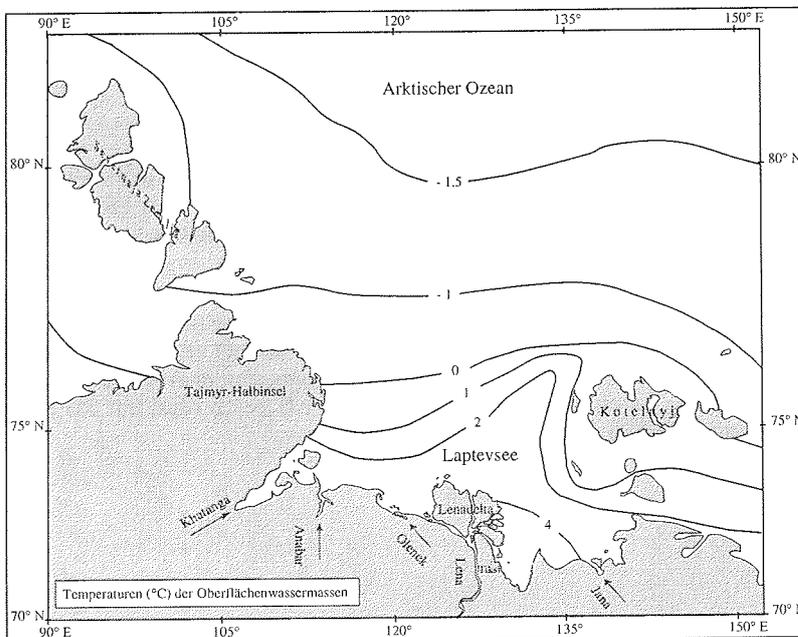


Abb. 4: Schematische Darstellung der Temperaturen (°C) des Oberflächenwassers der Laptevsee im Sommer (nach TRESHNIKOV 1985).

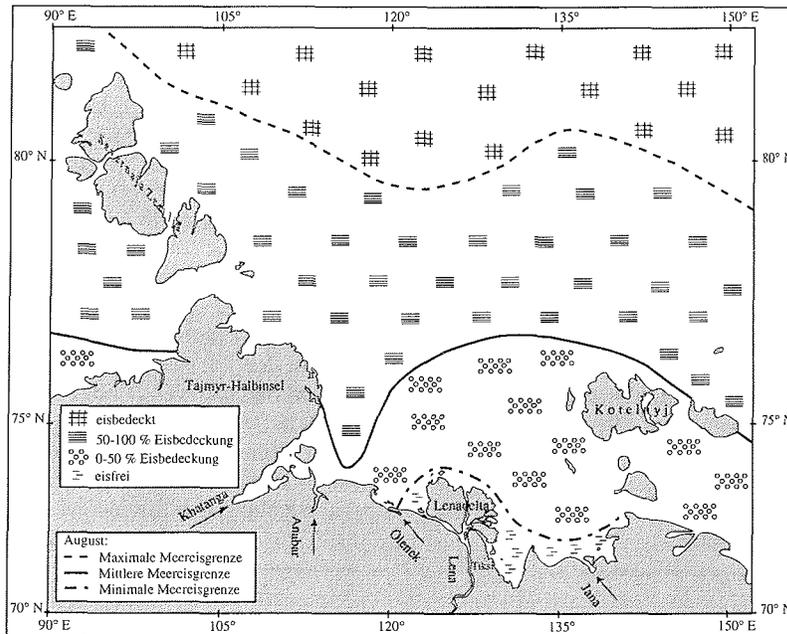


Abb. 5: Eisbedeckung der Laptevissee im August (nach TRESHNIKOV 1985).

## 2. Aquatische Palynomorphen

### 2.1 Dinoflagellaten und ihre Zysten

Dinoflagellaten sind einzellige, eukaryotische Organismen, die im motilen Stadium zwei Geißeln besitzen (FENSOME et al. 1996). Sie sind zusammen mit Diatomeen und Coccolithophoriden die wichtigsten Primärproduzenten im marinen Milieu (DALE 1996). Dinoflagellaten kommen in den unterschiedlichsten Lebensräumen vor. Die Mehrheit der Dinoflagellaten (ca. 90 %) sind marine planktische Formen mit der größten Diversität in tropischen Regionen (TAYLOR & POLLINGER 1987). Sie kommen auch in polaren Wassermassen, im Meereis und im Schnee vor. In diesen kalten Ökosystemen sind sie aber nicht so erfolgreich wie Diatomeen oder Chlorococcalgen (TAYLOR & POLLINGER 1987).

Dinoflagellaten ernähren sich entweder autotroph, heterotroph, symbiontisch oder parasitisch (TAYLOR & POLLINGER 1987, FENSOME et al. 1996). Nach FENSOME et al. (1996) machen die photoautotrophen Arten die Hälfte der gesamten Dinoflagellaten-Gattungen aus. Lichteinstrahlung (Intensität, Wellenlänge, Dauer) und Nährstoffe (u.a. Nitrat, Phosphat, Eisen) in den Oberflächenwassermassen sind u.a. für die Vermehrung und das Wachstum dieser photoautotrophen Dinoflagellaten von besonderer Bedeutung. Die heterotrophen Dinoflagellaten dagegen ernähren sich entweder von anderen Organismen oder sie nehmen gelöste Substanzen aus der Wassersäule auf (SCHNEPF & ELBRÄCHTER 1992). Die Nahrungsgrundlage einiger heterotropher Dinoflagellaten-Arten sind Diatomeen. Bestimmte Dinoflagellaten der Gattung *Protoperdinium* ernähren sich bevorzugt von Diatomeen der Gattung *Chaetoceros* (JACOBSON & ANDERSON 1986).

Dinoflagellaten pflanzen sich asexuell oder sexuell fort (EVITT 1985). Sie können innerhalb eines Lebenszyklus ein motiles Stadium mit Geißeln und ein Zystenstadium ohne Geißeln

(Abb. 6) durchlaufen. Durch den Besitz der zwei Geißeln sind die Dinoflagellaten im motilen Stadium befähigt, sich in der Wassersäule aktiv zu bewegen.

Es gibt sowohl athekate (nackte) als auch thekate Formen. Die Theken bestehen aus Zelluloseplatten und sind dadurch fossil nicht erhaltungsfähig. In diesem Stadium vermehren sich die Dinoflagellaten ungeschlechtlich durch Teilung der vegetativen Zelle (Abb. 6). Einige Dinoflagellaten-Arten können in diesem Stadium temporäre Zysten bilden. NEHRING (1994) vermutet, daß die Bildung dieser Temporärzysten es den Dinoflagellaten erlaubt, kurzfristig auftretende ungünstige Umweltbedingungen (z.B. starke Salzgehaltserhöhungen der Wassermassen) besser zu überstehen.

Die Bildung der Dinoflagellaten-Zysten ist vermutlich mit der sexuellen Fortpflanzung der Dinoflagellaten gekoppelt (FENSOME et al. 1996, HEAD 1996). Je zwei Gameten verschmelzen zu einer motilen Planozygote (DALE 1983). Innerhalb dieser Planozygote bildet sich um den Protoplasten eine nichtmotile Zyste, die durch den Zerfall der Theka freikommt und zu Boden sinkt. Die Zysten bestehen entweder aus organischer Substanz, Kalzit oder sehr selten aus Silikat (FENSOME et al. 1996) und sind daher im Gegensatz zu den thekaten Formen fossil erhaltungsfähig. Nach einer Keimungsphase, die mehrere Stunden oder Monate andauern kann, verläßt der Protoplast durch die Archäopyle die Zyste und bildet eine motile Planomeiozyste mit Theka aus (NEHRING 1994). Durch Zellteilung entstehen danach wieder zwei vegetative Zellen (DALE 1983).

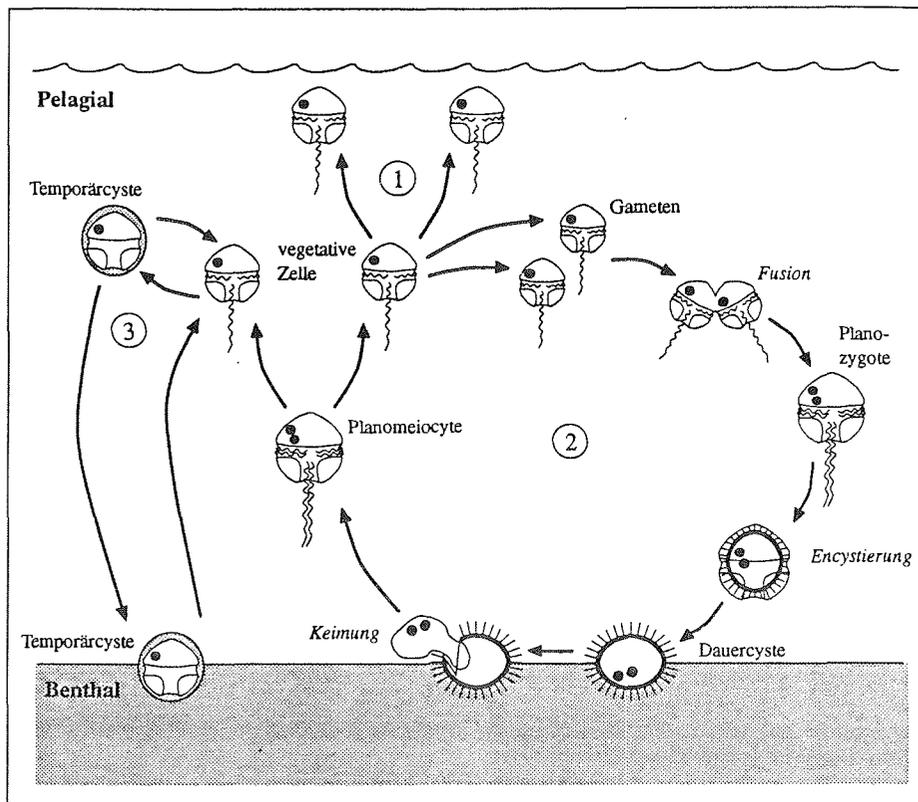


Abb. 6: Schematische Darstellung des Lebenszyklus der Dinoflagellaten (aus NEHRING 1994). 1) Ungeschlechtliche Vermehrung der vegetativen Zelle, 2) Geschlechtliche Fortpflanzung mit Bildung einer Dauerzyste, 3) Abkapselung der vegetativen Zelle und Bildung einer Temporärzyste. (\* haploid, \*\* diploid)

Die Zysten der Dinoflagellaten schützen nach DALE (1983) den Organismus vor ungünstigen Umweltbedingungen. Zum Beispiel überwintern viele Zysten in höheren Breiten bei niedrigeren Temperaturen, als das vegetative Stadium überleben könnte. In der Zyste kann der Protoplast viele Jahre lang überleben bis die Umweltbedingungen für die motile Zelle wieder günstiger sind. Weiterhin können die Zysten durch Transport in der Wassersäule und am Meeresboden neue Lebensräume erobern (DALE 1983).

Von den ungefähr 2000 rezenten Dinoflagellaten-Arten (TAYLOR 1987) bilden nach HEAD (1996) nur 198 marine Taxa und 62 Süßwasserarten Zysten. Von diesen 260 Dinoflagellaten-Arten erzeugen 235 organisch-wandige und 25 kalkige Zysten (HEAD 1996). In den marinen Ökosystemen gehören die meisten zystenbildenden Dinoflagellaten zu den beiden Gattungen *Protoperidinium* und *Gonyaulax* (DALE 1983). Einige Dinoflagellaten (z.B. *G. spinifera*) können morphologisch unterschiedliche Zysten ausbilden (HEAD 1996). Die Taphozönosen stellen damit ein stark verzerrtes Abbild der Biozönosen dar (MATTHIESSEN 1991).

### 2.2 Chlorococcalalgen

Die Chlorococcalalgen sind eine umfangreiche vielgestaltige Algengruppe mit etwa 5000 Arten. Einige Gattungen besitzen entweder eine resistente dünne organische Zellwand, und/oder sie bilden innerhalb eines Lebenszyklus Zysten aus (PARRA BARRIENTOS 1979, BRENNER & FOSTER 1994). Dadurch können sie fossil überliefert werden.

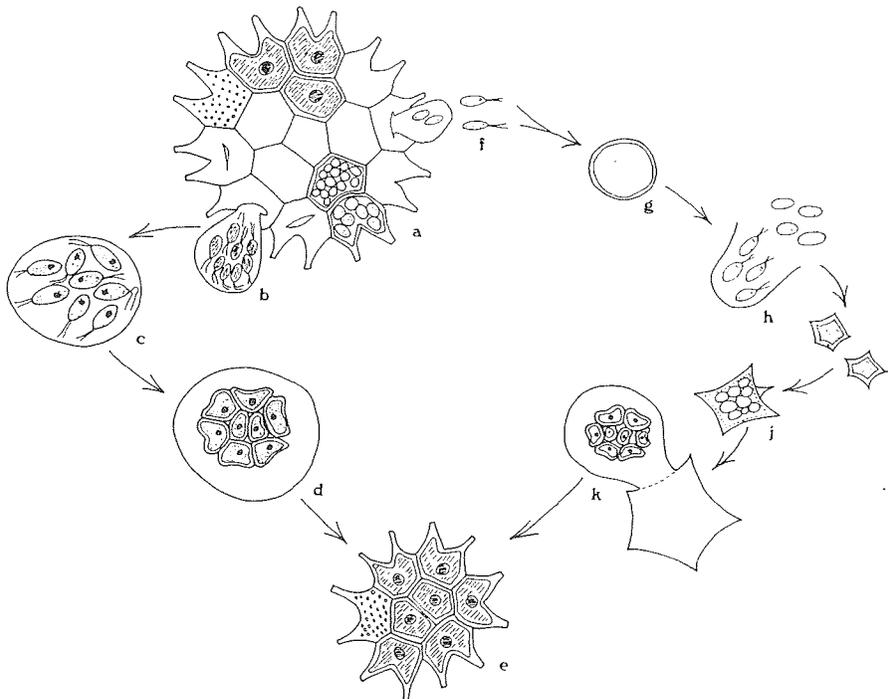


Abb. 7: Entwicklungszyklus von *Pediastrum* aus PARRA BARRIENTOS (1979), schematische Darstellung. a) Coenobium, b) Austritt der Blase mit den Zoosporen durch einen Spalt in der Zellwand, c) Blase mit Zoosporen, d-e) Neubildung eines Coenobiums, f) Gameten, g) Zygote, h) Zygotenkeimung und Bildung der Meiosporen und Polyeder, i) Polyeder, j) Zoosporenbildung in dem Polyeder, k, e) Keimung eines Polyeders und Neubildung eines Coenobiums.

*Pediastrum*

Die einzelnen Exemplare der Gattung *Pediastrum* bilden scheibenförmige Coenobien aus. Die Anzahl der Zellen im Coenobium kann variieren, bleibt aber fast immer eine Potenz der Zahl 2 (4, 8, 16 usw. bis 512) (PARRA BARRIENTOS 1979). Dies hängt mit der Teilung des Mutterprotoplasten bei der Vermehrung zusammen (SULEK 1969). Abweichungen von der gesetzmäßigen Zellenzahl  $2^n$  sind sehr selten (SULEK 1969, INGOLD 1973). Die Individuen der Gattung *Pediastrum* können sich sowohl geschlechtlich als auch ungeschlechtlich fortpflanzen (SULEK 1969, PARRA BARRIENTOS 1979, Abb. 7).

Die Individuen innerhalb einer Art können in Größe und Ausbildung der einzelnen morphologischen Merkmale stark variieren (PARRA BARRIENTOS 1979). Bei schlechter Erhaltung oder ungünstiger Orientierung der Zellen ist dadurch eine Zuordnung einzelner Exemplare zu einer Art schwierig oder nicht möglich. Die Merkmalsvariationen werden durch die ontogenetische Entwicklung und die ökologischen Bedingungen hervorgerufen (SULEK 1969, BATTEN 1996). Weiterhin treten zwischen einzelnen Arten Übergangsformen auf (CHANG & CHANG-SCHNEIDER 1980).

*Botryococcus*

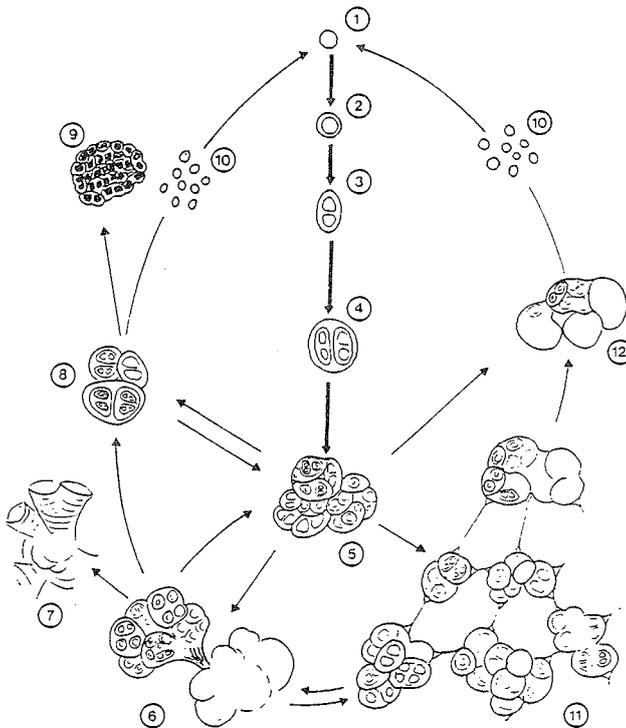


Abb. 8: Hauptentwicklungsstadien im Lebenszyklus von *Botryococcus* (GUY-OHLSSEN 1992). 1) Autospore, 2) Autospore mit erster Differenzierung, 3) erste Längsteilung der Autospore, 4) zweite Längsteilung senkrecht zur ersten Teilung, 5) Kolonie, die aus einfachen und unverzweigten Komponenten besteht, 6) verzweigte Kolonie, 7) alte Matrix mit Wachstumsringen, 8) einfache durch Fragmentation gebildete Kolonie, 9) Skelettmatrix mit leeren Zellen, 10) verstreute Autosporen, 11) einzelne Kolonien, die durch Fäden zusammengehalten werden, 12) aus einzelnen Teilen zusammengesetzte Kolonie.

## II. Grundlagen

---

Die Gattung *Botryococcus* kommt, wie *Pediastrum*, in Kolonienverbänden unterschiedlicher Größe vor (GUY-OHLSSEN 1992). Bei *Botryococcus* ist im Unterschied zu *Pediastrum* nur die vegetative Reproduktion und/oder die Verbreitung durch Autosporen bekannt (Abb. 8, GUY-OHLSSEN 1992).

Die Chlorococcalalgen der Gattungen *Pediastrum* und *Botryococcus* sind kosmopolitisch verbreitet und leben gewöhnlich als Planktonen im Süßwasser, sowohl in stehenden als auch in fließenden Gewässern (PARRA BARRIENTOS 1979). Einige Arten der Gattung *Pediastrum* (*P. boryanum*, *P. kawraisky*) und *B. cf. braunii* können jedoch leicht erhöhte Salzgehalte bis 8 tolerieren (MATTHIESSEN & BRENNER 1996), während andere Taxa (*P. simplex*, *P. duplex*) nur bei Salzgehalten < 3-5 vorkommen (PANKOW 1976). *Pediastrum*-Arten sind charakteristisch für nährstoffreiche Gewässer (PARRA BARRIENTOS 1979). Aus marinen Ablagerungsräumen liegen nur wenige Untersuchungen zum Vorkommen der Chlorococcalalgen vor (u.a. MUDIE 1992, MATTHIESSEN 1994, 1995). Die Vermehrung dieser Algen ist im marinen Milieu wegen der hohen Salzgehalte nicht möglich (BRENNER & FOSTER 1994).

### 2.3 Dinoflagellaten und Chlorococcalalgen im Plankton der Laptevsee

Im Arktischen Ozean leben ungefähr 250 marine planktische Dinoflagellaten-Arten. Diese gehören zu 41 Gattungen und 21 Familien (FENSOME et al. 1993, OKOLODKOV & DODGE 1996). Von diesen 250 arktischen Dinoflagellaten-Arten sind nach OKOLODKOV & DODGE (1996) nur vier, *Dinophysis arctica*, *Protoperidinium islandicum*, *P. thulesense* und *P. saltans*, bipolar verbreitet.

Nach OKOLODKOV & DODGE (1996) lassen sich im Oberflächenwasser der Laptevsee etwa 15 planktische Dinoflagellaten-Arten finden. Damit ist die Biodiversität in der Laptevsee im Gegensatz zur Karasee, Barentssee und Norwegensee mit 90 bis 120 Dinoflagellaten-Taxa sehr gering.

KISSELEW (1932) beschreibt fünf Dinoflagellaten-Arten (*Dinophysis arctica*, *Peridinium breve*, *P. dellucidum*, *P. cinctum*, *Ceratium hirundinella*) aus Planktonproben der Laptevsee. TUSCHLING (1996) konnte verschiedene Arten der Gattung *Protoperidinium* (*P. cf. bipes*, *P. cf. danicus*, *Protoperidinium* spp.) und *Gonyaulax* spp. im Plankton der Laptevsee nachweisen. Nach TUSCHLING (1996) ist *Protoperidinium* spp. auf dem Laptevsee-Schelf mit Ausnahme der Stationen östlich des Lenadeltas vorhanden. *Protoperidinium* spp. kommt bevorzugt an der Wasseroberfläche vor, in 10 m Wassertiefe ist dieses Taxon seltener (TUSCHLING 1996).

Chlorococcalalgen werden aus der Laptevsee von KISSELEW (1932) beschrieben. Die Planktongemeinschaft der Chlorococcalalgen wird von verschiedenen Arten der Gattungen *Pediastrum* (*P. biradiatum*, *P. boryanum*, *P. duplex*) dominiert. TUSCHLING (1996) konnte in Planktonproben der Laptevsee nur selten *P. boryanum* und *Scenedesmus* sp. beobachten.

Nach Planktonuntersuchungen von KISSELEW (1932) können im südöstlichen Teil der Laptevsee ein Uferbezirk und ein Gebiet, das weiter von der Lenamündung entfernt liegt, unterschieden werden. Im Uferbezirk wurden im Plankton reine Süßwasserformen gefunden. Der weiter nördlich gelegene Bezirk wird durch typische marine Formen dominiert.

### III. Material und Methoden

#### 1. Probenmaterial

Die bearbeiteten Oberflächensedimente und Sedimentkerne wurden während der Transdrift-Expeditionen I, II und III in den Jahren 1993, -94, -95 (KASSENS & KARPIY 1994 a, KASSENS 1995 und KASSENS 1997) und der ARK-IX/4 Expedition 1993 (FÜTTERER 1994) aus der Laptevsee und dem angrenzenden Arktischen Ozean entnommen. Die Stationsdaten sind im Anhang in Tab. J aufgeführt und die geographischen Positionen der Stationen sind Abb. 9 zu entnehmen.

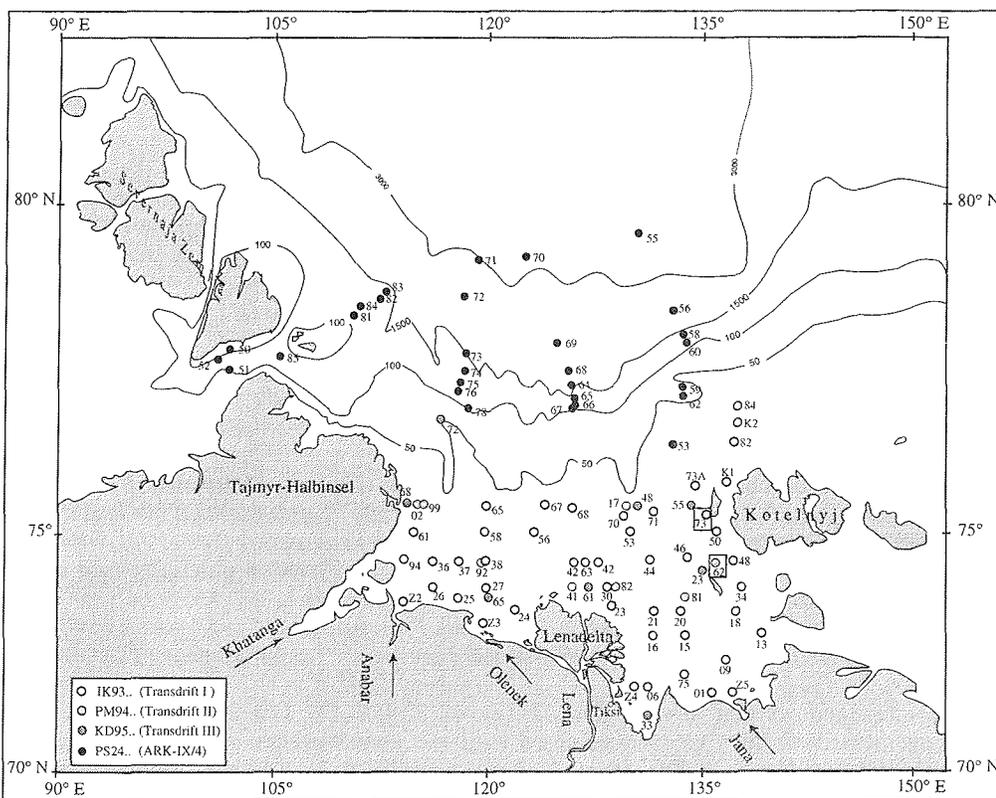


Abb. 9: Geographische Positionen der bearbeiteten Oberflächensedimentproben und Sedimentkerne in der Laptevsee. Die Expeditionsbezeichnung, Jahreszahl und Stationsnummer ist jeweils angegeben. Die Kerne sind durch Quadratsymbole gekennzeichnet.

Die Oberflächensedimente wurden mit einem 10 x 10 x 1 cm Aluminiumausstechrahmen direkt aus dem Großkastengreifer oder Kastengreifer entnommen. Drei Proben aus der nördlichen Barentssee (Abb. 1; siehe Kapitel V: 2.1) und 92 Proben aus der Laptevsee wurden bearbeitet, wobei 2/3 der Probenentnahmepunkte auf dem Schelf und 1/3 der Proben auf dem Kontinentalhang liegen (Abb. 9).

Es wurden zwei Sedimentkerne aus der Janarinne in der östlichen Laptevsee bearbeitet. Die Entnahmeposition des Sedimentkernes PM9462 liegt nördlich der Insel Stolbovoy in einer

### III. Material und Methoden

Wassertiefe von 27 m. Südwestlich der Insel Belkovsky ist bei einer Wassertiefe von 37 m der zweite Kern IK9373 entnommen worden. Kern PM9462 wurde in 20 cm und Kern IK9373 in 3 bis 6 cm Abständen beprobt.

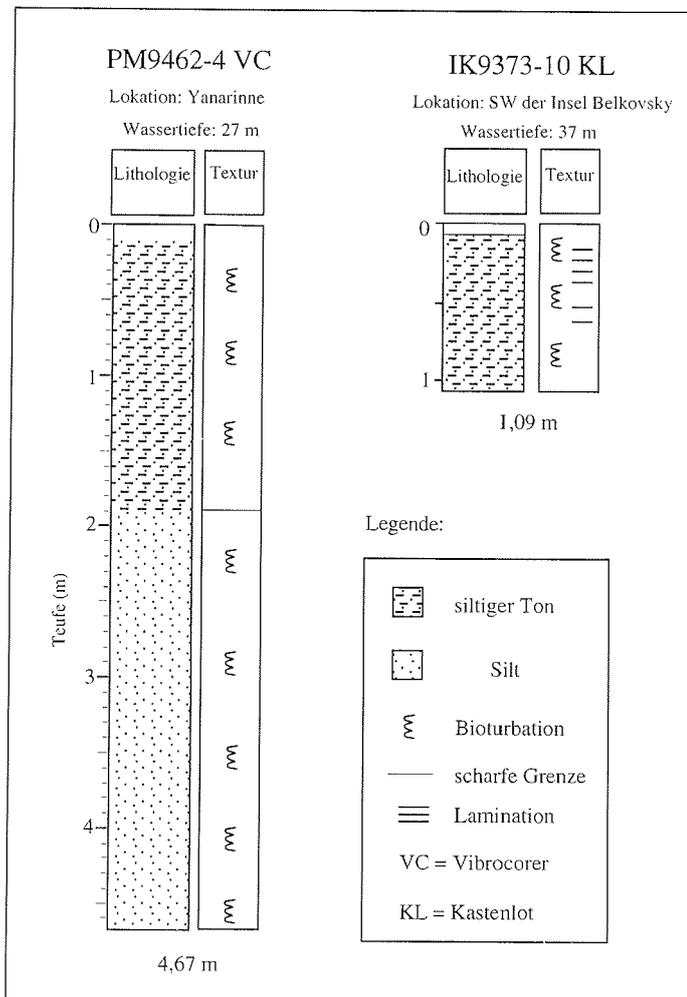


Abb. 10: Lithologien der Sedimentkerne, schematisiert (verändert nach KASSENS & KARPIY 1994 a, KASSENS 1995).

Die Lithologien der beiden Sedimentkerne sind in Abb. 10 schematisch dargestellt. Kern PM9462 ist relativ homogen aufgebaut und teilweise bioturbirt. Er besteht bis 1,88 m aus siltigem Ton und zwischen 1,88 und 4,67 m aus Silt. Kern IK9373 ist sehr homogen aufgebaut und besteht aus siltigem Ton. Zwischen 0,15 - 0,40, 0,57 - 0,60 und 0,67 - 0,70 m wurden schwach laminierte Lagen beobachtet.

## 2. Chemische Aufbereitung

Die Aufbereitung der Proben erfolgte nach palynologischen Standardverfahren (Abb.11). Ausführlich beschreiben diese Methoden BARSS & WILLIAMS (1973), DOHER (1980) und PHIPPS & PLAYFORD (1984).

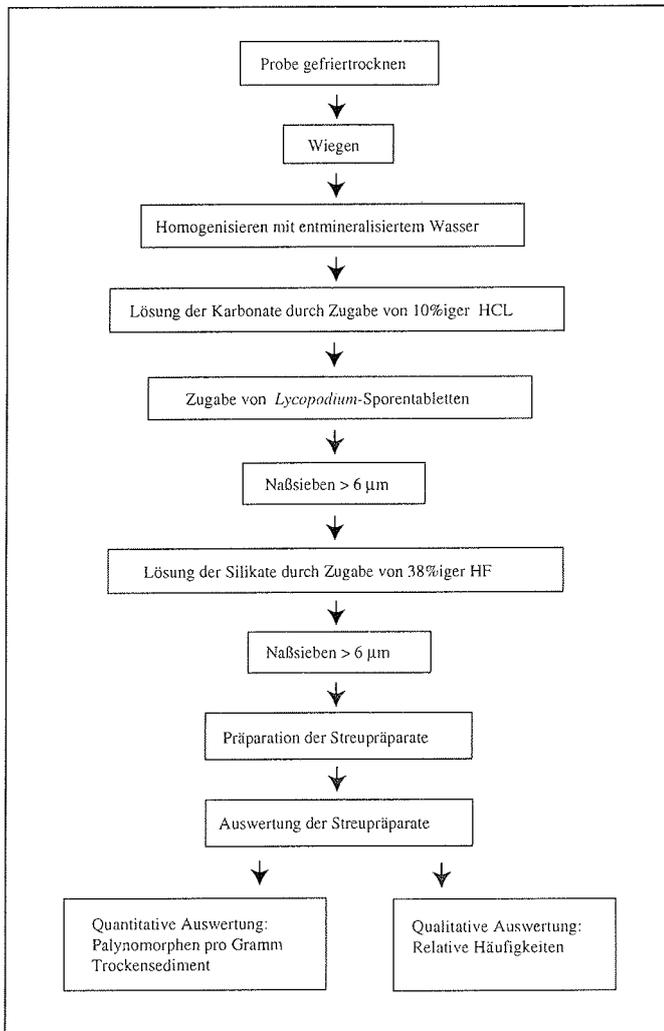


Abb. 11: Flußdiagramm der Probenaufbereitung

Die Proben werden zuerst gefriergetrocknet. Je nach verfügbaren Probenmengen und Korngrößenverteilungen der Sedimente werden danach 5 bis maximal 25 g abgewogen und weiter verarbeitet. Die größten Probenmengen benötigt man bei sandigen Sedimenten. Die Probe wird mit entmineralisiertem Wasser homogenisiert und zur Lösung der Karbonate mit 10 %iger HCl versetzt. Bei der chemischen Aufbereitung werden nur kalte Säuren benutzt, um die Lösung und Zerstörung von dünnwandigen protoperidinioiden Zysten zu vermeiden (DALE 1976).

Danach werden 1-2 Sporentabletten von *Lycopodium clavatum* mit bekanntem Sporengehalt zugesetzt (STOCKMARR 1971). Im nächsten Schritt wird die Probe durch 6 µm-Gaze mit entmineralisiertem Wasser gesiebt. Um die silikatischen Bestandteile zu lösen, wird die Probe nach dem Sieben mit 38 %iger HF versetzt und nach dem Lösungsvorgang erneut durch 6 µm-Gaze naßgesiebt. Je nach Silikatgehalt muß die Probe mehrmals abgesiebt und mit HF aufgefüllt werden. Für die mikroskopische Auswertung werden danach von jeder Probe 4 bis 8 Streupräparate angefertigt. Als Einbettungsmittel wird Glyceringelatine benutzt.

Durch die aufwendige Aufbereitungsmethode und das häufige Sieben kann es zu geringen Verlusten von Probenmaterial kommen. Die Verluste sind bei homogenen Proben vernachlässigbar, da Palynomorphen und *Lycopodium*-Sporen im gleichen Verhältnis verlorengehen.

### 3. Auswertung der Streupräparate

Die Auswertung der Streupräparate erfolgte mit Hilfe eines Durchlichtmikroskops vom Typ Axiophot der Firma ZEISS. Das Mikroskop ist mit Interferenzkontrast nach NOMARSKI, Phasenkontrast und UV-Anregung ausgestattet. Die Palynomorphen wurden bei 400- oder 1000-facher Vergrößerung taxonomisch eingeordnet und bei 400-facher Vergrößerung gezählt.

#### 3.1 Relative Häufigkeiten

Bei der Auswertung der Streupräparate wurde versucht, mindestens 100 Dinoflagellaten-Zysten zu zählen. Um diese Mindestanzahl der Palynomorphen zu erreichen, mußten teilweise bis zu 8 Präparate ausgezählt werden. Im Bereich der Flußmündungen erreichte die Gesamtsumme der Dinoflagellaten-Zysten Werte < 100, so daß diese Proben nicht in die statistische Auswertung einbezogen wurden. Dies läßt sich auf den hohen Gehalt an pflanzlichen Partikeln in den Sedimenten und den damit verbundenen Verdünnungseffekt in diesen Gebieten zurückführen. Die Chlorococcalalgen, Acritarchen und verschiedene Zoomorphen wurden gleichzeitig mitgezählt, so daß die Gesamtsumme der gezählten Palynomorphen meist bei > 300 lag (Anhang, Tab. A). Schlecht erhaltene Palynomorphen wurden nur mitgezählt, wenn mindestens die Hälfte des Exemplares vorhanden war. Foraminiferen-Tapeten gingen nur in die Auswertung ein, wenn mindestens drei Kammern zu sehen waren.

Da die Dinoflagellaten-Zysten und Chlorococcalalgen unterschiedlichen biologischen Gruppen angehören, beziehen sich die relativen Häufigkeiten nicht auf die Gesamtsumme dieser Palynomorphen, sondern auf die Gesamtsumme der jeweiligen Gruppe. Bei den Acritarchen und verschiedenen Zoomorphen werden die Konzentrationen (Exemplare pro Gramm Trockensediment = Ex./g) angegeben.

#### Fehler

Der Fehler in den relativen Häufigkeiten errechnet sich aus der Quadratwurzel der gezählten Exemplare geteilt durch die Anzahl der gezählten Exemplare (STOCKMARR 1971). Der Fehler liegt bei 100 Exemplaren bei 10 % und bei 400 Exemplaren bei 5 %. Um Unsicherheiten bei der taxonomischen Zuordnung auszuschließen, wurden die zuerst ausgezählten Proben später erneut gezählt.

#### 3.2 Bestimmung der Konzentrationen

Die Bestimmung der Konzentrationen der Palynomorphen erfolgte unter Zuhilfenahme der zugesetzten *Lycopodium clavatum*-Sporen nach der "marker-grain" Methode nach STOCKMARR (1971).

Die Konzentrationen (OM) der Palynomorphen errechnen sich folgendermaßen (1):

$$OM (g^{-1}) = \frac{n * n_{OM}}{n_L * m_p} \quad (1)$$

$n$  = Anzahl der zugesetzten *Lycopodium*-Sporen

$n_{OM}$  = Anzahl der gezählten Palynomorphen

$n_L$  = Anzahl der gezählten *Lycopodium*-Sporen

$m_p$  = Trockengewicht (g) der aufbereiteten Probe

Die benutzten Sporen-Tabletten (Batch-Nr. 124961) wurden von Dansk Droge A/S, Ishøj Dänemark (Bezugsquelle: Department of Quaternary Geology, S-223 63 Lund, Schweden) hergestellt. Sie weisen folgende Kennwerte auf:

$$\begin{aligned} x &= 12\,542 \text{ Sporen pro Tablette} \\ s &= \pm 2081 \\ V &= \pm 3,3 \% \end{aligned}$$

#### Fehlerberechnung

Diese Methode liefert keine absoluten Werte, sondern Abschätzungen innerhalb eines Konfidenzintervalls. Ihre Genauigkeit ist von der Anzahl der gezählten Palynomorphen und *Lycopodium*-Sporen und von der Tablettenkalibrierung (Varianz  $V$ ) abhängig. Aus der Quadratwurzel der Summe der Einzelfehler (2) läßt sich der Fehler ( $y$ ) in den Konzentrationen ermitteln (STOCKMARR 1971). Es wurden pro Probe durchschnittlich 470 *Lycopodium*-Sporen gezählt.

$$y (\%) = \pm 100 * \sqrt{V^2 + \frac{n_{OM}^2}{n_{OM}^2} + \frac{n_L^2}{n_L^2}} \quad (2)$$

#### 3.3 Taxonomische Einordnung der Palynomorphen

Die Klassifikation der Dinoflagellaten-Zysten und Chlorococcalalgen folgt dem ICBN (International Code of Botanical Nomenclature). Die übergeordnete taxonomische Einordnung der Dinoflagellaten-Zysten wurde nach FENSOME et al. (1993) vorgenommen. Die subgenerische Einordnung der Dinoflagellaten-Zysten beruht auf LENTIN & WILLIAMS (1993). Die einzelnen Taxa sind nach Hauptgruppen getrennt und innerhalb höherer taxonomischer Kategorien im Kapitel VII alphabetisch aufgeführt. Die Nomenklatur der Zystenmerkmale folgt WILLIAMS et al. (1978).

Zur Benennung der Dinoflagellaten und ihrer Zysten wird eine duale Nomenklatur verwendet. Die Theken der Dinoflagellaten werden nach der biologischen und deren Zysten nach der paläontologischen Nomenklatur benannt (DALE 1983). In vielen Fällen ist jedoch der Zusammenhang zwischen den Dinoflagellaten-Zysten und ihren vegetativen Stadien nicht geklärt, so daß in dieser Arbeit die paläontologische Nomenklatur verwendet wird. Dinoflagellaten-Zysten, die keinen eigenen paläontologischen Namen besitzen, werden im Folgenden als "Zyste von ..." (biologischer Artname der Theka) aufgeführt.

### III. Material und Methoden

Die Dinoflagellaten-Zysten wurden je nach Erhaltungszustand bis auf Artniveau bestimmt. Bei einigen Gattungen (z.B. *Brigantedinium*, *Algidasphaeridium*) war eine Zuordnung der Zysten zu einer Art oft nicht möglich, da die Zysten entweder schlecht erhalten oder das einzige Unterscheidungsmerkmal, die Archäopyle, nicht optimal orientiert war. Diese Zysten wurden unter dem Gattungsnamen (z.B. *Brigantedinium* spp.) zusammengefaßt. Aus diesem Grund werden oft Sammelgruppen (MATSUOKA 1987, DALE & DALE 1992, DE VERNAL et al. 1992 b, MARRET 1994, BIEBOW 1996, MARRET & DE VERNAL 1997) gebildet.

Die Taxonomie der Chlorococcalgen erfolgt in Anlehnung an PARRA BARRIENTOS (1979) und MATTHIESSEN & BRENNER (1996). Abweichungen sind im Kapitel VII unter den taxonomischen Bemerkungen beschrieben. Exemplare der Gattung *Pediastrum*, die wegen schlechter Erhaltung oder ungünstiger Orientierung nicht eindeutig einer Art zugeordnet werden konnten, werden unter der Bezeichnung *Pediastrum* spp. zusammengefaßt.

Unter dem Sammelbegriff Foraminiferen-Tapeten, den inneren organischen Hüllen von benthischen agglutinierenden oder kalkigen Foraminiferen (DE VERNAL et al. 1992 a), wurden alle identifizierten Morphotypen zusammengefaßt. Eine taxonomische Zuordnung der Tapeten zu einzelnen Foraminiferen-Arten ist sehr schwierig, da verschiedene Gattungen morphologisch gleiche Tapeten ausbilden können (STANCLIFFE 1996). Nicht alle benthischen Foraminiferen bilden auch organische Hüllen (DE VERNAL et al. 1992 a).

Die Tintinniden-Zysten und -Loricae und Copepoden-Eier bzw. Eier anderer mariner Organismen wurden in Formengruppen zusammengefaßt und nicht auf Gattungs- oder Artniveau bestimmt, da über die ökologischen Ansprüche dieser Taxa nichts bekannt ist und sie in der Laptevsee sehr heterogene Verbreitungsmuster zeigen.

## 4. Stratigraphie

### 4.1 AMS-<sup>14</sup>C Datierungen

Es wurden pro Sedimentkern sechs Proben am Institut für Physik und Astronomie der Universität Aarhus (Dänemark) mit Hilfe der AMS-<sup>14</sup>C-Methode datiert (BAUCH, unveröff. Daten). Die <sup>14</sup>C-Alter wurden um einen marinen Reservoir effekt von 400 Jahren korrigiert (Tab. 1).

Tab. 1: Altersfixpunkte der Sedimentkerne IK9373 und PM9462 mit Reservoirkorrektur, nach BAUCH, unveröff. Daten (KL = Kastenlot, VC = Vibrocorer).

| Kernbezeichnung | Teufe (cm) | Probentyp | <sup>14</sup> C-Alter (J.v.h.)<br>unkorr. | <sup>14</sup> C-Alter (J.v.h.)<br>Reservoir korr. |
|-----------------|------------|-----------|---|---|
| IK9373-10 KL    | 32,50      | Bivalve   | 1550                                      | 1150  |
|                 | 53,50      | Bivalve   | 1820                                      | 1420  |
|                 | 62,50      | Bivalve   | 1940                                      | 1540  |
|                 | 76,00      | Bivalve   | 2123                                      | 1723  |
|                 | 89,50      | Bivalve   | 2355                                      | 1955  |
|                 | 100,00     | Bivalve   | 2550                                      | 2150  |
| PM9462-4 VC     | 27,50      | Bivalve   | 900                                       | 500   |
|                 | 157,50     | Bivalve   | 3235                                      | 2835  |
|                 | 240,50     | Bivalve   | 4620                                      | 4220  |
|                 | 269,50     | Bivalve   | 5060                                      | 4660  |
|                 | 348,50     | Bivalve   | 6480                                      | 6080  |
|                 | 405,50     | Bivalve   | 7120                                      | 6720  |

Mit Hilfe linearer Interpolation zwischen den einzelnen  $^{14}\text{C}$ -Altern (J.v.h.) erfolgte die stratigraphische Einordnung der untersuchten Proben (Anhang, Tab. K und L). Sie werden im Folgenden als  $^{14}\text{C}$ -Alter (J.v.h.) angegeben und nicht in Kalenderjahre umgerechnet, um die Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchungen an holozänen Sedimentkernen zu ermöglichen (u.a. NAIDINA 1995, MELLES et al. 1996).

Die Sedimentoberflächen an den Stationen PM9402, PM9417, PM9442, PM9462, PM9463, PM9482 und PM9481 sind nach Radioisotopendatierungen mit Pb-210 maximal 15 Jahre alt (STROBL, unveröff. Daten). Aufgrund dessen wurden die Kernoberflächen gleich Null Jahre gesetzt.

#### 4.2 Sedimentations- und Akkumulationsraten der Sedimentkerne

Die Sedimentationsraten der Sedimentkerne lassen sich mit Hilfe eines Alters-/Teufendiagrammes ermitteln (Abb. 12 und 13). In diesem Diagramm werden die AMS- $^{14}\text{C}$ -Alter gegen die Tiefe aufgetragen und verbunden. Anhand der Steigung zwischen den einzelnen Altersfixpunkten kann die lineare Sedimentationsrate abgelesen werden. Die Sedimentationsraten werden in dieser Arbeit in cm pro 100 Jahre angegeben, da die Proben aus Kern IK9373 nur den Zeitraum zwischen 2300 und 390 J.v.h. umfassen.

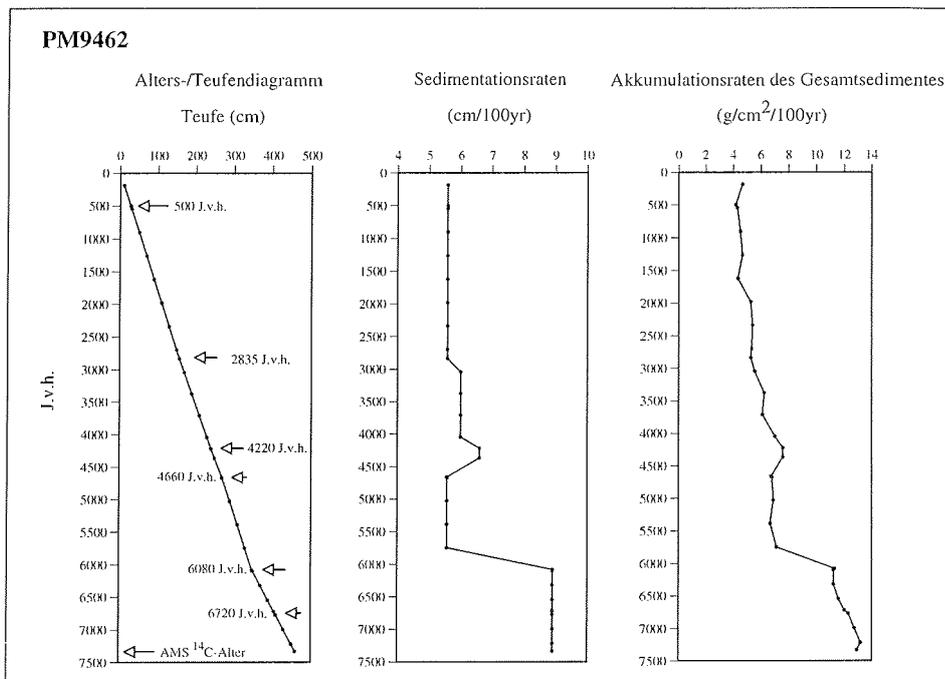


Abb. 12: Alters-/Teufendiagramm, Sedimentationsraten und Akkumulationsraten des Gesamtsedimentes für den Kern PM9462.

Im Kern PM9462 liegt die lineare Sedimentationsrate zwischen 7400 und 6100 J.v.h. bei 8,9 cm pro 100 Jahre, um dann um 5800 J.v.h. sprunghaft auf 5,6 cm pro 100 Jahre zurückzugehen. Bis 2700 J.v.h. schwanken die Sedimentationsraten zwischen 5,6 und 6,6 cm pro 100 Jahre, danach erreichen sie einen Wert von 5,6 cm pro 100 Jahre (Abb. 12). Im Kern IK9373

### III. Material und Methoden

schwanken die Sedimentationsraten im Zeitraum von 2300 und 390 J.h.v. zwischen 2,8 und 7,8 cm pro 100 Jahre (Abb. 13).

Weiterhin wurden für die Sedimentkerne die Akkumulationsraten des Gesamtsedimentes (Abb. 12 und 13) und die Akkumulationsraten der Palynomorphen berechnet. Die linearen Sedimentationsraten geben keine Auskunft über die Porosität und Kompaktion der Sedimente, so daß sich unterschiedlich stark verfestigte Sedimente nicht vergleichen lassen (BOHRMANN 1988). Aus diesem Grund haben VAN ANDEL et al. (1975) den Begriff der Akkumulationsrate eingeführt. Die Akkumulationsrate des Gesamtsediments ( $AR_{Gesamt}$ ) errechnet sich aus dem Produkt der Trockendichte (TD) und der linearen Sedimentationsrate (LSR).

$$AR_{Gesamt} [g * cm^{-2} * 100 yr^{-1}] = LSR [cm * 100 yr^{-1}] * TD [g * cm^{-3}]$$

Die Akkumulationsrate berücksichtigt die Kompaktion des Sediments unter der vereinfachten Annahme, daß der Porenraum des Sedimentes vollständig mit Wasser gefüllt ist (VAN ANDEL et al. 1975, THIEDE et al. 1986, BOHRMANN 1988). Die sedimentologischen Daten für die Berechnung der Akkumulationsraten können bei BENTHIEN (1994) und KASSENS (1995) entnommen werden.

Zur Berechnung der Akkumulationsraten der Palynomorphen ( $AR_{Paly}$ ) werden die Konzentrationen der Palynomorphen (KP) mit der Akkumulationsrate des Gesamtsedimentes ( $AR_{Gesamt}$ ) multipliziert.

$$AR_{Paly} [Ex. * cm^{-2} * 100 yr^{-1}] = KP [Ex. * g^{-1}] * AR_{Gesamt} [g * cm^{-2} * 100 yr^{-1}]$$

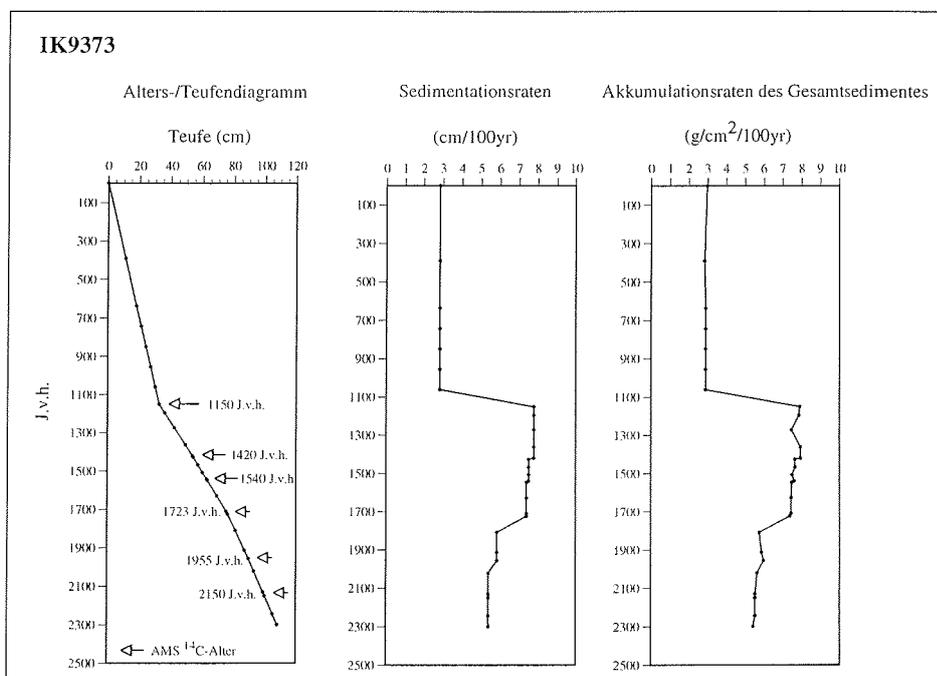


Abb. 13: Alters-/Tiefendiagramm, Sedimentationsraten und Akkumulationsraten des Gesamtsedimentes für den Kern IK9373.

### 5. Statistische Methoden

Um die Zusammensetzung und geographische Verbreitung der Chlorococcalgen- und Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftungen in den Oberflächensedimenten zu bestimmen, wurde eine Q-Modus-Faktorenanalyse durchgeführt.

Die Transferfunktionsmethode nach IMBRIE & KIPP (1971) wurde an zwei Sedimentkernen aus der östlichen Laptevsee angewendet, um aus der Zusammensetzung der Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftungen Paläo-Umweltparameter (Paläo-Temperaturen und -Salzgehalte) zu rekonstruieren.

Das Programm zur Berechnung der Paläo-Umweltparameter gliedert sich in drei Unterprogramme: CABFAC, REGRESS und THREAD. Ausführliche Informationen zur mathematischen Berechnung und zu den mathematisch statistischen Grundlagen und Zusammenhängen sind bei IMBRIE & KIPP (1971), KLOVAN & IMBRIE (1971) und BACKHAUS et al. (1996) zu finden. Im Folgenden werden die einzelnen Unterprogramme vorgestellt (Abb. 14).

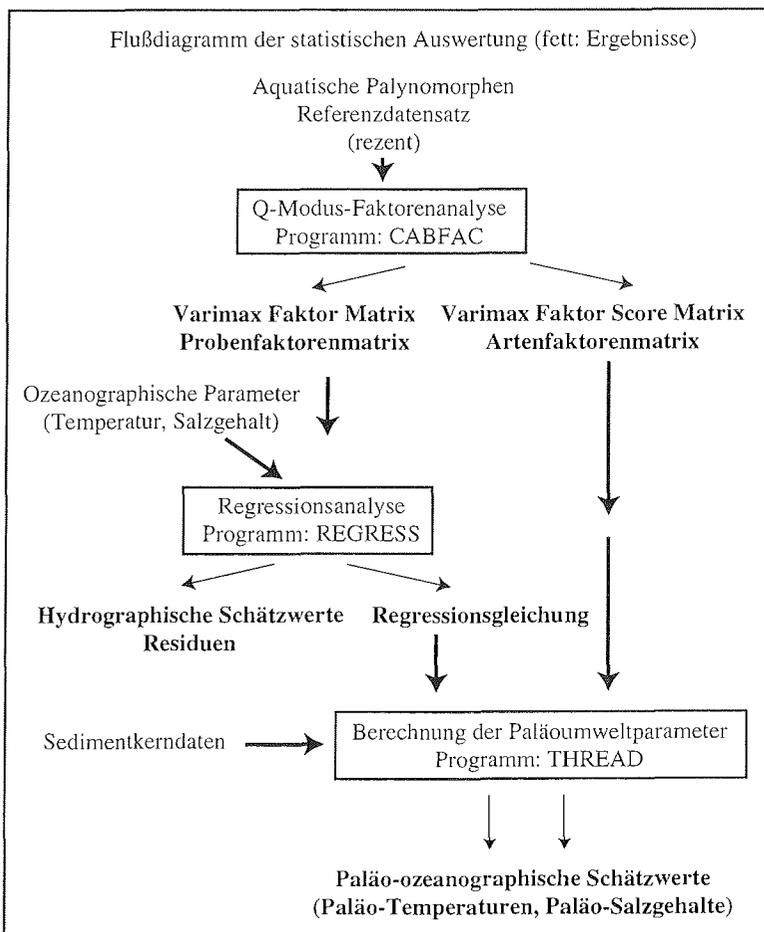


Abb. 14: Flußdiagramm der statistischen Auswertung, verändert nach ZIELINSKI (1993) und NIEBLER (1995).

### 5.1 Q-Modus-Faktorenanalyse (CABFAC)

Bei der Q-Modus Faktorenanalyse mit Varimaxrotation wird die Gesamtheit der bestimmten Palynomorphen-Taxa aus dem Oberflächensedimentdatensatz auf wenige signifikante Vergesellschaftungen (Faktoren) reduziert. Es lassen sich die Anzahl der Vergesellschaftungen, ihre Zusammensetzung (Zugehörigkeit der signifikanten Taxa) und die geographische Verbreitung der einzelnen Vergesellschaftungen ermitteln.

Das Programm liefert zwei für die Interpretation wichtige Datenmatrizen:

#### *Varimax Faktor Matrix (Probenfaktorenmatrix)*

In dieser Matrix wird der jeweilige Anteil eines Faktors an jeder Oberflächenprobe als Faktorladung angegeben. Der Wert kann zwischen -1 und 1 liegen. Weiterhin wird in der Probenfaktorenmatrix die Kommunalität für jede Probe, die Varianz für jeden Faktor und die kumulative Varianz angegeben. Die Kommunalität, die sich aus der Summe der quadrierten Faktorladungen der Proben errechnet, gibt an, wie gut eine Probe durch das errechnete Faktorenmodell erklärt wird. Liegt die Kommunalität für eine Probe bei 1, so wird diese Probe zu 100 % von dem Faktorenmodell erklärt. Die "Varianz" eines Faktors ist ein Maß für die Erklärung der Ausgangsinformation durch diesen Faktor. Die "kumulative Varianz", die sich aus der Summe der Varianzen zusammensetzt, gibt an, in welchem Maß die Ausgangsinformation durch das errechnete Modell erklärt wird.

#### *Varimax Factor Score Matrix (Artenfaktorenmatrix)*

Die Artenfaktorenmatrix gibt die Zusammensetzung eines Faktors an. Die Faktorwerte können zwischen -1 und 1 liegen. Sie sind ein Maß für die Höhe des Anteils einer Art oder einer Artengruppe am Faktor. Es wurden zur Definition eines Faktors nur Taxa mit Faktorladungen  $> \pm 0,3$  berücksichtigt.

### 5.2 Regressionsanalyse (REGRESS)

Das Programm REGRESS bringt die errechneten Faktoren der Q-Modus-Faktorenanalyse mit den gemessenen hydrographischen Parametern in Verbindung. Es wird zwischen den Faktorladungen (unabhängige Variablen) der einzelnen Oberflächensedimentproben und den gemessenen Temperaturen und Salzgehalten der Oberflächenwassermassen (abhängige Variablen) eine nichtlineare, multiple Regressionsanalyse durchgeführt.

Als Ergebnis erhält man durch die Regressionsgleichung berechnete Schätzwerte für die Temperaturen, Salzgehalte sowie die Residuen für jede Oberflächenprobe. Die Residuen geben die Abweichungen zwischen den gemessenen hydrographischen Parametern und den berechneten Schätzwerten an. Im Idealfall liegen die Werte der Residuen um 0. Weiterhin liefert das Programm für jede Parameterberechnung einen Regressionskoeffizienten und eine Standardabweichung.

Die hydrographischen Daten wurden aus dem "Arctic Atlas" (TRESHNIKOV 1985) entnommen (Anhang, Tab. J). Diese Daten wurden benutzt, da es sich hierbei um gemittelte Werte der Temperaturen und Salzgehalte der Oberflächenwassermassen in den Sommermonaten der Jahre 1946 bis 1970 handelt und keine neueren, über längere Zeiträume gemittelten Daten publiziert sind. Es wurden nur die Temperatur- und Salzgehaltsdaten der Oberflächenwassermassen im Sommer benutzt, da die Bildung der Dinoflagellaten-Zysten überwiegend in den Sommermonaten stattfindet (REID 1978).

### III. Material und Methoden

---

#### 5.3 Berechnung der Paläo-Umweltparameter (THREAD)

Das Programm THREAD berechnet aus den Regressionsgleichungen der Regressionsanalyse, der Varimax Factor Score Matrix (Artenfaktorenmatrix) aus der Faktorenanalyse und dem Datensatz aus einem Sedimentkern die Paläo-Umweltparameter. Das Programm liefert zwei Ergebnisdateien für jeden Sedimentkern.

#### *Klima-Datei*

In der Klima-Datei werden für jede Kernteufe die errechneten paläo-ozeanographischen Schätzwerte und die Kommunalitäten angegeben. Die Kommunalität gibt hier an, in wie weit eine Probe aus dem fossilen Datensatz mit dem rezenten Oberflächenmodell übereinstimmt.

#### *B-HAT Datei*

In der B-HAT Datei werden die Ladungen der Parafaktoren für jede Sedimentkernprobe und jede fossile Vergesellschaftung angegeben.

**IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee**

Die genaue Kenntnis der Ökologie und Biogeographie der einzelnen Taxa in den Oberflächensedimenten der Laptevsee bildet die Grundlage, um die Änderungen der Oberflächenwassermassen im Holozän interpretieren zu können. Daher werden im Folgenden die geographischen Verbreitungsmuster der einzelnen Palynomorphen-Taxa beschrieben und die ökologischen Präferenzen der Arten erarbeitet. Danach werden die Vergesellschaftungen der Palynomorphen und deren Zusammensetzung mit Hilfe einer Q-Modus-Faktorenanalyse bestimmt. Anschließend wird der Einfluß der ozeanographischen Parameter auf die Verbreitung der Palynomorphen diskutiert.

**1. Aquatische Palynomorphen in den Oberflächensedimenten der Laptevsee**

**1.1 Zusammensetzung und Verbreitung der Palynomorphen-Vergesellschaftungen**

Tab. 2: Aquatische Palynomorphen in den rezenten Sedimenten der Laptevsee. Weiterhin ist die Zuordnung der Dinoflagellaten-Zysten zu ihren vegetativen Stadien angegeben. Die mit einem Stern (\*) gekennzeichnete Art kommt in den Oberflächensedimentproben nicht vor.

|  |   |
|--|---|
| <p><b>I. Dinoflagellaten-Zysten</b><br/> <i>Algidasphaeridium? minutum</i> s.l. (HARLAND &amp; REID 1980)<br/> MATSUOKA &amp; BUJAK 1988<br/> <i>Bitectatodinium tepikiense</i> WILSON 1973<br/> <i>Brigantedinium</i> spp. REID 1977<br/> <i>Brigantedinium cariacense</i> (WALL 1967) REID 1977<br/> <br/> <i>Brigantedinium simplex</i> (WALL 1965) REID 1977<br/> <br/> <i>Impagidinium? pallidum</i> BUJAK 1984<br/> <i>Nematosphaeropsis labyrinthus</i> (OSTENFELD 1903) REID 1974<br/> <br/> <i>Operculodinium centrocarpum</i> (DEFLANDRE &amp; COOKSON 1955)<br/> WALL 1967<br/> Zyste von <i>Pentapharsodinium dalei</i> INDELICATO &amp; LOEBLICH 1986<br/> <i>Pohkrikos?</i> spp. BÜTSCHLI 1873<br/> Zyste von <i>Protoperidinium denticulatum</i> (GRAN &amp; BRAARUD 1935)<br/> BALECH 1974<br/> <i>Selenopenyphix quanta</i> (BRADFORD 1975) MATSUOKA 1985<br/> <br/> <i>S. elongatus/S. frigidus</i>-Gruppe REID 1974, HARLAND &amp; REID 1980</p> <p><b>II. Chlorococcalalgen</b><br/> <i>Botryococcus cf braunii</i> KÜTZING 1849<br/> <i>Pediastrum boryanum</i> (TURPIN 1828) MENEGHINI 1840<br/> <i>Pediastrum duplex</i> MEYEN 1829<br/> <i>Pediastrum kawraiskyi</i> SCHMIDLE 1897<br/> <i>Pediastrum simplex</i> MEYEN 1829</p> <p><b>III. Acritarchen</b><br/> Acritarch Typ A<br/> <i>Halodinium</i> spp. BUJAK 1984<br/> <i>Hexasterias problematica</i> CLEVE 1900<br/> <i>Radiosperma corbiferum</i> MEUNIER 1910</p> <p><b>IV. Verschiedene Zoomorphengruppen</b><br/> Foraminiferen-Tapeten<br/> Tintinniden-Zysten<br/> Tintinniden-Loricac</p> | <p><b>Theka</b><br/> <i>Protoperidinium</i> sp. indet., nach HARLAND et al. 1980<br/> <br/> <i>Gonyaulax spinifera</i> Gruppe, nach DALE 1976<br/> <i>Protoperidinium</i> spp. indet.<br/> <i>Protoperidinium avellana</i>, (MEUNIER) BALECH 1974,<br/> nach WALL &amp; DALE 1968 und LEWIS et al. 1984<br/> <i>Protoperidinium conicoides</i> (PAULSEN) BALECH 1974,<br/> nach WALL &amp; DALE 1968 und LEWIS et al. 1984<br/> <i>Gonyaulax</i> sp. indet., nach HEAD 1996<br/> <i>Gonyaulax spinifera</i> (CLAPREDE &amp; LACHMANN) DIESING 1866,<br/> nach WALL &amp; DALE 1968<br/> <i>Protoceratium reticulatum</i> (CLAPREDE &amp; LACHMANN) BÜTSCHLI 1885,<br/> nach WALL &amp; DALE 1968<br/> <i>Pentapharsodinium dalei</i> INDELICATO &amp; LOEBLICH 1986<br/> unbekannt<br/> <i>Protoperidinium denticulatum</i> (GRAN &amp; BRAARUD 1935) BALECH 1974 *<br/> <br/> <i>Protoperidinium conicum</i> (GRAN) BALECH,<br/> nach WALL &amp; DALE 1968 und KOBAYASHI &amp; MATSUOKA 1984<br/> <i>Gonyaulax</i> spp. indet.</p> |
|--|---|

Die Vergesellschaftungen der aquatischen Palynomorphen in der Laptevsee und dem angrenzenden Arktischen Ozean setzen sich aus Dinoflagellaten-Zysten, Chlorococcalalgen, Acritarchen und verschiedenen Zoomorphengruppen zusammen (Tab. 2).

#### IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

Die Vergesellschaftung der Palynomorphen wird im Küstenbereich mit Ausnahme der Station unmittelbar vor der Janamündung von den Chlorococcalalgen dominiert (Abb. 15). Auf dem Laptevsee-Schelf bis 75°30'N kommen alle vier Gruppen mit ähnlichen relativen Häufigkeiten vor. Eine Ausnahme bildet die Probe IK9348 südwestlich von Kotelnyj. Dort herrschen wie in den Küstenproben die Chlorococcalalgen vor. Am Kontinentalhang und in der Straße von Wilkitsky, die zwischen der Inselgruppe Severnaja Zemlja und der Tajmyr-Halbinsel liegt, wird die Vergesellschaftung der Palynomorphen von den Dinoflagellaten-Zysten dominiert. Die Chlorococcalalgen kommen in diesen Bereich des Untersuchungsgebietes nur noch in geringen relativen Häufigkeiten vor.

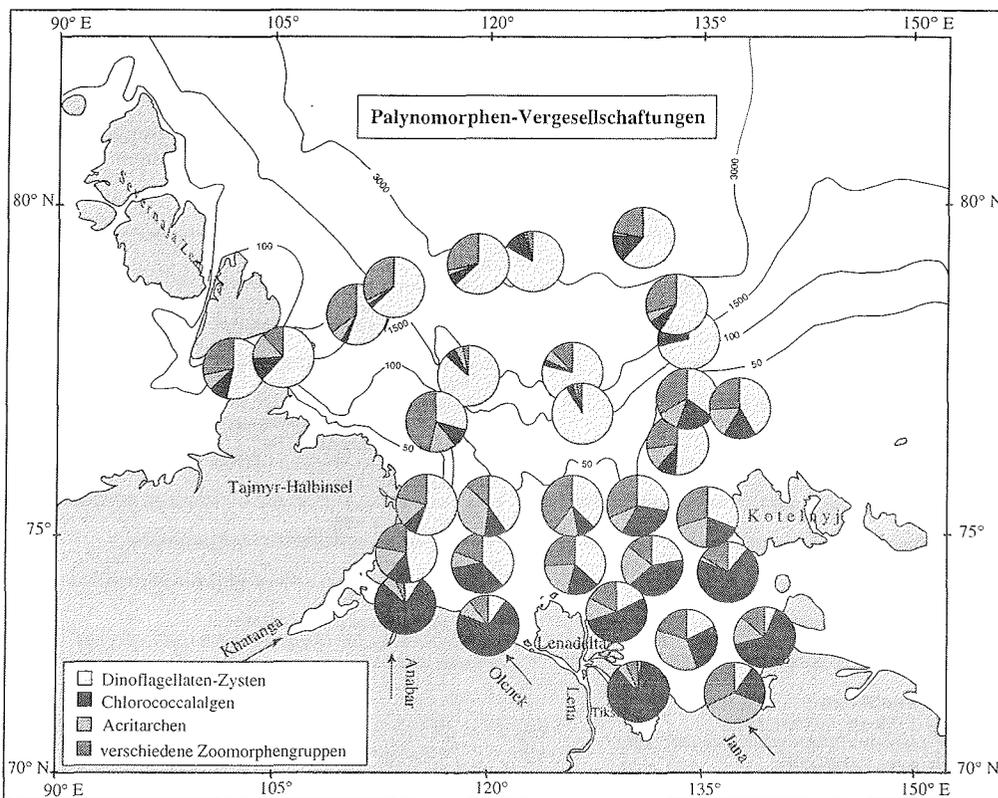


Abb. 15: Verbreitungsmuster der Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee. Zur besseren Übersicht wurden nicht alle Stationen dargestellt.

Neben den in Tabelle 2 aufgeführten aquatischen Palynomorphen kommt vor allem in den Sedimenten der Mündungsgebiete der Flüsse ein hoher Anteil von terrestrischen Palynomorphen vor. Die Pollen und Sporen werden fluviatil oder äolisch in die Laptevsee transportiert und sind deshalb neben den Chlorococcalalgen ein guter Indikator für den terrestrischen Eintrag (NAIDINA & BAUCH, einger.).

##### 1.2 Biogeographie der Palynomorphen-Gruppen

Im Folgenden werden die biogeographischen Verbreitungsmuster der Dinoflagellaten-Zysten, Chlorococcalalgen und Acritarchen vorgestellt. Bei der vierten Gruppe werden die Verbrei-

#### IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

tungsmuster der Foraminiferen-Tapeten und der Tintinniden-Zysten bzw. -Loricae getrennt dargestellt, da die Foraminiferen, die Tapeten bilden, benthisch und die Tintinniden-Zysten bzw. -Loricae planktisch lebende Organismen sind. Weiterhin werden die Verbreitungsmuster der in der Laptevsee häufiger vorkommenden Acritarchen-Taxa, Acritarch Typ A, *Halodinium* spp. und *R. corbiferum*, präsentiert. Über die geographische Verbreitung und die ökologischen Ansprüche dieser Palynomorphen in marinen Sedimenten ist sehr wenig bekannt.

##### *Konzentrationen der Palynomorphen-Gruppen*

Die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten in der Laptevsee schwanken zwischen 3 und 4000 Ex./g. Die höchsten Konzentrationen kommen in der Straße von Vilkitsky, in der westlichen Laptevsee zwischen der Anabar-Khatangarinne und der Olenekrinne, nördlich des Lenadeltas, zwischen der östlichen Lenarinne und der Janarinne, auf dem östlichen Teil des Kontinentalhanges und in einer Probe nördlich der Janamündung vor (Abb. 16). Die geringsten Konzentrationen lassen sich im Küstenbereich und im Bereich der sandigen Verebnungsflächen mit Wassertiefen von weniger als 10 bis 15 m in der westlichen und östlichen Laptevsee beobachten (vgl. mit Abb. 2). Auffällig ist, daß sich die erhöhten Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten mit Ausnahme der Station IK9309 vor der Janamündung nördlich 73°30'N befinden.

Die Konzentrationen der Chlorococcalalgen liegen zwischen 7 und 3800 Ex./g. Im Gegensatz zu den Dinoflagellaten-Zysten lassen sich die höchsten Konzentrationen vor der Mündung des Oleneks, in der östliche Lenarinne, östlich des Lenadeltas und im submarinen Tal der Jana (Abb. 17) beobachten. In der westlichen Lenarinne und der Anabar-Khatangarinne sind keine erhöhten Konzentrationen der Chlorococcalalgen feststellbar. In Richtung Kontinentalhang nehmen die Konzentrationen kontinuierlich ab. Ein wichtiges Merkmal ist der starke West-Ost-Gradient der Konzentrationen der Chlorococcalalgen in der Laptevsee.

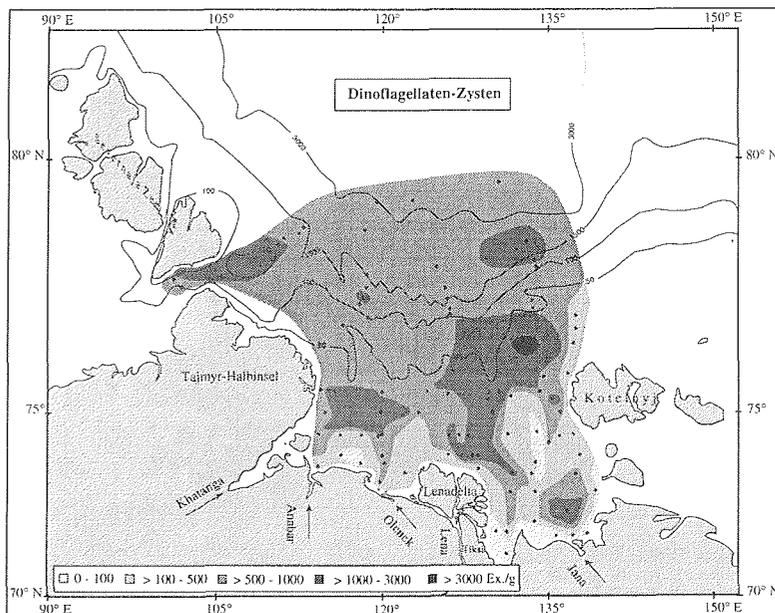


Abb. 16: Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten in den Oberflächensedimenten der Laptevsee.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

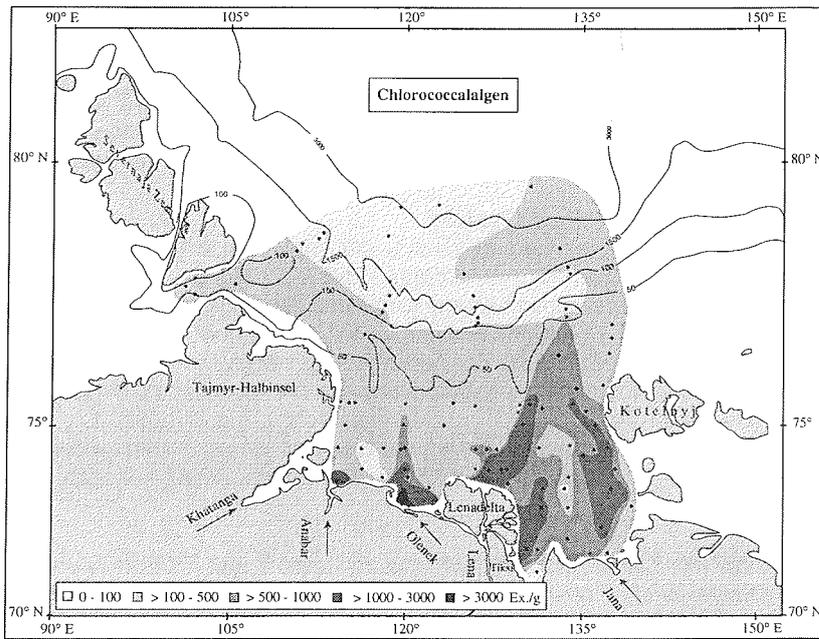


Abb. 17: Konzentrationen der Chlorococcalgalen in den Oberflächensedimenten der Laptevsee.

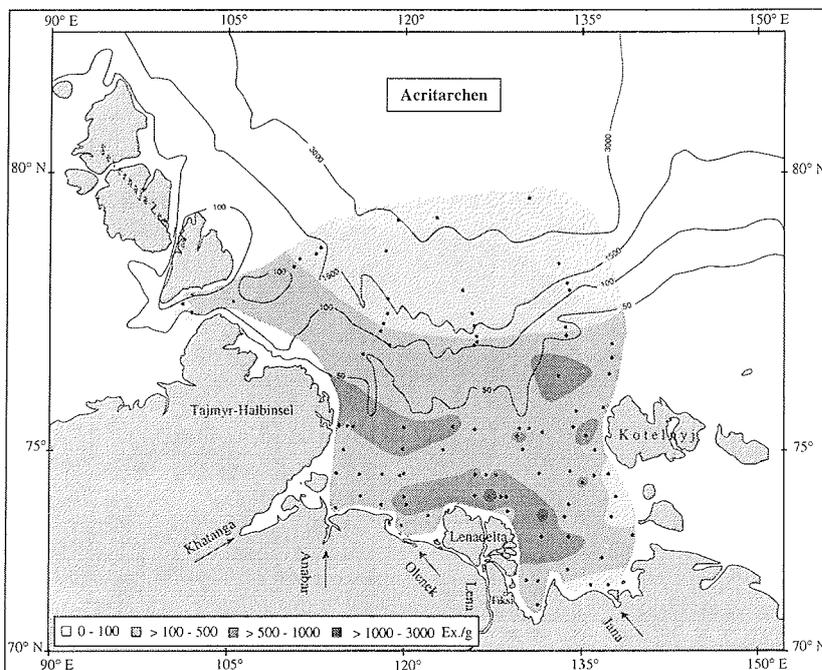


Abb. 18: Konzentrationen der Acritarchen in den Oberflächensedimenten der Laptevsee.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

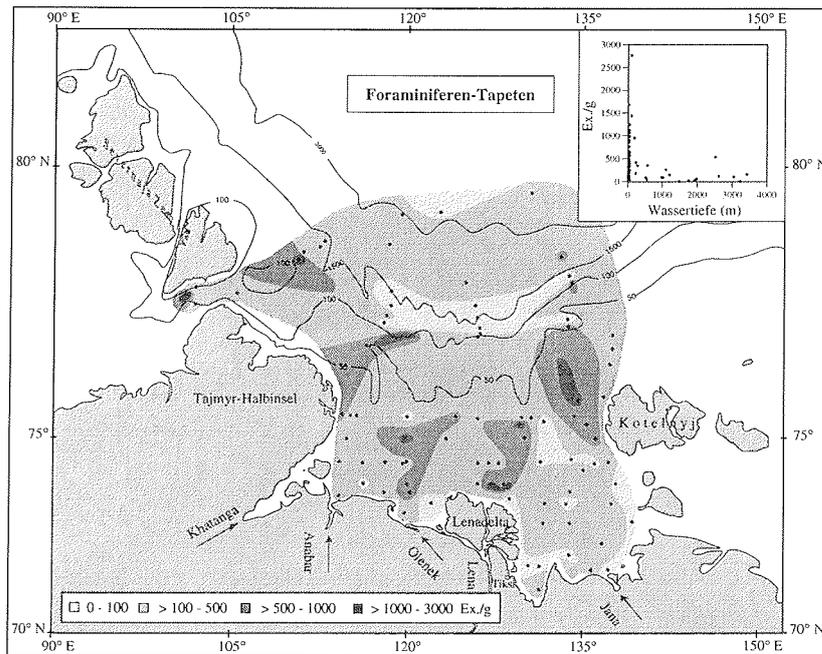


Abb. 19: Konzentrationen der Foraminiferen-Tapeten in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der Konzentrationen der Foraminiferen-Tapeten gegen die Wassertiefe der Sedimentoberflächen.

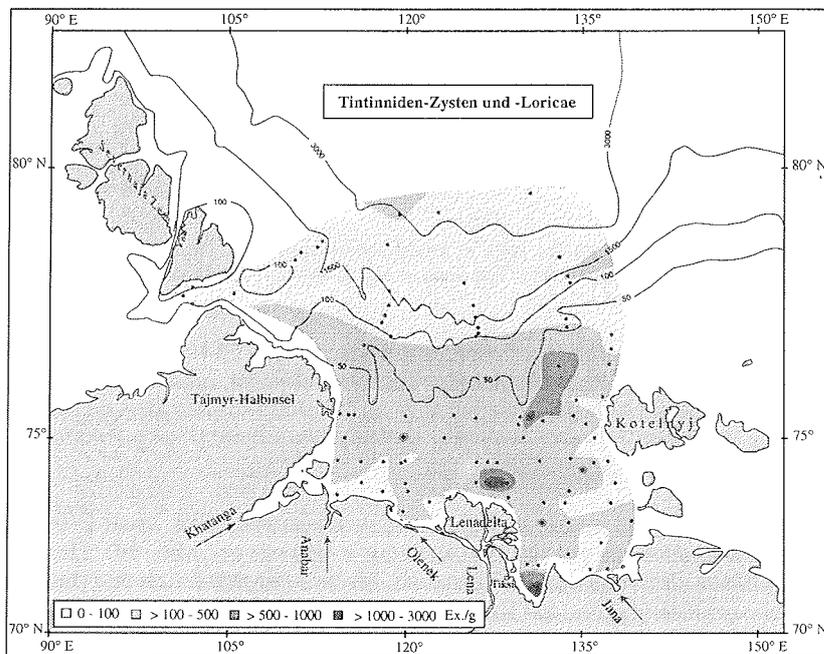


Abb. 20: Konzentrationen der Tintinniden-Zysten und -Loricae in den Oberflächensedimenten der Laptevsee.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

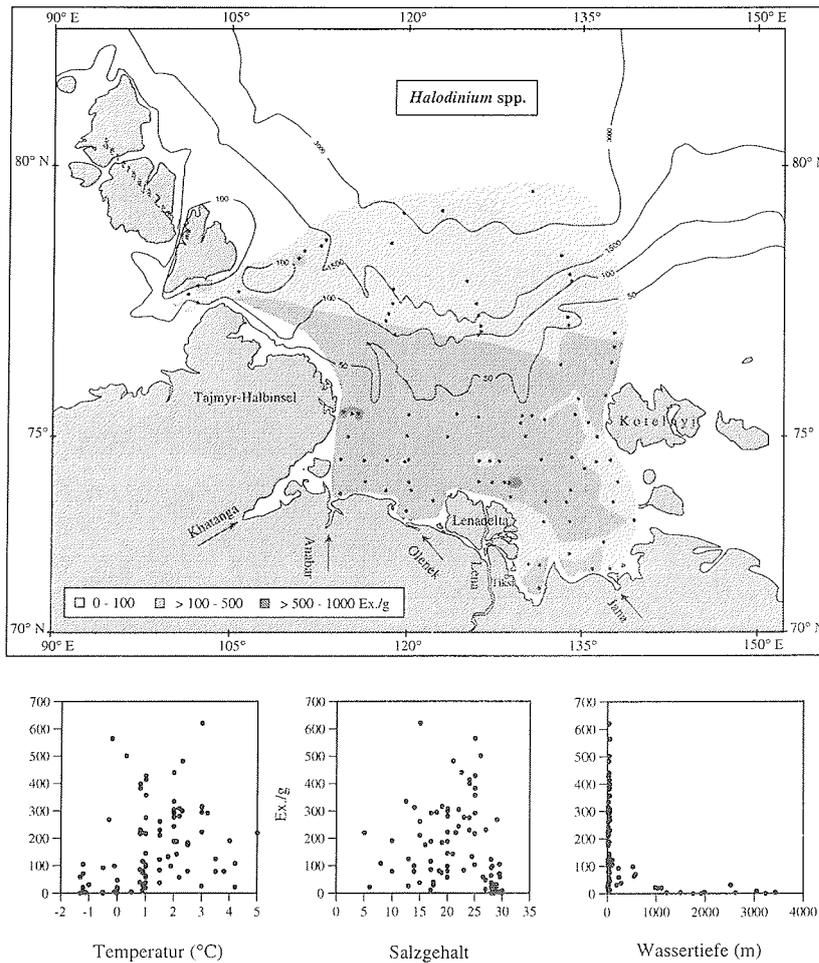


Abb. 21: Konzentrationen von *Halodinium* spp. in Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der Konzentrationen von *Halodinium* spp. gegen Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Sedimentoberflächen.

Die Konzentrationen der Acritarchen schwanken zwischen 7 und 1149 Ex./g. Die Bereiche mit den höchsten Konzentrationen liegen östlich der Tajmyr-Halbinsel, rund um das Lenadelta und westlich der Insel Kotelnij (Abb. 18). Die niedrigsten Konzentrationen lassen sich im Bereich der Janamündung, südwestlich von Kotelnij und am Kontinentalhang finden. Es ist ein deutlicher Süd-Nord-Gradient ausgebildet.

Die Konzentrationen der Foraminiferen-Tapeten schwanken zwischen 0 und 2760 Ex./g. Die höchsten Konzentrationen kommen bei Wassertiefen < 100 m vor (Abb. 19). Die niedrigsten Konzentrationen lassen sich rund um das Lenadelta, im östlichsten Bereich des Untersuchungsgebietes, westlich von Kotelnij und am Kontinentalhang beobachten.

Die Konzentrationen der Tintinniden-Zysten und -Loricae liegen zwischen 0 und 1567 Ex./g. Die höchsten Konzentrationen lassen sich auf dem Schelf in der Buor-Khayabucht, nördlich

des Lenadeltas und in der Janarinne beobachten (Abb. 20). Im Bereich der Anabarmündung, südwestlich von Kotelnjy und am Kontinentalhang kommen die niedrigsten Konzentrationen vor.

*Konzentrationen der häufiger vorkommenden Acritarchen-Taxa*

Die Konzentrationen von *Halodinium* spp. liegen zwischen 0 und 620 Ex/g. Die höchsten Konzentrationen kommen, mit Ausnahme des östlichen Lenadeltas, des Mündungsbereiches der Jana und des östlichsten Teils des Untersuchungsgebietes, auf dem Schelf vor (Abb. 21). Am Kontinentalhang erscheint *Halodinium* spp. nur sporadisch. Die Korrelation zwischen *Halodinium* spp. und den Temperaturen und Salzgehalten der Oberflächenwassermassen zeigt, daß diese Gattung bei Temperaturen zwischen -1,4 und 5 °C und Salzgehalten zwischen 5 und 30 anzutreffen ist (Abb. 21). Die höchsten Konzentrationen erreicht *Halodinium* spp. bei Temperaturen zwischen -0,2 und 3 °C und Salzgehalten zwischen 14 und 26.

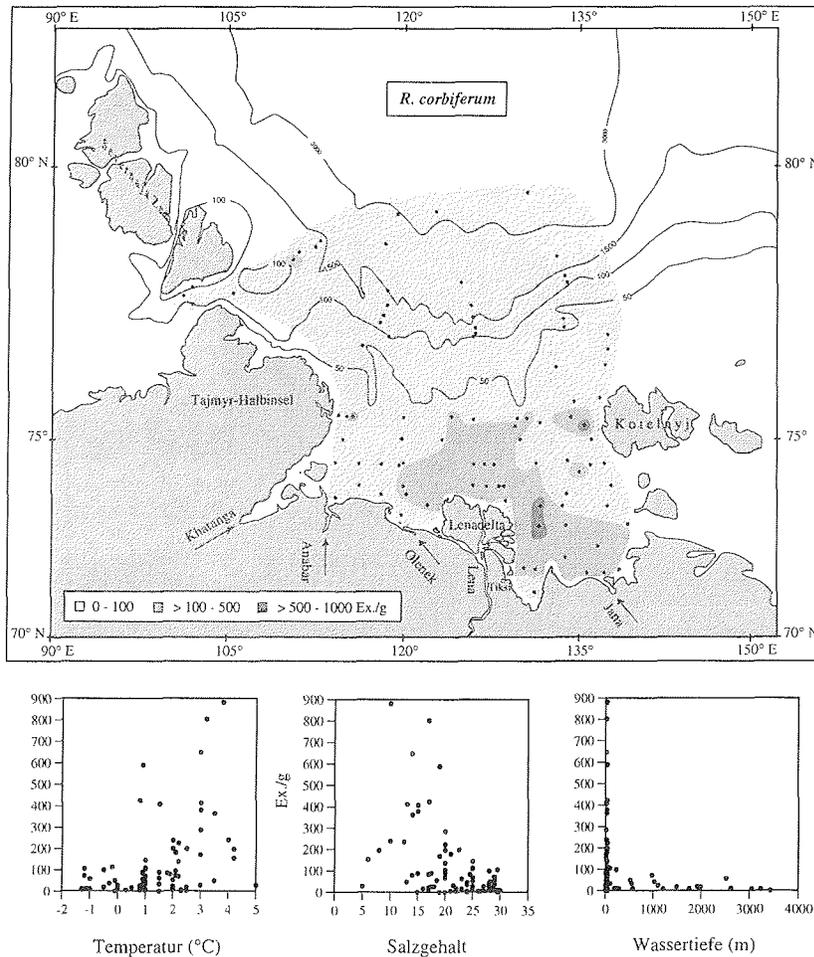


Abb. 22: Konzentrationen von *R. corbiferum* in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der Konzentrationen von *R. corbiferum* gegen Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Sedimentoberflächen.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

Die Konzentrationen von *R. corbiferum* schwanken von 0 bis 881 Ex./g. Nur im nördlichen und östlichen Lenadelta und im Bereich der Janamündung treten erhöhte Konzentrationen auf (Abb. 22). Im westlichen Teil der Laptevsee und am Kontinentalhang lassen sich nur geringe Konzentrationen (< 100 Ex./g) von *R. corbiferum* beobachten. Diese Art kommt in der Laptevsee bei Temperaturen der Oberflächenwassermassen zwischen -1,4 und 5 °C und Salzgehalten zwischen 5 und 30 vor (Abb. 22). Die höchsten Konzentrationen lassen sich zwischen 1 und 4 °C und Salzgehalten zwischen 8 und 18 nachweisen.

Die Konzentrationen von Acritarch Typ A liegen zwischen 0 und 601 Ex./g. Nördlich des Lenadeltas und im zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes erreicht Acritarch Typ A die höchsten Konzentrationen (Abb. 23). Mit Ausnahme dieser Bereiche und der Stationen IK93Z3 und IK9301 ist Acritarch Typ A in der Laptevsee nur sporadisch vorhanden. Acritarch Typ A kommt bei Temperaturen zwischen -1,3 und 5 °C und Salzgehalten zwischen 5 und 30 vor. Die höchsten Konzentrationen erreicht Acritarch Typ A bei Temperaturen zwischen 0 und 3 °C und Salzgehalten zwischen 19 und 27.

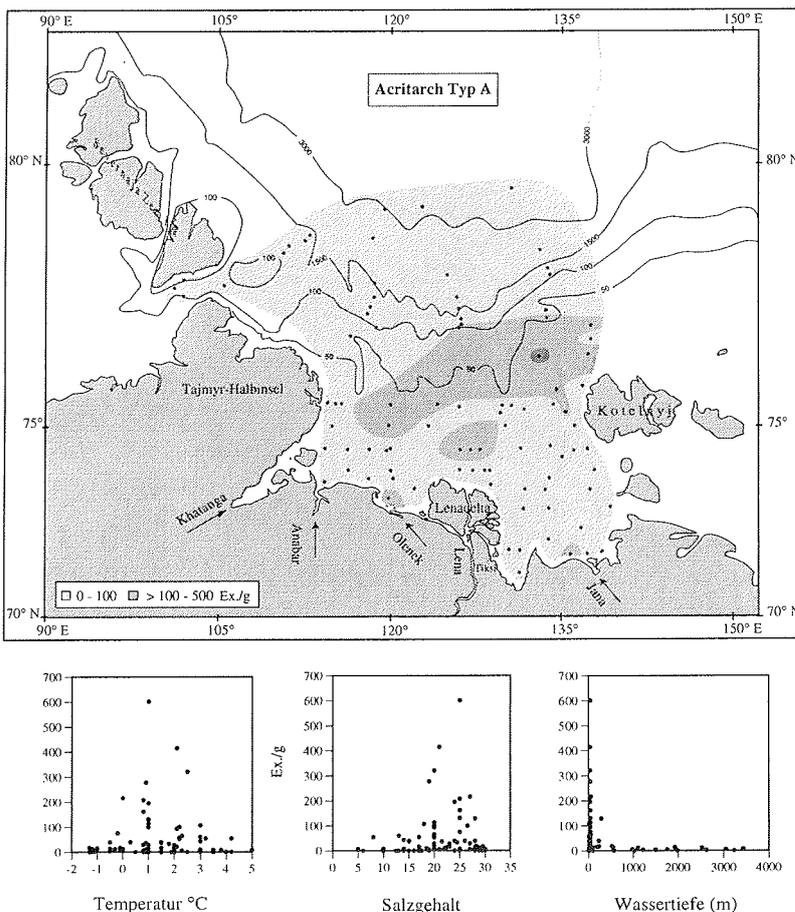


Abb. 23: Konzentrationen von Acritarch Typ A in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der Konzentrationen von Acritarch Typ A gegen Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Sedimentoberflächen.

### 1.3 Biogeographie der einzelnen Dinoflagellaten-Zysten-Taxa

In diesem Kapitel werden die geographischen Verbreitungsmuster der einzelnen Taxa der Dinoflagellaten-Zysten dargestellt. Weiterhin werden die ökologischen Präferenzen der einzelnen Taxa vorgestellt, indem die relativen Häufigkeiten der Arten mit den Temperaturen und Salzgehalten der Oberflächenwassermassen der Laptevsee und den Wassertiefen der Sedimentoberflächen der einzelnen Proben in Verbindung gebracht werden. Danach werden die ökologischen Ansprüche der Taxa mit Hilfe von Literaturdaten charakterisiert.

Für die einzelnen Arten wird die biogeographische Verbreitung innerhalb der ozeanischen Klimazonen angegeben. In Anlehnung an DALE (1996) werden für diese Klimazonen die Begriffe polar, subpolar, gemäßigt und äquatorial benutzt.

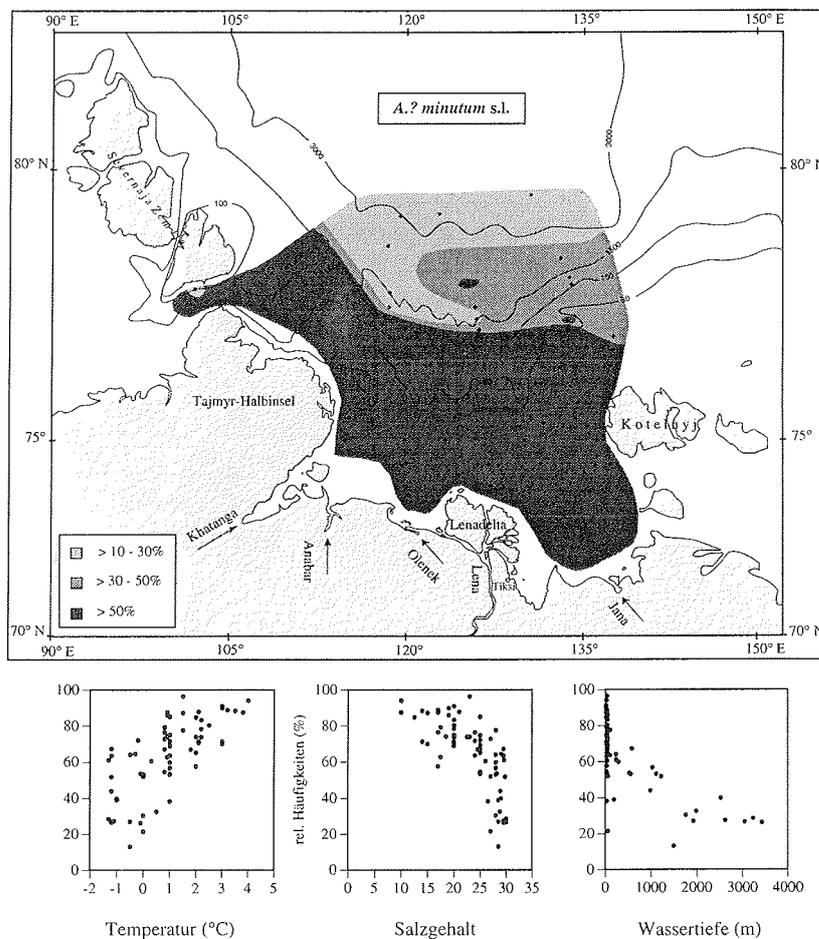


Abb. 24: Verbreitungsmuster von *A.? minutum s.l.* in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der relativen Häufigkeiten von *A.? minutum s.l.* in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Proben.

Für die relativen Häufigkeiten wurden folgende Klassen definiert: selten (0-1 %), regelmäßig (> 1-10 %), häufig (> 10-30 %), sehr häufig (> 30-50 %) und dominant (> 50 %). Diese

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

Klasseneinteilungen werden in den Beschreibungen und auf den einzelnen Verbreitungskarten verwendet. Die relativen Häufigkeiten beziehen sich auf die Gesamtheit der Dinoflagellaten-Zysten. Es werden nur die Ergebnisse der Oberflächensedimentproben dargestellt, die mindestens 100 Dinoflagellaten-Zysten enthalten (Anhang, Tab. G). Die aus diesem Grund nicht berücksichtigten 20 Proben liegen im Mündungsbereich von Anabar, Olenek, Lena und Jana und im zentralen Bereich der östlichen Laptevsee. Die Temperatur- und Salzgehaltsangaben beziehen sich auf die Oberflächenwassermassen im Sommer. Die Taxa sind in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

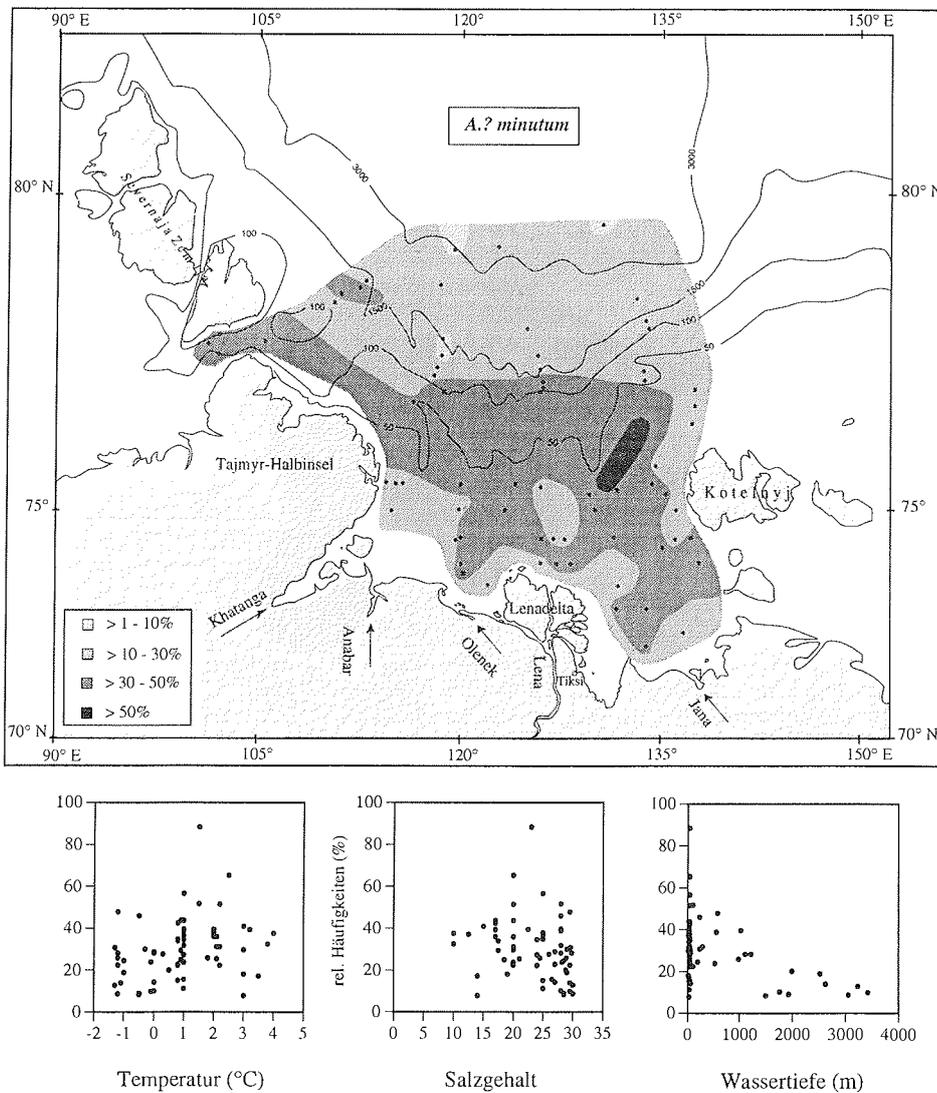


Abb. 25: Verbreitungsmuster von *A.? minutum* in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der relativen Häufigkeiten von *A.? minutum* in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalte der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Proben.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

*Algasphaeridium? minutum* s.l. (HARLAND & REID 1980) MATSUOKA & BUJAK 1988  
*A.? minutum* s.l. dominiert die Vergesellschaftung auf dem Schelf und dem oberen Kontinentalhang (Abb. 24). In Richtung Norden nehmen die relativen Häufigkeiten deutlich ab. Die Darstellung von *A.? minutum* s.l. gegen die Temperaturen und Salzgehalte zeigt, daß dieses Taxon bei Temperaturen zwischen -1,5 bis 4 °C und Salzgehalten zwischen 10 bis 30 vorkommt und in diesen Bereich auch die höchsten relativen Häufigkeiten erreicht (Abb. 24). Häufig bis dominant kommt *A.? minutum* s.l. nur im Arktischen Ozean und auf dem Grönländischen Schelf und Kontinentalhang (MUDIE 1992, MATTHIESSEN 1995) vor. *A.? minutum* s.l. ist eine subpolare bis polare Art (MUDIE 1992, DALE 1996, ROCHON 1997).

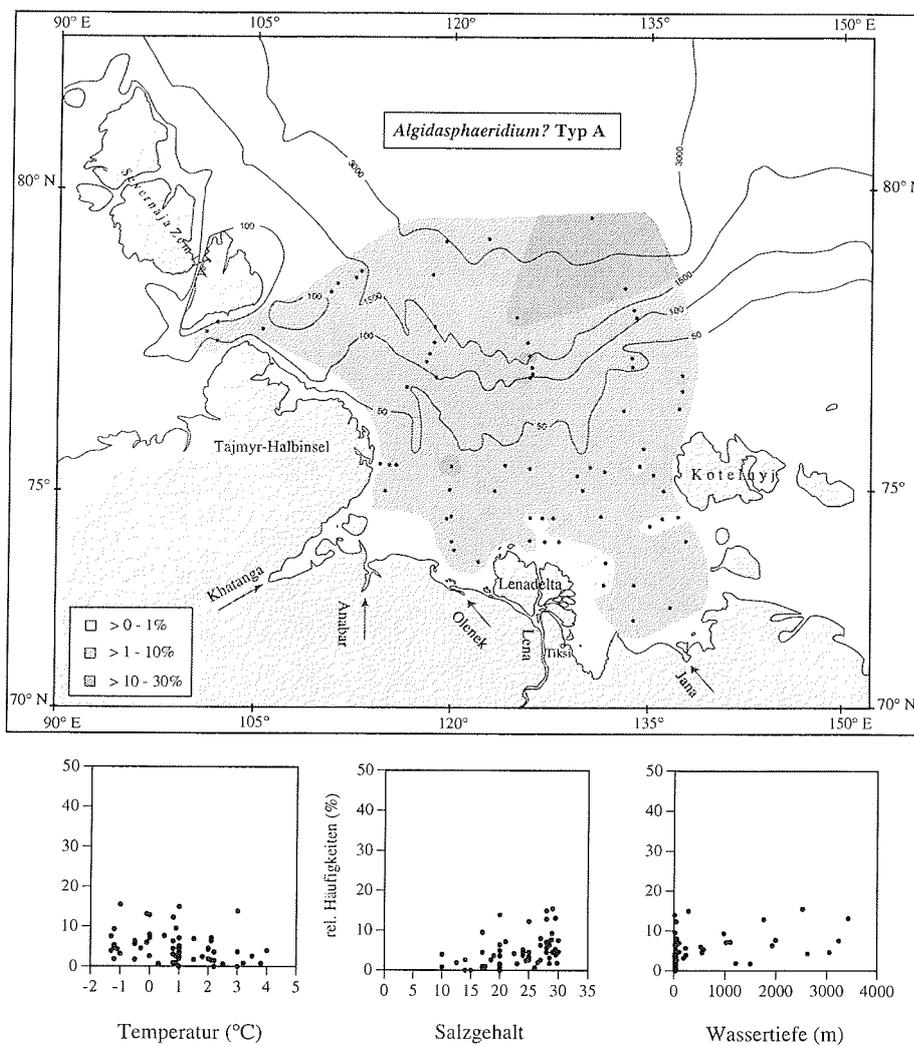


Abb. 26: Verbreitungsmuster von *Algasphaeridium? Typ A* in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der relativen Häufigkeiten von *Algasphaeridium? Typ A* in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Proben.

*Algidasphaeridium? minutum*

Auf dem Schelf kommt *A. ? minutum* mit Ausnahme der Küstenregion, dreier Proben nördlich des Lenadeltas und westlich Kotelnyj sehr häufig bis dominant vor. Am Kontinentalhang ist diese Art häufig (Abb. 25). Das Vorkommen von *A. ? minutum* ist an Temperaturen zwischen -1,4 und 4 °C und an Salzgehalte zwischen 10 und 30 gebunden (Abb. 25). Die höchsten relativen Häufigkeiten liegen in diesem Temperatur- und Salzgehaltsbereich.

*A. ? minutum* ist häufig auf dem Ostgrönlandschelf, in der Labradorsee und in der Hudsonbai (ROCHON 1997). Diese Art wird mit kalten bis subpolaren Oberflächenwassermassen mit saisonaler Meereisbedeckung in Verbindung gebracht (ROCHON 1997).

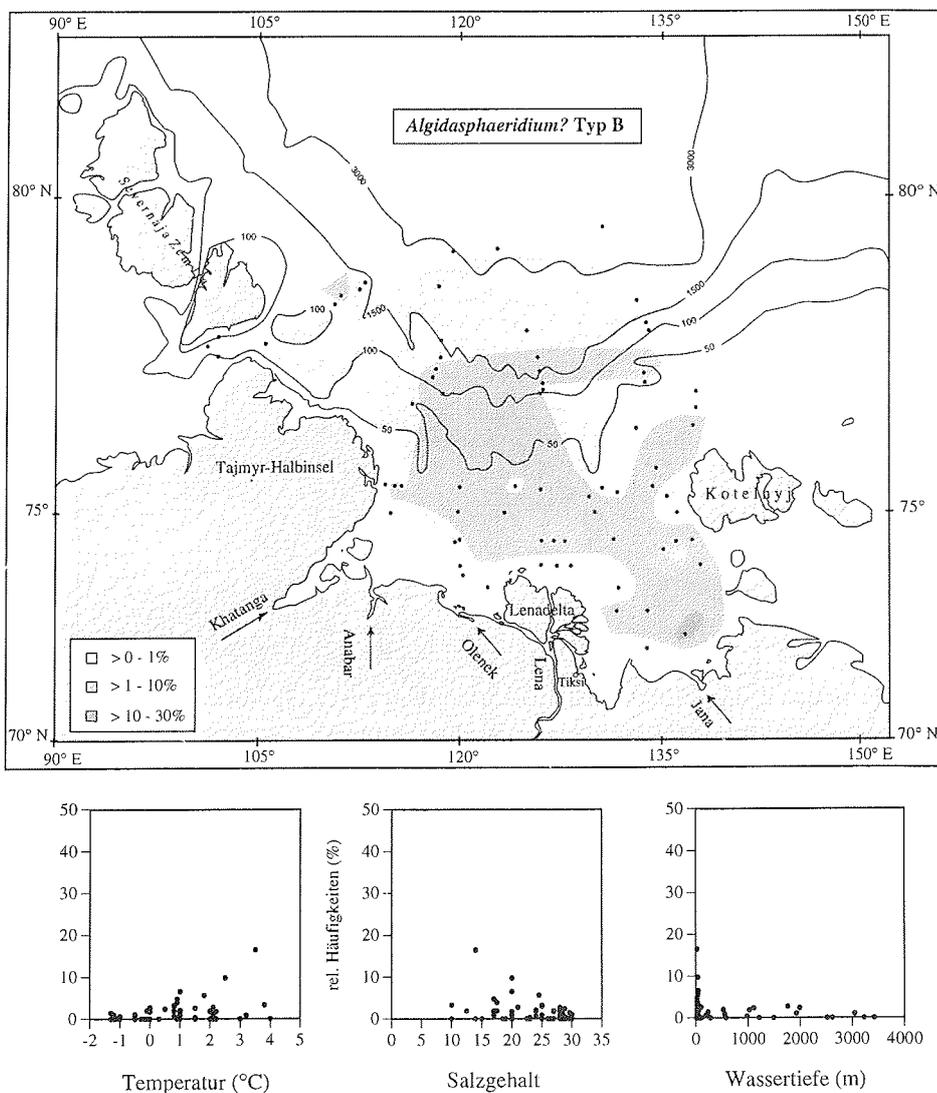


Abb. 27: Verbreitungsmuster von *Algidasphaeridium? Typ B* in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der relativen Häufigkeiten von *Algidasphaeridium? Typ B* in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Proben.

*Algidasphaeridium?* Typ A

Im Untersuchungsgebiet ist *Algidasphaeridium?* Typ A regelmäßig vorhanden, nur im nordöstlichen Teil des Kontinentalhanges ist dieser Morphotyp häufig (Abb. 26). Bei Temperaturen zwischen -1,4 und 4 °C und bei Salzgehalten zwischen 10 und 30 kommt *Algidasphaeridium?* Typ A vor. Die höchsten Häufigkeiten erreicht dieser Morphotyp zwischen -1 und 1 °C und Salzgehalten zwischen 20 und 30, deshalb kann *Algidasphaeridium?* Typ A als Anzeiger für kalte, höher saline Oberflächenwassermassen verwendet werden.

*Algidasphaeridium?* Typ B

*Algidasphaeridium?* Typ B ist auf dem Schelf und am Kontinentalhang selten bis regelmäßig vorhanden. In Probe IK9309 kommt dieser Morphotyp häufig vor (Abb. 27). *Algidasphaeridium?* Typ B ist an Temperaturen zwischen -1,4 und 4 °C und an Salzgehalte zwischen 10 und 30 gebunden. Die höchsten relativen Häufigkeiten erreicht Morphotyp B bei Temperaturen von 1 bis 3,5 °C und bei Salzgehalten von 14 bis 25. *Algidasphaeridium?* Typ B ist somit eher an niedrig saline Oberflächenwassermassen angepaßt.

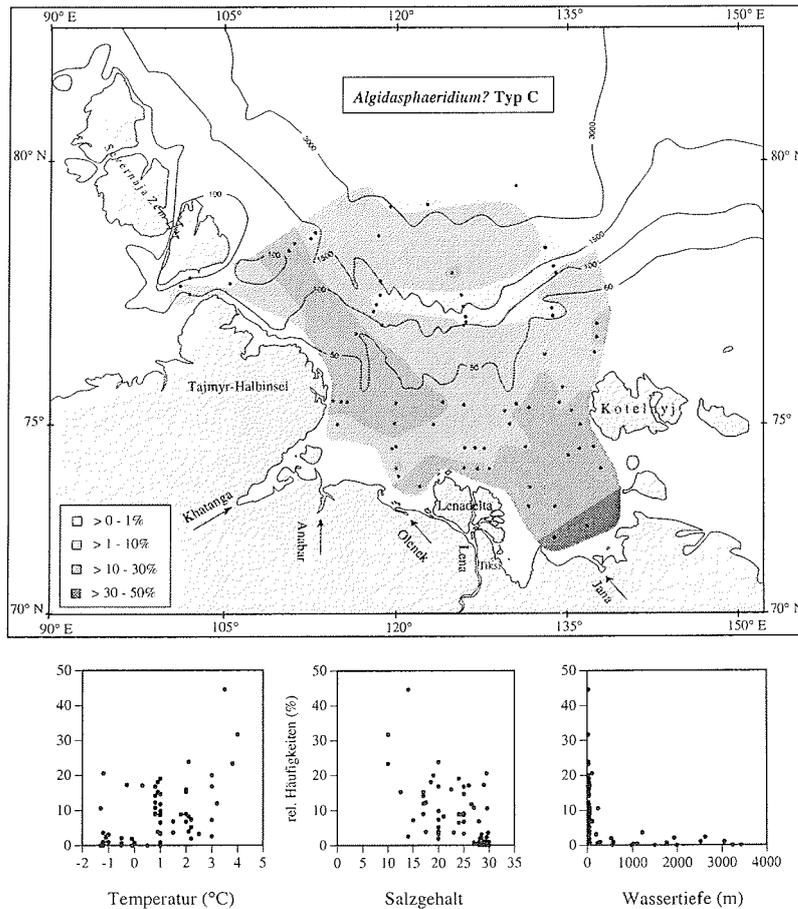


Abb. 28: Verbreitungsmuster von *Algidasphaeridium?* Typ C in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der relativen Häufigkeiten von *Algidasphaeridium?* Typ C in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Proben.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

*Algidasphaeridium?* Typ C

Im östlichen und nordwestlichen Teil des Schelfes ist *Algidasphaeridium?* Typ C sehr häufig bis dominant (Abb. 28). In Richtung Kontinentalhang nehmen die relativen Häufigkeiten stark ab. Dieser Morphotyp kommt bei Temperaturen zwischen -1,3 und 4 °C und bei Salzgehalten zwischen 10 und 30 vor (Abb. 28). Die höchsten Häufigkeiten lassen sich zwischen -1,3 und 4 °C, bei Salzgehalten von 10 bis 20 und in Wassertiefen < 100 m beobachten. Somit ist *Algidasphaeridium?* Typ C eher an brackische Oberflächenwassermassen angepaßt.

*Brigantedinium* spp. REID 1977

*Brigantedinium* spp. beinhaltet *B. simplex*, *B. cariacoense* und alle runden protoperidinioiden Zysten ohne Fortsätze, die keiner Art zugeordnet werden konnten (siehe Kapitel III: 3.3). Die meisten der identifizierten Zysten gehören zu *B. simplex*. Deshalb ist anzunehmen, daß dieses Taxon die Gemeinschaft dominiert. *B. cariacoense* kommt in den Oberflächensedimenten nur sporadisch vor.

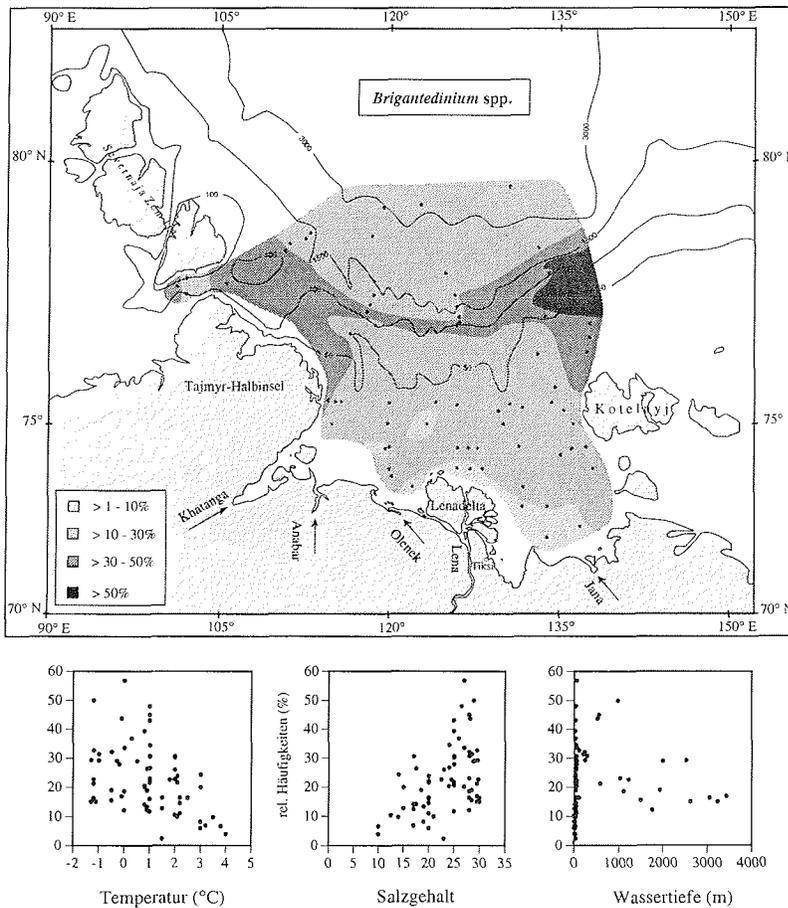


Abb. 29: Verbreitungsmuster von *Brigantedinium* spp. in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der relativen Häufigkeiten von *Brigantedinium* spp. in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Proben.

*Brigantedinium* spp. ist in den meisten Proben aus dem Untersuchungsgebiet regelmäßig bis häufig. Am oberen Kontinentalhang erstreckt sich ein Häufigkeitsmaximum als schmales Band von Westen nach Osten, das sich nach Osten aufweitet. Gleichzeitig nehmen nach Osten die relativen Häufigkeiten zu, so daß dieses Taxon in einzelnen Proben vor der Insel Kotelnij dominiert. *Brigantedinium* spp. kommt im Temperaturbereich zwischen -1,3 und 4 °C und im Salzgehaltsbereich zwischen 10 und 30 vor (Abb. 29). Die höchsten Häufigkeiten liegen bei Temperaturen zwischen -1,1 und 1 °C und bei Salzgehalten zwischen 24 und 29.

Runde braune protoperidinioide Zysten können in den unterschiedlichsten klimatischen Ablagerungsräumen vorkommen. Jedoch ist *B. simplex* nur in der Grönland- und Norwegensee (MATTHIESSEN 1995), Labradorsee (MUDIE & SHORT 1985, MUDIE 1992), im östlichen Arktischen Ozean (MUDIE 1992) und in der subantarktischen Domäne des südlichen Indischen Ozeans (MARRET & DE VERNAL 1997) innerhalb der Gattung *Brigantedinium* spp. die dominante Art.

*B. simplex* ist nach MATTHIESSEN (1995) und DALE (1996) ein guter Indikator für polare Bedingungen. Unter saisonaler und permanenter Meereisbedeckung sind diese Zysten sehr häufig (DALE 1983). Folglich ist *Brigantedinium* spp. ein Anzeiger für polare neritische bis ozeanische Bedingungen und saisonale bis permanente Meereisbedeckung, wenn *Brigantedinium* spp. von *B. simplex* dominiert wird (DALE 1985).

*Impagidinium?* *pallidum* BUJAK 1984

Auf dem Schelf kommt *I.?* *pallidum* selten bis regelmäßig und am Kontinentalhang häufig bis sehr häufig vor (Abb. 30). Die relativen Häufigkeiten von *I.?* *pallidum* nehmen von der Küste in Richtung Arktischer Ozean deutlich zu.

Die Darstellung dieser Art gegen die Temperaturen und Salzgehalte der Oberflächengewässermassen zeigt, daß das Vorkommen an Temperaturen von -1,3 bis 3 °C und Salzgehalten von 15 bis 30 gebunden ist. Die höchsten relativen Häufigkeiten erreicht *I.?* *pallidum* bei Temperaturen zwischen -1,2 und 0,5 °C, Salzgehalten zwischen 28 und 30 und Wassertiefen > 1400 m (Abb. 30).

*I.?* *pallidum* kommt nur in den hohen nördlichen und südlichen Breiten vor. Das Zentrum der Verbreitung liegt im Arktischen Ozean (MUDIE 1992) und in der Grönland- und Islandsee (MATTHIESSEN 1995, ROCHON 1997), sowie im Südpolarmeer (MARRET & DE VERNAL 1997). *I.?* *pallidum* kann als Anzeiger für extrem kalte (ungefähr -1 bis 4 °C) ozeanische Wassermassen (DALE & DALE 1992, MARRET & DE VERNAL 1997, ROCHON 1997) und Gebiete mit saisonaler Eisbedeckung (MATTHIESSEN 1995) angesehen werden. *I.?* *pallidum* ist eine bipolare ozeanische Art in Regionen mit saisonaler Eisbedeckung.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaften in der Laptevsee

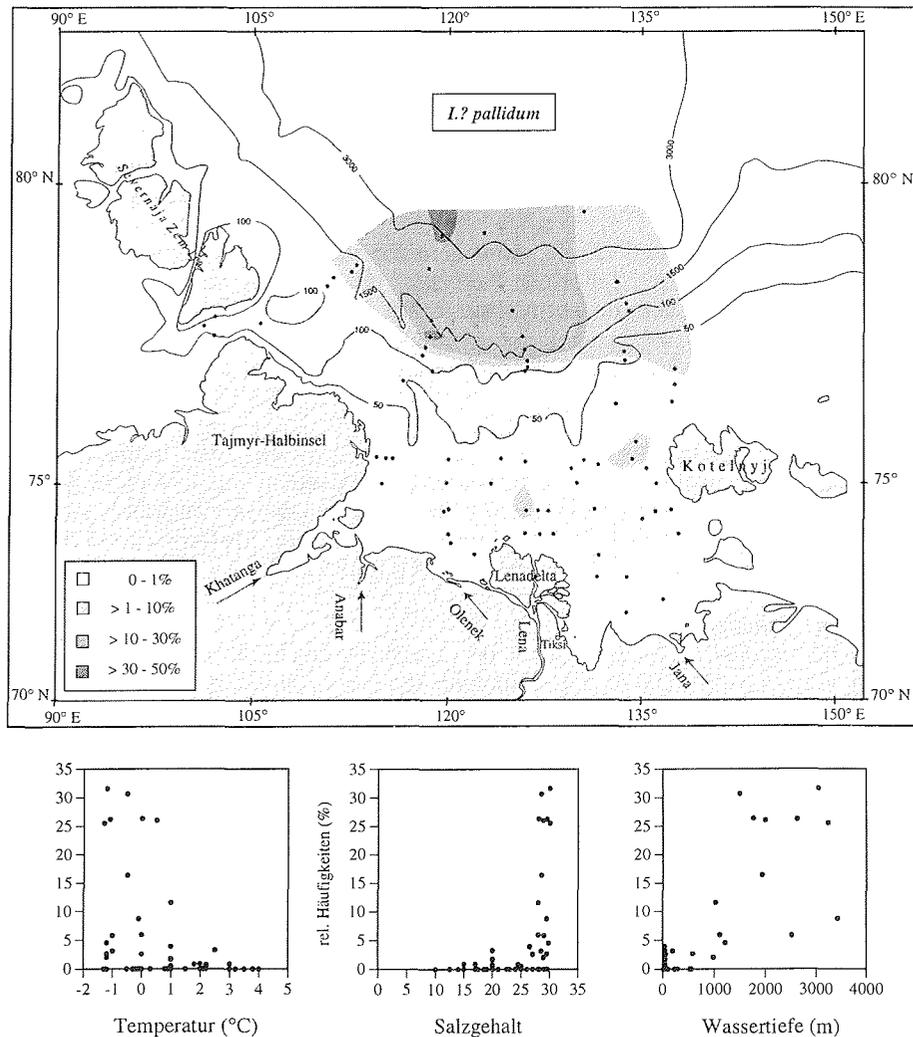


Abb. 30: Verbreitungsmuster von *I.? pallidum* in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der relativen Häufigkeiten von *I.? pallidum* in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Proben.

*Nematosphaeropsis labyrinthus* (OSTENFELD 1903) REID 1974

Auf dem Schelf ist *N. labyrinthus* selten und am Kontinentalhang regelmäßig bis sehr häufig (Abb. 31). Es ist ein deutlicher Gradient in der Zunahme der relativen Häufigkeiten von der Küstenregion in Richtung des zentralen Arktischen Ozeans ausgebildet. Diese Art kommt zwischen -1,3 und 1 °C (Abb. 31) vor und erreicht die höchsten relativen Häufigkeiten bei -1,3 bis 0 °C. Die Salzgehalte liegen zwischen 28 und 30.

*N. labyrinthus* kommt sowohl in den hohen nördlichen Breiten (MUDIE 1992, ROCHON 1997) und im südlichen Indischen Ozean (MARRET & DE VERNAL 1997), als auch in der Arabischen

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

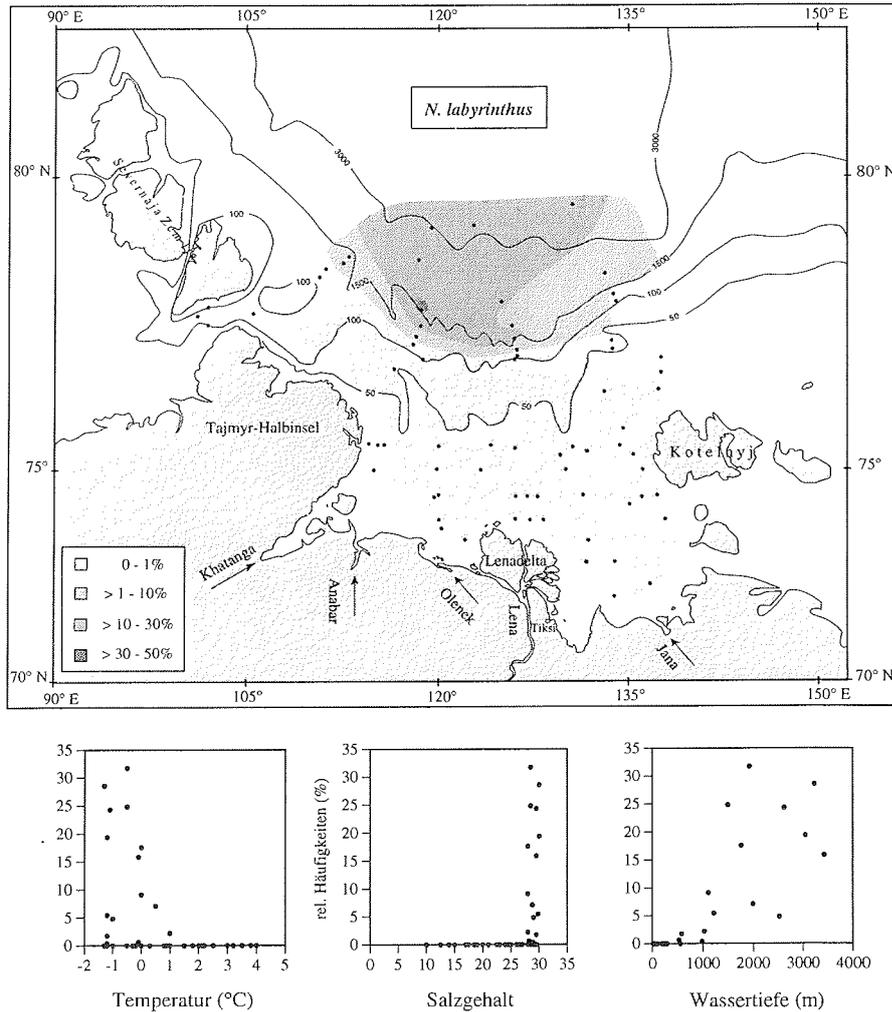


Abb. 31: Verbreitungsmuster von *N. labyrinthus* in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der relativen Häufigkeiten von *N. labyrinthus* in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Proben.

See (ZONNEVELD 1996) und im Golf von Guinea (MARRET 1994) vor. Nach ZONNEVELD (1996) erreicht *N. labyrinthus* im ozeanischen Bereich der Arabischen See relative Häufigkeiten von über 50 %, die sich mit hohen Temperaturen (24 - 28 °C) der Oberflächenwassermassen korrelieren lassen. Nach EDWARDS & ANDRLE (1992) weist diese Art eine breite Temperaturtoleranz auf. *N. labyrinthus* ist eine kosmopolitische Art (WALL et al. 1977, DALE & DALE 1992), die an ozeanische Wassermassen gebunden ist.

*Operculodinium centrocarpum* (DEFLANDRE & COOKSON 1955) WALL 1967  
 Auf dem Schelf ist *O. centrocarpum*, mit Ausnahme von drei Proben, selten und auf dem Kontinentallhang und im Übergangsbereich Schelf-Kontinentallhang regelmäßig bis häufig (Abb. 32). Diese Art kommt bei Temperaturen zwischen -1,3 und 3,8 °C und bei Salzgehalten

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

zwischen 10 und 30 vor. Die höchsten relativen Häufigkeiten liegen bei Temperaturen zwischen -1,2 und 0 °C und Salzgehalten zwischen 28 und 30.

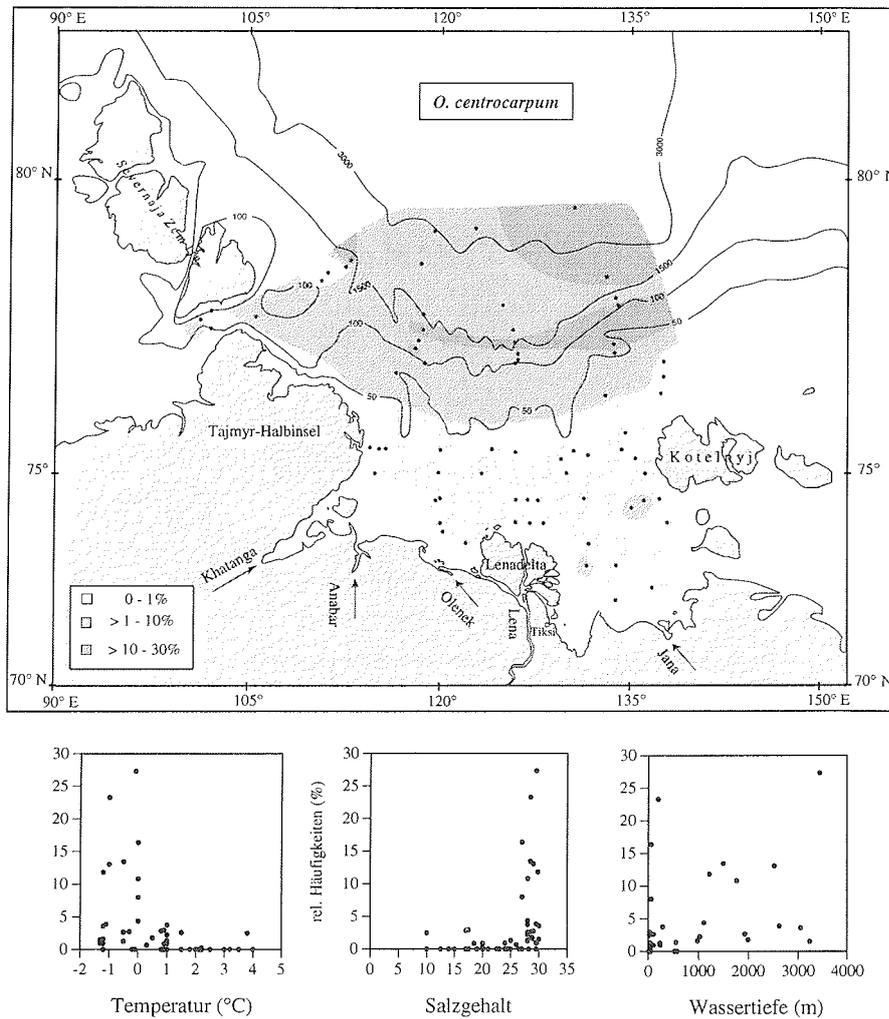


Abb. 32: Verbreitungsmuster von *O. centrocarpum* in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der relativen Häufigkeiten von *O. centrocarpum* in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Proben.

Das Hauptverbreitungszentrum von *O. centrocarpum* liegt in der gemäßigten Klimazone (HARLAND 1983), vor allem in Gewässern rund um die Britischen Inseln (HARLAND 1977), in der Norwegensee (HARLAND 1983, MATTHIESSEN 1991, 1995), auf dem Barentssee-Schelf (HARLAND 1982 a), in der südlichen Nordsee (NEHRING 1994) und in der Ostsee (WALL et al. 1977, NEHRING 1994). Mit geringen relativen Häufigkeiten kommt *O. centrocarpum* nach MUDIE (1992) auch im Arktischen Ozean vor.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

*O. centrocarpum* toleriert nach DALE (1985, 1996) und EDWARDS & ANDRLE (1992) starke Temperatur- und Salzgehaltsunterschiede, wobei die Ausbildung und Länge der Fortsätze in Abhängigkeit der Salzgehalte der Oberflächenwassermassen sehr stark variieren kann. Unter marinen Bedingungen sind die Fortsätze von *O. centrocarpum* meist lang ( $> 8 \mu\text{m}$ ) und gut ausgebildet (NEHRING 1994, MATTHIESSEN 1995, MATTHIESSEN & BRENNER 1996), im Brackwasser treten überwiegend Zysten mit reduzierten Fortsätzen auf (MATTHIESSEN & BRENNER 1996). Die Fortsätze der Zysten aus der Laptevsee sind meist lang (7 - 10  $\mu\text{m}$ ) und gut entwickelt. *O. centrocarpum* ist eine neritische bis ozeanische, eurytherme und euryhaline kosmopolitische Art (WALL et al. 1977, DALE 1996, ROCHON 1997), die ihre Hauptverbreitung in der warm- und kaltgemäßigen Klimazone hat.

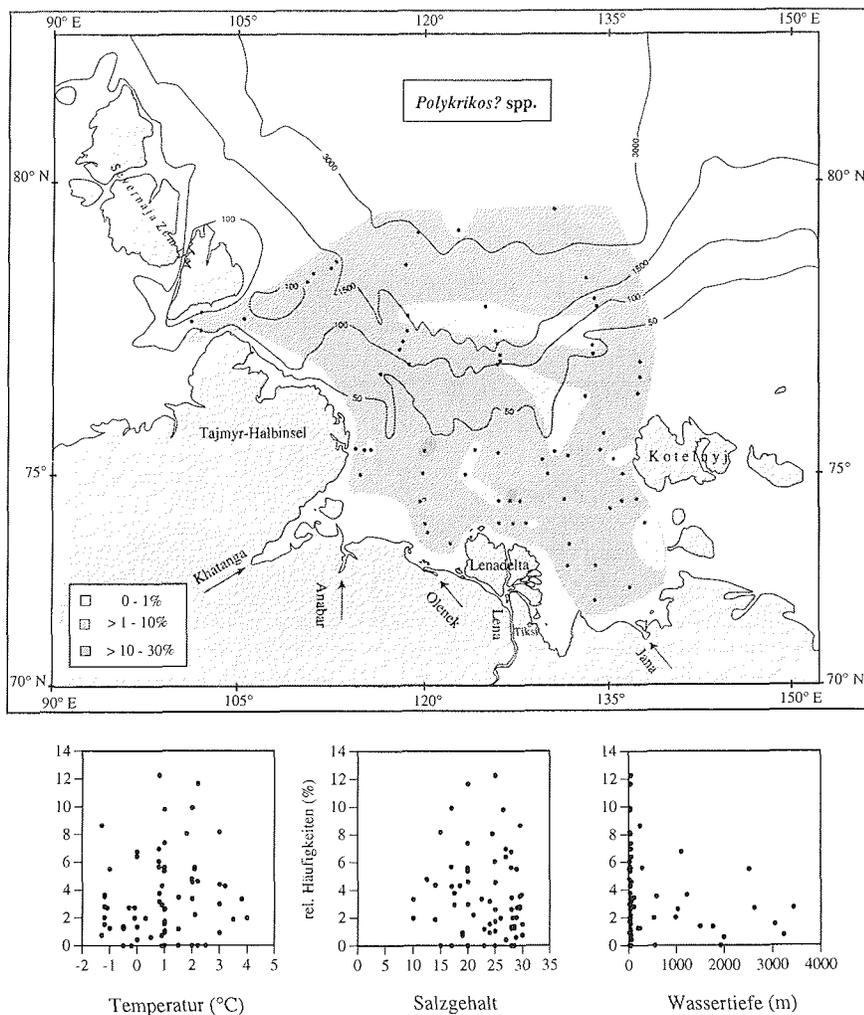


Abb. 33: Verbreitungsmuster von *Polykrikos? spp.* in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der relativen Häufigkeiten von *Polykrikos? spp.* in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Proben.

*Polykrikos?* spp. BÜTSCHLI 1873

In den Oberflächensedimenten der Laptevsee ist *Polykrikos?* spp. selten bis häufig vorhanden (Abb. 33). *Polykrikos?* spp. kommt bei Temperaturen zwischen -1,3 und 4 °C und bei Salzgehalten zwischen 10 und 30 vor (Abb. 33). Die höchsten Häufigkeiten erreicht diese Art bei Temperaturen zwischen 0,8 bis 2,2 °C und Salzgehalten von 17 bis 26.

*Polykrikos?* spp. ist eine neritische bis ozeanische Gruppe. Die höchsten relativen Häufigkeiten treten in der Laptevsee bei relativ niedrigen Temperaturen der Oberflächenwassermassen und bei niedrig salinen Bedingungen auf.

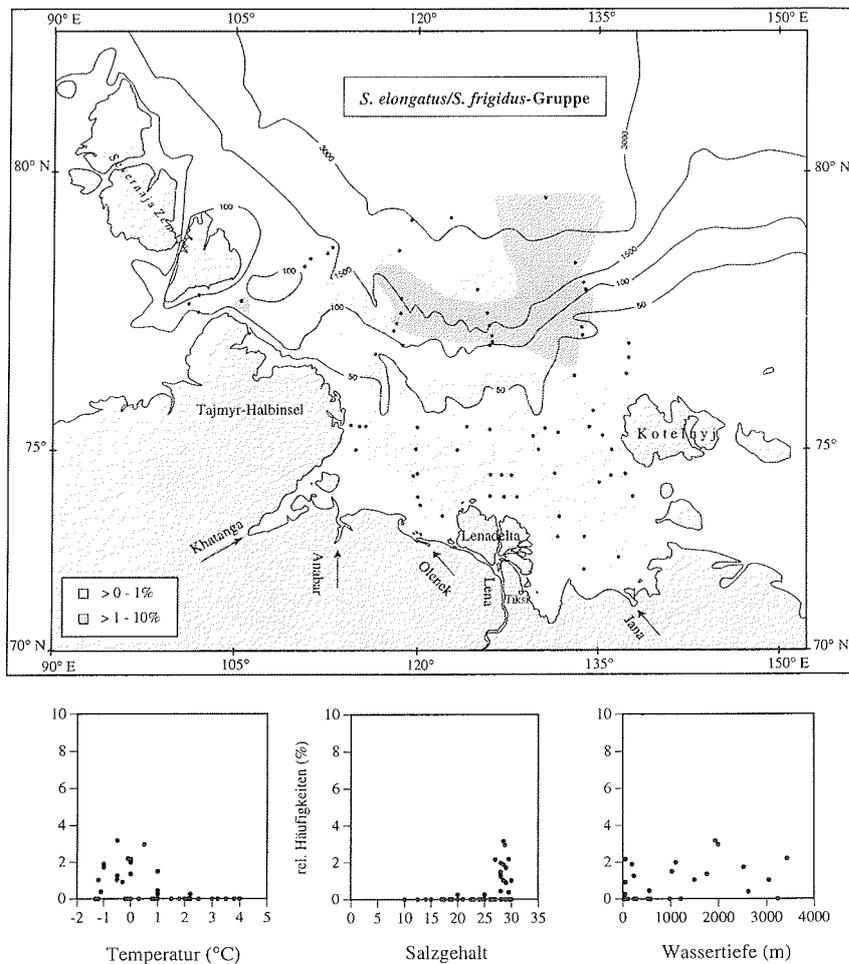


Abb. 34: Verbreitungsmuster von der *S. elongatus/S. frigidus*-Gruppe in den Oberflächensedimenten der Laptevsee. Darstellung der relativen Häufigkeiten der *S. elongatus/S. frigidus*-Gruppe in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen und Wassertiefe der Proben.

*S. elongatus/S. frigidus*-Gruppe REID 1974, HARLAND & REID 1980

Auf dem Schelf ist die *S. elongatus/S. frigidus*-Gruppe selten und am Kontinentalhang selten bis regelmäßig vorhanden (Abb. 34). Diese Gruppe kommt bei Temperaturen zwischen -1,4

und 2,2 °C und bei Salzgehalten zwischen 20 und 30 vor. Die höchsten relativen Häufigkeiten erreicht die *S. elongatus/S. frigidus*-Gruppe bei Temperaturen zwischen -1 und 0,6 °C und Salzgehalten zwischen 28 und 30.

*S. elongatus* kommt in der südlichen Barentssee (HARLAND 1982 a), in der Beaufortsee (HARLAND et al. 1980, MUDIE 1992) und im westlichen und östlichen Atlantik (DALE 1996) vor. *S. frigidus* ist aus der Barentssee und Beaufortsee (HARLAND 1982 a, HARLAND et al. 1980, MUDIE 1992) bekannt. Nach HARLAND (1983) sind beide Arten neritisch bis ozeanisch verbreitet. *S. elongatus* ist eine subpolare bis polare Art (DALE 1996), während *S. frigidus* eher polare Bedingungen anzeigt (MUDIE et al. 1990).

Die biogeographischen Verbreitungsmuster von *B. tepikense* WILSON 1973, *S. quanta* (BRADFORD 1975) MATSUOKA 1985 und Zysten von *P. dalei* INDELICATO & LOEBLICH 1986 werden nicht dargestellt, da diese Taxa nur in wenigen Proben und in geringen relativen Häufigkeiten in den Oberflächensedimenten der Laptevsee vorkommen.

*B. tepikense* kommt in zwei Proben regelmäßig (max. 1,89 %) vor. Nach DALE (1996) ist *B. tepikense* eine neritische bis ozeanische Art, die auf subpolare bis polare Regionen beschränkt ist. *S. quanta* ist in vier Proben selten bis regelmäßig (max. 4,48 %) vorhanden. Diese neritische Art (WALL et al. 1977) ist im äquatorialen, gemäßigten und subpolaren Bereich verbreitet (DALE 1996). Zysten von *P. dalei* lassen sich in sieben Proben selten und in drei Proben regelmäßig (max. 4,9 %) beobachten. Nach DALE (1996) ist dies eine subpolare bis polare Art.

## 2. Definition der Dinoflagellaten-Zysten/Chlorococcalalgen-Vergesellschaftungen

Um die Vergesellschaftungen und deren Zusammensetzung in den Oberflächensedimenten zu bestimmen, wurde eine Q-Modus-Faktorenanalyse durchgeführt. In die Analyse gingen nur Taxa der Dinoflagellaten-Zysten und Chlorococcalalgen ein, da diese beiden Gruppen die Hauptmasse der aquatischen Palynomorphen in der Laptevsee stellen und über die ökologische Signifikanz und die biologische Zuordnung der Acritarchen und Zoomorphengruppen in Oberflächensedimenten sehr wenig bekannt ist.

*A. ? minutum* s.l. beinhaltet die Morphotypen *A. ? minutum* und *Algidasphaeridium? Typ A* bis C (siehe Kapitel VII). In *Brigantedinium* spp. sind *B. simplex*, *B. cariacoense* und alle runden braunen protoperidinioiden Zysten zusammengefaßt, die keiner Art zugeordnet werden konnten. In *Pediastrum* spp. sind alle gefundenen Arten der Gattung *Pediastrum* enthalten.

Es wurde keine Normierung der Daten vorgenommen. Der für diese Analyse benutzte Datensatz umfaßt 72 Oberflächensedimentproben mit 12 Palynomorphen-Taxa. Es gingen nur Proben in den Datensatz ein, in denen mindestens 100 Dinoflagellaten-Zysten bzw. Chlorococcalalgen gezählt wurden. Die 20 für die Analyse nicht benutzten Proben liegen entweder im Bereich der Flußmündungen oder der Verebnungsflächen.

Das berechnete Modell beinhaltet vier Faktoren und erklärt 98,6% der Ausgangsinformation (Tab. 3). Die Kommunalitäten der einzelnen Proben liegen mit sechs Ausnahmen (IK9382, PS2455, PS2460, PS2468, PS2471, PS2473) über 0,97 (Tab. 3).

Faktor 1 erklärt 44,9 % der Ausgangsinformation und wird eindeutig von *A. ? minutum* s.l. dominiert. Das Hauptvorkommen des Faktors 1 ist auf die westliche Laptevsee konzentriert. Die Faktorladungen nehmen deutlich von NW nach SE ab (Tab. 4, Abb. 35).

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

Tab. 3: Varimax Faktoren Matrix der Oberflächensedimentproben.

| Station | Kommunalität | Faktor 1 | Faktor 2 | Faktor 3 | Faktor 4 |
|---------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| IK9309  | 0,999        | 0,630    | -0,755   | 0,161    | -0,081   |
| IK9315  | 0,998        | 0,436    | -0,887   | 0,142    | -0,014   |
| IK9316  | 0,998        | 0,388    | -0,911   | 0,132    | -0,033   |
| IK9321  | 0,999        | 0,314    | -0,934   | 0,135    | 0,102    |
| IK9324  | 0,999        | 0,298    | -0,947   | 0,117    | -0,006   |
| IK9327  | 1,000        | 0,318    | -0,934   | 0,135    | 0,090    |
| IK9330  | 0,999        | 0,358    | -0,919   | 0,144    | 0,075    |
| IK9334  | 1,000        | -0,041   | -0,994   | 0,061    | 0,076    |
| IK9338  | 0,994        | 0,644    | -0,718   | 0,197    | 0,159    |
| IK9342  | 0,999        | 0,815    | -0,535   | 0,178    | -0,130   |
| IK9344  | 0,997        | 0,212    | -0,953   | 0,128    | 0,165    |
| IK9348  | 0,999        | 0,054    | -0,992   | 0,082    | 0,075    |
| IK9350  | 1,000        | 0,166    | -0,977   | 0,104    | 0,080    |
| IK9353  | 0,999        | 0,504    | -0,845   | 0,164    | 0,072    |
| IK9356  | 0,989        | 0,857    | -0,377   | 0,243    | 0,231    |
| IK9358  | 0,997        | 0,805    | -0,545   | 0,210    | 0,089    |
| IK9361  | 0,999        | 0,906    | -0,370   | 0,204    | -0,019   |
| IK9365  | 0,986        | 0,832    | -0,499   | 0,207    | 0,041    |
| IK9367  | 0,991        | 0,860    | -0,432   | 0,220    | 0,129    |
| IK9368  | 0,994        | 0,842    | -0,486   | 0,217    | 0,055    |
| IK9370  | 0,999        | 0,909    | -0,341   | 0,190    | -0,142   |
| IK9371  | 0,998        | -0,010   | -0,992   | 0,069    | 0,098    |
| IK9373  | 0,998        | 0,653    | -0,736   | 0,168    | -0,054   |
| IK93A73 | 0,994        | 0,440    | -0,872   | 0,172    | 0,103    |
| IK9382  | 0,932        | 0,562    | -0,670   | 0,223    | 0,343    |
| IK9384  | 0,972        | 0,534    | -0,613   | 0,262    | 0,493    |
| IK92K2  | 0,992        | 0,606    | -0,665   | 0,225    | 0,362    |
| PM9402  | 0,997        | 0,814    | -0,542   | 0,200    | 0,013    |
| PM9441  | 0,999        | 0,705    | -0,675   | 0,161    | -0,141   |
| PM9442  | 0,998        | 0,742    | -0,633   | 0,210    | -0,039   |
| PM9462  | 0,995        | 0,057    | -0,981   | 0,097    | 0,140    |
| PM9463  | 0,994        | 0,579    | -0,795   | 0,166    | 0,000    |
| PM9475  | 0,998        | 0,110    | -0,990   | 0,081    | 0,013    |
| PM9482  | 0,996        | 0,314    | -0,940   | 0,117    | 0,004    |
| PM9492  | 0,996        | 0,883    | -0,364   | 0,167    | -0,236   |
| PM9494  | 0,994        | 0,827    | -0,511   | 0,208    | 0,065    |
| PM9499  | 0,994        | 0,906    | -0,346   | 0,217    | 0,079    |
| PS2450  | 0,978        | 0,928    | -0,205   | 0,236    | 0,139    |
| PS2451  | 0,984        | 0,915    | -0,254   | 0,237    | 0,161    |
| PS2452  | 0,996        | 0,913    | -0,147   | 0,260    | 0,269    |
| PS2453  | 0,998        | 0,882    | -0,407   | 0,192    | -0,127   |
| PS2455  | 0,786        | 0,460    | -0,336   | 0,631    | 0,252    |
| PS2456  | 0,975        | 0,781    | -0,278   | 0,423    | 0,331    |
| PS2458  | 0,989        | 0,767    | -0,219   | 0,287    | 0,520    |
| PS2459  | 0,973        | 0,511    | -0,151   | 0,314    | 0,769    |
| PS2460  | 0,900        | 0,754    | -0,206   | 0,355    | 0,404    |
| PS2462  | 0,996        | 0,646    | -0,659   | 0,240    | 0,297    |
| PS2464  | 0,982        | 0,518    | -0,138   | 0,833    | -0,023   |
| PS2465  | 0,989        | 0,896    | -0,202   | 0,377    | 0,064    |
| PS2466  | 0,990        | 0,845    | -0,217   | 0,259    | 0,403    |
| PS2467  | 0,996        | 0,896    | -0,296   | 0,249    | 0,208    |
| PS2468  | 0,915        | 0,627    | -0,144   | 0,659    | 0,258    |
| PS2469  | 0,996        | 0,811    | -0,339   | 0,471    | 0,041    |
| PS2470  | 0,970        | 0,421    | -0,198   | 0,868    | 0,008    |

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

|                           |       |               |               |               |               |
|---------------------------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| PS2471                    | 0,968 | 0,430         | -0,112        | 0,876         | 0,053         |
| PS2472                    | 0,990 | 0,442         | -0,167        | 0,875         | 0,014         |
| PS2473                    | 0,915 | 0,458         | -0,137        | 0,823         | 0,097         |
| PS2474                    | 0,993 | 0,169         | -0,024        | 0,973         | 0,133         |
| PS2475                    | 0,990 | 0,890         | -0,199        | 0,398         | 0,021         |
| PS2476                    | 0,974 | 0,837         | -0,226        | 0,263         | 0,392         |
| PS2478                    | 0,998 | 0,952         | -0,214        | 0,203         | -0,076        |
| PS2481                    | 0,998 | 0,936         | -0,178        | 0,237         | 0,183         |
| PS2482                    | 0,997 | 0,949         | -0,182        | 0,251         | 0,001         |
| PS2483                    | 0,980 | 0,893         | -0,157        | 0,376         | 0,128         |
| PS2484                    | 0,993 | 0,938         | -0,188        | 0,232         | 0,153         |
| PS2485                    | 0,997 | 0,881         | -0,364        | 0,236         | 0,182         |
| KD9523                    | 0,998 | 0,214         | -0,967        | 0,115         | 0,061         |
| KD9548                    | 0,994 | 0,408         | -0,899        | 0,141         | 0,019         |
| KD9555                    | 0,996 | 0,369         | -0,914        | 0,151         | 0,051         |
| KD9561                    | 0,998 | 0,420         | -0,895        | 0,134         | -0,039        |
| KD9565                    | 0,998 | 0,562         | -0,806        | 0,170         | 0,054         |
| KD9568                    | 0,995 | 0,675         | -0,654        | 0,218         | 0,253         |
| KD9572                    | 0,999 | 0,815         | -0,508        | 0,230         | 0,157         |
| <b>Varianz</b>            |       | <b>44,877</b> | <b>37,849</b> | <b>11,830</b> | <b>4,033</b>  |
| <b>Kumulative Varianz</b> |       | <b>44,877</b> | <b>82,725</b> | <b>94,556</b> | <b>98,589</b> |

Tab. 4: Varimax Faktor Score Matrix (Artenfaktorenmatrix) der Oberflächensedimentproben.

| Variable                                  | Faktor 1     | Faktor 2      | Faktor 3     | Faktor 4     |
|---|--------------|---------------|--------------|--------------|
| <i>Brigantedinium</i> spp.                | 0,268        | 0,049         | 0,190        | <b>0,899</b> |
| <i>A. ? minutum</i> s.l.                  | <b>0,921</b> | -0,207        | 0,158        | -0,281       |
| <i>Selenopemphix quanta</i>               | 0,003        | 0,000         | -0,001       | -0,003       |
| <i>Operculodinium centrocarpum</i>        | -0,031       | 0,028         | 0,208        | 0,173        |
| <i>Nematosphaeropsis labyrinthus</i>      | -0,135       | 0,032         | <b>0,629</b> | -0,146       |
| <i>S. elongatus/S. frigidus</i> -Gruppe   | -0,004       | 0,005         | 0,036        | 0,016        |
| Zysten von <i>Pentapharsodinium dalei</i> | -0,001       | -0,003        | 0,000        | 0,002        |
| <i>Polykrikos?</i> spp.                   | 0,042        | -0,014        | 0,011        | 0,024        |
| <i>Impagidinium? pallidum</i>             | -0,144       | 0,041         | <b>0,700</b> | -0,128       |
| <i>Bitectatodinium tepikiense</i>         | 0,000        | -0,001        | 0,000        | 0,000        |
| <i>Pediastrum</i> spp.                    | -0,195       | <b>-0,974</b> | 0,028        | 0,091        |
| <i>Botryococcus cf. braunii</i>           | 0,009        | -0,044        | 0,083        | 0,189        |

Faktor 2 wird von den Chlorococcalalgen der Gattung *Pediastrum* dominiert und erklärt 37,9 % der Varianz. Die höchsten Faktorladungen erreicht dieser Faktor in der östlichen Laptevsee und vor der Olenekmündung (Tab. 4, Abb. 36). Im Gegensatz zu Faktor 1 läßt sich ein deutlicher SE-NW-Gradient beobachten.

Faktor 3 setzt sich aus nahezu gleichen Teilen aus *I. ? pallidum* und *N. labyrinthus* zusammen. Die Varianz liegt bei 11,8 %. Das Hauptvorkommen dieses Faktors ist auf den Kontinentaltalhang konzentriert (Tab. 4, Abb. 37). Die Faktorladungen nehmen deutlich von Norden nach Süden ab.

Faktor 4 weist eine Dominanz von *Brigantedinium* spp. auf. Durch diesen Faktor werden 4 % der Ausgangsinformation erklärt. Die höchsten Faktorladungen erreicht Faktor 4 nordwestlich der Insel Kotelnyj (Tab. 4, Abb. 38). Die niedrigsten Faktorladungen lassen sich auf dem Schelf beobachten.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaften in der Laptevsee

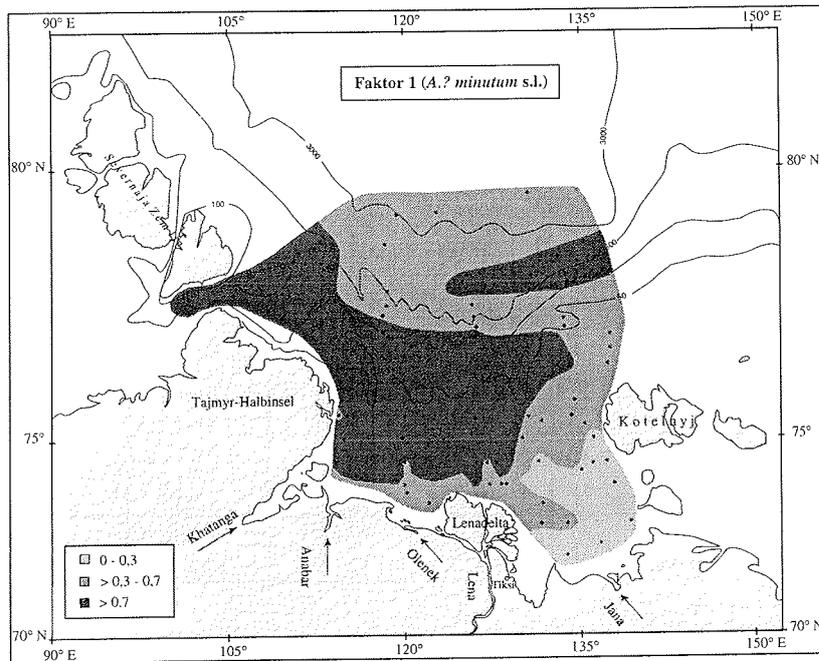


Abb. 35: Verbreitungsmuster des Faktors 1 (*A.? minutum s.l.*) in der Laptevsee.

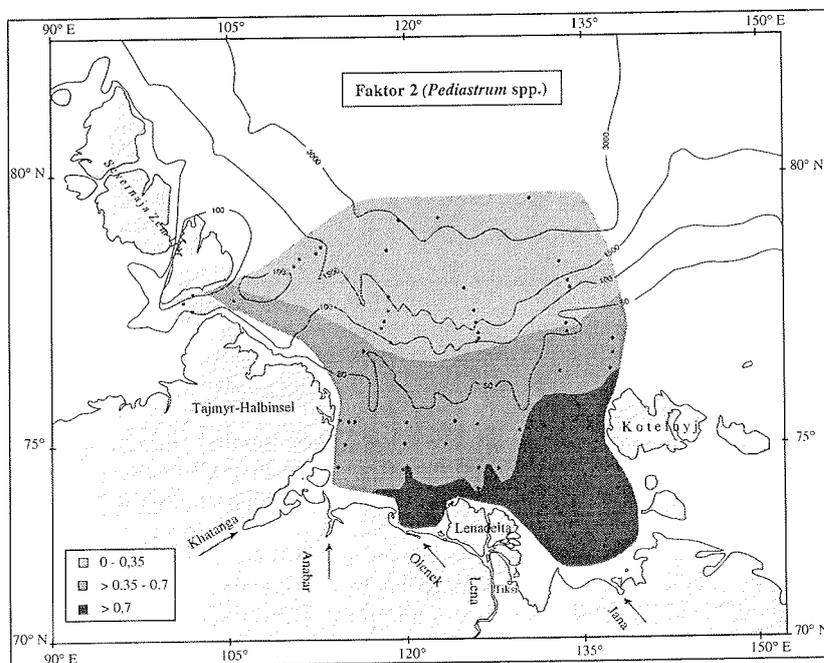


Abb. 36: Verbreitungsmuster des Faktors 2 (*Pediastrum spp.*) in der Laptevsee.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

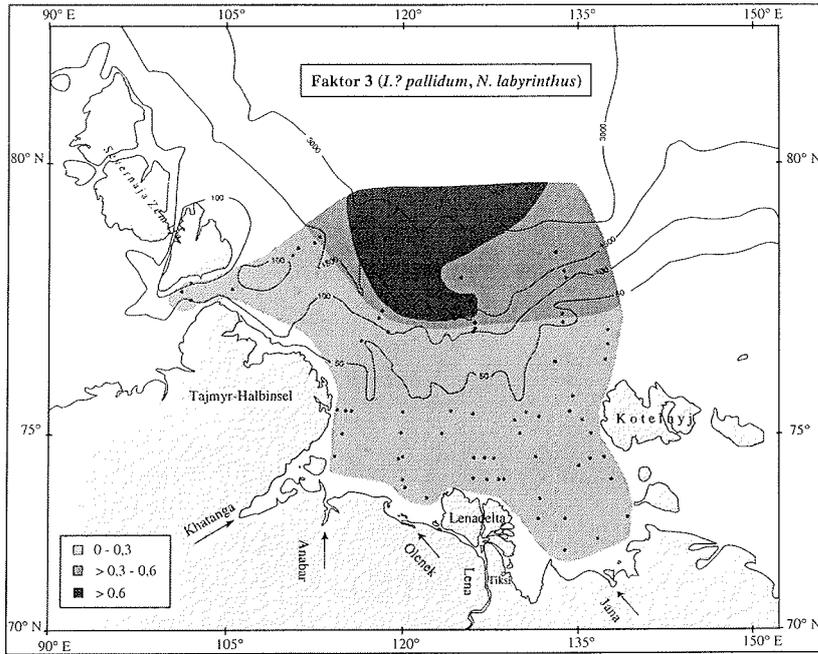


Abb. 37: Verbreitungsmuster des Faktors 3 (*I.?* *pallidum*, *N. labyrinthus*) in der Laptevsee.

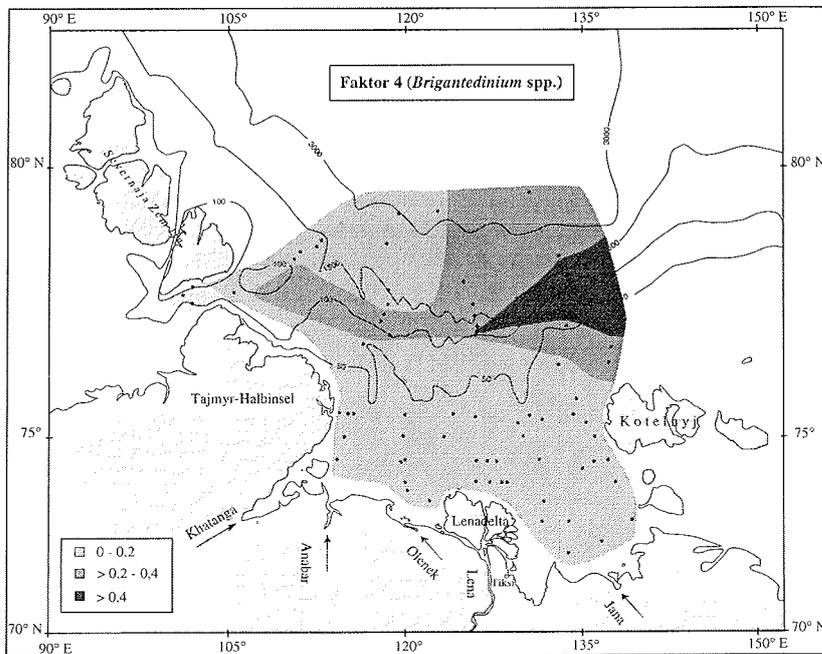


Abb. 38: Verbreitungsmuster des Faktors 4 (*Brigantedinium* spp.) in der Laptevsee.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

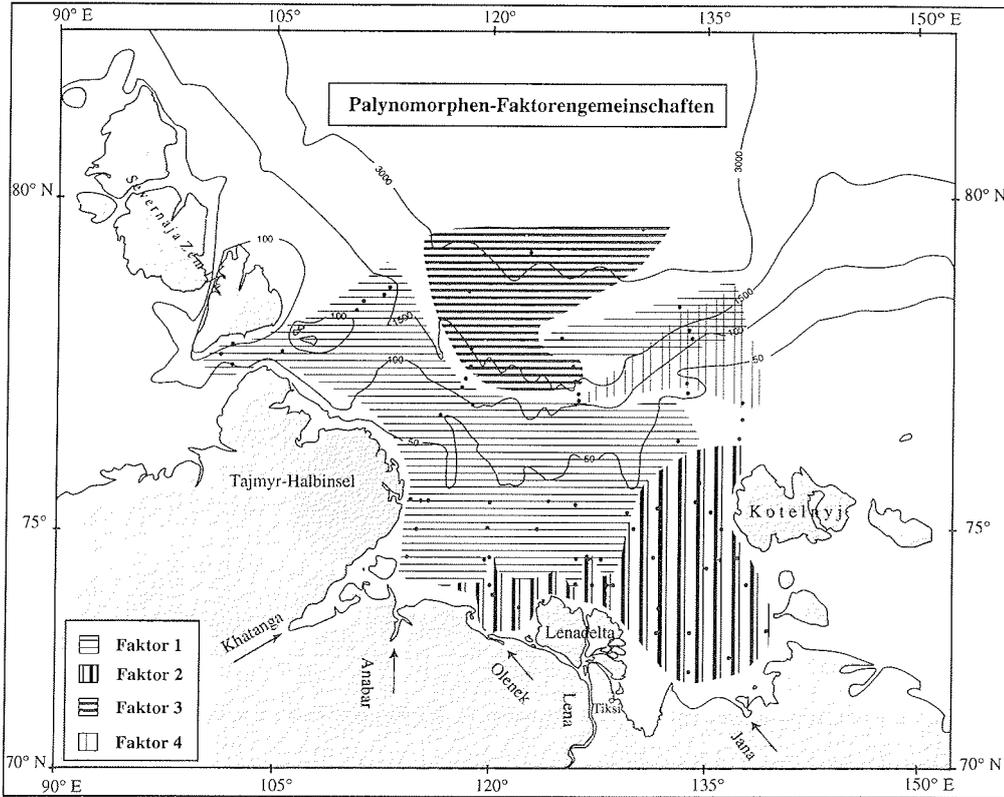


Abb. 39: Palynomorphen-Faktorengemeinschaften in Oberflächensedimenten der Laptevsee. Dargestellt sind die Bereiche der höchsten Faktorladungen der einzelnen Faktoren.

In Abbildung 39 sind die Bereiche der höchsten Faktorladungen der einzelnen Faktoren zusammengefaßt dargestellt. Die Trennungslinie zwischen den Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftungen (Faktor 1, 3 und 4) und der Chlorococcalalgen-Vergesellschaftung (Faktor 2) verläuft ungefähr entlang der Isohaline 20 (Abb. 39, vgl. auch Abb. 3). Die Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftungen liegen nördlich dieser Linie.

### 3. Einfluß der ozeanographischen Parameter auf die Verbreitung der Palynomorphen

#### 3.1 Ökologie der Dinoflagellaten-Zysten

Die Biodiversität der Dinoflagellaten-Zysten ist in der Laptevsee mit siebzehn eindeutig identifizierten Taxa (siehe Kapitel VII) im Gegensatz zu den Schelfregionen der tropischen und gemäßigten Klimazonen mit 30 bis 40 Arten (REID 1977, MARRET 1994, BIEBOW 1996) gering. In den Schelfgebieten der polaren Klimazone entspricht die Artendiversität mit 4 bis 13 Taxa der der Laptevsee (HARLAND et al. 1980, HARLAND 1982 a, MUDIE 1992).

Generell ist die Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung in den Oberflächensedimenten der hohen nördlichen Breiten durch eine relativ hohe Artendiversität mit 2 bis 18 Taxa pro Probe gekennzeichnet, wobei mehr als 85 % der Vergesellschaftung durch nur 8 Taxa bestimmt werden (ROCHON 1997).

Bezogen auf die Vergesellschaftung der aquatischen Palynomorphen stellen die Dinoflagellaten-Zysten in den Oberflächensedimenten der Laptevsee die artenreichste Gruppe dar (siehe Anhang 1). *Polykrikos?* spp. und die *Algidasphaeridium?*-Morphotypen A bis C wurden bisher nicht beschrieben. Die Vergesellschaftung der Dinoflagellaten-Zysten ist in der Laptevsee, im Gegensatz zu den Diatomeen-Vergesellschaftungen mit 118 marinen Arten (CREMER 1997), niedrig divers.

In der Laptevsee kommen nur wenige Dinoflagellaten-Zysten-Arten häufig vor. *A.?* *minutum* s.l. und *Brigantedinium* spp. dominieren die Vergesellschaftung der Dinoflagellaten-Zysten auf dem Schelf. Am Kontinentalhang wird die Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung im Gegensatz zum Schelfbereich von *I.?* *pallidum*, *N. labyrinthus* und *O. centrocarpum* dominiert. Neben diesen Taxa kommt untergeordnet die *S. elongatus/S. frigidus*-Gruppe vor. *Brigantedinium* spp. und *A.?* *minutum* s.l. sind in diesem Bereich auch vorhanden, die relativen Häufigkeiten nehmen jedoch mit zunehmender Distanz vom Schelf stark ab.

Um die ökologischen Ansprüche bestimmter Taxa besser zu definieren, wird der Datensatz aus der Laptevsee mit einem umfangreichen Datensatz aus dem nördlichen Nordatlantik, dem Europäischen Nordmeer, der Labradorsee, der Hudsonbai und Baffinbai zusammengeführt (ROCHON 1997). Dieser gesamte Datensatz beinhaltet, mit den 72 Sedimentproben aus der Laptevsee, 443 Proben. Die Temperatur- und Salzgehaltsangaben beziehen sich immer auf das Oberflächenwasser im Sommer. Der Datensatz von ROCHON 1997 (n = 371) umfaßt den Temperaturbereich des Oberflächenwassers von -1,2 bis 22,7 °C und den Salzgehaltsbereich von 20 bis 36,4. Der verwendete Laptevsee-Datensatz (n = 72) deckt den Temperaturbereich zwischen -1,3 und 4 °C und den Salzgehaltsbereich zwischen 10 und 30 der Oberflächenwassermassen ab.

#### *Polare Vergesellschaftung*

Mit Hilfe der Untersuchungen in der Laptevsee läßt sich erstmals eine charakteristische polare Vergesellschaftung der Dinoflagellaten-Zysten definieren. Bisher wurden nur rezente Sedimente aus polaren bis subpolaren Regionen, in die zeitweilig relativ wärmeres Oberflächenwasser einströmt, auf Dinoflagellaten-Zysten untersucht (MUDIE 1992; MATTHIESSEN 1995, ROCHON 1997). Nach hydrographischen und biologischen Untersuchungen wird der eigentliche Laptev-Schelf heute weder vom Einstrom relativ wärmeren pazifischen noch atlantischen Oberflächenwassermassen beeinflusst.

Die Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung der Laptevsee wird auf dem Schelf von *A.?* *minutum* s.l. dominiert (Abb. 24 und 35). Dieses Taxon beinhaltet in der Laptevsee vier verschiedene Morphotypen, die durch Ausbildung und Form der Fortsätze eindeutig vonein-

ander abgegrenzt werden können und klare biogeographische Verbreitungsmuster zeigen (siehe Kapitel IV: 1.3).

In hohen nördlichen Breiten kommt *A. ? minutum* bei Temperaturen der Oberflächenwassermassen zwischen -1,2 und 18 °C und Salzgehalten zwischen 10 und 35,5 vor (Abb. 40). Hohe relative Häufigkeiten (> 40 %) zeigt diese Art bei Temperaturen zwischen -1,2 und 4 °C und Salzgehalten zwischen 15 und 34. Ob *A. ? minutum* auch geringere Salzgehalte tolerieren kann, läßt sich anhand der wenigen Datenpunkte < 15 nicht sagen. Bei höheren Temperaturen der Oberflächenwassermassen (> 4 °C) kommt *A. ? minutum* mit relativen Häufigkeiten bis maximal 25 % vor.

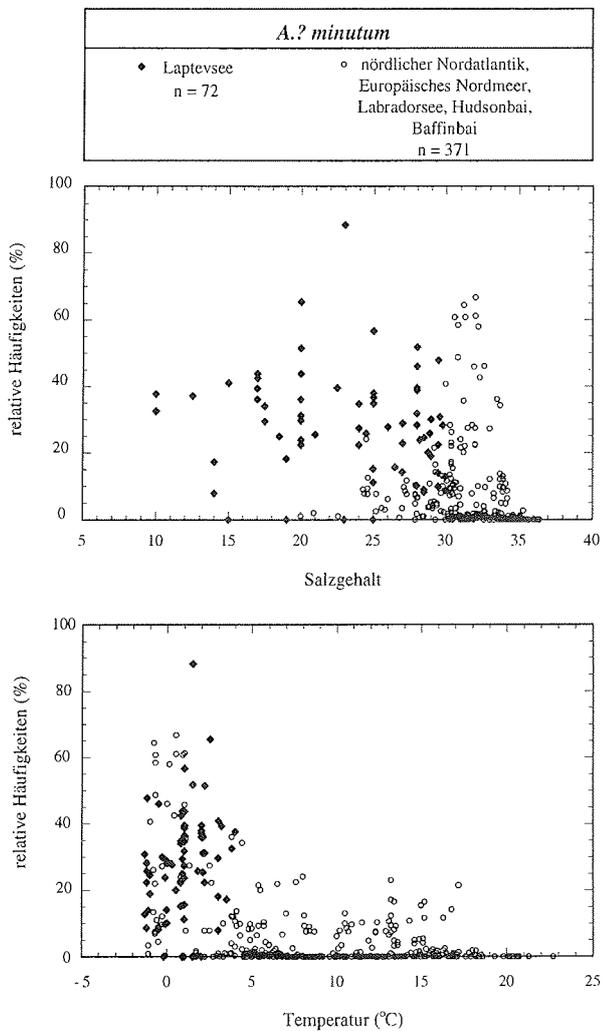


Abb. 40: Darstellung der relativen Häufigkeiten von *A. ? minutum* gegen Temperatur (°C) und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen (n = 443).

*A. ? minutum* zeigt eine breite Temperatur- und Salzgehaltspräferenz. Diese Art kommt in den subpolaren bis polaren Regionen vor (DALE 1996, ROCHON 1997). Das Zentrum der Verbreitung liegt jedoch in den polaren Bereichen, die durch relativ geringe Temperaturen des Oberflächenwassers gekennzeichnet sind.

Im Gegensatz dazu weisen die *Algidasphaeridium*?-Morphotypen A bis C nur eine sehr eingeschränkte geographische Verbreitung auf. Bisher wurden sie nur in der Laptevsee nachgewiesen, d.h. sie kommen bloß unter polaren Bedingungen ohne Beeinflussung von wärmeren Oberflächenwassermassen vor. Da nur aus den einzelnen Verbreitungsmustern der Morphotypen die größtmögliche ökologische Information gewonnen werden kann, müssen die einzelnen Morphotypen unterschieden werden. Die hohe Diversität der *Algidasphaeridium*?-Morphotypen ist deshalb ein wesentliches Merkmal der polaren Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung in der Laptevsee.

Ein weiteres in der Laptevsee wichtiges Taxon ist, neben *A. ? minutum* s.l., *Brigantedinium* spp. (Abb. 29). *Brigantedinium* spp. wird im Untersuchungsgebiet von *B. simplex* dominiert (siehe Kapitel IV: 1.3).

Runde braune protoperidinoide Zysten sind in allen neritischen bis ozeanischen Klimazonen wichtige Bestandteile der Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung (u.a. DALE 1983, MATSUOKA 1987, MARRET 1994, MATTHIESSEN 1995, BIEBOW 1996, MARRET & DE VERNAL 1997). Da die Bestimmung der einzelnen Exemplare recht schwierig ist (siehe Kapitel III: 3.3), werden in der Literatur meistens alle runden braunen protoperidinioiden Zysten unter dem Gattungsnamen *Brigantedinium* spp. zusammengefaßt. Es hat sich jedoch gezeigt, daß die verschiedenen Arten der Gattung *Brigantedinium* unterschiedliche ökologische Präferenzen zeigen (EDWARDS & ANDRLE 1992) und dadurch eine Aufschlüsselung der Arten erforderlich ist. In den hohen nördlichen Breiten ist *Brigantedinium* spp. häufig bis dominant vorhanden und wird dort von der subpolaren bis polaren Art *B. simplex* dominiert (DALE 1996). Nach DALE (1996) kann *Brigantedinium* spp. dadurch in diesen Regionen als Indikator für polare Bedingungen mit saisonaler bis permanenter Eisbedeckung verwendet werden. Im gemäßigten und äquatorialen Bereich kommt *B. simplex* nicht vor (z.B. BIEBOW 1996, DALE 1996). Das Artenspektrum kann somit zur Charakterisierung der ökologischen Ansprüche von *Brigantedinium* spp. herangezogen werden.

*Brigantedinium* spp. kommt weiterhin sowohl in Bereichen, die durch erhöhte Nährstoffgehalte durch fluviatilen Eintrag geprägt sind (MATSUOKA 1987), als auch in Auftriebsgebieten häufig bis dominant vor (z.B. MARRET 1994, BIEBOW 1996). In diesen Regionen ist meist die Primärproduktion und damit auch die Produktion von Diatomeen erhöht.

Die hohen relativen Häufigkeiten von *Brigantedinium* spp. korrelieren annähernd mit einem Diatomeenmaximum der Gattung *Chaetoceros* im Übergangsbereich Schelf-Kontinentalhang (CREMER, mdl. Mittl.). Dieses Maximum hängt wahrscheinlich mit erhöhten Nährstoffgehalten (PIVOVAROV 1994), die entweder durch die Flüsse oder mit dem Einstrom nährstoffreicheren Oberflächenwassermassen aus dem Pazifik entlang der Schelfkanten der Tschuktschensee und Ostsibirischen See in die Laptevsee gelangen, zusammen. Da bestimmte Arten der Gattung *Protoperidinium* sich von Diatomeen, bevorzugt von der Gattung *Chaetoceros*, ernähren (JACOBSON & ANDERSON 1986), könnten die erhöhten relativen Häufigkeiten von *Brigantedinium* spp. nordwestlich der Insel Kotelnj auf diese erhöhte *Chaetoceros*-Produktion zurückzuführen sein. Damit wäre das Vorkommen und das Artenspektrum von *Brigantedinium* spp. in der Laptevsee sowohl von den Temperaturen und Salzgehalten der Oberflächenwassermassen als auch von den Nährstoffgehalten bzw. dem Nährstoffangebot abhängig.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

Eine weitere wichtige Art der Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftungen in der Laptevsee ist *Polykrikos?* spp. (Abb. 33). Durch das Vorhandensein dieser Art unterscheidet sich die Laptevsee von allen anderen Meeresgebieten. In der Literatur wurde *Polykrikos?* spp. bisher nicht beschrieben. In der Laptevsee ist *Polykrikos?* spp. selten bis häufig. Auffällig viele Zysten enthalten noch Protoplasma. Bei der Durchsicht von Streupräparaten von vier Oberflächen-sedimentproben aus der Tschuktschensee, die mir freundlicherweise von A. Rochon zu Verfügung gestellt wurden, wurden einige Exemplare von *Polykrikos?* spp. gefunden. Diese Zysten enthielten jedoch, im Gegensatz zu den Exemplaren aus der Laptevsee, kein Protoplasma mehr. Vermutlich ist *Polykrikos?* spp. eine endemische Art der polaren Regionen.

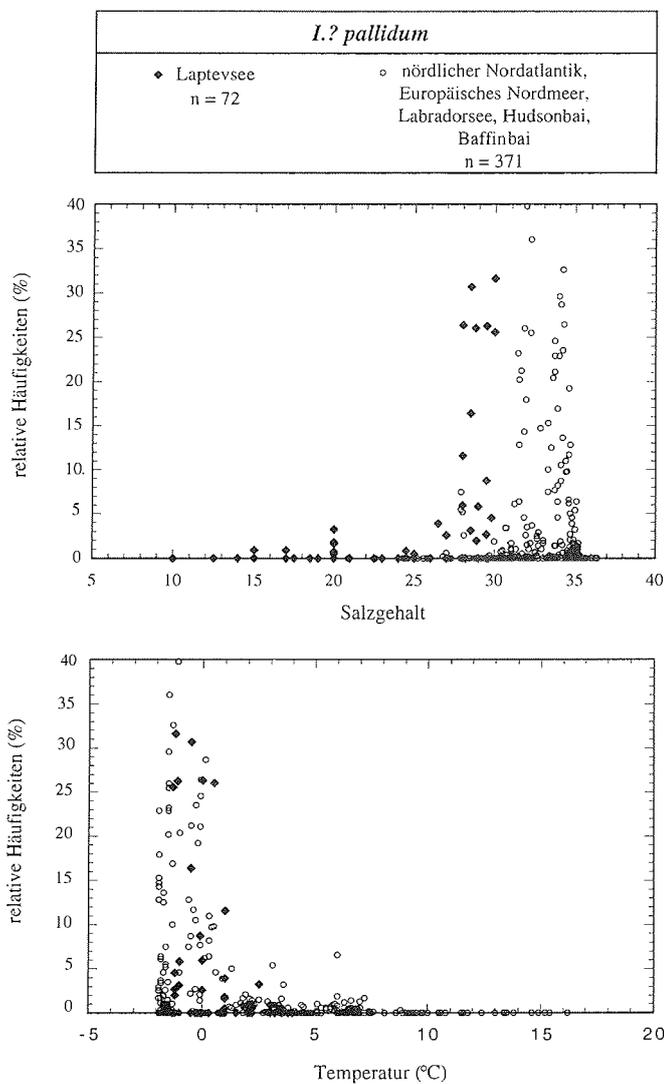


Abb. 41: Darstellung der relativen Häufigkeiten von *I.?* *pallidum* gegen Temperatur (°C) und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen (n = 443).

Das Vorkommen und die Verbreitung von *I. pallidum* spiegeln höhere Salzgehalte in den polaren Regionen wider. Im Untersuchungsgebiet ist *I. pallidum* nur am Kontinentalhang bei Wassertiefen von unter 1000 m häufig bis sehr häufig zu finden (Abb. 30). In den hohen nördlichen Breiten kommt *I. pallidum* bei Temperaturen von -2 bis 7,5 °C und Salzgehalten von 15 bis 35,5 der Oberflächenwassermassen vor (Abb. 41). Die höchsten relativen Häufigkeiten (25 - 40 %) erreicht diese Art bei Temperaturen zwischen -2 und 1 °C und Salzgehalten zwischen 28 und 35.

*I. pallidum* kommt mit höheren relativen Häufigkeiten nur in Gebieten mit extrem kalten Oberflächenwassermassen und ozeanischen Bedingungen vor und zeigt ein klar begrenztes biogeographisches Verbreitungsmuster. Die wichtigsten ökologischen Parameter, die das Vorkommen von *I. pallidum* beeinflussen, sind die Salzgehalte und vor allem die Temperaturen der Oberflächenwassermassen (ROCHON 1997). Das Zentrum der Verbreitung von *I. pallidum* liegt im östlichen Arktischen Ozean (MUDIE 1992), in der zentralen Grönlandsee (ROCHON 1997) und im Südpolarmeer (MARRET & DE VERNAL 1997). *I. pallidum* ist eine bipolare Art, die als Anzeiger für ozeanische und außerordentlich kalte Oberflächenwassermassen verwendet werden kann. Auch MARRET & DE VERNAL (1997) nehmen an, daß *I. pallidum* in den hohen nördlichen und südlichen Breiten an kalte ozeanische Wassermassen gebunden ist.

#### *Taxa mit deutlichen Präferenzen für wärmere Wassermassen*

Zusätzlich zu den polaren Taxa kommen am Kontinentalhang in höheren Wassertiefen *N. labyrinthus* und *O. centrocarpum*, die deutliche Präferenzen für wärmere atlantische Wassermassen zeigen, vor.

*N. labyrinthus* ist am Kontinentalhang und in Wassertiefen von unter 1000 m regelmäßig bis sehr häufig. In der Laptevsee ist diese Art an kalte, höher saline Oberflächenwassermassen gebunden.

In den hohen nördlichen Breiten ist *N. labyrinthus* bei Temperaturen zwischen -1,3 und 20,8 °C und Salzgehalten zwischen 24,5 und 36 der Oberflächenwassermassen vorhanden und erreicht höhere relative Häufigkeiten (> 40 %) bei Temperaturen zwischen 5 und 14 °C und bei Salzgehalten zwischen 28 und 35 (Abb. 42). In den südlichen Breiten ist *N. labyrinthus* am häufigsten bei Sommertemperaturen der Oberflächenwassermassen zwischen 8 und 17 °C (MARRET & DE VERNAL 1997). Diese Art zeigt in den nördlichen und südlichen Breiten deutliche Präferenzen für ozeanische und relativ warme Oberflächenwassermassen (MARRET & DE VERNAL 1997, ROCHON 1997). Aufgrund dessen und der biogeographischen Verbreitung von *N. labyrinthus* in der Laptevsee ist anzunehmen, daß diese Art mit wärmeren atlantischen Zwischenwassermassen (SCHAUER et al. 1997) in das Untersuchungsgebiet transportiert wird.

Eine Art, die regelmäßig bis häufig hauptsächlich bei Wassertiefen von unter 50 m am Kontinentalhang vorkommt, ist *O. centrocarpum* (Abb. 32). Höhere relative Häufigkeiten (> 10 %) weist diese Art im Untersuchungsgebiet nur im Einflußbereich kalter höher saliner Wassermassen auf.

*O. centrocarpum* ist in den hohen nördlichen Breiten bei Temperaturen zwischen -1,3 und 23 °C und Salzgehalten zwischen 10 und 36 verbreitet (Abb. 43). Relative Häufigkeiten über 50 % erreicht dieses Taxon bei Temperaturen zwischen 0 und 21 °C und Salzgehalten zwischen 28 und 35,5 der Oberflächenwassermassen. *O. centrocarpum* toleriert große Temperaturschwankungen (DALE 1996), die Hauptverbreitung liegt jedoch in der gemäßigten Klimazone (ROCHON 1997). *O. centrocarpum* gelangt wahrscheinlich, wie *N. labyrinthus*, durch den Einstrom wärmerer atlantischer Zwischenwassermassen in das Untersuchungsgebiet.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

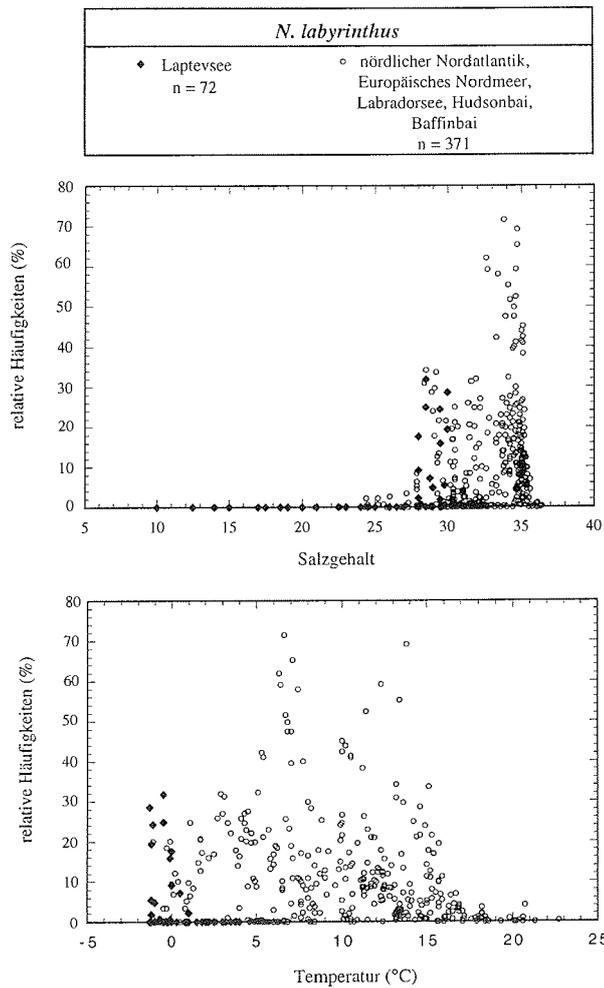


Abb. 42: Darstellung der relativen Häufigkeiten von *N. labyrinthus* gegen Temperatur (°C) und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen (n = 443).

Nur in Jahren, die durch ungewöhnlich warme Sommer mit Oberflächenwassertemperaturen von 5-6 °C gekennzeichnet sind, besteht aufgrund der extremen Temperaturtoleranz von *N. labyrinthus* und *O. centrocarpum* die Möglichkeit, daß sie in der Laptevsee Blüten ausbilden. Dies könnte erklären, warum im Plankton der Laptevsee keine oder nur sehr selten Dinoflagellaten der Gattung *Gonyaulax* nachgewiesen werden konnten (TUSCHLING 1996).

Das regelmäßige Vorkommen der *S. elongatus/S. frigidus*-Gruppe am Kontinentalhang ist an kalte ozeanische Oberflächenwassermassen gebunden. Durch die neritische bis ozeanische Verbreitung (ROCHON 1997) der beiden Arten in den kaltgemäßigten bis polaren Regionen (DALE 1983, 1996, MUDIE et al. 1990) kann davon ausgegangen werden, daß diese Gruppe im Untersuchungsgebiet autochthon vorkommt.

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

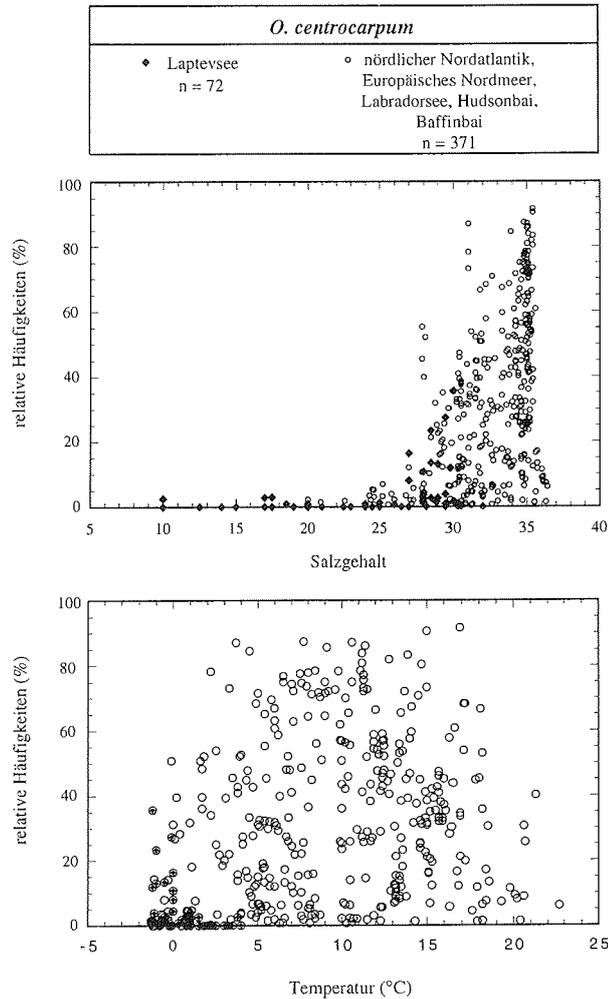


Abb. 43: Darstellung der relativen Häufigkeiten von *O. centrocarpum* gegen Temperatur (°C) und Salzgehalt der Oberflächenwassermassen (n = 443).

### 3.2 Ökologie der Chlorococcalalgen

Die Vergesellschaftung der Chlorococcalalgen in der Laptevsee setzt sich aus verschiedenen Arten der Gattung *Pediastrum* und *Botryococcus* cf. *braunii* zusammen, welche gewöhnlich an Süßwasserbedingungen angepaßt sind (PARRA BARRIENTOS 1979). Daher spiegelt ihr Vorkommen in der marinen Umgebung den Süßwassereinstrom der sibirischen Flüsse in die Laptevsee wider.

Die Vergesellschaftung wird auf dem Schelf von *Pediastrum* dominiert. Im Gegensatz dazu dominiert *B. cf. braunii* die Vergesellschaftung am Kontinentallhang. Durch die stabileren Zellwände ist *B. cf. braunii* im Gegensatz zu den, nach eigenen Beobachtungen, weniger strapazierfähigen Coenobien der *Pediastrum*-Arten resistenter gegen Beschädigungen beim Transport in

der Wassersäule oder am Boden. Aufgrund dessen wird *B. cf. braunii* vermutlich am Kontinentalhang selektiv angereichert.

Die biogeographische Verbreitung der Chlorococcalalgen deutet darauf hin, daß der Laptevsee-Schelf stark durch den Süßwassereintrag der Flüsse Olenek, Lena und Jana beeinflusst wird (Abb. 17). Vor allem die Lena transportiert durch ihren nördlichen und östlichen Hauptarm große Mengen von Chlorococcalalgen in die östliche Laptevsee. Diese Algen werden östlich des Lenadeltas und in der östlichen Lenarinne abgelagert. Auch durch die Jana gelangen diese Grünalgen auf den östlichen Schelf. Die Hauptablagerung der Algen erfolgt nicht direkt an der Janamündung, sondern erst in der Janarinne. Am Kontinentalhang kommen nur noch geringe Konzentrationen der Chlorococcalalgen vor. Der starke Gradient in den Konzentrationen der Chlorococcalalgen belegt, daß der Süßwassereinfluß von Lena und Jana hauptsächlich auf den östlichen Schelf bis etwa 77°30'N beschränkt ist. In der westlichen Laptevsee wird der Hauptanteil der Chlorococcalalgen im Bereich der Olenekmündung abgelagert. In Richtung Norden nehmen die Konzentrationen stark ab. Der direkte Süßwassereinfluß des Oleneks läßt sich in der Olenekrinne bis etwa 75°N nachweisen. Viele Chlorococcalalgen enthalten noch Chlorophyll, deshalb kann ausgeschlossen werden, daß es sich bei den gefundenen Chlorococcalalgen um umgelagertes Material handelt.

Im Gegensatz zu den Mündungsbereichen von Olenek, Lena und Jana kommen in den Oberflächensedimenten der Khatangamündung keine erhöhten Konzentrationen der Chlorococcalalgen vor. Der Khatanga mündet nicht wie die anderen Flüsse, Olenek, Lena und Jana, in ein Delta, sondern in ein langgestrecktes Ästuar. Aufgrund dessen werden entweder die Chlorococcalalgen schon im Ästuar abgelagert und gelangen dadurch nicht in die Laptevsee oder der Khatanga transportiert kaum Chlorococcalalgen in das Untersuchungsgebiet. Da keine Proben aus dem Ästuar des Khatangas zu Verfügung stehen, ist diese Frage nicht zu beantworten.

Die Chlorococcalalgen werden entweder mit den gegen den Uhrzeigersinn gerichteten Oberflächenströmen in Richtung Arktischer Ozean transportiert oder sie sinken im Küstenbereich schon zu Boden und können dann durch Strömungen am Boden der Rinnen nach Norden verfrachtet werden. Durch die starke vertikale Schichtung der Wassermassen im Sommer, besonders in der östlichen Laptevsee, wird der Transport der Chlorococcalalgen in der Brackwasserfahne der Lena und Jana begünstigt. Nach SUSLOV (1961) fließt ein Oberflächenstrom aus der westlichen Laptevsee kommend zwischen Stolbovoy und Kotelnjy (~ 74°N) in Richtung Osten (Abb. 2). Durch diese Ströme müßten die Chlorococcalalgen, die mit der Brackwasserfahne der Lena in die Laptevsee gelangen, nach Osten transportiert werden. Das Verbreitungsmuster der Chlorococcalalgen läßt vermuten, daß dieser Transport mit den Oberflächenwassermassen nicht stattfindet. Möglicherweise sinken die Chlorococcalalgen schon vorher zu Boden. Bis etwa 73°N konnte KISSELEW (1932) *Pediastrum* im Plankton nachweisen. Wie weit die Chlorococcalalgen tatsächlich mit den Oberflächenwassermassen verfrachtet werden, läßt sich nicht abschätzen, da keine detaillierten Planktonuntersuchungen vorliegen.

Die Ablagerungsbereiche der beiden Flüsse Lena und Jana im östlichen Teil der Laptevsee sind streng voneinander getrennt. Dies läßt sich auf die bathymetrischen Gegebenheiten in der Laptevsee zurückführen. Die östliche Lenarinne und die Janarinne werden durch die Stolbovoybank und die sich südlich angrenzende Vasilevskybank, bei denen es sich um ausgedehnte flache Sandbänke mit Wassertiefen < 15 m handelt, morphologisch voneinander getrennt (HOLMES & CREAGER 1974). Die Ablagerung der Chlorococcalalgen in der östlichen Laptevsee und im Bereich der Olenekmündung ist hauptsächlich auf die großen submarinen Rinnensysteme beschränkt und wird somit von der Bathymetrie des Untersuchungsgebietes

gesteuert. In diesen Rinnen akkumulieren hauptsächlich feinkörnigere, siltig-tonige Sedimente (BENTHIEN 1994, LINDEMANN 1994), in denen die Chlorococcalalgen selektiv angereichert werden, da sie sich vermutlich wie die etwa gleichgroßen Dinoflagellaten-Zysten bei der Ablagerung wie Feinsiltpartikel verhalten (DALE 1976, WALL et al. 1977). Im Bereich der Stolbovoybank und Vasilevskybank lassen sich nur geringe Konzentrationen der Chlorococcalalgen und Dinoflagellaten-Zysten (Abb. 17 und 16) beobachten. Dies stimmt mit Beobachtungen von BENTHIEN (1994) und LINDEMANN (1994) überein, nach denen die rezente Schelf-Sedimentation der Flußfrachten überwiegend auf die Rinnen beschränkt ist. Die Sandbankbereiche liegen oberhalb der Sturmwellenbasis. Bei Sturmereignissen werden vermutlich die Silt- und Tonfraktion der Sedimente aufgewirbelt und später in den Rinnen akkumuliert. Größere, sandige bis sandig-siltige Sedimentpartikel werden in geringerem Maße verfrachtet oder bleiben liegen.

Ein wichtiges Transportmittel, welches das Vorkommen von Chlorococcalalgen und anderen Mikrofossilien in den Tiefseesedimenten des Arktischen Ozeans beeinflusst, ist das Meereis. Durch die Meereisbildung im Herbst (EICKEN et al. 1997) können Sediment- und Mikrofossilpartikel in das sich bildende Meereis eingefroren werden (REIMNITZ et al. 1992). Dieses Meereis wird mit der Transpolar Drift vom Laptevsee-Schelf über den Arktischen Ozean in die Grönland- und Islandsee (Abb. 1) transportiert (DETHLEFF et al. 1993, NÜRNBERG et al. 1994). Dort oder schon vorher schmilzt das Eis ab. MUDIE (1992) beschreibt *Pediastrum* aus Tiefseesedimenten des Gakkel-Rückens, die im Einflußbereich der Transpolar Drift liegen. Sie schlägt vor, daß diese Chlorococcalalgen aus im Meereis eingefrorenen Sedimenten ausschmelzen, die aus der Laptevsee kommen. ABELMANN (1992) berichtet von brackischen Diatomeen aus Meereisproben entlang eines Profils zwischen dem äußeren Barentssee-Schelf und der nördlichen Flanke des Gakkel-Rückens und vermutet, daß die Diatomeen in der Laptevsee in das Meereis aufgenommen wurden. MATTHIESSEN (1991, 1995) vermutet, daß das Vorkommen von *Pediastrum* in den Oberflächensedimenten des Europäischen Nordmeeres auf den Meereistransport der Transpolar Drift und des Ostgrönlandstromes von der Laptevsee über den östlichen Arktischen Ozean zurückzuführen ist. Es ist daher anzunehmen, daß die Chlorococcalalgen und andere Mikrofossilien aus der Laptevsee durch Meereistransport und Ausschmelzprozesse in rezente Sedimente des Arktischen Ozeans und in die Grönland- und Islandsee gelangen.

### 3.3 Ökologie weiterer aquatischer Palynomorphen

Neben den Dinoflagellaten-Zysten und Chlorococcalalgen kommen in den Sedimenten der Laptevsee noch weitere aquatische Palynomorphen vor.

#### *Foraminiferen-Tapeten*

In zahlreichen Untersuchungen werden rezente Foraminiferen-Tapeten (u.a. CROSS et al. 1966, DE VERNAL et al. 1989, 1992 a, MATTHIESSEN 1991, BIEBOW 1996) erwähnt, über die biogeographische Verbreitung der Foraminiferen-Tapeten in Oberflächensedimenten ist jedoch nur wenig bekannt. Nach STANCLIFFE (1989) und BATTEN (1996) können die Foraminiferen-Tapeten als Indikatoren für marine Ablagerungsbedingungen verwendet werden. In Auftriebsgebieten sind die Foraminiferen-Tapeten sehr häufig (CROSS et al. 1966, MELIA 1984, BIEBOW 1996). Nach MELIA (1984) nehmen die Konzentrationen der Foraminiferen-Tapeten mit Zunahme der Wassertiefe ab. Dies stimmt mit den eigenen Beobachtungen überein. ROCHON & DE VERNAL (1994) bringen erhöhte Konzentrationen von Foraminiferen-Tapeten mit erhöhten organischen Kohlenstoffgehalten in der Labradorsee in Verbindung. In der Laptevsee lassen sich die höchsten Gehalte von organischem Kohlenstoff in den Mündungsbereichen der Flüsse beobachten. In Richtung Kontinentalhang nehmen sie stark ab. Ein Zusammenhang zwischen erhöhten Konzentrationen von Foraminiferen-Tapeten und den Gehalten an

organischem Kohlenstoff läßt sich in der Laptevsee mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,14$  nicht nachweisen (Abb. 44). Nach BUDE (1997) zeigen auch die benthischen Foraminiferen in der Laptevsee keine Korrelation mit den organischen Kohlenstoffgehalten.

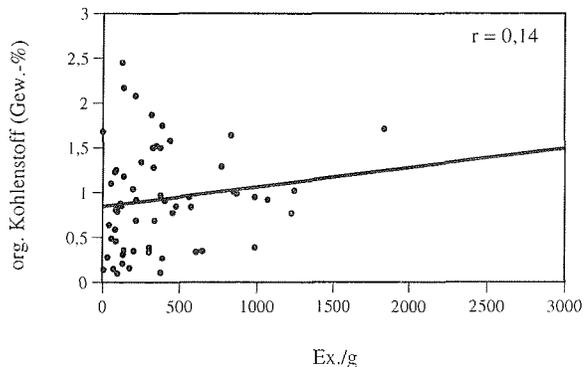


Abb. 44: Korrelation des organischen Kohlenstoffes (Gew.-%) gegen die Konzentrationen (Ex./g) der Foraminiferen-Tapeten.

#### *Halodinium* spp.

*Halodinium* spp. kommt in höheren Konzentrationen nur auf dem Schelf vor. Am Kontinentalhang ist dieses Taxon selten vorhanden (Abb. 21). Im Gegensatz zu den Dinoflagellaten-Zysten und Chlorococcalalgen, die verstärkt in den Rinnen angereichert sind, zeigt *Halodinium* spp. in der westlichen und östlichen Laptevsee auch im Bereich der Sandbänke erhöhte Konzentrationen. Dies hängt wahrscheinlich damit zusammen, daß die meisten Exemplare von *Halodinium* spp. relativ groß sind ( $\varnothing$  80 bis 120  $\mu\text{m}$ ). Sie verhalten sich wie Feinsandpartikel und werden dadurch bei Sturmereignissen in geringerem Maße verfrachtet.

Bisher wurde *Halodinium* in den hohen nördlichen Breiten in der Hudsonbai (DE VERNAL et al. 1989), im Arktischen Ozean (MUDIE 1992) und im Europäischen Nordmeer (MATTHIESSEN 1991, 1995) gefunden. Nach MUDIE (1992) könnte *Halodinium* ein Indikator für starken fluviatilen Einstrom in polare Gebiete sein.

Nach MATTHIESSEN (1995) ist *Halodinium* wahrscheinlich an niedrig saline Bedingungen gebunden. Auch in der Laptevsee zeigt *Halodinium* spp. deutliche Präferenzen für niedrig saline Oberflächenwassermassen (Abb. 21).

#### *Radiosperma corbiferum*

Ein weiteres Taxon, das in höheren Konzentrationen nur auf dem Schelf vorkommt, ist *R. corbiferum* (Abb. 22). Zu Vorkommen und geographischer Verbreitung von *R. corbiferum* in Oberflächensedimenten liegen bisher keine Untersuchungen vor. Dieses Taxon wird in Planktonuntersuchungen der Nordsee, des Kattegats (LOHMANN 1910), der Ostsee (HENSEN 1887, LOHMANN 1910, LEEGAARD 1920), der Kieler Bucht (NEHRING 1994) und der Barents- und Karasee (MEUNIER 1910) erwähnt. Das Verbreitungsmuster von *R. corbiferum* in der Laptevsee (Abb. 22) zeigt, daß diese Art in höheren Konzentrationen nur bei Salzgehalten zwischen 8 und 18 vorkommt und dadurch vermutlich an brackische Oberflächenwassermassen gebunden ist.

#### Acritarch Typ A

Acritarch Typ A erreicht in der Laptevsee nur im Bereich der mittleren Meereiskante im August höhere Konzentrationen (Abb. 23). Über die biologische Zugehörigkeit von Acritarch Typ A ist

nichts bekannt und es liegen keine Informationen zu Vorkommen, geographischer Verbreitung und Ökologie in marinen Sedimenten vor. Da BUCK et al. (1991) und OKOLODKOV (1993) ähnliche Individuen aus Eisproben der Antarktis und der Tikhaiabucht, Franz Josef Land, beschrieben haben, könnte das Vorkommen von Acritarch Typ A in Verbindung mit Meereisbedeckung stehen. BUCK et al. (1991) deuten diese antarktischen Formen als Hypnozygote von autotrophen athekaten Dinoflagellaten.

### 3.3 Moderne Situation im Ökosystem Laptevsee

Die Verbreitung der Vergesellschaftungen der Dinoflagellaten-Zysten und Chlorococcalgen sowie einzelner Taxa der Dinoflagellaten-Zysten spiegeln deutlich die rezente ökologische Situation in der Laptevsee wider. Chlorococcalgen dominieren im Bereich der Flußmündungen, mit Ausnahme der Janamündung, diese Vergesellschaftungen mit über 80 % (Abb.46). Diese Dominanz erstreckt sich in der westlichen Laptevsee bis etwa 73°30' N und in der östlichen Laptevsee bis etwa 76° N (Abb. 46). Ein markanter Wechsel erfolgt nördlich dieser Linie zu Vergesellschaftungen, die von Dinoflagellaten-Zysten mit Anteilen von über 50 % dominiert werden (Abb. 45). Die Oberflächenwassermassen der Schelfregion werden folglich an der Küste und im östlichen Bereich bis 76° N stark durch den Süßwassereintrag der Flüsse geprägt. Die vor allem in der östlichen Laptevsee stark ausgesetzten Oberflächenwassermassen werden auch an der Küste durch höher saline Wassermassen unterlagert. Dafür spricht das Vorhandensein der Foraminiferen-Tapeten in diesen Bereichen (Abb. 19).

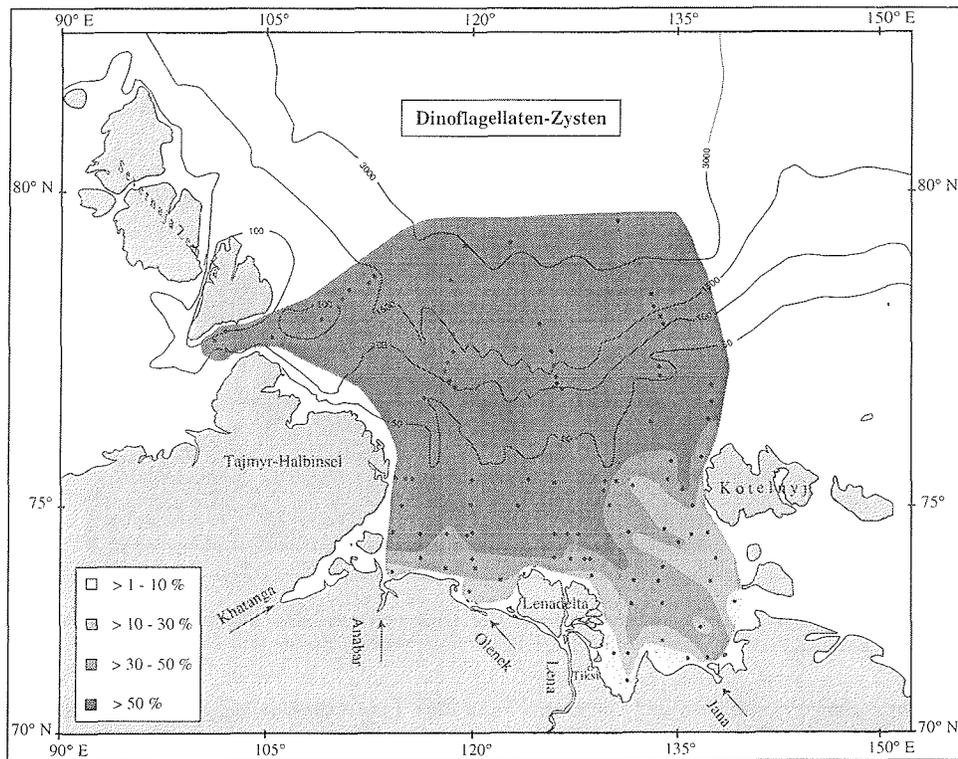


Abb. 45: Biogeographisches Verbreitungsmuster der Dinoflagellaten-Zysten. Die angegebenen relativen Häufigkeiten beziehen sich auf die Gesamtsumme der Dinoflagellaten-Zysten und Chlorococcalgen.

#### IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

Die biogeographische Verbreitung der Dinoflagellaten-Zysten und Chlorococcalgen spiegeln den starken Salzgehaltsgradienten der Oberflächenwassermassen von der Küste zum Kontinentalhang deutlich wider (Abb. 3). Durch den beträchtlichen Süßwassereintrag der Flüsse Lena, Jana und Olenek im Sommer wird der Salzgehalt der Oberflächenwassermassen im westlichen Küstenbereich und vor allem im östlichen Teil des Schelfes stark erniedrigt. Der Salzgehalt liegt vor dem östlichen Lenadelta südlich 75°N unter 20 (TRESHNIKOV 1985) und im Bereich der beiden östlichen Hauptarme der Lena unter 6 (DMITRENKO et al. 1995). An diese stark verringerten Salzgehalte sind die Dinoflagellaten-Zysten nicht angepaßt. Sie werden wahrscheinlich bei kurzfristigen Ereignissen, z.B. Stürmen, aus der hydrographisch relativ stabilen zentralen Laptevsee in Richtung Küste transportiert. Bei diesen Ereignissen werden die Dinoflagellaten-Zysten nicht mit der gegen den Uhrzeigersinn verlaufenden Oberflächenströmung (Abb. 2; SUSLOV 1961) aus der Laptevsee in den Arktischen Ozean, sondern in Richtung Küste transportiert (HASS, mdl. Mittl.) und dann in den tiefergelegenen Rinnen abgelagert (Abb. 16).

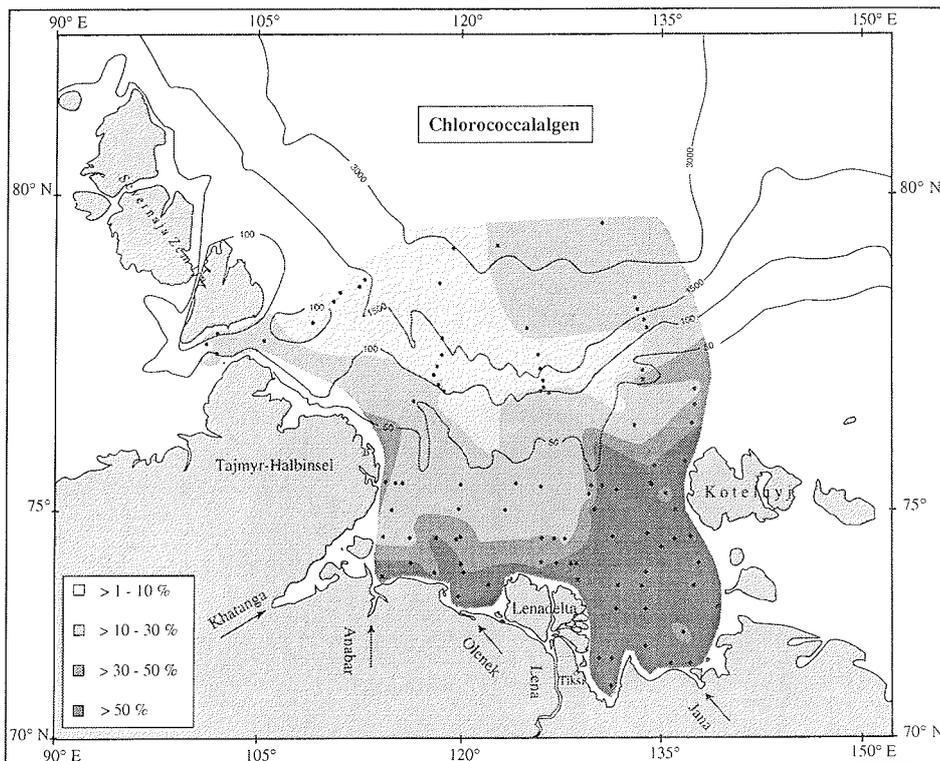


Abb. 46: Biogeographisches Verbreitungsmuster der Chlorococcalgen. Die angegebenen relativen Häufigkeiten beziehen sich auf die Gesamtsumme der Dinoflagellaten-Zysten und Chlorococcalgen.

Die ökologischen Präferenzen der einzelnen Taxa und Vergesellschaftungen in der Laptevsee werden in Abbildung 47 zusammengefaßt dargestellt. Die oberflächennahen Wassermassen der Laptevsee werden einerseits durch den Süßwassereintrag der Flüsse und andererseits durch polare Oberflächenwassermassen geprägt. Die Laptevsee stellt die Typuslokalität für polare Regionen ohne Einfluß von wärmeren Oberflächenwassermassen dar. Auch Planktonunter-

IV. Palökologie der rezenten Palynomorphen-Vergesellschaftungen in der Laptevsee

suchungen von OKOLODKOV & DODGE (1996) zeigen, daß die Laptevsee heute nicht von wärmeren atlantischen oder pazifischen Wassermassen beeinflusst wird. Die polare Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung setzt sich auf dem Schelf aus *A.?* *minutum* s.l., *Brigantedinium* spp. und *Polykrikos?* spp. zusammen (Abb. 47). Die *Algidasphaeridium*-Morphotypen A bis C und *Polykrikos?* spp. sind charakteristisch für diese polare Region, da sie bisher nur im Bereich der sibirischen Schelfgebiete gefunden wurden. Weiter nördlich im Bereich des Kontinentalhanges erscheint *I.?* *pallidum*. Dies ist eine typische polare Art der hohen südlichen und nördlichen Breiten, wobei das Vorkommen von *I.?* *pallidum* an höhere Salzgehalte der Oberflächenwassermassen gebunden ist (Abb. 41 und 47). Auch *N. labyrinthus* ist wahrscheinlich wie *I.?* *pallidum* ausschließlich an ozeanische Bedingungen angepaßt. *N. labyrinthus* und *O. centrocarpum* kommen nur am Kontinentalhang vor. Beide Taxa werden vermutlich mit relativ warmen Zwischenwassermassen aus dem Atlantik in den Bereich des Kontinentalhanges der Laptevsee transportiert und können dadurch in der Laptevsee als Indikatoren für den Einstrom wärmerer atlantischer Wassermassen verwendet werden. Das Artenspektrum und die biogeographische Verbreitung der Dinoflagellaten-Zysten in der Laptevsee ist nicht nur von der Temperatur, sondern auch von den Salz- und Nährstoffgehalten des Oberflächenwassers und von Transportprozessen abhängig.

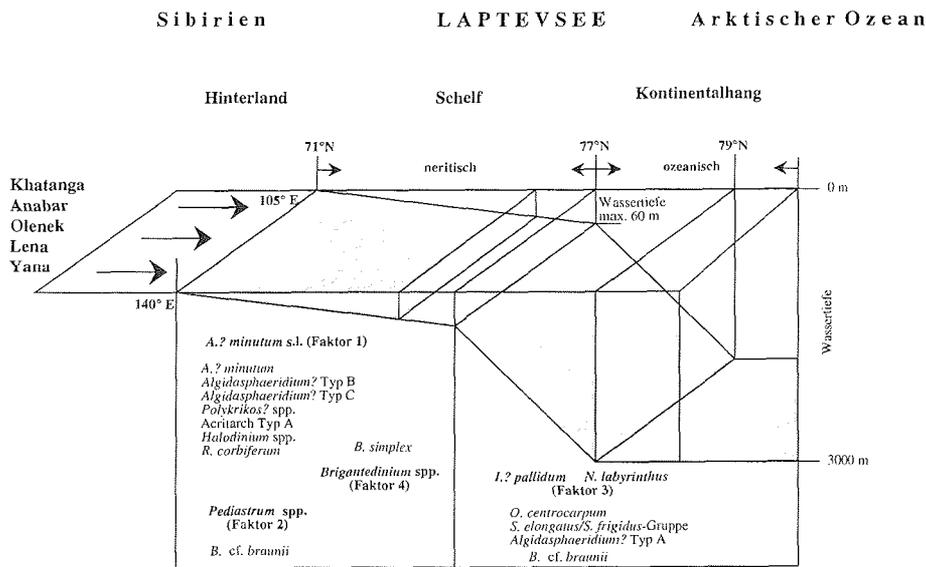


Abb. 47: Ökologische Präferenzen der einzelnen Taxa und Vergesellschaftungen in Oberflächensedimenten der Laptevsee.

## **V. Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän**

Zur holozänen Entwicklungsgeschichte des terrestrischen Klimas in Sibirien liegen zahlreiche detaillierte Untersuchungen vor (u.a. KHOTINSKIY 1984, NAIDINA 1995, KOSHKAROVA 1995, MELLES et al. 1996, HAHNE & MELLES 1997). Sie zeigen, daß die postglaziale Entwicklung des sibirischen Klimas natürlichen Schwankungen unterworfen ist.

Das holozäne Klimaoptimum wurde im sibirischen Teil der Arktis nach Pollenuntersuchungen im Boreal im Zeitraum zwischen 9200 und 8000 J.v.h. erreicht (VARTANYAN et al. 1993, NAIDINA 1995, KOSHKAROVA 1995, HAHNE & MELLES 1997). Im Gegensatz dazu wird in Europa das Atlantikum als die wärmste Phase im Holozän angesehen (HAHNE & MELLES 1997). Quantitative paläo-klimatische Rekonstruktionen im Bereich der Laptevsee und in angrenzenden Gebieten zeigen, daß im Boreal die Lufttemperaturen um bis zu 3 °C höhere Werte als heute erreichten. Der Temperaturanstieg ging mit erheblichen Niederschlagserhöhungen um mehr als 100 mm pro Jahr einher (VELICHKO et al. 1996). Heute beträgt der mittlere Niederschlag auf der Insel Kotelnj 131 mm im Jahr (MÜLLER 1980). Daraus läßt sich ableiten, daß in diesem Zeitraum im Vergleich zu heute fast doppelt soviel Niederschläge fielen und dadurch wesentlich mehr Wasser in die sibirischen Flüsse eingespeist wurde. In Sibirien setzte nach der postglazialen Wärmeperiode, im Boreal und Atlantikum, im Subboreal ab 4600 bis 2500 J.v.h. eine Abkühlungsphase ein (KHOTINSKIY 1984). Diese wurde im Zeitraum zwischen 4100 und 3200 J.v.h. durch eine wärmere Phase unterbrochen (NAIDINA 1995, HAHNE & MELLES 1997). Die Lufttemperaturen lagen in der ersten Hälfte des Subatlantikums (2500 bis 1000 J.v.h.) etwa 0,5 bis 1 °C niedriger als heute (KOSHKAROVA 1995). In der zweiten Hälfte des Subatlantikums ab 1000 J.v.h. verbesserten sich nach KOSHKAROVA (1995) die klimatischen Bedingungen wieder und es setzte eine wärmere Phase ein.

Im Unterschied zur terrestrischen Klimaentwicklung liegen bisher über das ozeanische Klimageschehen im Gebiet der sibirischen Arktis im Holozän nur wenige Informationen vor (POLYAKOVA 1997). Daher wurden in dieser Arbeit aquatische Palynomorphen an zwei gut datierten Kernen untersucht.

### **1. Palynomorphen-Vergesellschaftungen in den Sedimentkernen**

In beiden Sedimentkernen dominieren die Chlorococcalgen die Palynomorphen-Vergesellschaftung (Abb. 48 und 50), da die Konzentrationen der Chlorococcalgen im allgemeinen in beiden Kernen meist erheblich höher sind als die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten. Daneben kommen als weitere wichtige Palynomorphengruppe die Foraminiferen-Tapeten vor. Die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten sind in Sedimentkern IK9373 generell höher als in Kern PM9462. Genau umgekehrt verhalten sich die Konzentrationen der Chlorococcalgen, die in Kern IK9373 teilweise um die Hälfte niedriger liegen als in Kern PM9462. Beide Kerne zeigen in den Konzentrationen den gleichen Trend.

Die hydrographischen Eigenschaften der Oberflächenwassermassen in der östlichen Laptevsee werden im Holozän sehr stark durch den Flußwassereintrag der sibirischen Flüsse Lena und Jana beeinflusst.

In *Brigantedinium* spp. sind *B. simplex* und *B. cariacense* enthalten. Die Zysten von *P. denticulatum* sind dagegen nicht in *Brigantedinium* spp. zusammengefaßt, da mit Hilfe dieser Art Aussagen über die Zusammensetzung der Oberflächenwassermassen gemacht werden können. *A. ? minutum* s.l. beinhaltet *A. ? minutum* mit allen Morphotypen. Die *S. elongatus/S. frigidus*-Gruppe und *S. quanta* werden nicht dargestellt, da diese Arten relative Häufigkeiten von unter 1 % aufweisen.

Die Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung wird in beiden Kernen von den polaren Taxa *A. ? minutum* s.l. und *Brigantedinium* spp. dominiert. In diesen Kernen kommen die beiden Taxa ± gegenläufig vor. In geringeren relativen Häufigkeiten sind in beiden Kernen Zysten von *P. dalei*, *O. centrocarpum*, *Polykrikos?* spp. und *I. ? pallidum* vorhanden. *B. tepikense* wurde nur in Kern PM9462 identifiziert. Zysten von *P. denticulatum* konnten nur in Kern IK9373 nachgewiesen werden (Abb. 51).

Die Sedimentkerne werden in Palynomorphen-Vergesellschaftungszonen (PVZ) untergliedert. Variationen in den Konzentrationen der Palynomorphen und die Schwankungen der weniger häufigen Arten der Dinoflagellaten-Zysten werden innerhalb der Sedimentkerne für die Zonenuntergliederung benutzt. Beide Kerne können durch das Vorkommen von *I. ? pallidum* miteinander korreliert werden.

Die theoretische stratigraphische Auflösung zwischen den einzelnen Proben beträgt im Kern PM9462 etwa 300 Jahre und in Kern IK9373 ungefähr 100 Jahre. Kern PM9462 repräsentiert die letzten 7400 Jahre, während Kern IK9373 den Zeitraum von 2300 bis 390 J.v.h. umfaßt. Wegen der unterschiedlichen stratigraphischen Auflösung der beiden Kerne werden die Ergebnisse zunächst gegen die Tiefe dargestellt.

#### 1.1 Sedimentkern PM9462 (nördlich der Insel Stolbovoy)

Die Konzentrationen (Ex./g) ausgewählter Palynomorphen-Gruppen und die relativen Häufigkeiten (%) einzelner Dinoflagellaten-Zysten-Taxa werden in Abbildung 48 und 49 gegen die Tiefe dargestellt. Der Sedimentkern kann in fünf Palynomorphen-Vergesellschaftungszonen (PM = für Kern PM9462) untergliedert werden.

##### *Palynomorphen-Vergesellschaftungszone PM 1*

In Zone PM 1 liegen die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten um 700, die der Chlorococcalgen um 1800 und die der Foraminiferen-Tapeten um 800 Ex./g (Abb. 48).

Die Vergesellschaftung der Dinoflagellaten-Zysten setzt sich aus *A. ? minutum* s.l. und *Brigantedinium* spp. zusammen, wobei *A. ? minutum* s.l. die Gemeinschaft mit relativen Häufigkeiten bis 72 % dominiert. Zysten von *P. dalei* und *Polykrikos?* spp. kommen untergeordnet vor. Die Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung in dieser Zone und die Vergesellschaftung in den Oberflächensedimenten der östlichen Laptevsee zeigen eine ähnliche Zusammensetzung.

##### *Palynomorphen-Vergesellschaftungszone PM 2*

In Zone PM 2 steigen die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten von 700 auf 1060 Ex./g und die der Chlorococcalgen von 1800 auf 2500 Ex./g. Die Konzentrationen der Foraminiferen-Tapeten schwanken zwischen 530 und 1080 Ex./g.

Zone PM 2 wird durch das Vorkommen von *I. ? pallidum* definiert. Die relativen Häufigkeiten von *A. ? minutum* s.l. nehmen ab. Gleichzeitig ist ein Maximum in den relativen Häufigkeiten von *Brigantedinium* spp. ausgebildet. Die relativen Häufigkeiten von Zysten von *P. dalei* nehmen zu.

##### *Palynomorphen-Vergesellschaftungszone PM 3*

Die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten liegen in Zone PM 3 um 900 Ex./g. Die Konzentrationen der Chlorococcalgen schwanken zwischen 2600 und 3350 Ex./g und die Konzentrationen der Foraminiferen-Tapeten zwischen 210 und 950 Ex./g.

Die Vergesellschaftung der Dinoflagellaten-Zysten setzt sich aus *A. ? minutum* s.l., Zysten von *P. dalei* und *Brigantedinium* spp. zusammen. *Polykrikos?* spp. ist regelmäßig vorhanden.

Die Probe bei 230 cm zeigt eine für diese Zone untypische Zusammensetzung. In dieser Probe gehen die Konzentrationen der Chlorococcalalgen auf 1600 Ex./g zurück. Die Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung ist durch ein Maximum von *A. ? minutum* s.l. und *Polykrikos?* spp. gekennzeichnet. Parallel dazu ist ein Häufigkeitsminimum von Zysten von *P. dalei* ausgebildet.

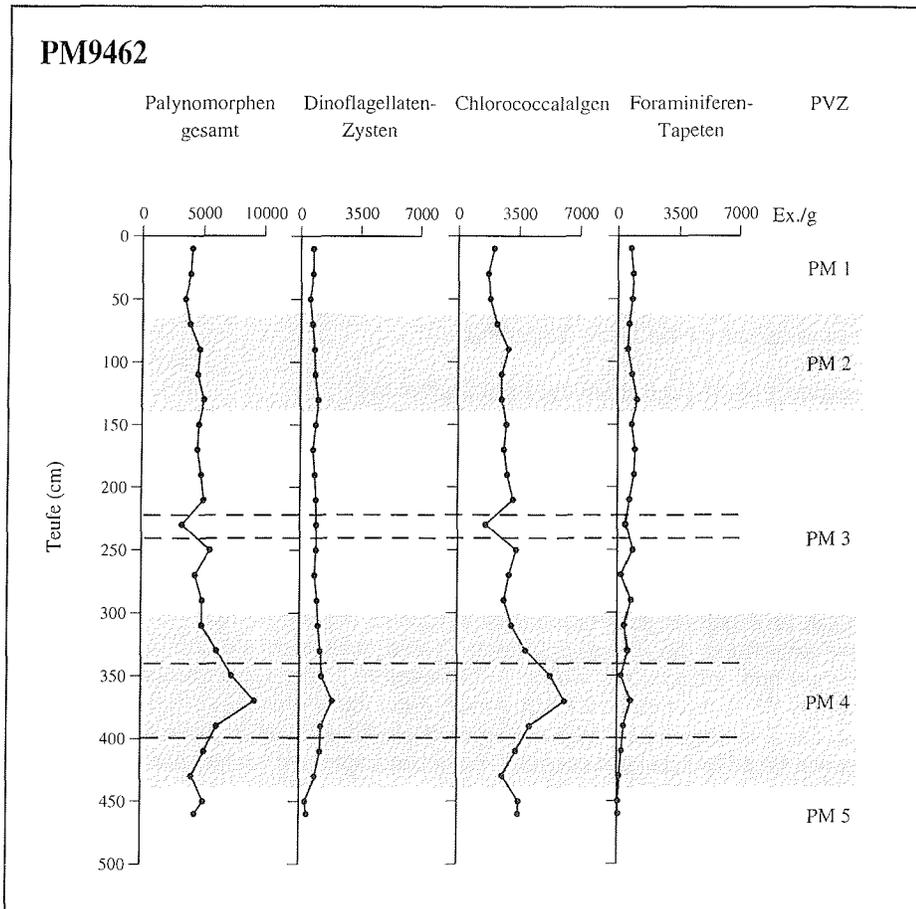


Abb. 48: Konzentrationen (Ex./g) ausgewählter Palynomorphen-Gruppen im Kern PM9462.

#### Palynomorphen-Vergesellschaftungszone PM 4

Diese Zone wird durch einen kontinuierlichen Anstieg und ein kurzfristiges markantes Maximum der Palynomorphen-Konzentrationen charakterisiert. Die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten nehmen in dieser Zone bis 370 cm von 1100 auf 1950 Ex./g und die der Chlorococcalalgen von 3100 auf 6200 Ex./g zu. Danach gehen die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten bis 430 cm auf 930 Ex./g und der Chlorococcalalgen auf 2600 Ex./g zurück. Die Konzentrationen der Foraminiferen-Tapeten schwanken zwischen 135 und 730 Ex./g.

Diese Zone kann in drei Subzonen, die sich in der Zusammensetzung der Palynomorphen-Vergesellschaftungen unterscheiden, unterteilt werden.

In Subzone PM 4 a nehmen die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten, der Chlorococcalalgen und der Foraminiferen-Tapeten stetig zu. Diese Zone wird durch ein Häufigkeitsmaximum von *O. centrocarpum* (8 %) und Zysten von *P. dalei* (21 %) charakterisiert.

Zone PM 4 b wird durch einen sprunghaften Anstieg der Palynomorphen-Konzentrationen von 4950 auf 9300 Ex./g definiert. Diese Erhöhung geht auf einen markanten Konzentrationsanstieg der Chlorococcalalgen zurück. Die Konzentration der Chlorococcalalgen erreicht in diesem Abschnitt auf den ganzen Kern bezogen ihr absolutes Maximum (6200 Ex./g). Die Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung wird durch ein Häufigkeitsmaximum (80 %) von *A. ? minutum* s.l. charakterisiert.

Die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten, Chlorococcalalgen und Foraminiferen-Tapeten nehmen in Subzone PM 4 c stetig ab. In dieser Subzone ist erneut ein Häufigkeitsmaximum von Zysten von *P. dalei* ausgebildet.

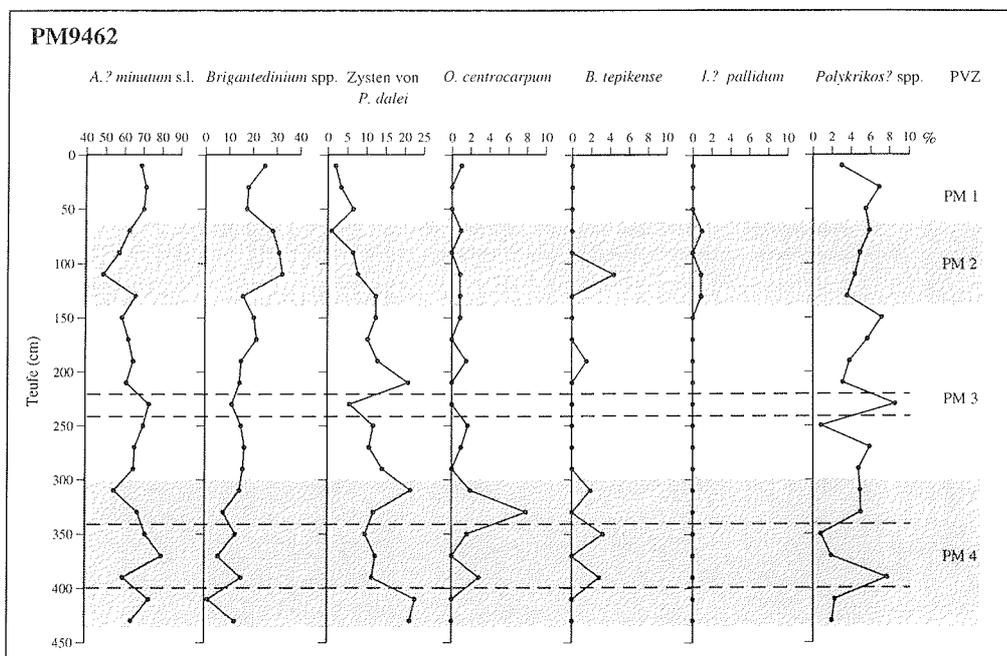


Abb. 49: Relative Häufigkeiten (%) der Dinoflagellaten-Zysten-Taxa im Kern PM9462.

#### Palynomorphen-Vergesellschaftungszone PM 5

Die Palynomorphen-Vergesellschaftung wird in Zone PM 5 von den Chlorococcalalgen dominiert. Die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten gehen auf 400 Ex./g zurück. Die Konzentrationen der Chlorococcalalgen liegen um 3500 Ex./g. Foraminiferen-Tapeten kommen nur noch sporadisch vor. Wegen der geringen Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten in dieser Zone wurde auf die Darstellung der relativen Häufigkeiten verzichtet.

#### 1.2 Sedimentkern IK9373 (südwestlich der Insel Belkovsky)

In Abbildung 50 und 51 werden die Konzentrationen ausgewählter Palynomorphen-Gruppen und die relativen Häufigkeiten der Dinoflagellaten-Zysten in Bezug zur Kernteufe dargestellt. Der Kern kann in zwei Palynomorphen-Vergesellschaftungszonen (IK = für Kern IK9373) unterteilt werden.

*Palynomorphen-Vergesellschaftungszone IK 1*

In Zone IK 1 gehen die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten von 1670 auf 1080 Ex./g zurück. Die Konzentrationen der Chlorococcalalgen schwanken zwischen 1760 und 780 Ex./g und die Foraminiferen-Tapeten nehmen von 1920 bis 530 Ex./g ab.

Die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten sind in Zone IK 1 etwa doppelt so hoch wie in Zone PM 1. Im Gegensatz dazu liegen die Konzentrationen der Chlorococcalalgen in Zone IK 1 etwa um die Hälfte niedriger als in Zone PM 1.

Die Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung setzt sich aus *A. ? minutum* s.l. und *Brigantedinium* spp. zusammen, wobei *A. ? minutum* s.l. dominiert. Zysten von *P. dalei* und *Polykrikos?* spp. sind regelmäßig vorhanden.

Die Zusammensetzung der Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung in Zone IK 1 entspricht der Vergesellschaftung in Zone PM 1.

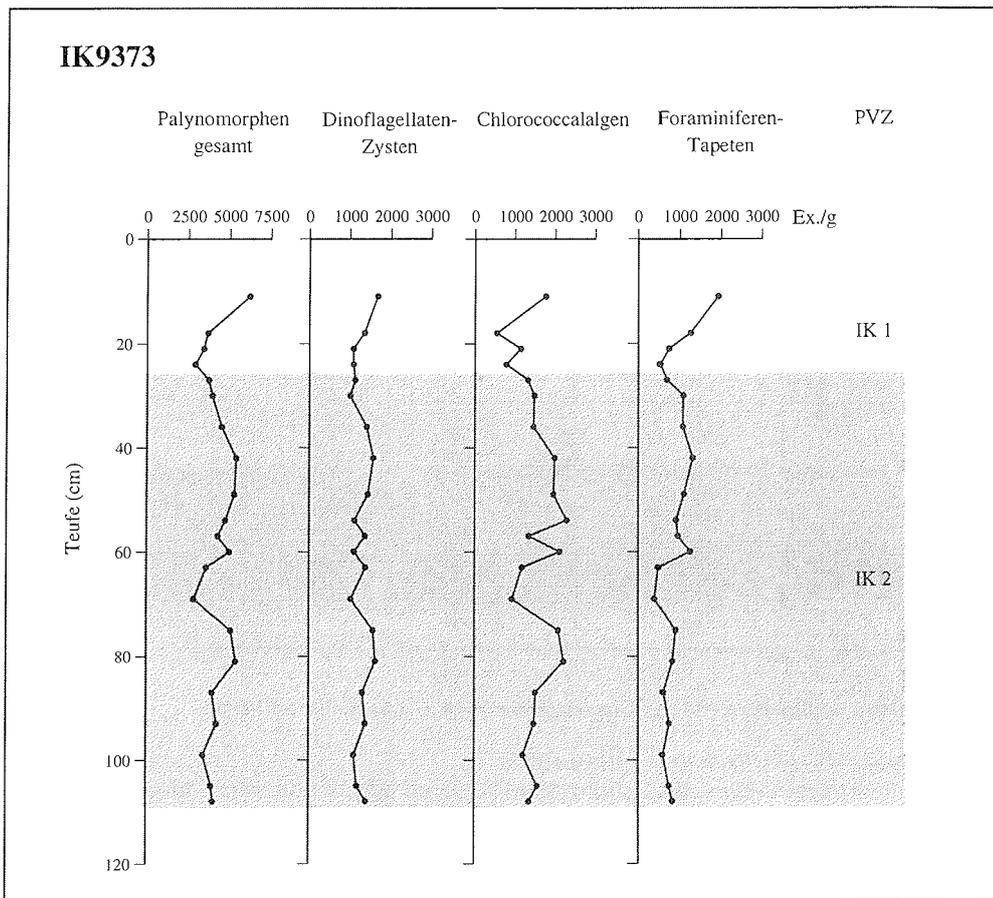


Abb. 50: Konzentrationen (Ex./g) ausgewählter Palynomorphen-Gruppen im Kern IK9373.

*Palynomorphen-Vergesellschaftungszone IK 2*

Die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten liegen in Zone IK 2 zwischen 1000 und 1630 Ex./g, die der Chlorococcalalgen zwischen 930 und 2300 Ex./g und die der Foraminiferen-

Tapeten zwischen 400 und 1300 Ex./g. Die geringsten Konzentrationen der Palynomorphen kommen innerhalb dieser Zone zwischen 63 und 75 cm vor.

Die Konzentrationen der Dinoflagellaten-Zysten sind in Zone IK 2 höher als in Zone PM 2. Im Unterschied dazu sind die Konzentrationen der Chlorococcalalgen in Zone IK 2 niedriger als die Konzentrationen in Zone PM 2.

Zone IK 2 wird, wie Zone PM 2, durch das Erscheinen von *I. ? pallidum* und erhöhte relative Häufigkeiten von *Brigantedinium* spp. definiert. Zwischen 30 und 36 cm und 99 und 105 cm ist ein Häufigkeitsmaximum von *Polykrikos? spp.* ausgebildet. Parallel dazu konnten Zysten von *P. denticulatum* nachgewiesen werden. Zwischen diesen beiden Bereichen ist zwischen 57 und 75 cm das Häufigkeitsmaximum von *I. ? pallidum* ausgebildet.

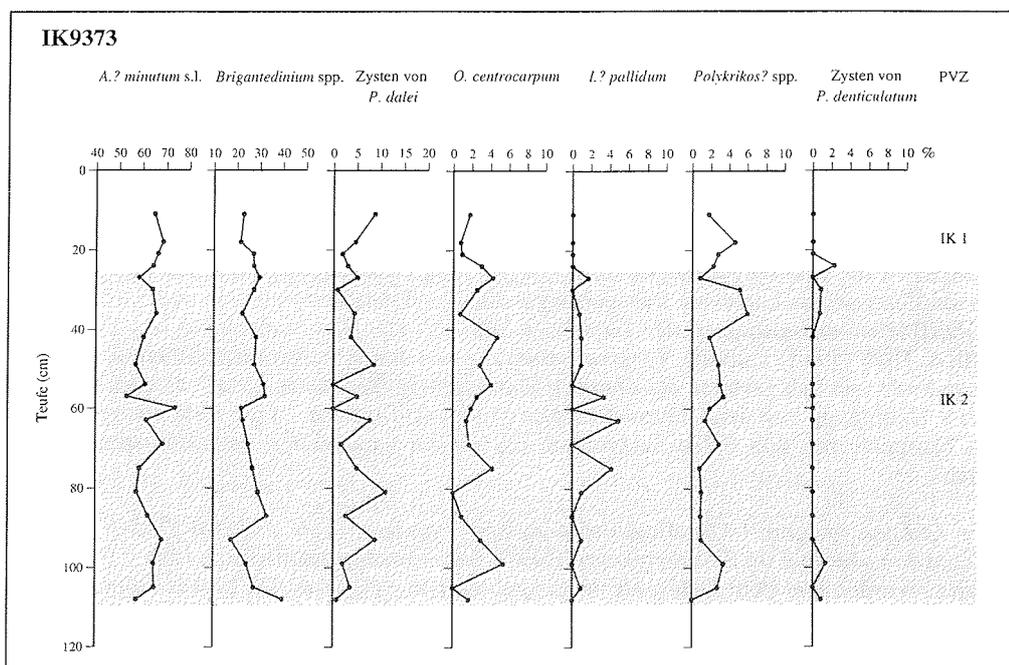


Abb. 51: Relative Häufigkeiten (%) der Dinoflagellaten-Zysten-Taxa im Kern IK9373.

#### Korrelation der Sedimentkerne

Beide Sedimentkerne können durch das Vorkommen von *I. ? pallidum* miteinander korreliert werden. *I. ? pallidum* setzt an der Basis der Palynomophen-Vergesellschaftungszone PM 2 und IK 2 ein und verschwindet im Kern PM9462 im Übergangsbereich PM 2 / PM 3.

Zeitlich gesehen erscheint *I. ? pallidum* im Kern PM9462 um 2500 J.v.h. und setzt um 1000 J.v.h. aus. Im Kern IK9373 kommt *I. ? pallidum* im ganzen Kern bis etwa 900 J.v.h. vor. Der geringe zeitliche Versatz könnte durch die unterschiedliche stratigraphische Auflösung der Kerne bedingt sein.

#### 2. Berechnung der Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte

Die Rekonstruktion der Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte erfolgt in dieser Arbeit mit Hilfe der Transferfunktionsmethode nach IMBRIE & KIPP (1971). Ziel dieser Methode ist es, aus Variationen der Vergesellschaftungen der Dinoflagellaten-Zysten im Sedimentkern die

zeitlichen Veränderungen der Temperaturen und Salzgehalte der Oberflächenwassermassen zur Zeit der Bildung der Vergesellschaftung zu rekonstruieren.

### 2.1 Referenzdatensatz

Der für die Rekonstruktion der Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte der Oberflächenwassermassen benutzte Referenzdatensatz beinhaltet 55 Oberflächensedimentproben aus der Laptevsee und drei Proben aus der nördlichen Barentssee, die am Kontinentalhang zwischen Spitzbergen und Franz-Josef-Land liegen (Abb. 1). Diese drei Proben werden unbedingt benötigt, da diese Methode ohne die Proben aus der Barentssee nicht anwendbar wäre. Ursache dafür sind die hohen relativen Häufigkeiten von Zysten von *P. dalei* (bis 22,7 %) in den Sedimentkernen (siehe Kapitel V: 1). Diese hohen relativen Häufigkeiten kommen in den Oberflächensedimentproben der Laptevsee nicht vor und würden dadurch zu einer Nicht-Analog-Situation führen. Der Referenzdatensatz wurde gegenüber dem Oberflächendatensatz der Faktorenanalyse ( $n = 72$ ) (siehe Kapitel IV: 2) um 18 Proben reduziert, da nur Proben mit mehr als 100 gezählten Dinoflagellaten-Zysten in den Referenzdatensatz eingehen sollten. Alle benutzten Proben liegen nördlich 73°N und somit außerhalb des direkten Süßwassereinflusses von Lena und Jana.

Im Gegensatz zur Faktorenanalyse (siehe Kapitel IV: 2), die für die Definition der Dinoflagellaten-Zysten/Chlorococcalalgen-Vergesellschaftungen benutzt wurde ( $n = 72$ ), wurden in diese Analyse die Chlorococcalalgen nicht integriert, da zwischen den Chlorococcalalgen, die durch die Flüsse in die Laptevsee transportiert werden, und den Temperaturen und Salzgehalten der Oberflächenwassermassen der Laptevsee kein direkter Zusammenhang besteht. Nach IMBRIE & KIPP (1971) muß die Vergesellschaftung aus den Oberflächensedimenten mit den Temperaturen und Salzgehalten des Oberflächenwassers in Beziehung gesetzt werden können. Da diese Bedingung von den Chlorococcalalgen nicht erfüllt wird, ist die Rekonstruktion der Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte mit diesen aquatischen Palynomorphen nicht möglich.

In die Analyse gingen 9 Dinoflagellaten-Zysten-Taxa ein (Tab. 7). Die Zysten von *P. denticulatum*, die nur im Sedimentkern IK9373 mit relativen Häufigkeiten bis 2,3 % vorkommen, wurden aus dem Datensatz herausgenommen, da diese Art in den Oberflächen-sedimenten nicht vorkommt. Auch *B. tepikense* wurde aus dem Datensatz eliminiert, da sie in den Oberflächenproben nur relative Häufigkeiten bis 1,8 % erreicht und in Kern PM9462 mit relativen Häufigkeiten bis 4,4 % vorkommt.

### 2.2 Q-Modus-Faktorenanalyse am Referenzdatensatz

Mit Hilfe des Programmes CABFAC (siehe Kapitel III: 5.1) wurde eine Q-Modus-Faktorenanalyse für die Oberflächenproben des Referenzdatensatzes durchgeführt. Das berechnete Modell enthält drei Faktoren (Tab. 5) und erklärt 96,3 % der Ausgangsinformation (Tab. 5). Die Kommunalitäten liegen bis auf vier Proben über 0,92.

Faktor 1 wird von *A. ? minutum* s.l. dominiert. Durch diesen Faktor werden 56,2 % der Ausgangsinformation erklärt (Tab. 5). Faktor 2 setzt sich aus *I. ? pallidum*, *N. labyrinthus* und *O. centrocarpum* zusammen. Dieser Faktor erklärt 21,0 % der Ausgangsinformation. Faktor 3 weist eine Dominanz von *Brigantedinium* spp. auf. Dieser Faktor erklärt 19,1 % der Varianz.

Die Ladungen der einzelnen Faktoren werden in Abb. 52 in Beziehung zu den gemessenen Temperaturen und Salzgehalten gesetzt. Faktor 1 zeigt eine mäßige Korrelation zum Salzgehalt ( $r = 0,73$ ) und zur Temperatur ( $r = 0,7$ ). Der zweite Faktor zeigt für die Temperatur und den Salzgehalt einen Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,62$ . Eine Abhängigkeit dieses Faktors zu

V. Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän

Tab. 5: Varimax Faktor Matrix für den Referenzdatensatz.

| Station                   | Kommunalität | Faktor 1      | Faktor 2      | Faktor 3      |
|---------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Laptevsee</b>          |              |               |               |               |
| IK9324                    | 0,998        | 0,936         | 0,293         | -0,189        |
| IK9327                    | 1,000        | 0,870         | 0,308         | -0,384        |
| IK9334                    | 0,997        | 0,923         | 0,296         | -0,237        |
| IK9338                    | 0,999        | 0,805         | 0,312         | -0,504        |
| IK9342                    | 0,998        | 0,931         | 0,293         | -0,212        |
| IK9344                    | 0,990        | 0,769         | 0,320         | -0,543        |
| IK9348                    | 1,000        | 0,914         | 0,301         | -0,272        |
| IK9350                    | 1,000        | 0,888         | 0,312         | -0,339        |
| IK9353                    | 0,999        | 0,871         | 0,311         | -0,379        |
| IK9356                    | 0,998        | 0,769         | 0,316         | -0,554        |
| IK9358                    | 0,999        | 0,843         | 0,311         | -0,437        |
| IK9361                    | 1,000        | 0,885         | 0,306         | -0,351        |
| IK9365                    | 0,985        | 0,862         | 0,304         | -0,386        |
| IK9367                    | 0,997        | 0,814         | 0,312         | -0,486        |
| IK9368                    | 0,995        | 0,854         | 0,316         | -0,409        |
| IK9370                    | 0,999        | 0,925         | 0,300         | -0,230        |
| IK9371                    | 0,999        | 0,858         | 0,309         | -0,410        |
| IK9373                    | 0,998        | 0,920         | 0,298         | -0,251        |
| IK93A73                   | 0,997        | 0,859         | 0,322         | -0,395        |
| IK9382                    | 0,997        | 0,690         | 0,307         | -0,652        |
| IK9384                    | 0,982        | 0,470         | 0,321         | -0,811        |
| IK93K2                    | 0,996        | 0,654         | 0,305         | -0,689        |
| PM9402                    | 0,998        | 0,880         | 0,306         | -0,362        |
| PM9441                    | 0,998        | 0,942         | 0,288         | -0,167        |
| PM9442                    | 0,996        | 0,897         | 0,328         | -0,289        |
| PM9462                    | 0,994        | 0,818         | 0,335         | -0,462        |
| PM9463                    | 0,988        | 0,902         | 0,298         | -0,293        |
| PM9492                    | 0,997        | 0,949         | 0,283         | -0,127        |
| PM9494                    | 0,997        | 0,851         | 0,310         | -0,419        |
| PM9499                    | 0,997        | 0,837         | 0,311         | -0,446        |
| PS2455                    | 0,793        | 0,346         | 0,735         | -0,365        |
| PS2456                    | 0,972        | 0,593         | 0,501         | -0,608        |
| PS2458                    | 0,995        | 0,515         | 0,320         | -0,792        |
| PS2459                    | 0,960        | 0,164         | 0,330         | -0,908        |
| PS2464                    | 0,977        | 0,393         | 0,881         | -0,215        |
| PS2465                    | 0,989        | 0,770         | 0,460         | -0,431        |
| PS2466                    | 0,994        | 0,634         | 0,310         | -0,705        |
| PS2467                    | 0,998        | 0,776         | 0,328         | -0,537        |
| PS2468                    | 0,922        | 0,403         | 0,683         | -0,542        |
| PS2470                    | 0,924        | 0,311         | 0,882         | -0,222        |
| PS2471                    | 0,933        | 0,280         | 0,886         | -0,264        |
| PS2472                    | 0,952        | 0,312         | 0,892         | -0,244        |
| PS2473                    | 0,883        | 0,298         | 0,834         | -0,316        |
| PS2474                    | 0,982        | 0,016         | 0,966         | -0,219        |
| PS2475                    | 0,991        | 0,780         | 0,487         | -0,381        |
| PS2476                    | 0,996        | 0,649         | 0,311         | -0,692        |
| PS2483                    | 0,981        | 0,743         | 0,472         | -0,454        |
| PS2485                    | 0,998        | 0,786         | 0,318         | -0,528        |
| KD9523                    | 0,998        | 0,907         | 0,313         | -0,279        |
| KD9548                    | 0,994        | 0,900         | 0,308         | -0,297        |
| KD9555                    | 0,999        | 0,897         | 0,323         | -0,302        |
| KD9561                    | 0,998        | 0,940         | 0,289         | -0,179        |
| KD9565                    | 0,999        | 0,876         | 0,307         | -0,370        |
| KD9568                    | 0,998        | 0,740         | 0,314         | -0,593        |
| KD9572                    | 0,999        | 0,807         | 0,324         | -0,493        |
| <b>Barentssee</b>         |              |               |               |               |
| PS2447                    | 0,539        | 0,374         | 0,614         | -0,147        |
| PS2441                    | 0,220        | 0,268         | 0,379         | 0,071         |
| PS2448                    | 0,970        | 0,292         | 0,912         | -0,232        |
| <b>Varimax</b>            |              | <b>56,192</b> | <b>21,001</b> | <b>19,090</b> |
| <b>Kumulative Varianz</b> |              | <b>56,192</b> | <b>77,194</b> | <b>96,283</b> |

V. Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän

Tab. 6: Varimax Faktor Score Matrix (Artenfaktormatrix) für den Referenzdatensatz.

| Variable   | Faktor 1     | Faktor 2     | Faktor 3 |
|--|--------------|--------------|----------|
| <i>Brigantedinium</i> spp.                       | -0,140       | 0,140        | -0,969   |
| <i>Algidasphaeridium?</i> <i>minutum</i> s.l.    | <b>0,953</b> | 0,279        | -0,103   |
| <i>Selenopemphix</i> <i>quanta</i>               | 0,003        | 0,012        | 0,010    |
| <i>Operculodinium</i> <i>centrocarpum</i>        | -0,102       | <b>0,309</b> | -0,011   |
| <i>Nematosphaeropsis</i> <i>labyrinthus</i>      | -0,160       | <b>0,592</b> | 0,131    |
| <i>S. elongatus/S. frigidus</i> -Gruppe          | -0,017       | 0,043        | -0,008   |
| Zysten von <i>Pentapharsodinium</i> <i>dalei</i> | 0,019        | 0,157        | 0,141    |
| <i>Polykrikos?</i> spp.                          | 0,036        | 0,004        | -0,049   |
| <i>Impagidium?</i> <i>pallidum</i>               | -0,188       | <b>0,655</b> | 0,105    |

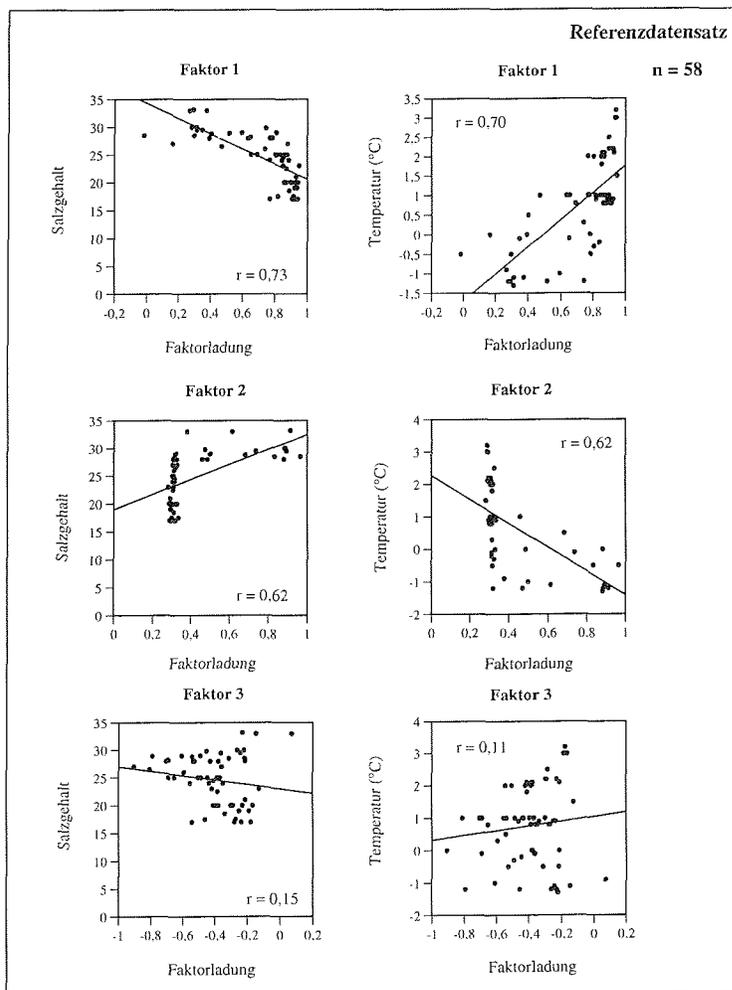


Abb. 52: Korrelation von Ladungen der Faktoren der Proben aus dem Referenzdatensatz gegen die gemessenen Temperaturen (°C) und Salzgehalte.

V. Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän

den gemessenen hydrographischen Parametern ist noch erkennbar. Faktor 3 ist mit einem Korrelationskoeffizienten der Temperatur von  $r = 0,15$  und des Salzgehaltes von  $r = 0,11$  nicht von den Umweltparametern Temperatur und Salzgehalt abhängig. Ähnliche Ergebnisse liefert das benutzte Oberflächenmodell.

2.3 Regressionsanalyse des Referenzdatensatzes

Tab. 7: Ergebnisse der Regressionsanalyse. Aufgeführt sind die gemessenen und berechneten Temperaturen und Salzgehalte der Oberflächenwassermassen und die Residuen.

| Station           | Temperatur (°C) |           |          | Salzgehalt |           |          |
|-------------------|-----------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|
|                   | gemessen        | berechnet | Residual | gemessen   | berechnet | Residual |
| <b>Laptevsee</b>  |                 |           |          |            |           |          |
| IK9324            | 3,00            | 2,09      | 0,91     | 19,00      | 19,22     | -0,22    |
| IK9327            | 2,00            | 1,34      | 0,66     | 22,50      | 22,00     | 0,50     |
| IK9334            | 0,90            | 1,93      | -1,03    | 17,00      | 19,76     | -2,76    |
| IK9338            | 2,00            | 0,92      | 1,08     | 25,00      | 24,00     | 1,00     |
| IK9342            | 2,10            | 2,03      | 0,07     | 21,00      | 19,40     | 1,60     |
| IK9344            | 2,00            | 0,75      | 1,25     | 17,00      | 24,89     | -7,89    |
| IK9348            | 0,80            | 1,76      | -0,96    | 17,50      | 20,31     | -2,81    |
| IK9350            | 0,90            | 1,43      | -0,53    | 18,50      | 21,54     | -3,04    |
| IK9353            | 2,10            | 1,32      | 0,78     | 20,00      | 22,04     | -2,04    |
| IK9356            | 1,00            | 0,73      | 0,27     | 24,00      | 24,95     | -0,95    |
| IK9358            | 1,00            | 1,14      | -0,14    | 24,00      | 22,90     | 1,10     |
| IK9361            | 0,80            | 1,46      | -0,66    | 24,00      | 21,46     | 2,54     |
| IK9365            | 0,80            | 1,39      | -0,59    | 25,00      | 21,91     | 3,09     |
| IK9367            | 1,00            | 0,98      | 0,02     | 25,00      | 23,71     | 1,29     |
| IK9368            | 1,80            | 1,18      | 0,62     | 24,50      | 22,66     | 1,84     |
| IK9370            | 2,20            | 1,89      | 0,31     | 20,00      | 19,85     | 0,15     |
| IK9371            | 2,10            | 1,25      | 0,85     | 20,00      | 22,41     | -2,41    |
| IK9373            | 0,90            | 1,86      | -0,96    | 19,00      | 19,97     | -0,97    |
| IK93A73           | 1,00            | 1,16      | -0,16    | 20,00      | 22,68     | -2,68    |
| IK9382            | 0,80            | 0,51      | 0,29     | 25,00      | 26,25     | -1,25    |
| IK9384            | 1,00            | 0,13      | 0,87     | 26,50      | 28,23     | -1,73    |
| IK93K2            | 1,00            | 0,43      | 0,57     | 25,00      | 26,75     | -1,75    |
| PM9402            | 0,80            | 1,43      | -0,63    | 27,00      | 21,62     | 5,38     |
| PM9441            | 3,00            | 2,22      | 0,78     | 20,00      | 18,84     | 1,16     |
| PM9442            | 2,50            | 1,39      | 1,11     | 20,00      | 21,59     | -1,59    |
| PM9462            | 0,90            | 0,84      | 0,06     | 17,50      | 24,11     | -6,61    |
| PM9463            | 2,20            | 1,74      | 0,46     | 20,00      | 20,46     | -0,46    |
| PM9492            | 1,50            | 2,38      | -0,88    | 23,00      | 18,40     | 4,60     |
| PM9494            | 2,00            | 1,21      | 0,79     | 23,00      | 22,59     | 0,41     |
| PM9499            | -0,20           | 1,12      | -1,32    | 25,00      | 23,04     | 1,96     |
| PS2455            | -0,10           | -0,40     | 0,30     | 29,50      | 29,62     | -0,12    |
| PS2456            | -1,00           | -0,24     | -0,76    | 29,00      | 29,49     | -0,49    |
| PS2458            | -1,20           | 0,13      | -1,33    | 28,90      | 28,26     | 0,64     |
| PS2459            | 0,00            | 0,11      | -0,11    | 27,00      | 26,34     | 0,66     |
| PS2464            | 0,00            | -1,05     | 1,05     | 28,00      | 30,43     | -2,43    |
| PS2465            | 1,00            | -0,04     | 1,04     | 28,00      | 27,21     | 0,79     |
| PS2466            | 1,00            | 0,35      | 0,65     | 28,00      | 27,11     | 0,89     |
| PS2467            | 1,00            | 0,68      | 0,32     | 28,00      | 25,05     | 2,95     |
| PS2468            | 0,50            | -0,08     | 0,58     | 28,80      | 29,16     | -0,36    |
| PS2470            | -1,30           | -0,94     | -0,36    | 30,00      | 30,42     | -0,42    |
| PS2471            | -1,20           | -0,65     | -0,55    | 30,00      | 29,56     | 0,44     |
| PS2472            | -1,10           | -0,78     | -0,32    | 29,50      | 29,83     | -0,33    |
| PS2473            | -0,50           | -0,48     | -0,02    | 28,50      | 29,40     | -0,90    |
| PS2474            | -0,50           | -0,76     | 0,26     | 28,50      | 28,92     | -0,42    |
| PS2475            | 0,00            | -0,16     | 0,16     | 28,00      | 27,36     | 0,64     |
| PS2476            | -0,10           | 0,38      | -0,48    | 28,20      | 26,97     | 1,23     |
| PS2483            | -1,20           | -0,11     | -1,09    | 29,80      | 27,70     | 2,10     |
| PS2485            | -0,50           | 0,79      | -1,29    | 28,00      | 24,59     | 3,41     |
| KD9523            | 0,80            | 1,60      | -0,80    | 17,00      | 20,88     | -3,88    |
| KD9548            | 2,20            | 1,61      | 0,59     | 20,00      | 20,90     | -0,90    |
| KD9555            | 1,00            | 1,41      | -0,41    | 20,00      | 21,52     | -1,52    |
| KD9561            | 3,20            | 2,17      | 1,03     | 17,00      | 18,96     | -1,96    |
| KD9565            | 1,00            | 1,40      | -0,40    | 25,00      | 21,77     | 3,23     |
| KD9568            | 0,30            | 0,63      | -0,33    | 26,00      | 25,52     | 0,48     |
| KD9572            | -0,30           | 0,84      | -1,14    | 29,00      | 24,22     | 4,78     |
| <b>Barentssee</b> |                 |           |          |            |           |          |
| PS2447            | -1,10           | -1,03     | -0,07    | 33,00      | 32,21     | 0,79     |
| PS2441            | -0,90           | -0,89     | -0,01    | 33,00      | 33,27     | -0,27    |
| PS2448            | -1,20           | -0,80     | -0,40    | 33,20      | 29,76     | 3,44     |

Die errechneten Faktoren aus der Q-Modus-Faktorenanalyse des Referenzdatensatzes werden mit Hilfe des Programmes REGRESS zu den gemessenen Temperaturen und Salzgehalten der Oberflächenwassermassen in Beziehung gesetzt (siehe Kapitel III: 5.2).

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse sind in Tab. 7 aufgeführt. Es werden die berechneten Temperaturen und Salzgehalte und die Residuen angegeben. Die berechneten Temperaturen zeigen zum Teil mit Werten von 1,25 °C relativ hohe Abweichungen gegenüber den gemessenen Temperaturen (Tab. 7). Die Residuen für den Salzgehalt sind teilweise mit Werten bis -7,9 sehr hoch (Tab. 7). Diese Proben wurden nicht aus dem Datensatz entfernt, da sie für die Temperaturen gute Ergebnisse liefern. Die Proben, die hohe Residuen zeigen, liegen verstärkt um 74°30'N, also im Einflußbereich des Süßwassereintrages der Flüsse. Abbildung 53 zeigt die Korrelation der gemessenen zu den berechneten hydrographischen Parametern. Der Korrelationskoeffizient der Temperatur liegt bei  $r^2 = 0,64$ , der für den Salzgehalt bei  $r^2 = 0,71$ . Die Standardabweichung beträgt für die Temperatur 0,8 °C und für den Salzgehalt 2,85.

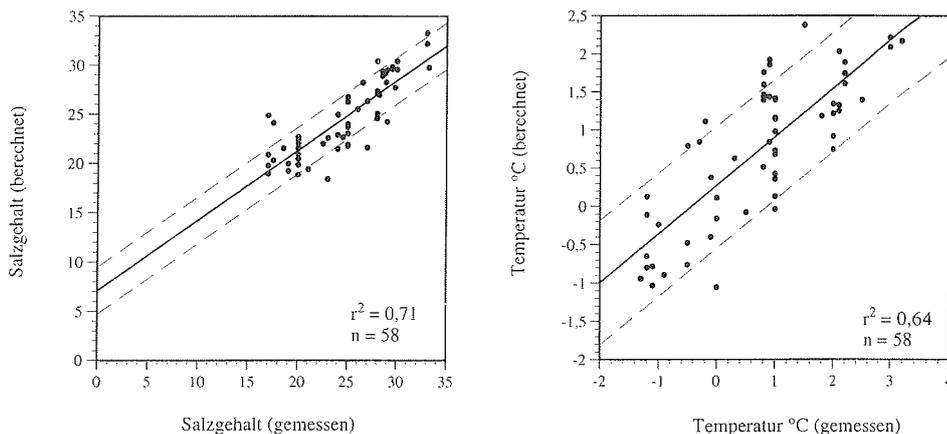


Abb. 53: Korrelation von gemessenen zu berechneten Temperaturen und Salzgehalten aus der multiplen Regressionsanalyse. Die Standardabweichungen sind als dünne Linien eingezeichnet.

#### 2.4 Anwendung der Transferfunktionen: Berechnung der Paläo-Umweltparameter

Für die beiden Sedimentkerne aus der östlichen Laptevsee wurden für die Sommermonate die Paläo-Temperaturen und -Salzgehalte mit Hilfe des Programmes THREAD berechnet (siehe Kapitel III: 5.3). Die Ergebnisse aus den B-Hat-Matrixen (siehe Anhang, Tab. M und N; Abb. 54 und Abb. 56) wurden zur besseren Beschreibung in einzelne Intervalle I bis IV für Kern PM9462 bzw. I bis II für Kern IK9373 unterteilt. Die Trends sind in den Intervallen I und II in beiden Kernen ähnlich.

##### Kern PM9462

Für die Kerntiefen 450 cm und 460 cm wurden keine Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte berechnet, da in diesen Proben keine 100 Dinoflagellaten-Zysten gezählt werden konnten (siehe Tab. C im Anhang). Ursachen dafür werden in Kapitel V: 3 diskutiert.

Das Parafaktorenmodell des Kernes PM9462 fügt sich gut in das benutzte Oberflächenmodell des Referenzdatensatzes ein, da die berechneten Kommunalitäten aller Proben über 0,89 liegen (Abb. 54 und Tab. N im Anhang).

Parafaktor 1 (*A.?* *minutum* s.l.-Faktor) erreicht im ganzen Kern die höchsten Parafaktorladungen (Abb. 54). In Zone II gehen die Werte dieses Parafaktors leicht zurück. Gleichzeitig steigt die Parafaktorladung des *Brigantedinum*-Faktors (Parafaktor 3) an. In Zone III schwanken die Werte der Parafaktorladungen der Parafaktoren nur geringfügig. In Zone IV gehen die Werte des Faktors 1 leicht zurück. Parallel dazu steigen die Parafaktorladungen des Parafaktors 3 an. Die Parafaktorwerte des Parafaktors 2 (*I.?* *pallidum*-*N. labyrinthus*-*O. centrocarpum*-Faktor) schwanken unwesentlich.

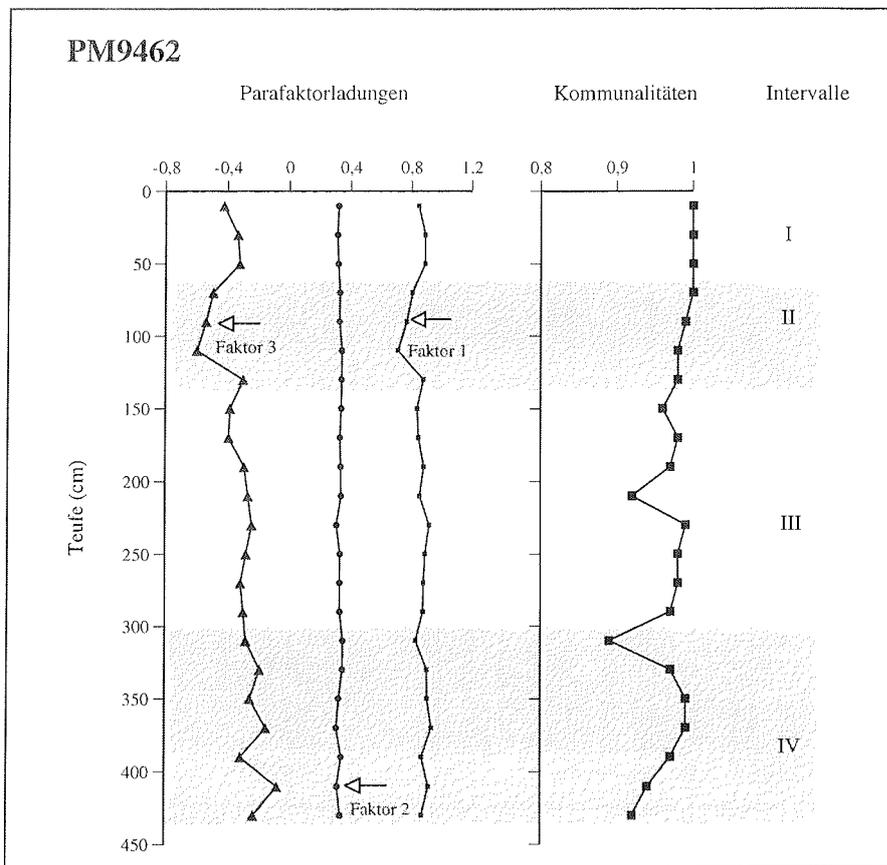


Abb. 54: Parafaktoren und Kommunalitäten aus der B-Hat-Matrix für den Kern PM9462. Die Werte wurden gegen die Tiefe aufgetragen.

Die für den Kern PM9462 errechneten Paläo-Salzgehalte schwanken zwischen 19,7 und 26,3 (Abb. 55). Die Paläo-Salzgehalte liegen alle über dem heutigen Salzgehalt von 17,5 an dieser Kernlokation. Ein deutliches Maximum bis 26,3 ist in Zone II ausgebildet. In Zone III und IV gehen die Paläo-Salzgehalte gegenüber Zone II deutlich zurück. Die geringsten Werte treten in Zone III (20,3) bei 230 cm und in Zone IV (19,7 bzw. 20,2) bei 370 und 410 cm auf.

Die errechneten Paläo-Temperaturen liegen zwischen 0,46 und 2 °C. Ein deutliches Temperaturminimum ist in Zone II ausgebildet (Abb. 55). Parallel dazu ist in dieser Zone das oben beschriebene Salzgehaltsmaximum zu finden. Nur in dieser Zone ist der rekonstruierte

Temperaturwert niedriger als die mittlere heutige Temperatur von 0,9 °C der Oberflächenwassermassen an dieser Kernlokation. Alle anderen berechneten Werte liegen darüber. Die Paläotemperaturen steigen in Zone III und IV kontinuierlich an. Temperaturmaxima lassen sich in Zone III (1,76°C) bei 230 cm und in Zone IV (1,97 bzw. 2 °C) bei 370 und 410 cm finden. Parallel zu diesen Temperaturmaxima lassen sich Salzgehaltsminima beobachten. Die berechneten Paläosalzgehalte sind mit den Paläotemperaturen im Kern PM9462 antikorreliert.

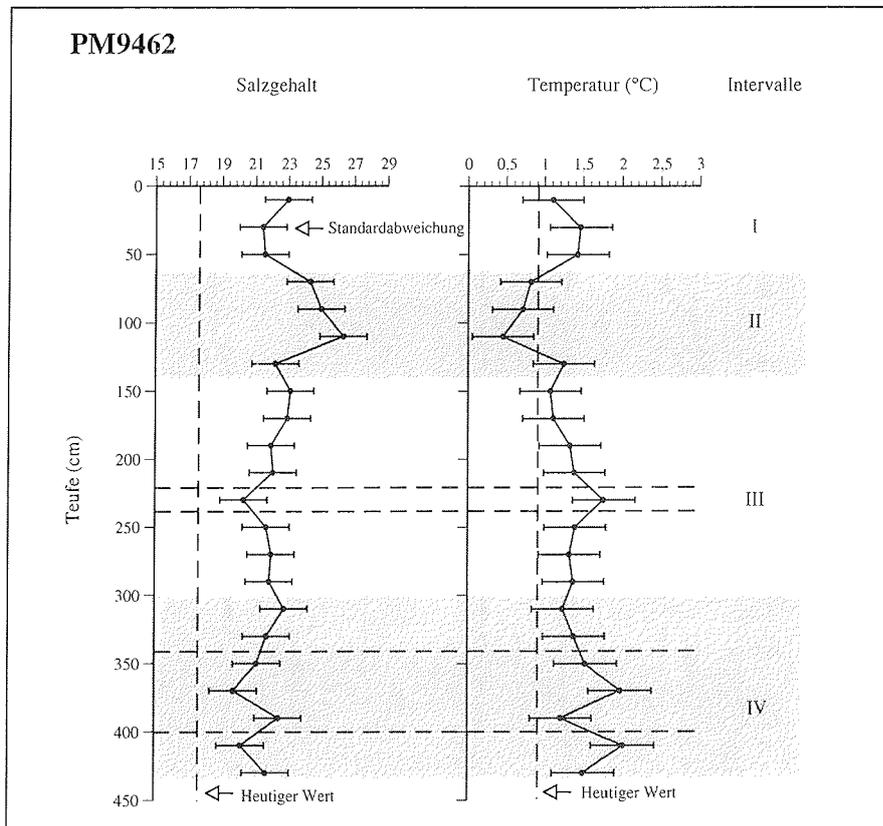


Abb. 55: Rekonstruktion der Paläotemperaturen (°C) und Paläosalzgehalte (Sommer) für den Kern PM9462. Die Werte wurden gegen die Tiefe aufgetragen.

#### Kern IK9373

Für den Kern IK9373 liegen die berechneten Kommunalitäten der Parafaktoren über 0,96 (Abb. 56 und Tab. M im Anhang). Das Kernmodell fügt sich somit hervorragend in das Oberflächenmodell des Referenzdatensatzes ein.

Der *A. minutum* s.l.-Faktor zeigt, wie im Kern PM9462, die höchsten Parafaktorladungen (Abb. 56). Im Übergangsbereich Zone I / II, sowie bei 57 und 108 cm in Zone II gehen die Parafaktorladungen leicht zurück. Zwischen 93 und 105 cm steigen die Ladungen leicht an. Der Parafaktor 2 zeigt nur geringe Veränderungen in den Parafaktorladungen. Die Parafaktorladungen des *Brigantedinum*-Faktors steigen im Übergangsbereich Zone I / II und bei 57, 87

und 108 cm in Zone II an und zwischen 93 und 105 cm gehen sie zurück. Faktor 1 zeigt wie im Kern PM9462 eine Antikorrelation mit Faktor 3.

Die berechneten Paläo-Salzgehalte für den Kern IK9373 schwanken zwischen 22,2 und 26,8 (Abb. 57). Alle berechneten Werte liegen somit über dem heutigen Salzgehaltswert der Oberflächenwassermassen von 19 an dieser Kernlokation. Die Paläo-Salzgehalte steigen in Zone I  $\pm$  stetig an. In Zone II liegen die rekonstruierten Salzgehalte zwischen 22,2 und 26,8, wobei bei 60 und 93 cm ein Salzgehaltsminimum (22,2 bzw. 22,6) ausgebildet ist.

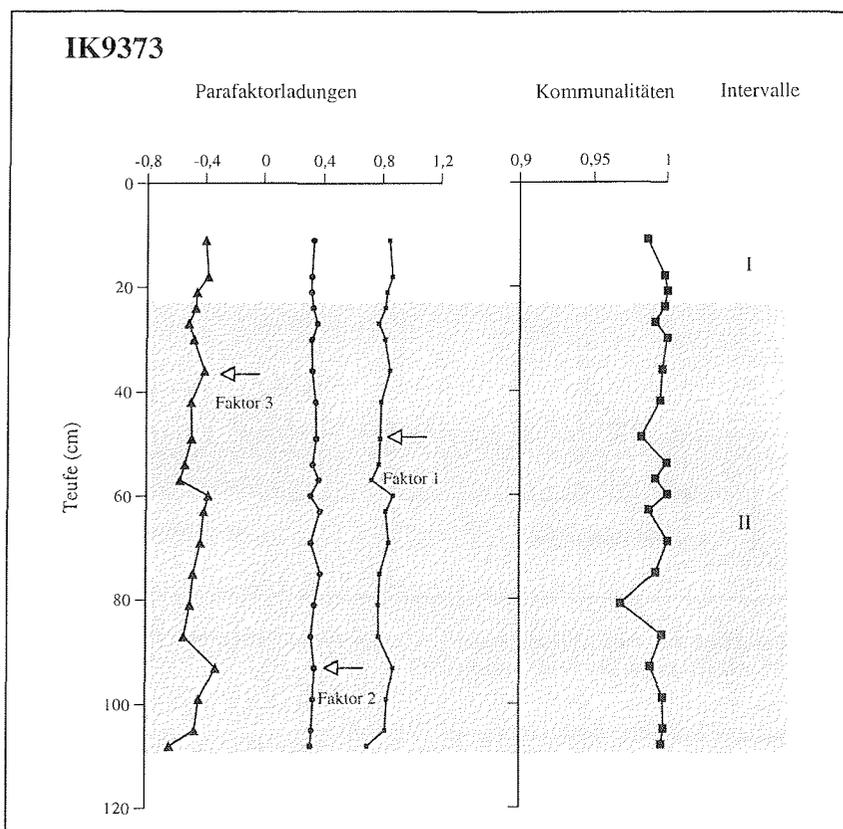


Abb. 56: Parafaktoren und Kommunalitäten aus der B-Hat-Matrix für den Kern IK9373. Die Werte wurden gegen die Tiefe dargestellt.

Die berechneten Paläo-Temperaturen liegen zwischen 0,3 und 1,3 °C (Abb. 57). Die Paläo-Temperaturen nehmen in Zone I  $\pm$  kontinuierlich ab. Die rekonstruierten Temperaturen liegen in dieser Zone über der heutigen Temperatur der Oberflächenwassermassen von 0,9 °C an der Kernlokation. In Zone II schwanken die Paläo-Temperaturen zwischen 0,3 und 1,3 °C, wobei 12 der 17 rekonstruierten Temperaturen unter dem heutigen Temperaturwert liegen. Die Paläo-Salzgehalte sind wie im Kern PM9462 zu den Paläo-Temperaturen antikorreliert.

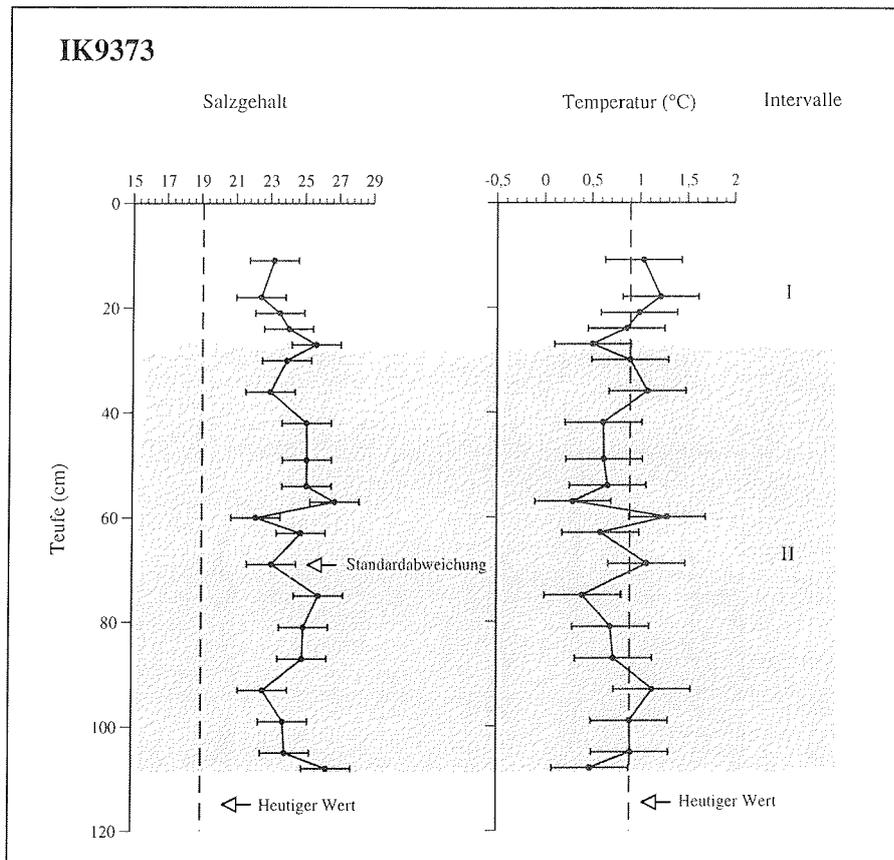


Abb. 57: Rekonstruktion der Paläo-Temperaturen (°C) und Paläo-Salzgehalte (Sommer) für den Kern IK9373. Die Werte wurden gegen die Tiefe aufgetragen.

### 2.5 Aussagekraft und kritische Betrachtung der Ergebnisse

Wie in den Kapiteln V: 2.1 bis V: 2.4 dargestellt, ist die Rekonstruktion der Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte für die Sedimentkerne der östlichen Laptevsee möglich und ein erster Schritt, um die Änderungen der Umweltbedingungen im Holozän der sibirischen Schelfgebiete zu rekonstruieren. Die Ergebnisse dieser Rekonstruktionen sollen einer kritischen Betrachtung unterzogen werden.

Es hat sich gezeigt, daß

- die Korrelation zwischen gemessenen und berechneten Temperaturen und Salzgehalten mit einem Korrelationskoeffizient von  $r^2 = 0,64$  für die Temperatur und  $r^2 = 0,71$  für den Salzgehalt akzeptabel ist.
- die Residuen der Salzgehalte teilweise mit Werten bis  $-7,9$  und der Temperaturen mit  $1,25$  °C sehr hoch ausfallen (Kapitel V: 2.3). Die Residuen für die Temperatur und den Salzgehalt, die über der Standardabweichung liegen, lassen sich verstärkt südwestlich der Insel Kotelnj und

im Bereich der Olenekmündung finden. Diese Gebiete, in denen auch die Kernpositionen liegen, werden noch durch den Süßwassereintrag der Flüsse beeinflusst.

- keiner der berechneten Paläo-Salzgehalte einen Bezug zu den heutigen Salzgehalten an den beiden Kernlokalationen zeigt. Als Ursache dafür können die hohen relativen Häufigkeiten von Zysten von *P. dalei* angesehen werden. Die Zusammensetzung der Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung in den Kernen entspricht dadurch nicht den polaren Vergesellschaftungen in den Oberflächensedimentproben in diesem Gebiet.

#### *Hydrographische Daten:*

Die Datengrundlage und Dokumentation der hydrographischen Daten sind nicht ausreichend. Das hat mehrere Gründe. Bei der Überprüfung der ozeanographischen Daten stellte sich heraus, daß es in diesem Gebiet zwischen dem "World Ocean Atlas" (NOAA, 1994), dem "Arctic Atlas" (TRESHNIKOV 1985) und anderen publizierten hydrographischen Datensätzen für bestimmte Stationen Abweichungen im Salzgehalt um bis zu 10 gibt (KARPIY et al. 1994, DMITRENKO et al. 1995). Es ist daher nicht eindeutig möglich, den Datensatz auszuwählen, der die tatsächlichen Temperaturen und Salzgehalte in den Sommermonaten in der Laptevsee am ehesten wiedergibt.

Die während der Transdrift-Expeditionen I bis III in den Jahren 1993 bis 1995 in der Laptevsee gemessenen hydrographischen Daten (KARPIY et al. 1994, DMITRENKO et al. 1995, DMITRENKO et al. 1997) wurden nicht verwendet, da es sich bei diesen Daten um Momentaufnahmen und nicht um über viele Jahre gemittelte Werte handelt.

Die benutzten Temperaturen und Salzgehalte für die Sommersituation sind dem "Arctic Atlas" (TRESHNIKOV 1985) entnommen, wobei TRESHNIKOV (1985) nicht angibt, auf welche Monate sich die Angaben genau beziehen. Diese Daten wurden benutzt, weil es sich um über 24 Jahre gemittelte Daten handelt. Dies ist besonders wichtig, da die hydrographischen Bedingungen, die in der Laptevsee herrschen, von Jahr zu Jahr in Abhängigkeit von den Schwankungen des Süßwassereintrages der sibirischen Flüsse sehr stark variieren können. Ein Nachteil ist, daß die hydrographischen Daten der einzelnen Stationen aus Isolinienkarten abgelesen werden müssen. Isolinien entstehen durch Interpolation zwischen einzelnen Datenpunkten und werden durch den jeweiligen Bearbeiter schon interpretiert. Dadurch und durch das Ablesen der Temperaturen und Salzgehalte für die einzelnen Stationen aus den Isolinienkarten kommt es zu Ungenauigkeiten, die zu einer schlechten Korrelation zwischen den gemessenen und berechneten Temperaturen und Salzgehalten führen können.

#### *Referenzdatensatz:*

Ein weiteres Problem ist der Referenzdatensatz. Den 55 Oberflächensedimentproben aus der Laptevsee wurden 3 Proben aus der nördlichen Barentssee hinzugefügt. Um gute Ergebnisse zu erzielen, sind diese drei Proben jedoch nicht ausreichend, da zwei der drei Proben (PS2441 und PS2448) schlechte Kommunalitäten von 0,22 und 0,54 (Tab. 5) aufweisen. Um eine Nicht-Analog-Situation zu vermeiden, wurden sie dennoch nicht aus dem Referenzdatensatz entfernt, da ohne diese Proben die Rekonstruktionen der Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte für die Laptevsee, aufgrund der hohen relativen Häufigkeiten von Zysten von *P. dalei* in den Sedimentkernen, nicht möglich ist (Kapitel V: 2.1). Andere Proben aus der Barentssee oder den sibirischen Schelfgebieten standen nicht zur Verfügung.

#### *Fazit:*

Wegen der aufgeführten Problematik sollten die absoluten Werte nicht überinterpretiert werden. Die rekonstruierten Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte zeigen nur Trends an und sind

deshalb in der jetzigen Form nicht als Datengrundlage zur Berechnung von Klimamodellen geeignet.

*Ausblick:*

Um die Ergebnisse zu verbessern, muß der vorhandene Referenzdatensatz mit einem möglichst umfangreichen Datensatz, der Oberflächensedimentproben aus anderen geographischen Gebieten der hohen Breiten enthält, kombiniert werden. Dieser Datensatz liegt bis jetzt aus dem nördlichen Nordatlantik und dem Europäischen Nordmeer vor (ROCHON 1997). Voraussetzung dafür ist die Anwendung einer einheitlichen Dinoflagellaten-Zysten-Taxonomie, um die Einheitlichkeit der Datensätze zu garantieren.

Weiterhin muß die Datengrundlage der hydrographischen Daten (Temperatur und Salzgehalt) der Oberflächenwassermassen für das Gebiet der Laptevsee verbessert werden. Ein neuer "Atlas of the Arctic Ocean", der über die Jahre 1948 bis 1993 gemittelte Temperaturen und Salzgehalte für die Wintersituation März bis Mai enthält, ist im Frühjahr 1997 auf CD-ROM erschienen (CARLOWICZ 1997). Die hydrographischen Daten für die Sommermonate sollen zu einem späteren Zeitpunkt erscheinen (CARLOWICZ 1997). Danach könnte mit den neuen hydrographischen Daten und dem erweiterten Datensatz der Oberflächensedimentproben ein neues Modell für die Sedimentkerne der östlichen Laptevsee gerechnet werden.

### 3. Entwicklung der Oberflächenwassermassen in der östlichen Laptevsee während der letzten 7400 Jahre

Im Folgenden wird mit Hilfe der aquatischen Palynomorphen die Entwicklungsgeschichte der östlichen Laptevsee im Zeitraum zwischen 7400 und 200 J.v.h. rekonstruiert und mit dem terrestrischen Klimageschehen im gleichen Zeitraum verglichen, um dadurch Informationen über die Wechselwirkungen zwischen klimabedingten Veränderungen im terrestrischen und ozeanischen Bereich zu erhalten. Die Wechselwirkungen zwischen dem fluviatilen Eintrag und dem Einstrom mariner Wassermassen sind dabei von besonderem Interesse.

#### PM 5: 7400 bis 7000 J.v.h.

Die Palynomorphen-Vergesellschaftung im Zeitraum zwischen 7400 bis 7000 J.v.h bestand hauptsächlich aus Chlorococcalagen (Abb. 58). Daraus läßt sich ableiten, daß die östliche Laptevsee zu diesem Zeitraum überwiegend durch den Süßwassereintrag der beiden sibirischen Flüsse Lena und Jana beeinflusst wurde. Der Einstrom höher saliner Wassermassen war sehr gering. Dafür sprechen die geringen Akkumulationsraten der marinen Dinoflagellaten-Zysten.

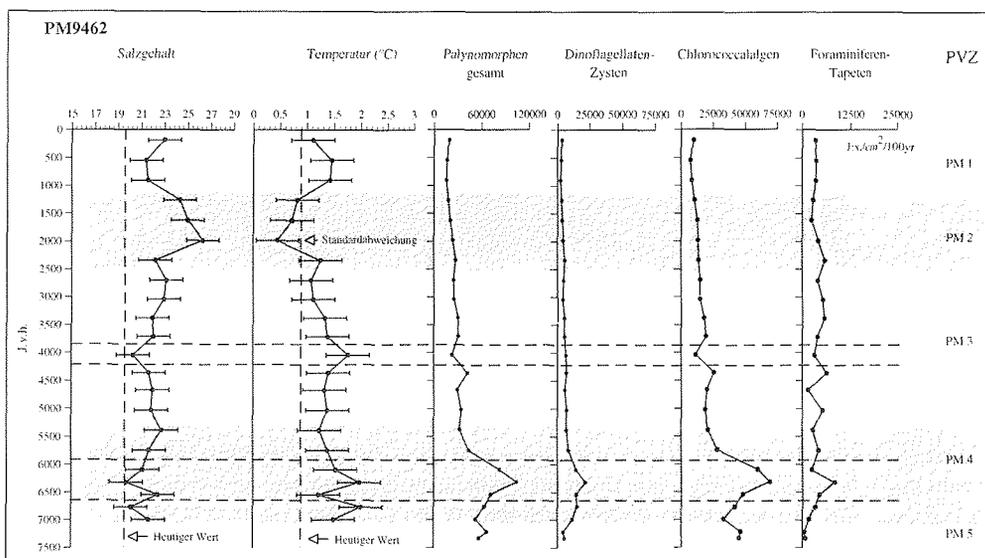


Abb. 58: Rekonstruktion der Paläo-Salzgehalte und Paläo-Temperaturen (Sommer) und Akkumulationsraten ( $\text{Ex./cm}^2/100\text{yr}$ ) ausgewählter Palynomorphen-Gruppen im Kern PM9462. Die Daten wurden gegen das Alter (J.v.h.) aufgetragen.

Als Ursache für den hohen fluviatilen und geringen marinen Wassermasseneintrag in die östliche Laptevsee kann der um 7400 J.v.h. etwa 20 m tiefer als heute gelegene Meeresspiegel angesehen werden (FAIRBANKS 1989). Aufgrund dessen war die Küstenlinie ca. 320 bis 400 km nach Norden verschoben und die Kernposition lag in einer Wassertiefe von ungefähr 12 m. Lena und Jana entwässerten in ein Ästuar (Abb. 61). Die Wassersäule war bis zum Boden gut durchmischt. Einen Hinweis darauf gibt das Fehlen der Tapeten mariner benthischer Foraminiferen, die als Indikator für marine bis brackische Wassermassen am Meeresboden benutzt werden können.

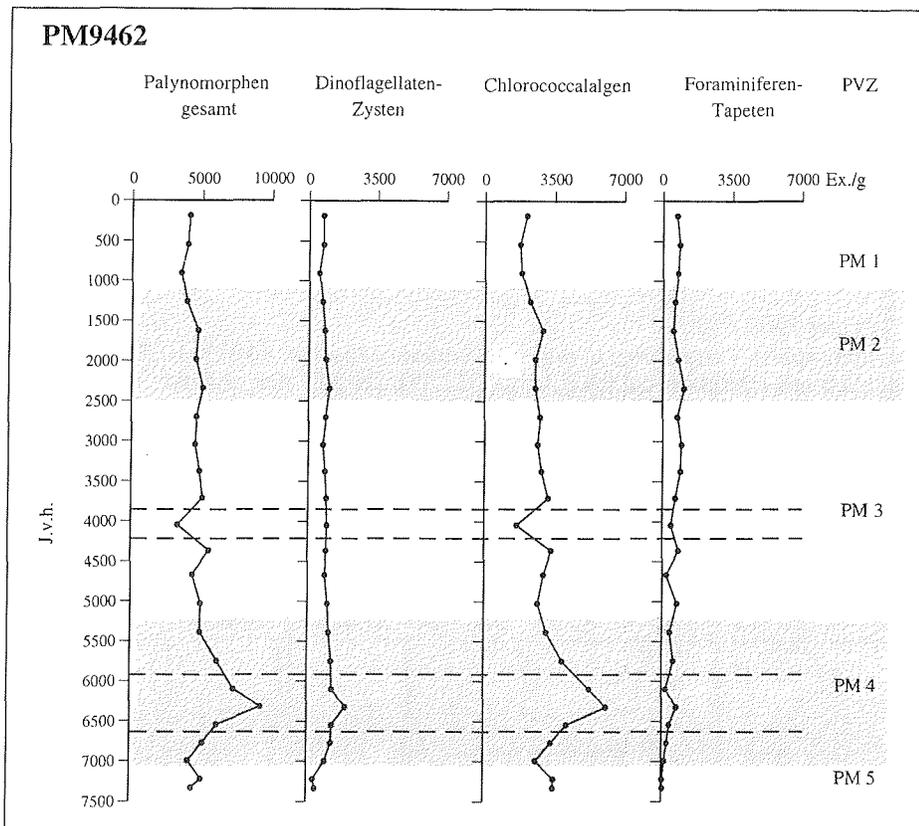


Abb. 59: Konzentrationen (Ex./g) ausgewählter Palynomorphen-Gruppen im Kern PM9462 gegen das Alter (J.v.h.) aufgetragen.

Die Ablagerung der Flußfrachten von Lena und Jana fand wahrscheinlich aufgrund der morphologischen Bedingungen nur in dieser Rinne statt. Dies könnte auch die im Vergleich zu den heutigen Chlorococcalalgen-Konzentrationen in der östlichen Laptevsee (Abb. 17) relativ hohen Gehalte der Grünalgen in diesem Zeitraum erklären. Grundvoraussetzung für diese Annahme ist, daß der Hauptanteil der Süßwassermengen in diesem Zeitraum wie heute über die beiden östlichen Hauptarme der Lena floß.

*Zone IV / PM 4: 7000 bis 5200 J.v.h.*

Der Einfluß der marinen Wassermassen nahm im Zeitraum zwischen 7000 und 6600 J.v.h. zu. Dafür sprechen die Erhöhung der Akkumulationsraten der marinen Dinoflagellaten-Zysten und die Zunahme der Akkumulationsraten der benthischen Foraminiferen-Tapeten (Abb. 58). Trotz des erhöhten marinen Wassereinflusses stieg, nach einem leichten Rückgang um 7000 J.v.h., der Süßwassereintrag in die östliche Laptevsee kontinuierlich an. Dafür spricht der markante Anstieg in den Akkumulationsraten der Chlorococcalalgen (Abb. 58).

Die Temperaturen der Oberflächenwassermassen stiegen in diesem Zeitraum an und die Salzgehalte nahmen ab.

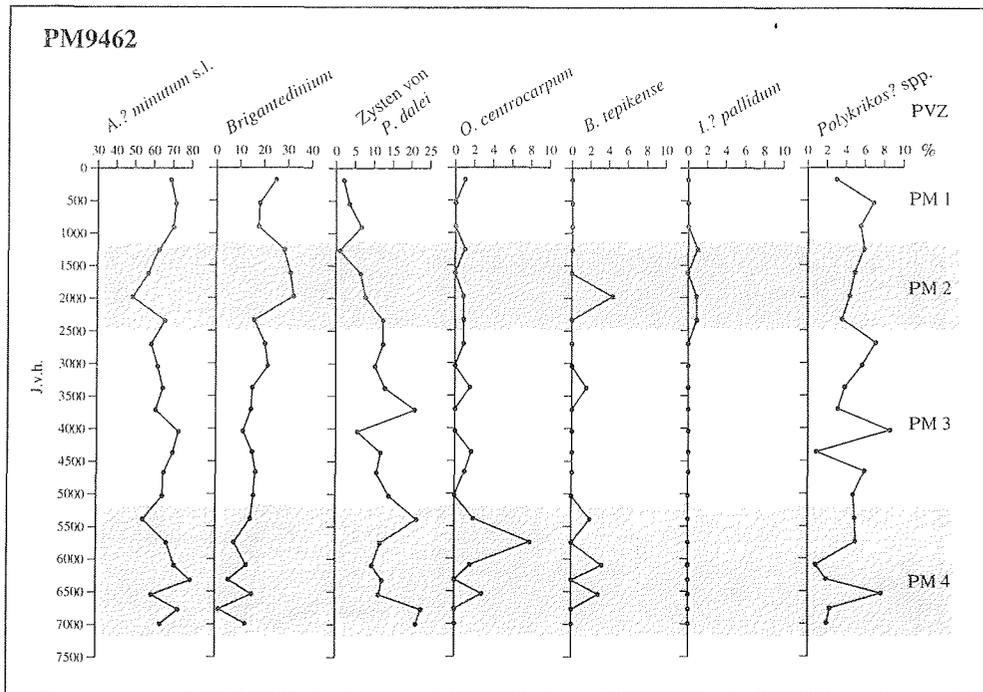


Abb. 60: Relative Häufigkeiten (%) der Dinoflagellaten-Zysten-Taxa im Kern PM9462. Die relativen Häufigkeiten wurden gegen das Alter (J.v.h.) dargestellt.

Um 6400 J.v.h. war der Süßwassereintrag in die östliche Laptevsee vermutlich um mehr als das Doppelte höher als heute. Dies belegen die Konzentrationen der Chlorococcalalgen (Abb. 59), die im Vergleich zu den heutigen Konzentrationen (Abb. 17) um mehr als das Doppelte höher waren. Auch die Akkumulationsraten der Chlorococcalalgen zeigen diesen Trend (Abb. 58). Die stark erhöhte Wasserführung der sibirischen Flüsse stand mit den angestiegenen Niederschlagsmengen in Sibirien in Verbindung. Pollenuntersuchungen im sibirischen Hinterland haben gezeigt, daß das Klima in diesem Zeitraum wesentlich wärmer und feuchter war als heute (NAIDINA 1995). Ein Hinweis auf erhöhte Niederschläge um 6400 J.v.h. gibt auch ein Pollendiagramm vom Lama See, in dem die Lärche zunehmend von der Fichte verdrängt wird. Nach MELLEES et al. (1996) könnte dies auf erhöhte Niederschlagsmengen zurückgeführt werden.

Die Temperaturen der Oberflächenwassermassen stiegen um 6400 J.v.h. um etwa 1 °C an und die Salzgehalte nahmen ab (Abb. 58).

Der Meeresspiegel lag in diesem Zeitraum etwa 10 bis 12 m tiefer als heute (FAIRBANKS 1989) und somit verlief die Küstenlinie etwa 50 km nördlich der heutigen Küstenlinie (Abb. 62). Die Flußmündungen hatten ihre heutige Positionen noch nicht erreicht. Als Folge der teilweisen Überflutung der großen Sandbankgebiete hatten sich im südöstlichen Teil der Laptevsee große Inseln herausgebildet (Abb. 62). Die Kernposition lag durch die Bildung der beiden Inseln in einer geschützten Position, wo sich die Oberflächenwassermassen besser erwärmen konnten. Diese nährstoff- und sauerstoffreichen Oberflächenwassermassen wurden durch höher salines Wasser unterlagert. Dafür sprechen die erhöhten Akkumulationsraten der Tapeten benthischer Foraminiferen. Die Wassermassen waren bedingt durch die warmen niedrig

V. Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän

salinen Oberflächenwassermassen und die marinen Wassermassen am Boden vertikal stark geschichtet.

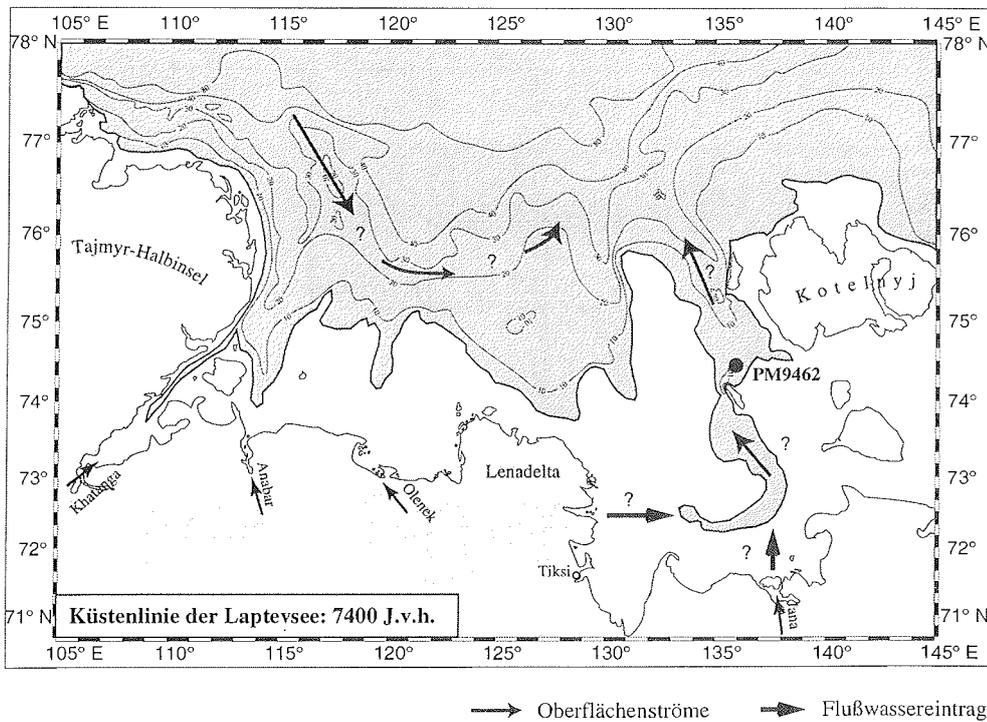


Abb. 61: Küstenlinie der Laptevsee: um 7400 J.v.h. (nach FAIRBANKS 1989).

Durch die stark erhöhte Flußwasserzufuhr gelangten wahrscheinlich auch größere Sedimentmengen auf den östlichen Schelf. Die Ablagerung dieser Sedimente erfolgte, durch die geographische Lage der Inseln bedingt, wahrscheinlich nördlich der Janamündung, in der Janarinne und östlich des heutigen Lenadeltas.

Nach KHOTINSKIY (1984) und HAHNE & MELLES (1997) setzte innerhalb dieser warmen Klimaperiode um 6400 J.v.h. eine kurzzeitige Abkühlungsphase ein. Eine kurzfristige Temperaturerniedrigung um 0,8 °C zeigen die rekonstruierten Temperaturen im Unterschied dazu schon um 6500 J.v.h. an (Abb. 58). Wegen der Unsicherheit bei der Kerndatierung und der Interpolation der Probenalter könnte es sich möglicherweise um die gleiche Phase handeln. Zwischen 5900 und 5200 J.v.h. ging der Süßwassereintrag in die östliche Laptevsee kontinuierlich zurück. Ein Indiz dafür ist der Rückgang der Akkumulationsraten der Chlorococcalgen (Abb. 58). Die verringerten Abflußmengen der Lena und Jana ermöglichten den verstärkten Zufluß mariner Wassermassen in die östliche Laptevsee. Die Temperaturen der Oberflächenwassermassen gingen in diesem Zeitraum stetig zurück und die Salzgehalte nahmen zu.

Zone III / PM 3: 5200 bis 2500 J.v.h.

Im Zeitraum von 5200 bis 4200 J.v.h. erhöhte sich erneut der Flußwassereintrag in der östlichen Laptevsee. Dies wird durch die Zunahme der Akkumulationsraten der Chlorococcalgen belegt (Abb. 58).

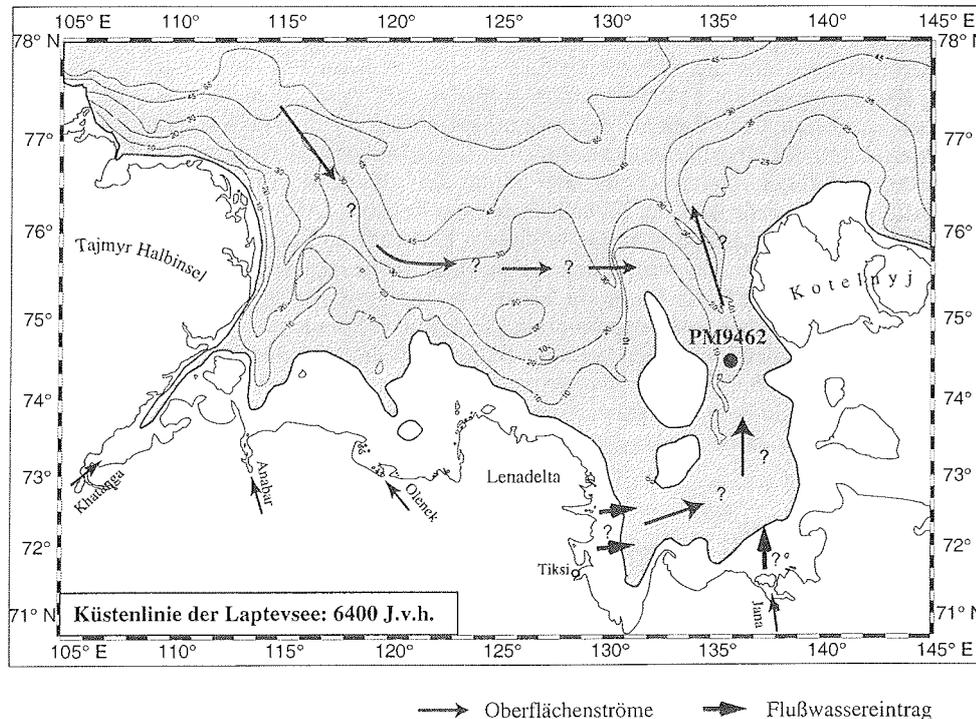


Abb. 62: Küstenlinie der Laptevsee: um 6400 J.v.h. (nach FAIRBANKS 1989).

Die Temperaturen der Oberflächenwassermassen stiegen kontinuierlich an, während die Salzgehalte des Oberflächenwassers abnahmen (Abb. 58).

Um 4000 J.v.h. war das Temperaturmaximum und das Salzgehaltsminimum der Oberflächenwassermassen erreicht (Abb. 58). Zeitgleich nehmen die Akkumulationsraten der Chlorococcalgen ab. Der Einstrom mariner Wassermassen müßte durch die Verringerung des Süßwassereintrages begünstigt werden. Dies ist jedoch anhand der Akkumulationsraten der Dinoflagellaten-Zysten nicht feststellbar. Dieses kurzfristige Ereignis hat offensichtlich keine Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Oberflächenwassermassen.

Im Zeitraum von 3900 bis 2500 J.v.h. setzte ein Trend zur stufenweisen Verringerung des Süßwassereinstroms in die östliche Laptevsee ein. Dafür sprechen die verringerten Akkumulationsraten der Chlorococcalgen (Abb. 58). Die Temperaturen der Oberflächenwassermassen nahmen kontinuierlich ab und die Salzgehalte stiegen langsam an (Abb. 58).

Nach KHOTINSKIY (1984) und HAHNE & MELLE (1997) setzte im Zeitraum zwischen 4600 und 2500 J.v.h. im Landklima eine Abkühlungsphase ein, die im Zeitraum zwischen 4100 und 3200 J.h.v. durch eine mildere Phase unterbrochen wurde. Im Vergleich dazu zeigen die rekonstruierten Paläo-Temperaturen der Oberflächenwassermassen im Zeitraum zwischen

V. Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän

4600 und 2500 J.v.h. nur einen leichten Abkühlungstrend an, der um 4000 J.v.h. durch eine wärmere Phase unterbrochen wurde.

Zone II / PM 2 und IK 2: 2500 bis 1050 J.v.h.

Der Flußwassereintrag in die östliche Laptevsee entsprach im Zeitraum zwischen 2500 und 1050 J.v.h. ungefähr dem heutigen Flußwassereintrag. Ein Beleg dafür sind die in diesem Zeitraum und heute etwa gleichen Konzentrationen der Chlorococcalgen (Abb. 64 und Abb. 17). Die Akkumulationsraten der Chlorococcalgen sind im Kern PM9462 höher als im Kern IK9373. Die Kernposition PM9462 wurde somit stärker durch den Süßwassereintrag der Flüsse Lena und Jana beeinflusst als die etwa 60 km nördlich gelegene Kernposition IK9373. Die Temperaturen der Oberflächenwassermassen fielen in diesem Zeitraum, von kurzfristigen Temperaturerhöhungen unterbrochen (Abb. 58 und 63), um etwa 1 °C und lagen somit unter dem heutigen Temperaturwert der Oberflächenwassermassen (Abb. 58 und 63). Daraus läßt sich ableiten, daß die östliche Laptevsee in diesem Zeitraum im Sommer teilweise eisbedeckt war und sich aufgrund dessen vermutlich die mittlere Meereisgrenze, die heute bei ca. 77°N liegt (TRESHNIKOV 1985), in Richtung Küste verschoben hatte. Ein Indiz für diese stark erniedrigten Oberflächenwassertemperaturen, die damit verbundene saisonale Eisbedeckung und die Verlagerung der Meereisgrenze nach Süden sind die erhöhten relativen Häufigkeiten von *Brigantedinium* spp. (Abb. 65). Weiterhin deuten die erhöhten relativen Häufigkeiten von *Brigantedinium* spp. auf höhere Nährstoffgehalte im Bereich der Meereiskante hin. Parallel zur Abnahme der Temperaturen stiegen die Salzgehalte der Oberflächenwassermassen an.

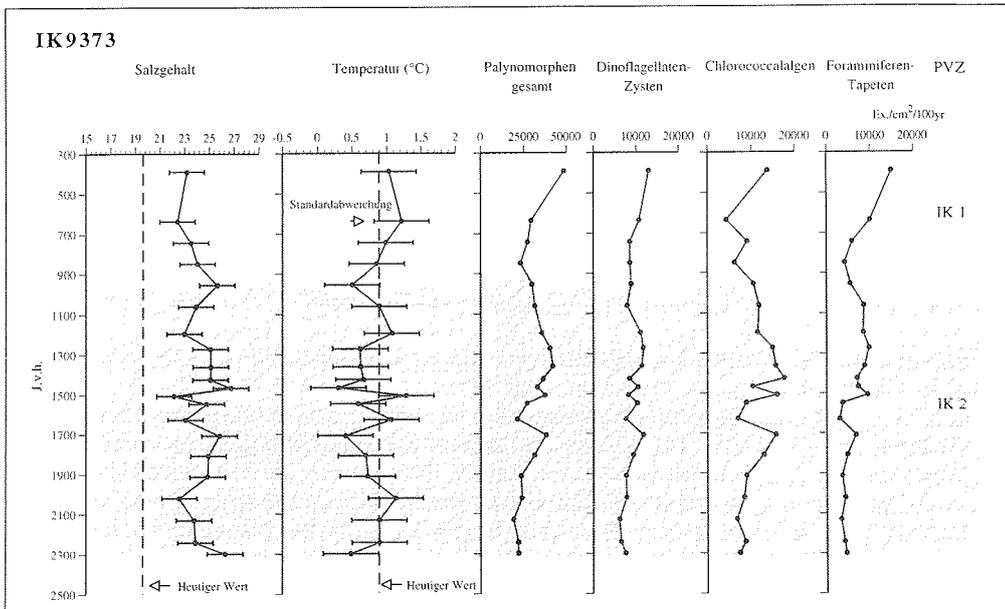


Abb. 63: Rekonstruktion der Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte (Sommer) und Akkumulationsraten ( $Ex./cm^2/100yr$ ) ausgewählter Palynomorphen-Gruppen im Kern IK9373. Die Daten wurden gegen das Alter (J.v.h.) aufgetragen.

Die Vergesellschaftung der Dinoflagellaten-Zysten wird durch das Erscheinen von *I. ? pallidum* charakterisiert. *I. ? pallidum* ist ein Indikator für extrem kalte, ozeanische Oberflächenwassermassen. Im Zeitraum zwischen 1800 und 1450 J.v.h. treten die höchsten

relativen Häufigkeiten von *I. ? pallidum* auf (Abb. 65). Dies kann als Anzeichen für das verstärkte Eindringen von höher salinen kalten Oberflächenwassermassen in die östliche Laptevsee angesehen werden. Aufgrund dessen waren die Oberflächenwassermassen vermutlich weniger gut geschichtet und es kam zur Durchmischung der Wassersäule. Die Beeinflussung der östlichen Laptevsee durch höher saline Oberflächenwassermassen war wahrscheinlich auf den Bereich nördlich 74°N beschränkt, da *I. ? pallidum* im Kern PM9462 nur noch in geringen relativen Häufigkeiten vorkommt (Abb. 60). Um 2100 und 1100 J.v.h. erscheint im Kern IK9373 ein spezieller Morphotyp von Zysten von *P. denticulatum* (Abb. 65). Das deutet darauf hin, daß die östliche Laptevsee in diesen Zeiträumen durch nährstoffreichere pazifische Oberflächenwassermassen beeinflusst wurde, da dieser besondere Morphotyp bis jetzt nur aus dem Pazifik bekannt ist.

Der Abkühlungstrend des Landklimas setzte sich nach MELLES et al. (1996) und HAHNE & MELLES (1997) im Zeitraum zwischen 2500 und 1050 J.v.h. weiter fort. Nach KOSHKAROVA (1995) lagen die Lufttemperaturen etwa 0,5 bis 1 °C niedriger als heute. Diesen Abkühlungstrend zeigen auch die verringerten Temperaturen der Oberflächenwassermassen in beiden Kernen an.

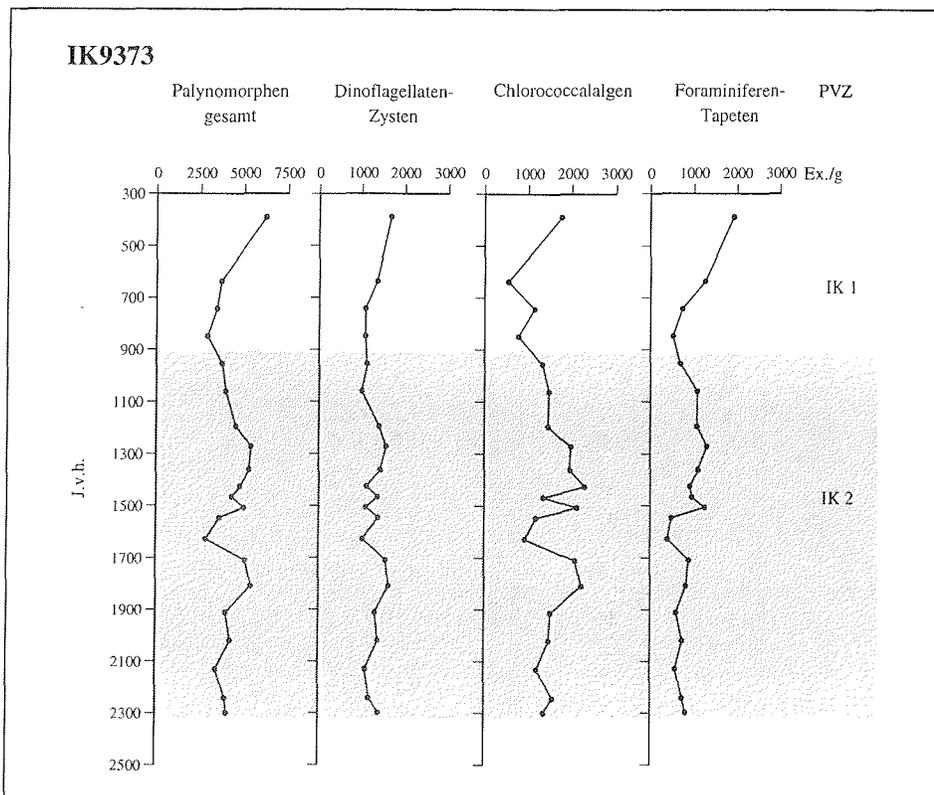


Abb. 64: Konzentrationen (Ex./g) ausgewählter Palynomorphen-Gruppen im Kern IK9373. Die Konzentrationen wurden gegen das Alter (J.v.h.) aufgetragen.

Zone I / PM 1 und IK 1: 1050 und 200 J.v.h.

Der Flußwassereintrag im Zeitraum zwischen 1050 und 200 J.v.h. entsprach ungefähr den heutigen Flußwassermengen, die durch die Lena und Jana in die östliche Laptevsee gelangen.

Dies läßt sich durch die Akkumulationsraten der einzelnen Palynomorphen-Gruppen belegen (Abb. 58).

Die Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung wurde wie heute von *A. minutum* s.l. dominiert. In geringen relativen Häufigkeiten kommen im Unterschied dazu Zysten von *P. dalei* vor (Abb. 60 und 65). Aufgrund dessen liegen die rekonstruierten Oberflächensalzgehalte über den heutigen Salzgehalten der Oberflächenwassermassen. Die Temperaturen des Oberflächenwassers stiegen wieder an und die Salzgehalte gingen zurück. Beide Kerne zeigen den gleichen Trend. Die mittlere Meereisgrenze im Sommer verlagerte sich in Richtung Norden und nahm ihre heutige Position ein. Ein Beleg dafür sind die verringerten relativen Häufigkeiten von *Brigantedinium* spp.

Ab 1000 J.v.h. verbesserten sich nach KOSHKAROVA (1995) die klimatischen Bedingungen des Landklimas wieder und es setzte eine wärmere Phase ein. Diesen Trend spiegeln auch die rekonstruierten Temperaturen der Oberflächenwassermassen wider (Abb. 58 und 63).

Ab 550 J.v.h. gingen die Temperaturen der Oberflächenwassermassen wieder zurück. Die Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee wurden wie heute durch den Süßwasser-eintrag der Flüsse und durch polare Oberflächenwassermassen geprägt. Dies läßt sich aus der Zusammensetzung der Palynomorphen- und Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftung zu dieser Zeit ableiten (Abb. 60).

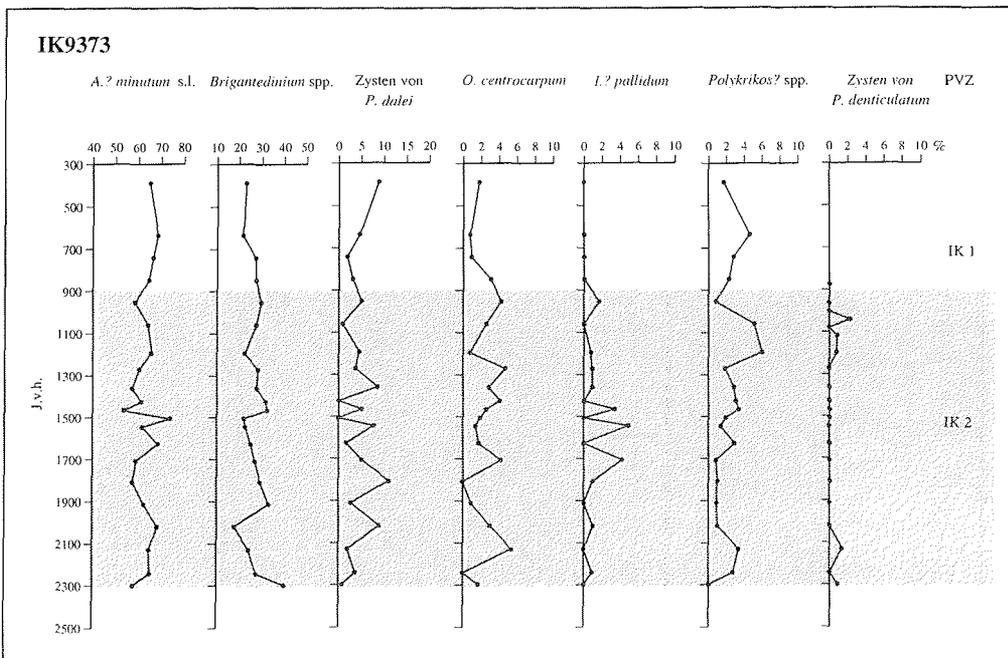


Abb. 65: Relative Häufigkeiten (%) der Dinoflagellaten-Zysten-Taxa im Kern IK9373. Die relativen Häufigkeiten wurden gegen das Alter (J.v.h.) dargestellt.

## **VI. Schlußfolgerungen und Ausblick**

Das Vorkommen, das Artenspektrum und die biogeographischen Verbreitungsmuster der Dinoflagellaten-Zysten, Chlorococcalalgen und anderer aquatischer Palynomorphen in den Oberflächensedimenten spiegeln die stark differenzierten hydrographischen Eigenschaften der Oberflächenwassermassen der Laptevsee wider. Daher können diese Mikrofossilgruppen in der Laptevsee als wertvolle Indikatoren für die zeitlichen Veränderungen der Oberflächenwassermassen im Holozän verwendet werden.

Es ist ein deutlicher nordwärts gerichteter Trend in der Artendominanz der Dinoflagellaten-Zysten und der geographischen Verbreitung der Taxa von der Küste in Richtung Arktischer Ozean ausgebildet. Die geographische Verbreitung der Chlorococcalalgen-Vergesellschaftung ist an den Süßwassereintrag der sibirischen Flüsse gebunden.

Die Zusammensetzung und biogeographische Verbreitung der Dinoflagellaten-Zysten-Vergesellschaftungen und der Chlorococcalalgen reflektieren deutlich den starken Salzgehaltsgradienten der Oberflächenwassermassen von der Küste zum Kontinentalhang. Die Laptevsee wird durch polare Oberflächenwassermassen und südlich der Isohaline 20 durch den Süßwassereintrag der sibirischen Flüsse entscheidend geprägt. Weiterhin zeigen einige Arten der Dinoflagellaten-Zysten am Kontinentalhang, daß dieses Gebiet durch wärmere atlantische Wassermassen beeinflusst wird.

Für zwei Sedimentkerne aus der östlichen Laptevsee wurden mit der Transferfunktionsmethode nach IMBRIE & KIPP (1971) die Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte der Oberflächenwassermassen im Zeitraum zwischen 7400 und 200 J.v.h. rekonstruiert. Die rekonstruierten Temperaturen und Salzgehalte zeigen nur Trends an und dürfen deshalb nicht überbewertet werden. Sowohl die Datengrundlage der benutzten hydrographischen Daten als auch der Referenzdatensatz der Dinoflagellaten-Zysten sind für die genaue Rekonstruktion der beiden Paläo-Umweltparameter in dem hochvariablen stark differenzierten Ökosystem Laptevsee nicht ausreichend.

Die Ergebnisse aus der Untersuchung der modernen Situation des Ökosystems Laptevsee und der statistischen Analysen wurden genutzt, um anhand der Variabilität der aquatischen Palynomorphen-Vergesellschaftungen in zwei Sedimentkernen die zeitliche Entwicklung der Oberflächenwassermassen in der östlichen Laptevsee in den letzten 7400 J.v.h. zu rekonstruieren. Es ergibt sich dadurch für die östliche Laptevsee folgendes Bild:

- Im Zeitraum zwischen 7400 und 7000 J.v.h. war die östliche Laptevsee sehr stark durch den Süßwassereintrag der beiden Flüsse Lena und Jana geprägt. Der marine Wassereinstrom aus dem Arktischen Ozean war sehr gering. Diese Dominanz des fluviatilen Eintrages gegenüber dem marinen Einstrom lag vermutlich in den bathymetrischen Gegebenheiten der Laptevsee zu dieser Zeit begründet, da Lena und Jana aufgrund des etwa 20 m tiefer als heute gelegenen Meeresspiegels in ein langgestrecktes Ästuar entwässerten.
- Um 6400 J.v.h. war der Flußwassereintrag in die östliche Laptevsee vermutlich doppelt so hoch wie heute. Dies läßt sich auf erhöhte Niederschlagsmengen aufgrund des im Vergleich zu heute wesentlich wärmeren und feuchteren Klimas im sibirischen Hinterland zurückführen. Gleichzeitig erhöhte sich auch der Einfluß der marinen Wassermassen, da der Meeresspiegel weiter anstieg.

VI. Schlußfolgerungen und Ausblick

- Im Zeitraum zwischen 5200 und 2500 J.v.h. ging der Süßwassereinstrom der Flüsse allmählich zurück. Dies hängt mit der Abkühlungsphase im Landklima in diesem Zeitraum zusammen. Der fluviatile Wassermasseneintrag blieb jedoch gegenüber dem marinen Wassermasseneinstrom weiter hoch.
- Im Zeitraum zwischen 2500 und 1050 J.v.h. erreichte der Süßwassereinstrom der Flüsse den heutigen Wert. Weiterhin war die östliche Laptevsee durch die Verlagerung der mittleren Meereisgrenze im Sommer, die heute bei etwa 77°N liegt, in Richtung Süden gekennzeichnet. Dies läßt sich auf den weiter anhaltenden Temperaturrückgang im Landklima und die gleichzeitig verringerten Oberflächenwassertemperaturen zurückführen. Der Bereich der Meereiskante in der östlichen Laptevsee war durch erhöhte Nährstoffgehalte in den Oberflächenwassermassen gekennzeichnet. Um 2100 und 1100 J.v.h. wurde die östliche Laptevsee vermutlich durch pazifisches Oberflächenwasser beeinflusst.
- Im Zeitraum zwischen 1050 J.v.h. und 550 J.v.h. setzte im Landklima wieder eine wärmere Phase ein und die Temperaturen der Oberflächenwassermassen stiegen erneut an. Aufgrund dessen verlagerte sich die mittlere Meereisgrenze im Sommer wieder nordwärts und nahm ihre heutige Lage ein.

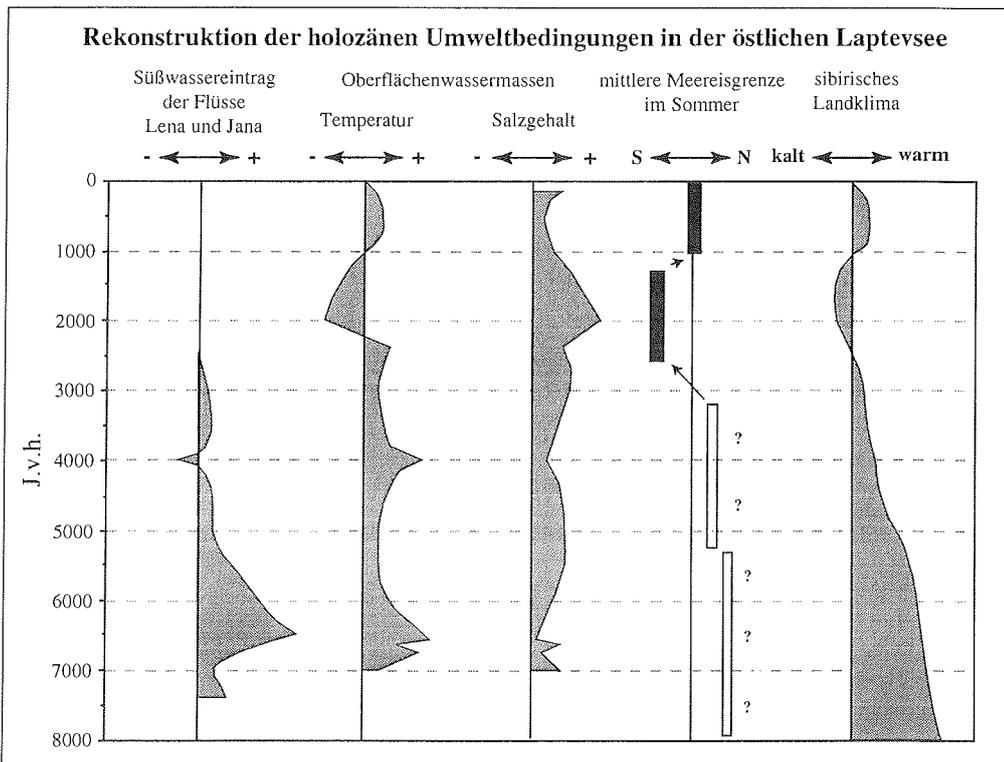


Abb. 66: Schematische Darstellung der Rekonstruktion der holozänen Umweltbedingungen in der östlichen Laptevsee. Die einzelnen Kurven verdeutlichen die kontinuierlichen Trends, in die einzelne Maxima oder Minima eingeschaltet sind. Alle Angaben beziehen sich auf die heutige Situation im Ökosystem Laptevsee. Die sibirische Landklimakurve wurde nach KOSHKAROVA (1995), NAIDINA (1995), MELLES et al. (1996) und HAHNE & MELLES (1997) zusammengestellt.

- Ab 550 J.v.h. kam es erneut zu Erniedrigung der Oberflächenwassertemperaturen. Heute wird die östliche Laptevsee ausschließlich durch den Süßwassereintrag und durch polare Oberflächenwassermassen ohne Beeinflussung von wärmeren atlantischen oder pazifischen Wassermassen geprägt.

*Ausblick*

Um die Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte der Oberflächenwassermassen im Holozän der Laptevsee exakter rekonstruieren zu können, ist es notwendig:

- den Referenzdatensatz mit einem möglichst umfangreichen Datensatz der Oberflächen-sedimentproben aus den hohen nördlichen Breiten zu kombinieren.
- die Datengrundlage der hydrographischen Parameter der Oberflächenwassermassen für dieses Gebiet zu verbessern.

Es wäre sicherlich von Vorteil, die Rekonstruktionen der Paläo-Umweltparameter nicht nur mit der Transferfunktionsmethode nach IMBRIE & KIPP (1971) durchzuführen, sondern ein anderes statistisches Modell (u.a. "Best analogue method", DE VERNAL et al. 1994) zu benutzen, um dadurch bessere Ergebnisse zu erzielen.

Weiterhin sollten Sedimentkerne aus dem zentralen und westlichen Teil der Laptevsee bearbeitet werden um, die Paläo-Temperaturen und Paläo-Salzgehalte der Oberflächenwassermassen für die gesamte Laptevsee rekonstruieren zu können.

## **VII. Taxonomie der identifizierten aquatischen Palynomorphen**

In der Rubrik "Vorkommen" werden für die Dinoflagellaten-Zysten und Chlorococcalgalgen die relativen Häufigkeiten, die sich auf die Gesamtsumme der gezählten Exemplare der jeweiligen Palynomorphengruppe beziehen, angegeben (siehe Kapitel III: 3.1). Es wurden folgende Klassen definiert: 0-1 % selten, > 1-10 % regelmäßig, > 10-30 % häufig, > 30-50 % sehr häufig und > 50 % dominant.

Da die biologische Zugehörigkeit der Acritarchen nicht geklärt ist, werden bei dieser Gruppe und bei den verschiedenen Zoomorphengruppen in der Rubrik "Vorkommen" die Konzentrationen (Ex./g) angegeben (siehe Kapitel III: 3.1).

Einige Palynomorphen konnten keiner in der Literatur beschriebenen Gattung oder Art zugeordnet werden. Diese Mikrofossilien werden kurz beschrieben. Die Länge (l) und Breite (b) bzw. Durchmesser (Ø) der Mikrofossilien beziehen sich immer auf die Zyste ohne Fortsätze. In Klammern wird die mittlere Länge bzw. Breite angegeben. Die Länge der Fortsätze wird, ebenso wie die Anzahl der vermessenen Exemplare (n), gesondert vermerkt.

### **I. Dinoflagellaten-Zysten**

Stamm **Dinoflagellata** (BÜTSCHLI 1885)

FENSOME et al. 1993

Klasse **Dinophyceae** PASCHER 1914

Unterklasse **Gymnodiniphyceae**

FENSOME et al. 1993

Ordnung **Gymnodinales** APSTEIN 1909

Familie **Gymnodiniaceae** (BERGH 1881)

LANKESTER 1885

Gattung **Algidasphaeridium**

MATSUOKA & BUJAK 1988

**Algidasphaeridium? minutum s.l.**

(HARLAND & REID in HARLAND et al. 1980)

MATSUOKA & BUJAK 1988

#### **Beschreibung:**

Dieses Taxon beinhaltet runde, braune Zysten mit zahlreichen massiven, an der Basis hohlen Fortsätzen. Die Oberfläche der Zysten ist glatt oder leicht granuliert. Es werden vier verschiedene Morphotypen anhand der Ausbildung der Fortsätze unterschieden. Die Zysten weisen keine Autofluoreszenz auf.

#### **Vorkommen:**

Oberflächensedimente: Schelf dominant; Kontinentalhang häufig bis dominant.

Sedimentkerne: dominant.

*Algidasphaeridium? minutum*

(Taf. 1, Abb. 1-4)

#### **Bestimmungsliteratur:**

HARLAND & REID in HARLAND et al. 1980, 216-218: Abb. 2, M-O (?*Multispinula minuta*).

BUJAK 1984, 208-209: Taf. 3, Abb. 4 (?*Multispinula minuta*).

DE VERNAL et al. 1989, 2462: Taf. 2, Abb. 4, 5, 7-9 (*Algidasphaeridium? minutum*).

MATTHIESSEN 1995, 312-313: Taf. 1, Abb. 1-4, 7 (*Algidasphaeridium? minutum*).

#### **Theka:**

*Protoperidinium* sp. indet., nach HARLAND et al. 1980.

#### **Beschreibung:**

Runde, braune Zyste mit sehr zahlreichen relativ kurzen, dornenartigen und massiven Fortsätzen. Die Oberfläche ist glatt oder granuliert. Die Fortsätze sind gerade oder leicht gekrümmt und an der Basis hohl. Die Fortsatzspitzen sind acuminat. Die Fortsatzanordnung ist nicht tabular. Bei einigen Exemplaren konnte eine Archäopyle beobachtet werden. Die Archäopyle entsteht vermutlich durch den Verlust von zwei Paraplatten. Eine genaue Bestimmung der Form und Lage der Archäopyle war nicht möglich.

#### **Taxonomische Bemerkungen:**

Dieser Morphotyp wird in der Literatur (HARLAND et al. 1980, DE VERNAL et al. 1989, MATTHIESSEN 1995) als *A.? minutum* beschrieben, obwohl der Holotyp nach der Art-diagnose von HARLAND & REID, in HARLAND et al. (1980) aculeate Fortsatzenden besitzt. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, werden diese Zysten zu *A.? minutum* gestellt.

Eine intercalare Archäopyle wird von MUDIE (1992, 382-383: Taf. 2, Abb. 6-8) und MATTHIESSEN (1995, 312-313: Taf. 1, Abb. 1) beschrieben. Wegen der Umrissform der Archäopyle handelt es sich nach MATTHIESSEN (1995) bei diesem Morphotyp wahrscheinlich um Zysten peridinioider Dinoflagellaten.

Die Zysten ähneln *Echinidinium delicatum* ZONNEVELD (im Druck, Abb. 8, Taf. IV, Abb. 5-7) in der Form der Zyste und in der Ausbildung der Fortsatzspitzen. *E. delicatum* und *A.? minutum* unterscheiden sich jedoch deutlich in der Archäopylform, da *E. delicatum* im Gegensatz zu *A.? minutum* eine schlitzförmige Archäopyle besitzt. Auch sind die Fortsätze bei *A.? minutum* im Gegensatz zu *E. delicatum* dornenartig und massiv gestaltet.

*A.? minutum* unterscheidet sich von den anderen Morphotypen durch die kurzen, dornartigen Fortsätze und die acuminaten Fortsatzenden.

#### **Dimension:**

Ø: 35-42 µm (36), Fortsätze: 3-6 (5) µm, n=12

#### **Vorkommen:**

Oberflächensedimente: Schelf häufig bis dominant; Kontinentalhang regelmäßig bis dominant. Sedimentkerne: häufig bis dominant.

*Algidasphaeridium? minutum*

**Morphotyp A**

(Taf. 1, Abb. 7, 11)

Bestimmungsliteratur:

DE VERNAL et al. 1989, 2463: Taf. 2, Abb. 5, 10 (*Algidasphaeridium? minutum* var. *cesare*).

Beschreibung:

Runde, braune Zyste mit zahlreichen relativ langen Fortsätzen und glatter oder leicht granulierter Oberfläche. Die Fortsätze sind dünn, rund, selten leicht gekrümmt und massiv. An der Basis sind die Fortsätze tapering und hohl. Die Anordnung der Fortsätze ist nicht tabular. Die Fortsatzspitzen sind capitat. Bei einigen Zysten sind die Fortsätze mit Warzen besetzt. Eine Archäopyle oder Paratabulation konnte nicht beobachtet werden.

Taxonomische Bemerkung:

Morphotyp A ähnelt *Algidasphaeridium? minutum* var. *cesare* (DE VERNAL et al. 1989, 2460-2461: Taf. 2, Abb. 5, 10) in Form und Größe, unterscheidet sich aber in der Ausbildung der Fortsatzenden. Bei *A.? minutum* var. *cesare* können die Fortsätze distal capitat, buccinat und bifurcat gestaltet sein. Im Gegensatz dazu sind die Fortsatzenden bei Morphotyp A immer capitat. *A.? minutum* Morphotyp A unterscheidet sich von den anderen Morphotypen durch die relativ langen Fortsätze und den capitaten Fortsatzspitzen.

Dimensionen:

Ø: 35-40 µm (34), Fortsätze: 7-12, (10) µm, n=7

Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf selten bis häufig; Kontinentalhang regelmäßig bis häufig. Sedimentkerne: selten bis häufig.

*Algidasphaeridium? minutum*

**Morphotyp B**

(Taf. 1, Abb. 9-10)

Beschreibung:

Runde, braune Zyste mit zahlreichen langen geraden oder leicht gekrümmten, runden Fortsätzen. Die Oberfläche ist glatt oder granuliert. Die Fortsätze an der Basis leicht konisch und hohl und nicht tabular auf der Zyste angeordnet. Die Fortsatzspitzen sind ankerförmig ausgebildet, wobei der Anker aus 2-3 Ankerblättern zusammengesetzt sein kann. Die Ankerblätter sind nicht in einer Ebene angeordnet und weisen in Richtung Zyste. Bei einem Exemplar wurde eine Archäopyle beobachtet. Eine genaue Bestimmung der Lage und Form der Archäopyle war leider nicht möglich.

Taxonomische Bemerkung:

Die besondere Ausbildung der Fortsatzenden ist meist nur bei 1000-facher Vergrößerung sichtbar. Im Unterschied zu den anderen Morphotypen hat *A.? minutum* Morphotyp B ankerförmig ausge-

bildete Fortsatzspitzen, die nicht in einer Ebene angeordnet sind und in Richtung Zyste weisen.

Dimensionen:

Ø: 35-41 µm (38), Fortsätze: 10-13 (10) µm, n=3

Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf selten bis regelmäßig.

Sedimentkerne: selten bis regelmäßig.

*Algidasphaeridium? minutum*

**Morphotyp C**

(Taf. 1, Abb. 5, 6, 8, 12)

Beschreibung:

Runde, braune Zyste mit zahlreichen leicht gekrümmten bis geraden, nicht tabular angeordneten Fortsätzen und glatter oder granulierter Oberfläche. Die Fortsätze sind rund und an der Basis hohl. Die Fortsätze sind distal überwiegend trifurcat, selten bifurcat ausgebildet. Die Fortsatzspitzen können distal zusätzlich bifurcat aufgespalten sein.

Taxonomische Bemerkung:

Die Fortsatzenden erscheinen bei kleinen Vergrößerungen aculeat. Die zweite Aufspaltung der Enden ist meist erst bei 1000-facher Vergrößerung gut zu sehen.

Morphotyp C ähnelt *Echinidinium aculeatum* ZONNEVELD (im Druck, Abb. 5, Taf. III, Abb. 1-5). Bei *E. aculeatum* sind die Fortsatzspitzen aculeat gestaltet. Die Aufspaltung der Spitzen erfolgt in einer Ebene. Im Gegensatz dazu sind bei Morphotyp C die Fortsätze distal überwiegend trifurcat, selten bifurcat. Die Fortsatzspitzen können bifurcat sein. Durch diese Ausbildung der Fortsatzspitzen unterscheidet sich Morphotyp C von den anderen Morphotypen.

Dimensionen:

Ø: 32-36 µm (36), Fortsätze: 6-9 (8) µm, n=13

Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf regelmäßig bis häufig; Kontinentalhang selten bis häufig.

Sedimentkerne: selten bis häufig.

*Algidasphaeridium? spp.*

Taxonomische Bemerkung:

Unter der Bezeichnung *Algidasphaeridium? spp.* wurden alle spinosen braunen Zysten mit zahlreichen Fortsätzen zusammengefaßt, die keinem beschriebenen Morphotyp eindeutig zugeordnet werden konnten. Die Zysten sind entweder schlecht erhalten, verfaltet oder die Fortsatzenden konnten auch bei 1000-facher Vergrößerung nicht eindeutig identifiziert werden.

Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf regelmäßig bis sehr häufig; Kontinentalhang regelmäßig bis häufig.

Sedimentkerne: regelmäßig bis häufig.

Unterklasse **Peridiniphycidae**

FENSOME et al. 1993

Ordnung **Gonyaulacales** TAYLOR 1980

Familie **Gonyaulacaceae**

LINDEMANN 1928

Gattung ***Bitectatodinium*** WILSON 1973

***Bitectatodinium tepikiense***

WILSON 1973

(Taf. 3, Abb. 2)

Bestimmungsliteratur:

HARLAND 1977, 93-94: Taf. 1, Abb. 20, Taf. 4, Abb. 8 (*Bitectatodinium tepikiense*).

Theka:

*Gonyaulax spinifera* Gruppe, nach DALE 1976.

Vorkommen:

Oberflächensedimente: selten.

Sedimentkerne: selten bis regelmäßig.

Gattung ***Impagidinium***

STOVER & EVITT 1978

***Impagidinium pallidum***

BUJAK 1984

(Taf. 2, Abb. 10-11)

Bestimmungsliteratur:

BUJAK 1984, 187: Taf. 2, Abb. 9-12 (*Impagidinium pallidum*).

MATTHIESSEN 1995, 312-313: Taf. 1, Abb. 8-9 (*Impagidinium? pallidum*).

Theka:

*Gonyaulax* sp. indet., nach HEAD 1996.

Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf selten; Kontinentalhang selten bis sehr häufig.

Sedimentkerne: selten bis regelmäßig.

Gattung ***Nematosphaeropsis***

DEFLANDRE & COOKSON 1955

emend. WILLIAMS & DOWNIE 1966

***Nematosphaeropsis labyrinthus***

(OSTENFELD 1903) REID 1974

(Taf. 2, Abb. 6-8)

Bestimmungsliteratur:

REID 1974, 592-594: Taf. 1, Abb. 8-9 (*Nematosphaeropsis labyrinthus*).

MATTHIESSEN 1995, 315: Taf. 1, Abb. 10-11 (*Nematosphaeropsis labyrinthus*).

Theka:

*Gonyaulax spinifera* (CLAPRÈDE & LACHMANN) DIESING 1866, nach WALL & DALE 1968.

Vorkommen:

Oberflächensedimente: Kontinentalhang selten bis sehr häufig.

Sedimentkerne: nicht vorhanden.

Gattung ***Operculodinium*** WALL 1967

***Operculodinium centrocarpum***

(DEFLANDRE & COOKSON 1955)

WALL 1967

(Taf. 2, Abb. 9)

Bestimmungsliteratur:

HARLAND 1977, Taf. 1; Abb. 19, Taf. 4, Abb. 9-10 (*Operculodinium centrocarpum*).

REID 1974, 594-595: Taf. 2, Abb. 10-11 (*Operculodinium centrocarpum*).

Theka:

*Protoceratium reticulatum* (CLAPRÈDE & LACHMANN) BÜTSCHLI 1885, nach WALL & DALE 1968.

Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf selten; Kontinentalhang selten bis häufig.

Sedimentkerne: selten bis regelmäßig.

Gattung ***Spiniferites*** MANTELL 1850

***S. elongatus/S. frigidus*-Gruppe**

Bestimmungsliteratur:

REID 1974, 634-635: Taf. 3, Abb. 23-24 (*S. elongatus*).

HARLAND & REID, in HARLAND et al. 1980, 214: Abb. 2, A-J (*S. frigidus*).

HARLAND 1983, 334-335: Taf. 44, Abb. 7-8 (*S. elongatus*).

HARLAND 1983, 334-335: Taf. 44, Abb. 9-10 (*S. frigidus*).

Taxonomische Bemerkung:

Die *S. elongatus/S. frigidus*-Gruppe beinhaltet *Spiniferites elongatus* (REID 1974), *Spiniferites frigidus* (HARLAND & REID, in HARLAND et al. 1980) und Übergangsformen zwischen *S. elongatus* und *S. frigidus*. Die unter dieser Bezeichnung zusammengefaßten Morphotypen variieren in der Länge der Fortsätze und in der Ausbildung der Membranen zwischen den Fortsätzen. Zwischen den beiden Endgliedern *S. elongatus* und *S. frigidus* gibt es fließende Übergänge. Beide Arten werden deshalb in der Literatur oft unter *S. elongatus* (u.a. HARLAND 1983) oder *S. elongatus* s.l. (MATTHIESSEN 1991, MUDIE 1992, ROCHON 1997) zusammengefaßt.

Theka:

*Gonyaulax* sp. indet., nach HARLAND 1980.

Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf selten; Kontinentalhang selten bis regelmäßig.

Sedimentkerne: selten.

Ordnung **Peridiniales** HAECKEL 1894

Familie **Congruentidiaceae**

SCHILLER 1935

Gattung ***Brigantedinium*** REID 1977

***Brigantedinium* spp.**

Taxonomische Bemerkung:

Unter der Bezeichnung *Brigantedinium* spp. wurden alle runden braunen protoperidinioiden Zysten ohne Fortsätze zusammengefaßt. Die einzelnen Arten können nur anhand ihrer Archäopyle unterschieden werden. Die Zysten sind oft schlecht erhalten und/oder gefaltet und können deshalb meist nicht eindeutig

## VII. Taxonomie

identifiziert werden. In der Literatur wird daher oft die Sammelgruppe "spherical brown proto-peridinioid cysts" (MATSUOKA 1987, DALE & DALE 1992, DE VERNAL et al. 1992, MARRET 1994) verwendet. Im Probenmaterial dominieren gut erhaltene Zysten von *B. simplex*. Untergeordnet kommen *B. cariacense* und Zysten von *P. denticulatum* vor, wobei Zysten von *P. denticulatum* nur im Kernmaterial zu finden sind.

### Theka:

*Proto-peridinium* spp. indet.

### Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf regelmäßig bis sehr häufig; Kontinentalhang häufig bis sehr häufig.

Sedimentkerne: regelmäßig bis sehr häufig.

### *Brigantedinium cariacense*

(WALL 1967) REID 1977

(Taf. 2, Abb. 5)

### Bestimmungsliteratur:

REID 1977, 434: Taf. 1, Abb. 2 (*Brigantedinium cariacense*).

HARLAND 1977, 104: Taf. 3, Abb. 10, 11, 13 (*Brigantedinium cariacense*).

HARLAND 1982 b, 373-374: Text-Fig. 6, Taf. 38, Abb. 4-9 (*Proto-peridinium* (*Archaeperidinium*) *avellana*).

LEWIS et al. 1984, 26: Abb. a, b (*Proto-peridinium avellana*).

### Theka:

*Proto-peridinium avellana* (MEUNIER) BALECH 1974, nach WALL & DALE 1968 und LEWIS et al. 1984.

### Vorkommen:

Oberflächensedimente: selten.

Sedimentkerne: selten bis häufig.

### *Brigantedinium simplex*

(WALL 1965) REID 1977

(Taf. 2, Abb. 1-2)

### Bestimmungsliteratur:

REID 1977, 435-436: Taf. 1, Abb. 3, 4 (*Brigantedinium simplex*).

HARLAND 1977, 104: Taf. 3, Abb. 7-9, 12 (*Brigantedinium simplex*).

LEWIS et al. 1984, 26: Abb. e, f (*Proto-peridinium conicoides*).

### Theka:

*Proto-peridinium conicoides* (PAULSEN) BALECH 1974, nach WALL & DALE 1968 und LEWIS et al. 1984.

### Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf selten bis regelmäßig; Kontinentalhang regelmäßig.

Sedimentkerne: selten bis regelmäßig.

### Zyste von *Proto-peridinium denticulatum*

(GRAN & BRAARUD) BALECH 1974

(Taf. 2, Abb. 3-4)

### Bestimmungsliteratur:

SONNEMAN & HILL 1997, 159: Abb. 14 (*Proto-peridinium denticulatum*).

BIEBOW 1996, Taf. 1, Abb. 3 (*Proto-peridinium* sp. 1).

Theka: *Proto-peridinium denticulatum* (GRAN & BRAARUD 1935) BALECH 1974.

### Beschreibung:

Die Zysten sind rund und braun mit glatter Oberfläche. Die Archäopyle entsteht durch den Verlust von zwei intercalaren Paraplatten.

### Taxonomische Bemerkungen:

Dieser spezielle Morphotyp wird von BIEBOW (1996) aus dem Auftriebsgebiet vor Peru als *Proto-peridinium* sp. 1 und von SONNEMAN & HILL (1997) aus Oberflächensedimenten SE von Australien als *Proto-peridinium denticulatum* beschrieben. Diese pazifische Zysten unterscheiden sich von den atlantischen Formen (HARLAND 1982 b, HARLAND 1983, WALL & DALL 1968) durch die Form der Archäopyle, die durch den Verlust von zwei Paraplatten und nicht durch den Verlust von einer Paraplatte (HARLAND 1982 b, 374: Abb. 7A; HARLAND 1983, 359: Taf. 47, Abb. 6; WALL & DALL 1968, Taf. 3, Abb. 30) entsteht.

### Vorkommen:

Oberflächensedimente: nicht vorhanden.

Sedimentkerne: selten bis regelmäßig.

### *Selenopemphix quanta*

(BRADFORD 1975) MATSUOKA 1985

(Taf. 2, Abb. 12)

### Bestimmungsliteratur:

BRADFORD 1975, 3067-3070: Abb. 5-7 (*Multi-spinula quanta*).

REID 1977, 448-449: Taf. 3, Abb. 30-33 (*Multi-spinula quanta*).

HARLAND 1977, 106: Taf. 3, Abb. 14, Taf. 4, Abb. 18-19 (*Multi-spinula quantosa*).

HARLAND 1982 b, 384-385: Text-Fig. 19, Taf. 39, Abb. 1-3, Taf. 42, Abb. 1, 10 (*Proto-peridinium* (*Proto-peridinium*) *conicum*).

MATSUOKA 1985 b, 102-103: Taf. 11, Abb. 1-9 (*Selenopemphix quanta*).

### Theka:

*Proto-peridinium conicum* (GRAN) BALECH, nach WALL & DALE 1968

### Vorkommen:

Oberflächensedimente: Im oberen Kontinentalhangbereich selten bis regelmäßig.

Sedimentkern: nicht vorhanden.

Familie **Peridiniaceae** EHRENBERG 1831

Gattung ***Pentapharsodinium***

INDELICATO & LOEBLICH 1986

Zyste von ***Pentapharsodinium dalei***

INDELICATO & LOEBLICH 1986

(Taf. 3, Abb. 3)

## VII. Taxonomie

### Bestimmungsliteratur:

DALE 1977, 243-248: Abb. 30 (*Peridinium faeroense*).

LEWIS 1991, 95-96: Abb. 10-16 (*Pentapharsodinium dalei*).

### Theka:

*Pentapharsodinium dalei* INDELICATO & LOEBLICH 1986.

### Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf selten bis regelmäßig; Kontinentalhang selten.

Sedimentkerne: selten bis häufig.

Familie **Polykrikaceae**

KOFOID & SWEZY 1921

Gattung ***Polykrikos*** BÜTSCHLI 1873

***Polykrikos?* spp.**

BÜTSCHLI 1873

### Bestimmungsliteratur:

BÜTSCHLI 1873, 673: Taf. XXVI, Abb. 22 a-c (*Polykrikos schwartzii*).

HARLAND 1981, 66-67: Taf. 1, Abb. 1-9; 72-73: Taf. 2, Abb. 1-9 (*Polykrikos schwartzii*).

MATSUOKA 1985 a, 226-227: Taf. 1, Abb. 6; Taf. 2, Abb. 1-3 (*Polykrikos kofoidii*)

### Beschreibung:

Dieses Taxon beinhaltet braune, rechteckige bis ovale Zysten mit einem unregelmäßigen großflächigen reticulatem oder rugulatem Muster. Die Reticulation bildet einen leicht gewellten Saum um die Zysten, die im mittleren Bereich eingeschnürt sein können. Einige Exemplare besitzen eine unregelmäßig geformte Öffnung (Archäopyle?). Es können drei verschiedene Morphotypen unterschieden werden. Die Zysten weisen keine Autofluoreszenz auf.

### Taxonomische Bemerkungen:

Die Morphotypen 1 bis 3 ähneln *Polykrikos schwartzii* (HARLAND 1981) in Form, Farbe und in der auffälligen Reticulation auf der Oberfläche der Zysten. Im Unterschied zu den Zysten von *Polykrikos schwartzii* (HARLAND 1981) besitzen die Zysten der Morphotypen 1-3 kein fibröses Periphragma, keine fibrösen Fortsätze, die Reticulation ist nicht regelmäßig angeordnet und die Zysten (Morphotyp A und C) sind in der Mitte eingeschnürt.

### Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf selten bis häufig; Kontinentalhang selten bis regelmäßig.

Sedimentkerne: selten bis regelmäßig.

***Polykrikos?* sp.**

**Morphotyp 1**

(Taf. 3, Abb. 6, 8-13)

### Beschreibung:

Hellbraune, rechteckige Zyste, die in der Mitte eingeschnürt ist. Die Zystenoberfläche ist mit einem unregelmäßigen großflächigen reticulaten Muster überzogen. Die Lacuna (Felder) sind

glatt und durchscheinend. Die Muri (Begrenzungen der Felder) sind glatt und hellbraun gefärbt. Das Reticulum bildet einen leicht gewellten Saum um die Zyste. Im Bereich der Einschnürung ist die Reticulation und der Saum meist reduziert. Die Lage und Form der Einschnürung weist für ein Paracingulum hin. Bei einigen Exemplaren wurde eine Öffnung im apicalen? Bereich mit unregelmäßigem Rand (apicale Archäopyle?, tremic typ? nach MATSUOKA 1985 a) beobachtet. Eine genaue Bestimmung der Pylomform war nicht möglich.

### Taxonomische Bemerkungen:

Morphotyp 1 unterscheidet sich von Morphotyp 2 und 3 durch die rechteckige Form der Zyste. Die Zysten von Morphotyp 1 sind im Gegensatz zu den Zysten von Morphotyp 2 in der Mitte eingeschnürt und in diesem Bereich ist die Reticulation und der Saum reduziert. Auch sind die Muri nicht kräftig ausgebildet. Durch das reticulate Oberflächenmuster, dem 3-8 µm langen Saum und dem nicht verdickten Zystenrand unterscheidet sich Morphotyp 1 von Morphotyp 3.

### Bemerkung:

Auffällig viele Zysten enthalten Protoplasma.

### Dimension:

(l): 55-66 (60) µm; (b): 32-50 (47) µm; Saumlänge: 3-8 (6) µm; n=11

***Polykrikos?* sp.**

**Morphotyp 2**

(Taf. 3, Abb. 4-5)

### Beschreibung:

Langgestreckt ovale, gewölbte und braun gefärbte Zyste. Die Oberfläche der Zyste ist mit einer großflächigen Reticulation überzogen. Der Zystenrand ist leicht gewellt und verdickt. Die Lacuna sind glatt und hellbraun, die Muri sind glatt, dunkelbraun und kräftig ausgebildet. Bei keinem Exemplar konnte eine Öffnung beobachtet werden.

### Taxonomische Bemerkungen:

Morphotyp 2 hat im Unterschied zu Morphotyp 1 eine langgestreckte ovale Form, kräftig ausgebildete Muri und meist keine Einschnürung im mittleren Zystenbereich. Im Gegensatz zu Morphotyp 3 ist bei Morphotyp 2 das Oberflächenmuster reticulat und der Zystenrand 4-7 µm lang.

### Bemerkung:

Viele Zysten enthalten noch Protoplasma.

### Dimension:

(l): 48-60 (50) µm; (b): 35-43 (40) µm; Saumlänge: 4-7 (5) µm; n=9

***Polykrikos?* sp.**

**Morphotyp 3**

(Taf. 3, Abb. 7)

Beschreibung:

Langgestreckte ovale braune Zyste mit kräftigem rugulatem Oberflächenmuster. Die Zyste ist im mittleren Bereich leicht eingeschnürt. Der Zystenrand ist leicht verdickt. Ein Saum um die Zyste kann ausgebildet sein. Er ist aber meist reduziert. Bei einigen Exemplaren wurde eine Öffnung beobachtet. Der Rand der vermutlich apicalen Öffnung ist unregelmäßig ausgebildet. Es könnte sich dabei nach MATSUOKA (1985 a) um eine Archäopyle des "tremic typ" handeln.

Taxonomische Bemerkungen:

Morphotyp 3 unterscheidet sich von den anderen beiden Morphotypen durch das rugulate Oberflächenmuster, dem leicht verdickten Zystenrand und dem reduzierten nur 1-2 µm langen Saum.

Dimension:

(l): 50-60 µm (55); (b): 34-40 µm (38); Saumlänge: 1-2 µm; n=4

**Umgelagerte Dinoflagellaten-Zysten**

Bemerkung:

In den Sedimenten der Laptevsee und des angrenzenden Kontinentalhangs wurden in fünf Proben insgesamt neun umgelagerte Dinoflagellaten-Zysten gefunden. Diese Gruppe wurde extra gezählt und im Datenanhang aufgeführt, wird aber hier, wegen der geringen Individuenanzahl, nicht beschrieben.

**II. Chlorococcalgen**

Stamm **Chlorophyta** PASCHER 1914  
 Klasse **Chlorophyceae** KÜTZING 1843  
 Ordnung **Chlorococcales** PASCHER 1915  
 Familie **Hydrodictyaceae** COHN 1880  
 Gattung **Pediastrum** MEYEN 1829

*Pediastrum* spp.

Taxonomische Bemerkung:

Unter der Bezeichnung *Pediastrum* spp. sind alle Exemplare zusammengefaßt, die wegen schlechter Erhaltung oder ungünstiger Orientierung nicht eindeutig einer Art zugeordnet werden konnten.

Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf häufig bis dominant; Kontinentalhang selten bis dominant. Sedimentkerne: häufig bis dominant.

*Pediastrum boryanum*  
 (TURPIN 1828) MENEGHINI 1840  
 (Taf. 4, Abb. 4, 9)

Bestimmungsliteratur:

TURPIN 1828, 319: Abb. 22 (*Helierella boryanum*).  
 MATTHIESSEN & BRENNER 1996, 35-36: Abb. 2 (*Pediastrum boryanum* var. *boryanum*).  
 MATTHIESSEN & BRENNER 1996, 36-37: Abb. 3 (*Pediastrum boryanum* var. *brevicorne*).

MATTHIESSEN & BRENNER 1996, 37-38: Abb. 4 (*Pediastrum boryanum* var. *pseudoglabrum*).

Taxonomische Bemerkung:

Innerhalb der Art *P. boryanum* treten zahlreiche Varietäten (u.a. *P. boryanum* var. *boryanum*, *P. boryanum* var. *brevicorne*, *P. boryanum* var. *pseudoglabrum*) auf. Sie unterscheiden sich in der Länge der Fortsätze, in der Ausbildung der Zellskulpturen und der Randzellen. Die einzelnen Varietäten wurden unter *P. boryanum* zusammengefaßt, da diese Varietäten im Untersuchungsgebiet keine ökologischen Aussagen zulassen.

Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf selten bis dominant; Kontinentalhang selten bis häufig. Sedimentkerne: häufig bis sehr häufig.

*Pediastrum duplex*  
 MEYEN 1829  
 (Taf. 4, Abb. 7-10)

Bestimmungsliteratur:

MEYEN 1829, 772, Tab. 43, Abb. 6-10, 16-19 (*Pediastrum duplex*).

Vorkommen:

Oberflächensedimente: selten bis regelmäßig. Sedimentkerne: selten bis regelmäßig.

*Pediastrum kawraiskyi*  
 SCHMIDLE 1897  
 (Taf. 4, Abb. 6, 8)

Bestimmungsliteratur:

SCHMIDLE 1897, 269 (*Pediastrum kawraiskyi*).  
 PANKOW 1990, 358: Taf. 91, Abb. 10 (*Pediastrum kawraiskyi*).  
 MATTHIESSEN & BRENNER 1996, 38: Abb. 5 (*Pediastrum kawraiskyi*).

Vorkommen:

Oberflächensedimente: selten bis häufig. Sedimentkerne: regelmäßig bis häufig.

*Pediastrum simplex*  
 MEYEN 1829  
 (Taf. 4, Abb. 11)

Bestimmungsliteratur:

MEYEN 1829, 772: Tab. 43, Abb. 1-5 (*Pediastrum simplex*).

Vorkommen:

Oberflächensedimente: selten bis regelmäßig. Sedimentkerne: selten bis regelmäßig.

Familie **Botryococcaceae** WILLE 1909  
 Gattung **Botryococcus** KÜTZING 1849  
*Botryococcus* cf. *braunii*  
 KÜTZING 1849  
 (Taf. 4, Abb. 12-14)

Bestimmungsliteratur:

KÜTZING 1849, 892 (*Botryococcus braunii*).  
 KOMÁREK & MARVAN 1992, 86-87: Abb. 18-19 (*Botryococcus braunii*).

## VII. Taxonomie

MATTHIESSEN & BRENNER 1996, 35: Abb. 1 (*Botryococcus* cf. *braunii*).

### Vorkommen:

Oberflächensedimente: Schelf regelmäßig bis sehr häufig; Kontinentalhang: selten bis dominant.

Sedimentkerne: regelmäßig bis häufig.

### III. Acritarchen

#### **Incertae sedis**

Gruppe **Acritarcha** EVITT 1963

Acritarchen sind eine Gruppe einzelliger fossilisierter organisch-wandiger Mikrofossilien mit unbekannter biologischer Zugehörigkeit (EVITT 1985, STROTHER 1996).

Gattung *Halodinium* BUJAK 1984

*Halodinium* spp.

(Taf. 4, Abb. 1, 3)

### Bestimmungsliteratur:

BUJAK 1984, 196: Taf. 4, Abb. 15-17 (*Halodinium major*).

BUJAK 1984, 196: Taf. 4, Abb. 18-20 (*Halodinium minor*).

MATTHIESSEN 1995, 318: Taf. 1, Abb. 16 (*Halodinium* spp.).

### Bemerkung:

In den Sedimenten der Laptevsee treten sowohl Exemplare der Art *H. major* als auch *H. minor* auf, wobei *H. minor* stark dominiert. Daneben finden sich Übergangsformen zwischen den beiden Arten. Weiterhin treten Exemplare, die sich von den beschriebenen Arten unterscheiden auf. Deshalb wurden alle Formen unter der Gattungsbezeichnung *Halodinium* spp. zusammengefaßt.

### Vorkommen:

Oberflächensedimente: 0 bis 620 Ex./g.

Sedimentkerne: 23 bis 997 Ex./g.

Gattung *Hexasterias* CLEVE 1900

*Hexasterias problematica*

CLEVE 1900

(Taf. 5, Abb. 3)

### Bestimmungsliteratur:

HENSEN 1887, 67, Taf. 4, Abb. 27 ("Röhrenstatoblast").

CLEVE 1900, 22: Abb. 6 (*Hexasterias problematica*).

### Vorkommen:

Oberflächensedimente: 0 bis 51 Ex./g.

Sedimentkerne: 0 bis 12 Ex./g.

Gattung *Radiosperma* MEUNIER 1910

*Radiosperma corbiferum*

MEUNIER 1910

(Taf. 4, Abb. 2, 5)

### Bestimmungsliteratur:

HENSEN 1887, 66: Taf. 4, Abb. 23-24 (Sternhaarstatoblast).

MEUNIER 1910, Taf. 6, Abb. 16-18 (*Radiosperma corbiferum*).

LOHMANN 1910, II 16: Abb. 11/1 -2 (Sternhaarstatoblast).

### Beschreibung:

Der Organismus ist rund oder leicht oval mit vorgewölbtem Pol. Dieser ist entweder geschlossen mit Zytoplasma oder geöffnet ohne Zytoplasma. Um den Pol ist ein Membransaum ringförmig angeordnet. Die Membran wird von zahlreichen radiär angeordneten Fortsätzen durchzogen. Der Rand ist gezackt, da alle Fortsätze über den Rand der Membran hinausragen. Die Länge der Fortsätze kann stark variieren.

### Dimension:

Ø: 90-150 (130) µm; Pylom Ø: 25-40 (38) µm; n=7

### Vorkommen:

Oberflächensedimente: 0 bis 881 Ex./g.

Sedimentkerne: 0 bis 307 Ex./g.

#### **Acritarch Typ A**

(Taf. 5, Abb. 1,2,4)

### Beschreibung:

Farbloser, flacher, ovaler Körper mit leicht eingeschnürter Taille. Der Organismus besitzt an den schmälere Enden 4 bis 6 spitz zulaufende Fortsätze. Die Länge der Fortsätze kann variieren. Den Körper kann ein flügelartig ausgebildeter Saum umgeben. Die Zellwand ist leicht verdickt.

### Taxonomische Bemerkung:

MEUNIER (1910) beschreibt ähnliche Organismen aus Planktonproben der Karasee und stellt für diese Organismen die Gattung *Echinum* MEUNIER 1910 auf. Größere Exemplare nennt er *E. majus*, kleinere *E. minus*. Acritarch A ähnelt *E. majus*, unterscheidet sich aber in der Anzahl der Fortsätze. Auch ist bei *E. majus* kein Flügelsaum ausgebildet.

Von BUCK et al. (1991) werden aus dem antarktischen McCreis Dinoflagellaten-Zysten beschrieben, die den Exemplaren aus der Laptevsee ähneln. Die antarktischen Formen werden als Hypnozygote von autotrophen athekaten Dinoflagellaten gedeutet. Sie unterscheiden sich eindeutig in der Zystengröße und in der Anzahl der Fortsätze.

Weiterhin wurden ähnliche Individuen von OKOLODKOV (1993) aus Eisproben der Tikhaja Bucht, Franz Josef Land, beschrieben. Er stellt sie zu den Dinoflagellaten-Zysten. Acritarch Typ A ähnelt diesen Zysten in Form und Größe, unterscheidet sich aber in der Zahl der Fortsätze. Ob es sich bei den Individuen aus der Laptevsee um die gleichen Formen handelt, die OKOLODKOV (1993) in den Eisproben gefunden

## VII. Taxonomie

---

hat, ist schwer zu sagen, da er keine Beschreibung der gefundenen Zysten vorgenommen hat.

Bemerkung:

Fast alle Exemplare enthalten Protoplasma.

Dimension:

(l): 28-31 (30)  $\mu\text{m}$ ; (b): 13-15 (15)  $\mu\text{m}$ ; Fortsätze: 4-12 (10)  $\mu\text{m}$ ; n=5

Vorkommen:

Oberflächensedimente: 0 bis 601 Ex./g.  
Sedimentkerne: nicht vorhanden.

### IV. Verschiedene Zooplanktongruppen

Klasse **Rhizopoda** VON SIEBOLD 1845

Ordnung **Foraminiferida**

EICHWALD 1830

**Foraminiferen-Tapeten**

(Taf. 5, Abb. 8-12)

Bestimmungsliteratur:

DE VERNAL et al. 1992, 528: Abb. 2: B, F

Taxonomische Bemerkungen:

In der Laptevsee kommen uniseriale, biseriale, triseriale, planspiralige und trochispiralige Formen und Proloculi vor. Es können mindestens 6 Morphotypen unterschieden werden. Alle Morphotypen wurden unter der Bezeichnung "Foraminiferen-Tapeten" zusammengefaßt.

Vorkommen:

Oberflächensedimente: 0 bis 2760 Ex./g.  
Sedimentkerne: 39 bis 1924 Ex./g.

Klasse **Ciliata** PERTY 1852

Ordnung **Spirotrichida** BÜTSCHLI 1889

Unterordnung **Tintinnina**

CLAPARÈDE & LACHMANN 1858

**Tintinniden-Zysten**

(Taf. 5, Abb. 5, 7)

**Tintinniden-Loricae**

(Taf. 5, Abb. 6)

Bestimmungsliteratur:

REID & JOHN 1981, 254-255: Taf. 1, Abb. B (Cyst Type N).

REID & JOHN 1981, 254-255: Taf. 1, Abb. C (Cyst Type S).

REID & JOHN 1981, 254-255: Taf. 1, Abb. D (Cyst Type O).

REID & JOHN 1981, 256: Abb. 2 K-O, Q-T ("tintinnid cysts").

Taxonomische Bemerkungen:

Es wurden in den Sedimenten der Laptevsee verschiedene Morphotypen der Tintinniden-Zysten gefunden, wobei die flaschenförmigen Formen mit kurzen Fortsätzen sehr stark dominieren. Die untergeordnet auftretenden Tintinniden-Loricae lassen sich in zwei Morphotypen einteilen.

Vorkommen:

Oberflächensedimente: 0 bis 1094 Ex./g.  
Sedimentkerne: 0 bis 206 Ex./g.

### V. Andere organisch-wandige Mikrofossilien

#### Copepoden-Eier und Eier anderer mariner Organismen

Bestimmungsliteratur:

VAN WAVERN 1992 (Copepoden-Eier).

Bemerkung:

Unterschiedliche Morphotypen von Copepoden-Eiern und Eier von anderen marinen Organismen wurden beobachtet.

Vorkommen:

Oberflächensedimente: 0 bis 500 Ex./g.  
Sedimentkerne: 27 bis 170 Ex./g.

### **VIII. Dank**

Herrn Prof. Dr. Jörn Thiede sei für die Vergabe dieser Arbeit und die Unterstützung während der letzten drei Jahre gedankt. Weiterhin danke ich ihm und Dr. Heidi Kassens, die mir die Möglichkeit gegeben haben, sowohl im russisch-deutschen Projekt "System Laptevsee" mitzuarbeiten als auch an zwei Expeditionen in die Arktis teilzunehmen.

Mein ganz besonderer Dank gilt Dr. Jens Matthiessen. Dir Jens, möchte ich ganz herzlich für die Betreuung meiner Arbeit, die zahlreichen, manchmal heftigen Diskussionen, die kritischen und aufmunternden Bemerkungen und vor allem für Dein unermüdliches Interesse an den aquatischen Palynomorphen danken.

Bei Prof. Dr. Anne De Vernal und Dr. André Rochon bedanke ich mich herzlich für zahlreiche Diskussionen und ihre Unterstützung und Gastfreundschaft während zweier Aufenthalte am GEOTOP, Université de Québec à Montréal, in Kanada.

Bei Dr. Thomas Wolf-Welling und dem BMBF, die mir die Reisen nach Kanada ermöglicht haben, bedanke ich mich herzlich.

Frank Lindemann sei für die Hilfestellung bei der Lösung meiner ganz speziellen Computerprobleme (u.a. times  $\mu\text{m}$ , x statt •) ganz herzlich gedankt.

Bei Martina Petschner möchte ich mich für die Hilfe bei der zeitaufwendigen Aufbereitung und der sorgfältigen Anfertigung der Fotoarbeiten ganz herzlich bedanken.

Ganz herzlich danke ich Dr. Michael Pirrung, Claudia Didié und Ortrud Runze für das Korrekturlesen des Manuskriptes.

Meinen Freunden und Kollegen, Dr. Henning Bauch, Dr. Nicole Biebow, Dr. Wolfram Brenner, Sven-Ole Bude, Dr. Holger Cremer, Claudia Didié, Dr. Christian Hass, Dr. Jens Hölemann, Dr. Heidi Kassens, Dr. Susan Kinsey, Frank Lindemann, Dr. Jens Matthiessen, Bernhard Peregovich, Bettina Rohr, Claudia Willamowski und Amelie Winkler danke ich für zahlreiche Diskussionen, Anregungen, Unterstützung und Tips und für die schönen Kieler Jahre, die ich sicherlich nie vergessen werde.

Dir Mip, danke ich von Herzen für Deine Unterstützung und Aufmunterungen und Deine oft sehr kritischen Bemerkungen, mit denen ich mich auseinandersetzen mußte.

Dem Alfred-Wegener-Institut danke ich für die Bereitstellung der Oberflächensedimentproben der ARK-IX/4 Expedition.

Diese Arbeit wurde vom BMBF im Rahmen des russisch-deutschen multidisziplinären Forschungsprojektes "System Laptevsee" gefördert.

**IX. Literatur**

- AAGAARD, K. & CARMACK, E.C. (1989): The role of sea ice and other freshwater in the Arctic circulation.- J. Geophys. Res., **94**: 14485-14498.
- ABELMANN, A. (1992): Diatom assemblages in Arctic sea ice - indicator for ice drift pathways.- Deep-Sea Res., **39** (2): 525-538.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. & WEIBER, R. (1996): Multivariate Analysemethoden.- 8. Aufl., 591 S.; Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- BARSS, M.S. & WILLIAMS, G.L. (1973): Palynology and nannofossil processing techniques.- Geol. Surv. Can. pap., **73-26**: 1-25.
- BATTEN, D.J. (1996): Palynofacies and palaeoenvironmental interpretation.- In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (Hrsg.): Palynology: principles and applications. Bd. 3, 1011-1064; Salt Lake City: Am. Ass. Stratigr. Palynol. Found.
- BIEBOW, N. (1996): Dinoflagellatenzysten als Indikatoren der spät- und postglazialen Entwicklung des Auftriebsgeschehens vor Peru.- GEOMAR Rep., **57**: 1-100.
- BENTHIE, A. (1994): Echographiekartierung und physikalische Eigenschaften der oberflächennahen Sedimente in der Laptevsee.- Univ. Kiel, Diplom-Arbeit, T. II, unveröff., 80 S.
- BOHRMANN, G. (1988): Zur Sedimentationsgeschichte von biogenem Opal im nördlichen Nordatlantik und dem Europäischen Nordmeer (DSDP/ODP Bohrungen 408, 642, 643, 644, 646 und 647).- Ber. Sonderforschungsber. 313 Univ. Kiel, **9**: 1-221.
- BRADFORD, M.R. (1975): New dinoflagellate cyst genera from the recent sediments of the Persian Gulf.- Canad. J. Bot., **53**: 3064-3074.
- BRENNER, W. & FOSTER, C.B. (1994): Chlorophycean algae from the Triassic of Australia.- Rev. Palaeobot. Palynol., **80**: 209-234.
- BUCK, K.R., BOLT, P.A., BENTHAM, W.N. & GARRISON, D.L. (1991): A dinoflagellate cyst from Antarctic sea ice.- J. Phycol., **28**: 15-18.
- BUDE, S.-O. (1997): Artengemeinschaften benthischer Foraminiferen in der Laptev-See, sibirische Arktis: Rezente Verteilungsmuster und Ökologie.- Univ. Kiel, Diplom-Arbeit, T. II, unveröff., 46 S.
- BUJAK, J.P. (1984): Cenozoic dinoflagellate cysts and acritarchs from the Bering Sea and northern North Pacific, DSDP Leg 19.- Micropaleont., **30** (2): 180-212.
- BÜTSCHLI, O. (1873): Einiges über Infusorien.- Arch. mikrosk. Anatomie, **9**: 657-677.
- CARLOWICZ, M. (1997): New data from cold war treasure trove.- EOS, **78** (9): 93, 97.
- CHANG, T.-P. & CHANG-SCHNEIDER, H. (1980): Zur Variabilität von *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini.- Arch. Hydrobiol., Suppl., **60**: 53-62.
- CLEVE, P.T. (1900): The plankton of the North Sea, the English Channel, and the Skagerrak in 1898.- Kongl. Svenska Vet.-Akad. Handl., **32** (8): 1-53.
- CREMER, H. (1998): Die Diatomeen der Laptevsee (Arktischer Ozean): Taxonomie und biogeographische Verbreitung.- Ber. Polarforsch., **260**: 205 S.
- CROSS, A.T., THOMPSON, G.G. & ZAITZEFF, J.B. (1966): Source and distribution of palynomorphs in bottom sediments, southern part of the Gulf of California.- Mar. Geol., **4**: 467-524.
- DALE, A.M. & DALE, B. (1992): Dinoflagellate contributions to the sediment flux of the Nordic Seas.- In: HONJO, S. (Hrsg.): Dinoflagellate contributions to the deep sea. Woods Hole Ocean Biocoenosis Ser., **5**: 45-75.
- DALE, B. (1976): Cyst formation, sedimentation and preservation: factors affecting dinoflagellate assemblages in recent sediments from Trondheimsfjord, Norway.- Rev. Palaeobot. Palynol., **22**: 39-60.
- DALE, B. (1977): New observations on *Peridinium faeroense* Paulsen (1905) and classification of small orthoperidinioid dinoflagellates.- Brit. phycol. J., **12**: 241-253.
- DALE, B. (1983): Dinoflagellate cysts "benthic plankton".- In: FRYXELL, G.A. (Hrsg.): Survival strategies of the algae. 1-46; Cambridge: Cambridge University Press.
- DALE, B. (1985): Dinoflagellate cyst analysis of Upper Quaternary sediments in core GIK 15530-4 from the Skagerrak.- Norsk Geol. Tidsskr., **65**: 97-102.
- DALE, B. (1996): Dinoflagellate cyst ecology: Modeling and geological applications.- In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (Hrsg.): Palynology: principles and applications. Bd. 3, 1249-1275; Salt Lake City: Am. Ass. Stratigr. Palynol. Found.
- DETHLEFF, D. (1995): Die Laptevsee - eine Schlüsselregion für den Fremdstoffeintrag in das arktische Meeres.- Univ. Kiel, Diss., unveröff., 168 S.
- DETHLEF, D., NÜRNBERG, D., REIMNITZ, M., SAARSO, M. & SAVCHENKO, Y.P. (1993): East Siberian Arctic Region Expedition '92: The Laptev Sea - Its significance for Arctic sea-ice formation and transpolar sediment flux.- Ber. Polarforsch., **120**: 1-44.

## IX. Literatur

---

- DE VERNAL, A., GOYETTE, C. & RODRIGUEZ, C.G. (1989): Contribution palynostratigraphique (dinokystes, pollen et spores) à la connaissance de la mer de Champlain: coupe de Saint-Césaire, Québec.- *Can. J. Earth Sci.*, **26** (12): 2450-2464.
- DE VERNAL, A., BILODEAU, G., HILLAIRE-MARCEL, C. & KASSOU, N. (1992a): Quantitative assessment of carbonate dissolution in marine sediments from foraminifer linings vs. shell ratios: Davis Strait, northwest North Atlantic.- *Geology*, **20**: 527-530.
- DE VERNAL, A., LONDEIX, L., MUDIE, P.J., HARLAND, R., MORZADEC-KERFOURN, M.T., TURON, J.L. & WRENN, J.H. (1992 b): Quaternary organic-walled dinoflagellate cysts of the North Atlantic Ocean and adjacent seas: Ecostratigraphy and biostratigraphy.- In: HEAD, M.J. & WRENN, J.H. (Hrsg.): Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts and acritarchs. *Am. Ass. Stratigr. Palynol. Found.*,: 289-328.
- DE VERNAL, A., HILLAIRE-MARCEL, C. & BILODEAU, G. (1996): Reduced meltwater outflow from the Laurentide ice margin during the Younger Dryas.- *Nature*, **381**: 774-777.
- DE VERNAL, A., TURON, J.-L. & GUIOT, J. (1994): Dinoflagellate cyst distribution in high-latitude marine environments and quantitative reconstruction of sea-surface salinity, temperature and seasonality.- *Can. J. Earth Sci.*, **31**: 48-62.
- DMITRENKO, I.A., KARPIY, V.I. & LEBEDEV, N.V. (1995): The modern environment of the Laptev Sea: Oceanographic studies.- In: KASSENS, H. (Hrsg.): Laptev Sea System: Expeditions in 1994. *Ber. Polarforsch.*, **182**: 22-33.
- DMITRENKO, I.A., TIMOKHOV, L., GOLOVIN, P. & DMITRIEV, N. (1997): Oceanographic processes in the Laptev Sea during autumn.- In: KASSENS, H. (Hrsg.): Laptev Sea System: Expedition in 1995.- *Ber. Polarforsch.*, **248**: 44-61.
- DOHER, L.I. (1980): Palynomorph preparation procedures currently used in the paleontology and stratigraphy laboratories, U. S. Geological Survey.- *Geol. Surv. Circ.*, **830**: 1-29.
- EDWARDS, L.E. & ANDRLE, V.A.S. (1992): Distribution of selected dinoflagellate cysts in modern marine sediments.- In: HEAD, M.J. & WRENN, J.H. (Hrsg.): Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts and acritarchs. *Am. Ass. Stratigr. Palynol. Found.*,: 259-288.
- EICKEN, H., REIMNITZ, E., ALEXANDROV, V., MARTIN, T., KASSENS, H. & VIEHOFF, T. (1997): Sea-ice processes in the Laptev Sea and their importance for sediment export.- *Cont. Shelf Res.*, **17** (2): 205-233.
- EVITT, W.R. (1985): Sporopollenin dinoflagellates cysts: their morphology and interpretation.- *Am. Assoc. Strat. Palynol.*,: 333 S.
- 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.
- FENSOME, R.A., TAYLOR, F.J.R., NORRIS, G., SARJEANT, W.A.S., WHARTON, D.I. & WILLIAMS, G.L. (1993): A classification of living and fossil dinoflagellates.- *Micropaleont.*, *Spec. Publ.*, **7**: 1-351.
- FENSOME, R.A., RIDING, J.B. & TAYLOR, F.J.R. (1996): Dinoflagellates.- In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (Hrsg.): *Palynology: principles and applications*. Bd. 1, 107-169; Salt Lake City: Am. Ass. Stratigr. Palynol. Found.
- FÜTTERER, D.K. (Hrsg.): 1994): The Expedition ARCTIC '93 Leg ARK-IX/4 of RV "Polarstern" 1993.- *Ber. Polarforsch.*, **149**: 244 S.
- GORDIENKO, P.A. & LAKTIONOV, A.F. (1969): Circulation and physics of the Arctic Basin water.- In: GORDON, A.L. & BAKER, F.W.G. (Hrsg.): *Annals of the international geophysical year, oceanography*. Bd. 46, 94-112; New York: Pergamon.
- GUY-OHLSSEN, D. (1992): *Botryococcus* as an aid in the interpretation of palaeoenvironment and depositional process.- *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **71**: 1-15.
- HAHNE, J. & MELLES, M. (1997): Late and postglacial vegetation and climate history of the south-western Taymyr Peninsula (Central Siberia) as revealed by pollen analyses of sediments from Lake Lama.- *Veget. Hist. Archaeobot.*, **6**: 1-8.
- HARLAND, R. (1977): Recent and Late Quaternary (Flandrian and Devensian) dinoflagellate cysts from marine continental shelf sediments around the British Isles.- *Palaeontogr.*, *Abt. B*, **164** (4-6): 87-126.
- HARLAND, R. (1981): Cysts of the colonial dinoflagellate *Polykrikos schwartzii* Bütschli 1873, (Gymnodiniales), from recent sediments, Firth of Forth, Scotland.- *Palynology*, **5**: 65-79.
- HARLAND, R. (1982 a): Recent dinoflagellate cyst assemblages from the southern Barents Sea.- *Palynology*, **6**: 9-18.
- HARLAND, R. (1982 b): A review of recent and quaternary organic-walled dinoflagellate cysts of the genus *Protoperidinium*.- *Palaeont.*, **25** (2), 369-397.
- HARLAND, R. (1983): Distribution maps of recent dinoflagellate cysts in bottom sediments from the North Atlantic Ocean and adjacent seas.- *Palaeont.*, **26** (2): 321-387.
- HARLAND, R., REID, P.C., DOBELL, P. & NORRIS, G. (1980): Recent and subrecent dinoflagellate cysts from the Beaufort Sea, Canadian Arctic.- *Grana*, **19**: 211-225.

## IX. Literatur

---

- HEAD, M.J. (1996): Modern dinoflagellate cysts and their biological affinities.- In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (Hrsg.): Palynology: principles and applications. Bd. 3, 1197-1248; Salt Lake City: Am. Ass. Stratigr. Palynol. Found.
- HENSEN, V. (1887): Ueber die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Thieren; nebst Anhang.- Ber. Komm. wissenschaftl. Unters. dt. Meere, **5**: 1-108.
- HILL, P.R., MUDIE, P.J., MORAN, K. & BLASCO, S.M. (1985): A sea-level curve for the Canadian Beaufort shelf.- Can. J. Earth Sci., **22**: 1383-1393.
- HOLMES, M.L. (1967): Late Pleistocene and Holocene history of the Laptev Sea.- Univ. Washington, Diss., 99 S.
- HOLMES, M.L. & CREAGER, J.S. (1974): Holocene history of the Laptev Sea continental shelf.- In: HERMAN, Y. (Hrsg.): Marine geology and oceanography of the Arctic Sea. 211-229; New York: Springer.
- IMBRIE, J. & KIPP, N.G. (1971): A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology: application to a Late Pleistocene Caribbean core.- In: TUREKIAN, K. (Hrsg.): The late Cenozoic glacial ages. 71-181; New Haven: Yale Univ.
- INDELICATO, S.R. & LOEBLICH, A.R.I. (1986): A revision of the marine peridinioid genera (Pyrrhophyta) utilizing hypothecal-cingular plate relationships as a taxonomic guideline.- Jap. J. Phycol., **34**: 153-162.
- INGOLD, C.T. (1973): Cell arrangement in coenobia of *Pediastrum*.- Ann. Bot., **37**: 389-394.
- JACOBSON, D.M. & ANDERSON, D.M. (1986): Thecate heterotrophic dinoflagellates: feeding behavior and mechanisms.- J. Phycol., **22**: 249-258.
- KARPIY, V., LEBEDEV, N. & IPATOV, A. (1994): Thermohaline and dynamic water structure in the Laptev Sea.- In: KASSENS, H. & KARPIY, V.Y. (Hrsg.): Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea. Ber. Polarforsch., **151**: 16-47.
- KASSENS, H. (Hrsg.; 1995): Laptev Sea System: Expedition in 1994.- Ber. Polarforsch., **182**: 195 S.
- KASSENS, H. (Hrsg.; 1997): Laptev Sea System: Expedition in 1995.- Ber. Polarforsch., **248**: 210 S.
- KASSENS, H. & KARPIY, V.Y. (Hrsg.; 1994a): Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea.- Ber. Polarforsch., **151**: 168 S.
- KASSENS, H. & KARPIY, V.Y. (1994b): The Transdrift I Expedition: A multidisciplinary Russian-German approach to study the complex Laptev Sea System.- In: KASSENS, H. & KARPIY, V.Y. (Hrsg.): Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea. Ber. Polarforsch., **151**: 1-8.
- KHOTINSKIY, N.A. (1984): Holocene vegetation history.- In: VELICHKO, A.A. (Hrsg.): Late Quaternary environments in the Soviet Union. 179-200; Minneapolis: Univ. Minnesota Press.
- KISSELEW, J.A. (1932): Data on the microflora of S-E part of the Laptev Sea (in Russian).- In: Studies of the USSR. 67-102; Leningrad: State Hydrol. Inst. Publ.
- KLOVAN, J.E. & IMBRIE, J. (1971): An algorithm and FORTRAN IV program for large scale Q-mode factor analysis and calculation of factor scores.- Mathem. Geol., **3**: 61-77.
- KOMÁREK, J. & MARVAN, P. (1992): Morphological differences in natural populations of the genus *Botryococcus* (Chlorophyceae).- Arch. Protistenk., **141**: 65-100.
- KOSHKAROVA, V.L. (1995): Vegetation response to global and regional environmental change on the Taymyr Peninsula during the Holocene.- Polar Geogr. Geol., **19** (1): 145-151.
- KÜTZING, F.T. (1849): Species Algarum.- 922 S., Leipzig.
- LEEGAARD, C. (1920): Microplankton from the Finnish waters during the month of May 1912.- Acta Soc. Sci. Fennica., **48** (5): 1-44.
- LENTIN, J.K. & WILLIAMS, G.L. (1993): Fossil dinoflagellates: Index to genera and species; 1993 ed.- Am. Assoc. Strat. Palynol. Contr. Ser., **28**: 1-856.
- LÉTOLLE, R., MARTIN, J.M., THOMAS, A.J., GORDEEV, V.V., GUSAROVA, S. & SIDOROV, S.I. (1993): <sup>18</sup>O abundance and dissolved silicate in the Lena Delta and Laptev Sea (Russia).- Mar. Chem., **43**: 47-64.
- LEWIS, J. (1991): Cyst-theca relationships in *Scrippsiella* (Dinophyceae) and related orthoperidinioid genera.- Bot. Marina, **34**: 91-106.
- LEWIS, J., DODGE, J.D. & TETT, P. (1984): Cyst-theca relationships in some *Protoperidinium* species (Peridinales) from Scottish sea lochs.- J. Micropaleont., **3** (2): 25-34.
- LINDEMANN, F. (1994): Sonographische und sedimentologische Untersuchungen in der Laptevsee, sibirische Arktis.- Univ. Kiel, Diplom-Arbeit, T. II, unveröff., 75 S.
- LOHMANN, H. (1910): Eier und Cysten des nordischen Planktons.- In: BRANDT, K. & APSTEIN, C. (Hrsg.): Nordisches Plankton. Zoologischer Teil. Bd. 1 (2), 1-20; Kiel, Leipzig: Lipsius & Tischer.
- MARRET, F. (1994): Distribution of dinoflagellate cysts in Recent marine sediments from the east Equatorial Atlantic (Gulf of Guinea).- Rev. Palaeobot. Palynol., **84**: 1-22.
- MARRET, F. & DE VERNAL, A. (1997): Dinoflagellate cyst distribution in surface sediments of the southern Indian Ocean.- Mar. Micropaleont., **29**: 367-392.

## IX. Literatur

---

- MATSUOKA, K. (1985 a): Archeopyle structure in modern Gymnodinialean dinoflagellate cysts.- *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **44**: 217-231.
- MATSUOKA, K. (1985 b): Organic-walled dinoflagellate cysts from surface sediments of Nagasaki Bay and Senzaki Bay, West Japan.- *Bull. Fac. Lib. Arts, Nagasaki Univ., Nat. Sci.*, **25** (2): 21-115.
- MATSUOKA, K. (1987): Organic-walled dinoflagellate cysts from surface sediments of Akkeshi Bay and Lake Saroma, North Japan.- *Bull. Fac. Lib. Arts, Nagasaki Univ., Nat. Sci.*, **28** (1): 35-123.
- MATSUOKA, K. & BUJAK, J.P. (1988): Cenozoic dinoflagellate cysts from the Navarin Basin, Norton Sound and St. George Basin, Bering Sea.- *Bull. Fac. Lib. Arts, Nagasaki Univ., Nat. Sci.*, **29** (1): 1-147.
- MATTHIESSEN, J. (1991): Dinoflagellaten-Zysten im Spätquartär des Europäischen Nordmeeres: Palökologie und Paläo-Ozeanographie.- *Geomar Rep.*, **17**: 1-104.
- MATTHIESSEN, J. (1994): Verbreitung von marinen Palynomorphen-Vergesellschaftungen in rezenten Sedimenten des Europäischen Nordmeeres. - *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **194** (1), 1-24.
- MATTHIESSEN, J. (1995): Distribution pattern of dinoflagellate cysts and other organic-walled microfossils in Recent Norwegian-Greenland Sea sediments.- *Mar. Micropaleont.*, **24**: 307-334.
- MATTHIESSEN, J. (1996): Dinoflagellate cyst evidence of Holocene environmental conditions off East Greenland.- *Zbl. Geol. Paläont. Teil I*, **1995** (1/2): 271-286.
- MATTHIESSEN, J. & BRENNER, W. (1996): Chlorococcalgalgen und Dinoflagellaten-Zysten in rezenten Sedimenten des Greifswalder Boddens.- *Senckenbergiana Marit.*, **27** (1/2): 33-48.
- MELIA, M.B. (1984): The distribution and relationship between palynomorphs in aerosols and deep-sea sediments off the coast of Northwest Africa.- *Mar. Geol.*, **58**: 345-371.
- MELLES, M., SIEFERT, C., HAHNE, J. & HUBBERTEN, H.-W. (1996): Klima- und Umweltgeschichte des nördlichen Mittelsibiriens im Spätquartär - erste Ergebnisse.- *Geowiss.*, **14** (9): 376-380.
- MEUNIER, A. (1910): Microplankton des Mers de Barents et de Kara.- *Duc d'Orléans, "Campagne Arctique de 1907"*.- 355 S.; Bruxelles: Charles Bulens.
- MEYEN, F.J.F. (1829): Beobachtungen über einige niedere Algenformen.- *Nova Acta Phys. Med. Acad. Caes. Leop.-Carol.*, **14**: 771-778.
- MUDIE, P.J. (1992): Circum-arctic Quaternary and Neogene marine palynoflora: paleoecology and statistical analysis.- In: HEAD, M.J. & WRENN, J.H. (Hrsg.): *Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts and acritarchs*.- *Am. Ass. Stratigr. Palynol. Found.*,: 347-390.
- MUDIE, P.J. & SHORT, S.K. (1985): Marine palynology of Baffin Bay.- In: ANDREWS, J.T. (Hrsg.): *Quaternary environments*.- 263-308; Boston, London, Sydney: Allen & Unwin.
- MUDIE, P.J., DE VERNAL, A. & HEAD, M.J. (1990): Neogene to recent palynostratigraphy of circum-Arctic Basins: results of ODP Leg 104, Norwegian Sea, Leg 105, Baffin Bay, and DSDP Site 611, Irminger Sea.- In: BLEIL, U. & THIEDE, J. (Hrsg.): *Geological history of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic*. NATO ASI Ser. C 308, 609-645; Dordrecht: Kluwer Acad. Publ.
- MUDIE, P.J. & HARLAND, R. (1996): Aquatic Quaternary.- In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (Hrsg.): *Palynology: principles and applications*. Bd. 2, 843-877; Salt Lake City: Am. Ass. Stratigr. Palynol. Found.
- MÜLLER, M.J. (1980): Handbuch ausgewählter Klimastationen der Erde.- In: RICHTER, G. (Hrsg.): *Univ. Trier Forschungsst. Bodenerosion Mertesdorf (Ruwertal)*, **5**.
- NAIDINA, O.D. (1995): Holocene climatic, vegetation and pollen data of Siberia adjacent to the Laptev Sea.- *Ber. Polarforsch.*, **176** (1995): 235-253.
- NAIDINA, O.D. & BAUCH, H.A. (einger.): Distribution of pollen and spores in surface sediments of the Laptev Sea.- In: KASSENS, H. et al. (Hrsg.): *Land-Ocean System in the Siberian Arctic: Dynamics and History*. *Lect. Notes Earth Sci.*, Springer.
- NEHRING, S. (1994): Dinoflagellaten-Dauercysten in deutschen Küstengewässern: Vorkommen, Verbreitung und Bedeutung als Rekrutierungspotential.- *Ber. Inst. Meeresk. Kiel*, **259**: 1-231.
- NIEBLER, H.-S. (1995): Rekonstruktion von Paläo-Umweltparametern anhand von stabilen Isotopen und Faunen-Vergesellschaftungen planktonischer Foraminiferen im Südatlantik.- *Ber. Polarforsch.*, **167**: 1-198.
- NOAA (1994): *The World Ocean Atlas*.- National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce.
- NÜRNBERG, D., WOLLENBURG, I., DETHLEFF, D., EICKEN, H., KASSENS, H., LETZIG, T., REIMNITZ, E. & THIEDE, J. (1994): Sediments in Arctic sea ice: Implications for entrainment, transport and release.- *Mar. Geol.*, **119**: 185-214.
- OKOLODKOV, Y.B. (1993): Algae in the annual sea ice at Hooker Island, Franz Josef Land, in August 1991.- *Pol. Polar Res.*, **14** (1): 25-32.
- OKOLODKOV, Y.B. & DODGE, J.D. (1996): Biodiversity and biogeography of planktonic dinoflagellates in the Arctic Ocean.- *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, **202**: 19-27.
- PANKOW, H. (1976): *Algenflora der Ostsee. II. Plankton*.- 493 S.; Stuttgart: Fischer.
- PANKOW, H. (1990): *Ostsee-Algenflora*.- 648 S.; Jena: Fischer.

## IX. Literatur

---

- PARRA BARRIENTOS, O.O. (1979): Revision der Gattung *Pediastrum* Meyen (Chlorophyta).- *Bibl. Phycol.*, **48**: 1-186.
- PHIPPS, D. & PLAYFORD, G. (1984): Laboratory techniques for extraction of palynomorphs from sediment.- *Pap. Dept. Geol. Univ. Qd.*, **11** (1): 1-23.
- PIVOVAROV, S. (1994): Hydrochemical structure of the Laptev Sea.- In: KASSENS, H. & KARPIY, V.Y. (Hrsg.): Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea. *Ber. Polarforsch.*, **151**: 48-51.
- POLYAKOVA, E.I. (1997): The Holocene Era of the Arctic Seas of Eurasia (Diatomaceous Stratigraphy and Paleoceanology).- *Oceanol.*, **37** (2): 245-253.
- RACHOLD, V., ALABYAN, A., HUBBERTEN, H.-W., KOROTAEV, V.N. & ZAITSEV, A.A. (1996): Sediment transport to the Laptev Sea- hydrology and geochemistry of the Lena River.- *Polar Res.*, **15** (2): 183-196.
- REID, P.C. (1974): Gonyaulacacean dinoflagellate cysts from the British Isles.- *Nova Hedwigia*, **25**: 579-637.
- REID, P.C. (1977): Peridiniacean and Glenodiniacean dinoflagellate cysts from the British Isles.- *Nova Hedwigia*, **24**: 429-463.
- REID, P.C. (1978): Dinoflagellate cysts in the plankton.- *New Phytologist*, **80**: 219-229.
- REID, P.C. & HARLAND, R. (1977): Studies of Quaternary dinoflagellate cysts from the North Atlantic.- In: ELSICK, W.C. (Hrsg.): Contribution of Stratigraphic Palynology (with emphasis on North America). Bd. 1, Cenozoic Palynology, 147-165; *Am. Ass. Stratigr. Palynol., Contr. Ser.*
- REID, P.C. & JOHN, A.W.G. (1981): A possible relationship between Chitinozoa and Tintinnids.- *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **34**: 251-262.
- REIMNITZ, E., MARINCOVICH, L., MCCORMICK, M. & BRIGGS, W.M. (1992): Suspension freezing of bottom sediment and biota in the Northwest Passage and implications for Arctic Ocean sedimentation.- *Can. J. Earth Sci.*, **29**: 693-703.
- ROCHON, A. (1997): Palynologie marine dans le nord-est de l'Atlantique Nord: distribution des kystes de dinoflagellés dans les sédiments récents et changements environnementaux le long des marges sud Scandinaves au cours du dernier cycle climatique.- *Univ. Quebec Montreal, Diss.*, 154 S.
- ROCHON, A. & DE VERNAL, A. (1994): Palynomorph distribution in Recent sediments from the Labrador Sea.- *Canad. J. Earth Sci.*, **31**: 115-127.
- SCHAUER, U., MUENCH, R.D., RUDELS, B. & TIMOKHOV, L. (1997): Impact of eastern Arctic shelf waters on the Nansen Basin intermediate layers.- *J. Geophys. Res.*, **102** (C2): 3371-3382.
- SCHNEPF, E. & ELBRÄCHTER, M. (1992): Nutritional strategies in dinoflagellates. A review with emphasis on cell biological aspects.- *Europ. J. Protistol.*, **28**: 3-24.
- SCHMIDLE, W. (1897): Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen.- *Ber. dt. bot. Ges.*, 144-158.
- SILVERBERG, N. (1972): Sedimentology of the surface sediments of the East Siberian and Laptev Seas.- *Univ. Washington D.C., Diss.*, 185 S.
- SMITH, S.D., MUENCH, R.D. & PEASE, C.H. (1990): Polynyas and leads: An overview of physical processes and environment.- *J. Geophys. Res.*, **95**: 9461-9479.
- SONNEMAN, J.A. & HILL, D.R.A. (1997): A taxonomic survey of cyst-producing dinoflagellates from recent sediments of Victorian coastal waters, Australia.- *Bot. Marina*, **40**: 149-177.
- STANCLIFFE, R.P.W. (1989): Microforaminiferal linings: Their classification, biostratigraphy and paleoecology, with special reference to specimens from British Oxfordian sediments.- *Micropaleont.*, **35** (4): 337-352.
- STANCLIFFE, R.P.W. (1996): Microforaminiferal linings.- In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (Hrsg.): Palynology: principles and applications. Bd. I, 373-379; Salt Lake City: Am. Ass. Stratigr. Palynol. Found.
- STOCKMARR, J. (1971): Tablets with spores used in absolute pollen analysis.- *Pollen Spores*, **13** (4): 616-621.
- STROTHER, P.K. (1996): Acritarchs.- In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (Hrsg.): Palynology: principles and applications. Bd. 1, 81-106; Salt Lake City: Am. Ass. Stratigr. Palynol. Found.
- SULEK, J. (1969): Taxonomische Übersicht der Gattung *Pediastrum* Meyen.- In: FOTT, B. (Hrsg.): Studies in Phycology. 197-261; Stuttgart: Schweizerbart.
- SUSLOV, S.P. (1961): Physical geography of Asiatic Russia.- 594 S.; San Francisco: Freeman & Co.
- TAYLOR, F.J.R. (1987): General group characteristics; special features of interest; short history of dinoflagellate study.- In: TAYLOR, F.J.R. (Hrsg.): The biology of dinoflagellates.- *Blackwell Sci. Publ., Bot. Monogr.*, **21**: 1-23.
- TAYLOR, F.J.R. & POLLINGHER, U. (1987): Ecology of dinoflagellates.- In: TAYLOR, F.J.R. (Hrsg.): The biology of dinoflagellates. *Blackwell Sci. Publ., Bot. Monogr.*, **21**: 399-529.
- 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.

## IX. Literatur

---

- TIMOKHOV, L.A. (1994): Regional characteristics of the Laptev- and the East Siberian Seas: Climate, topography, ice phases, thermohaline regime and circulation.- *Ber. Polarforsch.*, **144**: 15-31.
- TRESHNIKOV, A.F. (1985): Atlas of the Arctic.- 204 S.; Moscow: Arctic and Antarctic Inst.
- TURPIN, P.J.F. (1828): Aperçu organographique sur le nombre deux.- *Mém. Mus. Hist. Nat. Paris*, **16**: 295-344.
- TUSCHLING, K. (1996): Die neritischen Phytoplanktongemeinschaften des Laptevmeeres.- Univ. Kiel/Göttingen, Diplom-Arbeit, unveröff., 71 S.
- UNESCO (1985): The international system of units (SI) in oceanography. Unesco technical paper no. 45.- IAPSO Pub. Sci., **32**.
- 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.
- VAN WAVEREN, I.M. (1992): Morphology of probable planktonic crustacean eggs from Holocene of the Banda Sea (Indonesia).- In: HEAD, M.J. & WRENN, J.H. (Hrsg.): Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts and acritarchs. *Am. Ass. Stratigr. Palynol. Found.*: 89-120.
- VARTANYAN, S.L., GARUTT, V.E. & SHER, A.V. (1993): Holocene dwarf mammoth from Wrangel Island in the Siberian Arctic.- *Nature*, **362** (6): 337-340.
- VELICHKO, A.A., BORISOVA, O.K., KREMENETSKI, C.V., CWYMAR, LES C. & MACDONALD, G.M. (1996): Climate and vegetation changes in the area adjacent to the Laptev Sea during the Late Pleistocene and Holocene.- *Terra Nostra 96/9*. Third Workshop on Russian-German Cooperation: Laptev Sea System, St. Petersburg, Russia, Oct. 16-19.
- WALL, D. (1967): Fossil microplankton in deep-sea cores from the Caribbean Sea.- *Palaeont.*, **10** (1): 95-123.
- WALL, D. & DALE, B. (1968): Modern dinoflagellate cysts and evolution of the Peridinales.- *Micropaleont.*, **14** (3): 265-304.
- WALL, D., DALE, B., LOHMANN, G.P. & SMITH, W.K. (1977): The environmental and climatic distribution of dinoflagellate cysts in modern marine sediments from regions in the North and South Atlantic Oceans and adjacent seas.- *Marine Micropaleont.*, **2**: 121-200.
- WILLIAMS, G.L., SARJEANT, W.A.S. & KIDSON, E.J. (1978): A glossary of the terminology applied to dinoflagellate amphiesmae and cysts and acritarchs: 1978 edition- *Am. Ass. Stratigr. Palynol., Contr. Ser.*, **2A**: 1-121.
- WILSON, G.J. (1973): Palynology of the Middle Pleistocene Te Piki bed, Cape Runaway, New Zealand.- *New Zealand J. Geol. Geophys.*, **16**: 345-354.
- ZIELINSKI, U. (1993): Quantitative Bestimmungen von Paläoumweltparametern des antarktischen Oberflächenwassers im Spätquartär anhand von Transferfunktionen mit Diatomeen.- *Ber. Polarforsch.*, **126**: 1-148.
- ZONNEVELD, K.A.F. (1996): Palaeoclimatic and palaeo-ecologic changes in the Eastern Mediterranean and Arabian Sea regions during the last deglaciation: a palynological approach to land-sea correlation.- *Lab. Palaeobot. Palynol., Contr. Ser.*, **3**: 1-199.
- ZONNEVELD, K.A.F. (im Druck): New species of organic walled dinoflagellate cysts from modern sediments of the Arabian Sea (Indian Ocean).- *Rev. Palaeobot. Palynol.*

## Fototafeln

1 - 5

## Tafel 1

1-4) *Algidasphaeridium? minutum* (HARLAND & REID 1980) MATSUOKA & BUJAK 1988

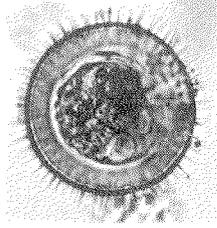
5, 6, 8, 12) *Algidasphaeridium? Typ C* (HARLAND & REID 1980) MATSUOKA & BUJAK 1988

7, 11) *Algidasphaeridium? Typ A* (HARLAND & REID 1980) MATSUOKA & BUJAK 1988

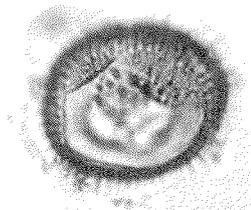
9, 10) *Algidasphaeridium? Typ B* (HARLAND & REID 1980) MATSUOKA & BUJAK 1988

Phasenkontrast: 7, 10; Interferenzkontrast: 1-6, 8, 9, 11, 12.

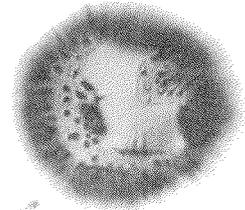
Alle Balken: 20 µm



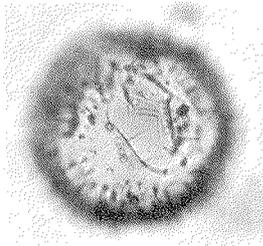
1



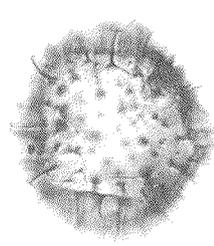
2



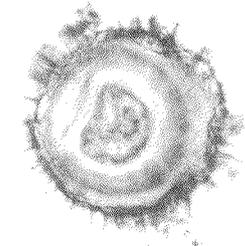
3



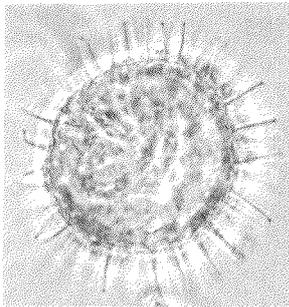
4



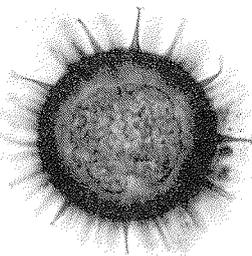
5



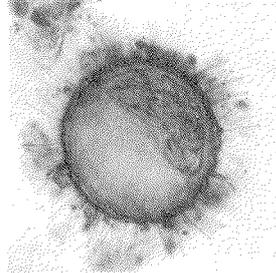
6



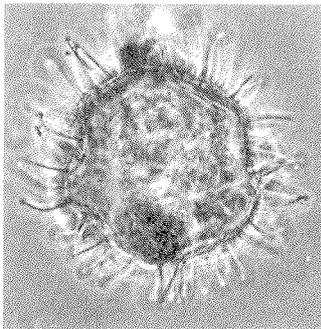
7



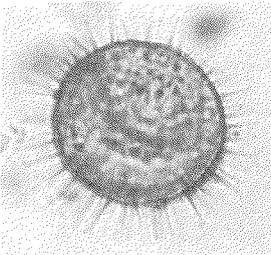
8



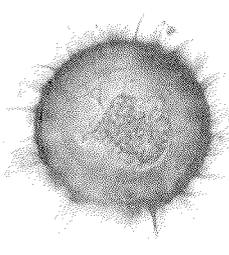
9



10



11



12

**Tafel 2**

1-2) *Brigantedinium simplex* (WALL 1965) REID 1977

3-4) Zyste von *Protoperidinium denticulatum* (GRAN & BRAARUD 1935) BALECH 1974

5) *Brigantedinium cariacense* (WALL 1965) REID 1977

6-8) *Nematosphaeropsis labyrinthus* (OSTENFELD 1903) REID 1974

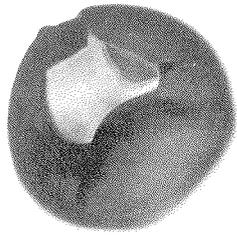
9) *Operculudinium centrocarpum* (DEFLANDRE & COOKSON 1955) WALL 1967

10-11) *Impagidinium? pallidum* BUJAK 1984

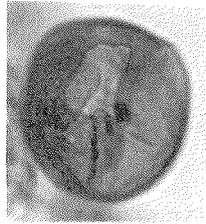
12) *Selenopemphix quanta* (BRADFORD 1975) MATSUOKA 1985

Phasenkontrast: 6, 7; Interferenzkontrast: 1-5, 8-12.

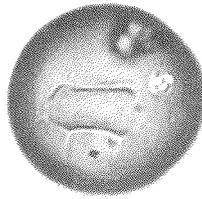
Alle Balken: 20 µm



1



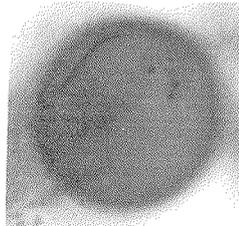
2



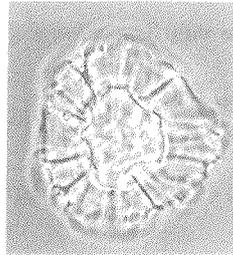
3



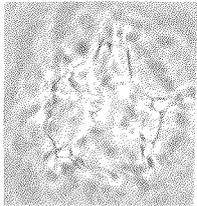
4



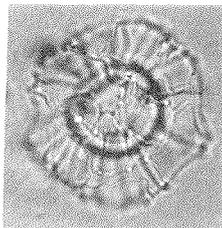
5



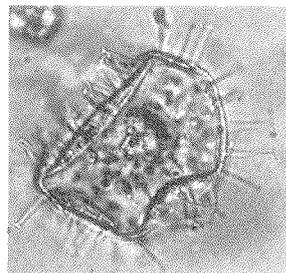
6



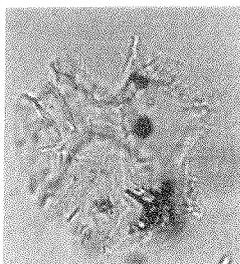
7



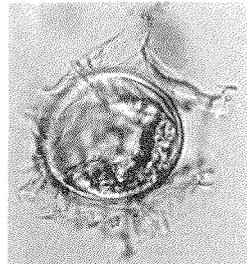
8



9



10



11



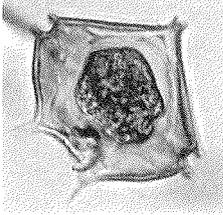
12

### Tafel 3

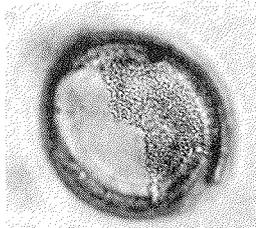
- 1) Dinoflagellaten-Theka: *Protoperidinium* sp.
- 2) *Bitectatodinium tepikense* WILSON 1973
- 3) Zyste von *Pentapharsodinium dalei* INDELICATO & LOEBLICH 1986
- 4-5) *Polykrikos?*, Morphotyp 2
- 6, 8-13) *Polykrikos?*, Morphotyp 1
- 7) *Polykrikos?*, Morphotyp 3

Interferenzkontrast: 1-13.

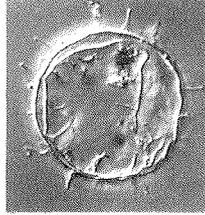
Alle Balken: 20 µm



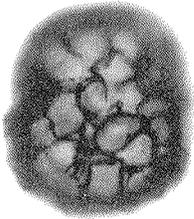
1



2



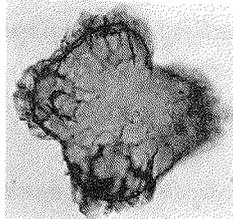
3



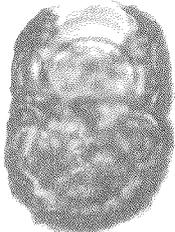
4



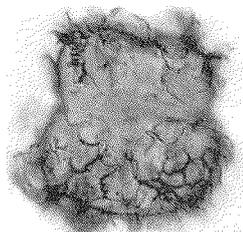
5



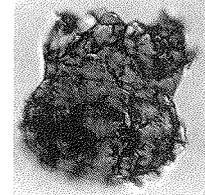
6



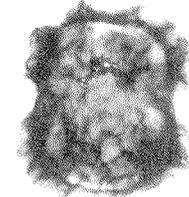
7



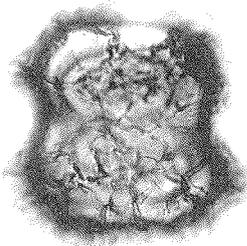
8



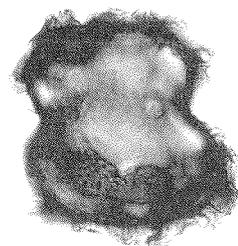
9



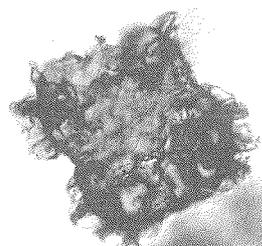
10



11



12



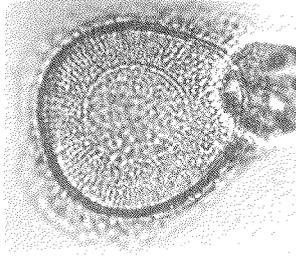
13

## Tafel 4

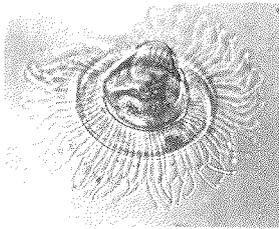
- 1) *Halodinium* sp. BUJAK 1984
- 2, 5) *Radiosperma coriferum* MEUNIER 1910
- 3) *Halodinium* sp. BUJAK 1984
- 4, 9) *Pediastrum boryanum* (TURPIN) MENEGHINI 1840
- 6, 8) *Pediastrum kawraiskyi* SCHMIDLE 1897
- 7-10) *Pediastrum duplex* MEYEN 1829
- 11) *Pediastrum simplex* MEYEN 1829
- 12-14) *Botryococcus* cf. *braunii* KÜTZING 1849

Phasenkontrast: 1, 2, 4, 6, 7, 11-13; Interferenzkontrast: 3, 5, 8-10, 14.

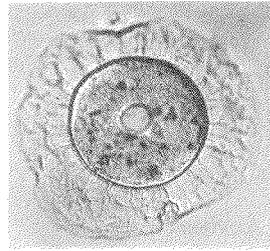
Alle Balken: 20 µm



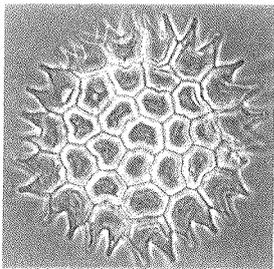
1



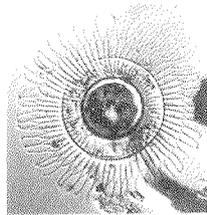
2



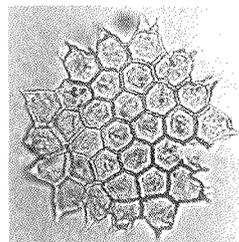
3



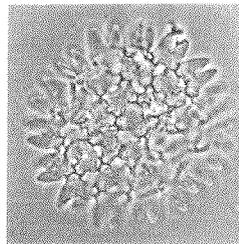
4



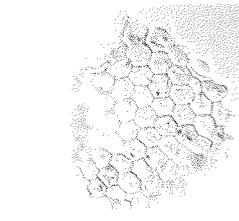
5



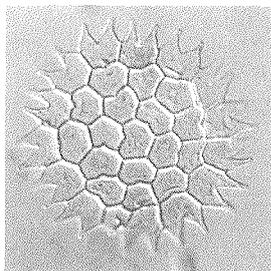
6



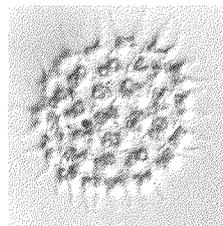
7



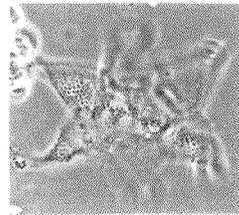
8



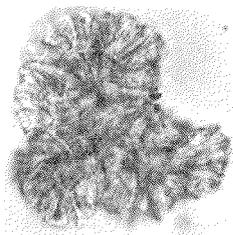
9



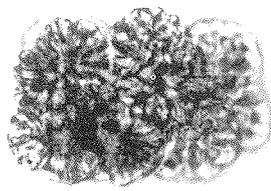
10



11



12



13



14



## Tafel 5

1, 2, 4) Acritarch Typ A

3) *Hexasterias problematica* CLEVE 1900

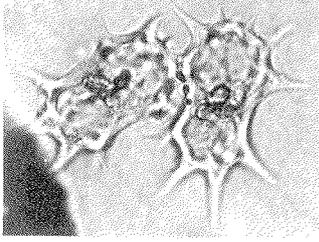
5, 7) Tintinniden-Zysten

6) Tintinniden-Lorica

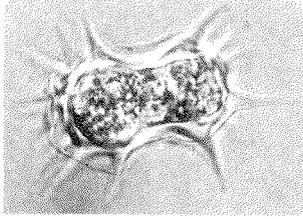
8-12) Foraminiferen-Tapeten

Phasenkontrast: 1; Interferenzkontrast: 2-12;

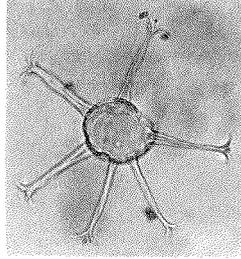
Alle Balken: 20 µm



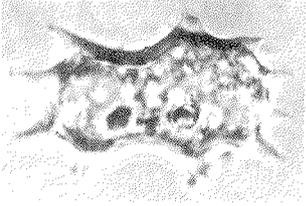
1



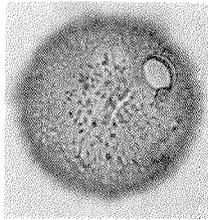
2



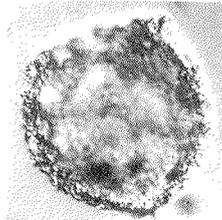
3



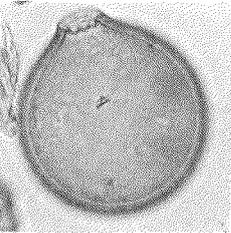
4



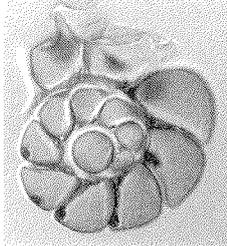
5



6



7



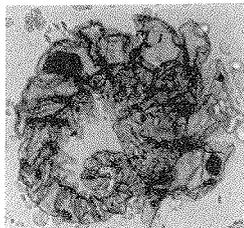
8



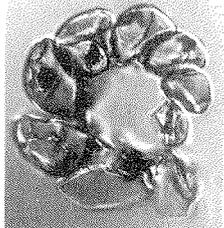
9



10



11



12





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

- \* **Sonderheft Nr. 1/1981** – „Die Antarktis und ihr Lebensraum“, Eine Einführung für Besucher – Herausgegeben im Auftrag von SCAR
- Heft Nr. 1/1982** – „Die Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“, zusammengestellt von Heinz Kohnen
- \* **Heft Nr. 2/1982** – „Deutsche Antarktis-Expedition 1980/81 mit FS 'Meteor'“, First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzfänge zusammengestellt von Norbert Klages
- Heft Nr. 3/1982** – „Digitale und analoge Krill-Echolot-Rohdatenerfassung an Bord des Forschungsschiffes 'Meteor'“ (im Rahmen von FIBEX 1980/81, Fahrtabschnitt ANT III), von Bodo Morgenstern
- Heft Nr. 4/1982** – „Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“, Liste der Planktonfänge und Lichtstärkemessungen zusammengestellt von Gerd Hubold und H. Eberhard Drescher
- \* **Heft Nr. 5/1982** – „Joint Biological Expedition on RRS 'John Biscoe', February 1982“, by G. Hempel and R. B. Heywood
- \* **Heft Nr. 6/1982** – „Antarktis-Expedition 1981/82 (Unternehmen 'Eiswarte')“, zusammengestellt von Gode Gravenhorst
- Heft Nr. 7/1982** – „Marin-Biologisches Begleitprogramm zur Standorterkundung 1979/80 mit MS 'Polarsirkel' (Pre-Site Survey)“ – Stationslisten der Mikronekton- und Zooplanktonfänge sowie der Bodenfischerei zusammengestellt von R. Schneppenheim
- Heft Nr. 8/1983** – „The Post-Fibex Data Interpretation Workshop“, by D. L. Cram and J.-C. Freytag with the collaboration of J. W. Schmidt, M. Mall, R. Kresse, T. Schwinghammer
- \* **Heft Nr. 9/1983** – „Distribution of some groups of zooplankton in the inner Weddell Sea in summer 1979/80“, by I. Hempel, G. Hubold, B. Kaczmaruk, R. Keller, R. Weigmann-Haass
- Heft Nr. 10/1983** – „Fluor im antarktischen Ökosystem“ – DFG-Symposium November 1982 zusammengestellt von Dieter Adelung
- Heft Nr. 11/1983** – „Joint Biological Expedition on RRS 'John Biscoe', February 1982 (II)“, Data of micronekton and zooplankton hauls, by Uwe Piatkowski
- Heft Nr. 12/1983** – „Das biologische Programm der ANTARKTIS-I-Expedition 1983 mit FS 'Polarstern'“, Stationslisten der Plankton-, Benthos- und Grundschnepnetzfangen und Liste der Probenahme an Robben und Vögeln, von H. E. Drescher, G. Hubold, U. Piatkowski, J. Plötz und J. Voß
- \* **Heft Nr. 13/1983** – „Die Antarktis-Expedition von MS 'Polarbjörn' 1982/83“ (Sommerkampagne zur Atka-Bucht und zu den Kraul-Bergen), zusammengestellt von Heinz Kohnen
- \* **Sonderheft Nr. 2/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition von FS 'Polarstern' (Kapstadt, 20. Januar 1983 – Rio de Janeiro, 25. März 1983)“, Bericht des Fahrtleiters Prof. Dr. Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 3/1983** – „Sicherheit und Überleben bei Polarexpeditionen“, zusammengestellt von Heinz Kohnen
- \* **Heft Nr. 14/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition (ANTARKTIS I) von FS 'Polarstern' 1982/83“, herausgegeben von Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 4/1983** – „On the Biology of Krill *Euphausia superba*“ – Proceedings of the Seminar and Report of the Krill Ecology Group, Bremerhaven 12.-16. May 1983, edited by S. B. Schnack
- Heft Nr. 15/1983** – „German Antarctic Expedition 1980/81 with FRV 'Walther Herwig' and RV 'Meteor'“ – First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Data of micronekton and zooplankton hauls by Uwe Piatkowski and Norbert Klages
- Sonderheft Nr. 5/1984** – „The observatories of the Georg von Neumayer Station“, by Ernst Augstein
- Heft Nr. 16/1984** – „FIBEX cruise zooplankton data“, by U. Piatkowski, I. Hempel and S. Rakusa-Suszczewski
- Heft Nr. 17/1984** – „Fahrtbericht (cruise report) der 'Polarstern'-Reise ARKTIS I, 1983“, von E. Augstein, G. Hempel und J. Thiede
- Heft Nr. 18/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS 'Polarstern' 1983/84“, Bericht von den Fahrtabschnitten 1, 2 und 3, herausgegeben von D. Fütterer
- Heft Nr. 19/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS 'Polarstern' 1983/84“, Bericht vom Fahrtabschnitt 4, Punta Arenas-Kapstadt (Ant-II/4), herausgegeben von H. Kohnen
- Heft Nr. 20/1984** – „Die Expedition ARKTIS II des FS 'Polarstern' 1984, mit Beiträgen des FS 'Valdivia' und des Forschungsflugzeuges 'Falcon 20' zum Marginal Ice Zone Experiment 1984 (MIZEX)“, von E. Augstein, G. Hempel, J. Schwarz, J. Thiede und W. Weigel
- Heft Nr. 21/1985** – „Euphausiid larvae in plankton samples from the vicinity of the Antarctic Peninsula, February 1982“, by Sigrid Marschall and Elke Mizdalski

- Heft Nr. 22/1985** – „Maps of the geographical distribution of macrozooplankton in the Atlantic sector of the Southern Ocean“, by Uwe Piatkowski
- Heft Nr. 23/1985** – „Untersuchungen zur Funktionsmorphologie und Nahrungsaufnahme der Larven des Antarktischen Krills *Euphausia superba* Dana“, von Hans-Peter Marschall
- Heft Nr. 24/1985** – „Untersuchungen zum Periglazial auf der König-Georg-Insel Südschettlandinseln/ Antarktika. Deutsche physiogeographische Forschungen in der Antarktis. – Bericht über die Kampagne 1983/84“, von Dietrich Barsch, Wolf-Dieter Blümel, Wolfgang Flügel, Roland Mäusbacher, Gerhard Stäblein, Wolfgang Zick
- \* **Heft Nr. 25/1985** – „Die Expedition ANTARKTIS III mit FS 'Polarstern' 1984/85“, herausgegeben von Gotthilf Hempel
- \* **Heft Nr. 26/1985** – „The Southern Ocean“; A survey of oceanographic and marine meteorological research work by Hellmer et al.
- Heft Nr. 27/1986** – „Spätpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, östliche Weddell-See“, von Hannes Grobe
- Heft Nr. 28/1986** – „Die Expedition ARKTIS III mit 'Polarstern' 1985“, mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Rainer Gersonde
- \* **Heft Nr. 29/1986** – „5 Jahre Schwerpunktprogramm 'Antarktisforschung' der Deutschen Forschungsgemeinschaft.“ Rückblick und Ausblick. Zusammengestellt von Gotthilf Hempel, Sprecher des Schwerpunktprogramms
- Heft Nr. 30/1986** – „The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station for 1981 and 1982“, by Marianne Gube and Friedrich Obleitner
- Heft Nr. 31/1986** – „Zur Biologie der Jugendstadien der Notothenioidei (Pisces) an der Antarktischen Halbinsel“, von A. Kellermann
- Heft Nr. 32/1986** – „Die Expedition ANTARKTIS-IV mit FS 'Polarstern' 1985/86“, mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Dieter Fütterer
- Heft Nr. 33/1987** – „Die Expedition ANTARKTIS-IV mit FS 'Polarstern' 1985/86 – Bericht zu den Fahrtabschnitten ANT-IV/3-4“, von Dieter Karl Fütterer
- Heft Nr. 34/1987** – „Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischem Makroplankton“, von U. Piatkowski
- Heft Nr. 35/1987** – „Zur Verbreitung des Meso- und Makrozooplanktons in Oberflächenwasser der Weddell See (Antarktis)“, von E. Boysen-Ennen
- Heft Nr. 36/1987** – „Zur Nahrungs- und Bewegungsphysiologie von *Salpa thompsoni* und *Salpa fusiformis*“, von M. Reinke
- Heft Nr. 37/1987** – „The Eastern Weddell Sea Drifting Buoy Data Set of the Winter Weddell Sea Project (WWSP) 1986“, by Heinrich Hoerber and Marianne Gube-Lehnhardt
- Heft Nr. 38/1987** – „The Meteorological Data of the Georg von Neumayer Station for 1983 and 1984“, by M. Gube-Lehnhardt
- Heft Nr. 39/1987** – „Die Winter-Expedition mit FS 'Polarstern' in die Antarktis (ANT V/1-3)“, herausgegeben von Sigrud Schnack-Schiel
- Heft Nr. 40/1987** – „Weather and Synoptic Situation during Winter Weddell Sea Project 1986 (ANT V/2) July 16 – September 10, 1986“, by Werner Rabe
- Heft Nr. 41/1988** – „Zur Verbreitung und Ökologie der Seegurken im Weddellmeer (Antarktis)“, von Julian Gutt
- Heft Nr. 42/1988** – „The zooplankton community in the deep bathyal and abyssal zones of the eastern North Atlantic“, by Werner Beckmann
- Heft Nr. 43/1988** – „Scientific cruise report of Arctic Expedition ARK IV/3“, Wissenschaftlicher Fahrtbericht der Arktis-Expedition ARK IV/3, compiled by Jörn Thiede
- Heft Nr. 44/1988** – „Data Report for FV 'Polarstern' Cruise ARK IV/1, 1987 to the Arctic and Polar Fronts“, by Hans-Jürgen Hirche
- Heft Nr. 45/1988** – „Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis)“, von Joachim Voß
- Heft Nr. 46/1988** – „Meteorological and Oceanographic Data of the Winter-Weddell-Sea Project 1986 (ANT V/3)“, by Eberhard Fahrback
- Heft Nr. 47/1988** – „Verteilung und Herkunft glazial-mariner Gerölle am Antarktischen Kontinentalrand des östlichen Weddellmeeres“, von Wolfgang Oskierski
- Heft Nr. 48/1988** – „Variationen des Erdmagnetfeldes an der GvN-Station“, von Arnold Brodscholl
- \* **Heft Nr. 49/1988** – „Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton“, von Wilhelm Hagen
- Heft Nr. 50/1988** – „Die gezeitenbedingte Dynamik des Ekström-Schelfeises, Antarktis“, von Wolfgang Kobarg
- Heft Nr. 51/1988** – „Ökomorphologie nototheniider Fische aus dem Weddellmeer, Antarktis“, von Werner Ekau
- Heft Nr. 52/1988** – „Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße“, von Dieter Piepenburg
- \* **Heft Nr. 53/1988** – „Untersuchungen zur Ökologie des Phytoplanktons im südöstlichen Weddellmeer (Antarktis) im Jan./Febr. 1985“, von Eva-Maria Nöthig

- Heft Nr. 54/1988** – „Die Fischfauna des östlichen und südlichen Weddellmeeres: geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten“, von Wiebke Schwarzbach
- Heft Nr. 55/1988** – „Weight and length data of zooplankton in the Weddell Sea in austral spring 1986 (ANT V/3)“, by Elke Mizdalski
- Heft Nr. 56/1989** – „Scientific cruise report of Arctic expeditions ARK IV/1, 2 & 3“, by G. Krause, J. Meincke und J. Thiede
- Heft Nr. 57/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS V mit FS 'Polarstern' 1986/87“, Bericht von den Fahrtabschnitten ANT V/4-5 von H. Müller und H. Oerter
- \* **Heft Nr. 58/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS VI mit FS 'Polarstern' 1987/88“, von D. K. Fütterer
- Heft Nr. 59/1989** – „Die Expedition ARKTIS V/1a, 1b und 2 mit FS 'Polarstern' 1988“, von M. Spindler
- Heft Nr. 60/1989** – „Ein zweidimensionales Modell zur thermohalinen Zirkulation unter dem Schelfeis“, von H. H. Hellmer
- Heft Nr. 61/1989** – „Die Vulkanite im westlichen und mittleren Neuschwabenland, Vestfjella und Ahlmannryggen, Antarktika“, von M. Peters
- \* **Heft-Nr. 62/1989** – „The Expedition ANTARKTIS VII/1 and 2 (EPOS I) of RV 'Polarstern' in 1988/89“, by I. Hempel
- Heft Nr. 63/1989** – „Die Eisalgenflora des Weddellmeeres (Antarktis): Artenzusammensetzung und Biomasse, sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten“, von Annette Bartsch
- Heft Nr. 64/1989** – „Meteorological Data of the G.-v.-Neumayer-Station (Antarctica)“, by L. Helmes
- Heft Nr. 65/1989** – „Expedition Antarktis VII/3 in 1988/89“, by I. Hempel, P. H. Schalk, V. Smetacek
- Heft Nr. 66/1989** – „Geomorphologisch-glazilogische Detailkartierung des arid-hochpolaren Borgmassivet, Neuschwabenland, Antarktika“, von Karsten Brunk
- Heft-Nr. 67/1990** – „Identification key and catalogue of larval Antarctic fishes“, edited by Adolf Kellermann
- Heft-Nr. 68/1990** – „The Expedition Antarktis VII/4 (Epos leg 3) and VII/5 of RV 'Polarstern' in 1989“, edited by W. Arntz, W. Ernst, I. Hempel
- Heft-Nr. 69/1990** – „Abhängigkeiten elastischer und rheologischer Eigenschaften des Meereises vom Eisgefüge“, von Harald Hellmann
- Heft-Nr. 70/1990** – „Die beschalten benthischen Mollusken (Gastropoda und Bivalvia) des Weddellmeeres, Antarktis“, von Stefan Hain
- Heft-Nr. 71/1990** – „Sedimentologie und Paläomagnetik an Sedimenten der Maudkuppe (Nordöstliches Weddellmeer)“, von Dieter Cordes
- Heft-Nr. 72/1990** – „Distribution and abundance of planktonic copepods (Crustacea) in the Weddell Sea in summer 1980/81“, by F. Kurbjewit and S. Ali-Khan
- Heft-Nr. 73/1990** – „Zur Frühdiagenese von organischem Kohlenstoff und Opal in Sedimenten des südlichen und östlichen Weddellmeeres“, von M. Schlüter
- Heft-Nr. 74/1991** – „Expeditionen ANTARKTIS-VIII/3 und VIII/4 mit FS 'Polarstern' 1989“, von Rainer Gersonde und Gotthilf Hempel
- Heft-Nr. 75/1991** – „Quartäre Sedimentationsprozesse am Kontinentalhang des Süd-Orkney-Plateaus im nordwestlichen Weddellmeer (Antarktis)“, von Sigrun Grünig
- Heft-Nr. 76/1991** – „Ergebnisse der faunistischen Arbeiten in Benthall von King George Island (Südshetlandinseln, Antarktis)“, Martin Rauschert
- Heft-Nr. 77/1991** – „Verteilung von Mikroplankton-Organismen nordwestlich der Antarktischen Halbinsel unter dem Einfluß sich ändernder Umweltbedingungen in Herbst“, von Heinz Klöser
- Heft-Nr. 78/1991** – „Hochauflösende Magnetostratigraphie spätquartärer Sedimente arktischer Meeresgebiete“, von Norbert R. Nowaczyk
- Heft-Nr. 79/1991** – „Ökophysiologische Untersuchungen zur Salinitäts- und Temperaturtoleranz antarktischer Grünalgen unter besonderer Berücksichtigung des  $\beta$ -Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP) – Stoffwechsels“, von Ulf Karsten
- Heft-Nr. 80/1991** – „Die Expedition ARKTIS VII/1 mit FS 'POLARSTERN' 1990“, herausgegeben von Jörn Thiede und Gotthilf Hempel
- Heft-Nr. 81/1991** – „Paläoglazilogie und Paläozoographie im Spätquartär am Kontinentalrand des südlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Martin Melles
- Heft-Nr. 82/1991** – „Quantifizierung von Meereiseigenschaften: Automatische Bildanalyse von Dünnschnitten und Parametrisierung von Chlorophyll- und Salzgehaltsverteilungen“, von Hajo Eicken
- Heft-Nr. 83/1991** – „Das Fließen von Schelfeisen – numerische Simulationen mit der Methode der finiten Differenzen“, von Jürgen Determann
- Heft-Nr. 84/1991** – Die Expedition ANTARKTIS VIII/1-2, 1989 mit der Winter Weddell Gyre Study der Forschungsschiffe 'Polarstern' und 'Akademik Fedorov', von Ernst Augstein, Nicolai Bagriantsev und Hans Werner Schenke
- Heft-Nr. 85/1991** – „Zur Entstehung von Unterwassereis und das Wachstum und die Energiebilanz des Meereises in der Atka Bucht, Antarktis“, von Josef Kipfstuhl

- Heft-Nr. 86/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS 'Polarstern' 1989/90. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-VIII/5“, herausgegeben von Heinz Miller und Hans Oerter
- Heft-Nr. 87/1991** – „Scientific cruise reports of Arctic expeditions ARK-VI/1-4 of RV 'Polarstern' in 1989“, edited by G. Krause, J. Meincke & H. J. Schwarz
- Heft-Nr. 88/1991** – „Zur Lebensgeschichte dominanter Copepodenarten (*Calanus finmarchicus*, *C. glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in der Framstraße“, von Sabine Diel
- Heft-Nr. 89/1991** – „Detaillierte seismische Untersuchungen am östlichen Kontinentalrand des Weddell-Meeres vor Kapp Norvegia, Antarktis“, von Norbert E. Kaul
- Heft-Nr. 90/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS VIII mit FS 'Polarstern' 1989/90. Bericht von Fahrtabschnitten ANT VIII/6-7“, herausgegeben von Dieter Karl Fütterer und Otto Schrems
- Heft-Nr. 91/1991** – „Blood physiology and ecological consequences in Weddell Sea fishes (Antarctica)“, by Andreas Kunzmann.
- Heft-Nr. 92/1991** – „Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeer“, von Nicolai Mumm.
- Heft-Nr. 93/1991** – Die Expedition ARKTIS VII mit FS 'Polarstern' 1990. Bericht von Fahrtabschnitten ARK VII/2“, herausgegeben vom Gunther Krause.
- Heft-Nr. 94/1991** – „Die Entwicklung des Phytoplanktons im östlichen Weddellmeer (Antarktis) beim Übergang vom Spätwinter zum Frühjahr“, von Renate Scharek.
- Heft-Nr. 95/1991** – „Radioisotopenstratigraphie, Sedimentologie und Geochemie jungquartärer Sedimente des östlichen Arktischen Ozeans“, von Horst Bohrmann.
- Heft-Nr. 96/1991** – „Holozäne Sedimentationsentwicklung im Scoresby Sund, Ost-Grönland“, von Peter Marienfeld
- Heft-Nr. 97/1991** – „Strukturelle Entwicklung und Abkühlungsgeschichte der Heimefrontfjella (Westliches Dronning Maud Land / Antarktika)“, von Joachim Jacobs
- Heft-Nr. 98/1991** – „Zur Besiedlungsgeschichte des antarktischen Schelfes am Beispiel der Isopoda (Crustacea, Malacostraca)“, von Angelika Brandt
- Heft-Nr. 99/1992** – „The Antarctic ice sheet and environmental change: a three-dimensional modelling study“, by Philippe Huybrechts
- \* **Heft-Nr. 100/1992** – „Die Expeditionen ANTARKTIS IX/1-4 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1990/91“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Meinhard Schulz-Baldes, Eberhard Fahrbach, Victor Smetacek und Hans-Wolfgang Hubberten
- Heft-Nr. 101/1992** – „Wechselbeziehungen zwischen Spurenmetallkonzentrationen (Cd, Cu, Pb, Zn) im Meerwasser und in Zooplanktonorganismen (Copepoda) der Arktis und des Atlantiks“, von Christa Pohl
- Heft-Nr. 102/1992** – „Physiologie und Ultrastruktur der antarktischen Grünalge *Prasiola crispa* ssp. *antarctica* unter osmotischem Streß und Austrocknung“, von Andreas Jacob
- Heft-Nr. 103/1992** – „Zur Ökologie der Fische im Weddellmeer“, von Gerd Hubold
- Heft-Nr. 104/1992** – „Mehrkanalige adaptive Filter für die Unterdrückung von multiplen Reflexionen in Verbindung mit der freien Oberfläche in marinen Seismogrammen“, von Andreas Rosenberger
- Heft-Nr. 105/1992** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1991 (REFLEX I)“, von Jörg Hartmann, Christoph Kottmeier und Christian Wamser
- Heft-Nr. 106/1992** – „Ostracoden im Epipelagial vor der Antarktischen Halbinsel - ein Beitrag zur Systematik sowie zur Verbreitung und Populationsstruktur unter Berücksichtigung der Saisonalität“, von Rüdiger Kock
- Heft-Nr. 107/1992** – „ARCTIC '91: Die Expedition ARK-VIII/3 mit FS 'Polarstern' 1991“, herausgegeben von Dieter K. Fütterer
- Heft-Nr. 108/1992** – „Dehnungsbeben an einer Störungszone im Ekström-Schelfeis nördlich der Georg-von-Neumayer Station, Antarktis. - Eine Untersuchung mit seismologischen und geodätischen Methoden“, von Uwe Nixdorf
- Heft-Nr. 109/1992** – „Spätquartäre Sedimentation am Kontinentalrand des südöstlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Michael Weber
- Heft-Nr. 110/1992** – „Sedimentfazies und Bodenwasserstrom am Kontinentalhang des nordwestlichen Weddellmeeres“, von Isa Brehme
- Heft-Nr. 111/1992** – „Die Lebensbedingungen in den Solekanälchen des antarktischen Meereises“, von Jürgen Weissenberger
- Heft-Nr. 112/1992** – „Zur Taxonomie von rezenten benthischen Foraminiferen aus dem Nansen Becken, Arktischer Ozean“, von Jutta Wollenburg
- Heft-Nr. 113/1992** – „Die Expedition ARKTIS VIII/1 mit FS 'Polarstern' 1991“, herausgegeben von Gerhard Kattner
- \* **Heft-Nr. 114/1992** – „Die Gründungsphase deutscher Polarforschung, 1865-1875“, von Reinhard A. Krause
- Heft-Nr. 115/1992** – „Scientific Cruise Report of the 1991 Arctic Expedition ARK VIII/2 of RV 'Polarstern' (EPOS II)“, by Eike Rachor

- Heft-Nr. 116/1992** – „The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station (Antarctica) for 1988, 1989, 1990 and 1991“, by Gert König-Langlo
- Heft-Nr. 117/1992** – „Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der zentralen Heimefrontfjella (westliches Dronning Maud Land / Antarktis)“, von Peter Schulze
- Heft-Nr. 118/1993** – „Die mafischen Gänge der Shackleton Range / Antarktika: Petrographie, Geochemie, Isotopengeochemie und Paläomagnetik“, von Rüdiger Hotten
- \* **Heft-Nr. 119/1993** – „Gefrierschutz bei Fischen der Polarmeere“, von Andreas P. A. Wöhrmann
- \* **Heft-Nr. 120/1993** – „East Siberian Arctic Region Expedition '92: The Laptev Sea – its Significance for Arctic Sea-Ice Formation and Transpolar Sediment Flux“, by D. Dethleff, D. Nürnberg, E. Reimnitz, M. Saarloos and Y.P. Savchenko. – „Expedition to Novaja Zemlja and Franz Josef Land with RV 'Dainie Zelentsy'“, by D. Nürnberg and E. Groth
- \* **Heft-Nr. 121/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/3 mit FS 'Polarstern' 1992“, herausgegeben von Michael Spindler, Gerhard Dieckmann und David Thomas
- Heft-Nr. 122/1993** – „Die Beschreibung der Korngestalt mit Hilfe der Fourier-Analyse: Parametrisierung der morphologischen Eigenschaften von Sedimentpartikeln“, von Michael Diepenbroek
- \* **Heft-Nr. 123/1993** – „Zerstörungsfreie hochauflösende Dichteuntersuchungen mariner Sedimente“, von Sebastian Gerland
- Heft-Nr. 124/1993** – „Umsatz und Verteilung von Lipiden in arktischen marinen Organismen unter besonderer Berücksichtigung unterer trophischer Stufen“, von Martin Graeve
- Heft-Nr. 125/1993** – „Ökologie und Respiration ausgewählter arktischer Bodenfischarten“, von Christian F. von Dorrien
- Heft-Nr. 126/1993** – „Quantitative Bestimmung von Paläoumweltparametern des Antarktischen Oberflächenwassers im Spätquartär anhand von Transferfunktionen mit Diatomeen“, von Ulrich Zielinski
- Heft-Nr. 127/1993** – „Sedimenttransport durch das arktische Meereis: Die rezente lithogene und biogene Materialfracht“, von Ingo Wollenburg
- Heft-Nr. 128/1993** – „Cruise ANTARKTIS X/3 of RV 'Polarstern': CTD-Report“, von Marek Zwierz
- Heft-Nr. 129/1993** – „Reproduktion und Lebenszyklen dominanter Copepodenarten aus dem Weddellmeer, Antarktis“, von Frank Kurbjeweit
- Heft-Nr. 130/1993** – „Untersuchungen zu Temperaturregime und Massenhaushalt des Filchner-Ronne-Schelfeises, Antarktis, unter besonderer Berücksichtigung von Anfrier- und Abschmelzprozessen“, von Klaus Grosfeld
- Heft-Nr. 131/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/5 mit FS 'Polarstern' 1992“, herausgegeben von Rainer Gersonde
- Heft-Nr. 132/1993** – „Bildung und Abgabe kurzketziger halogenierter Kohlenwasserstoffe durch Makroalgen der Polarregionen“, von Frank Laturnus
- Heft-Nr. 133/1994** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1993 (REFLEX II)“, by Christoph Koltmeier, Jörg Hartmann, Christian Wamser, Axel Bochert, Christof Lüpkes, Dietmar Freese and Wolfgang Cohrs
- \* **Heft-Nr. 134/1994** – „The Expedition ARKTIS-IX/1“, edited by Hajo Eicken and Jens Meincke
- Heft-Nr. 135/1994** – „Die Expeditionen ANTARKTIS X/6-8“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Victor Smetacek, Hein de Baar, Eberhard Fahrbach und Gunter Krause
- Heft-Nr. 136/1994** – „Untersuchungen zur Ernährungsökologie von Kaiserpinguinen (*Aptenodytes forsteri*) und Königspinguinen (*Aptenodytes patagonicus*)“, von Klemens Pütz
- \* **Heft-Nr. 137/1994** – „Die känozoische Vereisungsgeschichte der Antarktis“, von Werner U. Ehrmann
- Heft-Nr. 138/1994** – „Untersuchungen stratosphärischer Aerosole vulkanischen Ursprungs und polarer stratosphärischer Wolken mit einem Mehrwellenlängen-Lidar auf Spitzbergen (79°N, 12°E)“, von Georg Beyerle
- Heft-Nr. 139/1994** – „Charakterisierung der Isopodenfauna (Crustacea, Malacostraca) des Scotia-Bogens aus biogeographischer Sicht: Ein multivariater Ansatz“, von Holger Winkler
- Heft-Nr. 140/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS X/4 mit FS 'Polarstern' 1992“, herausgegeben von Peter Lemke
- Heft-Nr. 141/1994** – „Satellitenaltimetrie über Eis – Anwendung des GEOSAT-Altimeters über dem Ekströmisen, Antarktis“, von Klemens Heidland
- Heft-Nr. 142/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Scientific cruise report of RV 'Polarstern' Arctic cruises ARK IX/2 and 3, USCG 'Polar Bear' cruise NEWP and the NEWLand expedition“, edited by Hans-Jürgen Hirche and Gerhard Kattner
- Heft-Nr. 143/1994** – „Detaillierte refraktionsseismische Untersuchungen im inneren Scoresby Sund/ Ost Grönland“, von Notker Fechner
- Heft-Nr. 144/1994** – „Russian-German Cooperation in the Siberian Shelf Seas: Geo-System Laptev Sea“, edited by Heidmarie Kassens, Hans-Wolfgang Hubberten, Sergey M. Pryamikov and Rüdiger Stein
- \* **Heft-Nr. 145/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report of RV 'Polarstern' Arctic Cruises IX/2 and 3“, edited by Gerhard Kattner and Hans-Jürgen Hirche
- Heft-Nr. 146/1994** – „Radiation Measurements at the German Antarctic Station Neumeyer 1982 – 1992“, by Torsten Schmidt and Gert König-Langlo

- Heft-Nr. 147/1994** – „Krustenstrukturen und Verlauf des Kontinentalrandes im Weddell Meer/Antarktis“, von Christian Hübscher
- Heft-Nr. 148/1994** – „The expeditions NORILSK/TAYMYR 1993 and BUNGER OASIS 1993/94 of the AWI Research Unit Potsdam“, edited by Martin Melles
- Heft-Nr. 149/1994** – „Die Expedition ARCTIC '93. Der Fahrtabschnitt ARK-IX/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1993“, herausgegeben von Dieter K. Fütterer
- Heft-Nr. 150/1994** – „Der Energiebedarf der Pygoscelis-Pinguine: eine Synopse“, von Boris M. Culik
- Heft-Nr. 151/1994** – „Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea“, edited by Heidemarie Kassens and Valeriy Y. Karpiy
- Heft-Nr. 152/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS-X mit FS ‚Polarstern‘ 1992. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT X/1a und 2“, herausgegeben von Heinz Miller
- Heft-Nr. 153/1994** – „Aminosäuren und Huminstoffe im Stickstoffkreislauf polarer Meere“, von Ulrike Hubberten
- Heft-Nr. 154/1994** – „Regional and seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea“, by Claudio Richter
- Heft-Nr. 155/1995** – „Benthos in polaren Gewässern“, herausgegeben von Christian Wiencke und Wolf Arntz
- Heft-Nr. 156/1995** – „An adjoint model for the determination of the mean oceanic circulation, air-sea fluxes and mixing coefficients“, by Reiner Schlitzer
- Heft-Nr. 157/1995** – „Biochemische Untersuchungen zum Lipidstoffwechsel antarktischer Copepoden“, von Kirsten Fahl
- Heft-Nr. 158/1995** – „Die deutsche Polarforschung seit der Jahrhundertwende und der Einfluß Erich von Drygalskis“, von Cornelia Lüdecke
- Heft-Nr. 159/1995** – „The distribution of  $\delta^{18}\text{O}$  in the Arctic Ocean: Implications for the freshwater balance of the halocline and the sources of deep and bottom waters“, by Dorothea Bauch
- Heft-Nr. 160/1995** – „Rekonstruktion der spätquartären Tiefenwasserzirkulation und Produktivität im östlichen Südatlantik anhand von benthischen Foraminiferenvergesellschaftungen“, von Gerhard Schmiedl
- Heft-Nr. 161/1995** – „Der Einfluß von Salinität und Lichtintensität auf die Osmolytkonzentrationen, die Zellvolumina und die Wachstumsraten der antarktischen Eisdiatomeen *Chaetoceros* sp. und *Navicula* sp. unter besonderer Berücksichtigung der Aminosäure Prolin“, von Jürgen Nothnagel
- Heft-Nr. 162/1995** – „Meereistransportiertes lithogenes Feinmaterial in spätquartären Tiefseesedimenten des zentralen östlichen Arktischen Ozeans und der Framstraße“, von Thomas Letzig
- Heft-Nr. 163/1995** – „Die Expedition ANTARKTIS-XI/2 mit FS ‚Polarstern‘ 1993/94“, herausgegeben von Rainer Gersonde
- Heft-Nr. 164/1995** – „Regionale und altersabhängige Variation gesteinsmagnetischer Parameter in marinen Sedimenten der Arktis“, von Thomas Frederichs
- Heft-Nr. 165/1995** – „Vorkommen, Verteilung und Umsatz biogener organischer Spurenstoffe: Sterole in antarktischen Gewässern“, von Georg Hanke
- Heft-Nr. 166/1995** – „Vergleichende Untersuchungen eines optimierten dynamisch-thermodynamischen Meereismodells mit Beobachtungen im Weddellmeer“, von Holger Fischer
- Heft-Nr. 167/1995** – „Rekonstruktionen von Paläo-Umweltparametern anhand von stabilen Isotopen und Faunen-Vergesellschaftungen planktischer Foraminiferen im Südatlantik“, von Hans-Stefan Niebler
- Heft-Nr. 168/1995** – „Die Expedition ANTARKTIS XII mit FS ‚Polarstern‘ 1994/95. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT XII/1 und 2“, herausgegeben von Gerhard Kattner und Dieter Karl Fütterer
- Heft-Nr. 169/1995** – „Medizinische Untersuchung zur Circadianrhythmik und zum Verhalten bei Überwinterern auf einer antarktischen Forschungsstation“, von Hans Wortmann
- Heft-Nr. 170/1995** – DFG-Kolloquium: Terrestrische Geowissenschaften – Geologie und Geophysik der Antarktis
- Heft-Nr. 171/1995** – „Strukturentwicklung und Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der nördlichen Heimfrontjella (westliches Dronning Maud Land/Antarktika)“, von Wilfried Bauer
- Heft-Nr. 172/1995** – „Die Struktur der Erdkruste im Bereich des Scoresby Sund, Ostgrönland: Ergebnisse refraktionsseismischer und gravimetrischer Untersuchungen“, von Holger Mandler
- Heft-Nr. 173/1995** – „Paläozoische Akkretion am paläopazifischen Kontinentalrand der Antarktis in Nordvictorialand – P-T-D-Geschichte und Deformationsmechanismen im Bowers Terrane“, von Stefan Matzer
- Heft-Nr. 174/1995** – „The Expedition ARKTIS-X/2 of RV ‚Polarstern‘ in 1994“, edited by Hans-W. Hubberten
- Heft-Nr. 175/1995** – „Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1994“, edited by Christine Siegert and Dmitry Bolshyanov
- Heft-Nr. 176/1995** – „Russian-German Cooperation: Laptev Sea System“, edited by Heidemarie Kassens, Dieter Piepenburg, Jörn Thiede, Leonid Timokhov, Hans-Wolfgang Hubberten and Sergey M. Priamikov
- Heft-Nr. 177/1995** – „Organischer Kohlenstoff in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans: Terrigener Eintrag und marine Produktivität“, von Carsten J. Schubert
- Heft-Nr. 178/1995** – „Cruise ANTARKTIS XII/4 of RV ‚Polarstern‘ in 1995: CTD-Report“, by Jüri Sildam
- Heft-Nr. 179/1995** – „Benthische Foraminiferenfaunen als Wassermassen-, Produktions- und Eisdriftanzeiger im Arktischen Ozean“, von Jutta Wollenburg

- Heft-Nr. 180/1995** – „Biogenopal und biogenes Barium als Indikatoren für spätquartäre Produktivitätsänderungen am antarktischen Kontinentalhang, atlantischer Sektor“, von Wolfgang J. Bonn
- Heft-Nr. 181/1995** – „Die Expedition ARKTIS X/1 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1994“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach
- Heft-Nr. 182/1995** – „Laptev Sea System: Expeditions in 1994“, edited by Heidemarie Kassens
- Heft-Nr. 183/1996** – „Interpretation digitaler Parasound Echolotaufzeichnungen im östlichen Arktischen Ozean auf der Grundlage physikalischer Sedimenteigenschaften“, von Uwe Bergmann
- Heft-Nr. 184/1996** – „Distribution and dynamics of inorganic nitrogen compounds in the troposphere of continental, coastal, marine and Arctic areas“, by María Dolores Andrés Hernández
- Heft-Nr. 185/1996** – „Verbreitung und Lebensweise der Aphroditiden und Polynoiden (Polychaeta) im östlichen Weddellmeer und im Lazarevmeer (Antarktis)“, von Michael Stiller
- Heft-Nr. 186/1996** – „Reconstruction of Late Quaternary environmental conditions applying the natural radionuclides  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{231}\text{Pa}$  and  $^{238}\text{U}$ : A study of deep-sea sediments from the eastern sector of the Antarctic Circumpolar Current System“, by Martin Frank
- Heft-Nr. 187/1996** – „The Meteorological Data of the Neumayer Station (Antarctica) for 1992, 1993 and 1994“, by Gert König-Langlo and Andreas Herber
- Heft-Nr. 188/1996** – „Die Expedition ANTARKTIS-XI/3 mit FS 'Polarstern' 1994“, herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe
- Heft-Nr. 189/1996** – „Die Expedition ARKTIS-VII/3 mit FS 'Polarstern' 1990“, herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe
- Heft-Nr. 190/1996** – „Cruise report of the Joint Chilean-German-Italian Magellan 'Victor Hensen' Campaign in 1994“, edited by Wolf Arntz and Matthias Gorny
- Heft-Nr. 191/1996** – „Leitfähigkeits- und Dichtemessung an Eisbohrkernen“, von Frank Wilhelms
- Heft-Nr. 192/1996** – „Photosynthese-Charakteristika und Lebensstrategien antarktischer Makroalgen“, von Gabriele Weykam
- Heft-Nr. 193/1996** – Heterogene Reaktionen von  $\text{N}_2\text{O}_5$  und  $\text{HBr}$  und ihr Einfluß auf den Ozonabbau in der polaren Stratosphäre“, von Sabine Seisel
- Heft-Nr. 194/1996** – „Ökologie und Populationsdynamik antarktischer Ophiuroiden (Echinodermata)“, von Corinna Dahm
- Heft-Nr. 195/1996** – „Die planktische Foraminifere *Neoglobobulimina pachyderma* (Ehrenberg) im Weddellmeer, Antarktis“, von Doris Berberich
- Heft-Nr. 196/1996** – „Untersuchungen zum Beitrag chemischer und dynamischer Prozesse zur Variabilität des stratosphärischen Ozons über der Arktis“, von Birgit Heese
- Heft-Nr. 197/1996** – „The Expedition ARKTIS-XI/2 of RV 'Polarstern' in 1995“, edited by Gunther Krause
- Heft-Nr. 198/1996** – „Geodynamik des Westantarktischen Riftsystems basierend auf Apatit-Spaltspernanalysen“, von Frank Lisker
- Heft-Nr. 199/1996** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report on CTD Measurements of RV 'Polarstern' Cruises ARKTIS IX/2 and 3“, by Gereon Budéus and Wolfgang Schneider
- Heft-Nr. 200/1996** – „Stability of the Thermohaline Circulation in analytical and numerical models“, by Gerrit Lohmann
- Heft-Nr. 201/1996** – „Trophische Beziehungen zwischen Makroalgen und Herbivoren in der Potter Cove (King George-Insel, Antarktis)“, von Katrin Iken
- Heft-Nr. 202/1996** – „Zur Verbreitung und Respiration ökologisch wichtiger Bodentiere in den Gewässern um Svalbard (Arktis)“, von Michael K. Schmid
- Heft-Nr. 203/1996** – „Dynamik, Rauigkeit und Alter des Meereises in der Arktis – Numerische Untersuchungen mit einem großskaligen Modell“, von Markus Harder
- Heft-Nr. 204/1996** – „Zur Parametrisierung der stabilen atmosphärischen Grenzschicht über einem antarktischen Schelfeis“, von Dörthe Handorf
- Heft-Nr. 205/1996** – „Textures and fabrics in the GRIP ice core, in relation to climate history and ice deformation“, by Thorsteinn Thorsteinsson
- Heft-Nr. 206/1996** – „Der Ozean als Teil des gekoppelten Klimasystems: Versuch der Rekonstruktion der glazialen Zirkulation mit verschiedenen komplexen Atmosphärenkomponenten“, von Kerstin Fieg
- Heft-Nr. 207/1996** – „Lebensstrategien dominanter antarktischer Oithonidae (Cyclopoida, Copepoda) und Oncaeidae (Poecilostomatoida, Copepoda) im Bellingshausenmeer“, von Cornelia Metz
- Heft-Nr. 208/1996** – „Atmosphäreinfluß bei der Fernerkundung von Meereis mit passiven Mikrowellenradiometern“, von Christoph Oelke
- Heft-Nr. 209/1996** – „Klassifikation von Radarsatellitendaten zur Meereisererkennung mit Hilfe von Line-Scanner-Messungen“, von Axel Bochert
- Heft-Nr. 210/1996** – „Die mit ausgewählten Schwämmen (Hexactinellida und Demospongiae) aus dem Weddellmeer, Antarktis, vergesellschaftete Fauna“, von Kathrin Kunzmann
- Heft-Nr. 211/1996** – „Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1995 and the Expedition KOLYMA 1995“, by Dima Yu. Bolshiyarov and Hans-W. Hubberten

**Heft-Nr. 212/1996** – „Surface-sediment composition and sedimentary processes in the central Arctic Ocean and along the Eurasian Continental Margin“, by Ruediger Stein, Gennadij I. Ivanov, Michael A. Levitan, and Kirsten Fahl

**Heft-Nr. 213/1996** – „Gonadenentwicklung und Eiproduktion dreier *Calanus*-Arten (Copepoda): Freilandbeobachtungen, Histologie und Experimente“, von Barbara Niehoff

**Heft-Nr. 214/1996** – „Numerische Modellierung der Übergangszone zwischen Eisschild und Eisschelf“, von Christoph Mayer

**Heft-Nr. 215/1996** – „Arbeiten der AWI-Forschungsstelle Potsdam in Antarktika, 1994/95“, herausgegeben von Ulrich Wand

**Heft-Nr. 216/1996** – „Rekonstruktion quartärer Klimaänderungen im atlantischen Sektor des Südpolarmeeres anhand von Radiolarien“, von Uta Brathauer

**Heft-Nr. 217/1996** – „Adaptive Semi-Lagrange-Finite-Elemente-Methode zur Lösung der Flachwassergleichungen: Implementierung und Parallelisierung“, von Jörn Behrens

**Heft-Nr. 218/1997** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1995 (*REFLEX III*)“, by Jörg Hartmann, Axel Bochert, Dietmar Freese, Christoph Kottmeier, Dagmar Nagel, and Andreas Reuter

**Heft-Nr. 219/1997** – „Die Expedition ANTARKTIS-XII mit FS 'Polarstern' 1995. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-XII/3“, herausgegeben von Wilfried Jokat und Hans Oerter

**Heft-Nr. 220/1997** – „Ein Beitrag zum Schwerfeld im Bereich des Weddellmeeres, Antarktis. Nutzung von Altimetermessungen des GEOSAT und ERS-1“, von Tilo Schöne

**Heft-Nr. 221/1997** – „Die Expedition ANTARKTIS-XIII/1-2 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1995/96“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Mike Lucas und Victor Smetacek

**Heft-Nr. 222/1997** – „Tectonic Structures and Glaciomarine Sedimentation in the South-Eastern Weddell Sea from Seismic Reflection Data“, by László Oszkó

**Heft-Nr. 223/1997** – „Bestimmung der Meereisdicke mit seismischen und elektromagnetisch-induktiven Verfahren“, von Christian Haas

**Heft-Nr. 224/1997** – „Troposphärische Ozonvariationen in Polarregionen“, von Silke Wessel

**Heft-Nr. 225/1997** – „Biologische und ökologische Untersuchungen zur kryopelagischen Amphipodenfauna des arktischen Meereises“, von Michael Poltermann

**Heft-Nr. 226/1997** – „Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XI/1 of RV 'Polarstern' in 1995“, edited by Eike Rachor

**Heft-Nr. 227/1997** – „Der Einfluß kompatibler Substanzen und Kryoprotektoren auf die Enzyme Malatdehydrogenase (MDH) und Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6P-DH) aus *Acrosiphonia arcta* (Chlorophyta) der Arktis und Antarktis“, von Katharina Kück

**Heft-Nr. 228/1997** – „Die Verbreitung epibenthischer Mollusken im chilenischen Beagle-Kanal“, von Katrin Linse

**Heft-Nr. 229/1997** – „Das Mesozooplankton im Laptevmeer und östlichen Nansen-Becken – Verteilung und Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer“, von Hinrich Hanssen

**Heft-Nr. 230/1997** – „Modell eines adaptierbaren, rechnergestützten, wissenschaftlichen Arbeitsplatzes am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung“, von Lutz-Peter Kurdelski

**Heft-Nr. 231/1997** – „Zur Ökologie arktischer und antarktischer Fische: Aktivität, Sinnesleistungen und Verhalten“, von Christopher Zimmermann

**Heft-Nr. 232/1997** – „Persistente chlororganische Verbindungen in hochantarktischen Fischen“, von Stephan Zimmermann

**Heft-Nr. 233/1997** – „Zur Ökologie des Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP)-Gehaltes temperierter und polarer Phytoplanktongemeinschaften im Vergleich mit Laborkulturen der Coccolithophoride *Emiliania huxleyi* und der antarktischen Diatomee *Nitzschia lecontei*“, von Doris Meyerdierks

**Heft-Nr. 234/1997** – „Die Expedition ARCTIC '96 des FS 'Polarstern' (ARK XIII) mit der Arctic Climate System Study (ACSYS)“, von Ernst Augstein und den Fahrtteilnehmern

**Heft-Nr. 235/1997** – „Polonium-210 und Blei-210 im Südpolarmeer: Natürliche Tracer für biologische und hydrographische Prozesse im Oberflächenwasser des Antarktischen Zirkumpolarstroms und des Weddellmeeres“, von Jana Friedrich

**Heft-Nr. 236/1997** – „Determination of atmospheric trace gas amounts and corresponding natural isotopic ratios by means of ground-based FTIR spectroscopy in the high Arctic“, by Arndt Meier

**Heft-Nr. 237/1997** – „Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR / SEVERNAYA ZEMLYA 1996“, edited by Martin Melles, Birgit Hagedorn and Dmitri Yu. Bolshiyarov.

**Heft-Nr. 238/1997** – „Life strategy and ecophysiology of Antarctic macroalgae“, by Iván M. Gómez.

**Heft-Nr. 239/1997** – „Die Expedition ANTARKTIS XIII/4-5 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1996“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach und Dieter Gerdes.

**Heft-Nr. 240/1997** – „Untersuchungen zur Chrom-Speziation in Meerwasser, Meereis und Schnee aus ausgewählten Gebieten der Arktis“, von Heide Giese.

**Heft-Nr. 241/1997** – „Late Quaternary glacial history and paleoceanographic reconstructions along the East Greenland continental margin: Evidence from high-resolution records of stable isotopes and ice-rafted debris“, by Seung-Il Nam.

- Heft-Nr. 242/1997** – „Thermal, hydrological and geochemical dynamics of the active layer at a continuous permafrost site, Taymyr Peninsula, Siberia”, by Julia Boike.
- Heft-Nr. 243/1997** – „Zur Paläoozeanographie hoher Breiten: Stellvertreterdaten aus Foraminiferen”, von Andreas Mackensen.
- Heft-Nr. 244/1997** – „The Geophysical Observatory at Neumayer Station, Antarctica. Geomagnetic and seismological observations in 1995 and 1996”, by Alfons Eckstaller, Thomas Schmidt, Viola Gaw, Christian Müller and Johannes Rogenhagen.
- Heft-Nr. 245/1997** – „Temperaturbedarf und Biogeographie mariner Makroalgen – Anpassung mariner Makroalgen an tiefe Temperaturen”, von Bettina Bischoff-Bäsmann.
- Heft-Nr. 246/1997** – „Ökologische Untersuchungen zur Fauna des arktischen Meereises”, von Christine Friedrich.
- Heft-Nr. 247/1997** – „Entstehung und modifizierung von marinen gelösten organischen Substanzen”, von Berit Kirchhoff.
- Heft-Nr. 248/1997** – „Laptev Sea System: Expeditions in 1995”, edited by Heidemarie Kassens.
- Heft-Nr. 249/1997** – „The Expedition ANTARKTIS XIII/3 (EASIZ I) of RV ‚Polarstern‘ to the eastern Weddell Sea in 1996”, edited by Wolf Arntz and Julian Gutt.
- Heft-Nr. 250/1997** – „Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie und Biodiversität des Mega-Epibenthos der Arktis und Antarktis”, von Andreas Starmans.
- Heft-Nr. 251/1997** – „Zeitliche und räumliche Verteilung von Mineralvergesellschaftungen in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans und ihre Nützlichkeit als Klimaindikatoren während der Glazial/Interglazial-Wechsel”, von Christoph Vogt.
- Heft-Nr. 252/1997** – „Solitäre Ascidien in der Potter Cove (King George Island, Antarktis). Ihre ökologische Bedeutung und Populationsdynamik”, von Stephan Kühne.
- Heft-Nr. 253/1997** – „Distribution and role of microprotozoa in the Southern Ocean”, by Christine Klaas.
- Heft-Nr. 254/1997** – „Die spätquartäre Klima- und Umweltgeschichte der Bunger-Oase, Ostantarktis”, von Thomas Kulbe.
- Heft-Nr. 255/1997** – „Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XIII/2 of RV ‚Polarstern‘ in 1997”, edited by Ruediger Stein and Kirsten Fahl.
- Heft-Nr. 256/1998** – „Das Radionuklid Tritium im Ozean: Meßverfahren und Verteilung von Tritium im Südatlantik und im Weddellmeer”, von Jürgen Sültenfuß.
- Heft-Nr. 257/1998** – „Untersuchungen der Saisonalität von atmosphärischem Dimethylsulfid in der Arktis und Antarktis”, von Christoph Kleefeld.
- Heft-Nr. 258/1998** – „Bellingshausen- und Amundsenmeer: Entwicklung eines Sedimentationsmodells”, von Frank-Oliver Nitsche.
- Heft-Nr. 259/1998** – „The Expedition ANTARKTIS-XIV/4 of RV ‚Polarstern‘ in 1997”, by Dieter K. Fütterer.
- Heft-Nr. 260/1998** – „Die Diatomeen der Laptevsee (Arktischer Ozean): Taxonomie und biogeographische Verbreitung”, von Holger Cremer.
- Heft-Nr. 261/98** – „Die Krustenstruktur und Sedimentdecke des Eurasischen Beckens, Arktischer Ozean: Resultate aus seismischen und gravimetrischen Untersuchungen”, von Estella Weigelt.
- Heft-Nr. 262/98** – „The Expedition ARKTIS-XIII/3 of RV ‚Polarstern‘ in 1997”, by Gunther Krause.
- Heft-Nr. 263/98** – „Thermo-tektonische Entwicklung von Oates Land und der Shackleton Range (Antarktis) basierend auf Spaltspuranalysen”, von Thorsten Schäfer.
- Heft-Nr. 264/98** – „Messungen der stratosphärischen Spurengase ClO, HCl, O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O und OH mittels flugzeuggetragener Submillimeterwellen-Radiometrie”, von Joachim Urban.
- Heft-Nr. 265/98** – „Untersuchungen zu Massenhaushalt und Dynamik des Ronne Ice Shelves, Antarktis”, von Astrid Lambrecht.
- Heft-Nr. 266/98** – „Scientific Cruise Report of the Kara Sea Expedition of RV ‚Akademik Boris Petrov‘ in 1997”, edited by Jens Matthiessen and Oleg Stepanets.
- Heft-Nr. 267/98** – „Die Expedition ANTARKTIS-XIV mit FS ‚Polarstern‘ 1997. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-XIV/3”, herausgegeben von Wilfried Jokat und Hans Oerter.
- Heft-Nr. 268/98** – „Numerische Modellierung der Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Meereis in der arktischen Eisrandzone”, von Gerit Birnbaum.
- Heft-Nr. 269/98** – „Katabatic wind and Boundary Layer Front Experiment around Greenland (KABEG '97)”, by Günther Heinemann.
- Heft-Nr. 270/98** – „Architecture and evolution of the continental crust of East Greenland from integrated geophysical studies”, by Vera Schlindwein.
- Heft-Nr. 271/98** – „Winter Expedition to the Southwestern Kara Sea - Investigations on Formation and Transport of Turbid Sea-Ice”, by Dirk Dethleff, Per Loewe, Dominik Weiel, Hartmut Nies, Gesa Kuhlmann, Christian Bahe and Gennady Tarasov.
- Heft-Nr. 272/98** – „FTIR-Emissionsspektroskopische Untersuchungen der arktischen Atmosphäre”, von Edo Becker.
- Heft-Nr. 273/98** – „Sedimentation und Tektonik im Gebiet des Agulhas-Rückens und des Agulhas-Plateaus („SETARAP“), von Gabriele Uenzelmann-Neben.

**Heft-Nr. 274/98** – „The Expedition ANTARKTIS XIV/2“, by Gerhard Kattner.

**Heft-Nr. 275/98** – „Die Auswirkungen der ‚NorthEastWater‘-Polynya auf die Sedimentation vor NO-Grönland und Untersuchungen zur Paläo-Ozeanographie seit dem Mittelweichsel“, von Hanne Notholt.

**Heft-Nr. 276/98** – „Interpretation und Analyse von Potentialfelddaten im Weddellmeer, Antarktis: der Zerfall des Superkontinents Gondwana“, von Michael Studinger.

**Heft-Nr. 277/98** – „Koordiniertes Programm Antarktisforschung“. Berichtskolloquium im Rahmen des Koordinierten Programms „Antarktisforschung mit vergleichenden Untersuchungen in arktischen Eisgebieten“, herausgegeben von Hubert Miller.

**Heft-Nr. 278/98** – „Messung stratosphärischer Spurengase über Ny-Ålesund, Spitzbergen, mit Hilfe eines bodengebundenen Mikrowellen-Radiometers“, von Uwe Raffalski.

**Heft-Nr. 279/98** – „Arctic Paleo-River Discharge (APARD). A new Research Programme of the Arctic Ocean Science Board (AOSB)“, edited by Ruediger Stein.

**Heft-Nr. 280/98** – „Fernerkundungs- und GIS-Studien in Nordostgrönland“, von Friedrich Jung-Rothenhäusler.

**Heft-Nr. 281/98** – „Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän anhand von aquatischen Palynomorphen“, von Martina Kunz-Pirung.

\* vergriffen/out of print

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