

**Radiolarienfauna im Ochotskischen Meer –
eine aktuopaläontologische Charakterisierung der
Biozönose und Taphozönose**

**Radiolarians in the Sea of Okhotsk – actuopaleontological
characterisation of the biocenosis and taphocenosis**

Anja Nimmergut

**Ber. Polarforsch. Meeresforsch. 406 (2002)
ISSN 1618 - 3193**

Anja Nimmergut

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

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

	Seite
Kurzfassung/Abstract.....	1
1 Einleitung.....	5
2 Arbeitsgebiet.....	9
2.1 Hydrographie.....	9
2.1.1 Meereisbedeckung.....	9
2.1.2 Oberflächenwasser und dichothermale Schicht.....	12
2.1.3 Zwischenwasser.....	14
2.2 Produktionsbiologische Rahmenbedingungen.....	15
3 Material und Methoden.....	19
3.1 Untersuchungen an Planktonfängen.....	19
3.2 Untersuchungen an Oberflächensedimenten.....	23
3.3 Berechnung der Radiolariendichte für den Vergleich von Plankton- und Oberflächensedimentverteilung.....	27
3.4 Multivariate statistische Verfahren.....	27
4 Ergebnisse.....	29
4.1 Hydrographische und produktionsbiologische Situation zur Zeit der Planktonfänge.....	29
4.2 Radiolarienverteilung in den Planktonfängen.....	31
4.2.1 Radiolarienpopulationsdichte.....	31
4.2.2 Radiolarienvergesellschaftungen in der Wassersäule.....	33
4.3 Radiolarienverteilung in den Oberflächensedimenten.....	46
4.3.1 Radiolarienkonzentration und Radiolarienakkumulationsrate.....	46
4.3.2 Radiolarienvergesellschaftungen in den Oberflächensedimenten.....	48
5 Einfluß der Umweltparameter auf die Radiolarienbiozönose im Ochotskischen Meer.....	57
5.1 Saisonale und regionale Änderungen der Radiolarienproduktion.....	58
5.1.1 Phaeodariendominanz während des Frühjahrs – Folge einer omnivoren Ernährung?.....	60
5.1.2 Nassellariendominanz während des Sommers – Abhängigkeit von heterotrophen Planktonorganismen?.....	63

5.2	Änderungen der Artenvergesellschaftungen in Abhängigkeit von der Wassertiefe.....	64
6	Ökologische Signale der Radiolariantaphozönose im Ochotskischen Meer	78
6.1	Radiolarienkonzentration und -akkumulation - Abbild der Radiolarienproduktion ?.....	78
6.2	Artenvergesellschaftung und -produktion als Abbild biologischer und ozeanographischer Rahmenbedingungen.....	81
7	Signalvergleich von Biozönose und Taphozönose – Erster Ansatz zur Bewertung des Radiolariensignals im Sediment	90
7.1	Verhältnis von Plankton- und Sedimentvergesellschaftungen.....	93
7.2	Bewertung des Radiolariensignals im Ochotskischen Meer	101
7.2.1	Radiolarienarten als Indikatoren für Wassermasseneinstrom in das Ochotskische Meer?.....	101
7.2.2	Plagoniidae- und <i>Cycladophora davisiana</i> -Vergesellschaftung im Sediment: Indikatoren für sommerliche Planktonsukzession und oberes SOIW?.....	104
8	Zusammenfassung	109
9	Literaturverzeichnis	112
10	Danksagung	125

Taxonomischer Anhang

Abbildungsanhang

Kurzfassung

Radiolarien aus Planktonnetzfangen und Oberflächensedimenten des Ochotskischen Meeres wurden untersucht, um ihre ökologischen Präferenzen besser zu verstehen. Das Radiolariensignal im Sediment soll durch den Vergleich zwischen Radiolarienbiozönose (Lebendvergesellschaftung) und -taphozönose (Sedimentvergesellschaftung) bewertet werden, um paläoökologische Rekonstruktionen zu verbessern.

Die geographische und tiefenabhängige Verteilung der Radiolarien bis zu einer Wassertiefe von 1000 m wurde an 24 Planktonstationen aus zwei verschiedenen Jahreszeiten, Frühjahr 1999 und Sommer 1998, untersucht. An jeder Station wurden jeweils fünf Tiefenintervalle beprobt. Die Radiolarienpopulationsdichte unterliegt jahreszeitlichen und regionalen Schwankungen zwischen 10 und 1775 Skeletten/m³ und ist an die Planktonsukszession im Ochotskischen Meer gekoppelt. Die Produktion von Radiolarien während der Diatomeenblüte und der maximalen Exportproduktion von biogenem Silikat im Frühjahr ist gering (unter 300 Skeletten/m³ an den meisten Stationen) und nimmt erst im Sommer zu, wenn die Produktion heterotropher Organismen am höchsten ist. Die höchste Radiolarienpopulationsdichte wurde im Sommer im Westen des Ochotskischen Meeres gefunden.

Die Radiolariantaxa unterliegen einer jahreszeitlichen Sukzession, wobei Phaeodarien im Frühjahr und Nassellarien im Sommer dominieren. Im Frühjahr wurden 55, im Sommer 56 Taxa in der Wassersäule gefunden. *Antarctissa* (?) sp. 1, *Ceratospyris borealis*, *Cycladophora davisiana*, *Dictyophimus hirundo*, *Euphysetta* sp. aff. *C. neptuni*, *Lophospyris* sp. 1, *Peridium* sp. 1, die Plagoniidae, *Protocystis tridens* und *Rhizoplegma boreale* stellen 87% des Frühjahrsbestandes bzw. 77% des Sommerbestandes dar. Sieben Artenvergesellschaftungen, die an bestimmte Wassermassen gebunden sind, konnten mit Hilfe einer Faktorenanalyse unterschieden werden.

Deutliche regionale Unterschiede der absoluten Häufigkeiten und der Artenzusammensetzung wurden auch in 35 Oberflächensedimentproben gefunden. Der Vergleich der Radiolarienkonzentration mit der Radiolarienakkumulation in den Oberflächensedimenten zeigt, daß die Konzentration deutlich von der terrigenen Verdünnung abhängig ist. Darum sind die Konzentrationen an küstennahen Stationen gering, und maximale Werte bis 39200 Skeletten/g sind auf das zentrale Gebiet des Ochotskischen Meeres beschränkt.

Im Gegensatz dazu spiegelt die Radiolarienakkumulationsrate die Radiolarienproduktion wider und erreicht maximale Werte bis zu 1100×10^4 Skeletten $\text{m}^{-2} \text{Jahr}^{-1}$ im Westen des Untersuchungsgebietes. Drei Artenvergesellschaftungen, die durch eine Faktorenanalyse zusammengefaßt wurden, spiegeln verschiedene Wassermassen oder produktionsbiologische Effekte im Ochotskischen Meer wider. Mit einzelnen Indikatorarten, welche nur von geringer Bedeutung in der Faktorenanalyse sind, und mit Hilfe der Akkumulationsraten der Taxa können zusätzliche ökologische Informationen gewonnen werden.

Ein erster Ansatz, um die Sedimentvergesellschaftung zu bewerten, wird über den Vergleich von Biozönose und Taphozönose gemacht. Die Radiolariantaphozönose ist ökologisch aussagekräftig und repräsentiert im wesentlichen die Radiolarienproduktion im Sommer zwischen 200 und 500 m Wassertiefe.

Abstract

Radiolarians in the plankton and in surface sediments from the Sea of Okhotsk were studied for a better understanding of their ecological preferences. To improve palaeoecological reconstructions a better knowledge about the significance of the radiolarian signal in the sediments is achieved by comparing the radiolarian biocenosis (living assemblage) with the taphocenosis (sediment assemblage).

The regional and depth distribution of the radiolarians was investigated at 24 plankton stations collected with opening/closing nets from five depth intervals down to a water depth of 1000 m during the summer of 1998 and the spring of 1997. The radiolarian standing stock varied seasonally and regionally from 10 to 1775 skeletons/m³ and is associated with the plankton succession in the Sea of Okhotsk. It was low during the diatom bloom and the maximum export production of biogenic silica in spring (less than 300 skeletons/m³ at most stations) but increased in summer, when the production of heterotrophic organisms is the highest. The maximum radiolarian standing stock was found in the western part of the Sea of Okhotsk.

The radiolarian taxa undergo a seasonal succession in which Phaeodaria dominate during spring and Nassellaria dominate during summer. 55 taxa and 56 taxa were found in the water column during spring and summer, respectively. *Antarctissa* (?) sp. 1, *Ceratospyrus borealis*, *Cycladophora davisiana*, *Dictyophimus hirundo*, *Euphysetta* sp. aff. *C. neptuni*, *Lophospyris* sp. 1, *Peridium* sp. 1, the Plagoniidae, *Protocystis tridens*, and *Rhizoplegma boreale* make up 87% of the spring assemblage and 77% of the summer assemblage. Seven factor assemblages, which are associated with specific water masses, are revealed by factor analysis.

Distinct regional differences in the radiolarian absolute abundances and assemblage composition were also found in 35 surface sediment samples. Comparing the radiolarian concentration with the radiolarian accumulation in the surface sediments it becomes obvious that the radiolarian concentration is affected by terrigenous input. As a result, the concentrations in vicinity to the coast are low and maximum values of up to 39200 skeletons/g are restricted to the central area of the Sea of Okhotsk. In contrast, the radiolarian accumulation rate reflects the radiolarian production and maximum values up to 1100×10^4 skeletons m⁻² year⁻¹ are found in the western part of the investigated area. Three assemblages defined by factor analysis reflect the water masses and

biological production. Single indicator species, which are not important in the factor analysis, and the accumulation rate of taxa provide additional ecological information.

A first evaluation of the ecological signal in the sediment is attempted by comparing the radiolarian biocenosis with the taphocenosis. The radiolarian taphocenosis is ecological meaningful and mainly represents the summer radiolarian production from 200 to 500 m water depth.

1 Einleitung

Radiolarien sind heterotrophe, einzellige, eukaryotische Organismen und werden zusammen mit den Foraminiferen, Amöben und Actinopoden zu den Sarcodinen gestellt, die eine extrem heterogene Gruppe hinsichtlich ihrer Taxonomie, Morphologie und Ökologie sind (Caron & Swanberg, 1990). Die Opalskelette von polycystinen Radiolarien sind ein bedeutender Bestandteil der Mikrofossilgemeinschaften im Ozean und werden deshalb für paläozeanographische Rekonstruktionen verwendet (z.B. Boltovskoy, 1992; Brathauer & Abelmann, 1999; Howard & Prell, 1984; Jacot Des Combes *et al.*, 1999; Morley *et al.*, 1987; Pisiás *et al.*, 1997). Referenzdatensätze für die Rekonstruktionen werden durch einen empirischen Vergleich der Taphozönosen (Sedimentvergesellschaftungen) mit den physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften der Meeresoberfläche (Oberflächenwasserdaten) erstellt. Unter der Annahme, daß diese biotischen und abiotischen Faktoren die Zusammensetzung der Taphozönose bestimmen, werden die rezenten Verteilungsmuster der Radiolarienarten in Beziehung zu einem speziellen Umweltparameter, z.B. der Temperatur, gesetzt (Abelmann *et al.*, 1999; Chen & Tan, 1997; Molina-Cruz & Martínez-López, 1994; Nigrini, 1970). Die Rekonstruktionen beruhen auf dem Aktualitätsprinzip, d.h. der fragliche Parameter wird auf die Mikrofossilvergesellschaftungen der Vergangenheit unter der Annahme, daß diese ihre Reaktion auf den Umweltparameter nicht geändert haben, übertragen. Die wesentliche Grundlage für die sinnvolle Erstellung von Referenzdatensätzen sind allerdings fundierte Kenntnisse über die ökologischen Ansprüche der Mikroorganismen (Radiolarien), die nur durch Wassersäulenuntersuchungen der Biozönosen (Lebendvergesellschaftungen) gewonnen werden können (Imbrie & Kipp, 1971).

In den letzten Jahren durchgeführte aktuopaläontologische Untersuchungen zeigen, daß die Radiolarienbiozönosen ebenso wie die Biozönosen der anderen planktischen Organismengruppen nicht von einem einzigen ökologischen Parameter, z.B. der Wassertemperatur, abhängen. Sie werden von mehreren Umweltbedingungen, wie produktionsbiologischen Prozessen, Strömungen und Wassermassenstabilität, beeinflusst (Abelmann & Gowing, 1997; Anderson, 1996; Caron & Swanberg, 1990; Samtleben *et al.*,

1995; Schröder-Ritzrau *et al.*, 2001; Swanberg & Eide, 1992). So zeigen einige Arten nicht nur eine Affinität für bestimmte biogeographische Zonen, sondern leben auch bevorzugt in charakteristischen Tiefenhabitaten/-intervallen (Caron & Swanberg, 1990; Samtleben *et al.*, 1995; Schröder-Ritzrau *et al.*, 2001; Swanberg & Eide, 1992). Die Sedimentation von Radiolarien und ihre Einbettung in die Sedimente stellt einen komplexen Prozess dar, in den Faktoren wie laterale Advektion, selektive Lösung, Fraß, sich ändernde Populationsdichten und die Veränderlichkeit der Produktion zwischen den Jahren und zwischen den Jahreszeiten eingehen (Boltovskoy *et al.*, 1993a; Schröder-Ritzrau *et al.*, 2001). Bislang ist nur wenig darüber bekannt, inwieweit sich in den Sedimentvergesellschaftungen die Ökologie der Radiolarien in verschiedenen Gebieten der Weltmeere widerspiegelt (z.B. Schröder-Ritzrau *et al.*, 2001; Welling & Pias, 1998b).

Eine Methode, um mehr über die Autökologie von Radiolarien zu erfahren, ist die Durchführung von Laborexperimenten (Anderson *et al.*, 1990; 1989a; 1989b; 1989c; Matsuoka, 1992; Matsuoka & Anderson, 1992; Sugiyama & Anderson, 1997). Allerdings ist es äußerst schwierig, Radiolarien in Kulturen am Leben zu erhalten. Die meisten Laborexperimente wurden mit relativ großen Warmwasserindividuen durchgeführt. Bisher gibt es keine Laboruntersuchungen an kleinen Kaltwasserarten, wie sie vorwiegend im Ochotskischen Meer zu finden sind. Außerdem erlauben Laboruntersuchungen autökologische Rückschlüsse nur im Rahmen der künstlichen Bedingungen während der Hälterungsversuche und können nie die natürlichen Umweltbedingungen im Ozean ersetzen. Aussagen zur Synökologie sind mit Laboruntersuchungen prinzipiell nicht möglich.

Realistische Informationen über die ökologischen Präferenzen der Radiolarien in ihrem Lebensraum können demnach nur durch Untersuchungen in den Ozeanen gewonnen werden. Rückschlüsse auf die jahreszeitliche Exportproduktion der Radiolarien werden aus Untersuchungen von Sedimentfallen gezogen (z.B. Boltovskoy *et al.*, 1993a; Pias *et al.*, 1986; Samtleben *et al.*, 1995; Takahashi, 1997a; Tsoi *et al.*, 1998; Welling & Pias, 1993). Allerdings liefern Sedimentfallen keine detaillierten Informationen über die Tiefenzonierung einzelner Arten oder Artengruppen, da sie die Wassersäule nur punktuell beproben (Boltovskoy *et al.*, 1993a). Die präzisere Untersuchung von Tiefenhabitaten ist nur mit vertikalen Planktonfängen möglich (z.B. Abelmann & Gowing, 1996; 1997;

Boltovskoy *et al.*, 1996; Dworetzky & Morley, 1987; Kling & Boltovskoy, 1995; Molina-Cruz *et al.*, 1999; Swanberg & Bjørklund, 1986; 1987; Welling & Pisias, 1998a).

Die heutigen klimatischen und ozeanographischen Bedingungen im Ochotskischen Meer gelten als potentiell Analogon für die Bedingungen, die während pleistozäner Kaltzeiten in hohen Breiten geherrscht haben sollen (Morley & Hays, 1983). Diese Hypothese basiert auf hohen Häufigkeiten von *Cycladophora davisiana* in Oberflächensedimenten des Ochotskischen Meeres (Morley, 1980; Morley & Hays, 1983). In Sedimenten aus Ozeanen hoher Breiten dominiert diese Art mit bis zu über 40% in glazialzeitlichen Abfolgen, aber rezent werden vergleichbar hohe Häufigkeiten (>20%) nur im Ochotskischen Meer gefunden (Bjørklund & Ciesielski, 1994; Morley & Hays, 1979; Morley *et al.*, 1982). Nach Morley und Hays (1983) könnte eine besondere Wassermasse mit einem Temperaturminimum zwischen 50 und 200 m Wassertiefe (dichothermale Schicht) für die hohen Häufigkeiten von *Cycladophora davisiana* im Ochotskischen Meer verantwortlich sein.

Trotz dieser ökologischen Schlüsselstellung des Ochotskischen Meeres für die Interpretation fossiler Radiolarienvergesellschaftungen wurde dort bisher keine quantitative Untersuchung der Vergesellschaftungen aus rezenten Oberflächensedimenten oder der Wassersäule durchgeführt. Es ist weitgehend unbekannt, wie sich die besondere hydrographische Situation auf die Verbreitung anderer Arten auswirkt. Ling (1974) beschreibt die relative Häufigkeitsverteilung von zehn ausgewählten Radiolarienarten in den Oberflächensedimenten des Ochotskischen Meeres, aber einige dominante Arten werden in dem Artikel nicht erwähnt und die Artenverteilungen werden nicht ökologisch interpretiert. Kruglikova (1975, 1999) hat ebenso die Radiolarien in Oberflächensedimentproben untersucht, aber diese Studie beschränkt sich auf die qualitative Erfassung der Radiolarienvergesellschaftung. Die besondere Bedeutung von *C. davisiana* für Paläoumweltrekonstruktionen und für stratigraphische Alterseinstufungen (Abelmann & Gersonde, 1988; Bjørklund & Jansen, 1984; Brathauer & Abelmann, 1999; Brathauer *et al.*, 2001; Haslett & Funell, 1998; Hays *et al.*, 1976; Heusser & Morley, 1997; Morley, 1980; 1987; Morley & Hays, 1979; Morley *et al.*, 1982; Morley & Robinson, 1986; Robertson, 1975) verlangt eine genauere Kenntnis ihrer ökologischen Ansprüche, zu der diese Untersuchung beitragen kann.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Radiolarien des Ochotskischen Meeres ökologisch zu charakterisieren, um dieses Wissen auf paläoökologische Rekonstruktionen anzuwenden. Radiolariendichte und -vergesellschaftung des Planktons sowie das Radiolariensignal in den Oberflächensedimenten werden erstmals quantitativ untersucht. Mit den Planktonuntersuchungen sollen die jahreszeitlichen, regionalen und tiefenabhängigen Schwankungen der Radiolarienproduktion und Artenzusammensetzung erfaßt und mit ökologischen Faktoren in Zusammenhang gebracht werden. So kann u.a. die Hypothese von Morley und Hays (1983) über die ökologischen Ansprüche von *C. davisiana* geprüft werden. Die Abschätzung der Radiolarienproduktion ist auch von großer Bedeutung für unser Verständnis der Stellung von Radiolarien im Produktionszyklus des Ochotskischen Meeres, da sie aufgrund ihrer trophischen Stellung als primäre Konsumenten auch eine wichtige Komponente der planktischen Nahrungskette darstellen (Cachon *et al.*, 1990; Caron & Swanberg, 1990; Garrison & Gowing, 1993; Nöthig & Gowing, 1991; Sorokin, 1981). Die quantitative Untersuchung der Taphozönose ermöglicht es, das Radiolariensignal in den Oberflächensedimenten zu beleuchten und der Verteilung in der Wassersäule gegenüberzustellen. Damit soll abgeschätzt werden, wie sich die Taphozönose aus der Biozönose bildet, ob die Taphozönose ökologisch aussagekräftig ist und welche ökologischen Signale in der Taphozönose am deutlichsten abgebildet werden.

2 Arbeitsgebiet

Das Ochotskische Meer ist ein Nebenmeer des Nordpazifiks und nimmt durch seine besondere geographische Lage, seine saisonale Eisbedeckung, seine Wassermassenstruktur und seine hohe biologische Produktivität eine Sonderstellung ein (Broerse *et al.*, 2000; Lapko & Radchenko, 2000; Talley & Nagata, 1995). Es erstreckt sich zwischen 135° und 170° östlicher Länge und 45° bis 65° nördlicher Breite und umfaßt ca. 1.5×10^6 km² (Yang & Honjo, 1996). Am nordöstlichen Rand des asiatischen Kontinents gelegen, ist es weitgehend von Landmassen umgeben, und nur durch die Kurilen- und die Laperuz-Straße können Wassermassen mit dem angrenzenden Nordpazifik und der Japan-See ausgetauscht werden (Abb. 2.1) (Alfultis & Martin, 1987).

Das Ochotskische Meer ist das südlichste Meeresgebiet auf der Nordhemisphäre mit einer winterlichen Meereisbedeckung (Alfultis & Martin, 1987; Yang & Honjo, 1996). Eine deutliche sommerliche Erwärmung der ozeanischen Deckschicht führt zu einer ausgeprägten Saisonalität und beeinflusst die produktionsbiologischen Prozesse entscheidend (Broerse *et al.*, 2000; Lapko & Radchenko, 2000).

Das Ochotskische Meer gehört zu den bedeutendsten Fischereigeieten der Welt und deckt 65-70% des russischen Fischfangs im fernen Osten, was auf eine außerordentlich hohe biologische Produktivität hinweist (Arzhanova & Naletova, 1999; Lapko & Radchenko, 2000; Sapozhnikov *et al.*, 1999; Sorokin & Sorokin, 1999; Talley & Nagata, 1995; Yang & Honjo, 1996). Gemessen an seiner jährlichen Primärproduktion (stellenweise über $1 \text{ gC m}^{-2} \text{ Tag}^{-1}$ im Juli/August, über $1 \text{ mg Chlorophyll-Pigmente m}^{-3} \text{ a}^{-1}$) gehört das Ochotskische Meer zu den produktivsten Meeren der Welt (Arzhanova & Naletova, 1999; Nezlin *et al.*, 1997).

2.1 Hydrographie

2.1.1 Meereisbedeckung

Da das Ochotskische Meer zwischen dem Sibirischen Hochdruckgebiet und dem Aleuten-Tiefdruckgebiet liegt, herrschen im Winter nördliche Winde vor, die kalte Luftmassen aus Sibirien über das Meer führen (Abb. 2.1) (Nishimura, 1983; Parkinson

& Gratz, 1983). Der Eintrag von Süßwasser, insbesondere durch den Fluß Amur in die Schelfregion nördlich von Sachalin (Abb. 2.2), führt zu einem deutlichen Salzgehaltsgradienten von Nordwesten nach Südosten (Talley & Nagata, 1995). Dadurch ist die winterliche Konvektion im Nordwesten auf eine dünne Oberflächenschicht beschränkt, so daß die Temperaturen an der Wasseroberfläche hier am geringsten sind (Parkinson & Gratz, 1983; Talley & Nagata, 1995).

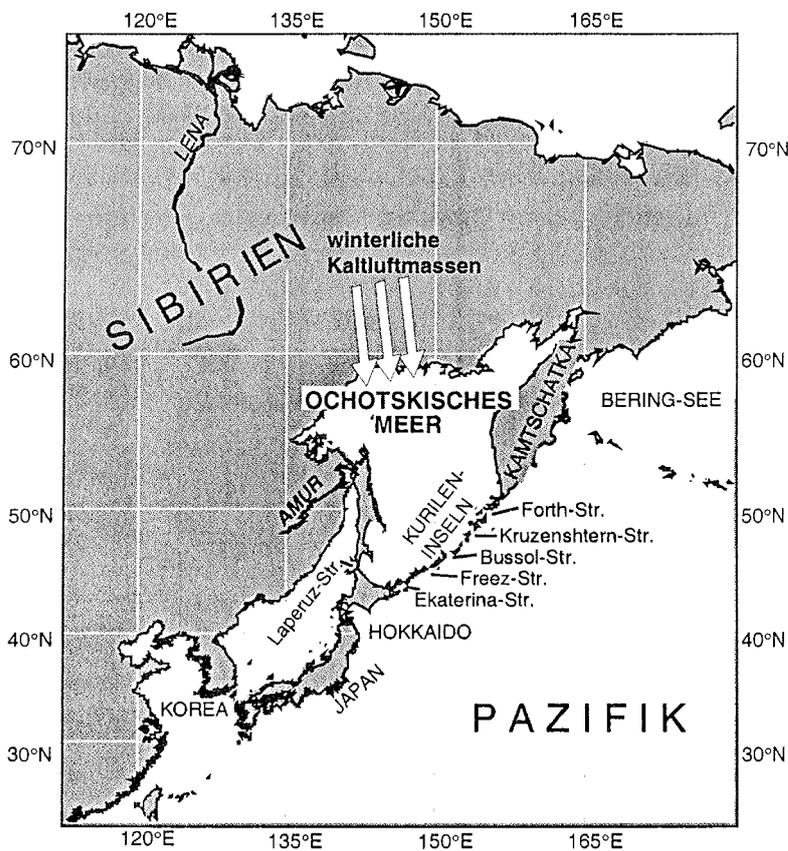


Abb. 2.1: Geographische Übersichtskarte mit Lage des Ochotskischen Meeres. Die weißen Pfeile zeigen an, daß im Winter von Sibirien Kaltluft über das nördliche und westliche Ochotskische Meer geführt wird.

Als Folge dieser Rahmenbedingungen setzt die Meereisbildung im November in dem flachen, nordwestlichen, vom Einfluß des Pazifiks weitestgehend abgeschirmten Gebiet des Ochotskischen Meeres ein (Parkinson & Gratz, 1983; Wakabayashi *et al.*, 1995). Das Meereis dehnt sich nach Südosten aus und im März sind bis zu 75% des Ochotskischen Meeres mit Meereis von ungefähr 1 m Dicke bedeckt (Abb. 2.2)

(Alfultis & Martin, 1987; Cavalieri & Parkinson, 1987; Talley & Nagata, 1995; Yang & Honjo, 1996). Im Norden des Ochotskischen Meeres entstehen zur Zeit der Meereisbildung mehrere Polynias (Alfultis & Martin, 1987).

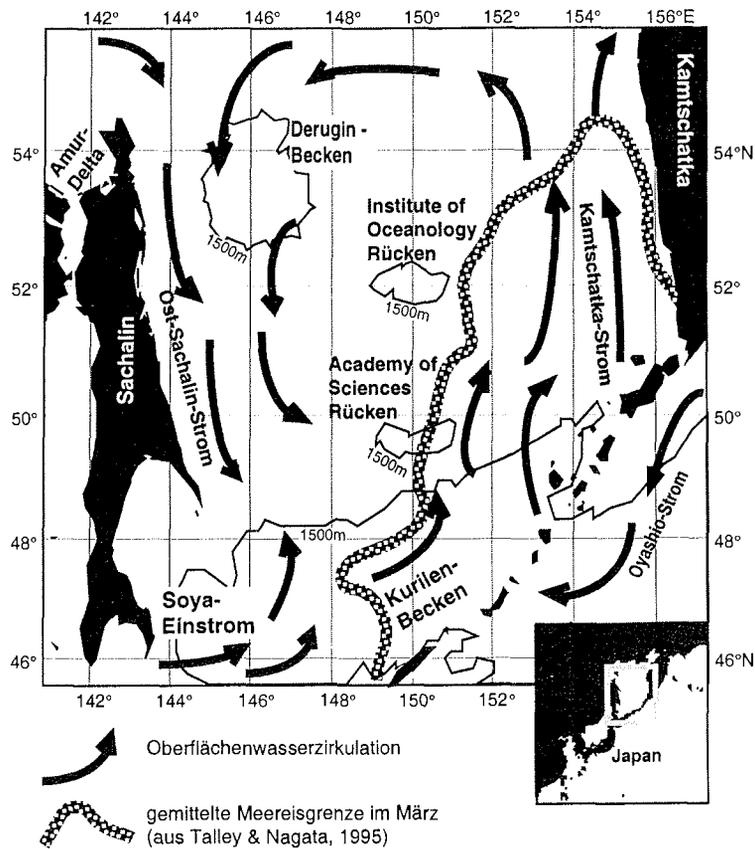


Abb. 2.2: Oberflächenzirkulation, markante Becken, Rückenstrukturen und die mittlere maximale Meereisgrenze in den Jahren 1971 bis 1990 (nach Talley & Nagata, 1995) im Untersuchungsgebiet.

Bis Ende März zieht sich die Meereisgrenze sehr schnell aus dem östlichen Ochotskischen Meer zurück (Parkinson & Gratz, 1983), während das nordwestliche Ochotskische Meer bis Ende Mai eisbedeckt sein kann. Die winterliche Meereisbedeckung unterliegt starken jährlichen Schwankungen in Abhängigkeit von der Lage und Ausprägung des Sibirischen Hochdruckgebietes und des Aleuten-Tiefdruckgebietes (Cavalieri & Parkinson, 1987; Parkinson & Gratz, 1983; Yang & Honjo, 1996).

2.1.2 Oberflächenwasser und dichothermale Schicht

Das Oberflächenwasser (Abb. 2.3) des Ochotskischen Meeres ist durch eine ausgeprägte jahreszeitliche Variation der Temperatur gekennzeichnet. Während im Winter Temperaturen um den Gefrierpunkt vorherrschen, wird im Sommer die Deckschicht bis auf 15°C erwärmt (Parkinson & Gratz, 1983; Sapozhnikov *et al.*, 1999; Yang & Honjo, 1996).

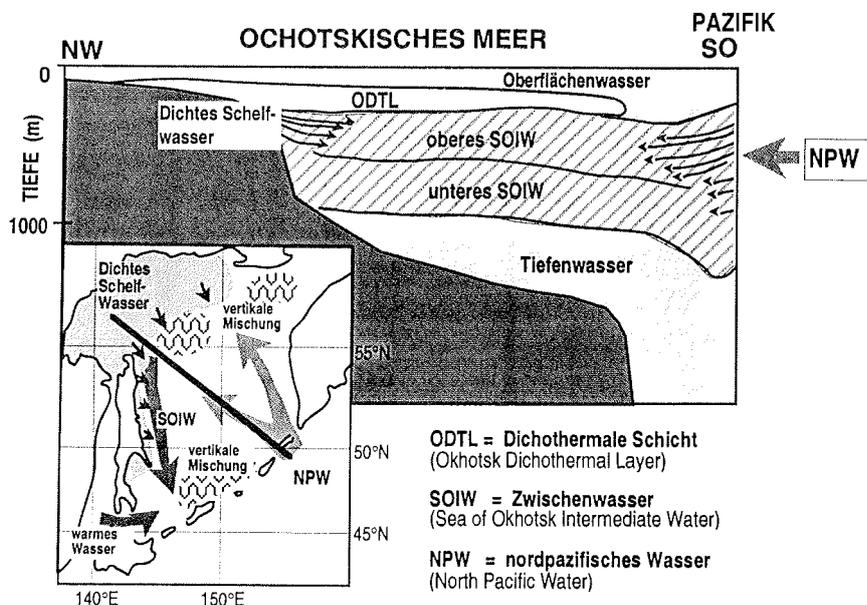


Abb. 2.3: Schematische Darstellung der Wassermassen und der Zirkulation im Zwischenwasser im Ochotskischen Meer (abgeändert nach Kitani, 1973; Wong *et al.*, 1998).

Als Folge der winterlichen Meereisbildung und durch die Süßwasserzufuhr der Flüsse ist im Ochotskischen Meer eine stabile Schichtung des Wasserkörpers bis ungefähr 200 m Wassertiefe zu beobachten, die durch die sommerliche Erwärmung noch verstärkt wird (Freeland *et al.*, 1998; Kitani, 1973; Yang & Honjo, 1996). Zwischen ungefähr 50 m und 200 m Wassertiefe wird eine Schicht mit Temperaturen um den Gefrierpunkt ausgebildet. Sie entsteht aus dem kalten Oberflächenwasser des Winters durch thermale Konvektion und ist mit dem Winterwasser antarktischer Gebiete vergleichbar. Man bezeichnet sie als dichothermale Schicht (ODTL) (Abb. 2.3) (Freeland *et al.*, 1998; Kitani, 1973; Yang & Honjo, 1996). Die niedrigsten Temperaturen innerhalb der ODTL in ungefähr 100 m Wassertiefe betragen im Nordwesten des Ochotskischen Meeres -

1,7°C; sie steigen nach Südosten hin an, wobei die wärmsten Werte von 0,5 bis 1,0°C in der Nähe der Kurilen-Inseln gemessen wurden (Talley & Nagata, 1995).

Die Zirkulation der Oberflächenwassermassen im Ochotskischen Meer wird im wesentlichen durch einen Wirbel gegen den Uhrzeigersinn bestimmt (Abb. 2.2) (Sapozhnikov *et al.*, 1999). Auf der östlichen Seite bei Kamtschatka strömt relativ warmes, salzreiches Wasser aus dem Pazifik durch die Kurilen-Straßen in das Ochotskische Meer (Talley & Nagata, 1995). Jedoch sind nur bestimmte Durchlässe mit größeren Wassertiefen (Forth-Straße 1700 m; Freez-Straße 800 m; Ekaterina-Straße 437 m; Kruzenshtern-Straße bis 1900 m; Bussol-Straße bis 2300 m) für den Wassermassenaustausch mit dem Nordpazifik von Bedeutung (Abb. 2.1) (Alfultis & Martin, 1987; Keigwin, 1998; Lapko & Radchenko, 2000; Rogachev, 2000). Der Wassermasseneinstrom durch die Kruzenshtern-Straße wird im Sommer in den wärmeren Temperaturen der dichothermalen Schicht am deutlichsten sichtbar (Keigwin, 1998; Rogachev, 2000; Talley & Nagata, 1995). Im Winter verhindert der Einstrom aus dem Pazifik meist die Meereisbildung im südöstlichen Teil des Ochotskischen Meeres.

Die Oberflächenwassermassen strömen als Kamtschatka-Strom weiter nach Norden, biegen in westliche Richtung ab und fließen mit dem Ost-Sachalin-Strom wieder nach Süden. Dabei wird durch die Vermischung mit Süßwasser der Salzgehalt reduziert (Abb. 2.2) (Yang & Honjo, 1996; Parkinson & Gratz, 1983; Rogachev, 2000). Die Salzgehalte nehmen kontinuierlich von über 32,6‰ im Bereich des Einstromes von Pazifikwasser auf unter 31‰ im Mündungsgebiet des Amur ab (Sapozhnikov *et al.*, 1999). Der Ost-Sachalin-Strom ist in den Wintermonaten ab November intensiver und bringt sehr kaltes und salzarmes Wasser nach Süden bis an die Küste von Hokkaido (Shuntov *et al.*, 1998; Takizawa, 1982). Aus der Japan-See führt der Soya-Strom, dessen Intensität und Strömungsmuster saisonal variieren, warmes und salzreiches Wasser in das Ochotskische Meer (Takizawa, 1982; Yasuoka, 1967). Im Winter, wenn der Ost-Sachalin-Strom am stärksten ist, ist der Soya-Strom kaum nachweisbar, doch bereits ab März ist eine Strömung bemerkbar (Takizawa, 1982). Das warme und salzreiche Wasser mischt sich mit dem kalten und salzarmen Ost-Sachalin-Strom, möglicherweise in Abhängigkeit von monsunalen Einflüssen (Bulatov *et al.*, 1999). Die Laperuz-Straße zwischen Sachalin und Hokkaido, durch die der Soya-Strom in das Ochotskische Meer gelangt, ist mit 40 m Wassertiefe wesentlich flacher als die Kurilen-Straßen. Trotzdem ist der Einfluß des salzreichen Wassers aus der Japan-See für die

Wassermassenbildungsprozesse im Ochotskischen Meer von entscheidender Bedeutung (Talley, 1991). Oberflächenwasser strömt aus dem Ochotskischen Meer hauptsächlich durch die tiefe Bussol-Straße, aber auch durch die flacheren Kurilen-Straßen in den Nordpazifik (Talley & Nagata, 1995).

Als Folge der atmosphärisch bedingten Abkühlung im Nordwesten und des Warmwasser-Einstromes aus dem Nordpazifik im Südosten wird das Ochotskische Meer in zwei ungefähr gleich große Gebiete - ein nordwestliches und ein südöstliches - unterteilt. Die gesamte Energiebilanz des Ochotskischen Meeres ist mit -25 kcal/cm^2 (Yakunin, 1974) negativ. Während das nordwestliche Gebiet Wärme absorbiert, wird im südöstlichen Teil, insbesondere nahe der Westküste Kamtschatkas Wärme freigesetzt (Lapko & Radchenko, 2000). Der Gegensatz zwischen westlichem und östlichem Teil des Ochotskischen Meeres ist auch in der Wassermassenstruktur (z.B. stabilere Stratifizierung der oberflächennahen Schichten) deutlich und wirkt sich wesentlich auf die produktions-biologischen Effekte aus (siehe Kap. 2.2) (Sorokin & Sorokin, 1999).

2.1.3 Zwischenwasser

Das Zwischenwasser (SOIW=Sea of Okhotsk Intermediate Water) des Ochotskischen Meeres liegt ungefähr bei 200 bis 1000 m Wassertiefe (Abb. 2.3), hat eine potentielle Dichte von 26,8 bis 27,4, eine Temperatur von $1,8^\circ\text{C}$ bis $2,3^\circ\text{C}$ und einen Salzgehalt von 33,8‰ bis 34,3‰ (Freeland *et al.*, 1998; Wong *et al.*, 1998). Es wird als eine Quelle des nordpazifischen Zwischenwassers (NPIW=North Pazific Intermediate Water) diskutiert, und seine Bildung beeinflusst möglicherweise die Durchlüftung des nordpazifischen Ozeans (Alfultis & Martin, 1987; Freeland *et al.*, 1998; Keigwin, 1998; Rogachev, 2000; Shiga & Koizumi, 2000; Talley & Nagata, 1995; Talley, 1991; Wong *et al.*, 1998). Der Ausstrom des SOIW aus dem Ochotskischen Meer erfolgt durch die Bussol-Straße (Keigwin, 1998; Talley, 1991).

Die Bildungsprozesse des SOIW sind noch nicht abschließend geklärt, aber es kann in ein „oberes SOIW“ und ein „unteres SOIW“ unterteilt werden (Abb. 2.3) (Wong *et al.*, 1998), wobei eine Dichte von 27,0 (Wong *et al.*, 1998) bzw. 27,05 (Alfultis & Martin, 1987; Kitani, 1973) als Grenze definiert wird. Diese Dichte befindet sich in ungefähr 500 m Wassertiefe (Freeland *et al.*, 1998). Weiterhin wird angenommen, daß sich das obere SOIW durch Mischungsprozesse von einströmendem nordpazifischem Wasser

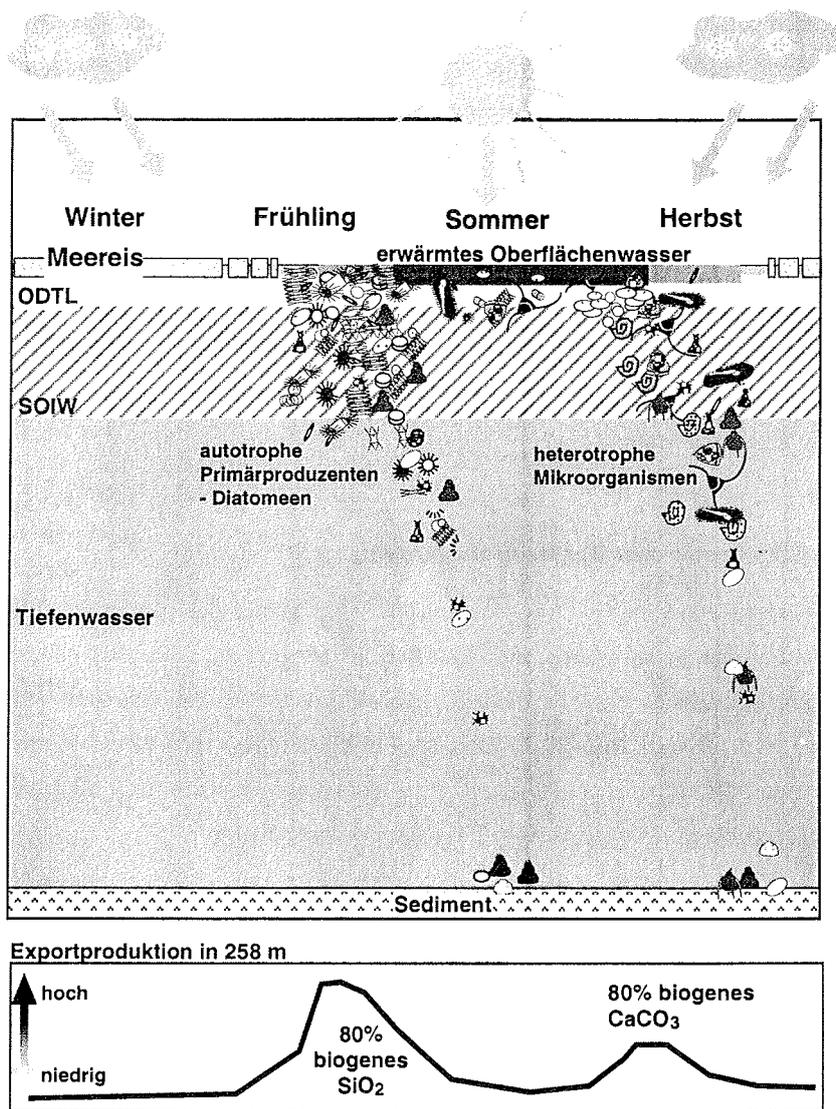
mit kaltem, dichten Schelfwasser (auch „Kitani-Wasser“ genannt) bildet. Das „Kalte Dichte Schelfwasser“ entsteht während der Meereisbildung und strömt den Kontinentalhang hinab (Yang & Honjo, 1996). Die Polynias im Bereich des nordwestlichen Schelfes stellen dabei das Zentrum der Bildung der Schelfwassermasse dar (Alfultis & Martin, 1987). Die Mischungsprozesse bis 500 m Wassertiefe wurden durch neue Tritium- und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte bestätigt (Winkler, 2000).

Die tieferen Wassermassen unterhalb von 1000 m sind durch einen Anstieg des Salzgehaltes und des gelösten Sauerstoffs gekennzeichnet (Freeland *et al.*, 1998; Talley & Nagata, 1995). Sie sind aber für diese Untersuchung nicht von Bedeutung und werden nicht weiter diskutiert.

2.2 Produktionsbiologische Rahmenbedingungen

Die biologische Produktion im Ochotskischen Meer beschränkt sich hauptsächlich auf die eisfreie Periode zwischen Mai und November (Broerse *et al.*, 2000). Opalskelett-bildende Planktonorganismen, vor allem Diatomeen (Leonov & Sapozhnikov, 1997; Obayashi *et al.*, 2001; Sorokin & Sorokin, 1999), dominieren die biologische Produktion und die Exportproduktion, während Planktonorganismen mit Kalkschalen eine untergeordnete Rolle spielen (Abb. 2.4) (Broerse *et al.*, 2000).

In den (sub-)polaren Meeresgebieten wird die Phyto- und Zoo-planktonproduktion wesentlich durch die jahreszeitlich stark variierende Sonnen-einstrahlung geprägt, so daß die biologische Produktion in einer charakteristischen jahreszeitlichen Sukzession stattfindet (Abb. 2.4) (Klaas, 1997; Sapozhnikov, 1995; Sorokin & Sorokin, 1999; Welling & Piasias, 1998a). Diatomeenblüten wurden im Ochotskischen Meer für die Monate Mai und Juni beschrieben (Leonov & Sapozhnikov, 1997; Shiimoto, 1997; Shiimoto *et al.*, 1998; Smirnova, 1959). Satellitenmessungen im Zeitraum von 1978 bis 1986 zeigen, daß die Chlorophyll-Pigmentkonzentration zu dieser Zeit 4 mg pro m^3 erreichen kann (SeawiFS, 1986). Die Chlorophyll-Pigmentkonzentration sinkt ab Ende Juni deutlich unter 1 mg pro m^3 und erst ab Oktober werden wieder leicht erhöhte Werte um 1 mg pro m^3 erreicht (SeawiFS, 1986). Produktivitätsmessungen und -berechnungen von Juli bis August 1992 ergaben, daß die Respiration des heterotrophen Mikroplanktons (Bakterien und Protozoen) ungefähr zwei Drittel der Respiration des



ODTL = Dichothermale Schicht SOIW = Zwischenwasser

Abb. 2.4: Schematische Darstellung der Abfolge der biologischen Produktion und der Exportproduktion (abgeändert nach Broerse *et al.*, 2000) über ein Jahr.

gesamten Ökosystems zu dieser Zeit ausmachen. Daraus wird gefolgert, daß die heterotrophen Mikroorganismen während dieser sommerlichen Sukzessionsphase das Ökosystem dominieren (Sorokin & Sorokin, 1999). Variationen der allgemein beschriebenen Sukzession sind für einzelne Gebiete des Ochotskischen Meeres aufgrund der variablen ökologischen Bedingungen zu erwarten (Sorokin & Sorokin,

1999). Jedoch müssen räumlich höchauflösende Untersuchungen des Jahresganges der Produktion von den wichtigsten Planktongruppen durchgeführt werden, um diese möglichen Unterschiede der Planktonsukzession im Ochotskischen Meer zu erfassen.

Die ausgeprägte Saisonalität der Umweltbedingungen im Ochotskischen Meer spiegeln sich auch in den vertikalen Partikelfläüssen wider (Broerse *et al.*, 2000). Hohe Flüsse in 258 m Wassertiefe werden im Frühjahr (Mai/Juni) kurz nach dem Rückzug des winterlichen Meereises beobachtet (Abb. 2.4). Dieses Maximum besteht bis zu 80% aus biogenem Opal (fast $400 \text{ mg SiO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ Tag}^{-1}$) und wird von Diatomeen dominiert. Genauere Angaben über die Zusammensetzung der Partikelfläüsse werden von Broerse *et al.* (2000) jedoch nicht gemacht. Ein sekundäres Maximum wird von September bis Dezember festgestellt (Abb. 2.4). Im Vergleich zu der Frühjahrssituation sind die Partikelfläüsse im Herbst wesentlich geringer und bestehen zu ca. 80% aus biogenem Karbonat (Broerse *et al.*, 2000). Diese ausgeprägten jahreszeitlichen Änderungen sind mit der Bering-See, dem Golf von Alaska und dem zentralen nordpazifischen Ozean vergleichbar und werden als charakteristisch für (sub-) arktische Räume angesehen (Broerse *et al.*, 2000; Honjo, 1996; Sorokin & Sorokin, 1999; Takahashi, 1997b). Über den Anteil der Radiolarien an den Partikelfläüssen und über die Radiolariensukzession im Ochotskischen Meer existieren bislang keine Daten.

Der Zeitraum, in dem Primärproduzenten dominieren, wird als autotrophe Phase des Systems bezeichnet (Sorokin & Sorokin, 1999). Nach Sapozhnikov (1995) und Sorokin und Sorokin (1999) folgt der autotrophen Phase die Phase des Phytoplanktonminimums mit einer Dominanz der heterotrophen Mikroorganismen im Plankton. Möglicherweise sind diese heterotrophen Mikroorganismen für das sekundäre Maximum der Exportproduktion verantwortlich. Dies kann aber nicht abschließend beurteilt werden, da keine vollständigen Jahresgänge der wichtigsten Planktongruppen zur Verfügung stehen.

Unabhängig von der jahreszeitlichen Planktonsukzession werden beträchtliche regionale Produktivitätsunterschiede aus dem Ochotskischen Meer berichtet. Generell ist die biologische Produktion über den Schelfgebieten bei Sachalin und Kamtschatka durch Nährstoffzufuhr von der Küste und durch Mischungsprozesse in den flacheren Regionen erhöht (Leonov & Sapozhnikov, 1997; Mordasova, 1997; Sorokin & Sorokin, 1999). Zusätzlich trägt der Fluß Amur große Mengen an gelöstem und suspendiertem Material in das Gebiet nördlich von Sachalin ein und fungiert als Nährstofflieferant für die

Region in der Nähe von Sachalin (Agatova *et al.*, 1996; Arzhanova & Naletova, 1999; Rogachev, 2000; Sorokin & Sorokin, 1999). Die Primärproduktion im August 1992 war in der westlichen Hälfte des Ochotskischen Meeres mit durchschnittlich $84\text{-}91 \text{ mgC m}^{-3} \text{ Tag}^{-1}$ im Oberflächenwasser am höchsten, während die östlichen Gebiete mit durchschnittlich $44 \text{ mgC m}^{-3} \text{ Tag}^{-1}$ eine wesentlich geringere Primärproduktion aufwiesen (Sorokin & Sorokin, 1999). Arzhanova und Naletova (1999) haben ebenfalls hohe Primärproduktionsraten (stellenweise über $1000 \text{ mgC m}^{-2} \text{ Tag}^{-1}$) von Juli bis August 1997 entlang des nördlichen Schelfes von Sachalin gemessen. Die Autoren gehen von einer intensiven biologischen Produktion unterhalb der Pyknokline bei geringen Temperaturen zwischen $-1,5^\circ\text{C}$ und $2,0^\circ\text{C}$ aus. Die Abnahme der Primärproduktion von Westen nach Osten ist charakteristisch für das Ochotskische Meer. Anhand von satellitengestützten Messungen der mittleren Chlorophyllkonzentration für die Jahre 1978 bis 1986 wird die westliche Hälfte des Ochotskischen Meeres mit Konzentrationen über 1 mg Chlorophyll-Pigmente pro m^3 als hypertroph charakterisiert (Nezlin *et al.*, 1997; Seawifs, 1986).

Die Umsatzrate und Regenerierung von Nährstoffen ist über den Schelfen von Sachalin und Kamtschatka am höchsten (Leonov & Sapozhinikov, 1997). In der sommerlich erwärmten Oberflächenschicht war die mikrobielle Produktion im August 1992 über dem Schelf von Sachalin, insbesondere innerhalb absinkender Frühjahrsdiatomeenblüten an der Pyknokline (vereinzelte Diatomeenmatten) signifikant höher als im Zentrum des Ochotskischen Meeres (Sorokin & Sorokin, 1999). Ungewöhnliche Profile mikrobieller Produktion wurden über dem Schelf von Sachalin gefunden: die mikrobielle Produktion blieb unter 100 m Wassertiefe relativ hoch, obwohl sie sonst in dieser Tiefe stark reduziert ist (Sorokin & Sorokin, 1999).

3 Material und Methoden

3.1 Untersuchungen an Planktonfängen

Um die jahreszeitlichen und regionalen Veränderungen der Radiolarienbiozönose untersuchen zu können, wurde die Wassersäule zu zwei verschiedenen Jahreszeiten beprobt. Die Planktonproben wurden an 11 Stationen während der Expedition mit "RV Utyos" (UT99; 22.5.-11.6.1999; "Frühjahrsproben") und an 13 Stationen während der Expedition mit RV "Akademik M.A. Lavrentiev" (LV28; 3.8.-12.9.1998; "Sommerproben") genommen (Abb. 3.1; Tab. 3.1). An jeder Station wurden fünf Tiefenintervalle mit dem Multinetz (Hydro-Bios, 1995; 55 µm Maschenweite) beprobt sowie mit der CTD Temperatur und Salzgehalt gemessen (Biebow und Hütten, 1999; Sosnin und Salyuk, unveröffentlichte Daten). An den meisten Stationen wurden die Tiefenintervalle 0 - 50 m, 50 - 130 (150) m, 130 (150) - 200 m, 200 - 300 m und 300 - 500 m an Stationen mit bis zu 500 m Wassertiefe oder 200 - 500 m und 500 - 1000 m an Stationen mit bis zu 1000 m Wassertiefe beprobt. Mit Hilfe von Durchflußmessern in den Netzen wurde das Wasservolumen, welches pro Beprobungsintervall durch das Netz geströmt ist, abgeschätzt (Tab. 3.1) (Hydro-Bios, 1995). Die Proben wurden in Ethanol konserviert.

Um die Radiolarienskelette quantitativ zu erfassen, wurden Teilmengen der Proben für die Lichtmikroskopie nach der AWI Standardmethode aufbereitet (Abelmann & Gowing, 1997). Die Fraktion zwischen 500 und 20 µm wurde zur Oxidation des organischen Materials zunächst mit KMnO_4 und danach mit H_2O_2 versetzt. Anschließend wurde mit HCl das Karbonat gelöst und die Probe über 20 µm abgesiebt. Dieser Rückstand wurde auf ein definiertes Volumen verdünnt. Eine definierte Teilmenge der Probensuspension wurde direkt auf ein Deckglas aufgetragen, vorsichtig getrocknet und in Kanadabalsam eingebettet. Unter einem Leitz Orthoplan-Mikroskop wurden die Radiolarien unter 400 facher Vergrößerung bestimmt und unter 160 facher Vergrößerung gezählt. Die Artenliste mit Angaben zur taxonomischen Bestimmung ist im taxonomischen Anhang aufgeführt. Pro Probe wurden – mit Ausnahme der Oberflächenwasserproben (0-50m) - zwischen 400 und 1000 Individuen gezählt (Tab. 3.1). Die Oberflächenwasserproben enthalten eine zu geringe Anzahl an Radiolarien, so daß nicht immer 300 Individuen gezählt werden konnten. Aus den Zählraten wurden

die relativen Häufigkeiten und die Populationsdichte (PD; Formel (1), Tab. 3.3) der Taxa berechnet.

Die für die Probenbearbeitung nicht verwendete Teilmenge ist im Kühllager des AWI archiviert.

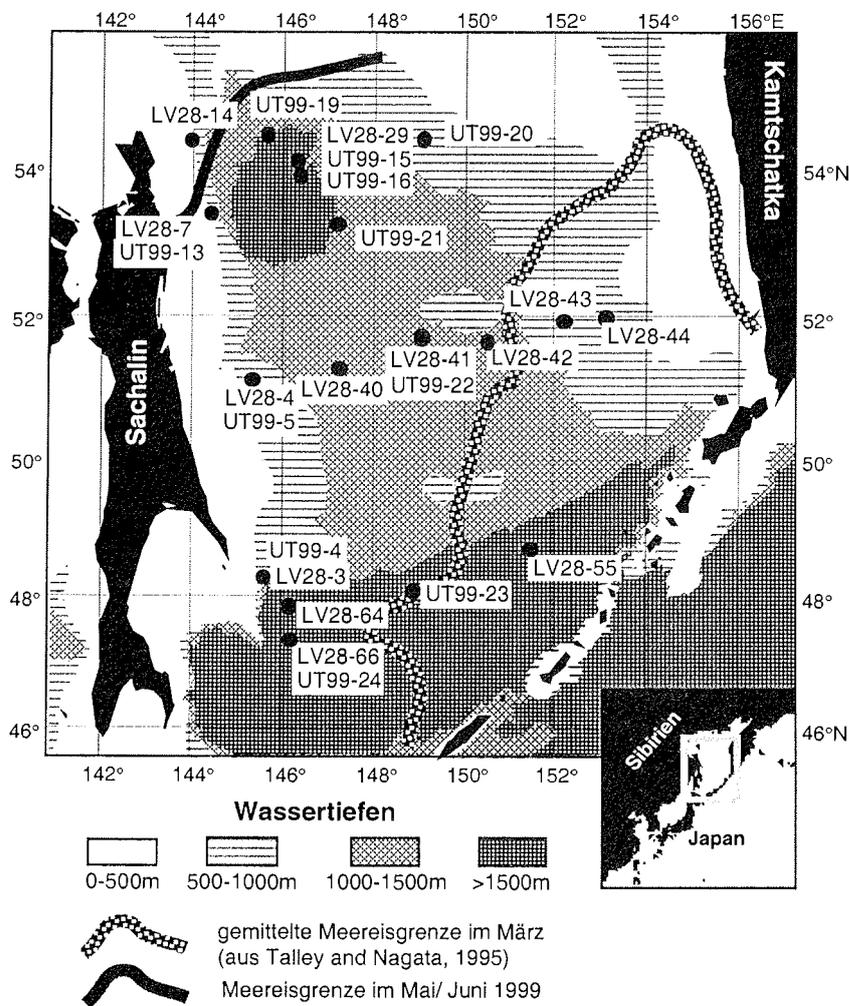


Abb. 3.1: Lage der Stationen, an denen Wassersäulenproben genommen wurden und Wassertiefen im Untersuchungsgebiet. Alle Stationen "UT99" wurden im Frühjahr (Mai/ Juni 1999), die Stationen "LV28" wurden im Sommer (August/ September 1998) beprobt.

Die ermittelten Wassersäulendaten sind in dem Informationssystem PANGAEA (<http://www.pangaea.de>) verfügbar.

Station Koordinaten	Beprobtes Tiefen- intervall [m]	Durchge- flossenes Wasser- volumen [m ³]	Gezählte Skelette	Station Koordinaten	Beprobtes Tiefen- intervall [m]	Durchge- flossenes Wasser- volumen [m ³]	Gezählte Skelette
UT99-4	0-50	40	17	LV 28-4	0-50	11,4	182
48°17.333'N	50-100	38	401	51°08.964'N	50-130	5,0	549
145°38.328'E	150-200	25	359	145°20.497'E	130-200	13,2	476
	200-500	70	355		200-300	8,5	1509
	500-1000	129	490		300-500	25,7	736
UT99-5	0-50	8	76	LV 28-7	0-50	1,4	306
51°9.155'N	50-150	15	72	53°22.813'N	50-130	15,4	97
145°19.101'E	150-200	10	481	144°25.634'E	130-200	9,4	404
	200-300	25	513		200-300	22,1	217
	300-600	45	378		300-500	52,4	439
UT99-13	0-50	26	26	LV 28-14	0-50	28,3	259
53°23.450'N	50-130	55	592	54°20.792'N	50-100	19,2	159
144°21.398'E	130-200	70	1087	143°58.281'E	100-150	2,0	438
	200-400	136	590		150-200	36,2	335
	400-470	41	227		200-400	94,4	601
UT99-15	0-50	34	58	LV 28-29	0-50	34,4	231
53°58.421'N	50-150	32	397	54°01.578'N	50-130	21,5	431
146°24.171'E	150-200	27	347	146°16.469'E	130-200	36,7	353
	200-500	96	540		200-500	131,6	433
	500-1000	156	374		500-1000	160,4	556
UT99-16	0-200	38	383	LV 28-40	0-50	8,7	370
53°52.807'N	200-300	22	385	51°18.102'N	50-130	6,7	564
146°24.787'E	300-400	32	439	147°14.532'E	130-200	9,5	482
	400-700	63	420		200-500	21,6	626
	700-1000	60	345		500-1000	44,0	679
UT99-19	0-50	21	1	LV 28-41	0-50	17,0	49
54°26.438'N	50-150	21	10	51°42.439'N	50-130	10,8	459
145°35.353'E	150-200	25	478	149°04.893'E	130-200	16,5	659
	200-500	83	341		200-500	38,5	548
	500-1000	123	324		500-1000	56,8	693
UT99-20	0-50	30	21	LV 28-42	0-50	19,4	212
54°23.059'N	50-150	24	329	51°44.997'N	50-130	16,2	553
147°11.261'E	150-200	27	418	151°00.969'E	130-200	26,6	639
	200-500	67	409		200-500	95,3	681
	500-800	64	384		500-900	137,9	319
UT99-21	0-50	11	65	LV 28-43	0-50	13,9	114
53°13.078'N	50-150	18	509	51°55.464'N	50-130	14,3	479
147°12.739'E	150-300	21	345	152°15.325'E	130-200	16,9	364
	300-600	30	401		200-300	21,5	610
	600-1000	59	372		300-500	44,0	366
UT99-22	0-150	30	56	LV 28-44	0-50	12,6	172
51°42.413'N	150-300	41	405	51°59.970'N	50-130	11,9	315
149°04.858'E	300-500	57	354	153°05.124'E	130-200	16,1	1028
	500-700	54	450		200-300	24,5	715
	700-900	46	341		300-500	49,3	399
UT99-23	0-50	23	39	LV 28-55	0-50	48,4	339
48°01.422'N	50-230	61	844	48°41.957'N	50-130	71,0	754
148°57.725'E	230-500	140	453	151°29.000'E	130-200	73,8	915
	500-1000	139	455		200-500	158,6	722
	1000-1300	85	440		500-1000	238,7	679
UT99-24	0-50	9	37	LV 28-64	0-50	42,5	200
47°08.046'N	50-150	6	702	47°52.229'N	50-130	39,3	345
146°06.672'E	150-200	6	663	146°09.697'E	130-200	41,0	928
	200-500	11	1037		200-500	127,7	506
	500-1000	39	624		500-1000	267,8	437
LV 28-3	0-50	9,5	332	LV 28-66	0-50	22,4	301
51°44.997'N	50-130	6,3	281	47°08.060'N	50-130	23,8	393
145°40.97'E	130-200	11,5	314	146°06.760'E	130-200	27,4	464
	200-500	21,1	348		200-500	89,2	507
	500-1000	30,2	829		500-1000	127,5	754

Tab. 3.1: Verzeichnis der Stationen, an denen Wassersäulenproben genommen wurden. Für jede Station sind die Koordinaten, die beprobten Tiefenintervalle, das durch das jeweilige Netz geflossene Wasservolumen und die gezählten Radiolarienskelette angegeben.

Physiologischer Zustand der Radiolarien in den Netzfängen

Ein generelles Problem aller Planktonuntersuchungen ist die Frage, ob das gefangene Individuum zum Zeitpunkt des Fanges noch gelebt hat. Wurde es wirklich in situ in seiner Biozönose gefangen oder hat es womöglich in einer höheren Wasserschicht gelebt und ist nach dem Tod abgesunken? Aus diesem Grund wurden zunächst Teilmengen der Proben unter dem Inversmikroskop untersucht, um zu überprüfen, ob die Radiolarianskelette ein intaktes Zytoplasma aufweisen. Es wird angenommen, daß die Radiolarien lebend gefangen wurden, wenn sie von Zytoplasma umgeben sind (Abelmann & Gowing, 1997). Dies ist bei einem hohen Prozentsatz der untersuchten Individuen der Fall, jedoch konnten durch die große Häufigkeit anderer Phyto- und Zooplanktongruppen nur wenige Individuen pro Probe gezählt werden (Tab. 3.2). Eine verlässlichere Methode zur Beurteilung des physiologischen Zustandes der Radiolarien wäre die Anfärbung des Zellkerns, z.B. mit DAPI Farbe, die nur einen intakten Zellkern zum Leuchten bringt (Gowing, 1986). Allerdings kann diese Methode nur bei in Formaldehyd konservierten Proben angewandt werden und somit nicht bei den mit Ethanol konservierten Radiolarienfängen. Bisher ist diese Methode auch noch nicht bei Radiolarienuntersuchungen, die ähnliche Zielsetzungen wie die vorliegende Arbeit hatten, angewendet worden.

	Frühling			Sommer		
	Anzahl der untersuchten Individuen	Leere Skelette	Radiolarien mit Zytoplasma	Anzahl der untersuchten Individuen	Leere Skelette	Radiolarien mit Zytoplasma
	50 m - 150 m			50 m - 130 m		
Polycystine Rad.	13	8%	92%	61	11%	89%
Phaeodarien	107	7%	93%	56	5%	95%
	150 m - 200 m			130 m - 200 m		
Polycystine Rad.	23	0%	100%	198	5%	95%
Phaeodarien	99	6%	94%	266	9%	91%
	200 m - 500 m			200 m - 500 m		
Polycystine Rad.	34	6%	94%	445	15%	85%
Phaeodarien	124	15%	85%	523	10%	90%
	500 m - 1000 m			500 m - 1000 m		
Polycystine Rad.	19	11%	89%	379	3%	97%
Phaeodarien	2	0%	100%	95	24%	76%

Tab. 3.2: Ergebnisse der Untersuchung am Inversmikroskop für jedes Tiefenintervall nach Jahreszeiten unter 50 m Wassertiefe. Die untersuchten Individuen aller Proben eines Tiefenintervalls wurden zusammengezählt. Die Anzahl der Radiolarien ist nach polycystinen Radiolarien und Phaeodarien getrennt. Angegeben sind die relativen Häufigkeiten der leeren und mit Zytoplasma gefüllten Skelette.

Auch wenn der direkte Nachweis des physiologischen Zustandes der Radiolarien in der Wassersäule schwierig ist, zeigen die Ergebnisse (vgl. Kap. 4 und 5) dieser Arbeit, daß die Radiolarien in ihren tatsächlichen Habitaten gefangen und damit eindeutig die Biozönosen beprobt wurden. Alle Taxa zeigen charakteristische Maxima in bestimmten Fangintervallen in beiden Jahreszeiten (vgl. Abb. 4.5, 4.8, 4.10, 4.11, 5.2 und 5.3). Würde ein Großteil der untersuchten Radiolarien aus herabsinkenden, toten Individuen bestehen, dann müßte man ein zweites Populationsmaximum über dem charakteristischen Hauptverbreitungsintervall finden, und die Vergesellschaftungen in den einzelnen Tiefenintervallen müßten wesentlich heterogener zusammengesetzt sein. Keines der untersuchten Taxa zeigt zwei Populationsmaxima, so daß die Biozönosen durch herabsinkende Radiolarianskelette nicht maßgeblich überprägt worden sein können. Zwar kommen einzelne Radiolariantaxa auch unterhalb ihres Populationsmaximums vor, aber aufgrund der deutlichen Abnahme der Populationsdichte unter dem charakteristischen Hauptverbreitungsintervall hat dies keinen wesentlichen Einfluß auf die Interpretation des Populationsmaximums als Habitat.

Während der Untersuchung am Inversmikroskop wurden auch die Anteile der anderen Planktonorganismen abgeschätzt.

3.2 Untersuchungen an Oberflächensedimenten

Für die Untersuchung der Oberflächensedimente im Ochotskischen Meer wurden 35 Oberflächensedimentproben mit dem Mini- oder Multicorer auf verschiedenen Expeditionen genommen (Abb. 3.2, Tab. 3.4) (Biebow und Hütten, 1999; Biebow *et al.*, 2000; Nürnberg *et al.*, 1997).

Die Proben wurden für die lichtmikroskopische Untersuchung nach der AWI-Standardmethode aufbereitet (Abelmann *et al.*, 1999; Abelmann, 1988; Brathauer, 1996). Dazu wurde eine abgewogene Menge des gefriergetrockneten Materials zunächst mit Waschbenzin (Lösol) versetzt, dann mit H₂O₂ und HCl gekocht und schließlich über 40 µm- und 500 µm-Siebe gesiebt und geteilt. Die Fraktion 40 - 500 µm wurde auf ein definiertes Volumen ($V_{\text{Lös.}}$) in Kautexflaschen aufgefüllt. Für jede Probe wurde ein rechteckiges Deckgläschen (Fläche = 1200 mm²) in eine Petrischale (5.8 cm Durchmesser; Fläche $A_{\text{Petrischale}} = r^2 = 2642.08 \text{ mm}^2$) gelegt, welche danach mit

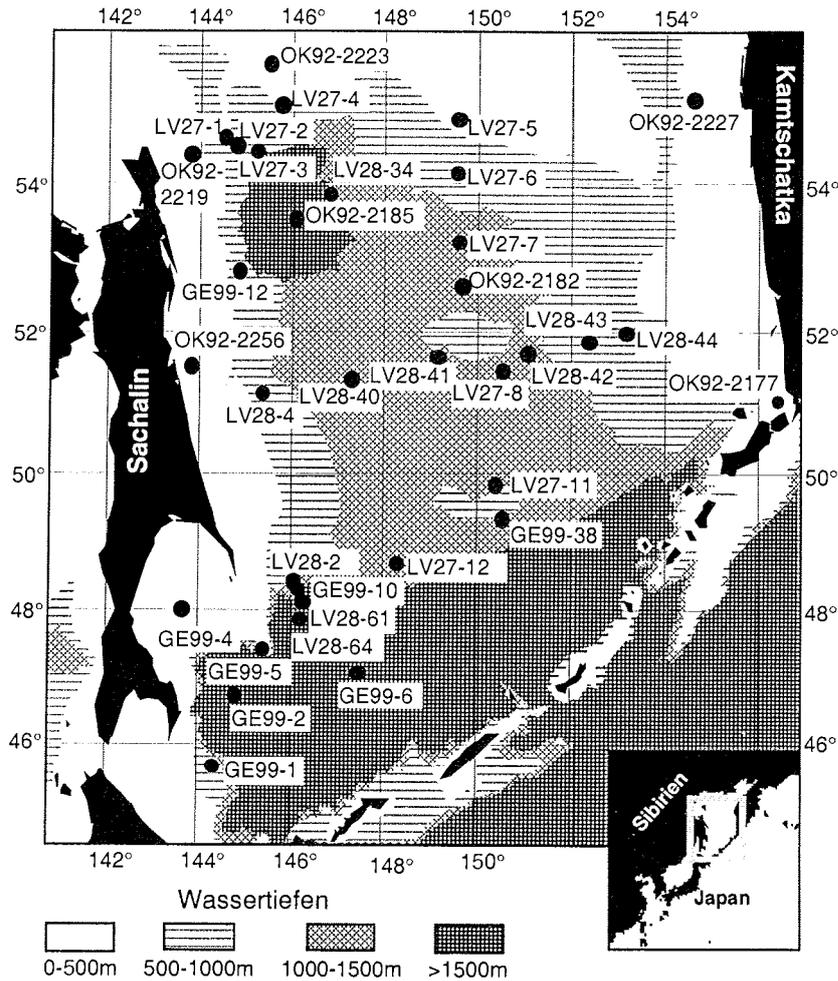


Abb. 3.2: Lage der Stationen, an denen Oberflächenproben genommen wurden und Wassertiefen im Untersuchungsgebiet.

gelatinehaltigem Wasser aufgefüllt wurde. Aus der Probensuspension wurde eine bestimmte Teilmenge in die Petrischale mit dem gelatinehaltigen Wasser pipettiert. In das Wasser wurden nach ca. 30 Minuten Papierstreifen gehängt, damit es ablaufen und die Radiolarien sich gleichmäßig in der Petrischale verteilen konnten. Die Deckgläser wurden mit Kanadabalsam auf Objektträgern fixiert. Pro Probe wurden unter einem Leitz Orthoplan-Mikroskop mit 160 facher Vergrößerung mindestens 400 Individuen (N) gezählt (Tab. 2). Die Fläche einer gezählten Traverse (A_T) bei 160 facher Vergrößerung beträgt 75 mm^2 . Daraus ergibt sich durch Multiplikation mit der Anzahl der gezählten Traversen (n_G) die gesamte, pro Präparat gezählte, Fläche. Nach der

Radiolarienzählung wurden die relativen Häufigkeiten der Taxa und ihre Konzentration (RK; Formel (2), Tab. 3.3) berechnet.

Expedition Station	Länge (°N)	Breite (°E)	Wassertiefe [m]	Gerät	Gezählte Skelette	LSR [cm ka ⁻¹]
Akademik Nemeyanov (1992) OK92						
2177	50°57.60'	155°41.460'	640	MUC	10	keine Daten
2182	52°39.00'	149°37.980'	1120	MUC	402	8
2185	53°33.00'	146°1.980'	1750	MUC	436	36
2223	55°31.38'	145°30.300'	128	MUC	426	keine Daten
2219	54°26.70'	143°54.780'	480	MUC	63	keine Daten
2227	55°10.02'	154°32.100'	228	MUC	23	3
2256	51°30.12'	143°39.600'	48	MUC	2	keine Daten
Akademik Lavrentiev (1996) LV27						
1	54°34.56'	144°28.36'	1148	MUC	401	51
2	54°30.11'	144°45.33'	1273	MUC	511	53
3	54°24.83'	145°08.41'	1476	MUC	553	22
4	55°03.43'	145°44.08'	860	MUC	515	9
5	54°49.56'	149°32.22'	462	MUC	435	10
6	54°09.81'	149°30.09'	878	MUC	404	3
7	53°14.28'	149°34.37'	1150	MUC	412	4
8	51°29.82'	150°30.73'	1147	MUC	416	20
11	49°51.06'	150°19.07'	1151	MUC	463	16
12	48°42.50'	148°14.38'	1296	MUC	560	9
Akademik Lavrentiev (1998) LV28						
2	48°21.737'	146°02.071'	1286	MUC	504	26
4	51°08.897'	145°18.91'	675	MUC	447	140
34	53°51.914'	146°44.961'	1405	MUC	510	7
40	51°20.087'	147°13.090'	1313	MUC	413	21
41	51°41.478'	149°04.427'	1068	MUC	417	12
42	51°43.089'	150°59.716'	1036	MUC	439	12
43	51°54.461'	152°16.600'	842	MUC	412	37
44	52°01.152'	153°05.872'	694	MUC	441	25
61	48°10.318'	146°11.280'	1714	MUC	436	keine Daten
64	47°54.203'	146°07.110'	2480	MUC	433	50
Marshal Gelovany (1999) GE 99						
1	45°34.893'	144°20.395'	790	MIC	446	keine Daten
2	46°41.692'	144°47.519'	3050	MIC	398	keine Daten
4	48°01.499'	143°35.170'	75	MIC	0	keine Daten
5	47°24.747'	145°23.048'	515	MIC	465	keine Daten
6	47°21.188'	148°22.627'	3350	MIC	464	keine Daten
10	48°18.309'	146°08.148'	1390	MUC	452	11
12	52°50.787'	144°47.626'	930	MUC	416	122
38	49°20.491'	150°29.809'	1100	MIC	499	2

Tab. 3.4: Verzeichnis der bearbeiteten Sedimentoberflächenproben. Für jede Station sind die Koordinaten, Wassertiefe, die pro Probe gezählten Radiolarienskelette und die Lineare Sedimentationsrate (LSR) angegeben.

Die Radiolarienakkumulationsrate (RAR) wurde aus der Radiolarienkonzentration nach Formel 3 (Tab. 3.3) berechnet (Schröder-Ritzrau, 1995). Für die meisten Oberflächensedimentstationen dieser Radiolarienuntersuchung wurden für den Zeitraum der letzten 6000 Jahre lineare Sedimentationsraten (LSR) bestimmt (Biebow & Hütten, 1999; Biebow *et al.*, 2000; Nürnberg *et al.*, 1997; Tiedemann & Nürnberg, 2001) (Tab. 3.4). Als Trockendichte (DBD) der holozänen, stark opalhaltigen Oberflächensedimentproben wird ein Wert von 0.55 g/cm³ angenommen (Nürnberg, pers. Mitt.).

In den Proben OK92-2177, OK92-2219, OK92-2227, OK92-2256 und GE99-4 konnten keine oder nur sehr wenige Radiolarien gezählt werden (Tab. 3.4). Deshalb wird für diese Proben nur die RK angegeben. Die RAR und die relativen Häufigkeiten der Radiolarien wurden nur für Proben berechnet, in denen mehr als 400 Skelette gezählt werden konnten. Die ermittelten Oberflächensedimentdaten sind in dem Informationssystem PANGAEA (<http://www.pangaea.de>) verfügbar.

Formeln

$$(1) \text{ PD [Skelette/m}^3] = \frac{N * \frac{V_{\text{Lös.}}}{V_{\text{Split}}}}{V_{\text{Netz}} * P_{\text{Split}}}$$

$$(2) \text{ RK [Skelette/g]} = \frac{N}{n_G} * \frac{A_P}{A_T} * \frac{V_{\text{Lös.}}}{V_{\text{Split}}} * \frac{1}{WT}$$

$$(3) \text{ RAR [Skelette/m}^2\text{/yr]} = \text{DBD} * \text{RK} * \text{LSR} * 10$$

$$(4) \text{ RD [Skelette/m}^2] = (\text{PD}_1 * d_1) + (\text{PD}_2 * d_2) + (\text{PD}_3 * d_3) + (\text{PD}_4 * d_4) + (\text{PD}_5 * d_5)$$

PD = Populationsdichte

RK = Radiolarienkonzentration

RAR = Radiolarienakkumulationsrate

RD = Radiolariendichte

N = Anzahl der gezählten Individuen

V_{Lös.} = Volumen der Probensuspension

V_{Split} = definiertes Teilvolumen der Probensuspension

V_{Netz} = durchflossenes Wasservolumen pro Netzfang

P_{Split} = Probensplit, der für die Aufbereitung verwendet wurde

n_G = Anzahl der gezählten Traversen

A_P = Fläche der Petrischale

A_T = Fläche einer Traverse

WT = Gewicht des gefriergetrockneten Probenmaterials, welches zur Aufbereitung verwendet wurde [g]

DBD = Trockendichte

LSR = Lineare Sedimentationsrate

d_i = Länge der Tiefenintervalle an einer Station

Tab. 3.3 Verwendete Formeln zur Berechnung von Populationsdichte (1), Radiolarienkonzentration (2), Radiolarienakkumulationsrate (3) und Radiolariendichte (4).

3.3 Berechnung der Radiolariendichte für den Vergleich von Plankton- und Oberflächensedimentverteilung

Um den Vergleich der Wassersäulen- mit den Oberflächensedimentdaten zu erleichtern, ist eine Aufsummierung der Radiolarienpopulation über die gesamte untersuchte Wassersäule sinnvoll, da Oberflächensedimente das gesamte Signal der Wassersäule integrieren. Darum wurde für die polycystinen Radiolarien die Radiolariendichte (RD) nach Molina-Cruz *et al.* (1999) berechnet. Die Populationsdichte jedes Fangintervalls an einer Station wurde aufsummiert, indem die einzelnen Werte nach der Länge dieses Fangintervalls gewichtet wurden (Formel (4), Tab. 3.3). Aus diesen Ergebnissen wurden die relativen Häufigkeiten für die einzelnen Taxa, bezogen auf die insgesamt untersuchte Wassersäule, berechnet.

3.4 Multivariate statistische Verfahren

Die erhobenen Datensätze der Wassersäulen- und Oberflächenproben wurden mit Hilfe der Q-Modus-Faktorenanalyse ausgewertet, die ein Standardverfahren für die Interpretation mikropaläontologischer Datensätze darstellt (z.B. Abelmann *et al.*, 1999; Imbrie und Kipp, 1971; Matthiessen, 1994; Molina-Cruz & Martinez-López, 1994; Molina-Cruz *et al.*, 1999; Morley, 1979; Morley *et al.*, 1986, 1987; Niebler & Gersonde, 1998; Pisias *et al.*, 1997; Welling und Pisias, 1993, 1998b; Welling *et al.*, 1996; Zielinski *et al.*, 1998). Die Q-Modus-Faktorenanalyse wurde nach dem Verfahren von Imbrie und Kipp (1971) mit der Software PaleoToolBox von Sieger *et al.* (1999) berechnet.

Das Ziel der Q-Modus-Faktorenanalyse ist es, durch eine minimale Anzahl an Faktoren (=Vergesellschaftungen) die größtmögliche Varianz in einem Datensatz zu erklären. Durch dieses statistische Verfahren kann die visuelle subjektive Interpretation objektiviert werden. Mit normierten Daten wird eine Q-Modus-Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation durchgeführt, um die Variablen (Radiolarienarten) und Objekte (Plankton- oder Oberflächensedimentproben) zu wenigen Faktoren zusammenzufassen (Brathauer, 1996; Imbrie & Kipp, 1971; Malmgren & Haq, 1982; Matthiessen, 1994; Porthun, 2000; Welling & Pisias, 1993; Welling *et al.*, 1996). Die Faktorladungen geben die Gewichtung eines Faktors in einer Probe an, während die Faktorwerte anzeigen, aus welchen Arten sich die Vergesellschaftung zusammensetzt

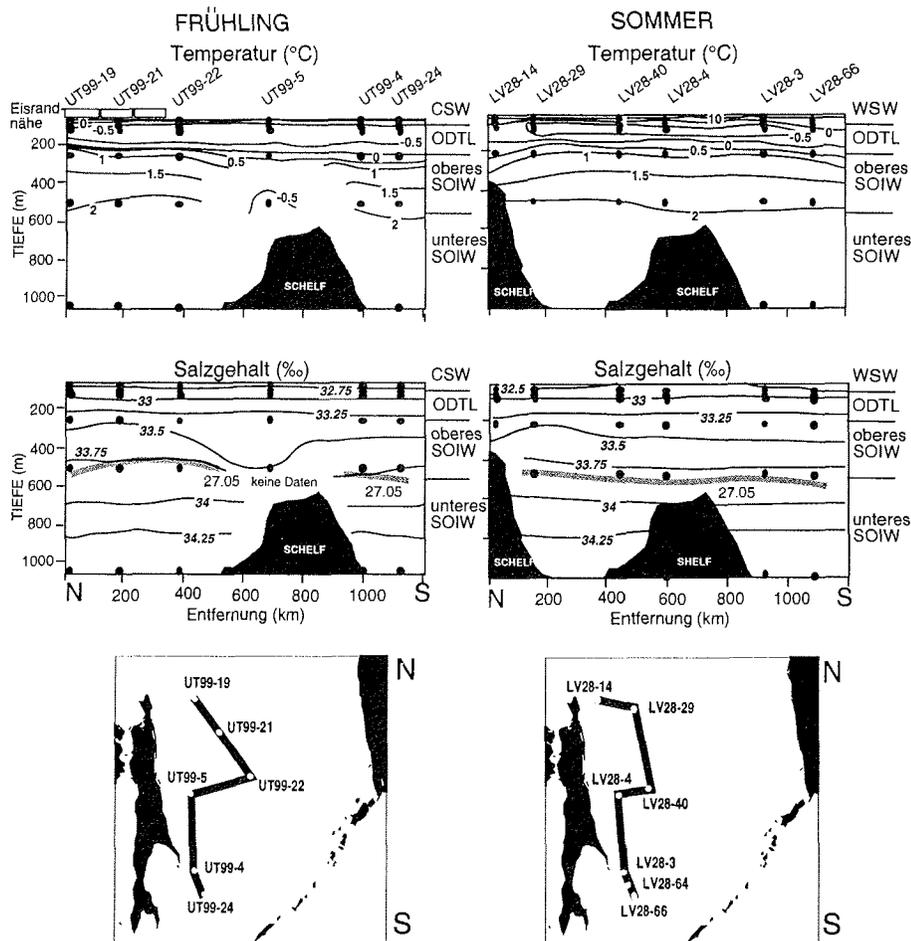
(Backhaus *et al.*, 1989; Brathauer, 1996; Porthun, 2000; Schmiedl, 1995). Faktorladungsbeträge ab ungefähr 0,5 gelten als statistisch signifikant und weisen auf einen deutlichen Einfluß einer Faktorenvergesellschaftung in einer Probe hin (Backhaus *et al.*, 1989). Die Kommunalität (= Summe der Quadrate der Faktorenladungen einer Probe) gibt an, wie gut das Faktorenmodell die ursprüngliche Zusammensetzung der Probe erklärt (Imbrie & Kipp, 1971; Malmgren & Haq, 1982). Aus der Varianz eines Faktors (= Summe der Quadrate der Faktorladungen des Faktors) wird ersichtlich, wie gut die Ausgangssituation durch diesen Faktor erklärt wird. Die kumulative Varianz (= Summe der Varianzen) gibt an, wie gut die Ausgangssituation durch das Modell erklärt wird (Backhaus *et al.*, 1989).

Die Q-Modus-Faktorenanalyse wird für eine unterschiedliche Anzahl von Faktoren erstellt und zunächst werden mehr Faktoren für die Berechnung angegeben als erwartet werden (Imbrie & Kipp, 1971). Die Ergebnisse werden dann hinsichtlich ihrer ökologischen Interpretierbarkeit und ihrer statistischen Signifikanz bewertet. Die Faktorenanalyse wird mit einer um einen Faktor reduzierten Anzahl solange wiederholt, bis sinnvolle und interpretierbare Ergebnisse erzielt werden (Imbrie & Kipp, 1971).

4 Ergebnisse

4.1 Hydrographische und produktionsbiologische Situation zur Zeit der Planktonfänge

Die parallel zu den Planktonfängen durchgeführten CTD-Messungen (Biebow und Hütten, 1999, Salyuk und Sosnin, unveröffentlichte Daten) zeigen, daß die physikalischen Eigenschaften der Wassermassen zur Zeit der Fänge repräsentativ für die durchschnittlichen Bedingungen im Ochotskischen Meer waren. Die Temperatur- und Salzgehaltswerte sind für das Nord-Süd-Profil östlich von Sachalin dargestellt (Abb. 4.1). Die Oberflächenwassermasse von ungefähr 0 bis 50 m Wassertiefe ist durch ausgeprägte saisonale Schwankungen der Temperatur und des Salzgehaltes gekennzeichnet. Während die Temperatur im Frühjahr (CSW = Kaltes Oberflächenwasser) in 10 m Wassertiefe noch bis zu $-0,3^{\circ}\text{C}$ betragen kann, erreicht sie im Sommer (WSW = Warmes Oberflächenwasser) ein Maximum von $15,6^{\circ}\text{C}$. Die Wassermassen unter der durchmischten Deckschicht zeigen dagegen kaum jahreszeitliche Schwankungen. Die Temperaturen in 100 m Tiefe, die niedrigsten in der ODTL, liegen zwischen $-1,7^{\circ}\text{C}$ (Minimum während des Frühjahrs) und $1,1^{\circ}\text{C}$ (Maximum während des Sommers in der Nähe von Kamtschatka). An den meisten westlichen Sommerstationen wurde ungefähr $-1,0^{\circ}\text{C}$ gemessen. Lediglich in der Nähe des Amureinstromes sind die Temperaturen in 100 m Tiefe mit $-0,2^{\circ}\text{C}$ und $-0,1^{\circ}\text{C}$ deutlich höher. Die Temperaturen in 250 m Wassertiefe im oberen SOIW liegen zwischen $0,6^{\circ}\text{C}$ und $1,5^{\circ}\text{C}$, wobei sie auch in dieser Wassertiefe im Frühjahr noch geringfügig niedriger als im Sommer sind. Die Temperaturen in 500 m Wassertiefe schwanken allgemein zwischen $1,7^{\circ}\text{C}$ und $2,2^{\circ}\text{C}$. Die Stationen UT99-13 (vgl. auch Abbildungsanhang) und UT99-5 im Sachalin-Gebiet bilden mit Temperaturen von $-0,6^{\circ}\text{C}$ und $-0,7^{\circ}\text{C}$, die mit relativ hohen Salzgehalten verbunden sind, eine Ausnahme (Abb. 4.1). Vermutlich ist relativ kaltes Schelfwasser während der Meereisbildung im Norden abgesunken und belegt, daß Mischungsprozesse bis in diese Tiefe stattfinden (Sosnin *et al.*, 2000). Die Temperaturen in 1000 m Wassertiefe im unteren SOIW zeigen keine jahreszeitlichen Schwankungen und liegen zwischen $2,3^{\circ}\text{C}$ und $2,5^{\circ}\text{C}$ (Biebow & Hütten, 1999, Salyuk & Sosnin, unveröffentlichte Daten).



CSW = Kaltes Oberflächenwasser; WSW = Warmes Oberflächenwasser; ODTL = Dichothermale Schicht; oberes SOIW = oberes Zwischenwasser; unteres SOIW = unteres Zwischenwasser

Abb. 4.1: Nord-Süd Profile der Temperatur und des Salzgehaltes (Biebow, 1999; Salyuk und Sosnin, unveröffentlichte Daten) im Frühjahr 1999 und Sommer 1998. In dem Salzgehaltsprofil ist zusätzlich die Dichte von $\theta_T=27,05$ eingetragen, welche die untere Grenze des oberen SOIW darstellt (Wong *et al.*, 1998).

Der Salzgehalt nimmt kontinuierlich mit der Tiefe zu, wobei die niedrigsten oberflächennahen Salzgehaltswerte an den nördlichen und südlichen schelfnahen Sommerstationen zu finden sind. Im Bereich des unteren SOIW werden Werte über 34,25‰ erreicht. Unter 200 m Wassertiefe werden mit Ausnahme der Stationen UT99-13 und UT99-5 keine jahreszeitlichen Schwankungen verzeichnet.

Diatomeen, Dinoflagellaten, Tintinniden und Copepoden sind die häufigsten Planktongruppen, welche zusätzlich, neben den Radiolarien, unter dem

Inversmikroskop abgeschätzt wurden. Sie weisen deutliche Unterschiede in ihren Häufigkeiten zwischen den Frühjahrs- und den Sommerproben auf (Tab. 4.1). Während in den Frühjahrsproben vegetative Stadien von *Chaetoceros* spp. dominieren, sind Dinoflagellaten (hauptsächlich *Ceratium arcticum*) und Tintinniden die häufigsten Planktongruppen im Sommer. Diese jahreszeitliche Variation bestätigt, daß die Planktonfänge repräsentativ für verschiedene Produktionsphasen sind.

Planktongruppe	Zusammensetzung Frühling (%)	Zusammensetzung Sommer (%)
<i>Ceratium arcticum</i>	14	21
<i>Protoperdinium</i> spp.	6	9
Tintinniden	1	44
Copepoden	4	5
<i>Chaetoceros</i> spp.	49	13
Diatomeen (einzelne zentrische Valven)	13	8
Diatomeen (Ketten)	10	0
<i>Coretron</i> spp.	2	0

Tab. 4.1: Abschätzung der Planktongruppen in den Proben bis 150 m Wassertiefe. Von 0 bis 50 m Wassertiefe konnte diese Abschätzung nicht vorgenommen werden, da für dieses Tiefenintervall die ganze Probe für die Radiolarienzählung aufbereitet wurde.

4.2 Radiolarienverteilung in den Planktonfängen

4.2.1 Radiolarienpopulationsdichte

Zwischen den Frühjahrs- und den Sommerproben werden deutliche Unterschiede in der Radiolarienpopulationsdichte (RPD) und der Populationsdichte (PD) der Phaeodarien, Nassellarien und Spumellarien verzeichnet. Dies kann beispielhaft an dem Nord-Süd-Profil östlich von Sachalin dargestellt werden (Abb. 4.2). Die RPD ist an vergleichbaren Stationen im Sommer um bis zu eine Größenordnung höher als im Frühling. In den meisten Frühjahrsproben variiert die RPD zwischen weniger als 30 Skeletten/m³ bis zu 300 Skeletten/m³, wobei Werte mit bis zu 1300 Skeletten/m³ nur an der südlichsten Station UT99-24 verzeichnet werden. In den meisten Sommerproben werden Werte von 200 bis 600 Skeletten/m³ erreicht. Maximalwerte von mehr als 1500 Skeletten/m³ sind auf drei Stationen beschränkt. Obwohl die Wassermassen unter der Deckschicht keine oder nur geringe Temperaturschwankungen aufweisen, sind die regionalen Variationen der RPD innerhalb eines Tiefenintervalls während beider Jahreszeiten erheblich. In der Deckschicht, die durch starke jahreszeitliche Temperaturschwankungen gekennzeichnet

ist, ist die RPD sehr niedrig und an den meisten Stationen liegt sie deutlich unter 50 Skeletten/m³.

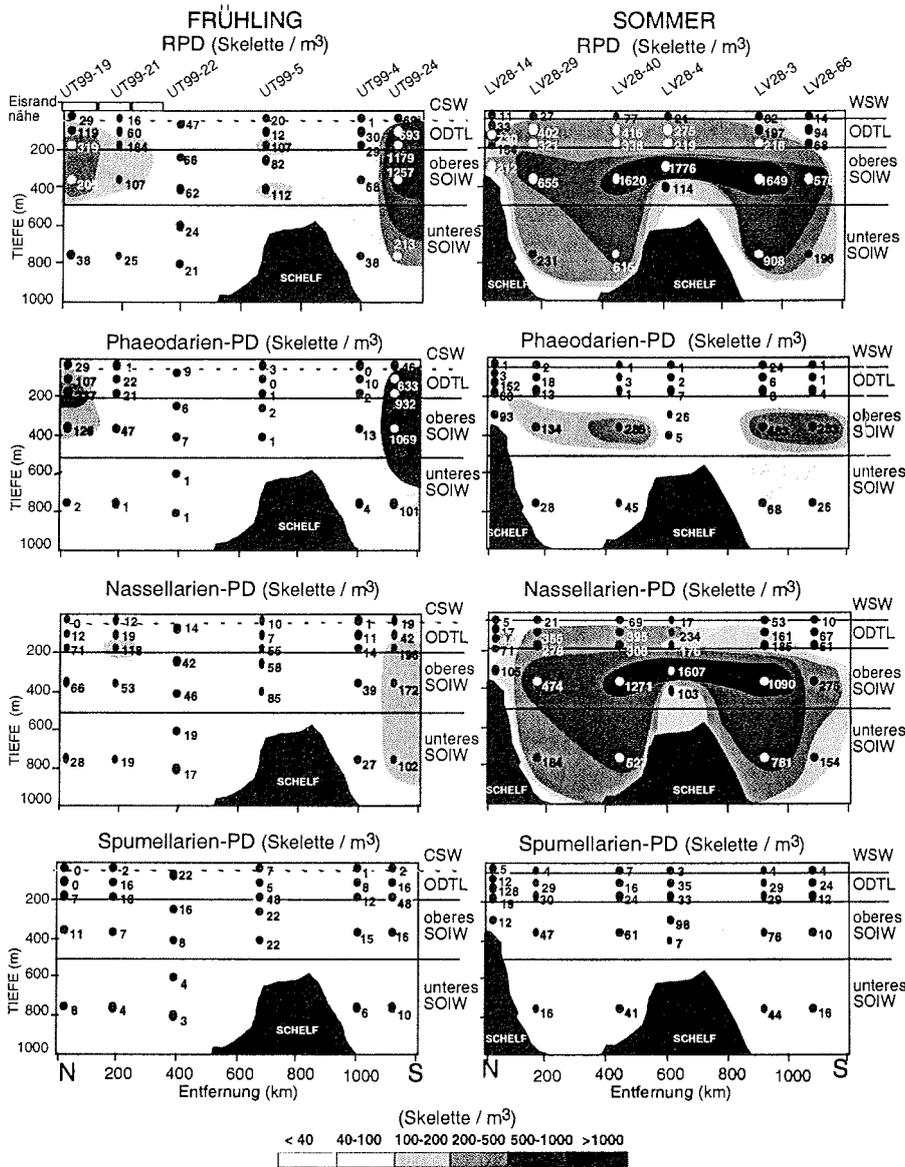


Abb. 4.2: Nord-Süd Profile der Radiolarienpopulationsdichte (RPD), der Nassellarien-PD, Phaeodarien-PD und Spumellarien-PD. Die eingetragenen Punkte stellen die Mitte des jeweiligen Fangintervalls dar. Lage der Profile und Wassermassenabkürzungen in Abb. 4.1.

Im Frühjahr dominieren die Phaeodarien, die besonders an den nördlichen Stationen in der Nähe des Eisrandes (150 bis 400 Skelette/m³ an UT99-13, -19, -20) und an den

südlichen Stationen im Kurilen-Becken (150 bis 1000 Skelette/m³ an UT99-23, -24) häufig sind (Abb. 3.1, 4.2). Fast der gesamte Bestand der Phaeodarien besteht aus *Protocystis tridens*. Die Phaeodarien-PD geht an den dazwischenliegenden Stationen (UT99 -4, -5, -15, -16, -22) auf Werte unter 20 Skelette/m³ zurück. Im Gegensatz zu der Frühjahrssituation ist die PD der Phaeodarien im Sommer an den nördlichen und südlichen Stationen geringer. An den dazwischen gelegenen Stationen im oberen Zwischenwasser nimmt sie aber mit ungefähr 200 bis 600 Skeletten/m³ im Vergleich zum Frühjahr zu (Abb. 4.2).

Die Nassellarien dominieren im Sommer die Radiolarienvergesellschaftungen und weisen an vergleichbaren Stationen unterhalb der Deckschicht wesentlich höhere PD auf als im Frühjahr. Die PD sind im Sommer in der Deckschicht deutlich geringer als in den tieferen Wasserschichten und die höchste Nassellarien-PD wurde überwiegend in 200 bis 500 m Wassertiefe an den westlichen Stationen des Untersuchungsgebietes gefunden (vgl. auch Datenanhang, Abbildungsanhang). Dies trifft nicht auf die flache Station LV28-14 (ca. 440 m Wassertiefe) zu, die die höchste Nassellarien-PD in geringeren Wassertiefen von 100 bis 150 m aufweist (Abb. 4.2). Mit Werten zwischen 1100 bis 1600 Skeletten/m³ erreichen die westlichen Stationen LV28-4, -40 und -3 die höchsten Nassellarien-PD. Im Vergleich dazu ist die Nassellarien-PD und somit auch die RPD an den östlichen Stationen des Untersuchungsgebietes im Sommer wesentlich geringer (vgl. auch Datenanhang, Abbildungsanhang).

Die PD der Spumellarien ist zu beiden Jahreszeiten gering und zeigt auf Grund der geringen Anzahl gezählter Exemplare keine interpretierbaren Trends.

4.2.2 Radiolarienvergesellschaftungen in der Wassersäule

Mit Hilfe der Q-Modus-Faktorenanalyse_{Wassersäule} wurden die Vergesellschaftungen in der Wassersäule, ihre räumliche Verbreitung und die für die Vergesellschaftungen charakteristischen Taxa ermittelt. Die Q-Modus-Faktorenanalyse_{Wassersäule} wurde mit 55 Taxa, die mindestens 5% in allen Proben ausmachen, berechnet. Die Verteilung der Radiolarien in der Wassersäule läßt sich sinnvoll durch ein Modell mit 7 Faktoren erklären, das eine kumulative Varianz von 93.3% aufweist (Abb. 4.3, Tab. 4.2). Zusätzliche Faktoren würden die kumulative Varianz nur geringfügig erhöhen und lassen sich zudem nicht ökologisch eindeutig interpretieren. Obwohl in den meisten

Station und Tiefe	Kommunalität	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6	Faktor 7
UT13-0-50	0.966	-0.042	-0.955	-0.029	0.031	0.069	0.212	0.018
UT13-50-125	0.995	-0.037	-0.99	0.024	-0.002	0.112	0.015	0.003
UT13-125-200	0.99	-0.018	-0.962	0.093	0.031	0.23	0.034	-0.001
UT13-200-400	0.987	0.224	-0.552	0.685	-0.028	0.389	0.084	0.06
UT13-400-470	0.966	0.61	-0.076	0.642	-0.052	0.324	0.174	0.194
UT15-0-50	0.651	0.037	-0.213	0.332	-0.173	0.07	0.675	0.059
UT15-50-150	0.934	0.018	-0.515	0.309	-0.525	0.08	0.539	0.013
UT15-150-200	0.913	0.13	-0.061	0.598	-0.323	0.574	0.319	-0.006
UT15-200-500	0.938	0.108	-0.27	0.85	-0.11	0.281	0.185	0.082
UT15-500-1000	0.899	0.125	-0.041	0.779	-0.006	0.211	0.101	0.469
UT16-0-200	0.931	-0.013	-0.941	0.066	-0.067	0.143	0.128	0.023
UT16-200-300	0.992	0.181	-0.056	0.892	-0.272	0.239	0.162	0.047
UT16-300-400	0.981	0.027	-0.9	0.409	-0.021	0.021	0.012	0.039
UT16-400-700	0.955	0.187	-0.307	0.847	-0.075	0.085	0.054	0.304
UT16-700-1000	0.782	0.278	-0.037	0.693	-0.188	0.098	0.136	0.399
UT19-0-50	0.985	-0.028	-0.99	-0.028	0.023	-0.024	-0.034	0.006
UT19-50-150	0.982	-0.025	-0.988	0.005	-0.071	-0.031	-0.012	0
UT19-150-200	0.994	-0.002	-0.986	0.108	-0.099	-0.025	0.003	0.013
UT19-200-500	0.991	0.001	-0.96	0.251	-0.041	-0.026	-0.014	0.058
UT19-500-1000	0.937	0.327	-0.037	0.574	-0.038	0.209	0.107	0.666
UT20-0-50	0.991	-0.038	-0.992	0.021	0.026	-0.028	-0.011	0.067
UT20-50-150	0.991	-0.026	-0.992	0.014	-0.064	-0.029	0.012	0.004
UT20-150-200	0.869	-0.029	-0.041	0.454	-0.21	0.759	0.195	-0.049
UT20-200-500	0.955	0.128	-0.13	0.919	-0.235	-0.046	0.033	0.139
UT20-500-800	0.954	0.148	-0.044	0.705	-0.024	0.27	0.069	0.596
UT21-0-50	0.774	0.353	-0.043	0.738	-0.209	0.126	0.152	0.142
UT21-50-150	0.958	0.04	-0.869	0.218	-0.272	0.182	0.217	0.009
UT21-150-300	0.971	0.197	-0.275	0.889	-0.247	0.039	0.046	0.051
UT21-300-600	0.981	0.023	-0.843	0.498	-0.094	-0.02	-0.004	0.113
UT21-600-1000	0.862	0.138	-0.033	0.836	-0.034	0.143	0.065	0.343
UT22-0-150	0.842	0.011	-0.409	0.318	-0.439	0.361	0.5	-0.002
UT22-150-300	0.973	0.035	-0.166	0.843	-0.283	0.362	0.146	0.014
UT22-300-500	0.917	0.064	-0.171	0.926	-0.101	0.003	0.026	0.126
UT22-500-700	0.938	0.225	-0.029	0.767	-0.065	0.08	0.047	0.534
UT22-700-900	0.919	0.359	-0.026	0.679	0.006	0.073	0.059	0.566
UT23-0-50	0.966	0.051	-0.976	0.065	0.009	0.067	0.03	0.04
UT23-50-220	0.998	-0.022	-0.996	0.008	-0.048	0.054	0.028	0.01
UT23-220-500	0.996	0.125	-0.91	0.355	-0.003	0.153	0.012	0.053
UT23-500-1000	0.96	0.15	-0.383	0.502	-0.012	0.038	0.066	0.73
UT23-1000-1300	0.563	0.297	-0.017	0.493	-0.001	0.157	0.151	0.428
UT24-0-50	0.989	0.142	-0.982	0.056	0.009	-0.023	0.001	0.039
UT24-50-150	0.995	-0.028	-0.997	-0.013	-0.021	-0.015	-0.008	0.009
UT24-150-200	0.99	0.001	-0.993	0.057	-0.016	-0.003	-0.013	0.019
UT24-200-500	0.99	-0.003	-0.992	0.057	0.015	-0.026	-0.031	0.022
UT24-500-1000	0.986	0.188	-0.908	0.109	0.031	0.001	-0.022	0.336
UT4-0-50	0.744	0.311	-0.041	0.241	-0.186	0.128	0.727	0.087
UT4-50-150	0.953	0.262	-0.774	0.168	-0.371	0.012	0.341	0.052
UT4-150-200	0.946	0.45	-0.2	0.365	-0.364	0.511	0.417	0.054
UT4-200-500	0.98	0.052	-0.376	0.833	-0.251	0.243	0.117	0.087
UT4-500-1000	0.915	0.228	-0.109	0.667	0.036	0.175	0.067	0.608
UT5-0-50	0.953	0.458	-0.354	0.487	0.161	0.578	0.121	0.078
UT5-50-150	0.831	0.17	-0.081	0.406	-0.683	0.071	0.399	0.012
UT5-150-200	0.883	0.168	-0.048	0.454	-0.17	0.757	0.21	-0.001
UT5-200-300	0.985	0.147	-0.053	0.906	-0.183	0.304	0.114	0.034
UT5-300-600	0.978	0.354	-0.053	0.883	-0.104	0.217	0.051	0.099
LV14-0-50	0.893	0.525	-0.096	0.088	-0.245	0.033	0.729	0.09
LV14-50-100	0.93	0.261	-0.195	0.163	-0.682	0.085	0.569	0.046
LV14-100-150	0.981	0.375	-0.46	0.217	-0.703	0.2	0.211	0.052
LV14-150-200	0.994	0.331	-0.866	0.139	-0.297	0.117	0.104	0.056
LV14-200-400	0.996	0.404	-0.867	0.231	-0.139	0.022	0.034	0.077
LV29-0-50	0.936	0.547	-0.043	0.208	-0.676	0.271	0.207	0.138
LV29-50-130	0.992	0.15	-0.058	0.159	-0.952	0.173	0.057	0.046
LV29-130-200	0.978	0.165	-0.056	0.326	-0.892	0.182	0.112	0.012
LV29-200-500	0.978	0.147	-0.39	0.798	-0.401	-0.023	0.067	0.046
LV29-500-1000	0.931	0.149	-0.164	0.424	-0.203	-0.013	0.059	0.811
LV3-0-50	0.969	0.647	-0.669	0.254	-0.075	0.024	0.022	0.177
LV3-50-130	0.98	0.465	-0.065	0.331	-0.769	0.083	0.22	0.058
LV3-130-200	0.952	0.488	-0.068	0.332	-0.739	0.119	0.195	0.045

Station und Tiefe	Kommunalität	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6	Faktor 7
LV3-200-500	0.993	0.569	-0.667	0.445	-0.121	0.021	-0.013	0.109
LV3-500-1000	0.949	0.770	-0.063	0.186	-0.049	0.049	0.015	0.559
LV4-0-50	0.870	0.838	-0.103	0.172	-0.205	0.179	0.073	0.219
LV4-50-130	0.981	0.316	-0.046	0.224	-0.882	0.118	0.186	0.048
LV4-130-200	0.938	0.464	-0.112	0.345	-0.716	0.186	0.205	0.046
LV4-200-300	0.976	0.831	-0.05	0.320	-0.393	0.080	0.074	0.120
LV4-300-500	0.987	0.794	-0.064	0.546	-0.184	0.020	0.008	0.142
LV40-0-50	0.990	0.704	-0.057	0.506	-0.448	0.07	0.107	0.136
LV40-50-130	0.925	0.481	-0.037	0.013	-0.755	0.309	-0.087	0.136
LV40-130-200	0.976	0.778	-0.046	0.207	-0.535	0.138	0.100	0.105
LV40-200-500	0.987	0.564	-0.39	0.655	-0.273	-0.019	0.017	0.116
LV40-500-1000	0.931	0.575	-0.049	0.241	-0.050	0.058	0.021	0.730
LV41-0-50	0.810	0.486	-0.031	0.040	-0.126	0.294	0.679	0.084
LV41-50-130	0.904	0.447	-0.034	0.006	-0.719	0.409	-0.022	0.137
LV41-130-200	0.988	0.736	-0.044	0.128	-0.449	0.453	0.015	0.140
LV41-200-500	0.985	0.637	-0.206	0.650	-0.307	-0.006	0.031	0.135
LV41-500-1000	0.922	0.240	-0.043	0.262	-0.173	0.018	0.051	0.873
LV42-0-50	0.972	0.804	-0.047	0.265	-0.342	0.183	0.294	0.128
LV42-50-130	0.948	0.608	-0.037	0.030	-0.505	0.544	-0.029	0.153
LV42-130-200	0.960	0.301	-0.041	0.287	-0.285	0.822	0.167	0.038
LV42-200-500	0.966	0.718	-0.058	0.518	-0.396	0.005	0.099	0.109
LV42-500-900	0.908	0.422	-0.093	0.445	-0.137	0.006	0.017	0.710
LV43-0-50	0.988	0.945	-0.038	0.000	-0.116	0.119	0.214	0.143
LV43-50-130	0.904	0.545	-0.039	0.058	-0.597	0.476	0.062	0.122
LV43-130-200	0.972	0.142	-0.032	0.230	-0.177	0.926	0.093	0.013
LV43-200-300	0.975	0.871	-0.091	0.302	-0.261	0.17	0.057	0.129
LV43-300-500	0.946	0.635	-0.460	0.468	-0.311	0.012	0.051	0.116
LV44-0-50	0.958	0.867	-0.035	-0.008	-0.052	0.255	0.341	0.144
LV44-50-130	0.818	0.558	-0.033	-0.003	-0.302	0.622	-0.087	0.141
LV44-130-200	0.966	0.507	-0.048	0.247	-0.215	0.768	0.075	0.066
LV44-200-300	0.973	0.945	-0.043	0.194	-0.063	0.123	0.022	0.145
LV44-300-500	0.979	0.814	-0.145	0.451	-0.274	0.016	0.042	0.120
LV55-0-50	0.512	0.204	-0.494	-0.100	-0.085	0.213	0.393	0.096
LV55-50-130	0.369	0.003	-0.331	0.005	-0.084	0.498	0.046	0.048
LV55-130-200	0.982	0.174	-0.052	0.196	-0.040	0.951	0.060	0.026
LV55-200-500	0.970	0.414	-0.810	0.207	-0.270	0.132	0.036	0.084
LV55-500-1000	0.941	0.316	-0.570	0.381	-0.269	0.000	0.049	0.545
LV64-0-50	0.886	0.34	-0.478	0.132	-0.232	0.079	0.675	0.091
LV64-50-130	0.768	0.121	-0.145	-0.084	-0.627	0.543	-0.158	0.110
LV64-130-200	0.979	0.293	-0.261	0.253	-0.694	0.503	0.158	0.043
LV64-200-500	0.986	0.363	-0.540	0.622	-0.409	-0.022	0.053	0.069
LV64-500-1000	0.939	0.621	-0.168	0.247	-0.057	0.038	0.015	0.678
LV66-0-50	0.933	0.829	-0.042	0.128	-0.165	0.284	0.279	0.205
LV66-50-130	0.847	0.347	-0.029	-0.039	-0.400	0.731	-0.113	0.132
LV66-130-200	0.974	0.747	-0.098	0.124	-0.355	0.495	-0.003	0.145
LV66-200-500	0.996	0.380	-0.889	0.225	-0.064	0.015	-0.029	0.076
LV66-500-1000	0.944	0.632	-0.152	0.241	-0.080	0.029	0.011	0.676
LV7-0-50	0.974	0.852	-0.089	0.230	-0.219	0.140	0.308	0.157
LV7-50-130	0.925	0.159	-0.705	0.153	-0.600	0.097	0.091	0.044
LV7-130-200	0.952	0.607	-0.062	0.291	-0.631	0.255	0.165	0.068
LV7-200-300	0.993	0.490	-0.717	0.377	-0.288	0.088	0.021	0.080
LV7-300-500	0.973	0.360	-0.570	0.687	-0.192	-0.038	-0.013	0.086
Varianz		18.652	24.197	18.912	11.808	8.520	4.515	6.700
Kumulative Varianz		18.652	42.849	61.761	73.569	82.089	86.604	93.304

Tab. 4.2: Varimax Faktoren Matrix aller Planktonproben.

Oberflächenwasserproben (0-50m) weniger als 300 Radiolarien gezählt wurden und die Zählraten somit eine erhöhte statistische Unsicherheit aufweisen, wurden sie in die Faktorenanalyse miteinbezogen. Die Unterschiede in ihrer Zusammensetzung zu den Proben anderer Wassertiefen können so verdeutlicht werden. Die kumulative Varianz der meisten Proben ist mit über 0,8 relativ hoch. Wesentlich geringere kumulative

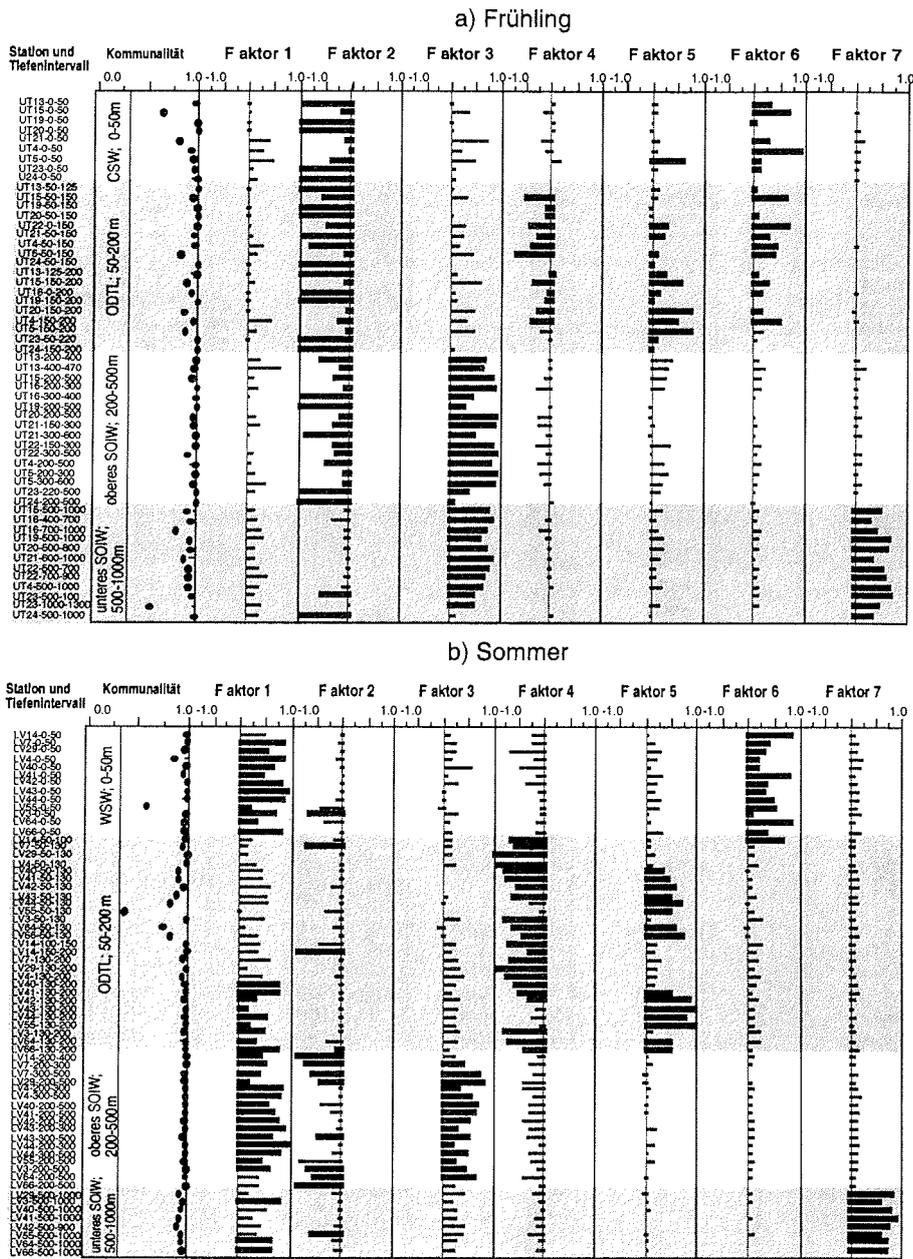


Abb. 4.3: Kommunalität und Faktoren des Q-Modus-Faktorenmodells, das mit allen Planktonproben und mit allen Arten, die mindestens 5% in allen Proben erreichen, berechnet wurde. Die Stationen wurden nach den Jahreszeiten getrennt und die Proben auf der y Achse sind nach der Tiefe geordnet. Wassermassenabkürzungen in Abb. 4.1.

Varianzen unter 0,6 finden sich hauptsächlich an der Station LV28-55, die durch das häufige Vorkommen von *Challengeron* sp. aff. *E. neptunii* gekennzeichnet ist, und an

Station UT99-23 in der einzigen Probe unterhalb von 1000 m Wassertiefe genommen wurde.

VAR.	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6	Faktor 7
<i>Actinomma</i> spp.	-0.014	0.000	0.001	0.002	0.000	0.005	0.113
<i>Antarctissa</i> (?) sp. 1	0.067	-0.005	-0.227	-0.468	0.417	-0.297	0.129
<i>Antarctissa</i> (?) sp. 2	0.034	0.001	0.010	0.005	0.045	-0.018	-0.007
<i>Artobotrys borealis</i>	0.003	0.000	0.003	0.002	0.001	0.000	0.003
<i>Artostrobos jørgensenii</i>	-0.001	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.007	0.007
<i>Borgetiella caudata</i>	-0.006	0.004	0.004	-0.005	-0.001	0.015	0.103
<i>Botryocampe inflata</i>	0.068	-0.010	0.067	-0.001	-0.014	-0.015	-0.010
<i>Botryocampe robusta</i>	-0.006	0.002	0.018	0.004	0.009	0.002	0.004
<i>Botryocystis scutum</i>	0.036	-0.004	0.011	-0.006	-0.014	-0.016	-0.019
<i>Cadium melo</i>	-0.020	0.003	0.010	0.004	0.000	0.007	0.098
<i>Centroculus cladostylus</i>	-0.004	0.002	0.002	0.002	0.000	0.001	0.029
<i>Centroculus cladostylus</i> (?) (juvenile)	-0.003	0.002	-0.003	0.001	-0.001	0.000	0.042
<i>Ceratocystis galea</i>	0.010	0.003	0.031	-0.007	0.034	0.004	0.005
<i>Ceratospyrus borealis</i>	0.022	-0.029	0.296	-0.851	-0.064	0.196	-0.056
<i>Challengeron vicina</i>	0.040	-0.006	0.037	0.001	0.000	0.007	0.066
<i>Challengerosium balfouri</i>	-0.006	-0.014	-0.012	-0.020	-0.003	0.029	0.007
<i>Cladococcus vinimalis</i>	-0.008	0.004	0.011	0.013	0.004	0.011	0.043
<i>Cycladophora davisiana</i>	0.051	-0.025	0.870	0.113	-0.134	-0.100	0.069
<i>Dictyophimus gracilipes</i>	-0.009	0.005	0.017	0.006	-0.004	0.010	0.117
<i>Dictyophimus hirundo</i>	-0.130	0.004	-0.041	-0.013	-0.021	-0.003	0.872
<i>Dictyophimus</i> spp. (juvenile)	0.009	-0.004	0.016	0.010	0.033	-0.004	0.003
<i>Eucyrtidium acuminatum</i>	-0.008	0.000	0.015	0.003	-0.001	-0.003	0.019
<i>Euphysetta elegans</i>	-0.014	0.003	0.009	0.002	-0.003	0.006	0.095
<i>Euphysetta</i> sp. aff. <i>C. neptuni</i>	-0.043	-0.118	-0.026	-0.007	0.081	0.093	0.025
<i>Litharachnium tenthorium</i>	-0.005	0.000	0.020	0.001	-0.003	-0.004	0.014
Litheliidae (juvenile)	0.004	-0.003	-0.007	-0.001	0.024	0.018	0.012
<i>Lithomelissa setosa</i>	0.008	-0.001	0.007	0.001	0.001	0.007	0.008
<i>Lithomelissa/ Trisulcus</i> sp. 1 (juvenile)	0.008	-0.001	-0.014	-0.014	0.058	-0.033	0.009
<i>Lophophaena</i> spp.	0.002	-0.001	0.004	-0.001	-0.003	-0.005	0.014
<i>Lophospyris</i> sp. 1	-0.037	0.014	0.04	0.028	0.009	0.019	0.196
<i>Nassellaria</i> sp. juvenile 1	0.019	0.001	-0.002	-0.001	-0.005	0.007	-0.003
<i>Nassellaria</i> spp.	-0.021	0.006	0.092	0.028	0.023	0.077	0.136
<i>Peridium longispinum</i>	0.029	-0.002	-0.003	0.010	0.007	0.007	0.033
<i>Peridium</i> sp. 1	-0.045	0.017	0.045	0.022	0.016	0.010	0.243
<i>Phaeodaria</i> spp.	0.011	-0.007	0.000	0.009	-0.008	0.013	0.007
<i>Phormacantha hystrix</i>	0.030	-0.003	-0.007	-0.020	0.092	-0.031	-0.008
<i>Phormostichoartus platycephala</i>	-0.001	0.000	0.003	0.002	0.001	0.003	0.005
Plagoniidae	0.962	-0.032	-0.007	0.056	0.064	-0.011	0.129
<i>Protocystis tridens</i>	-0.028	-0.990	-0.028	0.023	-0.024	-0.034	0.006
<i>Pylosira</i> sp. aff. <i>Pylosira octopyle</i>	-0.007	0.002	0.010	0.003	0.014	0.002	0.025
<i>Rhizoplegma boreale</i>	-0.094	-0.017	0.260	0.176	0.880	0.124	-0.056
<i>Sethoconus tabulatus</i>	0.005	-0.001	0.009	0.000	-0.003	-0.003	0.000
<i>Siphocampe lineata</i>	-0.006	0.004	0.013	0.005	0.003	0.005	0.027
Spongodiscidae	0.121	-0.005	-0.102	0.050	0.002	0.747	0.037
<i>Spongopyle osculosa</i>	-0.012	0.002	0.016	0.006	0.002	0.013	0.029
<i>Spongotrochus glacialis</i>	-0.054	-0.029	-0.012	-0.053	0.011	0.371	0.016
<i>Spongotrochus</i> spp.	-0.052	-0.018	0.004	-0.009	0.009	0.350	0.010
<i>Spongurus pylomaticus</i>	-0.015	0.004	0.017	0.004	0.000	0.005	0.046
<i>Sumellaria</i> spp.	-0.008	0.007	0.022	0.011	0.000	0.087	0.046
<i>Stylatractus</i> (?) <i>pyriformis</i>	-0.003	0.001	0.001	0.003	0.001	0.003	0.019
<i>Stylochlamidium venustum</i>	0.015	-0.001	0.002	-0.008	-0.007	0.01	0.010
<i>Tholospira</i> spp.	0.016	0.003	-0.006	-0.006	0.012	-0.002	-0.001
<i>Tholospyris gephyristes</i>	-0.010	0.004	0.011	0.006	0.001	0.001	0.050
<i>Trisulcus borealis</i>	0.023	0.000	0.024	0.006	-0.006	-0.004	-0.013
<i>Trisulcus</i> spp.	0.026	0.001	0.004	0.013	0.004	0.014	-0.006

Tab. 4.3: Faktorwerte Matrix der Planktonproben.

Die Taxa mit den höchsten Faktorwerten in diesem Modell sind *Antarctissa* (?) sp. 1, *Ceratospyrus borealis*, *Cycladophora davisiana*, *Dictyophimus hirundo*, die Plagoniidae, *Protocystis tridens*, *Rhizoplegma boreale* und die Spongodiscidae (Abb. 4.4, Tab. 4.3). Im Folgenden werden die Faktorvergesellschaftungen nach den Taxa benannt, die für den jeweiligen Faktor charakteristisch sind.

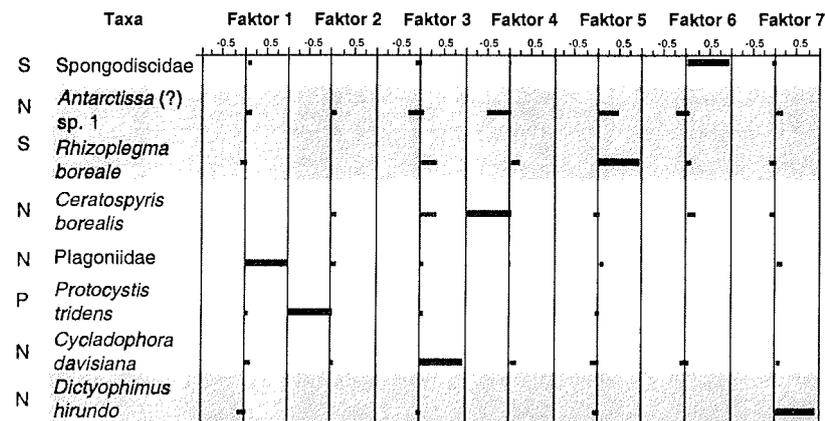


Abb. 4.4: Faktorwerte für die wichtigsten Arten in den Faktoren des Q-Modus-Faktorenmodells. Die Arten auf der y-Achse sind nach der Tiefe, in der sie am häufigsten auftreten, geordnet. Die Buchstaben auf der linken Seite geben an, ob die Arten P=Phaeodarien, N=Nassellarien oder S=Spumellarien sind. Die Faktoren werden im folgenden nach den für sie charakteristischen Arten benannt.

Faktor 1 (Plagoniidae-Vergesellschaftung) charakterisiert mit 18,7% Varianz hauptsächlich die Wassersäule im Sommer und wird von den Plagoniidae dominiert. Die Spongodiscidae erhalten eine Faktorladung über 0,1.

Faktor 2 (*P. tridens*-Vergesellschaftung) erklärt 24,2% der Varianz und ist charakteristisch für die Wassertiefen zwischen 0 und 500 m im Frühjahr. Der Faktor wird von *P. tridens* dominiert und *Euphysetta* sp. aff. *C. neptuni* ist die zweitwichtigste Art.

Faktor 3 (*C. davisiana*-Vergesellschaftung) erklärt 18,9% der Varianz und weist durchgehend höhere Faktorladungen nur in Wassertiefen unter 200 m auf. Die höchsten Faktorladungen von Faktor 3 sind in den Frühjahrsproben zwischen 200 und 1000 m Wassertiefe enthalten. Ein zweites Maximum ist in den Sommerproben zwischen 200 und 500 m Wassertiefe zu finden. *Cycladophora davisiana* dominiert diese Vergesellschaftung, daneben sind *C. borealis* und *R. boreale* bedeutend.

Faktor 4 und Faktor 5 charakterisieren die Wassertiefen von 50 bis 200 m, wobei die Faktorenladungen in den Sommerproben höher als in den Frühjahrsproben sind. Faktor 4 (*C. borealis*-Vergesellschaftung) erklärt 11,8% der Varianz, wobei *C. borealis* dominiert und *Antarctissa* (?) sp. 1 die zweitbedeutende Art ist. Faktor 5 (*R. boreale*-Vergesellschaftung) erklärt 8,5% der Varianz, wobei *R. boreale* dominiert und *Antarctissa* (?) sp. 1 ebenfalls wichtig ist.

Faktor 6 (Spongodiscidae-Vergesellschaftung), der 4,5% der Varianz in dem Datensatz erklärt, wird von den Spongodiscidae dominiert und charakterisiert die Wassertiefen zwischen 0 und 50 m. Weitere wichtige Taxa sind die Plagoniidae, *C. borealis* sowie die Spumellariata *R. boreale*, *Spongotrochus glacialis* und *Spongotrochus* spp.

Faktor 7 (*D. hirundo*-Vergesellschaftung) repräsentiert mit 6,7% Varianz Wassertiefen zwischen 500 und 1000 m und wird von *D. hirundo* dominiert. Weitere charakteristische Taxa mit Faktorwerten um 0,2 sind *Lophospyris* sp. 1 und *Peridium* sp. 1. *Actinomma* spp., *Antarctissa* (?) sp. 1, *Dictyophimus gracilipes*, Nassellarien und die Plagoniidae erzielen Werte über 0,1.

Im Folgenden werden die geographischen Verbreitungen der Vergesellschaftungen für die Tiefenintervalle 50 bis 200m, 200 bis 500m und 500 bis 1000m diskutiert. Die Proben der durchmischten Deckschicht (0-50m) werden aufgrund der statistischen Unsicherheit der Zählraten nicht weiter behandelt. Für jede Vergesellschaftung wird jeweils der Tiefenbereich dargestellt, in dem die meisten Proben die höchsten Ladungen erzielen. Erstreckt sich der so gewählte Tiefenbereich über mehrere beprobte Tiefenintervalle, so wird die Ladung des Intervalles dargestellt, das die höchste Faktorladung erzielt.

Die *P. tridens*- und die *C. davisiana*-Vergesellschaftung zeigen an den Frühlings- und an den Sommerstationen ähnliche Verbreitungsmuster. Während die *P. tridens*-Vergesellschaftung zu beiden Jahreszeiten an den nördlichen und an den südlichen Stationen vor Sachalin die höchsten Faktorladungen erreicht (Abb. 4.5 a,b), hat die *C. davisiana*-Vergesellschaftung ihr Hauptverbreitungsgebiet an den Stationen des Derugin-Beckens und südlich davon (Abb. 4.6 a,b). Die Faktorladungen beider Vergesellschaftungen sind in den Frühjahrsproben höher als in den Sommerproben. Alle anderen Vergesellschaftungen erreichen in den Sommerproben höhere Ladungen als im Frühjahr und ihre Verbreitung wird aus diesem Grund nur für die Sommersituation dargestellt. Die höchsten Ladungsbeträge der *C. borealis*-Vergesellschaftung sind an den Sommerstationen nordöstlich von Sachalin zu finden (Abb. 4.7a). Im Gegensatz dazu hat die *R. boreale*-Vergesellschaftung ihre Hauptverbreitung an den Stationen südwestlich von Kamtschatka (Abb. 4.8a). Die höchsten Ladungen der Plagoniidae-Vergesellschaftung wurden an den küstennahen Stationen vor Sachalin und Kamtschatka gefunden (Abb. 4.10a). Die *D. hirundo*-Vergesellschaftung hat die höchsten Ladungen im zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes (Abb. 4.11a).

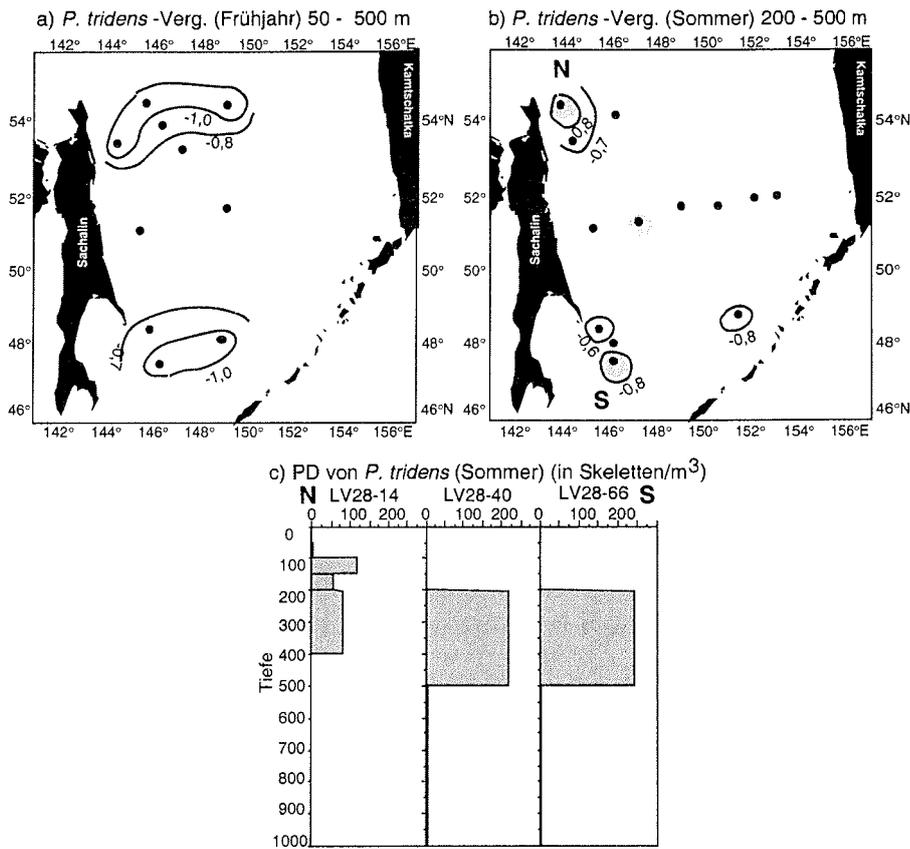


Abb. 4.5: Geographische Verbreitung der *P. tridens* - Vergesellschaftung an den Frühjahrsstationen (a), den Sommerstationen (b) und die PD (in Skeletten/m³) von *P. tridens* während der Sommersituation (c). Die in c) dargestellten Stationen sind in b) grau unterlegt.

Durch den Vergleich der Faktorladungen, welche auf den relativen Häufigkeiten der Taxa beruhen, mit der PD können sowohl ähnliche Verteilungsmuster als auch deutliche Unterschiede festgestellt werden. Dies soll im Folgenden beispielhaft für charakteristische Taxa gezeigt werden. An diesen Beispielen wird deutlich, daß in den meisten Fällen die PD der Taxa und die Vergesellschaftungen dieselben charakteristischen Tiefenintervalle und Wassermassen widerspiegeln. Zusätzlich werden jedoch jahreszeitliche und regionale Schwankungen in den PD deutlich, die in der Darstellung der relativen Häufigkeiten bzw. der Vergesellschaftungen nicht zum Ausdruck kommen.

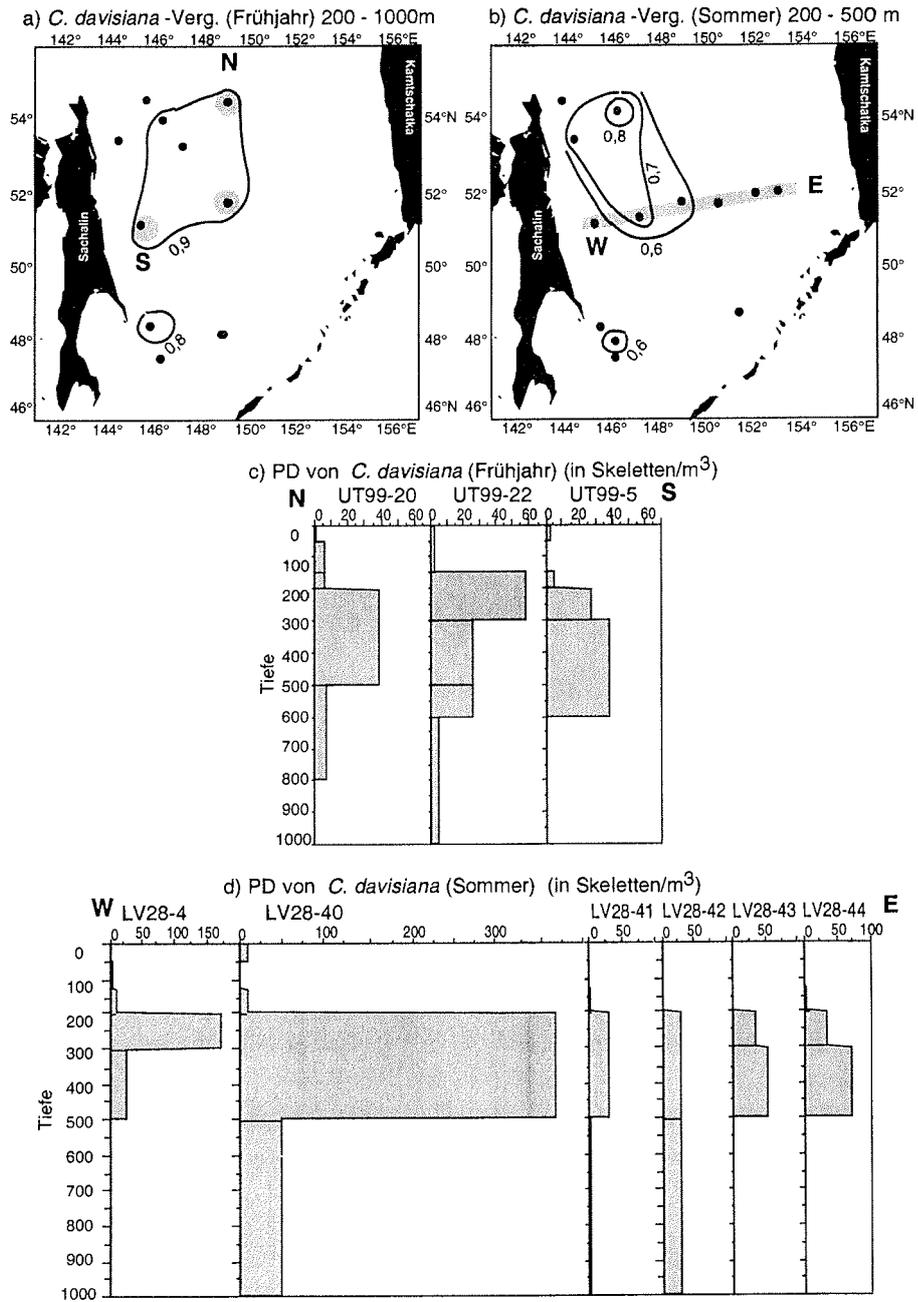


Abb. 4.6: Geographische Verbreitung der *C. davisiana* - Vergesellschaftung an den Frühjahrsstationen (a), den Sommerstationen (b) und die PD (in Skeletten/m³) von *C. davisiana* während der Frühjahrsituation (c) und der Sommersituation (d). Die in c) dargestellten Stationen sind in a) grau unterlegt; das in d) dargestellte Ost-West-Profil ist in b) grau unterlegt.

Ähnliche Trends in der Verteilung der Ladungen und der PD werden bei *P. tridens*

beobachtet (Abb. 4.5). Die PD dieser Art und die Ladungsbeträge der *P. tridens*-Vergesellschaftung sind im Frühling höher als im Sommer. Sie sind im Frühling an den nördlichen und den südlichen Stationen erhöht. An den Sommerstationen unterscheidet sich allerdings die Verbreitung der *P. tridens*-Vergesellschaftung von den PD dieser Art. Während die *P. tridens*-Vergesellschaftung an den nördlichen und südlichen Stationen vor Sachalin die höchsten Ladungen erreicht, ist die PD von *P. tridens* auch an der dazwischen gelegenen Station LV28-40 höher.

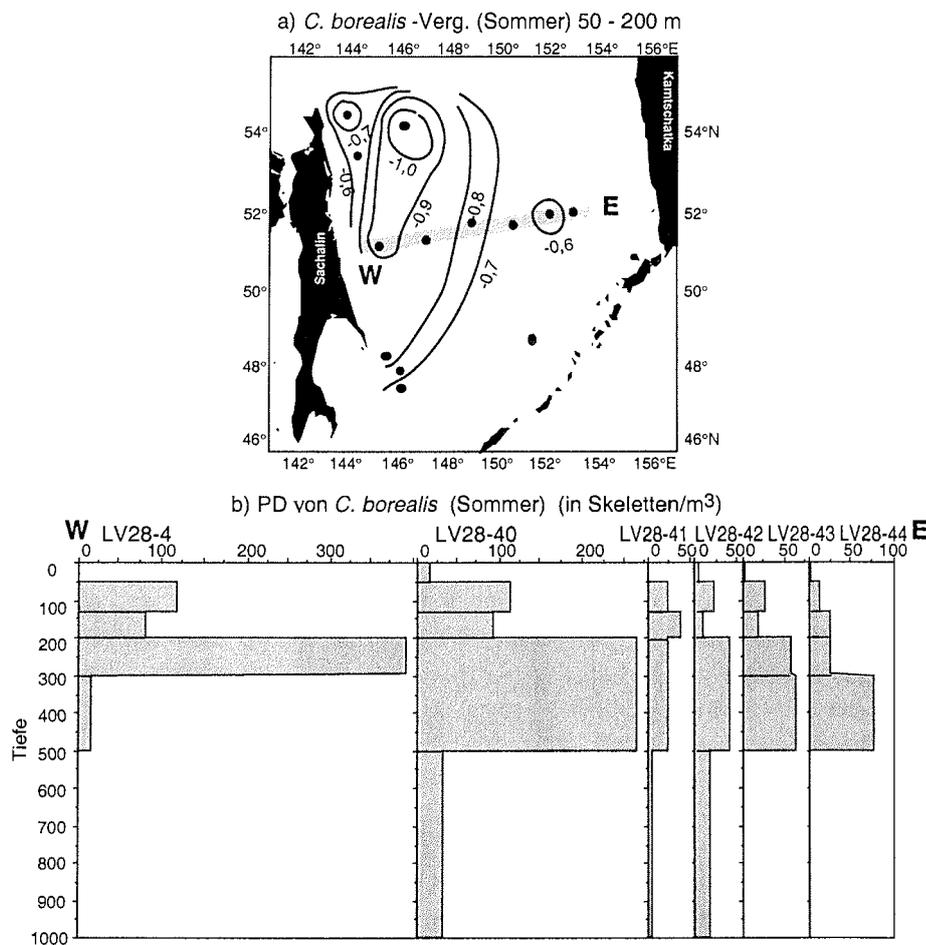


Abb. 4.7: Geographische Verbreitung der *C. borealis* - Vergesellschaftung an den Sommerstationen (a) und die PD (in Skeletten/m³) von *C. borealis* während der Sommersituation (b). Die in b) dargestellten Stationen des Ost-West-Profiles sind in a) grau unterlegt.

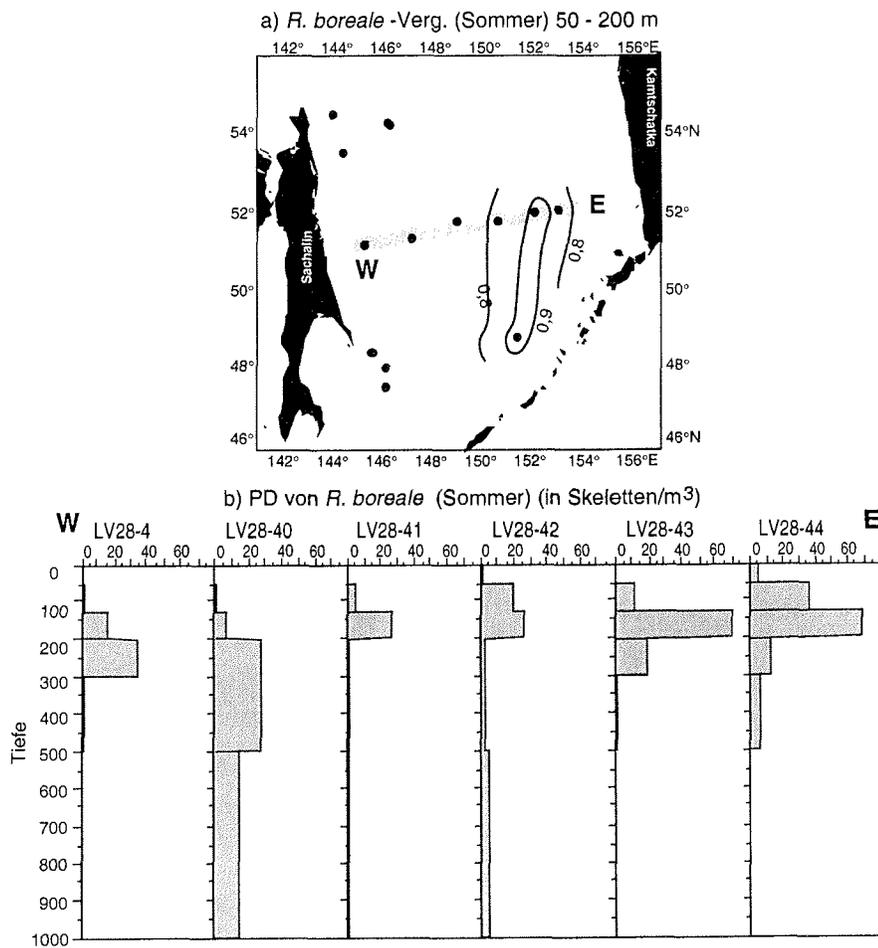


Abb. 4.8: Geographische Verbreitung der *R. boreale* - Vergesellschaftung an den Sommerstationen (a) und die PD (in Skeletten/m³) von *R. boreale* während der Sommersituation (b). Die in b) dargestellten Stationen des Ost-West-Profiles sind in a) grau unterlegt.

Die höheren Faktorladungen der *C. davisiana*-Vergesellschaftung in den Frühjahrsproben spiegeln nicht die PD der Art wider. Um dies zu verdeutlichen, wird die PD für *C. davisiana* an Frühjahrsstationen mit hohen Faktorladungen des *C. davisiana*-Faktors dargestellt (UT99-20, -22, -5) (Abb. 4.6c). An den westlichen Stationen liegt die PD von *C. davisiana* während des Frühjahrs deutlich unter der PD des Sommers (vgl. Abb. 4.6 c,d).

Die höheren Ladungen der *C. borealis*-, der *R. boreale*-, der Plagoniidae und der *D. hirundo*-Vergesellschaftung während des Sommers stimmen mit den höheren PD der Taxa während des Sommers überein. Innerhalb der Sommerstationen sind aber

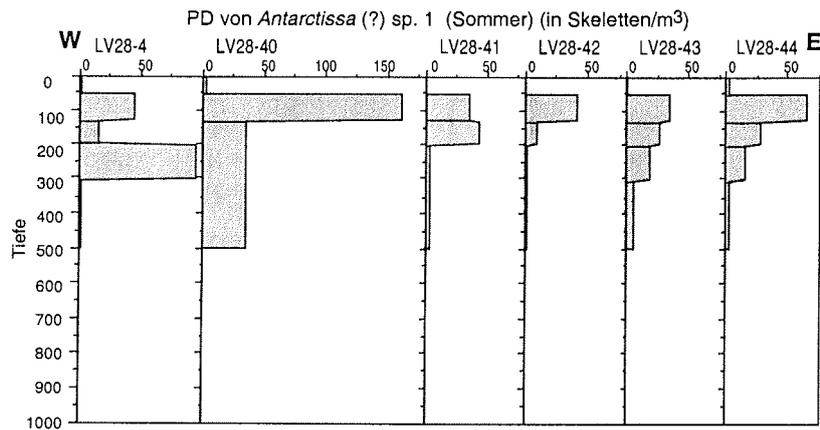


Abb. 4.9: PD (in Skeletten/m³) von *Antarctissa* (?) sp. 1 während der Sommersituation entlang der Ost-West-Profiles. Lage der Stationen siehe Abb. 4.8 a.

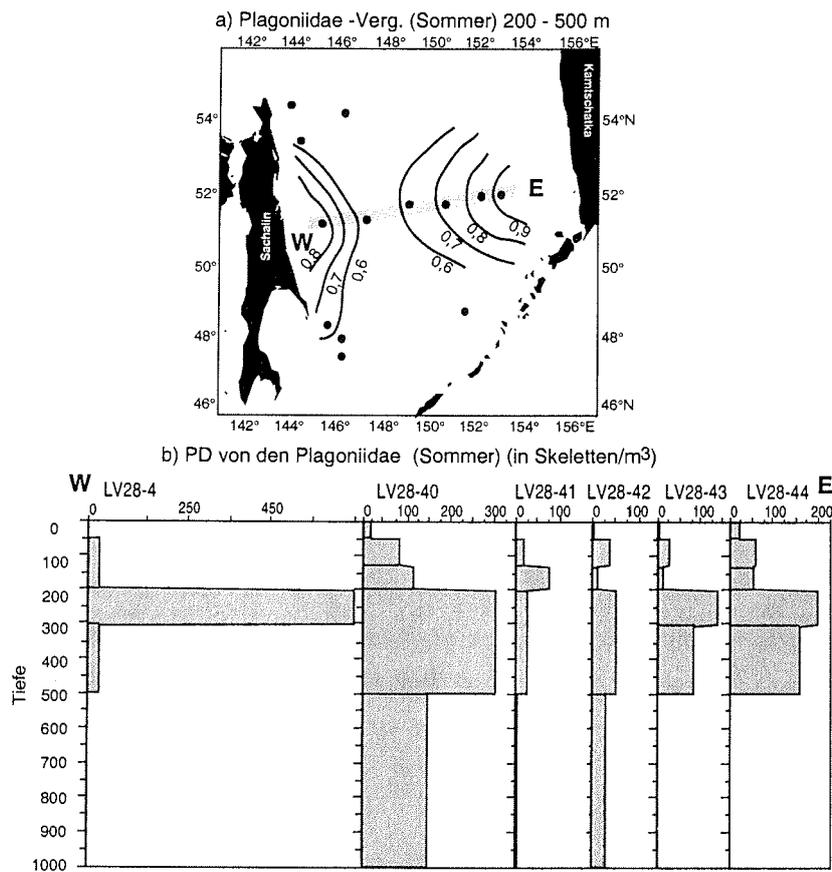


Abb. 4.10: Geographische Verbreitung der Plagoniidae - Vergesellschaftung an den Sommerstationen (a) und die PD (in Skeletten/m³) der Plagoniidae während der Sommersituation (b). Die in b) dargestellten Stationen des Ost-West-Profiles sind in a) grau unterlegt.

regionale Unterschiede erkennbar. Die Hauptverbreitung der *C. borealis*-

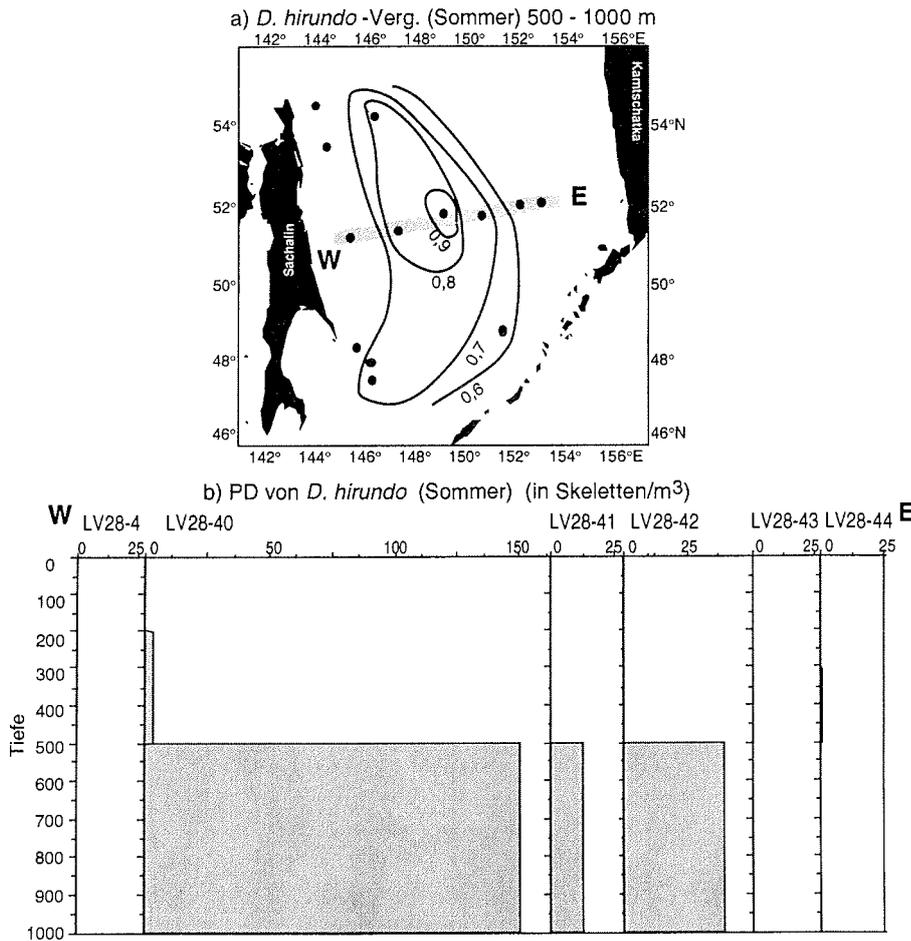


Abb. 4.11: Geographische Verbreitung der *D. hirundo* - Vergesellschaftung an den Sommerstationen (a) und die PD (in Skeletten/m³) von *D. hirundo* während der Sommersituation (b). Die in b) dargestellten Stationen des Ost-West-Profiles sind in a) grau unterlegt.

Vergesellschaftung im Sommer stimmt mit erhöhten PD von *C. borealis* im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes überein (Abb. 4.7). Allerdings erzielt die *C. borealis*-Vergesellschaftung die höchsten Ladungsbeträge oberhalb von 200 m Wassertiefe (dort sind auch die relativen Häufigkeiten von *C. borealis* am höchsten). Dies entspricht nicht der PD von *C. borealis*, da sie zwischen 200 und 500 m Wassertiefe maximale Werte erreicht. Die PD von *Antarctissa* (?) sp. 1 erreicht maximale Werte in der westlichen Hälfte des Untersuchungsgebietes, obwohl die relativen Häufigkeiten von *Antarctissa* (?) sp. 1 keinen deutlichen Ost-West Gradient zeigen und die Art in der *C. borealis*- und der *R. boreale*-Vergesellschaftung vergleichbar hohe Faktorwerte erzielt (Abb. 4.9). Eine parallele Zunahme der Ladungsbeträge der *R. boreale*- Vergesellschaftung und der

PD zeigt sich auch für *R. boreale* (Abb. 4.8). Die hohen Faktorladungen der Plagoniidae-Vergesellschaftung in der Nähe von Kamtschatka stehen im Kontrast zu den relativ geringen PD der Plagoniidae in diesem Gebiet im Vergleich zu den westlichen Stationen (Abb. 4.10). Die Verbreitung der *D. hirundo*-Vergesellschaftung stimmt generell mit der Verbreitung der PD dieser Art überein (vgl. Abb. 4.11). Trotzdem werden die absolut höchsten Faktorladungen für die Station LV28-41 berechnet, obwohl hier die PD von *D. hirundo* um ein vielfaches geringer als an der benachbarten Station LV28-40 sind.

4.3 Radiolarienverteilung in den Oberflächensedimenten

4.3.1 Radiolarienkonzentration und Radiolarienakkumulationsrate

Die Radiolarienkonzentration (RK_{Gesamt}) und die Radiolarienakkumulationsrate (RAR_{Gesamt}) der Oberflächensedimente dienen als Maß für die rezente Radiolariensedimentation. In den Oberflächensedimenten des Ochotskischen Meeres

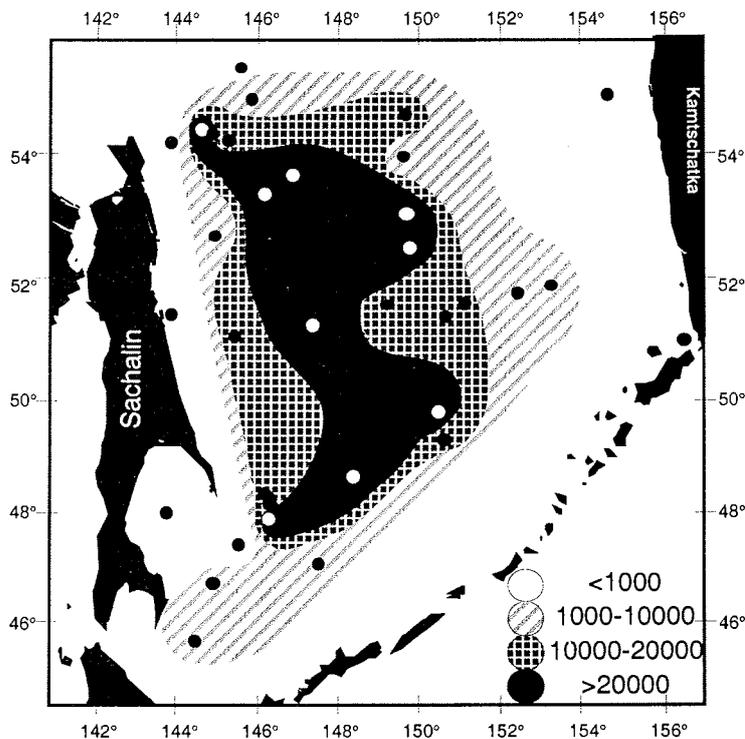


Abb. 4.12: Verteilung der Radiolarienkonzentration (RK_{Gesamt} in Skeletten/g Trockensediment) im Untersuchungsgebiet.

werden sowohl in der RK_{Gesamt} als auch in der RAR_{Gesamt} deutliche regionale Unterschiede festgestellt. Höhere RK_{Gesamt} über 20000 Skelette/g werden im zentralen Untersuchungsgebiet beobachtet (Abb. 4.12), während die Stationen in Küstennähe und die südlichsten Stationen im Kurilen-Becken durch geringe RK_{Gesamt} unter 10000 Skelette/g gekennzeichnet sind.

Dieses Verteilungsmuster unterscheidet sich von der Verteilung der RAR_{Gesamt} , die an den nordwestlichen Stationen des Untersuchungsgebiet mit über $300 \cdot 10^4$ Skeletten $\text{m}^{-2} \text{Jahr}^{-1}$ am höchsten sind (Abb. 4.13). Die RAR_{Gesamt} ist an den nordöstlichen Stationen des Untersuchungsgebietes mit weniger als $100 \cdot 10^4$ Skeletten $\text{m}^{-2} \text{Jahr}^{-1}$ am niedrigsten und zeigt mittlere Werte zwischen 200 und $300 \cdot 10^4$ Skeletten $\text{m}^{-2} \text{Jahr}^{-1}$ an den südöstlichen Stationen des Untersuchungsgebietes. Im Kurilen-Becken läßt sich kein eindeutiger Trend der RAR_{Gesamt} feststellen, und die Werte schwanken zwischen 100 bis über $300 \cdot 10^4$ Skeletten $\text{m}^{-2} \text{Jahr}^{-1}$.

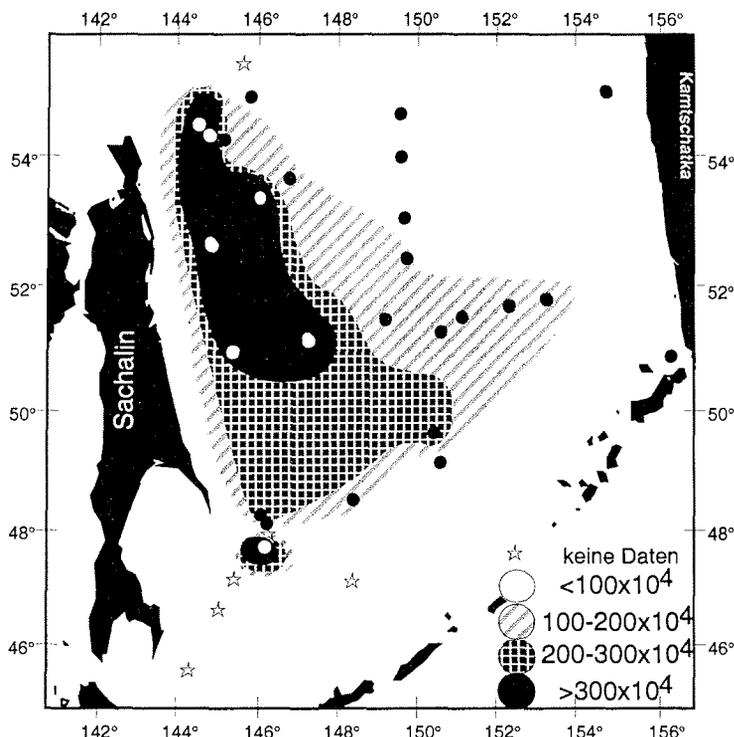


Abb. 4.13: Verteilung der Radiolarienakkumulationsrate (RAR_{Gesamt} in Skeletten $\text{m}^{-2} \text{Jahr}^{-1}$) im Untersuchungsgebiet.

4.3.2 Radiolarienvergesellschaftungen in den Oberflächensedimenten

Eine Q-Modus-Faktorenanalyse_{Oberflächensediment} wurde für alle Stationen, in denen mehr als 400 Radiolarien gezählt wurden, berechnet. In die Faktorenanalyse gingen 54 Taxa ein, deren relative Häufigkeiten mindestens 2% an allen Stationen betragen. Diese Taxa stellen zwischen 93% und 100% der Artenvergesellschaftung in den einzelnen Proben dar. Ein Modell mit drei Faktoren und einer kumulativen Varianz von 94,4% erklärt die

Station	Kommunalität	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
GE99-1	0.919	0.511	0.386	0.713
GE99-10	0.947	0.642	0.475	0.557
GE99-12	0.979	0.851	0.424	0.273
GE99-2	0.902	0.295	0.762	0.484
GE99-38	0.940	0.472	0.780	0.329
GE99-5	0.938	0.520	0.768	0.278
GE99-6	0.932	0.078	0.705	0.654
LV27-1	0.957	0.904	0.305	0.218
LV27-11	0.890	0.678	0.559	0.344
LV27-12	0.979	0.785	0.244	0.550
LV27-2	0.957	0.766	0.513	0.326
LV27-3	0.949	0.522	0.769	0.292
LV27-4	0.952	0.538	0.784	0.218
LV27-5	0.950	0.745	0.584	0.231
LV27-6	0.954	0.448	0.843	0.207
LV27-7	0.849	0.792	0.418	0.220
LV27-8	0.984	0.911	0.279	0.275
LV28-2	0.944	0.582	0.322	0.708
LV28-34	0.934	0.240	0.920	0.172
LV28-4	0.975	0.935	0.198	0.250
LV28-40	0.962	0.793	0.493	0.301
LV28-41	0.972	0.740	0.553	0.346
LV28-42	0.982	0.943	0.198	0.230
LV28-43	0.927	0.709	0.595	0.266
LV28-44	0.929	0.909	0.233	0.219
LV28-61	0.953	0.356	0.389	0.821
LV28-64	0.961	0.521	0.519	0.649
OK92-2182	0.974	0.209	0.918	0.296
OK92-2185	0.949	0.274	0.892	0.28
OK92-2223	0.889	0.590	0.707	0.202
Varianz		42.568	35.379	16.49
Kumulative Varianz		42.568	77.947	94.436

Tab. 4.4: Varimax Faktoren Matrix der Oberflächenproben.

Oberflächensedimentdaten am besten (Abb. 4.14, Tab. 4.4). Modelle mit einer höheren Anzahl von Faktoren liefern keine ökologisch interpretierbaren Aussagen und erhöhen die Varianz nur geringfügig. Im Folgenden wird die Verbreitung der Vergesellschaftungen, die jeweils nach dem dominanten Taxon benannt sind, und einiger ausgewählter Taxa beschrieben. Neben den relativen Häufigkeiten sind auch die Akkumulationsraten der Taxa dargestellt, um ähnliche und unterschiedliche Trends zu den relativen Häufigkeiten aufzuzeigen.

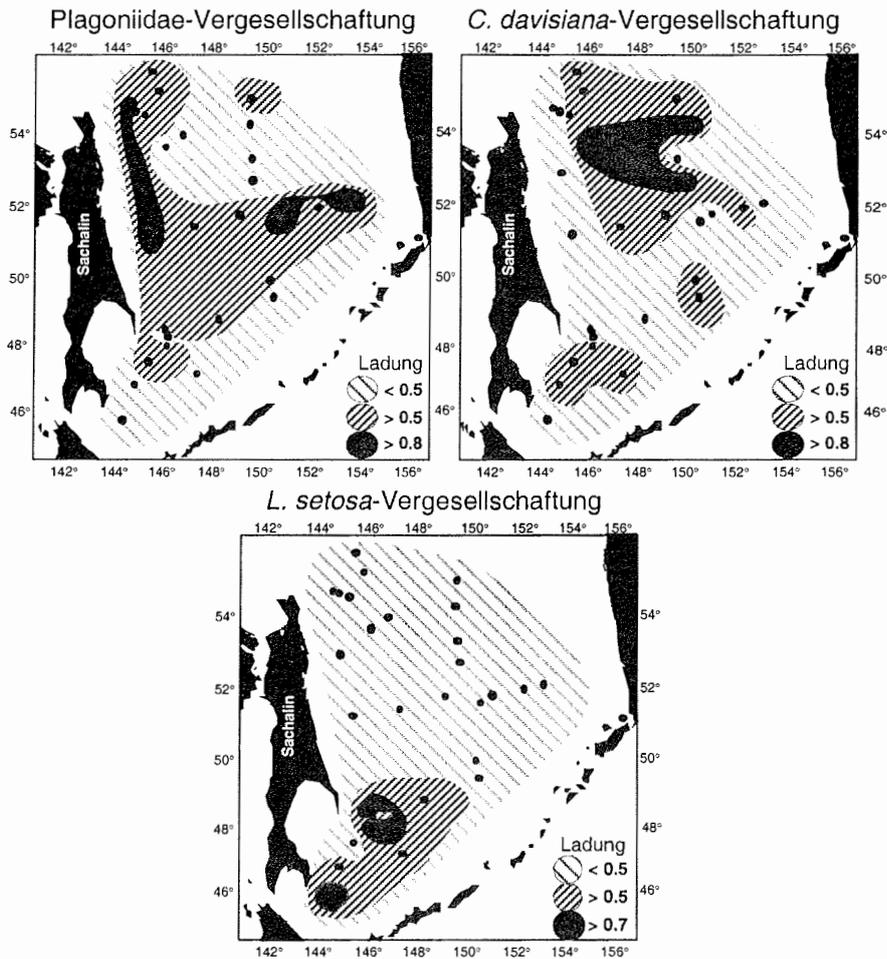


Abb. 4.14: Darstellung der drei Vergesellschaftungen des Q-Modus-Faktorenmodells der Oberflächensedimente.

Plagoniidae-Vergesellschaftung

Faktor 1 erklärt 42,6% der Varianz in dem Datensatz und wird von den Plagoniidae dominiert (Tab. 4.5). Diese Vergesellschaftung zeigt deshalb zwangsläufig eine ähnliche Verbreitung wie das Taxon und erreicht Faktorladungen von über 0,8 an sechs Stationen, welche im wesentlichen in der Nähe der Küste liegen (vgl. Abb. 4.14, 4.15). Weitere Arten mit einem erhöhten Faktorwert über 0,1 in Faktor 1 sind *Antarctissa* (?) sp. 2, *Botryocampe inflata*, *Siphocampe lineata* und *R. boreale*. *Rhizoplegma boreale* zeigt eine deutliche Tendenz zu höheren relativen Häufigkeiten in Schelfnähe, während die relativen Häufigkeiten von *Antarctissa* (?) sp. 2 nur in der Nähe von Kamtschatka höher als an den anderen Stationen sind (Abb. 4.16, 4.17).

VAR.	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
<i>Actinomma</i> spp.	-0.027	0.011	0.049
<i>Antarctissa</i> (?) sp. 1	0.048	0.107	0.021
<i>Antarctissa</i> (?) sp. 2	0.157	-0.013	-0.015
<i>Artobotrrys borealis</i>	0.032	-0.002	0.007
<i>Artostrobobus jørgensenii</i>	-0.005	-0.009	0.047
<i>Botryocampe inflata</i>	0.139	0.146	-0.021
<i>Botryocampe robusta</i>	-0.009	0.013	0.013
<i>Botryocyrtis scutum</i>	0.005	-0.005	0.006
<i>Centrocybus cladostylus</i>	-0.001	-0.004	0.021
<i>Ceratocyrtis galea</i>	0.003	0.024	-0.009
<i>Ceratospyrus borealis</i>	-0.018	0.451	-0.079
<i>Cornutella bimarginata</i>	-0.005	-0.005	0.022
<i>Cycladophora cornuta</i>	-0.020	0.002	0.046
<i>Cycladophora davisiana</i>	0.045	0.825	0.137
<i>Cyrtopera laguncula</i>	-0.007	0.002	0.021
<i>Dictyophimus bicornis</i>	0.003	0.011	-0.005
<i>Dictyophimus gracilipes</i>	-0.033	0.099	0.114
<i>Dictyophimus hirundo</i>	-0.015	0.060	0.066
<i>Dictyophimus platycephalus</i>	-0.010	0.000	0.046
<i>Dictyophimus</i> spp. (juvenile)	0.018	0.012	0.020
<i>Eucyrtidium acuminatum</i>	-0.003	0.007	0.001
<i>Litharachnium tenthorium</i>	-0.006	0.009	0.002
Litheliidae	-0.027	0.047	0.095
<i>Lithelius spiralis</i>	-0.005	0.002	0.012
<i>Lithomelissa setosa</i>	-0.150	-0.097	0.860
<i>Lophophaena</i> spp.	0.002	0.010	0.004
<i>Lophospyris</i> sp. 1	-0.005	0.051	0.070
Nassellarien	0.072	0.082	0.033
<i>Peridium longispinum</i>	0.001	-0.005	0.034
<i>Peridium</i> sp. 1	-0.004	0.040	0.034
<i>Phormacantha hystrix</i>	-0.013	0.021	0.046
<i>Phormostichoartus platycephala</i>	0.012	0.033	0.006
Plagoniidae	0.933	-0.084	0.203
<i>Pseudocubus obeliscus</i>	0.007	-0.004	-0.002
<i>Pylosira</i> sp. aff. <i>Pylosira octopyle</i>	-0.016	0.071	0.025
Radiolaria n.i.	0.056	0.029	-0.019
<i>Rhizoplegma boreale</i>	0.097	0.085	-0.049
<i>Rhizoplegma boreale</i> (juvenile)	0.044	0.052	-0.033
<i>Sethoconus tabulatus</i> sp. 2	0.002	0.001	0.02
<i>Sethoconus tabulatus</i> sp.1	0.040	0.082	0.001
<i>Sethophormis rotula</i>	-0.005	0.009	0.000
<i>Siphocampe arachnea</i>	-0.034	-0.050	0.250
<i>Siphocampe lineata</i>	0.131	-0.005	-0.065
<i>Spongotrochus glacialis</i>	-0.004	0.045	-0.019
<i>Spongotrochus glacialis</i> (juvenile)	0.005	0.001	0.004
<i>Spongotrochus</i> spp.	0.005	0.004	-0.004
<i>Stylatractus</i> (?) <i>pyriformis</i>	-0.105	0.050	0.241
<i>Stylochlamidium venustum</i>	0.040	0.046	-0.043
<i>Stylochlamidium venustum</i> (juvenile)	-0.012	0.027	0.025
Spumellarien	0.015	0.059	0.009
<i>Tholospria</i> sp.	-0.006	-0.009	0.032
<i>Tholospyris gephyristes</i>	-0.023	0.025	0.071
<i>Trisulcus borealis</i>	0.010	0.025	-0.015
<i>Trisulcus</i> spp.	-0.017	0.005	0.075

Tab. 4.5: Faktorwerte Matrix der Oberflächenproben.

Siphocampe lineata erreicht an einzelnen über das Untersuchungsgebiet verstreuten Stationen hohe relative Häufigkeiten bis zu 15% und ihre RAR, die sich deutlich von denen der anderen Arten in Faktor 1 unterscheidet, ist an diesen Stationen ebenfalls erhöht (Abb. 4.18).

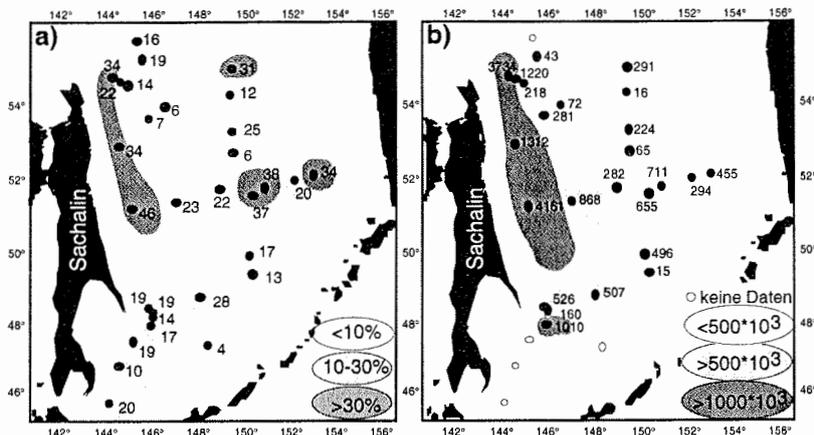


Abb. 4.15: a) Relative Häufigkeiten und b) die Akkumulationsraten (RAR_{Art} , in Skeletten $m^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$) von den **Plagoniidae** in den Oberflächensedimenten.

Im Gegensatz zu den relativen Häufigkeiten sind die RAR der Plagoniidae im wesentlichen an den küstennahen Stationen vor Sachalin erhöht und zeigen kein zweites Maximum an den Stationen vor Kamtschatka. Die RAR von *R. boreale* erreichen ein zweites Maximum vor Kamtschatka, aber die Werte sind dort geringer als vor Sachalin. Obwohl die relativen Häufigkeiten von *Antarctissa* (?) sp. 2 nur vor Kamtschatka erhöht sind, sind die RAR vor Sachalin und vor Kamtschatka vergleichbar hoch.

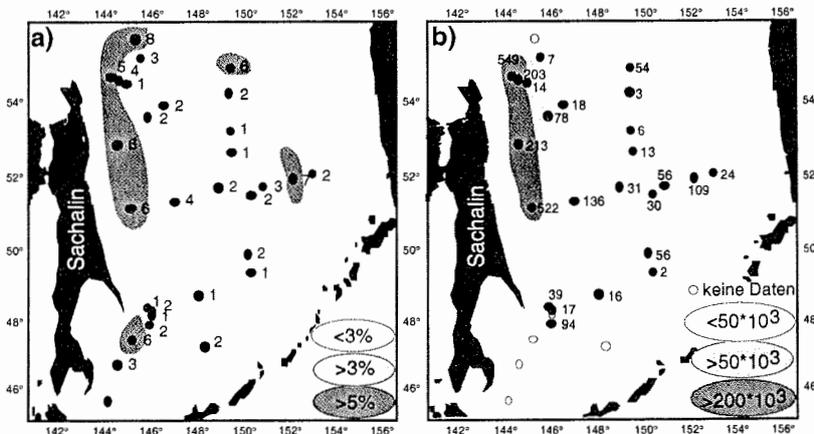


Abb. 4.16: a) Relative Häufigkeiten und b) die Akkumulationsraten (RAR_{Art} , in Skeletten $m^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$) von *Rhizoplegma boreale* in den Oberflächensedimenten. Werte kleiner 0,5 sind nicht aufgeführt.

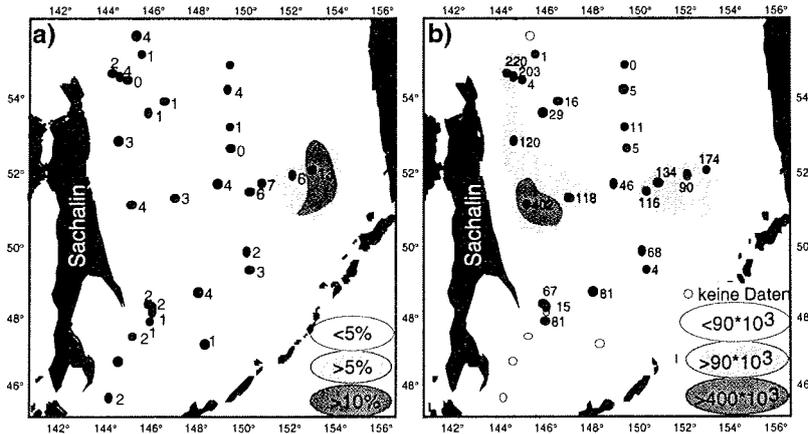


Abb. 4.17: a) Relative Häufigkeiten und b) die Akkumulationsraten (RAR_{Art} , in Skeletten $m^{-2} \text{Jahr}^{-1}$) von *Antartissa* (?) sp. 2 in den Oberflächensedimenten. Werte kleiner 0,5 sind nicht aufgeführt.

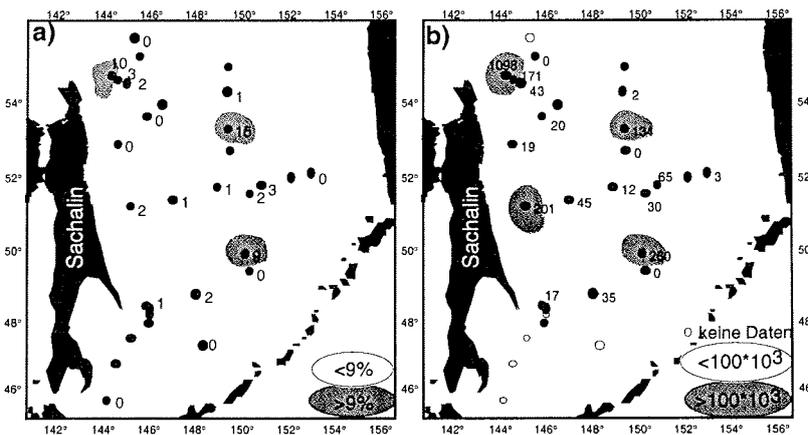


Abb. 4.18: a) Relative Häufigkeiten und b) die Akkumulationsraten (RAR_{Art} , in Skeletten $m^{-2} \text{Jahr}^{-1}$) von *Siphocampe lineata* in den Oberflächensedimenten.

C. davisiana-Vergesellschaftung

Faktor 2 erklärt 35,3% der Varianz in dem Datensatz, erzielt an vier Stationen eine Faktorladung von über 0,8 (Abb. 4.14) und wird von *C. davisiana* mit einem Faktorwert von 0,8 dominiert (Tab. 4.5). Die Stationen hoher Faktorladungen liegen hauptsächlich im Gebiet des Derugin-Beckens, wo *Cycladophora davisiana* über 20% in den Oberflächensedimenten ausmacht (Abb. 4.19). Weitere Arten sind *Ceratospyrus borealis* mit einem Faktorwert von 0,4, *Botryocampe inflata*, *Antartissa* (?) sp. 1 und *Dictyophimus gracilipes*, jeweils mit einem Faktorwert von ungefähr 0,1. Die relativen Häufigkeiten von *C. borealis* und *Antartissa* (?) sp. 1 sind ähnlich wie die von *C.*

davisiana verteilt (Abb. 4.19, 4.20, 4.21).

Die RAR von *C. davisiana*, *C. borealis* und *Antarctissa* (?) sp. 1 sind im Gegensatz zu den relativen Häufigkeiten an allen Stationen im nordwestlichen Untersuchungsgebiet hoch.

L. setosa-Vergesellschaftung

Faktor 3 erklärt mit einer Faktorladung von über 0,7 an drei Stationen 16,5% der Varianz im Oberflächendatensatz und stellt überwiegend die Vergesellschaftung im Kurilen-Becken dar (Abb. 4.14). *Lithomelissa setosa* dominiert mit einem Faktorwert von 0,9 und zeigt deutlich erhöhte relative Häufigkeiten an den südlichen Stationen des Untersuchungsgebietes. Parallel dazu sind die RAR der Art an den südlichen Stationen erhöht (Abb. 4.22). *Siphocampe arachnea*, *Stylatractus* (?) *pyriformis* und die Plagoniidae erreichen in der *L. setosa*-Vergesellschaftung leicht höhere Faktorwerte von ungefähr 0,2; *C. davisiana* und *Dictyophimus gracilipes* erreichen Faktorwerte über 0,1 (Tab. 4.5).

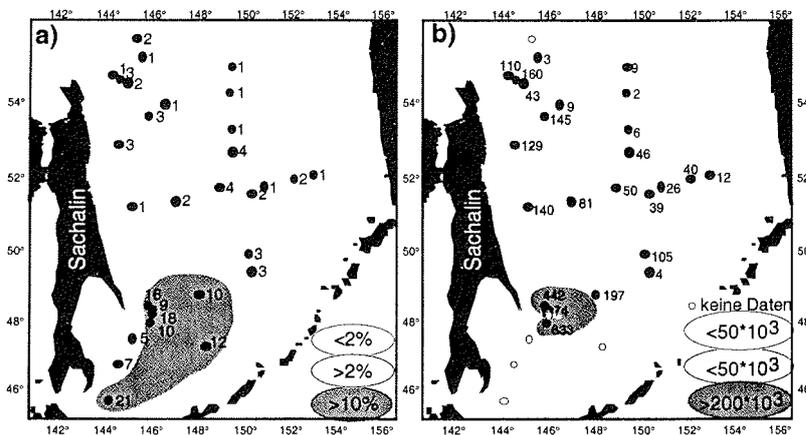


Abb. 4.22: a) Relative Häufigkeiten und b) die Akkumulationsraten (RAR_{Art} in Skeletten $m^{-2} \text{Jahr}^{-1}$) von *Lithomelissa setosa* in den Oberflächensedimenten.

Auch wenn *Stylochlamydidium venustum* keine hohen Faktorwerte in der Q-Modus-Faktorenanalyse_{Oberflächensediment} erzielt, zeigt die Art doch ein charakteristisches Verbreitungsmuster. Die relativen Häufigkeiten von *Stylochlamydidium venustum* sind im östlichen Kurilen-Becken und in der Nähe des Kamtschatka-Schelfes erhöht und ihre RAR sind ähnlich verteilt (Abb. 4.23).

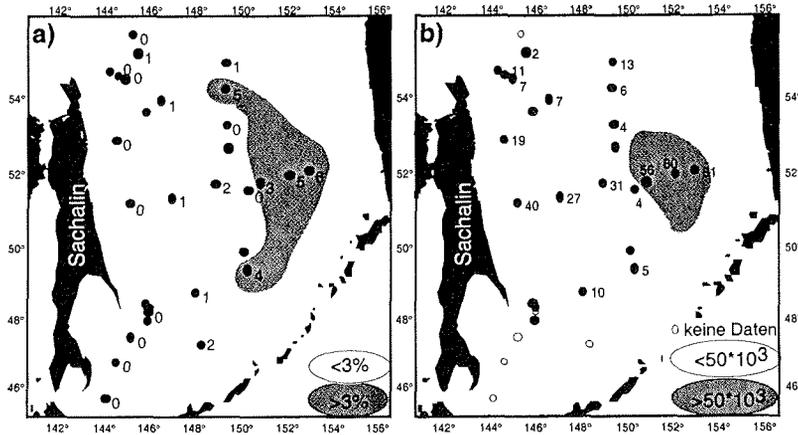


Abb. 4.23: a) Relative Häufigkeiten und b) die Akkumulationsraten (RAR_{Art}, in Skeletten m⁻² Jahr⁻¹) von *Stylochlamydidium venustum* in den Oberflächensedimenten.

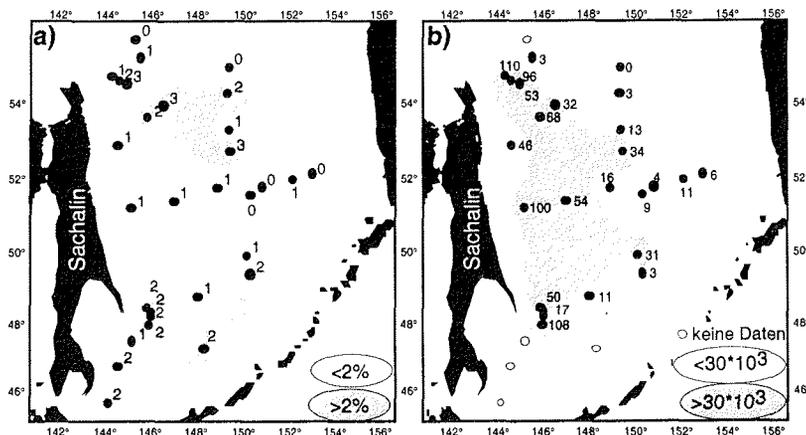


Abb. 4.24: a) Relative Häufigkeiten und b) die Akkumulationsraten (RAR_{Art}, in Skeletten m⁻² Jahr⁻¹) von *Dictyophimus hirundo* in den Oberflächensedimenten.

Die Q-Modus-Faktorenanalyse ist nicht sensitiv hinsichtlich Arten, die geringe Häufigkeiten in den untersuchten Proben erzielen, und häufige Arten werden überrepräsentiert (Backhaus *et al.*, 1989; Matthiessen, 1994). Aufgrund der geringen relativen Häufigkeiten von *D. hirundo* liegen die Faktorwerte dieser Art unter 0,1, so daß die Art keinem Faktor zugeordnet werden kann. Trotzdem ist ihr Verbreitungsmuster in den Oberflächensedimenten von Interesse, weil sie aufgrund der Wassersäulenuntersuchung als charakteristisch für das untere SOIW bezeichnet werden kann (Vgl. Kap. 4.2.2). In den Oberflächensedimenten zeigen die relativen Häufigkeiten

von *D. hirundo* kein so charakteristisches Verbreitungsmuster wie in der Wassersäule. Dennoch sind die RAR der Art an tieferen Stationen (unter 1500 m Wassertiefe) des westlichen Untersuchungsgebietes höher (Abb. 4.24).

5 Einfluß der Umweltparameter auf die Radiolarienbiozönose im Ochotskischen Meer

Die Radiolarienpopulationsdichten (RPD) im Ochotskischen Meer im Frühjahr und Sommer lassen sich nicht im Detail mit denjenigen anderer Untersuchungen vergleichen, weil unterschiedliche Methoden zur Abschätzung des Wasservolumens pro Fang und unterschiedliche Maschenweiten der Netze benutzt wurden (Tab. 5.1). Ein allgemeiner Vergleich zeigt jedoch, daß die maximalen RPD im Ochotskischen Meer zwar relativ hoch sind, sich aber nicht deutlich von denen in anderen Gebieten unterscheiden, wie man es vielleicht für ein Hochproduktionsgebiet wie das Ochotskische Meer erwarten sollte. Die Radiolarienpopulationsdichten, die für verschiedene Meeresgebiete berechnet wurden, zeigen deutliche Variationen nicht nur zwischen den Ozeanen, sondern auch innerhalb der einzelnen Ozeane (Tab. 5.1).

Die Ursachen der zeitlichen und räumlichen Unterschiede der Radiolarienproduktion im Ochotskischen Meer können auf produktionsbiologische Ursachen zurück geführt werden.

Ozean	Region	Radiolarien Populationsdichte (1/m ³)		Referenz
		Minimum	Maximum	
Südozean	Wedell und Scotia Meer	100	10000	Boltovskoy & Alder, 1992
	Weddell Meer	0	2200	Gowing, 1989
Südozean/ Atlantik	Weddell und Scotia Meer	360±261	1001±658x)	Gowing & Garrison, 1991
	Südozean und subtropischer Bereich des Südatlantiks	Polycystine wenige Phaeodarien	335	Abelmann & Gowing, 1996
Atlantik	Norwegische Fjorde	wenige	19000	Swanberg & Björklund, 1986
	Grönland See	< 100	9800	Swanberg & Eide, 1992
Mittelmeer	Äquatorialer Atlantik	15	104	Dworetzky & Morley, 1987
	Südliches Adriatisches Meer	wenige	> 100	Krsinic, 1998
Pazifik	Kalifornien Strom	60	2200	Boltovskoy & Riedel, 1987
	Zentraler Nord Pazifik	wenige	300	Kling, 1979
	Südlicher Kalifornien Strom	60	500	Kling & Boltovskoy, 1995
	Golf von Kalifornien	wenige	250	Molina-Cruz <i>et al.</i> , 1999
	Äquatorialer Pazifik	< 100	fast 4000	Welling <i>et al.</i> , 1996
	Ochotskisches Meer	wenige	fast 1800	Diese Untersuchung

Tab. 5.1: Übersicht über die Radiolarienpopulationsdichten, die in verschiedenen Untersuchungen in unterschiedlichen Gebieten der Weltmeere gemessen wurden.

x) hauptsächlich Phaeodarien

5.1 Saisonale und regionale Variabilität der Radiolarienproduktion

Der Vergleich der RPD zu zwei verschiedenen Jahreszeiten führt zu neuen Erkenntnissen über die jahreszeitlichen Variationen in der Radiolarienproduktion im Ochotskischen Meer. Obwohl die jahreszeitlichen Temperaturen in der durchmischten Oberflächenschicht deutlich um mehr als 10°C schwanken, verändern sich die Temperaturen in den tieferen Wassermassen kaum (Abb. 4.1). In der durchmischten Oberflächenschicht bis 50 m Wassertiefe leben nur wenige Radiolarien. Dies ist kein kleinräumiges oder jahreszeitliches Phänomen, sondern scheint die gesamte Produktionszeit im Ochotskischen Meer zu kennzeichnen. Daraus läßt sich schließen, daß fast alle Arten, die im Ochotskischen Meer gefunden wurden, überwiegend unter der euphotischen Zone leben. Möglicherweise sind sie nicht an die extremen Temperaturschwankungen in der durchmischten Deckschicht angepaßt und können nur unter relativ konstanten Temperaturbedingungen in den tieferen Wasserschichten überleben. Die extremen Schwankungen in der RPD und der Zusammensetzung der Vergesellschaftungen, die zwischen Frühjahr und Sommer auftreten, sind demnach nicht direkt auf Temperaturschwankungen zurückzuführen. Vielmehr sind die Verschiebungen der Radiolarienproduktion an die Veränderungen der biologischen Produktivität und die jahreszeitliche Sukzession des Planktons gekoppelt. Dies kann z.B. durch Veränderungen des Nährstoffhaushaltes, der Stabilität der oberflächennahen Wasserschichten und der Temperatur in der euphotischen Zone erklärt werden.

Die Verteilung der RPD im Ochotskischen Meer zeichnet sich durch starke kleinräumige Veränderungen aus. Eine fleckenhafte Verteilung der Radiolarien wurde schon in anderen Meeresregionen beobachtet und scheint Radiolarienverteilungen generell zu charakterisieren (Boltovskoy *et al.*, 1996; Caron *et al.*, 1995; Caron & Swanberg, 1990; Kling, 1979; Michaels *et al.*, 1995).

Aus dem Ochotskischen Meer werden zudem deutliche jahreszeitliche Veränderungen der Planktonproduktion, -zusammensetzung und der Partikelflüsse berichtet (Broerse *et al.*, 2000; Sapozhnikov, 1995; Sorokin & Sorokin, 1999). Während die maximale biologische Produktion und Diatomeenblüte im Frühjahr auftritt, wird ein Phytoplanktonminimum und eine verstärkte Produktion von heterotroph lebenden Organismen während der Sommermonate beobachtet (Sapozhnikov, 1995; Sorokin & Sorokin, 1999) (vgl. Kap. 2.2). Die höchste RPD wird im Sommer während des Phytoplanktonminimums und der heterotrophen Phase verzeichnet (Abb. 4.2). Das

deutet darauf hin, daß das Maximum der Radiolariengesamtproduktion möglicherweise asynchron zu der maximalen Exportproduktion von biogenem Opal (hauptsächlich Diatomeen (Broerse *et al.*, 2000)) im Frühjahr stattfindet. Eine zeitliche Verschiebung der Radiolariengesamtproduktion gegenüber dem Maximum des Opalexports ist ungewöhnlich, denn Untersuchungen aus dem Europäischen Nordmeer, dem Nordpazifik und dem Südozean belegen, daß dort die maximale Radiolariengesamtproduktion mehr oder weniger synchron zum Maximum der Opalexportproduktion erfolgt (Abelmann & Gersonde, 1991; Schröder-Ritzrau *et al.*, 2001; Takahashi, 1997b; Tsoi *et al.*, 1998). Ein zeitlicher Versatz der Radiolariengesamtproduktion zu dem Produktionsmaximum des biogenen Opal ist bisher nur aus norwegischen Fjorden (Sognefjord, Hardangerfjord, Fjorde in der Nähe von Tromsø) bekannt, wo die Hauptradiolarienproduktion in die Monate Juli/August fällt (Bjørklund, 1974; Swanberg & Bjørklund, 1992). Die Verschiebung der Radiolariengesamtproduktion zu der maximalen Phytoplanktonproduktion weist auf ähnliche produktionsbiologische Bedingungen im Ochotskischen Meer und den Norwegischen Fjorden hin.

Es ist möglich, daß diese ausgeprägte Verschiebung, verbunden mit einer Dominanz der Phaeodarien im Frühjahr und der Nassellarien im Sommer, durch die Kopplung der Radiolarien über bestimmte Nahrungsketten an die Sukzession des Planktons verursacht wird. Die jahreszeitliche Variation der Radiolarienvergesellschaftung durch die Bindung der Radiolarienarten an spezielle Nahrung, deren Produktion sich im Laufe des Jahres ändert, wurde z.B. in Takahashi (1987) diskutiert.

Radiolarien sind entweder von Primärproduzenten oder von heterotrophen Nano- und Mikroorganismen, die - wie die Radiolarien - höher in der Nahrungskette stehen, abhängig (Swanberg & Eide, 1992). Die Hypothese, daß Radiolarien bestimmte ökologische Nischen besetzen und dadurch an bestimmte Nahrungsketten gebunden sind, wurde von Casey *et al.* (1979a) formuliert. Danach sind herbivore Radiolarien oder Radiolarien mit symbiontischen Zooxanthellen (Algen) an die euphotische Zone gebunden, während bakterivore und detritivore Radiolarien in tieferen Wasserschichten vorkommen. Befunde von Anderson (1983), Caron und Swanberg (1990), Swanberg und Anderson (1985), Swanberg und Caron (1991), Caron *et al.*, (1995) und Anderson *et al.* (1989b) über die Spezialisierung von Radiolarien auf bestimmte Nahrung bestätigen die Theorie von Casey *et al.* (1979a). Keine der Radiolariantaxa, die im

Ochotskischen Meer vorkommen, wurde bisher auf ihre Nahrungsgewohnheiten hin untersucht. Der Theorie von Casey *et al.* (1979a) folgend könnten die Radiolarien im Ochotskischen Meer eng an heterotrophes Mikroplankton, Bakterien und Detritus als Nahrung gekoppelt sein. Sie leben in den tieferen Wasserschichten, in denen kein Phytoplankton existiert, so daß eine herbivore bzw. symbiotrophe Ernährungsweise weitgehend ausgeschlossen werden kann.

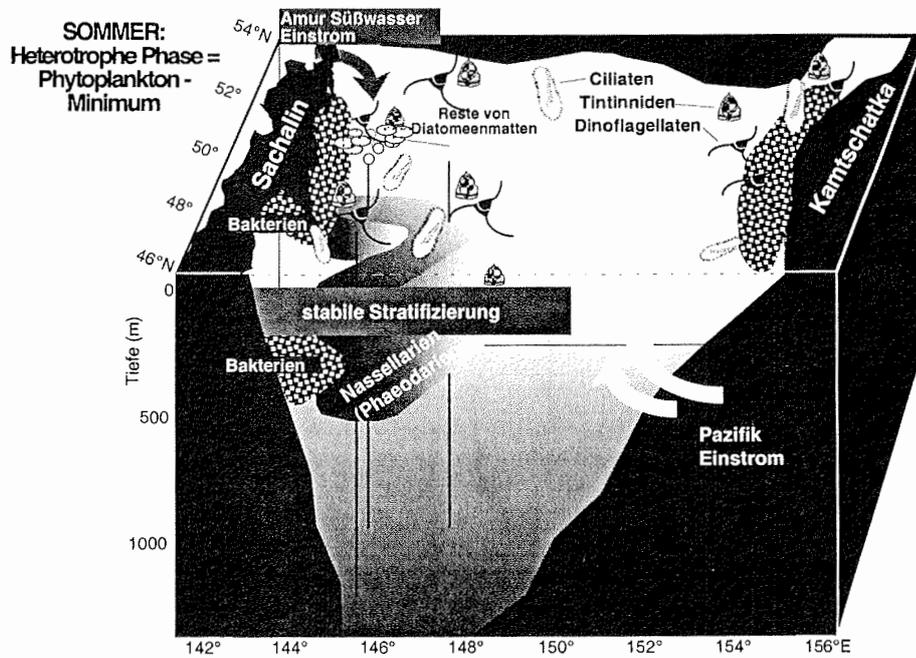
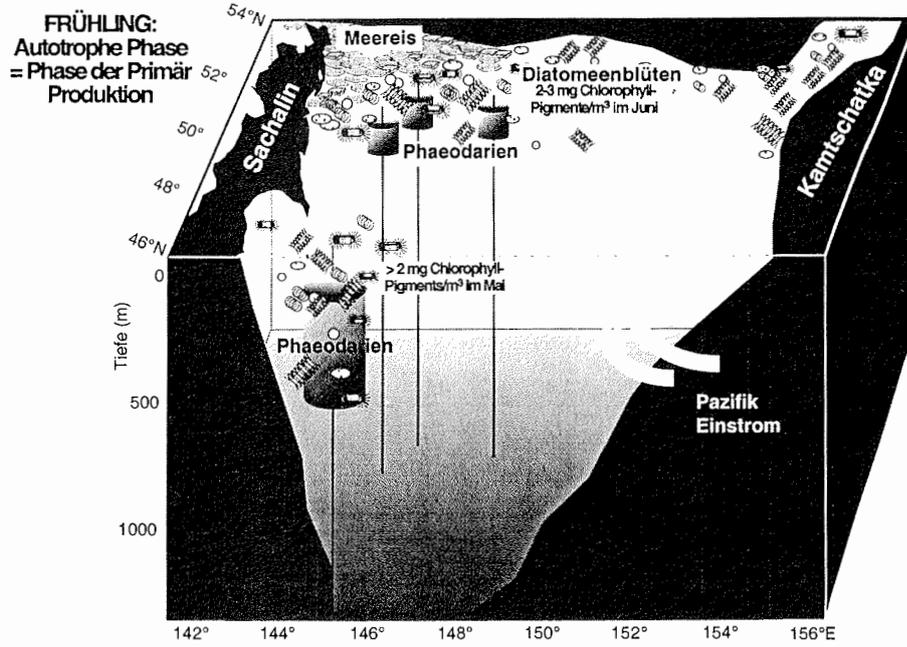
5.1.1 Phaeodariendominanz während des Frühjahrs – Folge einer omnivoren Ernährung?

Die Phaeodarien und besonders *Protocystis tridens* dominieren während der maximalen Phytoplanktonproduktion im Frühjahr (Broerse *et al.*, 2000; Sorokin & Sorokin, 1999) und könnten mit der autotrophen Produktion assoziiert werden (Abb. 5.1). Es ist allerdings bekannt, daß Phaeodarien ihre Nahrung überwiegend in Form von Detritus zu sich nehmen (Gowing, 1989; Gowing, 1993a; Gowing & Garrison, 1991). Ihre Ernährungsweise kann sehr gut untersucht werden, da sie die Reste ihrer Nahrung in Nahrungs- und Abfallvakuolen (Phaeodium) speichern (Gowing, 1993a).

Phaeodarien sind Opportunisten (Gowing & Bentham 1994). Sie sind nicht herbivor und ihre Verteilung hängt weder von Symbionten noch von autotrophen Organismen ab (Gowing, 1989; Gowing, 1993a; Gowing & Garrison, 1991). Die Nahrungsvakuolen von Phaeodarien enthalten z.B. auch zerkleinerte Diatomeenschalen. Da sie aber nicht die Fähigkeit zur Zerkleinerung besitzen, müssen sie die Diatomeenreste als sinkende organische Aggregate konsumiert haben (Gowing, 1989; Nöthig & Gowing, 1991). Aufgrund ihrer Fähigkeit, Reste von autotropher oder heterotropher Nahrung als Detritus zu konsumieren, sind sie weniger auf eine bestimmte Nahrungsquelle spezialisiert. Als omnivore Generalisten sind sie weniger auf eine bestimmte Produktionsphase angewiesen und können somit im Ochotskischen Meer während verschiedener Sukzessionsstadien vorkommen.

Eine fleckenhafte Verteilung der Phaeodarien-PD mit maximalen PD an der südlichsten Station wird im Frühjahr deutlich (Abb. 5.1). Erhöhte Werte kennzeichnen auch die

Abb. 5.1: Schematische Darstellung der Frühjahrs- und Sommersituation während der jährlichen Planktonsukzession in dem Ochotskischen Meer. Die Abbildungen sollen die Radiolarienproduktion im Zusammenhang mit der sich jahreszeitlich verändernden biologischen Produktion zeigen. Die Säulen sollen die Gebiete mit hoher Phaeodarienproduktion im Frühjahr und hoher Nassellarienproduktion im Sommer darstellen.



nördlichen Stationen, aber an den zentralen Stationen ist die PD extrem niedrig. Ein direkter Einfluß der Eisrandssituation auf die hohe Phaeodarienproduktion, wie ihn Gowing und Garrison (1991) im Weddell und Scotia Meer fanden, kann ausgeschlossen werden. Die höchste PD wurde im Süden in großem Abstand zum Eisrand gefunden.

Die räumliche Variation der Phaeodarien-PD könnte allerdings indirekt durch die biologische Produktion und speziell die Primärproduktion gesteuert sein. Chlorophyllkonzentrationen (in mg Chl Pigmente/m³) wurden von November 1978 bis Juni 1986 mit dem Coastal Zone Color Scanner (CZCS) des Satelliten NIMBUS 7 im Oberflächenwasser der Ozeane gemessen (SeawiFS, 1986). Diese Daten sind auf einem 1° x 1° Gitter als Monatsmittel auch für das Untersuchungsgebiet im Ochotskischen Meer verfügbar. Im Mai sind die Chlorophyllkonzentrationen an der südlichsten Station mit über 2 mg Chl Pigmente/m³ am höchsten. An den nördlichen Stationen kommen die maximalen Chlorophyll-Konzentrationen von 2-3 mg Chl Pigmente/m³ etwas später im Juni vor, und die Diatomeenblüten (diese wurden durch die Abschätzung der Planktonorganismen in den Fängen festgestellt) konnten hier direkt beprobt werden. Im Gegensatz zu dem nördlichen und südlichen Untersuchungsgebiet sind die Chlorophyll-Konzentrationen an den Stationen dazwischen (UT99-4, -5, -22) geringer (unter 1,5 mg Chl Pigmente/m³). Da hohe Chlorophyll-Konzentrationen eine hohe Phytoplanktonkonzentration anzeigen, kann davon ausgegangen werden, daß an den Stationen mit hoher Chlorophyll-Konzentration relativ viel organisches Material als Detritus absinkt. Dieser könnte die Nahrungsgrundlage für die Phaeodarien bilden, deren PD an den Stationen mit erhöhten Chlorophyll-Konzentrationen größer ist. Die Phaeodarien-PD an der südlichen Station ist möglicherweise deshalb höher als die an den nördlichen Stationen, weil an der südlichen Station die maximale Primärproduktion zur Zeit des Fanges (6.6.1999) schon vorbei war, das organische Material bereits am Absinken war und somit mehr Detritus als Nahrung zur Verfügung stand. Im Gegensatz dazu trat die Diatomeenblüte an den nördlichen Stationen zur Zeit der Fänge auf, womit wahrscheinlich zunächst weniger absinkender Detritus als an der südlichsten Station für die Phaeodarien zur Verfügung stand.

An zwei Stationen (UT99-15 und -16) wird eine hohe Chlorophyllkonzentration angezeigt, ohne daß parallel eine Erhöhung der Phaeodarien-PD an den Stationen gefunden wurde. Allerdings wurden auch keine Anzeichen einer Diatomeenblüte an

diesen Stationen entdeckt. Es ist daher möglich, daß bei der Probennahme 1999 die Primärproduktion an diesen Station niedriger als in anderen Jahren war.

5.1.2 Nassellariendominanz während des Sommers – Abhängigkeit von heterotrophen Planktonorganismen?

Die Nassellarien-PD im Sommer zeigt zusätzlich zu der vertikalen Variation deutliche regionale Unterschiede, die mit regionalen Variationen des Nahrungsangebotes erklärt werden können. Generell ist die sommerliche Nassellarien-PD zwischen 200 und 500 m Wassertiefe in dem westlichen Untersuchungsgebiet am höchsten, wo maximale Werte bis zu 1800 Skeletten/m³ auftreten (Abb. 5.1). Ähnlich den jahreszeitlichen Variationen der Nassellarien-PD kann die extrem hohe RPD in der Nähe des Sachalin-Schelfes nicht mit den gemessenen physikalischen Wassermassenparametern (Temperatur und Salzgehalt) erklärt werden. Diese Parameter weisen keinen Unterschied zu den anderen Regionen des Ochotskischen Meeres auf. Folglich müssen andere Faktoren, wie z.B. die Ernährungsgewohnheiten und somit die biologische Produktion, die sommerliche Nassellarienproduktion entscheidend beeinflussen.

Der Trend, daß Nassellarien in tieferen Wasserschichten über die Spumellarien dominieren, wurde bereits in anderen Meeresgebieten festgestellt (Boltovskoy, 1987; Boltovskoy *et al.*, 1993a; Dworetzky & Morley, 1987; Kling, 1979; Zas'ko, 2001) und wird durch die Ergebnisse der Wassersäulenuntersuchung im Ochotskischen Meer bestätigt. Da die Nassellarien im Ochotskischen Meer unter der euphotischen Zone, wo kein Phytoplankton mehr lebt, vorkommen, kann eine herbivore oder symbiotrophe Ernährungsweise weitgehend ausgeschlossen werden. Generell wird für kleine Nassellarien eine bakterivore Ernährungsweise angenommen (Anderson, 1983; Cachon *et al.*, 1990).

Während des Sommers dominieren heterotrophe Planktonorganismen und die Biomasse des Bakterioplankton erreicht maximale Werte (Sorokin und Sorokin, 1999). Dies deutet auf einen Zusammenhang zwischen der hohen verfügbaren Biomasse an Bakterioplankton und der Nassellarienproduktion im August hin.

Die biologische Produktion ist besonders in den Schelfgebieten von Sachalin und Kamtschatka sowie in der westlichen Hälfte des Ochotskischen Meeres erhöht (vgl. Kap. 2.2) (z.B. Agatova *et al.*, 1996; Agatova & Lapina, 1996; Mordasova, 1997;

Sapozhnikov *et al.*, 1999). Die mikrobielle Produktion in der durchmischten Deckschicht des Ochotskischen Meeres nimmt stark über dem Schelf von Sachalin im Vergleich zum zentralen Gebiet des Ochotskischen Meeres zu (Sorokin & Sorokin, 1999). Zusätzlich ist die mikrobielle Produktion im zentralen Gebiet des Ochotskischen Meeres unter 100 bis 200 m Wassertiefe stark verringert, während sie in diesen Wassertiefen über dem Schelf von Sachalin relativ hoch bleibt (Sorokin & Sorokin, 1999). Protein- und Lipidprofile im Ochotskischen Meer weisen auf die Akkumulation von Bakterioplankton, Mikro- und Pikoplankton in Wassertiefen des SOIW hin (Agatova *et al.*, 1996). Auch diese regionalen Befunde unterstützen die Hypothese, daß die Nassellarienproduktion im Ochotskischen Meer stark mit der mikroheterotrophen - möglicherweise mikrobiellen - Produktion besonders in tieferen Wasserschichten zusammenhängt.

5.2 Änderungen der Artenvergesellschaftungen in Abhängigkeit von der Wassertiefe

Im Ochotskischen Meer sind die Radiolarienvergesellschaftungen in charakteristischen Tiefenintervallen zu finden (Abb. 5.2, 5.3), was auch aus anderen Ozeanregionen berichtet wird (Boltovskoy & Alder, 1992; Boltovskoy *et al.*, 1996; Dworetzky & Morley, 1987; Kling & Boltovskoy, 1995). Obwohl die RPD und die relativen Häufigkeiten der Taxa starke jahreszeitliche und regionale Schwankungen zeigen, verschwindet kein Taxon vollständig aus seinem Tiefenhabitat (Abb. 5.2, 5.3). Es kann davon ausgegangen werden, daß von jedem Radiolariantaxon eine minimale Anzahl an Individuen in der für sie charakteristischen Wassermasse unabhängig von regionalen und jahreszeitlichen Veränderungen existiert.

Bereits Kling (1976) nahm nach Untersuchungen im Nordpazifik an, daß Wassermassen auch in der Tiefe ein in sich geschlossenes Zirkulationsmuster haben, wodurch die Verteilung der Radiolarienarten auf verschiedene Tiefenhabitats gesteuert wird. Kling (1979) hat Radiolariantiefenzonierungen über die maximale Radiolariendichte im zentralen nördlichen Pazifik definiert und diskutiert Wassermassen als generelle Planktonhabitats, die die komplexen biotischen und abiotischen Faktoren integrieren. Molina-Cruz *et al.* (1999), Welling *et al.* (1996), Abelmann und Gowing (1997) und Casey *et al.* (1979b) haben ebenfalls einen Zusammenhang zwischen Radiolarien-

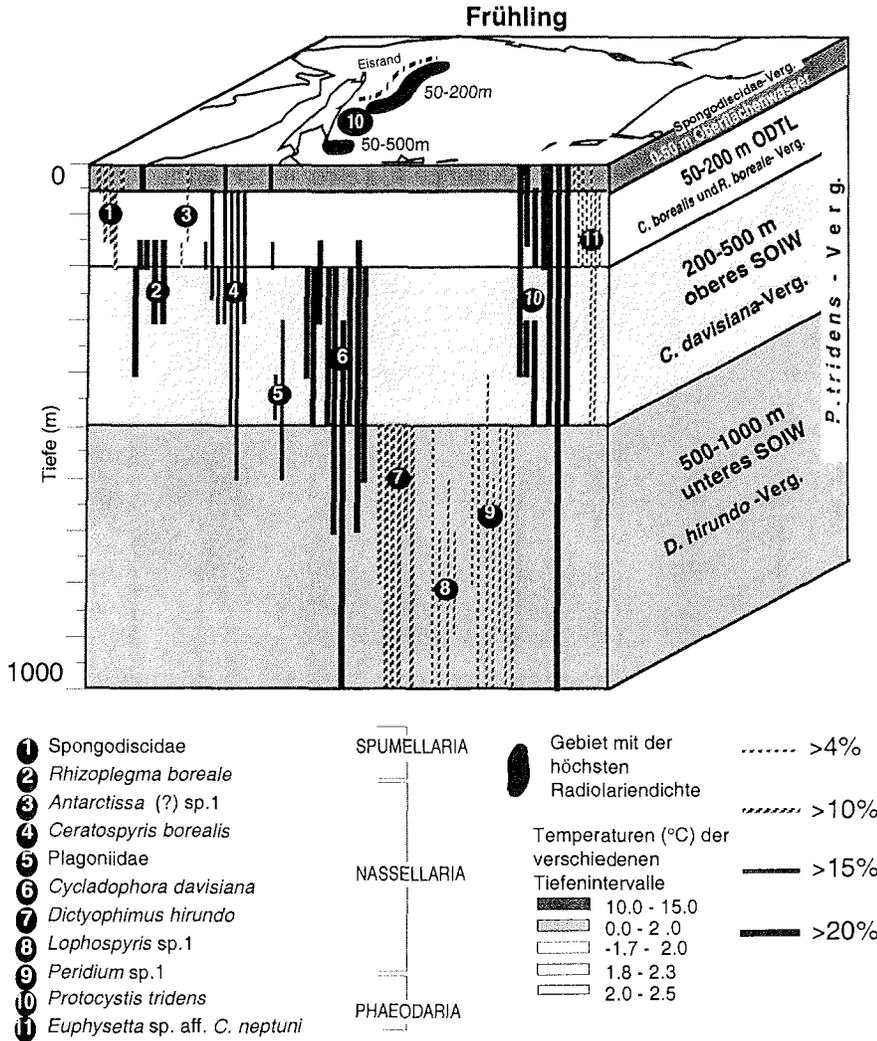


Abb. 5.2: Tiefenhabitate der wichtigsten Radiolarienarten in der Wassersäule während des Frühjahrs zwischen 0 und 1000 m Wassertiefe. Jede Linie gibt das Fangintervall (Probe), in dem die Radiolarienart (durch Nummern in der Legende gekennzeichnet) die größte relative Häufigkeit erreicht, an. Die Stärke und Schraffur der Linie stellen die ungefähren Werte der relativen Häufigkeiten dar. Die Anzahl der Linien symbolisiert die Anzahl der Proben, in denen diese größte relative Häufigkeit auftritt. Für jedes Tiefenhabitat ist der charakteristische Faktor (Vergesellschaftung=Verg.), der durch die Q Modus Faktorenanalyse ermittelt wurde, angegeben.

vergesellschaftungen und Wassermassen im äquatorialen Pazifik, im polaren und subtropischen Südatlantik, im südlichen Golf von Kalifornien und im Golf von Mexiko beobachtet.

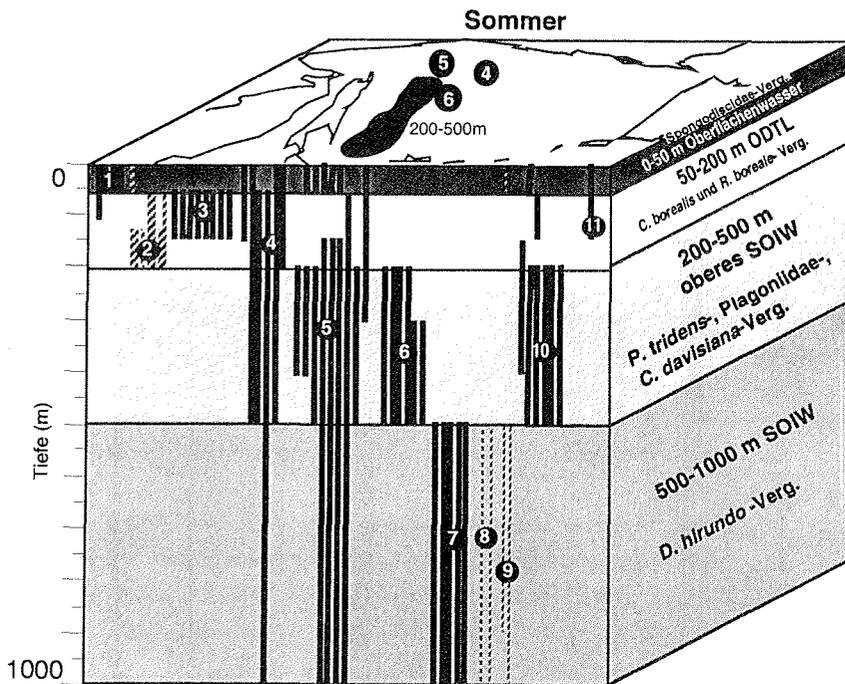


Abb. 5.3: Tiefenhabitate der wichtigsten Radiolarienarten in der Wassersäule während des Sommers zwischen 0 und 1000 m Wassertiefe. Weitere Erklärungen und die Legende in Abb. 5.2.

Da eine Wassermasse - und somit auch die biologischen Prozesse in der Wassermasse - durch ein bestimmtes Temperaturintervall charakterisiert ist, kann die Dominanz bestimmter Taxa in dieser Wassermasse eher durch die biologischen Prozesse in dieser Wassermasse als durch eine direkte (physiologische) Temperaturabhängigkeit der Arten bedingt sein (z.B. Bjørklund *et al.*, 1998; Caron & Swanberg, 1990). Faktoren, die auf die Verteilung der Taxa im Ochotskischen Meer Einfluß nehmen könnten, sind z.B. die Zusammensetzung der biologischen Produktion, die Planktonsukzession oder die Art und Zusammensetzung des marinen Schnees (vgl. Kap. 5.1). Es ist z.B. vorstellbar, daß im Ochotskischen Meer während des Sommers in den stabil geschichteten oberen Wasserschichten bestimmte biologische Prozesse bzw. eine bestimmte Planktonsukzession ablaufen, die die Radiolarienproduktion in der Wassermassen darunter besonders begünstigt. Da diese Zusammenhänge noch weitgehend unerforscht sind, können anhand der vorliegenden Daten keine konkreten Aussagen über die Ursachen der Artenverteilung im Ochotskischen Meer gemacht werden. Zusätzliche

Informationen über ihre Verteilung in anderen Meeresgebieten werden genutzt, um Hypothesen über die ökologischen Charakteristika der Taxa aufzustellen.

Bevor die Radiolarienvergesellschaftungen, die mit Hilfe der Q-Modus-Faktorenanalyse_{Wassersäule} bestimmt wurden, den Wassermassen zugeordnet und ihre geographische Verteilung innerhalb dieser Wassermassen interpretiert werden können, müssen die Gründe für Differenzen zwischen Faktorladungen (bzw. relativen Häufigkeiten) und absoluten Häufigkeiten (hier Populationsdichten) geklärt werden.

Um die ökologischen Bedingungen, die zu Produktionsunterschieden einer oder mehrerer Taxa geführt haben können, zu verstehen, muß man die Verteilung ihrer absoluten Häufigkeiten kennen (Schröder-Ritzrau, 1995). Die relative Häufigkeit einer Art kann sich rein durch die Zu- oder Abnahme anderer Arten ändern, was Bodén (1991) als "Dualität der Ursachen" beschrieben hat. A priori kann durch relative Häufigkeiten nichts über die Produktion von Arten ausgesagt werden.

Die „Ursachen“ sind für die ökologische Charakterisierung der Taxa von Bedeutung, wenn man die Verteilung eines Taxons entlang eines sich zeitlich oder räumlich ändernden Umweltparameters (z.B. Temperatur) betrachtet. Andere Umweltparameter (z.B. Primärproduktion) können sich gleichzeitig wesentlich stärker ändern, so daß die absoluten Häufigkeiten anderer Arten erhöht oder erniedrigt werden. Damit wird die relative Häufigkeit des Taxons verschoben, ohne daß sich der Umweltparameter, für den man sich in Zusammenhang mit dem Taxon interessiert, deutlich verändert haben muß. Hat man keine Informationen über die Produktion (bzw. die PD der Taxa) und damit über die Produktionsverschiebung innerhalb der Vergesellschaftung, ist es sehr schwierig, Kenntnisse über die Ursachen der Veränderung und damit über die charakteristischen Umweltbedingungen zu gewinnen. Aus diesem Grund basiert die Zuordnung der Vergesellschaftungen zu den Wassermassen auf den PD der Taxa, die in den Vergesellschaftungen dominieren, wenn mit Hilfe der Q-Modus-Faktorenanalyse_{Wassersäule} keine eindeutige Zuordnung möglich bzw. wenn eine deutliche Diskrepanz zwischen den Faktorladungen und den PD des dominanten Taxons festzustellen ist.

Spongodiscidae-Vergesellschaftung in der durchmischten Deckschicht

Die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen in der durchmischten Deckschicht sind sehr hoch und reichen von Temperaturen um den Gefrierpunkt bis über 15°C. In dieser Wassermasse müssen die Radiolarien in einem sich sehr schnell verändernden Umweltmilieu überleben, was die Radiolarienproduktion wahrscheinlich hemmt.

Nur juvenile Spongodiscidae, die hauptsächlich den Arten *Spongotrochus glacialis* und *Stylochlamydidium venustum* angehören, kommen überwiegend im Oberflächenwasser vor (Abb. 5.2, 5.3). *Spongotrochus glacialis* dominiert im Oberflächenwasser des Südozeans bei Temperaturen zwischen -1 und 11°C, kommt in dieser Region aber auch bei höheren Temperaturen vor (Abelmann *et al.*, 1999; Abelmann & Gowing, 1997; Morley & Stepien, 1985; Petrushevskaya, 1968). Die Art ist ebenso im Plankton des arktischen Ozeans vertreten (Hülsemann, 1963), wurde im Kalifornien-Strom (Boltovskoy & Riedel, 1987) und bei Temperaturen zwischen 15 und 27°C im ostäquatorialen atlantischen Ozean gefunden (Dworetzky & Morley, 1987). *Stylochlamydidium venustum* wurde im antarktischen Oberflächenwasser bei einer Temperatur von 2°C und einem Salzgehalt von 33,8‰ gefangen (Abelmann & Gowing, 1997). Die Art kommt auch in Oberflächensedimenten unter dem antarktischen Zirkumpolarstrom vor, welcher an der Oberfläche Temperaturen von ungefähr 5 bis 18°C und einen Salzgehalt von 34,0 bis 34,8‰ aufweist (Abelmann *et al.*, 1999). Sie wurde ebenso im subarktischen, im zentralen, äquatorialen Pazifik, in der Bering-See und im Kalifornien-Strom gefunden (Boltovskoy & Riedel, 1987; Itaki & Takahashi, 1995; Takahashi, 1997a; Welling & Pisias, 1998a). Aufgrund ihres Verbreitungsmusters können die beiden Arten als kosmopolitisch bezeichnet werden. Sie können in dem Oberflächenwasser sehr unterschiedlicher Regionen mit einer weiten Temperaturspanne leben und sind wahrscheinlich sehr gut an große Temperaturschwankungen angepaßt. Aufgrund dieser Fähigkeit können sie in der durchmischten Deckschicht des Ochotskischen Meeres leben. Der juvenile Status der meisten Individuen und die geringe PD mögen aber ein Hinweis darauf sein, daß selbst diese Arten hier nicht die optimalen Bedingungen finden.

***R. boreale*- und *C. borealis*-Vergesellschaftung in der ODTL**

Die *R. boreale*- und *C. borealis*-Vergesellschaftung können der ODTL zugeordnet werden, aber nur *Antarctissa* (?) sp. 1 (hauptsächlich zwischen 50 und 130 m Wassertiefe) und *Rhizoplegma boreale* (zwischen 50 und 200 m Wassertiefe) erreichen maximale PD und ihre höchsten relativen Häufigkeiten in dieser Wassermasse.

Die ODTL ist besonders im westlichen Teil des Ochotskischen Meeres durch Temperaturen um den Gefrierpunkt gekennzeichnet, da dieses Gebiet länger von Meereis bedeckt ist. Die Gattung *Antarctissa* ist im Südozean südlich von 45°S häufig (Abelmann *et al.*, 1999; Abelmann & Gowing, 1997) und wurde bisher noch nicht in der Wassersäule oder in Oberflächensedimenten der hohen nördlichen Breiten gefunden. *Antarctissa* (?) sp. 1 erreicht die höchsten PD an den westlichen Sommerstationen in relativ kalten Bereichen der ODTL zwischen ungefähr 1 und -1°C (Abb. 5.4). Möglicherweise könnte sie als Indikator für die ODTL und/ oder die sehr stabile Stratifizierung der obersten Wasserschichten im Sommer dienen, da sie in den Frühjahrsproben kaum vorhanden ist. Es ist allerdings anzunehmen, daß außer der Temperatur andere ökologische Faktoren die Verbreitung der Art beeinflussen, weil ihre PD in vielen Proben, die in den Temperaturbereich von 1 bis -1°C fallen, niedrig ist. Im Gegensatz zu den PD spiegeln die relativen Häufigkeiten von *Antarctissa* (?) sp. 1 und

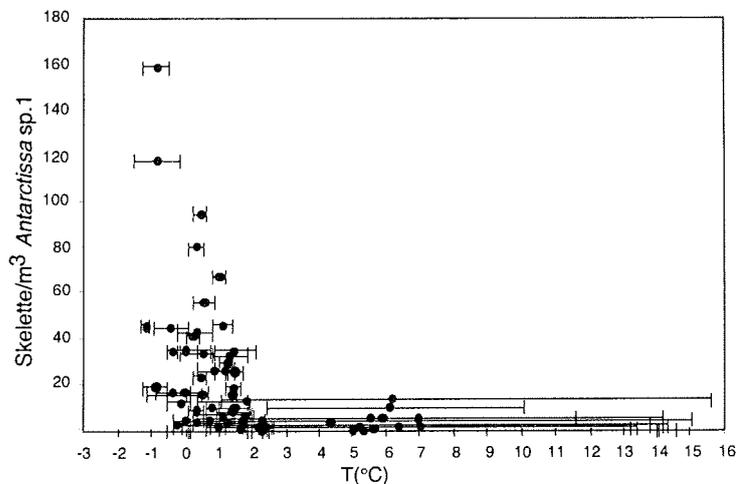


Abb. 5.4: Darstellung der PD von *Antarctissa* (?) sp. 1 im Sommer gegen die Temperatur. Der Temperatur-Mittelwert von jedem Fangintervall ist als Punkt dargestellt. Die Endpunkte der Balken um den Temperatur-Mittelwert stellen die Minimum- und die Maximumtemperatur in dem entsprechenden Fangintervall dar.

ihre Assoziation mit der *R. boreale*- Vergesellschaftung und der *C. borealis*-Vergesellschaftung in den sommerlichen ODTL-Proben kaum die Kontraste zwischen westlichem und östlichem Untersuchungsgebiet wider.

Rhizoplegma boreale erreicht im Sommer in der Nähe von Kamtschatka die höchsten PD, was mit der Verteilung der *R. boreale*-Vergesellschaftung übereinstimmt (Abb. 4.9, 5.2, 5.3). In diesem Fall deuten also die erhöhten relativen Häufigkeiten auf eine höhere Produktion der Art im östlichen Untersuchungsgebiet hin. Das Kamtschatka-Gebiet ist im Winter häufig eisfrei und stark durch den Einstrom aus dem Nordpazifik beeinflusst. Obwohl *R. boreale* eine ähnliche Tiefenverteilung wie *Antarctissa* (?) sp. 1 hat, zeigen die Abbildungen 4.11 und 5.5, daß *R. boreale* im Sommer höhere absolute Häufigkeiten im Bereich des relativ wärmeren Einstromes aus dem nordpazifischen Ozean hat und möglicherweise mit diesem assoziiert werden kann. *Rhizoplegma boreale* wurde aus

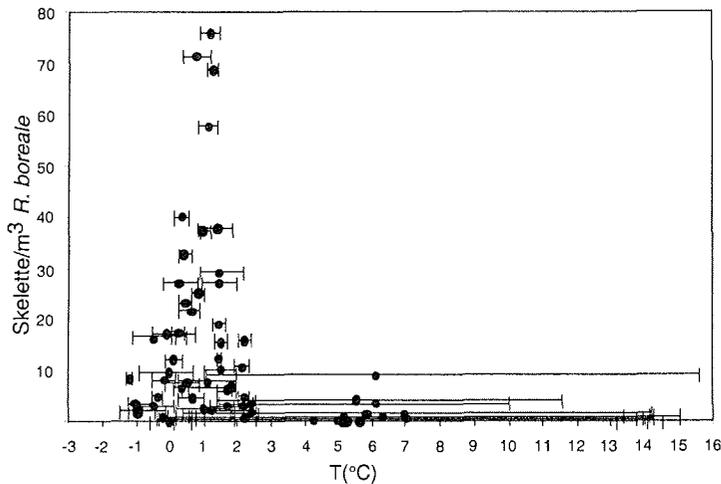


Abb. 5.5: Darstellung der PD von *Rhizoplegma boreale* im Sommer gegen die Temperatur. Weitere Erklärungen in Abb. 5.4.

den hohen nördlichen und südlichen Breiten beschrieben und kommt im europäischen Nordmeer (Bjørklund *et al.*, 1998; Schröder-Ritzrau, 1995), den norwegischen Fjorden (Swanberg & Bjørklund, 1986), dem Nordatlantik (Jørgensen, 1905), dem Nordpazifik, der Bering-See (Itaki & Takahashi, 1995) und dem Südatlantik (Abelmann, 1992a; 1992b; Abelmann & Gowing, 1997; Nishimura *et al.*, 1997; Petrushevskaya, 1968) vor. Eine vergleichende Sedimentfallenuntersuchung zwischen dem zentralen subarktischen

pazifischen Ozean und der Bering-See zeigt, daß *R. boreale* wesentlich häufiger in der Bering-See auftritt (Itaki & Takahashi, 1995). Die Art kommt häufiger in den neritischen Gebieten der Norwegischen Fjorde (Swanberg & Bjørklund, 1987), der Antarktis und der Bransfield-Straße vor (Abelmann, 1992a; b). Aufgrund dieser Beobachtungen kann *R. boreale* als bipolar eingestuft werden, wobei küstennahe Gebiete und eine hohe biologische Produktion die Art besonders begünstigen.

Dolven und Bjørklund (2001) haben zwei verschiedene Morphotypen von *R. boreale* - eine ozeanische Form mit sechs Radialstacheln und eine Fjordform mit acht oder mehr Radialstacheln - aus dem Europäischen Nordmeer und den Norwegischen Fjorden beschrieben. Die intakten, erwachsenen Individuen im Ochotskischen Meer können überwiegend der ozeanischen Form zugerechnet werden. Allerdings konnte die Anzahl der Radialstacheln für die meisten juvenilen Individuen nicht bestimmt werden. Nach Dolven und Bjørklund (2001) zeigen erhöhte relative Häufigkeiten von *R. boreale* (3,5%) im Europäischen Nordmeer eine Mischung von Wassermassen und eine daraus resultierende höhere Primärproduktion an. Die erhöhte PD im Sommer vor Kamtschatka könnte auf die Mischung von einströmendem nordpazifischem Wasser mit dem Wasser des Ochotskischen Meeres und/ oder erhöhte Primärproduktion in der Nähe des Kamtschatka-Schelfes hinweisen. Die relativ hohe PD von *R. boreale* an den nördlichen Frühjahrsstationen kann auf die hohe Primärproduktion zurückgeführt werden, die durch satellitengestützte Beobachtungen (SeawiFS, 1986) und Diatomeenblüten (nachgewiesen durch Abschätzung der Planktonorganismen in den Fängen) angezeigt wird (vgl. Kap. 5.1).

Die *C. borealis*-Vergesellschaftung hat eindeutig im Bereich der ODTL die höchsten Ladungsbeträge. Allerdings erreicht die Art *C. borealis* die höchsten PD unterhalb der ODTL im oberen SOIW, was die ökologische Interpretation der Art erschwert.

Ceratospyris borealis kann als subarktische Art eingestuft werden, da sie im Nordpazifik (Kruglikova, 1999; Nigrini, 1970; Piasias *et al.*, 1997; Sachs, 1973) und in der Bering-See verbreitet ist (Itaki & Takahashi, 1995). Takahashi (1997a; b) beschreibt *C. borealis* aus einer Sedimentfalle aus dem Golf von Alaska (östlicher subarktischer pazifischer Ozean) und diskutiert die Art als Indikator für erhöhte biologische Produktivität, da die Flüsse von *C. borealis* parallel zu derjenigen der Diatomeenart *Neodenticulata seminae* verlaufen. Diese Erkenntnis wird durch die Ergebnisse aus dem Ochotskischen Meer gestützt, da hohe PD von *C. borealis* in Gebieten mit erhöhter

biologischer Produktivität auftreten. Außerdem ist die Verteilung von *C. borealis* und den Plagoniidae, die als Indikator für erhöhte Primärproduktion beschrieben werden (siehe unten), sehr ähnlich.

Ceratospyris borealis kommt in der ODTL und im oberen SOIW vor. Im Bereich des

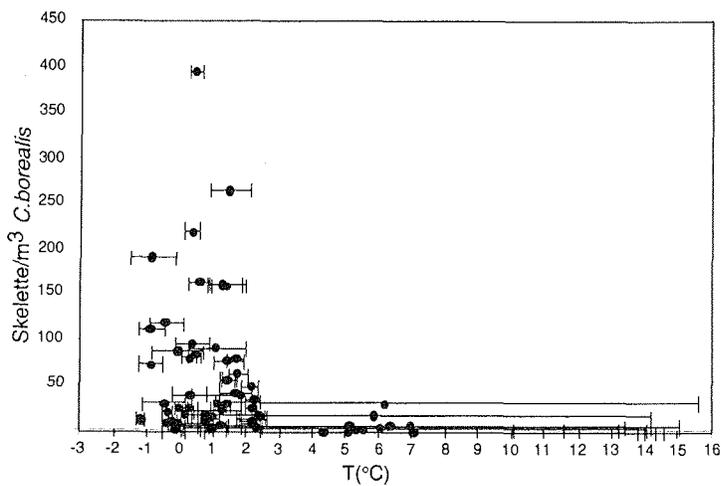


Abb. 5.6: Darstellung der PD von *Ceratospyris borealis* im Sommer gegen die Temperatur. Weitere Erklärungen in Abb. 5.4.

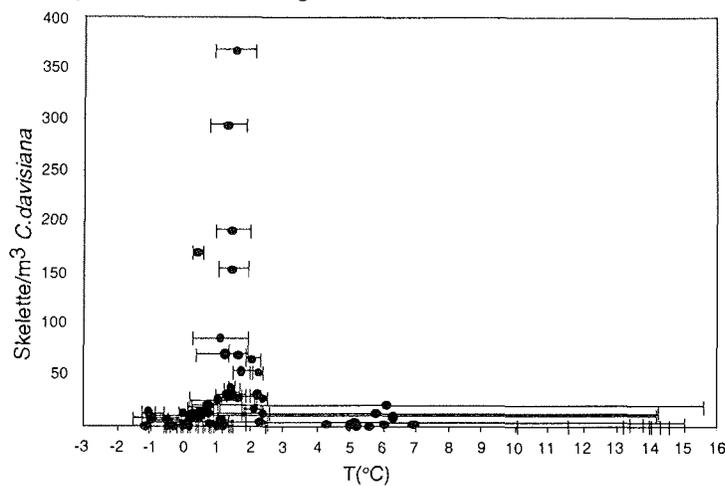


Abb. 5.7: Darstellung der PD von *Cycladophora davisiana* im Sommer gegen die Temperatur. Weitere Erklärungen in Abb. 5.4.

oberen SOIW werden die relativen Häufigkeiten aber durch die dort dominanten Taxa herabgesetzt, so daß nur in der ODTL höhere relative Häufigkeiten erreicht werden. Die vertikale Verbreitung von *C. borealis* über mehrere Wassermassen wird auch dadurch deutlich, daß die Art hohe PD von mehr als 100 Skeletten/m³ im Temperaturintervall

zwischen 2 und -1°C (dieses umfaßt den Temperaturbereich des oberen SOIW und den der ODTL) hat (Abb. 5.6).

***C. davisiana*- und Plagoniidae-Vergesellschaftung im oberen SOIW**

In dem oberen Zwischenwasser von ungefähr 200 bis 500 m Wassertiefe erreichen die Plagoniidae, *Ceratospyrus borealis* und *Cycladophora davisiana* die höchste PD und die Plagoniidae und *C. davisiana* dominieren die Biozönose (Abb. 5.2, 5.3). Da auch die meisten weniger häufigen Taxa, wie z.B. *Botryocampe inflata*, *Lithomelissa/Trisulcus* sp. 1 und *Sethoconus tabulatus*, im oberen Zwischenwasser die höchsten PD haben, kann angenommen werden, daß in dem oberen SOIW sehr gute ökologische Bedingungen für die Nassellarienproduktion herrschen.

Das obere SOIW liegt deutlich unter der ODTL und somit kann eine direkte Beziehung zwischen den Plagoniidae, *C. davisiana* (sowie den anderen Taxa des oberen SOIW) und der ODTL bzw. Primärproduzenten in der euphotischen Zone ausgeschlossen werden. Aufgrund der Temperaturdiagramme (Abb. 5.4 bis 5.10) könnte angenommen werden, dass das obere SOIW optimale Temperaturbedingungen für die Taxa bietet, weil höchste PD bei ungefähr 1 bis $2,5^{\circ}\text{C}$ erreicht werden. Selbst eine polynomische Regression 6. Grades für das *C. davisiana*-Temperaturdiagramm (Abb. 5.7) ergibt nur einen Regressionskoeffizienten von 0,2. Zwischen der PD dieser Art und der Temperatur besteht also keine mathematische Beziehung. Auch für alle anderen Taxa, für die Temperaturdiagramme dargestellt werden, ergeben sich ähnlich geringe Regressionskoeffizienten. *Cycladophora davisiana* und die Plagoniidae haben in einigen Proben innerhalb dieser Temperaturspanne sehr niedrige PD. Weitere ökologische Faktoren müssen die Verteilung der Taxa beeinflussen. Wäre die Temperatur der einzige steuernde Faktor, müßte z.B. *C. davisiana* in allen Ozeangebieten, in denen diese optimalen Temperaturen zwischen 1 und $2,5^{\circ}\text{C}$ herrschen, mit hohen PD vorkommen. Temperaturen zwischen 1 und $2,5^{\circ}\text{C}$ werden beispielsweise in der Grönland-See ungefähr zwischen 250 und 500 m Wassertiefe und im Südatlantik im Bereich des Zirkumpolaren Tiefenwassers gemessen, ohne daß dort größere Populationen oder Flüsse von *C. davisiana* nachgewiesen werden konnten (Abelmann & Gowing, 1996; Schröder-Ritzrau *et al.*, 2001).

Aufgrund der taxonomischen Ähnlichkeit können die Plagoniidae mit der Art *P. oikiskos*, die als neritische Kaltwasserradiolarie beschrieben wird und wahrscheinlich erhöhte Primärproduktion anzeigt, ökologisch verglichen werden. *Plectacantha oikiskos* wurde in Küstengewässern vor Norwegen beobachtet (Jørgensen, 1905). Nishimura *et al.* (1997) diskutiert anhand von Oberflächensedimentproben eine Phormacantha-Plectacantha Gruppe, die ebenfalls mit den Plagoniidae vergleichbar ist, als neritische Küstenvergesellschaftung um den Antarktischen Kontinent. *Plectacantha oikiskos* war in einer Sedimentfalle in 1660 m Wassertiefe im Powell-Becken und in einer tiefen Sedimentfalle der Bransfield-Straße häufig (Abelmann, 1992a). Das Vorkommen in der Bransfield-Straße wird mit lateralem Transport von den benachbarten Schelfen erklärt, und es wird vorgeschlagen, daß *P. oikiskos* bevorzugt an steil abfallenden Schelfen und Kontinentalabhängungen vorkommt. Die hohe PD von den Plagoniidae am steil abfallenden Kontinentalhang bei Sachalin unterstützt die Hypothese.

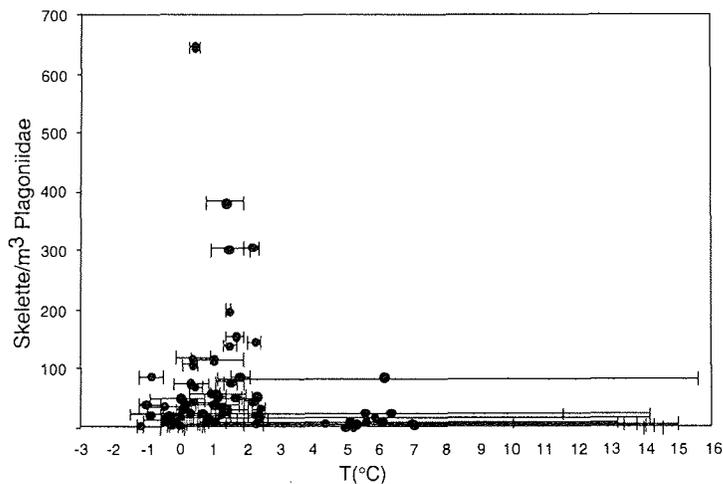


Abb. 5.8: Darstellung der PD von den Plagoniidae im Sommer gegen die Temperatur. Weitere Erklärungen in Abb. 5.4.

Cycladophora davisiana ist eine kosmopolitische Art (Morley & Hays, 1979), die in Oberflächensedimenten aus vielen Regionen der Weltmeere beschrieben wird (Benson, 1966; Bjørklund *et al.*, 1998; Matul, 1998; Morley & Hays, 1983; Molina-Cruz & Martínez-López, 1994; Petrushevskaya & Bjørklund, 1974; Pisias *et al.*, 1997; Robertson, 1975; Welling & Pisias, 1998b) und in der Wassersäule des antarktischen Ozeans (Abelmann & Gowing, 1997), der Bering-See (Itaki und Takahashi, 1995) und des Kalifornien-Stromes (Boltovskoy & Riedel, 1987) gefunden wurde. Die Art erreicht

aber in keinem anderen Meeresgebiet dem Ochotskischen Meer vergleichbar hohe Häufigkeiten (Morley, 1980; Morley & Hays, 1979; 1983).

Möglicherweise unterscheiden sich die Formen, die überwiegend im Ochotskischen Meer gefunden werden, in ihrer Morphologie von den Individuen der offenen Ozeane und denen, die während der Glaziale in hohen Breiten dominieren (Kruglikova, 1975; 1999). Bjørklund & Ciesielski (1994) haben pleistozäne Skelette von *C. davisiana* aus nord- und südatlantischen Kernen untersucht und fanden Größenunterschiede des Thorax und ersten abdominalen Segments. Die Individuen in der Wassersäule des Ochotskischen Meeres können Unterschiede, z.B. in der Porengröße, zu den ozeanischen Individuen zeigen. Aufgrund der hohen morphologischen Variabilität der Skelette und ihres überwiegend juvenilen Status konnte jedoch kein Kriterium gefunden werden, um *C. davisiana* in den verschiedenen Gebieten des Ochotskischen Meeres zu unterscheiden. Um definitiv *C. davisiana* im Ochotskischen Meer von einer ozeanischen Form unterscheiden zu können, um mögliche Ursachen von verschiedenen Skelettausprägungen zu ergründen oder um diese Hypothese zu verwerfen, müßte eine vergleichende Untersuchung z.B. mit Individuen aus dem nordpazifischen Ozean und dem südatlantischen Ozean durchgeführt werden. Bis dahin muß die Frage, ob die Individuen des Ochotskischen Meeres einen von *C. davisiana* (aus anderen Ozeanregionen) verschiedenen Morphotyp darstellen, ungeklärt bleiben.

***D. hirundo*-Vergesellschaftung im unteren SOIW**

Das Habitat des unteren SOIW ist durch das Auftreten einer Reihe von Arten, die in den Wassermassen darüber nicht vorhanden sind, charakterisiert. Von diesen Arten sind *D. hirundo*, *Lophospyris* sp. 1 und *Peridium* sp. 1 am häufigsten. Abb. 5.9 zeigt, daß *D. hirundo* bevorzugt im unteren SOIW bei $\pm 2^{\circ}\text{C}$ lebt. *D. hirundo* ist kosmopolitisch verbreitet (Boltovskoy & Riedel, 1980). Benson (1966) beschreibt eine Art *Peridium* sp., die *Peridium* sp. 1 aus dem Ochotskischen Meer sehr ähnlich ist, aus dem Golf von Kalifornien. *Lophospyris* sp. 1 zeigt morphologische Ähnlichkeiten zu *Lophospyris pentagona quadriformis*. Diese Art wird als häufig vorkommend in subpolaren Gebieten und antarktischen Regionen und als gering vorkommend in subtropischen und äquatorialen Gebieten beschrieben (Goll, 1976). Sie wurde auch im Plankton des zentralen äquatorialen Pazifiks gefunden (Welling, 1996). Die Arten, die im unteren SOIW vorkommen, haben also vermutlich eine kosmopolitische Verbreitung. Im

Ochotskischen Meer scheinen sie an das untere SOIW, das von einer jahreszeitlichen Ventilation abgeschlossen ist, gebunden zu sein. Die Ursachen dafür könnten bestimmte abiotische Faktoren sein, z.B. extrem stabile Temperaturbedingungen oder biotische Faktoren, z.B. ein bestimmter Zersetzungsgrad oder eine bestimmte Zusammensetzung der Nahrung.

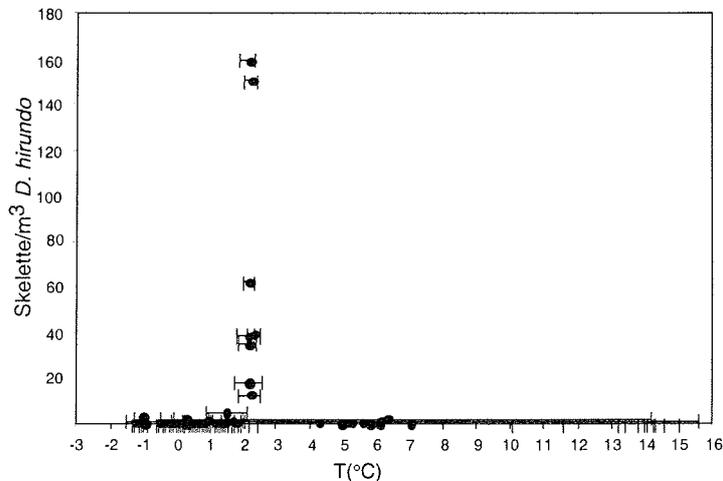


Abb. 5.9: Darstellung der PD von *Dictyophimus hirundo* im Sommer gegen die Temperatur. Weitere Erklärungen in Abb. 5.4.

P. tridens-Vergesellschaftung

Die einzige Art, die in den Tiefenhabitaten zwischen 0 und 500 m Wassertiefe (Faktor 2) vorkommt, ist *Protocystis tridens*. Die Art ist aus dem Plankton aus nördlichen und südlichen hohen Breiten bekannt (Bjørklund, 1974; Cleve, 1900; Jørgensen, 1905; Tibbs & Tibbs, 1986; Wailes, 1937). Im pazifischen Sektor des Südozeans bis zu 40°S lebt diese Art hauptsächlich zwischen 0 und 500 m Wassertiefe (Tibbs und Tibbs, 1986). Haecker (1908), Meyer (1934) und Abelman (1992a) beschrieben, daß *P. tridens* in antarktischen und subantarktischen Wassermassen in Wassertiefen zwischen 200 und 1000 m vorkommt. Swanberg und Bjørklund (1987) fanden die Art in den norwegischen Fjorden, wo sie am häufigsten zwischen 100 und 200 m Wassertiefe vorkommt (Bjørklund, 1974). Diese Beobachtungen passen gut zu den Ergebnissen der vorliegenden Wassersäulenuntersuchung, die zeigen, daß *P. tridens* in einer Reihe von Tiefenhabitaten und unterschiedlichen Jahreszeiten mit unterschiedlichen biologischen

Produktionsphasen vorkommt. Die RPD_{Taxon} von *Euphysetta* sp. aff. *C. neptuni* ist der Verteilung von *P. tridens* sehr ähnlich. Das Vorkommen dieser Arten in einem größeren Tiefenintervall könnte durch ihre Nahrungsgewohnheiten erklärt werden. Da sie opportunistisch leben (vgl. Kap. 5.1), könnten sie von einer Reihe unterschiedlicher Nahrungsangebote in unterschiedlichen Tiefen leben.

6 Ökologische Signale der Radiolariantaphozönose im Ochotskischen Meer

6.1 Radiolarienkonzentration und -akkumulation - Abbild der Radiolarienproduktion?

Die RK_{Gesamt} und die RAR_{Gesamt} beschreiben den Radiolariengehalt im Sediment und werden primär durch die Radiolarienproduktion in einem Gebiet bestimmt. Allerdings werden sie auch von anderen biotischen und abiotischen Parametern beeinflusst, die die unterschiedlichen Verteilungsmuster der RK_{Gesamt} und der RAR_{Gesamt} verursachen.

Die RK_{Gesamt} ist außer von der Radiolarienproduktion auch von der Verdünnung durch terrigenen Eintrag (z.B. über Flüsse) oder durch häufigere biogene Komponenten, z.B. Diatomeen, sowie von selektiver Lösung abhängig. Selektive Lösung der polycystinen Radiolarien im Ochotskischen Meer ist zwar nicht auszuschließen, aber es kann angenommen werden, daß sie keinen bedeutenden Einfluß auf die Radiolariantaphozönose hat (vgl. Kap. 7). Jedoch ist es prinzipiell schwierig, unterschiedliche Konzentrationen entweder auf Verdünnungseffekte oder auf variable Radiolarienproduktion zurückzuführen (Bjørklund *et al.*, 1998; Chen & Tan, 1997; van de Paverd & Bjørklund, 1989; Swanberg & Bjørklund, 1992). In den meisten Ozeangebieten ist die RK_{Gesamt} an küstennahen Stationen geringer, da der terrigene Eintrag in Küstennähe größer ist (Chen und Tan, 1997).

Auch im Ochotskischen Meer kann die niedrigere RK_{Gesamt} an küstennahen Stationen (Abb. 4.12) größtenteils auf Verdünnung durch terrigenes Material zurückgeführt werden. Quellen dafür sind die Suspensionsfracht des Amur östlich und nordöstlich von Sachalin, klastische, durch Meereis transportierte Sedimente im nordwestlichen Ochotskischen Meer und vulkanogenes Material in der Nähe von Kamtschatka (Biebow & Hütten, 1999; Biebow *et al.*, 2000; Tiedemann & Nürnberg, 2001). Zusätzlich werden die RK_{Gesamt} durch die häufiger vorkommenden Diatomeenvalven verdünnt.

Die hohen RK_{Gesamt} nordöstlich von Sachalin könnten theoretisch auf Fokussierung der Sedimente an dem steilen Kontinentalhang zurückgeführt werden. Das kann jedoch ausgeschlossen werden, da Oberflächensedimentproben von vergleichbaren Lokationen aus dem Ochotskischen Meer keinen nennenswerten Anteil von littoralen

Diatomeenarten, wie man es bei stärkerer Erosion und Transport von Sedimenten vom Schelf erwarten würde, aufweisen (Sancetta, 1981).

Der terrigene Eintrag und somit die Verdünnung ist im Zentrum des Ochotskischen Meeres geringer, so daß dort höhere RK_{Gesamt} als an den Stationen in Küstennähe gefunden wurden.

Kruglikova (1975) beschreibt ein ähnliches Bild mit höheren Radiolarienkonzentrationen in Oberflächensedimenten aus dem Zentrum des Ochotskischen Meeres und mit niedrigen Radiolarienkonzentrationen in der Nähe der Schelfgebiete. Die angegebenen Konzentrationen sind allerdings ungefähr um den Faktor zehn geringer, als diejenigen der hier untersuchten Proben. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, daß Siebe mit größeren Maschenweiten benutzt wurden. Zwar wurde von Kruglikova (1975) keine Angabe zu der Siebgröße gemacht, aber das Fehlen der kleinen Plagoniidae, die die Radiolarienvergesellschaftung im Ochotskischen Meer dominieren, deutet auf die Benutzung größerer Maschenweiten hin. Weiterhin wurden keine Angaben darüber gemacht, ob sich die angegebene Radiolarienkonzentration auf getrocknete Sedimentproben bezieht. Es ist möglich, daß Naßgewichte benutzt wurden, die weitere Unterschiede in der berechneten Radiolarienkonzentration hervorrufen.

Generell ist die Verteilung der RK_{Gesamt} in den Oberflächensedimenten des Ochotskischen Meeres von dem Ablagerungsmilieu abhängig und sollte darum nur für Gebiete (bzw. in Sedimentkernuntersuchungen für Zeitintervalle) mit ähnlichen Sedimentationsraten interpretiert werden.

Die Berechnung der Radiolarienakkumulationsrate ist bisher die einzige Methode, um zeitliche Variationen der Radiolarienproduktion ohne die Verdünnungseffekte in den Sedimenten zu erfassen (z.B. Schröder-Ritzrau, 1995). Allerdings hängt die RAR_{Gesamt} von der linearen Sedimentationsrate (LSR) und damit vom Altersmodell und der Qualität der Datierung ab. Die holozänen Sedimentationsraten sind Werte, die über die letzten 6000 Jahre oder mehr gemittelt wurden, und sie spiegeln aus diesem Grund nicht exakt die rezente Sedimentation wider. Folglich sind die aus ihnen berechneten RAR nicht die exakten Werte der heutigen Radiolarienakkumulation, sondern sollten als Trends verstanden werden, die die regionalen Unterschiede in der Radiolarienakkumulation aufzeigen.

Die höchste RAR_{Gesamt} des Ochotskischen Meeres an den nordwestlichen Stationen (Abb. 4.13) kann mit der hohen biologischen Produktion in diesem Gebiet assoziiert werden. Die hohen Akkumulationsraten von biogenem Silikat in der Nähe von Sachalin und im Derugin-Becken, die auf Nährstoffeintrag durch den Amur zurückzuführen sind (Tiedemann & Nürnberg, 2001), und die Zunahme der Gehalte an biogenem Opal in Porenwasserprofilen entlang des Kontinentalhanges von Sachalin nach Norden (Biebow *et al.*, 2000) unterstützen diese Hypothese.

Das nährstoffreiche Wasser des Amur zirkuliert mit dem Ost-Sachalin-Strom nach Süden (Sapozhnikov *et al.*, 1999), so daß für das zentrale nördliche Untersuchungsgebiet eine relativ geringe biologische Produktion angenommen werden kann, die sich in stark erniedrigten RAR_{Gesamt} widerspiegelt. Im Vergleich zu dem zentralen nördlichen Untersuchungsgebiet ist die RAR_{Gesamt} an den östlichen Stationen vor Kamtschatka erhöht (Abb. 4.13). Dies kann durch die erhöhte biologische Produktion in der Nähe des Kamtschatka-Schelfes erklärt werden. Im Vergleich zu den nordwestlichen Stationen ist die RAR_{Gesamt} aber um den Faktor 3 bis 10 niedriger. Dieser Gradient von sehr hoher RAR_{Gesamt} im westlichen Untersuchungsgebiet zu niedrigerer RAR_{Gesamt} im östlichen Untersuchungsgebiet ist auf die Unterschiede in der Primärproduktion im Ochotskischen Meer zurückzuführen (vgl. Kap. 2.2 und 5.1).

Die RAR_{Gesamt} an den südlichen Stationen um das Kurilen-Becken ist schwieriger zu interpretieren, da sie keine eindeutigen Trends zeigt und nur für einige Proben in diesem Gebiet berechnet werden konnte. Die Stationen LV28-2, GE99-10 und LV28-64 sind durch extrem unterschiedliche RAR_{Gesamt} gekennzeichnet, obwohl sie relativ nahe beieinander liegen. Zwei Hypothesen sind denkbar, um diese Verteilung zu erklären. Entweder spiegeln sich an den Stationen des Kontinentalhanges Veränderungen der Radiolarienproduktion wider, die durch unterschiedliche produktionsbiologische Effekte oder durch die komplexen Zirkulationsmuster zu erklären wären. Andererseits könnten sie das Ergebnis von Suspensionsströmungen sein, die vom Sachalin-Schelf in das Kurilen-Becken gerichtet sind. Das Vorkommen solcher „turbidity currents“ im Bereich des Kontinentalhanges vom Sachalin-Schelf bis in das Kurilen-Becken werden in Biebow *et al.* (2000) diskutiert. Um die RAR_{Gesamt} an diesen Stationen genauer beurteilen zu können, wären aber mehr Informationen über die Strömungs- und Produktionsmuster aus diesem Gebiet nötig. Der „Academy of Sciences“-Rücken (vgl. Abb. 2.2) könnte ein Grund für die stark unterschiedlichen RAR_{Gesamt} nördlich und

südlich des Rückens sein. Möglicherweise hat der Rücken einen Einfluß auf die Strömungsmuster in Tiefen- und Bodenwasser, so daß die nördliche Station von einer nördlichen Strömung aus dem Hochproduktionsgebiet, die südliche Station dagegen von einer nährstoffärmeren Strömung aus dem nordpazifischen Ozean beeinflusst wird.

Diese Ergebnisse zeigen, daß die generelle Verteilung der RAR_{Gesamt} im Untersuchungsgebiet als Indikator für die Radiolarienproduktion bewertet werden kann. Allerdings würden präzisere Altersbestimmungen der Oberflächensedimente, z.B. durch die Radiokarbonmethode, die Berechnung der RAR_{Gesamt} verbessern und die Interpretation auf eine sicherere Basis stellen. In Gebieten wie dem Kurilen-Becken sind zusätzliche Altersdaten notwendig, um das Verteilungsmuster der RAR_{Gesamt} interpretieren zu können.

6.2 Artenvergesellschaftung und -produktion als Abbild biologischer und ozeanographischer Rahmenbedingungen

Im Folgenden werden die relativen (Faktorenvergesellschaftungen) und absoluten (RAR) Häufigkeiten der Radiolarien in den Oberflächensedimenten in Verbindung miteinander diskutiert, da aus dieser Synthese umfangreichere ökologische Informationen gewonnen werden können als aus der alleinigen Interpretation der Faktorvergesellschaftungen (vgl. Kap. 5.2). Die drei Vergesellschaftungen der Q-Modus-Faktorenanalyse_{Oberflächensediment} beschreiben die Variation in dem Oberflächen-sedimentdatensatz ausreichend und erlauben die Beurteilung der ökologischen Faktoren, die diese Variation ausmachen. Jedoch hat die zusätzliche Einbeziehung der RAR der wichtigsten Taxa den Vorteil, daß so die Ursache für die Variationen der relativen Häufigkeiten geklärt werden können. Dieses Kenntnis ermöglicht es, zusätzlich zu den drei Faktorenvergesellschaftungen fünf Arten-gruppierungen zu unterscheiden (Abb. 6.1). Sie zeigen regionale ökologische Trends in dem Untersuchungsgebiet, die in der Q-Modus-Faktorenanalyse_{Oberflächensediment} nicht deutlich werden. Die Bezeichnung „Artengruppierung“ soll den Unterschied zu den berechneten „Faktorenvergesellschaftungen“ klar machen.

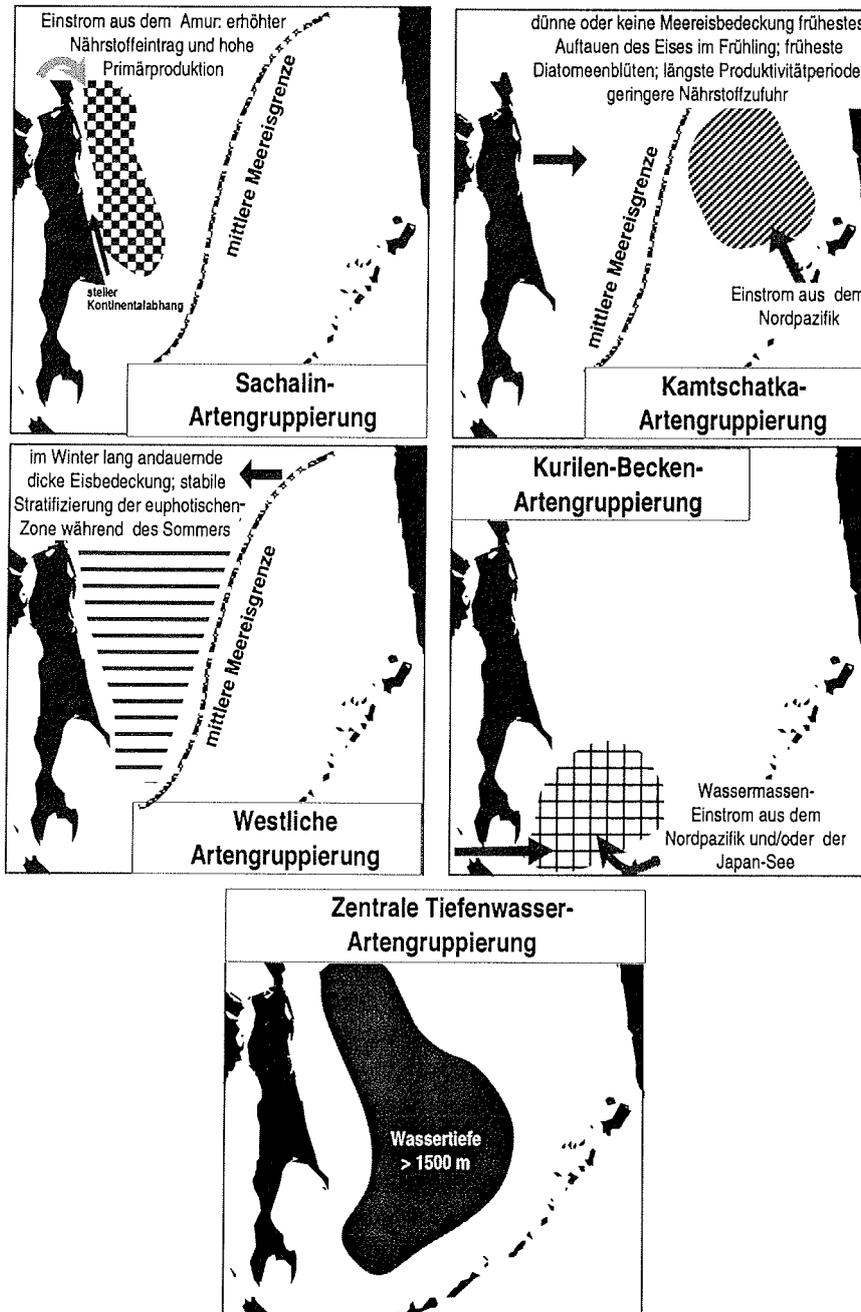


Abb. 6.1: Verteilung der fünf Artengruppierungen in den Oberflächensedimenten und ökologische Bedingungen, die zu der Ausprägung der einzelnen Artengruppierungen geführt haben können.

Plagoniidae-Vergesellschaftung: Sachalin- und Kamtschatka-Artengruppierung

Die Plagoniidae-Vergesellschaftung kann als Indikator für hohe biologische Produktion im Ochotskischen Meer bewertet werden (vgl. Kap. 5.2). Die Plagoniidae kommen zusammen mit *Rhizoplegma boreale* sowohl im Ochotskischen Meer (Abb. 4.15, 4.16) als auch in neritischen Gebieten um die Antarktis (Nishimura *et al.*, 1997) vor, was auf ähnliche produktionsbiologische Bedingungen der beiden Gebiete schließen läßt. Die weite Verbreitung der Plagoniidae-Vergesellschaftung im Ochotskischen Meer (Abb. 4.14) ist charakteristisch für die insgesamt hohe Produktivität des Ochotskischen Meeres. Die biologische Produktion ist, der Verteilung der Plagoniidae-Vergesellschaftung nach zu schließen, an den nordwestlichen Stationen und an den östlichen Stationen vor Kamtschatka am höchsten. Die Interpretation wird durch die erhöhten Faktorladungen der „Okhotsk Slope“-Diatomeenvergesellschaftung in den küstennahen Oberflächensedimenten des Ochotskischen Meeres unterstützt (Abb. 6.2), die als Anzeiger für eine hohe biologische Produktion im Frühjahr gewertet wird (Sancetta, 1981).

Im Gegensatz zu den Plagoniidae sind die relativen Häufigkeiten von *Antarctissa* (?) sp. 2 nur in der Nähe von Kamtschatka erhöht, und ihre absoluten Häufigkeiten sind zwischen den westlichen und den östlichen Stationen ausgeglichener (Abb. 4.17). Die höheren relativen Häufigkeiten von *Antarctissa* (?) sp. 2 an den östlichen Stationen vor Kamtschatka sind zu einem Großteil auf die geringere Produktion der Plagoniidae in diesem Gebiet zurückzuführen, nicht aber auf eine verstärkte Produktion von *Antarctissa* (?) sp. 2. Diese Unterschiede deuten auf verschiedene ökologische Bedingungen in dem nordwestlichen und dem östlichen Gebiet hin. Eine vergleichbare Unterscheidung des westlichen und östlichen küstennahen Gebietes im Ochotskischen Meer wurde auch in den Diatomeenvergesellschaftungen der Oberflächensedimente gefunden (Sancetta, 1981). Obwohl die produktivitätsanzeigende „Okhotsk Slope“-Vergesellschaftung sowohl in der Nähe von Kamtschatka als auch in der Nähe von Sachalin verbreitet ist, wurde zusätzlich eine „Western Okhotsk“-Vergesellschaftung ausschließlich in der Nähe von Sachalin gefunden. Dies bestätigt die ökologische Differenzierung zwischen den beiden Gebieten (Abb. 6.2).

Die Verbreitung von *Stylochlamydidium venustum* mit hohen relativen und absoluten Häufigkeiten ausschließlich im östlichen Ochotskischen Meer (Abb. 4.23) unterstützt die Hypothese verschiedener ökologischer Rahmenbedingungen zwischen dem

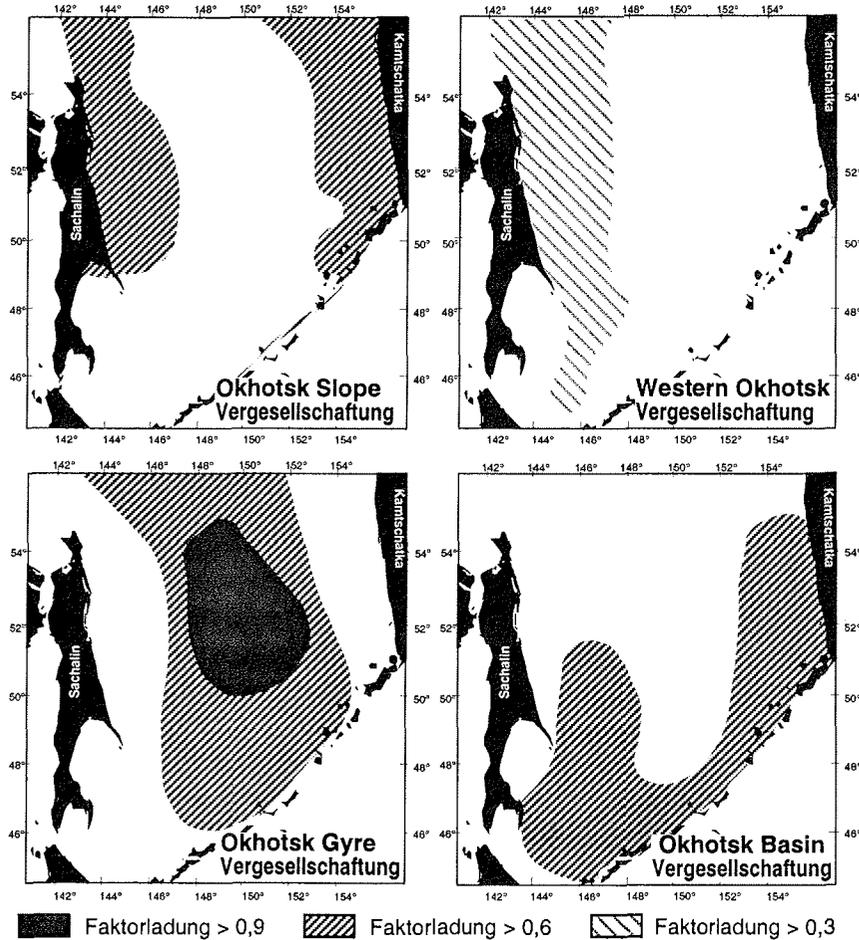


Abb. 6.2: Faktorladungsverteilung der Diatomeenvergesellschaftungen im Ochotskischen Meer nach Sancetta (1981).

westlichen und dem östlichen Gebiet. Aufgrund dieses Verteilungsmusters kann *S. venustum* möglicherweise mit dem Einstrom aus dem nordpazifischen Ozean assoziiert werden.

Der Ost-West-Gradient in der Primärproduktion im Ochotskischen Meer spiegelt sich somit nicht nur in der RAR_{Gesamt} , sondern auch in der Verbreitung der einzelnen Taxa wider. Sowohl die prozentuale Erhöhung von *Antarctissa* (?) sp. 2, die niedrigeren RAR der Plagoniidae und das verstärkte Auftreten von *S. venustum* können durch den Einfluß des Nordpazifiks und eine damit verbundene geringere biologische Produktion in dem östlichen Untersuchungsgebiet erklärt werden.

Um diesem Gradienten, welcher nicht in der Faktorenvergesellschaftung zum Ausdruck kommt, der aber in der Artenverteilung deutlich wird, gerecht zu werden, werden die Plagoniidae und *R. boreale* als Sachalin-Artengruppierung, *Antarctissa* (?) sp. 2 und *S. venustum* als Kamtschatka-Artengruppierung zusammengefaßt (Abb. 6.1).

***C. davisiana*-Vergesellschaftung: Westliche Artengruppierung**

Die Hauptverbreitung der *C. davisiana*-Vergesellschaftung im Derugin-Becken (Abb. 4.14) steht in einem gewissen Widerspruch zu der Hypothese von Morley und Hays (1983), nach der hohe relative Häufigkeiten von *C. davisiana* mit der Verbreitung der ODTL im Ochotskischen Meer zusammenhängen. Insbesondere fallen die höchsten relativen Häufigkeiten von *C. davisiana* mit der stärksten Ausprägung und den kältesten Temperaturen der ODTL zusammen (Morley & Hays, 1983). Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen jedoch keine Korrelation der höchsten relativen Häufigkeiten im Plankton und in den Oberflächensedimenten mit den kältesten Temperaturen der ODTL (vgl. Kap. 4, 5) (Talley & Nagata, 1995). Die relativen Häufigkeiten von *C. davisiana* sind an vielen Stationen des westlichen Untersuchungsgebietes ähnlich zu denen des östlichen Untersuchungsgebietes, wo höhere Temperaturen in der ODTL herrschen. Die *C. davisiana*-Vergesellschaftung kann mit der „Ochotsk Gyre“-Diatomeenvergesellschaftung verglichen werden, welche ebenfalls mit der Ausbildung der ODTL in Verbindung gebracht wird (Abb. 6.2) (Sancetta, 1981).

Im Gegensatz zu den relativen Häufigkeiten erreichen jedoch *C. davisiana* und *Ceratospyris borealis* (die zweitwichtigste Art der *C. davisiana*-Vergesellschaftung) deutlich erhöhte RAR im gesamten westlichen Ochotskischen Meer. Diese stimmen sehr gut mit der dortigen hydrographischen Situation - stärkste Ausprägung der ODTL, Stratifizierung der oberflächennahen Wassermassen, Ventilation des oberen SOIW - überein. Deshalb wird die *C. davisiana*-Vergesellschaftung als Westliche Artengruppierung definiert (Abb. 6.1). Ein Vergleich mit der Verbreitung der Sachalin-Artengruppierung verdeutlicht die Ursache für die Abnahme der relativen Häufigkeiten von *C. davisiana* und *C. borealis* in der Nähe von Sachalin (Abb. 4.15, 4.19, 4.20). Auch wenn die RAR der Westlichen Artengruppierung in dem gesamten westlichen Ochotskischen Meer annähernd gleich hoch ist, wird sie doch durch die Sachalin-

Artengruppierung in der hochproduktiven Küstenregion überprägt. Dort steigt die RAR der Sachalin-Artengruppierung überproportional an, wodurch die relativen Häufigkeiten der *C. davisiana*-Vergesellschaftung abnehmen, ohne daß sich die hydrographische Situation oder die Produktion der Westlichen Artengruppierung geändert hätte. Die RAR zeigen, daß sowohl die Sachalin-Artengruppierung als auch die Westliche Artengruppierung in dem nordwestlichen Untersuchungsgebiet vorkommen. Während die Sachalin-Artengruppierung die erhöhte biologische Produktion in Küstennähe beschreibt, kommt die Westliche Artengruppierung aufgrund der hydrographischen Situation, die durch die stärkste Ausprägung der ODTL, Stratifizierung der oberflächennahen Wassermassen und Ventilation des oberen SOIW gekennzeichnet ist, im gesamten westlichen Ochotskischen Meer vor (vgl. Kap. 5.2).

***L. setosa*-Vergesellschaftung: Kurilen-Becken-Artengruppierung**

Aufgrund der ähnlichen Verteilung der relativen und absoluten Häufigkeiten von *Lithomelissa setosa*, *Siphocampe arachnea* und *Stylatractus (?) pyriformis* (*L. setosa*-Vergesellschaftung) werden die Arten als Kurilen-Becken-Artengruppierung zusammengefaßt.

Die Kurilen-Becken-Artengruppierung wird auf Wassermasseneinstrom aus dem Nordpazifik oder aus der Japan-See zurückgeführt (Abb. 6.1). Entweder gelangen die Arten mit dem (wärmeren) Einstrom in das Ochotskische Meer oder sie spiegeln Mischungseffekte wider, die entstehen, wenn die einströmenden Wassermassen auf den kalten Ost-Sachalin-Strom treffen. Um zu klären, welche dieser beiden Hypothesen zutreffend ist, sind detailliertere Informationen über die Wassermassen sowie über die saisonale und regionale Verbreitung der Arten im westlichen Kurilen-Becken erforderlich.

Lithomelissa setosa ist im Osten der Norwegen-See häufig, wo sie als Indikator für die Mischung zwischen wärmeren und kälteren Wassermassen betrachtet wird (Bjørklund *et al.*, 1998). Sie ist die häufigste Art in Oberflächensedimenten vom Schelf nördlich des Benguela-Auftriebsgebietes (Matul, 1998). In der Bransfield Straße wird *L. setosa* mit dem Einfluß von kalten Wassermassen aus dem westlichen Weddell-Meer in Zusammenhang gebracht (Abelmann, 1992a; Barcena *et al.*, 1998). Diese Beobachtungen bestätigen die Hypothese, daß das häufige Vorkommen von *L. setosa*

im Ochotskischen Meer an die Mischung zwischen den einströmenden Wassermassen und dem kalten Ost-Sachalin-Strom gebunden ist.

Siphocampe arachnea ist eine der dominanten Arten in den Oberflächensedimenten der Bering-See (Blueford, 1983) und um den Meiji Guyot im subarktischen pazifischen Ozean (vgl. Kap. 7.2.1) (Tsoi *et al.*, 1998). *Siphocampe arachnea* wird als kosmopolitisch verbreitete, tiefliebende Kaltwasserart beschrieben (Petrushevskaya, 1974; Tsoi *et al.*, 1998). Sie zeigt im Kalifornien-Strom eine maximale Populationsdichte zwischen 200 und 500 m Wassertiefe (Kling & Boltovskoy, 1995), wobei in dieser Studie vermutet wird, daß die Art in höheren Breiten häufiger ist und näher an der Wasseroberfläche vorkommt. *Siphocampe arachnea* könnte also aus dem nördlichen Pazifik in das Ochotskische Meer transportiert werden, wobei jedoch weitere Untersuchungen notwendig sind, um diese Annahme zu überprüfen. Die Verbreitung der Kurilen-Becken-Artengruppierung stimmt ungefähr mit der „Okhotsk Basin“-Diatomeenvergesellschaftung überein, die ebenfalls als Anzeiger für den Soya-Strom und den Einstrom aus dem nordpazifischen Ozean gewertet wird (Abb. 6.2) (Sancetta, 1981).

Die Verbreitung der *L. setosa*-Vergesellschaftung wird von der *C. davisiana*-Vergesellschaftung an einigen Stationen überlagert (Abb. 4.14), da die ODTL auch im westlichen Kurilen-Becken stark ausgeprägt ist, die oberflächennahen Wassermassen stratifiziert sind und das obere SOIW ventiliert wird.

Zentrale Tiefenwasser-Artengruppierung

Die Art *Dictyophimus hirundo* und ebenso *Peridium* sp. 1, *Lophospyris* sp. 1 und *Tholospyris gephyristes* könnten als zusätzliche Artengruppierung zusammengefaßt werden. Daß die Arten in der Q-Modus-Faktorenanalyse_{Oberflächensediment} unbedeutend sind, liegt an den geringen relativen Häufigkeiten der einzelnen Arten. Da sie a priori charakteristisch für die Wassertiefen im unteren SOIW unter 500 m sind und somit weniger von den verschiedenen ökologischen Bedingungen in den Wassermassen darüber abhängen, werden sie als zentrale Tiefenwasser-Artengruppierung zusammengefaßt. Höhere relative Häufigkeiten von *Pterocorys* (= *Dictyophimus*) *hirundo* in Oberflächenproben mit größerer Wassertiefe wurden auch aus der Südchinesischen-See beschrieben (Chen & Tan, 1997).

Siphocampe lineata

Siphocampe lineata zeigt eine sehr fleckenhafte Verbreitung, und die hohen relativen Häufigkeiten an einzelnen Stationen korrelieren mit hohen RAR (Abb. 4.18). *Siphocampe lineata* ist wahrscheinlich für bestimmte ökologische Bedingungen an diesen vereinzelt Stationen charakteristisch, die nur punktuell von Bedeutung sind und sich nicht über eine Region erstrecken. Deshalb kann diese Art keiner der besprochenen Artengruppierungen zugeordnet werden. Das geringe Vorkommen in der Wassersäule erlaubt auch keine Interpretation der Ökologie. Das Verbreitungsmuster von *S. lineata* zeigt aber, wie kleinräumig sich relativ deutliche Veränderungen in der Radiolarienvergesellschaftung und -produktion vollziehen können. *Siphocampe lineata* ist kosmopolitisch und wird als Tiefenwasserart eingestuft (Petrushevskaya & Bjørklund, 1974). In Oberflächensedimenten des Norwegen-Beckens ist die Art in Mischungszonen zwischen warmen und kalten Wassermassen häufig (Bjørklund *et al.*, 1998). Demnach könnte das sporadische Verteilungsmuster der Art in den Oberflächensedimenten des Ochotskischen Meeres dadurch verursacht sein, daß *S. lineata* nur zu extremen Hochproduktionszeiten in bestimmten Gebieten auftritt und/oder an zeitlich begrenzte Mischungsprozesse gekoppelt ist.

Sancetta (1981) leitet aus der Verteilung der Diatomeenvergesellschaftung im Ochotskischen Meer ab, daß diese nicht nur temperaturabhängig sind, sondern ebenso vom Salzgehalt, der Meereisverbreitung und möglicherweise von der Mischung der Wassermassen beeinflußt werden, so daß eine Korrelation mit einem einzigen Parameter problematisch ist. Die Radiolarienproduktion, sowie die Radiolarienvergesellschaftung in den Oberflächensedimenten des Ochotskischen Meeres bestätigen diesen Befund, da ihre Verteilung ebenfalls auf verschiedene ökologische Einflußfaktoren, z.B. Primärproduktion, Produktion von heterotrophen Organismen, Wassermassenbildung, -einstrom und -mischung, zurückgeführt werden kann.

Besonders durch diese Heterogenität besitzen die Radiolarien des Ochotskischen Meeres ein großes Potential für detaillierte Paläoumweltrekonstruktionen. Wenn es gelingt, wie im Santa Barbara Basin (Weinheimer & Cayan, 1997; Weinheimer *et al.* 1999), einzelne Indikatorarten zu ökologisch sensitiven Gruppen für charakteristische Einflußfaktoren zusammenzufassen, könnten anhand dieser Indikatorgruppen gezielt

Rückschlüsse, z.B. auf bestimmte Wassermassen oder die biologische Produktion gezogen werden. Dafür sind umfangreichere Kenntnisse der Ökologie der einzelnen Arten und eine bessere Auflösung ihres Verteilungsmusters notwendig. In einem ersten Ansatz kann aber das Potential der Radiolariantaphozönose im Ochotskischen Meer für Paläoumweltrekonstruktionen unter Berücksichtigung der Informationen aus der Wassersäule bewertet werden (vgl. Kap. 7).

7 Signalvergleich von Biozönose und Taphozönose – Erster Ansatz zur Bewertung des Radiolariensignals im Sediment

Die Grundlagen für die Rekonstruktion von Paläoumweltbedingungen anhand von Radiolarien und anderen Mikrofossilien sind zum einen ausreichende Kenntnisse über die Aut- und Synökologie einzelner Arten (z.B. Abelmann & Gowing, 1996; Swanberg & Bjørklund, 1992). Zum anderen müssen die biotischen und abiotischen Prozesse, die die zeitlich und räumlich heterogenen Biozönosen in homogene Taphozönosen umwandeln, in Betracht gezogen werden, um die fossilen Vergesellschaftungen in einem Meeresgebiet interpretieren zu können (z.B. Abelmann, 1992a; Abelmann & Gersonde, 1991; Samtleben *et al.*, 1995).

Die durchgeführten Planktonuntersuchungen ermöglichen es, das saisonale Vorkommen, die Produktion der Radiolarien im Ochotskischen Meer und ihre Beziehung zu den verschiedenen Umweltparametern zu beurteilen (vgl. Kap. 5). Die wichtigsten abiotischen Prozesse, die die Radiolarianthanatozönose verändern und die fossile Überlieferung in der Taphozönose bestimmen, sind selektive Lösung und Lateraltransport (z.B. Samtleben *et al.*, 1995) (Abb. 7.1).

Lösung der Skelette in der Wassersäule und im Sediment kann zu selektivem Verlust paläoökologischer Information führen (Bjørklund *et al.*, 1998). Polycystine Radiolarien mit weniger stark verkieselten Skeletten werden schneller gelöst als Radiolarien, deren Skelette stärker verkieselt sind (Boltovskoy, 1999). Damit hängt die fossile Überlieferung nicht nur von dem Silikatgehalt des Meerwassers, sondern auch von der Zusammensetzung der Biozönose ab. Die selektive Erhaltung beeinflusst die Interpretation der Taphozönose stärker, wenn viele schwach verkieselte polycystine Radiolarien in der Biozönose vorkommen.

Lateraltransport kann die Thanatozönose deutlich verändern, wenn Populationen von Strömungen erfaßt und abtransportiert werden. Umgekehrt kann die Thanatozönose durch lateral zugeführte Radiolarienvergesellschaftungen überprägt werden. Die Taphozönose spiegelt in einem solchen Fall nicht die Biozönose wider (z.B. Boltovskoy *et al.*, 1996). Plankton kann durch drei unterschiedliche Prozesse lateral transportiert werden (Schröder-Ritzrau *et al.*, 2001): 1.) Transport von Arten in eine

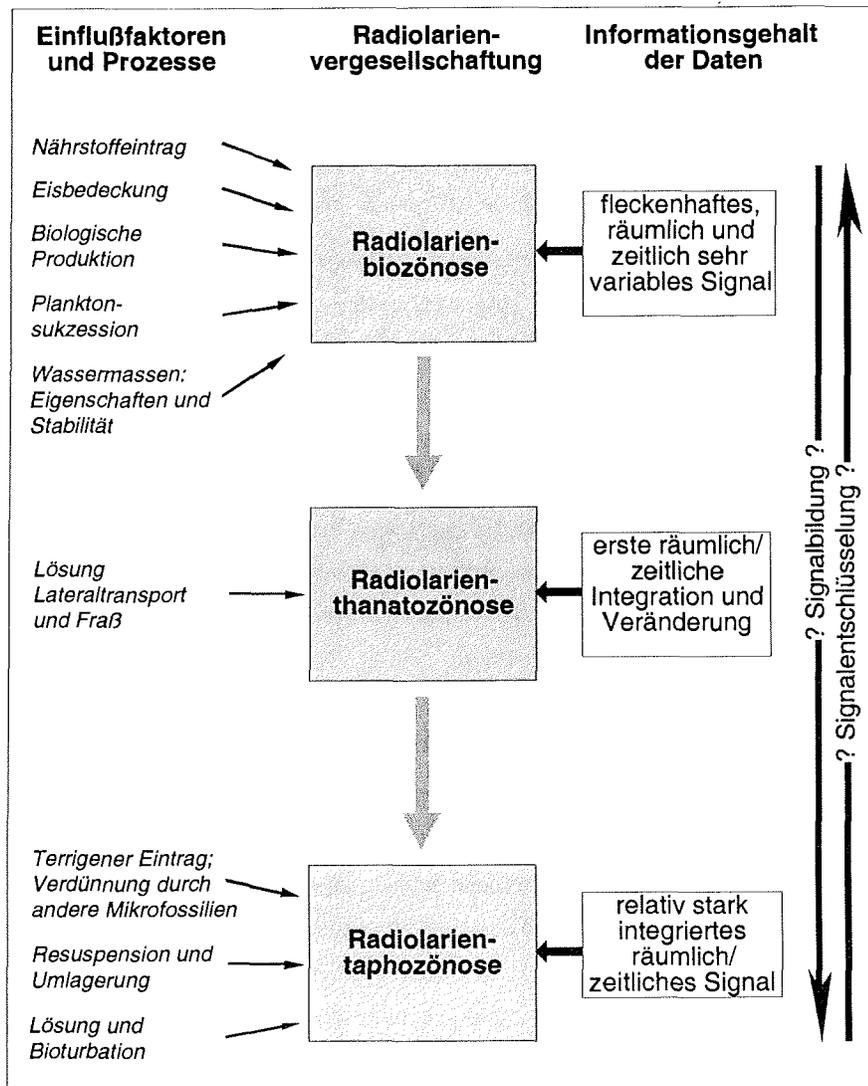


Abb. 7.1: Schematische Darstellung der Einflußfaktoren und der Prozesse, die bei der Bildung der Radiolarienbiozönose und der Signalübertragung in die Radiolariantaphozönose im Ochotskischen Meer von Bedeutung sind. Neben den Gemeinschaften ist die Art des Signals beschrieben, das bei der Untersuchung der jeweiligen Gemeinschaft zu erwarten ist (in Anlehnung an Samtleben *et al.* 1995).

andere biogeographische Zone (z.B. Abelmann, 1992a; Popova, 1986), 2.) Transport vom Schelf in tiefere Ozeanbecken und 3.) Resuspension am Meeresboden. Dieser Prozeß kann zu hohen Akkumulationsraten in bestimmten Gebieten führen (Schröder-Ritzrau *et al.*, 2001).

Eine weitere biotische Ursache für die Veränderungen der polycystinen Radiolarienbiozönose während des Absinkens durch die Wassersäule ist die Auswirkung von Fraß (Abb. 7.1) (Boltovskoy & Alder, 1992; Samtleben *et al.*, 1995). Diese ist allerdings aufgrund der komplexen Zusammenhänge zwischen Räubern und Vertikalflüssen schwer zu quantifizieren (Abelmann & Gersonde, 1991).

Um den Einfluß dieser Faktoren auf die Radiolarien des Ochotskischen Meeres bestimmen zu können, braucht man zusätzlich zu den durchgeführten Plankton und Oberflächensedimentuntersuchungen Sedimentfallenproben. Proben aus der Wassersäule und den Oberflächensedimenten stellen zwei grundsätzlich unterschiedliche Probenarten in der aktuopaläontologischen Untersuchung von Radiolarien dar (Welling & Pisias, 1998b). Die Planktonfänge sind eine zeitlich und räumlich relativ detaillierte Momentaufnahme, während die Oberflächensedimente aufgrund ihrer niedrigeren zeitlichen Auflösung viele Momentaufnahmen zusammenfassen und ihre Signale integrieren (Abb. 7.1) (Boltovskoy, 1999; Boltovskoy *et al.*, 1993a; Boltovskoy & Riedel, 1987; Swanberg & Bjørklund, 1992; Welling & Pisias, 1998b). Sedimentfallendaten sind das Bindeglied zwischen dem Plankton und den Oberflächensedimenten (Welling & Pisias, 1998b). Sie zeichnen den Jahresgang der Exportproduktion auf und liefern somit Informationen über die Sedimentationsprozesse, welche zu dem Verteilungsmuster in den rezenten Sedimenten führen (Schröder-Ritzrau *et al.*, 2001). Aus verschiedenen Wassertiefen können sie Auskunft über die Lösung der Radiolarien in der Wassersäule, über den Lateraltransport und über Fraßdruck geben (z.B. Abelmann & Gersonde, 1991; Schröder-Ritzrau *et al.*, 2001). Ohne diese Information ist es nicht möglich, Aussagen über die Exportproduktion und die Veränderung der Thanatozönose während des Absinkens zu machen.

Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Datensätze können Auskunft darüber geben, ob die Zusammensetzung der Artenvergesellschaftungen, die in der Wassersäule als Indikatoren für charakteristische Umweltbedingungen erkannt wurden, in den Oberflächensedimenten wiedergefunden werden. Der Vergleich der relativen Häufigkeiten der wichtigsten Arten in den oberen 1000 m der Wassersäule ermöglicht eine Abschätzung, ob und in welchem Umfang die Zusammensetzung der Radiolarienbiozönose in der Sedimentoberfläche wiedergespiegelt wird. Aufgrund dieser Abschätzung kann eine erste Bewertung des Radiolariensignals in den Oberflächensedimenten des Ochotskischen Meeres mit dem Ziel erfolgen, das Potential

der Radiolariantaphozönose für paläoökologische Rekonstruktionen im Ochotskischen Meer zu charakterisieren und auf offene Fragen, die zur Optimierung dieses Potentials geklärt werden müssen, hinzuweisen.

7.1 Verhältnis von Plankton- und Sedimentvergesellschaftungen

Maximale Populationsdichten (PD) der wichtigsten Taxa in der Wassersäule des Ochotskischen Meeres sind an spezifische Tiefenintervalle gebunden (vgl. Kap. 5). Werden hohe PD eines Taxons in einem relativ engen Tiefenintervall gefunden, dann sind die absoluten Häufigkeiten dieses Taxons, in der insgesamt untersuchten Wassersäule betrachtet, möglicherweise relativ gering im Vergleich zu einem anderen Taxon, das in einem größeren Tiefenintervall, aber mit geringeren PD zu finden ist (Boltovskoy *et al.*, 1996; Molina-Cruz *et al.*, 1999). Betrachtet man nur die PD eines Radiolariantaxons, um seine Häufigkeiten in der gesamt untersuchten Wassersäule herauszufinden, würde man möglicherweise ein verzerrtes Bild erhalten (Molina-Cruz *et al.*, 1999).

Mit Hilfe der Radiolariendichte (RD) (Kap. 3.3) kann die räumliche Verbreitung der polycystinen Radiolarien in der insgesamt beprobten Wassersäule betrachtet werden. Der Vergleich mit ihrer Verteilung in den Oberflächensedimenten wird aus folgenden Gründen erleichtert: die RD repräsentiert alle polycystinen Radiolarien, die über einem Quadratmeter in der beprobten Wassersäule an einer Station gefunden wurden und eliminiert die Verzerrung, die durch die Länge des beprobten Tiefenintervalls gegeben ist (Molina-Cruz *et al.*, 1999; Swanberg & Bjørklund, 1992). Durch die Projektion der PD auf eine Fläche können die Wassersäulendaten besser mit den integrierten Daten der Oberflächensedimente verglichen werden. Ohne diese Berechnung wäre ein Vergleich nur für einzelne isolierte Tiefenintervalle möglich.

Bevor die paläoökologischen Zusammenhänge diskutiert werden können, muß der Einfluß von selektiver Lösung auf die Radiolariantaphozönose abgeschätzt werden. Durch die weltweite Untersättigung der Ozeane an SiO_2 (Broecker & Peng, 1982) sind alle opalskelettbildenden Mikrofossilien potentiell lösungsgefährdet. Die Auswirkung von Silikatlösung auf die fossile Überlieferung ist allerdings schwierig zu quantifizieren, weil sie von vielerlei Faktoren, z.B. Silikatgehalt des Meerwassers oder Sinkgeschwindigkeit in der Wassersäule, abhängig ist (Ragueneau *et al.*, 2000). Die

Phaeodarienlösung führt im Ochotskischen Meer zu einer deutlichen Veränderung der Radiolarienbiozönose, die sich besonders beim Vergleich zwischen der Frühjahrs-situation, in der die Phaeodarien dominieren, und den Oberflächensedimenten bemerkbar macht. Da Phaeodarien fast überall im Ozean gelöst werden (z.B. Bjørklund *et al.*, 1998; Erez *et al.*, 1982; Swanberg & Bjørklund, 1992; Takahashi & Honjo, 1981), beschränken sich paläozeanographische Untersuchungen auf die Analyse der polycystinen Radiolarien. Aus diesem Grund werden die Phaeodarien im folgenden Vergleich aus der Betrachtung ausgeschlossen und der Begriff Radiolariendichte bezieht sich lediglich auf die Vergesellschaftung der polycystinen Radiolarien.

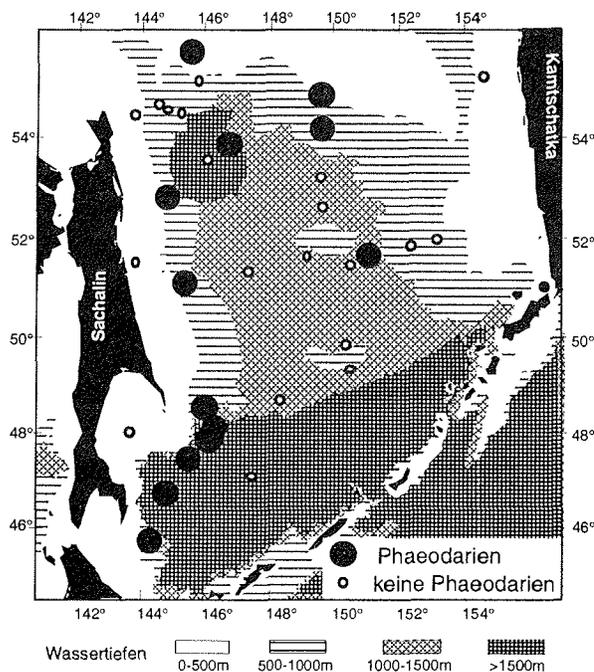


Abb. 7.2: Verbreitung der Stationen, an denen einzelne Phaeodarien im Oberflächensediment gefunden wurden.

Obwohl der Großteil der Phaeodarien im Ochotskischen Meer gelöst wird, sind einzelne gut erhaltene Exemplare in den Oberflächensedimenten zu finden, was als Hinweis auf eine relativ gute Opaleralhaltung gewertet werden kann (Bjørklund *et al.*, 1998). Die Phaeodarien wurden in 40% der Oberflächensedimentproben, in denen eine statistisch signifikante Anzahl an Radiolarien gezählt werden konnte, ohne erkennbaren regionalen Trend oder Abhängigkeit von der Stationstiefe gefunden (Abb. 7.2). Dies zeigt auch,

daß innerhalb des Untersuchungsgebietes keine signifikanten regionalen Unterschiede hinsichtlich der Radiolarienerhaltung bestehen.

Vergleich der Oberflächensediment- und Wassersäulendaten

Die Taxa, die in der Wassersäule während des Untersuchungszeitraumes vorkamen, sind in den Oberflächensedimenten wiederzufinden. Wenn die Planktonfänge im wesentlichen das im Ochotskischen Meer produzierte Artenspektrum erfassen, so sind in den Oberflächensedimenten (außer den Phaeodarien) alle wichtigen Taxa erhalten.

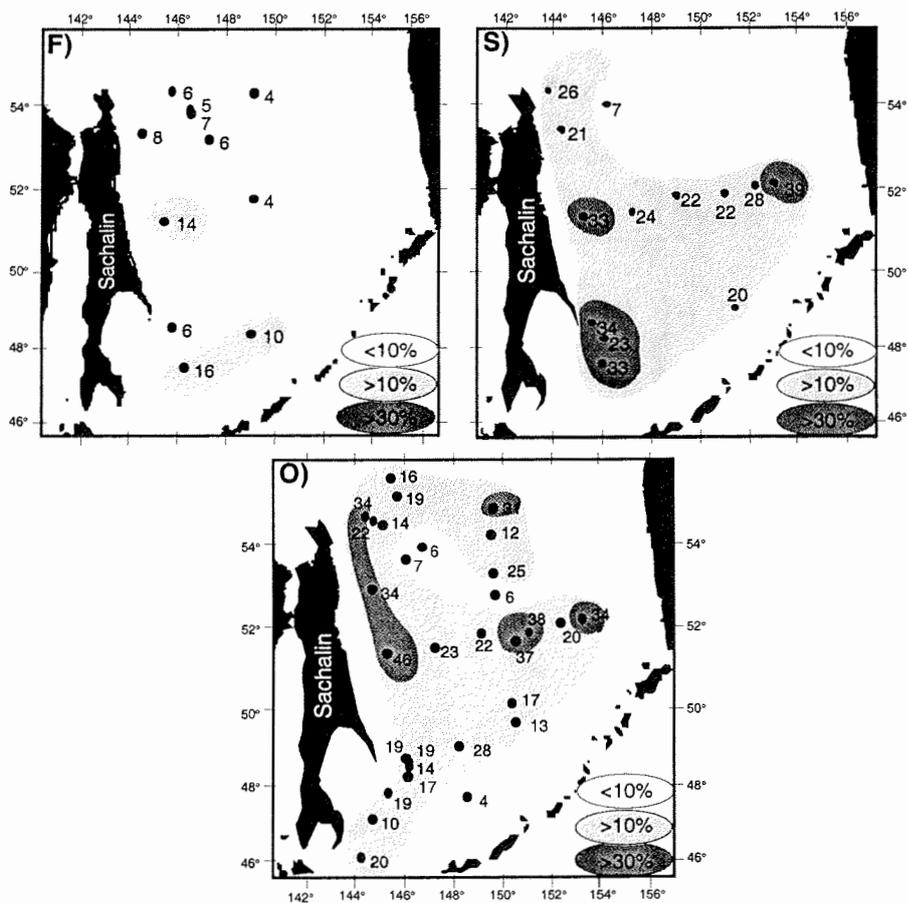


Abb. 7.3: Vergleich der relativen Häufigkeiten der Plagoniidae in der gesamten untersuchten Wassersäule während der Frühjahrssituation (F), während der Sommersituation (S) und in den Oberflächensedimenten (O).

Die Plagoniidae sind das dominante Taxon in der Wassersäule während der Sommersituation und in den Oberflächensedimenten. In beiden Datensätzen zeigen sie ein ähnliches Verteilungsmuster (Abb. 7.3). Im Gegensatz dazu zeigen die Plagoniidae während der Frühjahrssituation wesentlich geringere Häufigkeiten und erreichen selten mehr als 10%.

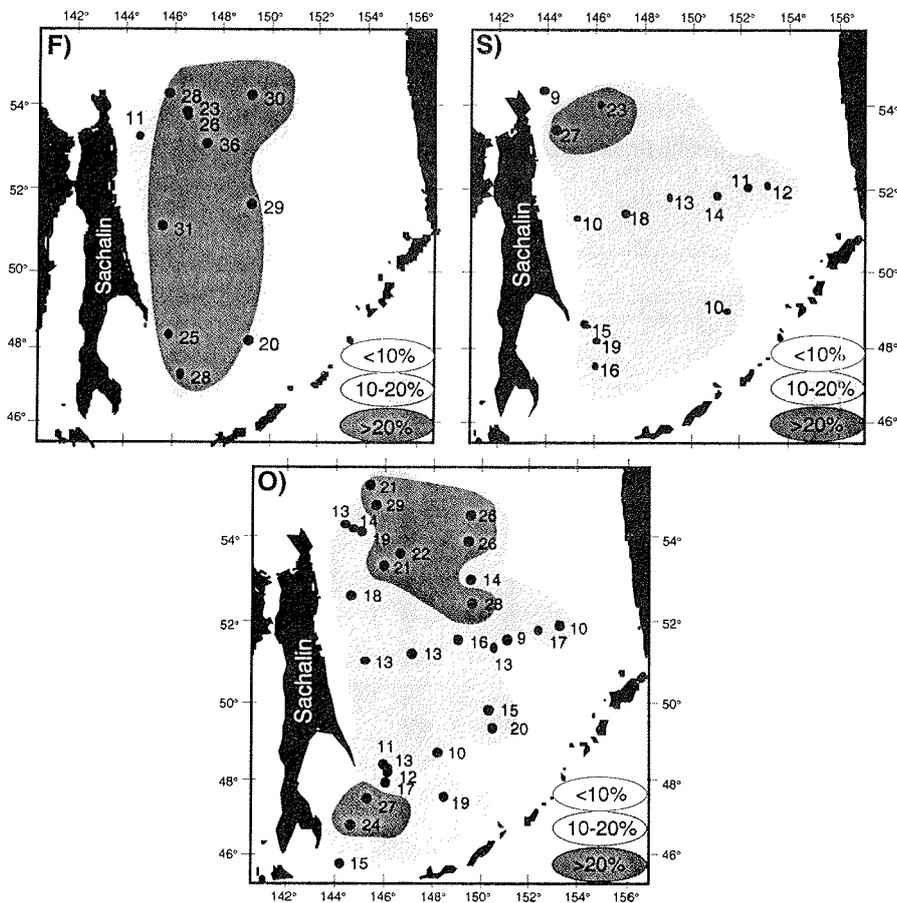


Abb. 7.4: Vergleich der relativen Häufigkeiten von *C. davisiana* in der gesamten untersuchten Wassersäule während der Frühjahrssituation (F), während der Sommersituation (S) und in den Oberflächensedimenten (O).

Das Verbreitungsmuster und die Größenordnung der relativen Häufigkeiten von *C. davisiana* sind in den Oberflächensedimenten und während der Sommersituation ähnlich, während deutliche Unterschiede zur Frühjahrssituation bestehen (Abb. 7.4).

Ceratospyris borealis ist in der Wassersäule zu beiden Jahreszeiten wesentlich häufiger als in den Oberflächensedimenten. An allen Planktonstationen werden Häufigkeiten

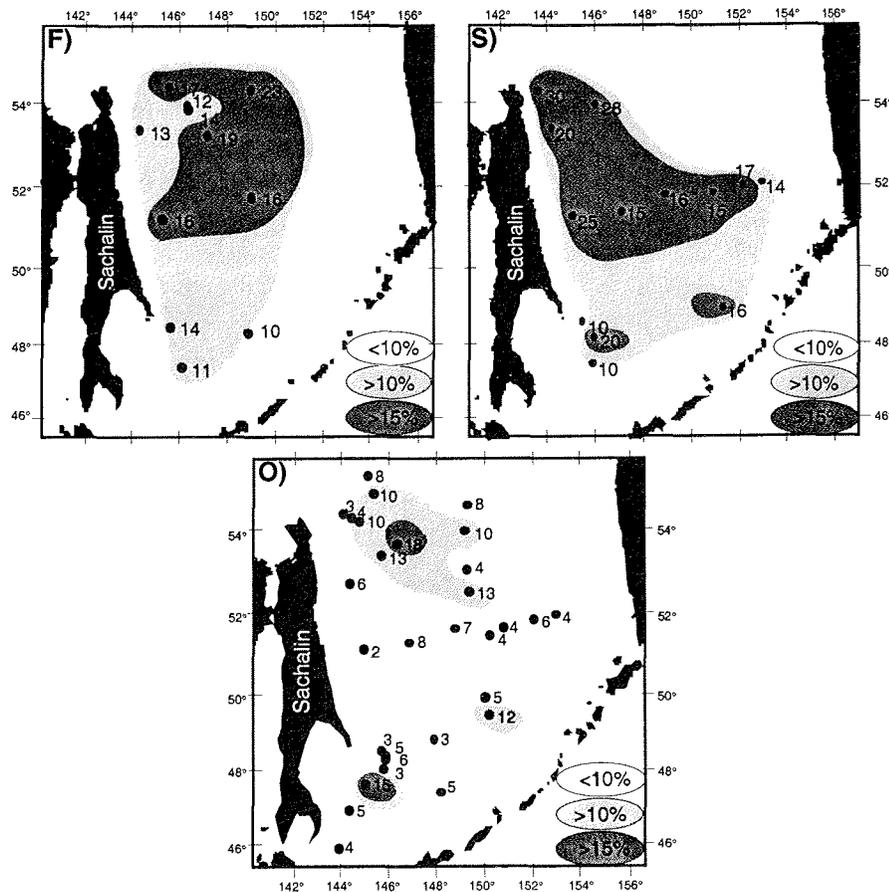


Abb. 7.5: Vergleich der relativen Häufigkeiten von den *C. borealis* in der gesamten untersuchten Wassersäule während der Frühjahrssituation (F), während der Sommersituation (S) und in den Oberflächensedimenten (O).

über 10% erreicht, während die Art in den Oberflächensedimenten nur im Derugin-Becken und an zwei Stationen im Kurilen Becken häufiger als 10% ist (Abb. 7.5). Die extrem hohen Häufigkeiten von über 25% an den nordwestlichen Sommerstationen spiegeln sich in den Oberflächensedimenten nicht wider.

Antarctissa (?) sp. 1 ist mit ähnlich hohen Häufigkeiten während der Sommersituation im Plankton und in den Oberflächensedimenten zu finden, während die Art an den Frühjahrsstationen kaum vorkommt (Abb. 7.6).

Auch *R. boreale* erreicht in den Oberflächensedimenten und während des Sommers vergleichbar hohe relative Häufigkeiten, die deutlich unter 10% liegen, während die Art in der Frühjahrsituation deutlich höhere Werte zeigt (Abb. 7.7).

von den Oberflächensedimenten. *Ceratospyris borealis* und *D. hirundo* sind in der Wassersäule zu beiden Jahreszeiten im Vergleich zu den Oberflächensedimenten überrepräsentiert. Im Falle von *D. hirundo* und von Arten wie *Peridium* sp. 1 und *Lophospyris* sp. 1 kann man nur mit Hilfe der Kenntnisse aus der Wassersäulenuntersuchung zu einer sinnvollen Artengruppierung in den Oberflächensedimenten gelangen.

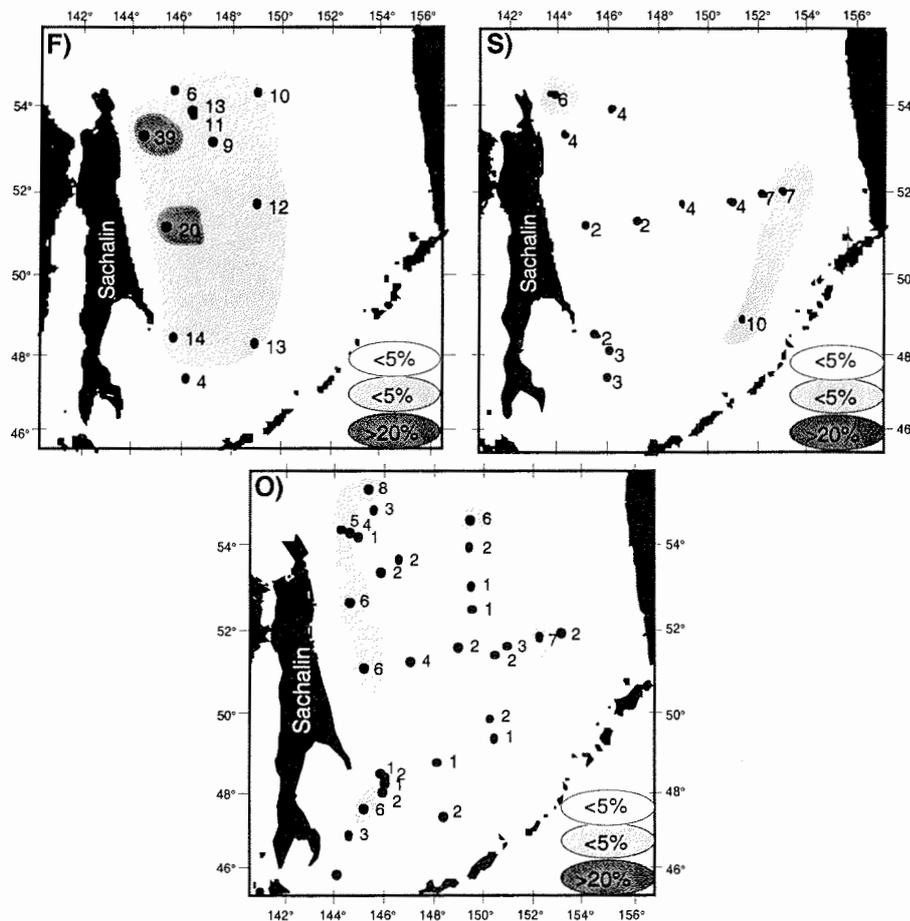


Abb. 7.7: Vergleich der relativen Häufigkeiten von *R. boreale* in der gesamten untersuchten Wassersäule während der Frühjahrssituation (F), während der Sommersituation (S) und in den Oberflächensedimenten (O).

Die Oberflächensedimente haben eine größere Ähnlichkeit mit der Biozönose in der Sommersituation als mit derjenigen der Frühjahrssituation. Das Radiolariensignal, welches hauptsächlich in den Oberflächensedimenten abgebildet wird, kann möglicherweise als ein Signal aus dem oberen SOIW interpretiert werden, da die

dominanten Arten, die Plagoniidae und *C. davisiana*, ihr Habitat in dem oberen SOIW haben (vgl. Kap. 5.2). Signale aus der durchmischten Deckschicht sind sowohl in der Radiolarienbiozönose als auch in der Radiolariantaphozönose kaum ersichtlich. Die Signale aus der Dichothermalen Schicht und aus dem unteren SOIW werden in den Oberflächensedimenten überliefert, allerdings ist dieses Signal im Vergleich zu dem aus dem oberen SOIW sehr viel schwächer.

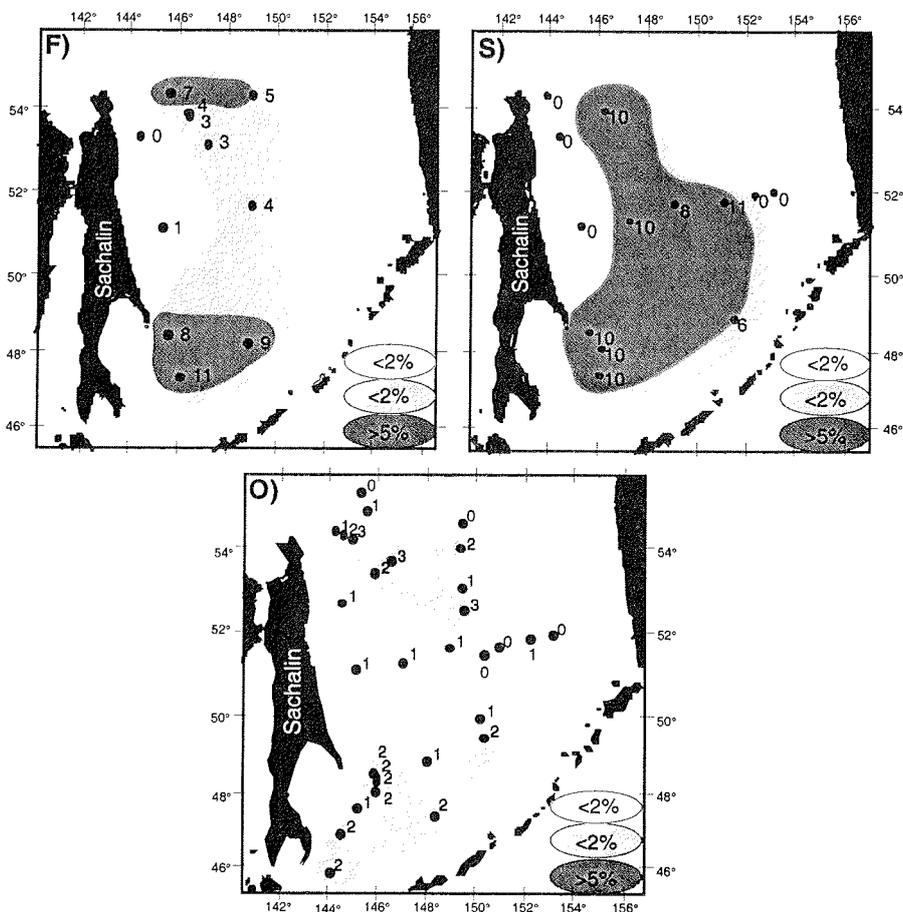


Abb. 7.8: Vergleich der relativen Häufigkeiten von *D. hirundo* in der gesamten untersuchten Wassersäule während der Frühjahrssituation (F), während der Sommersituation (S) und in den Oberflächensedimenten (O).

Dies erklärt zum Teil auch, warum in der Wassersäule deutlich mehr Faktorenvergesellschaftungen (sieben Vergesellschaftungen; vgl. Kap. 5) unterschieden werden können als in den Oberflächensedimenten (drei Vergesellschaftungen; vgl. Kap. 6). Obwohl die einzelnen Tiefenhabitats durch charakteristische

Vergesellschaftungen repräsentiert werden, bildet sich in Folge der vertikalen Integration über die Wassersäule in den Oberflächensedimenten im Wesentlichen nur die regionale Variation des dominanten Tiefenhabitates (= oberes SOIW) ab.

Die relativ ähnliche Verteilung von den Plagoniidae und von *C. davisiana* in der Wassersäule und in den Oberflächensedimenten ist ein weiterer Hinweis darauf, daß durch Opallösung die Artenvergesellschaftung der Radiolariantaphozönose nicht grundlegend verändert wird. Wäre dies der Fall, würde man eine deutliche Verschiebung zu stärker verkieselten Radiolarienarten erwarten. Da die Plagoniidae kleine fragile Individuen sind, sollten sie im Fall von starker Opallösung in der Radiolariantaphozönose unterrepräsentiert sein.

Der Vergleich von Radiolarienbiozönose und -taphozönose zeigt im Gegensatz dazu, daß einige Arten, die in den Oberflächensedimenten relativ häufig sind, in der Wassersäule kaum oder überhaupt nicht gefunden wurden. Solche Arten sind beispielsweise die Arten der *Lithomelissa setosa*-Vergesellschaftung und die adulte Form von *Stylochlamidium venustum* (Abb. 7.9). *Stylochlamidium venustum* in den Oberflächensedimenten wurde als Anzeiger für den nordpazifischen Einstrom in der Nähe von Kamtschatka diskutiert (vgl. Kap. 6). Die *L. setosa*-Vergesellschaftung (bzw. Kurilen-Becken-Artengruppierung) der Oberflächensedimente wurde mit dem Einfluß des Nordpazifik-Einstromes und/oder des Soya-Stromes in Zusammenhang gebracht (vgl. Kap. 6).

Das Vorkommen dieser Arten in der Taphozönose und ihr Fehlen in der Biozönose wirft zwei Fragen auf. 1) Wie stark ist der Einfluß von Lateraltransport auf die Taphozönose des Ochotskischen Meeres und 2) warum werden diese Arten nicht oder kaum in der Wassersäule gefangen?

7.2 Bewertung des Radiolariensignals im Ochotskischen Meer

7.2.1 Radiolarienarten als Indikatoren für Wassermasseneinstrom in das Ochotskische Meer?

Die Arten *L. setosa*, *S. arachnea*, *Stylatractus* (?) *pyriformis* und *S. venustum* im Ochotskischen Meer, die fast ausschließlich in den Oberflächensedimenten gefunden wurden, könnten mögliche Anzeiger für Wassermasseneinstrom sein (vgl. auch Kap. 6).

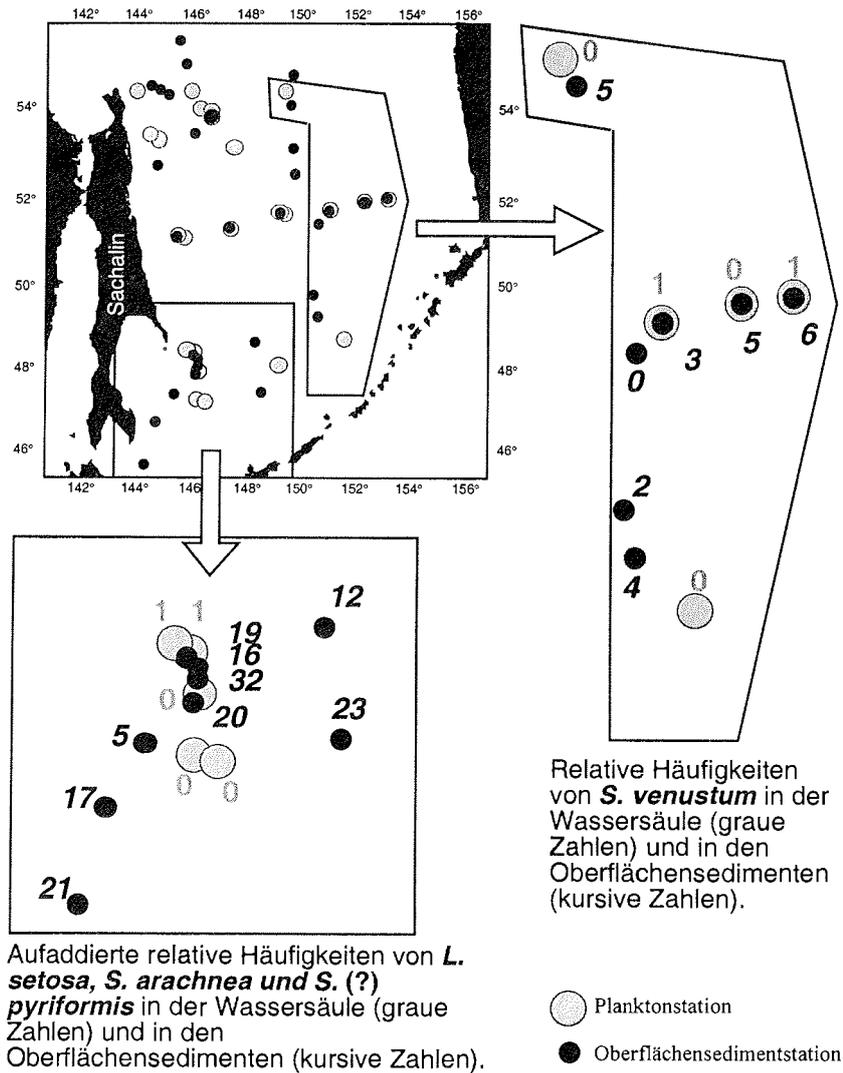


Abb. 7.9: Verteilung von *S. venustum*, *L. setosa*, *S. arachnea* und *S. (?) pyriformis* in den Oberflächensedimenten und in der Wassersäule. In Vergrößerung dargestellt sind jeweils nur die Gebiete, in denen die entsprechenden Arten häufig im Oberflächensediment vorkommen.

Der Transport von Schelfgebieten zu den tieferen Stationen kann ausgeschlossen werden, da Radiolarien selten in ausgedehnten Schelfgebieten vorkommen (Boltovskoy, 1999; Caron & Swanberg, 1990). Wenn der Transport von resuspendiertem Material eine erhebliche Rolle spielen würde, müßten auch einzelne Individuen der transportierten Arten in benachbarten Gebieten in der Wassersäule oder in den Oberflächensedimenten gefunden werden, was nicht der Fall ist.

Potentiell kann der Vergleich mit möglichen „Einzugsgebieten“ im Nordpazifik Aufschluß über Lateraltransport von Radiolarien in das Ochotskische Meer geben. Das zum Ochotskischen Meer nächst gelegene Gebiet, in dem Radiolarienuntersuchungen mit Sedimentfallenproben durchgeführt wurden, liegt östlich von Kamtschatka (Meiji Guyot, 51,5°N, 165°E) (Tsoi *et al.*, 1998). Aus diesem Gebiet könnten Radiolarien in das Ochotskische Meer mit dem Oyashio-Strom transportiert werden (siehe Kap. 2.1.2) (Boyd, 1995; Gorbarenko, 1996; Keigwin, 1998; Kono & Kawasaki, 1997; Talley & Nagata, 1995).

Siphocampe arachnea und *S. venustum* werden als dominante Arten vom Meiji Guyot beschrieben (Tsoi *et al.*, 1998) und sie könnten somit lateral in das Ochotskische Meer transportiert worden sein. *Rhizoplegma boreale*, die möglicherweise auch Wassermasseneinstrom in das Ochotskische Meer anzeigt (vgl. Kap. 5), kommt mit geringeren Häufigkeiten als im Ochotskischen Meer vor. Über potentielle Liefergebiete von *L. setosa* ist wenig bekannt. Die Art wurde in dem östlichen subarktischen Pazifik gefunden (Takahashi, 1997a).

Über das Fehlen von *L. setosa*, *S. arachnea*, *Stylatractus* (?) *pyriformis* und der adulten Form von *S. venustum* in den Planktonfängen kann folgende Hypothese aufgestellt werden. Bei der Wassersäulenbeprobung ist wahrscheinlich ein Jahr oder eine Saison nicht erfaßt worden, in der der Wassermasseneinstrom in das Ochotskische Meer von größerer Bedeutung als während der Frühlings- und Sommeruntersuchung war. Der südliche und östliche Bereich des Ochotskischen Meeres in der Nähe von Kamtschatka bleibt in den Wintermonaten durch den Einstrom aus der Japan-See und aus dem Nordpazifik weitgehend eisfrei (siehe Kap. 2.1.2). Das könnte eine biologische Produktion während des Winters oder frühen Frühjahr hervorrufen, wodurch die Artenhäufigkeiten von *S. venustum*, *L. setosa*, *S. arachnea* und evtl. *Stylatractus* (?) *pyriformis* zunehmen und die Artenzusammensetzung sich verschieben könnte. Die Advektion von Coccolithophoriden im Frühjahr mit dem West-Kamtschatka-Strom aus dem pazifischen Ozean wird in Broerse *et al.* (2000) diskutiert und zeigt die Bedeutung dieses Einstromes zu einer Zeit, zu der die westliche Hälfte des Ochotskischen Meeres noch mit Meereis bedeckt war.

Aufgrund dieser Befunde ist vorstellbar, daß *L. setosa*, *S. arachnea* und *Stylatractus* (?) *pyriformis* zu einer bestimmten Jahreszeit oder in Jahren, in denen der Wassermasseneinstrom verstärkt ist, ihre Hauptproduktion haben. Aus der Meiji Guyot

Region weiß man, daß *S. arachnea* ihre maximale Exportproduktion zwischen März und Juni hat (Tsoi *et al.*, 1998). Aus dem Golf von Alaska (östlicher subarktischer Pazifischer Ozean) wird von *L. setosa* eine charakteristische frühe Frühjahrsproduktion berichtet, und die Art wird als Indikator für die Frühjahrsproduktion beschrieben (Takahashi, 1997a). Dies könnte ein Hinweis darauf sein, daß *L. setosa* und *S. arachnea* im Ochotskischen Meer Anzeiger für eine zeitlich frühe Radiolarienproduktion, möglicherweise unter dem frühen Einfluß des relativ warmen Soya-Stromes, des Nordpazifiks und/oder von Mischungseffekten, sind. Um die Rolle dieser Arten als potentielle Indikatoren für Wassermasseneinstrom zu prüfen, muß ihre räumliche und zeitliche Verteilung im Kurilen-Becken und dem angrenzenden Nordpazifik genauer untersucht werden.

Generell unterscheiden sich die dominanten *C. davisiana*- und Plagoniidae-Vergesellschaftungen des Ochotskischen Meeres aber wesentlich von der Thanatozönose des Oyashio-Strom (vgl. Tsoi *et al.*, 1998). Da wichtige Arten wie die Plagoniidae, *Antarctissa* (?) sp. 1 und *P. tridens* (im Plankton) nicht im potentiellen Einzugsgebiet Meiji Guyot vorkommen, können die Plagoniidae- und *C. davisiana*-Vergesellschaftungen des Ochotskischen Meeres keine wesentliche Überprägung durch einströmende Wassermassen erfahren haben. Es kann weitgehend ausgeschlossen werden, daß die für das Ochotskische Meer charakteristische Radiolariantaphozönose grundsätzlich durch laterale Advektion aus dem Nordpazifik verändert wird.

7.2.2 Plagoniidae- und *Cycladophora davisiana*-Vergesellschaftung im Sediment: Indikatoren für sommerliche Planktonsukzession und oberes SOIW?

Die Dominanz der Plagoniidae- und *Cycladophora davisiana*-Vergesellschaftungen in den Oberflächensedimenten weist auf eine relativ gute Überlieferung der charakteristischen räumlichen und zeitlichen Verteilungsmuster der Radiolarien-biozönose des Ochotskischen Meeres hin. Dies zeigt das Potential der Radiolariantaphozönose im Ochotskischen Meer, bestimmte ökologische Bedingungen, z.B. die Bildung oder Stabilität von Wassermassen und Charakteristika der Planktonsukzession zu rekonstruieren (vgl. Kap. 5). Solche Rekonstruktionen wären prinzipiell möglich, da die glazialen Radiolarienvergesellschaftungen zwischen 10000 und 80000 Jahren B.P. mit der rezenten Radiolariantaphozönose vergleichbar sind (Morley *et al.* 1986). Die

Möglichkeit einer solchen Rekonstruktion erfordert noch wesentlich genauere Kenntnisse über die Radiolariensukzession, -(export)produktion und -sedimentation als sie aus den untersuchten Datensätze abgeleitet werden können. Allerdings sprechen

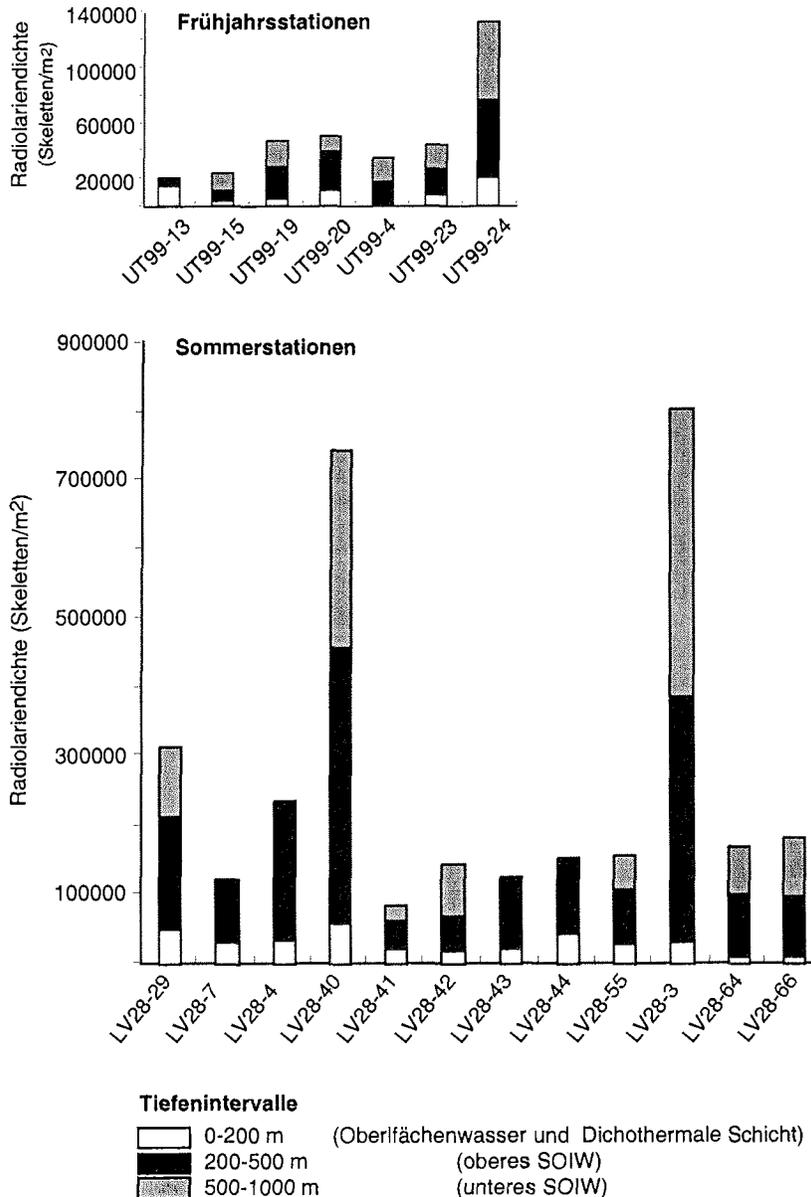


Abb. 7.10: Radiolariendichte in den Tiefenintervallen 0-200 m, 200-500 m und 500-1000 m für alle Stationen, deren Fangintervalle sich in diese Tiefenkatgorien einteilen ließen. Die Abbildung zeigt, daß die Radiolariendichte an den meisten Stationen im Bereich des oberen SOIW am höchsten ist.

einige Informationen, die mit Hilfe der hier berechneten Radiolariendichte (RD_{Gesamt}) gewonnen werden konnten, für die Hypothese, daß die Radiolariantaphozönose hauptsächlich der Vergesellschaftung des oberen SOIW im Sommer ähnlich ist.

Die PD der polycystinen Radiolarien ist an fast allen Frühjahrs- und Sommerstationen im oberen SOIW erhöht (vgl. Abb. 4.2, 4.8, 4.10). Auch die RD von 0 bis 200 m, 200 bis 500 m und 500 bis 1000 m Wassertiefe zeigt an den meisten Stationen eindeutig die Gewichtung auf das obere SOIW (Abb. 7.10). Da die Arten, die in den Oberflächensedimenten dominieren, ihr Habitat in dem oberen SOIW haben, und da dort die RD_{Gesamt} zu beiden untersuchten Jahreszeiten am höchsten ist, kann angenommen werden, daß dieses Habitat in der Radiolariantaphozönose am deutlichsten abgebildet wird.

Die Radiolarienakkumulationsrate (RAR_{Gesamt}) in den Oberflächensedimenten ähnelt der Radiolariendichte (RD_{Gesamt}) der Sommersituation mehr als derjenigen der Frühjahrssituation (Abb. 7.11). Während ein deutlicher Ost-West Kontrast in der RAR_{Gesamt} und der sommerlichen RD_{Gesamt} mit sehr hohen Werten an den westlichen Stationen zu sehen ist, zeigt die RD_{Gesamt} in der Frühjahrssituation kaum charakteristische Verteilungsmuster.

Die ähnliche Verteilung der sommerlichen RD_{Gesamt} und der RAR_{Gesamt} bestärkt die Hypothese, daß die Radiolariantaphozönose in ihren Grundzügen Ähnlichkeiten zu der Biozönose während des Sommers aufweist. Die wesentlich höhere RD_{Gesamt} der Sommersituation im Vergleich zur Frühjahrssituation könnte ein erster Hinweis auf eine höhere Radiolarienproduktion ab August sein. Auch wenn diese Hypothese durch Sedimentfallenuntersuchungen validiert werden muß, könnte angenommen werden, daß die Plagoniidae- und *C. davisiana*- Vergesellschaftungen im Oberflächensediment Umweltbedingungen widerspiegeln, die denen ab August im oberen SOIW sehr ähnlich sind, weil sie in der repräsentativen Momentaufnahme des Sommers häufiger als in der repräsentativen Momentaufnahme des Frühjahrs produziert werden.

Würde Fraß, Lateraltransport oder Lösung die Radiolariantaphozönose wesentlich verändern bzw. wäre die Radiolarien -(export)produktion aus einem anderen Tiefenintervall (z.B. durch andere Umsatzraten der dort vorkommenden Radiolarien) deutlich verschieden und höher als im oberen SOIW, dann würde man ein Radiolariensignal in der Taphozönose erwarten, welches sich stark von dem des oberen

SOIW unterscheidet. Darüberhinaus würde sich die Taphozönose deutlich von der sommerlichen Biozönose unterscheiden, wenn die Radiolarien -(export)produktion zu einer anderen Jahreszeit höher und gleichzeitig grundsätzlich verschieden von der Sommersituation wäre. Die Ähnlichkeit der Plagoniidae- und *C. davisiana*-Vergesellschaftungen zeigt, daß dies nicht der Fall ist.

Cycladophora davisiana und andere Arten, die zusammen mit ihr im Sommer vorkommen, haben möglicherweise während der Herbstmonate eine noch höhere (Export) Produktionsrate, als in der Sommersituation. Dies kann zum einen aufgrund

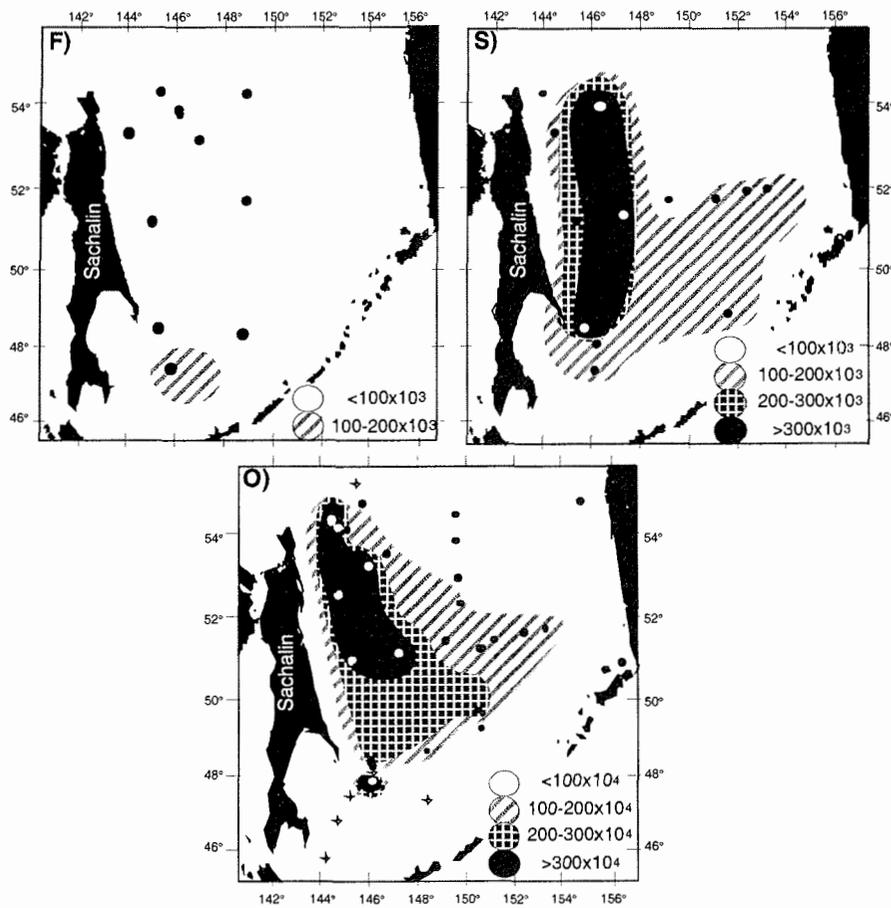


Abb. 7.11: Gegenüberstellung der Radiolariendichte (RD_{Gesamt} in Skeletten/ m^2) während der Frühjahrssituation (F), der Sommersituation (S) und der Radiolarienakkumulationsrate (RAR_{Gesamt} in Skeletten $m^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$) im Oberflächensediment (O). An Stationen, die mit einem Stern gekennzeichnet sind, konnte keine RAR berechnet werden.

der Foraminiferenflußrate und der Coccolithophoridenflußrate vermutet werden, die in 258 m Wassertiefe Maxima im September/Okttober bzw. November/Dezember haben (Alderman, 1996; Broerse *et al.*, 2000). Zum anderen zeigen Sedimentfallendaten (allerdings aus 3788 m Tiefe) in der Bering-See, die vergleichbare Produktionsphasen mit dem Ochotskischen Meer hat, einen maximalen Fluß von *C. davisiana* für die Monate September bis Dezember an (Broerse *et al.*, 2000; Honjo, 1996; Takahashi, 1997b). Würde sich allerdings parallel zu einer erhöhten Radiolarien -(export)-produktion im Herbst die Radiolarienvergesellschaftung verändern, dann sollte sich die Radiolariantaphozönose deutlich von dem Signal der Biozönose während des Sommers unterscheiden. Da das nicht der Fall ist, spiegelt die Taphozönose vermutlich die Sommersituation wider.

Zur Prüfung der hier aufgestellten Hypothesen ist es unabdingbar, die Radiolarien (export) produktion, die Radiolariensukzession, ihre Variation von Jahr zu Jahr, sowie parallel die allgemeine Planktonsukzession zu untersuchen. Bestätigen diese Untersuchungen, daß die Taphozönose die Vergesellschaftung des oberen SOIW im Spätsommer/ Frühherbst widerspiegelt, so hätte man eine exzellente Möglichkeit, die Bedingungen in dieser speziellen Wassermasse zu einer Jahreszeit, in der die oberflächennahen Wassermassen stabil geschichtet sind und in der heterotrophe Organismen das Plankton dominieren, zu rekonstruieren.

8 Zusammenfassung

- Die Radiolarienpopulationsdichte wird durch jahreszeitlich und regional veränderliche Umweltbedingungen gesteuert. Die Tiefenverteilung der Radiolarienarten ist deutlich an bestimmte Wassermassen gebunden.
- Die maximale Radiolarienproduktion findet im Sommer (August/September) zeitlich verzögert zur maximalen Phytoplanktonproduktion im Frühjahr statt. Während dieser heterotrophen Phase der jährlichen Planktonsukzession dominieren die Nassellarien. Phaeodarien (besonders *P. tridens*) dominieren während der autotrophen Frühjahrsphase. Spumellarien sind während beider Jahreszeiten kaum vorhanden.
- Regionale Unterschiede der Radiolarienproduktion hängen von biotischen und abiotischen Faktoren (z.B. Phyto- und Zooplanktonproduktion, Stabilität der Wassersäule, Nährstoffanlieferung durch den Amur) ab. Die höchste Radiolarienpopulationsdichte wurde während des Sommers in den Tiefenbereichen des oberen SOIW in der Nähe des Schelfes von Sachalin gefunden und ist wahrscheinlich eine Folge der erhöhten Produktion von mikroheterotrophen Organismen. Die erhöhten Phaeodarien-Populationsdichten an den nördlichen und südlichen Frühjahrsstationen werden als Folge der regional erhöhten Primärproduktion gewertet. Die regional sehr variablen produktionsbiologischen Faktoren können als mögliche Ursache für die fleckenhafte Verteilung der Radiolarienbiozönose angesehen werden, wie sie auch aus anderen Untersuchungsgebieten beschrieben wurde (Caron *et al.*, 1995; Kling, 1979; Michaels *et al.*, 1995; Samtleben *et al.*, 1995).
- Eine ausgeprägte Tiefenzonierung der polycystinen Radiolarienarten während beider Jahreszeiten kennzeichnet die Radiolarienbiozönose des Ochotskischen Meeres. *Antarctissa* sp. (?) 1 ist charakteristisch für die ODTL, Arten wie *Cycladophora davisiana* und *Ceratospyris borealis* sind potentielle Anzeiger des oberen SOIW und *Dictyophimus hirundo*, *Lophospyris* sp. 1 und *Peridium* sp. 1 können mit dem unteren SOIW assoziiert werden.

- Aufgrund ihrer von Wassermassen abhängigen Tiefenzonierung besitzen die polycystinen Radiolarien des Ochotskischen Meeres ein großes Potential, die Veränderungen der Wassermassenstruktur im Ochotskischen Meer aufzuzeichnen. Ihre Erhaltungsfähigkeit im Sediment schafft die Voraussetzung, diese Veränderung in der Vergangenheit rekonstruieren zu können. Die Verbreitung von Arten wie *C. davisiana* im Ochotskischen Meer und im nordwestlichen pazifischen Ozean sollten Aufschluß über die Bildungsmechanismen und den Transport des SOIW sowie des ventilierten nordpazifischen Zwischenwassers geben. Da im oberen und unteren SOIW verschiedene Radiolarienvergesellschaftungen zu finden sind, könnten diese auch als Anzeiger für die Unterscheidung zwischen oberem und unterem SOIW dienen.
- Die Radiolarienkonzentration in den Oberflächensedimenten ist stark von dem Ablagerungsmilieu im Untersuchungsgebiet abhängig. Dagegen liefert die Radiolarienakkumulationsrate erste Informationen über die Radiolarienproduktion. Das nordwestliche Untersuchungsgebiet, das unter dem Einfluß der Nährstofflieferung durch den Amur steht und eine stabile Schichtung der oberen Wasserschichten aufweist, hat die höchste Radiolarienproduktion des Ochotskischen Meeres. Da die Genauigkeit der Radiolarienakkumulationsrate auch von der Datierung der Oberflächensedimente abhängt, kann sie durch präzisere Altersbestimmungen, z.B. durch die Radiokarbonmethode, verbessert und abgesichert werden.
- Fünf Artengruppierungen können in den Oberflächensedimenten des Ochotskischen Meeres unterschieden werden. Diese können auf verschiedene ökologische Einflußfaktoren, z.B. Primärproduktion, Produktion von heterotrophen Organismen, Wassermassenbildung, -einstrom, und -mischung, zurückgeführt werden. (1) Die Sachalin-Artengruppierung ist das Ergebnis einer hohen biologischen Produktivität in Schelfnähe. (2) Die Kamtschatka-Artengruppierung wird aufgrund der anderen Artenzusammensetzung von der Sachalin-Artengruppierung unterschieden. Einige Arten, die in der Nähe von Sachalin nicht vorhanden sind, kommen hinzu, so daß man in der Nähe von Kamtschatka von veränderten ökologischen Bedingungen durch einen direkten und indirekten Einfluß aus dem nordpazifischen Ozean ausgehen kann. (3) Die westliche Artengruppierung ist mit dem Zwischenwasser und möglicherweise indirekt mit der stabilen Stratifizierung der oberflächennahen Wasserschichten assoziiert. (4)

Die Verbreitung der zentralen Tiefenwasser-Artengruppierung ist an größere Wassertiefen gebunden. (5) Die Kurilen-Becken-Artengruppierung ist Ausdruck des Einstromes aus der Japan-See und möglicherweise von Mischungsvorgängen mit dem Ost-Sachalin-Strom.

- Die charakteristischen Tiefenhabitate der Radiolarien in der Wassersäule bis 1000 m, die in den Oberflächensedimenten im Ochotskischen Meer a priori nicht unterschieden werden können, zeigen die Notwendigkeit, ökologisch sinnvolle Artengruppen zusammenzufassen, die durch vertikale und jahreszeitliche Vergleiche evaluiert werden müssen. Als Konsequenz sollte die Möglichkeit erwogen werden, ökologisch sinnvolle Indikatorgruppen als Grundlage für Rekonstruktionen auszuwählen, wie es z.B. in Weinheimer und Cayan (1997) durchgeführt wurde.
- In den Oberflächensedimenten ist die Vergesellschaftung des oberen SOIW (besonders *C. davisiana* und *C. borealis*) am deutlichsten repräsentiert, und man kann von einer Signalgewichtung zugunsten dieser Wassermasse sprechen. Aus diesem Grund könnten die Veränderungen des Zwischenwassers in der Vergangenheit besonders gut zu rekonstruieren sein.
- Die Ähnlichkeit der Radiolariantaphozönose im Ochotskischen Meer mit der Radiolarienbiozönose der Sommersituation deutet darauf hin, daß mit Hilfe charakteristischer Taxa, z.B. den Plagoniidae, auch eine saisonale Zuordnung des Radiolariensignals in den Sedimenten möglich wäre. Durch diese Assoziation könnten unter Umständen charakteristische Eigenschaften der jährlichen Sukzession in der Vergangenheit rekonstruiert werden.

9 Literaturverzeichnis

- Abelmann, A., 1988. Freeze-drying simplifies the preparation of microfossils. *Micropaleontology*, 34: 361.
- Abelmann, A., 1992a. Radiolarian flux in Antarctic waters (Drake Passage, Powell Basin, Bransfield Strait). *Polar Biology*, 12: 357-372.
- Abelmann, A., 1992b. Radiolarian taxa from Southern Ocean traps (Atlantic sector). *Polar Biology*, 12: 373-385.
- Abelmann, A. & Gersonde, R., 1988. *Cycladophora davisiana* stratigraphy in Plio-Pleistocene cores from the Antarctic Ocean (Atlantic sector). *Micropaleontology*, 34(3): 268-276.
- Abelmann, A. & Gersonde, R., 1991. Biosiliceous particle flux in the southern ocean. *Marine Chemistry*, 35: 503-536.
- Abelmann, A. & Gowing, M.M., 1996. Horizontal and vertical distribution pattern of living radiolarians along a transect from the Southern Ocean to the South Atlantic subtropical region. *Deep-Sea Research*, 43(3): 361-382.
- Abelmann, A. & Gowing, M.M., 1997. Spatial distribution pattern of living polycystine radiolarian taxa - baseline study for paleoenvironmental reconstructions in the Southern Ocean (Atlantic sector). *Marine Micropaleontology*, 30: 3-28.
- Abelmann, A., Brathauer, U., Gersonde, R., Sieger, R. & Zielinski, U., 1999. Radiolarian-based transfer function for the estimation of sea surface temperatures in the Southern Ocean (Atlantic sector). *Paleoceanography*, 14(3): 410-421.
- Agatova, A.I. & Lapina, N.M., 1996. An estimation of the rates of destruction processes in the Sea of Okhotsk. *Oceanology*, 36(4): 509-515.
- Agatova, A.I., Dafner, E.V., Sapozhnikov, V.V., Torgunova, N.I. und Ukolova, T.K., 1996. Investigations of dissolved and suspended organic matter distribution in the Sea of Okhotsk. *Oceanology*, 36(6): 808-815.
- Alderman, S.E., 1996. Planktonic foraminifera in the Sea of Okhotsk: population and stable isotope analysis from a sediment trap. unveröffentlichte MSc Abschlußarbeit, Massachusetts Institute of Technology and Woods Hole Oceanographic Institution: 1-99.
- Alfultis, M.A. & Martin, S., 1987. Satellite passive microwave studies of the Sea of Okhotsk ice cover and its relation to oceanic processes, 1978-1982. *Journal of Geophysical Research*, 92(C12): 13013-13028.
- Anderson, O.R., 1983. *Radiolaria*. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: 1-355.
- Anderson, O.R., 1996. The physiological ecology of planktonic Sarcodines with applications to paleoecology: patterns in space and time. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 43(4): 261-274.
- Anderson, O.R., Bennett, P. & Bryan, M., 1989a. Experimental and observational studies of radiolarian physiological ecology: 1. Growth, abundance and opal productivity of the spongiöse radiolarian *Spongaster tetras tetras*. *Marine Micropaleontology*, 14(4): 257-265.

- Anderson, O.R., Bennett, P., Dror, A. & Bryan, M., 1989b. Experimental and observational studies of radiolarian physiological ecology: 2. Trophic activity and symbiont primary productivity of *Spongaster tetras tetras* with comparative data on predatory activity of some Nassellarida. *Marine Micropaleontology*, 14: 267-273.
- Anderson, O.R., Bryan, M. & Bennett, P., 1989c. Experimental and observational studies of radiolarian physiological ecology: 3. Effects of temperature, salinity and light intensity on the growth and survival of *Spongaster tetras tetras* maintained in laboratory culture. *Marine Micropaleontology*, 14(4): 275-282.
- Anderson, O.R., Bryan, M. & Bennett, P., 1990. Experimental and observational studies of radiolarian physiological ecology: 4. Factors determining the distribution and survival of *Didymocyrtis tetrathalamus tetrathalamus* with implications for paleoecological interpretations. *Marine Micropaleontology*, 16(3-4): 155-167.
- Arzhanova, N.V. & Naletova, I.A., 1999. Hydrochemical structure, mesoscale eddies, and primary production in the Northern Part of the Sea of Okhotsk. *Oceanology*, 39(5): 675-682.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Schuchard-Fischer, C. & Weiber, R., 1989. *Multivariate Analysemethoden*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, 5. Aufl.: 1-418.
- Bailey, J.W., 1856. Notice of microscopic forms found in the soundings of the Sea of Kamtschatka. *American Journal of Science and Arts*, 22, Series 2(64): 1-6.
- Barcena, M.A. *et al.*, 1998. Record of Holocene glacial oscillations in Bransfield Basin as revealed by siliceous microfossil assemblages. In: Goodwin, I.D. & Pudsey, C.J. (Eds.) *Antarctic ice margin evolution (ANTIME)*. *Antarctic Science*, 10(3): 269-285.
- Benson, R.N., 1966. Recent radiolaria from the Gulf of California. unveröffentlichte Dissertation, Faculty of the graduate School of the University of Minnesota: 1-578.
- Bernstein, R.E., 1985. Radiolarians from the western North Pacific Ocean: a latitudinal study of their distributions and fluxes. unveröffentlichte Msc Abschlußarbeit, Department of Marine Science in the University of Florida: 1-144.
- Bernstein, T., 1934. Zooplankton des nördlichen Teiles des Karischen Meeres. *Transactions of the Arctic Institute Leningrad*, 9: 5-58.
- Biebow, N. & Hütten, E.E., 1999. Cruise reports: KOMEX I and II - RV Professor Gagarinsky Cruise 22, RV Akademik M. A. Lavrentyev Cruise 28. *Geomar Report* 82:1-188.
- Biebow, N., Lüdmann, T., Karp, B. & Kulinich, R.E., 2000. Cruise Reports: KOMEX V and VI - RV Professor Gagarinsky Cruise 26, MV Marshal Gelovany Cruise 1. *Geomar Report*, 88: 1-296.
- Bjørklund, K., 1974. The seasonal occurrence and depth zonation of radiolarians in Korsfjorden, western Norway. *Sarsia*, 56: 13-42.
- Bjørklund, K.R., 1976. Radiolaria from the Norwegian Sea, Leg 38 of the Deep Sea Drilling Project. *Init. Repts. DSDP*, 38: 1101-1168.
- Bjørklund, K.R. & Jansen, J.H.F., 1984. Radiolaria distribution in Middle and Late Quaternary sediments and palaeoceanography in the eastern Angola Basin. *Netherlands Journal of Sea Research*, 17(2-4): 299-312.

- Bjørklund, K.R. & Ciesielski, P.F., 1994. Ecology, morphology, stratigraphy, and the paleoceanographic significance of *Cycladophora davisiana davisiana*. Part I: Ecology and morphology. *Marine Micropaleontology*, 24(1): 71-88.
- Bjørklund, K.R., Cortese, G., Swanberg, N. & Schrader, H.J., 1998. Radiolarian faunal provinces in surface sediments of the Greenland, Iceland and Norwegian (GIN) Seas. *Marine Micropaleontology*, 35(1-2): 105-140.
- Blueford, J.R., 1983. Distribution of Quaternary Radiolaria in the Navarin Basin geologic province, Bering Sea. *Deep-Sea Research*, 30(7A): 763-781.
- Bodén, P., 1991. Reproducibility in the random settling method for quantitative diatom analysis. *Micropaleontology*, 37(3): 313-319.
- Boltovskoy, D., 1987. Sedimentary record of radiolarian biogeography in the equatorial to antarctic western Pacific Ocean. *Micropaleontology*, 33(3): 267-281.
- Boltovskoy, D., 1992. Current and productivity patterns in the equatorial Pacific across the last glacial maximum based on radiolarian east-west and downcore faunal gradients. *Micropaleontology*, 38(4): 397-413.
- Boltovskoy, D., 1998. Classification and distribution of South Atlantic recent polycystine Radiolaria. *Paleontologia Electronica*: http://palaeo-electronica.org/1998_2/boltovskoy/issue2.htm.
- Boltovskoy, D., 1999. Radiolaria Polycystina. In: D. Boltovskoy (Editor), *South Atlantic Zooplankton*. Backhuys Publishers, Leiden, 1-1706.
- Boltovskoy, D. & Riedel, W.R., 1980. Polycystine radiolaria from the southwestern Atlantic Ocean plankton. *Revista Española de Micropaleontología*, 12(1): 99-146.
- Boltovskoy, D. & Riedel, W.R., 1987. Polycystine radiolaria of the California Current region: seasonal and geographic patterns. *Marine Micropaleontology*, 12(1): 65-104.
- Boltovskoy, D. & Alder, V.A., 1992. Microzooplankton and tintinnid species-specific assemblage structures: patterns of distribution and year-to-year variations in the Weddell Sea (Antarctica). *Journal of Plankton Research*, 14(10): 1405-1423.
- Boltovskoy, D., Alder, V.A. & Abelmann, A., 1993a. Annual flux of radiolaria and other shelled plankters in the eastern equatorial Atlantic at 853 m: seasonal variations and polycystine species-specific responses. *Deep-Sea Research*, 40(9): 1863-1895.
- Boltovskoy, D., Oberhänsli, H. & Wefer, G., 1996. Radiolarian assemblages in the eastern tropical Atlantic: patterns in the plankton and sediment trap samples. *Journal of Marine Systems*, 8: 31-51.
- Borgert, A., 1901. Die nordischen Tripyleen-Arten. *Nordisches Plankton*, 15: 1-52.
- Boyd, J.D., 1995. Descriptive Physical Oceanography of the North Pacific, Sea of Japan (East Sea) and the Sea of Okhotsk. *Arctic Research of the United States*, 9: 72-81.
- Brathauer, U., 1996. Rekonstruktion quartärer Klimaänderungen im atlantischen Sektor des Südpolarmeeres anhand von Radiolarien. *Berichte zur Polarforschung*, 216: 1-163.
- Brathauer, U. & Abelmann, A., 1999. Late Quaternary variations in sea surface temperatures and their relationship to orbital forcing recorded in the Southern Ocean (Atlantic sector). *Paleoceanography*, 14(2): 135-148.
- Brathauer, U., Abelmann, A., Gersonde, R., Niebler, S. & Fütterer, D.K., 2001. Calibration of *Cycladophora davisiana* events versus oxygen isotope stratigraphy in the

- subantarctic Atlantic Ocean a stratigraphic tool for carbonate-poor Quaternary sediments. *Marine Geology*, 175: 167-181.
- Broerse, A.T.C., Ziveri, P. & Honjo, S., 2000. Coccolithophore (-CaCO₃) flux in the Sea of Okhotsk: seasonality, settling and alteration processes. *Marine Micropaleontology*, 39: 179-200.
- Broecker, W.S. & Peng, T.H., 1982. *Tracers in the Sea*. Eldigio Press, Columbia University, Palisades, New York: 690.
- Bulatov, N.V., Kurennaya, L.A., Muktepavel, L.S., Aleksanina, M.G. & Gerbek, E.E., 1999. Eddy water structure in the southern Okhotsk Sea and its seasonal variability (results of satellite monitoring). *Oceanology*, 39(1): 29-37.
- Cachon, J., Cachon, M. & Kenneth, W.E., 1990. Phylum Actinopoda Classes Polycystina (=Radiolaria) and Phaeodaria. In: Margulis, L., Corliss, J.O., Melkonian, M. & Chapman, D.J. (Eds.) *Handbook of Protocista*. Jones and Bartlett Publishers, Boston: 334-345.
- Caron, D.A., Michaels, A.F., Swanberg, N.R. & Howse, F.A., 1995. Primary productivity by symbiont-bearing planktonic sarcodines (Acantharia, Radiolaria, Foraminifera) in surface waters near Bermuda. *Journal of Plankton Research*, 17(1): 103-129.
- Caron, D.A. & Swanberg, N.R., 1990. The ecology of planktonic sarcodines. *Reviews in Aquatic Sciences*, 3: 147-180.
- Casey, R.E. *et al.*, 1979a. Ecological niches of Radiolarians, Planktonic Foraminiferans and Pteropods inferred from studies on living forms in the Gulf of Mexico and adjacent waters. *Transactions Gulf Coast Association of Geological Society*, 29: 216-223.
- Casey, R.E. *et al.*, 1979b. Radiolarian ecology and the development of the radiolarian component in holocene sediments, Gulf of Mexico and adjacent seas with potential paleontological applications. *Transactions Gulf Coast Association of Geological Society*, 29: 228-236.
- Caulet, J.-P., 1985. Radiolarians from the Southwest Pacific. *Init. Repts. DSDP*, 40: 835-861.
- Cavaliere, D.J. & Parkinson, C.L., 1987. On the relationship between atmospheric circulation and the fluctuations in the sea ice extents of the Bering and Okhotsk Seas. *Journal of Geophysical Research*, 92(C7): 7141-7162.
- Chen, M. & Tan, Z., 1997. Radiolarian distribution in surface sediments of the northern and central South China Sea. *Marine Micropaleontology*, 32: 173-194.
- Cleve, P.T., 1900. Notes on some Atlantic-plankton organisms. *Göteborgs Kgl. Vetensk.-och Vitterh.-Samh., Handl.*, 34(1): 1-22.
- Cortese, G. & Bjørklund, K.R., 1998. The taxonomy of boreal Atlantic Ocean Actinommida (Radiolaria). *Micropaleontology*, 44(2): 149-160.
- Dolven, J.K. & Bjørklund, K.R., 2001. An early Holocene peak occurrence and recent distribution of *Rhizoplegma boreale* (Radiolaria): a biomarker in the Norwegian Sea. *Marine Micropaleontology* 42: 25-44.
- Dworetzky, B.A. & Morley, J.J., 1987. Vertical distribution of radiolaria in the eastern Equatorial Atlantic; analysis of a multiple series of closely-spaced plankton tows. *Marine Micropaleontology*, 12(1): 1-19.

- Ehrenberg, C.G., 1861. Über die Tiefgrund-Verhältnisse des Ozeans am Eingange der Davisstraße & bei Island. K. Preuss. Akad. Wiss., Monatsber., Jahrg. 1861: 275-315.
- Erez, J., Takahashi, K. & Honjo, S., 1982. In-situ dissolution experiment of radiolaria in the central North Pacific Ocean. *Earth and Planetary Science Letters*, 59: 245-254.
- Freeland, H.J. *et al.*, 1998. WOCE section PIW in the Sea of Okhotsk I. Oceanographic data description. *Journal of Geophysical Research*, 103(C8): 15613-15623.
- Garrison, D.L. & Gowing, M.M., 1993. Protozooplankton. In: Friedmann, E.I. (Ed.) *Antarctic Microbiology*, Wiley-Liss, New York: 123-165.
- Goll, R.M., 1976. Morphological intergradation between modern populations of *Lophospyris* and *Phormosphyris* (Trissocyclidae, Radiolaria). *Micropaleontology*, 22(4): 379-418.
- Gorbarenko, S.A., 1996. Stable isotope and lithologic evidence of late-glacial and holocene oceanography of the Northwestern Pacific and its marginal seas. *Quaternary Research*, 46(230-250): 230-244.
- Gowing, M.M., 1986. Trophic biology of phaeodarian radiolarians and flux of living radiolarians in the upper 2000 m of the North Pacific central gyre. *Deep-Sea Research* 33(5): 655-674.
- Gowing, M.M., 1989. Abundance and feeding ecology of Antarctic phaeodarian radiolarians. *Marine Biology*, 103(1): 107-118.
- Gowing, M.M., 1993a. Large virus-like particles form vacuoles of phaeodarian radiolarians and from other marine samples. *Marine Ecology Progress Series*, 101: 33-43.
- Gowing, M.M., 1993b. Seasonal radiolarian flux at the VERTEX North Pacific time-series site. *Deep-Sea Research*, 40(3): 517-545.
- Gowing, M.M. & Garrison, D.L., 1991. Austral winter distributions of large tintinnid and large sarcodinid proto zooplankton in the ice-edge zone of the Weddell/ Scotia Seas. *Journal of Marine Systems*, 2: 131-141.
- Gowing, M.M. & Bentham, W.N., 1994. Feeding ecology of the phaeodarian radiolarians at the VERTEX North Pacific time series site. *Journal of Plankton Research*, 16: 707-720.
- Haecker, V., 1908. Tiefsee-Radiolarien. In: C. Chun (Ed.), *Wiss. Erg. Deutsch. Tiefsee-Exp. Dampfer "Valdivia" 1898-1899*. Verlag von Gustav Fischer, Jena: T1: 1-476, T2: 477-706.
- Haslett, S.K. & Funell, B.M., 1998. Low-latitude Plio-Pleistocene temporal abundance variations in the radiolarian *Cycladophora davisiana* Ehrenberg: stratigraphic and palaeoceanographic significance. In: Cramp, A., MacLeod, C.J., Lee, S.B., & Jones, E.J.W. (Eds.) *Geological evolution of ocean basins: results from the Ocean Drilling Program*. Geological Society, London, Special Publications, 131: 83-89.
- Hays, J.D., Lozano, J.A., Shackleton, N. & Irving, G., 1976. Reconstruction of the Atlantic and western Indian Ocean sectors of the 18.000 B.P. Antarctic Ocean. In: Cline, R.M. & Hays, J.D. (Eds.) *Investigations of Late Quaternary Paleooceanography and Paleoclimatology*. Geol. Soc. Am. Mem., 145, 337-372.

- Heusser, L. & Morley, J., 1997. Monsoon fluctuations over the past 350 kyr: high resolution evidence from northeast Asia/ northwest Pacific climate proxies (marine pollen and radiolarians). *Quaternary Science Reviews*, 16: 565-581.
- Honjo, S., 1996. Fluxes of particles to the interior of the open oceans. In: Ittekkot, V., Schäfer, P., Honjo, S., Depetris, P.J. (Eds.) *Particle fluxes in the Ocean*: 91-154.
- Howard, W., R. & Prell, W., L., 1984. A comparison of radiolarian and foraminiferal paleoecology in the southern Indian Ocean; new evidence for the interhemispheric timing of climatic change. *Quaternary Research*, 21(2): 244-263.
- Hülsemann, K., 1963. Radiolaria in plankton from the Arctic drifting station T-3, including the description of three new species. *Arctic Institute of North America Technical Paper*, 13: 1-52.
- Hydro-Bios, 1995. *Betriebsanleitung Multiplankton Sampler MPS 92B*. Hydro-Bios Apparatebau GmbH: 1-27.
- Imbrie, J. & Kipp, N.G., 1971. A new micropaleontological method for quantitative paleo-climatology: application to a late pleistocene Caribbean core. In: Turekian (ed.) *Late cenozoic glacial ages*, Yale University Press: 71-181.
- Itaki, T. & Takahashi, K., 1995. Preliminary results on radiolarian fluxes in the central subarctic Pacific and Bering Sea. *Proc. Hokkaido Tokai University Science and Engineering*, 8: 37-47.
- Jacot Des Combes, H., Caulet, J.-P. & Tribovillard, N.P., 1999. Pelagic productivity in the equatorial area of the northwest Indian Ocean during the last 400,000 years. *Marine Geology*, 158: 27-55.
- Jørgensen, E., 1905. The protist plankton and the diatoms in bottom samples. *Bergens Museums Skrifter*, 7: 49-225.
- Keigwin, L.D., 1998. Glacial-age hydrography of the far northwest Pacific Ocean. *Paleoceanography*, 13(4): 323-339.
- Kitani, K., 1973. An oceanographic study of the Okhotsk Sea - Particularly in regard to cold waters. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, 9: 45-75.
- Klaas, C., 1997. Distribution and role of microprotozoa in the Southern Ocean. *Berichte zur Polarforschung*, 253: 1-119.
- Kling, S.A., 1976. Relation of radiolarian distributions to subsurface hydrography in the North Pacific. *Deep-Sea Research*, 23: 1043-1058.
- Kling, S.A., 1979. Vertical distribution of polycystine radiolarians in the central North Pacific. *Marine Micropaleontology*, 4(4): 295-318.
- Kling, S.A. & Boltovskoy, D., 1995. Radiolarian vertical distribution across the southern California Current. *Deep-Sea Research*, 42(2): 191-231.
- Kono, T. & Kawasaki, Y., 1997. Modification of western subarctic water by exchange with the Okhotsk Sea. *Deep-Sea Research I*, 44(4): 689-711.
- Krsinic, F., 1998. Vertical distribution of protozoan and microcopepod communities in the South Adriatic Pit. *Journal of Plankton Research*, 20(6): 1033-1060.
- Kruglikova, S., 1977. *Atlas of Micro organisms in the bottom sediments of the oceans*. Publishing House Nauka, Moskau, 86-145.

- Kruglikova, S.B., 1975. Radiolarians in the surface layer of sediments in the Sea of Okhotsk. *Oceanology*, 15(1): 82-86.
- Kruglikova, S.B., 1999. Distribution of Polycystine radiolarian from recent and Pleistocene sediments of the Arctic-Boreal zone. In: Spielhagen *et al.* (Eds.) German-Russian Cooperation: Biogeographic and biostratigraphic investigations on selected sediment cores from the Eurasian continental margin and marginal seas to analyze the late Quaternary climatic variability. *Berichte zur Polarforschung*, 306: 120-134.
- Lapko, V.V. & Radchenko, V.I., 2000. Sea of Okhotsk. *Marine Pollution Bulletin*, 41(1-6): 179-187.
- Leonov, A.V. & Sapozhnikov, V.V. 1997. Transformation and organogenic substances and rates of production-destruction processes in the ecosystem of the Sea of Okhotsk. *Oceanology*, 37(1): 62-74.
- Ling, H.Y., 1974. Polycystine Radiolaria and Silicoflagellates from surface sediments of the Sea of Okhotsk. *Bulletin of the Geological Survey of Taiwan*, 24: 1-11.
- Malmgren, B.A. & Haq, B.U., 1982. Assessment of quantitative techniques in paleobiogeography. *Marine Micropaleontology*, 7: 213-236.
- Matsuoka, A., 1992. Skeletal growth of a spongiöse radiolarian *Dictyocoryne truncatum* in laboratory culture. *Marine Micropaleontology*, 19: 287-297.
- Matsuoka, A. & Anderson, O.R., 1992. Experimental and observational studies of radiolarian physiological ecology: 5. Temperature and salinity tolerance of *Dictyocoryne truncatum*. *Marine Micropaleontology*, 19: 299-313.
- Matthiessen, J., 1994. Verbreitung von marinen Palynomorphen-Vergesellschaftungen in rezenten Sedimenten des Europäischen Nordmeeres. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 194(1): 1-24.
- Matul, A.G., 1998. On the Radiolaria from the surface layer of the bottom sediments of the northern sector of the Benguela upwelling. *Oceanology*, 38(5): 687-692.
- Meyer, K., 1934. Die geographische Verbreitung der Tripyleen Radiolarien des Südatlantischen Ozeans. *Wissenschaftliche Ergebnisse der deutschen antarktischen Expedition "Meteor"*, 12: 122-198.
- Michaels, A.F., Caron, D.A., Swanberg, N.R., Howse, F.A. & Michaels, C.M., 1995. Planktonic sarcodines (Acantharia, Radiolaria, Foraminifera) in surface waters near Bermuda: abundance, biomass and vertical flux. *Journal of Plankton Research*, 17(1): 131-163.
- Molina-Cruz, A. & Bernal-Ramirez, R., 1996. Distribution of Radiolaria in surface sediments and its relation to the oceanography of the Iceland and Greenland Seas. *Sarsia*, 81: 315-328.
- Molina-Cruz, A. & Martinez-López, M., 1994. Oceanography of the Gulf of Tehuantepec, Mexico, indicated by Radiolaria remains. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 110: 179-195.
- Molina-Cruz, A., Welling, L. & Caudillo-Bohorquez, A., 1999. Radiolarian distribution in the water column, southern Gulf of California, and its implication in thanatocoenose constitution. *Marine Micropaleontology*, 37(2): 149-171.
- Mordasova, N.V., 1997. Some peculiarities of chlorophyll distribution in the Sea of Okhotsk. *Oceanology*, 37(4): 484-491.

- Morley, J.J., 1979. A transfer function for estimating paleoceanographic conditions based on deep-sea surface sediment distribution of radiolarian assemblages in the South Atlantic. *Quaternary Research*, 12: 381-395.
- Morley, J.J., 1980. Analysis of the abundance variations of the subspecies of *Cycladophora davisiana*. *Marine Micropaleontology*, 5(3): 205-214.
- Morley, J.J., 1987. Comparison of the Pleistocene records of the radiolarian *Cycladophora davisiana* at high-latitude sites of the Deep Sea Drilling Project. *Init. Repts. DSDP*, 94: 889-894.
- Morley, J.J. & Hays, J.D., 1979. *Cycladophora davisiana*: A stratigraphic tool for Pleistocene North Atlantic and interhemispheric correlation. *Earth and Planetary Science Letters*, 44: 383-389.
- Morley, J.J. & Hays, J.D., 1983. Oceanographic conditions associated with high abundances of the radiolarian *Cycladophora davisiana*. *Earth and Planetary Science Letters*, 66: 63-72.
- Morley, J.J. & Stepien, J.C., 1985. Antarctic radiolaria in late winter/ early spring Weddell Sea waters. *Micropaleontology*, 31(4): 365-371.
- Morley, J.J. & Robinson, S.W., 1986. Improved method for correlating late Pleistocene/Holocene records from the Bering Sea: application of a biosiliceous/geochemical stratigraphy. *Deep-Sea Research*, 33(9): 1203-1211.
- Morley, J.J., Hays, J.D. & Robertson, J.H., 1982. Stratigraphic framework for the late Pleistocene in the northwest Pacific Ocean. *Deep-Sea Research*, 29: 1485.
- Morley, J.J., Heusser, L.E. & Sarro, T., 1986. Latest Pleistocene and holocene palaeoenvironment of Japan and its Marginal Sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 53: 349-358.
- Morley, J.J., Heusser, L.E. & Shackleton, N.J., 1991. Late Pleistocene/Holocene radiolarian and pollen records from sediments in the Sea of Okhotsk. *Paleoceanography*, 6(1): 121-131.
- Morley, J.J., Piasias, N.G. & Leinen, M., 1987. Late Pleistocene time series of atmospheric and oceanic variables recorded in sediments from the Subarctic Pacific. *Paleoceanography*, 2(1): 49-62.
- Nezlin, N.P., Musaeva, E.I. & D'yakonov, V.Y., 1997. Estimation of plankton stocks in the western part of the Sea of Okhotsk. *Oceanology*, 37(3): 408-413.
- Niebler, H.-S. & Gersonde R., 1998. A planktic foraminiferal transfer function for the southern South Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology*, 34 (3-4) :213-234.
- Nigrini, C., 1970. Radiolarian assemblages in the North Pacific and their application to a study of Quaternary sediments in core V20-130. in: Hays, J.D. (Ed.) *Geological Investigations of the North Pacific*. *Geol. Soc. Amer. Mem.*, 126: 139-183.
- Nigrini, C., 1977. Tropical Cenozoic Artosrobiidae (Radiolaria). *Micropaleontology* 23 (3): 241-169.
- Nigrini, C.A. & Moore, T.C., 1979. A guide to modern Radiolaria. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special publication*, 16: 1-342.
- Nishimura, A. & Yamauchi, M., 1984. Radiolarians from the Nankai trough in the Northwest Pacific. *News of Osaka Micropaleontologists, Special Volume*, 6: 1-148.

- Nishimura, A., Nakaseko, K. & Okuda, Y., 1997. A new coastal water radiolarian assemblage recovered from sediment samples from the Antarctic Ocean. *Marine Micropaleontology*, 30: 29-44.
- Nishimura, S., 1983. Okhotsk Sea, Japan Sea East China Sea. In: Ketchum, B.H. (Ed.) *Ecosystems of the world 26, Estuaries and enclosed Seas*, Elsevier scientific Publishing Company, Amsterdam Oxford, New York: 375-400.
- Nöthig, E.-M. & Gowing, M.M., 1991. Late winter abundance and distribution of phaeodarian radiolarians, other large protozooplankton and copepod nauplii in the Weddell Sea, Antarctica. *Marine Biology*, 111: 473-484.
- Nürnberg, D., Baranov, B.V. & Karp, B.Y.E., 1997. Cruise Report - RV Akademik M. A. Lavrentyev Cruise 27. *Geomar Report*, 60: 1-69.
- Obayashi, Y. *et al.*, 2001. Spatial and temporal variabilities of phytoplankton community structure in the northern North Pacific as determined by phytoplankton pigments. *Deep-Sea Research I*, 48: 439-469.
- Parkinson, C.L. & Gratz, A.J., 1983. On the seasonal sea ice cover of the Sea of Okhotsk. *Journal of Geophysical Research*, 88(C5): 2793-2802.
- Paverd van de, P.J. & Björklund, K.R., 1989. Frequency distribution of polycystine radiolarians in surface sediments of the Banda Sea, Eastern Indonesia. *Netherlands Journal of Sea Research*, 24(4): 511-521.
- Petrushevskaya, M., 1968. Radiolarian of orders Spumellaria and Nassellaria of the Antarctic region. In: A.P. Andriyashev and P.V. Ushakov (Editors), *Biological Report of the Soviet Antarctic Expedition (1955-1958)*, Academy of Sciences of the U.S.S.R. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 2-186.
- Petrushevskaya, M.G., 1971. Radiolarians of the World Ocean. Investigations of the fauna of the seas, IX. *Acad. Sci. USSR, Leningrad*, 5-294.
- Petrushevskaya, M.G., 1974. Radiolarians in the sediments of the Norwegian Sea and the North Atlantic Ocean. *Oceanology*, 14(1): 861-867.
- Petrushevskaya, M.G., 1981. Radiolaria or Nassellaria of the ocean. *Akad. Sciences U.S.S.R. Zool. Inst., Nauka*, 128: 1-405.
- Petrushevskaya, M.G. & Björklund, K.R., 1974. Radiolarians in Holocene sediments of the Norwegian-Greenland Seas. *Sarsia*, 57: 33-46.
- Pisias, N.G., Murray, D.W. & Roelofs, A.K., 1986. Radiolarian and silicoflagellate response to oceanographic changes associated with the 1983 El Niño. *Nature*, 320(6059): 259-262.
- Pisias, N.G., Roelofs, A. & Weber, M., 1997. Radiolarian-based transfer functions for estimating mean surface ocean temperatures and seasonal range. *Paleoceanography*, 12(3): 365-379.
- Popova, I.M., 1986. Transportation of radiolarian shells by currents (Calculations based on the example of the Kuroshio). *Marine Micropaleontology*, 11(1-3): 197-201.
- Porthun, C., 2000. Temperaturrekonstruktion im tropischen Atlantik für das letzte glaziale Maximum: CLIMAP neu betrachtet. *Berichte zur Polarforschung*, 355: 1-121.

- Ragueneau, O. *et al.*, 2000. A review of the Si cycle in the modern ocean: recent progress and missing gaps in the application of biogenic opal as a paleoproductivity proxy. *Global and Planetary Change* 26, 26: 317-365.
- Reshetnyak, V., 1966. The deep-water radiolarian Phaeodaria in the northwestern part of the Pacific Ocean. In: *Fauna of the USSR, Radiolaria*. Akad. Nauk. USSR, Zool. Inst., N. Ser., 94: 1-208.
- Riedel, W.R., 1958. Radiolaria in Antarctic sediments. *B.A.N.Z. Antarctic Res. Exped. Repts., Ser. B.*, 6(10): 217-255.
- Robertson, J.H., 1975. Glacial to interglacial oceanographic changes in the Northwest Pacific, including a continuous record of the last 400.000 years. unveröffentlichte Dissertation, Faculty of Pure Science, Columbia University: 1-355.
- Rogachev, K.A., 2000. Recent variability in the Pacific western subarctic boundary currents and Sea of Okhotsk. *Progress in Oceanography*, 47: 299-336.
- Sachs, H.M., 1973. North Pacific radiolarian assemblages and their relationship to oceanographic parameters. *Quaternary Research*, 3: 73-88.
- Samtleben, C. *et al.*, 1995. Plankton in the Norwegian-Greenland Sea: from living communities to sediment assemblages - an actualistic approach. *Geologische Rundschau*, 84(1): 108-136.
- Sancetta, C., 1981. Oceanographic and ecologic significance of diatoms in the surface sediments of the Bering and Okhotsk Seas. *Deep-Sea Research*, 28A(8): 789-817.
- Sancetta, C., 1989. Processes controlling the accumulation of diatoms in sediments: a model derived from British Columbian fjords. *Paleoceanography*, 4: 235-251.
- Sapozhnikov, V.V. *et al.*, 1999. Principal features of spatial distribution of organic and inorganic nutrient compounds in the Sea of Okhotsk. *Oceanology*, 39(2): 198-204.
- Sapozhnikov, V.V., 1995. Ecosystem investigations in the Sea of Okhotsk: cruise 21 of the R/V Akademik M. Lavernt'yev from July 20 to September 6, 1994. *Oceanology*, 35(2): 282-285.
- Schmiedl, G., 1995. Rekonstruktion der spätquartären Tiefenwasserzirkulation und Produktivität im östlichen Südatlantik anhand von benthischen Foraminiferenvergesellschaftungen. *Berichte zur Polarforschung*, 160: 1-207.
- Schröder, O., 1909. Die nordischen Spumellarien, Teil II: Unterlegion Sphaerellaria, Nordisches Plankton, Zoologischer Teil. Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel, Leipzig, XVII 1-XVII 66.
- Schröder, O., 1911. Die nordischen Nassellarien, Nordisches Plankton, Zoologischer Teil. Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel, Leipzig, XVII 67-146.
- Schröder-Ritzrau, A., 1995. Aktuopaläontologische Untersuchung zu Verbreitung und Vertikalfluß von Radiolarien sowie ihre räumliche und zeitliche Entwicklung im Europäischen Nordmeer. *Berichte Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel*, 52: 1-99.
- Schröder-Ritzrau, A., Andruleit, H., Jensen, S., Samtleben, C., Schäfer, P., Matthiessen, J., Hass, C.H., Kohly, A., Thiede, J., 2001. Distribution, export and alteration of fossilizable plankton in the Nordic Seas. In: Schäfer, P., Ritzrau, W., Schlüter, M. & Thiede, J. (Eds.) *The northern north Atlantic: a changing environment*: 81-104.
- SeawiFS, 1986. Chlorophyll pigment concentration. <http://seawifs.gsfc.nasa.gov>.

- Shiga, K. & Koizumi, I., 2000. Latest Quaternary oceanographic changes in the Okhotsk Sea based on diatom records. *Marine Micropaleontology*, 38: 91-117.
- Shiomoto, A., 1997. Size-Fractionated Chlorophyll a concentration and primary production in the Okhotsk Sea in October and November 1993, with special reference to the influence of Dichothermal Water. *Journal of Oceanography*, 53: 601-610.
- Shiomoto, A., Tanaka, H., Seki, J., Shimizu, I. & Shibuya, Y., 1998. Chlorophyll-a concentration in the southern Okhotsk Sea in late autumn: a comparison between 1993 and 1996. *Plankton Biology and Ecology*, 45(2): 139-149.
- Shuntov, V.P. *et al.*, 1998. Recent condition of plankton and nekton communities in the epileptic zone of the Sakhalin-Kuril region. *Russian Journal of Marine Biology*, 24(3): 161-169.
- Sieger, R., Gersonde, R. & Zielinski, U., 1999. A new extended software package for quantitative paleoenvironmental reconstructions. *EOS*, 80(19): 223.
- Smirnova, L.I. 1959. (in Russisch) Phytoplankton of the Okhotsk Sea. *Tran. Inst. Oceanol. Acad. Sci. USSR Moskau*, 30: 3-51.
- Sorokin, Y.I., 1981. Microheterotrophic organisms in marine ecosystems. In: Longhurst, A. R. (Ed.) *Analysis of Marine Ecosystems*: 193-342.
- Sorokin, Y.I. & Sorokin, P.Y., 1999. Production in the Sea of Okhotsk. *Journal of Plankton Research*, 21(2): 201-230.
- Sosnin, V., Biebow, N., Lammers, S., Winckler, G. & Obzhurov, A., 2000. Seasonal variability of hydrographic conditions near the Sakhalin Slope. Abstracts of the third workshop on Russian-German Cooperation in the Okhotsk Sea-Kurile Island Arc System.
- Stadum, C.J. & Ling, H.Y., 1969. Tripylean radiolaria in deep-sea sediments of the Norwegian Sea. *Micropaleontology*, 15(4): 481-489.
- Sugiyama, K. & Anderson, O.R., 1997. Experimental and observational studies of radiolarian physiological ecology, 6. effects of silicate-supplemented seawater on the longevity and weight gain of spongioid radiolarians *Spongaster tetras* and *Dictyocoryne truncatum*. *Marine Micropaleontology*, 29(2): 159-172.
- Swanberg, N.R. & Anderson, O.R., 1985. The nutrition of radiolarians: Trophic activity of some solitary Spumellaria. *Limnology and Oceanography*, 30(3): 646-652.
- Swanberg, N.R. & Bjørklund, K.R., 1986. The radiolarian fauna of western Norwegian fjords: patterns of abundance in the plankton. *Marine Micropaleontology*, 11(1-3): 231-241.
- Swanberg, N.R. & Bjørklund, K.R., 1987. Radiolaria in the plankton of some fjords in western and northern Norway: The distribution of species. *Sarsia*, 72: 231-244.
- Swanberg, N.R. & Caron, D.A., 1991. Patterns of sarcodine feeding in epipelagic oceanic plankton. *Journal of Plankton Research*, 13(2): 287-312.
- Swanberg, N.R. & Bjørklund, K.R., 1992. The radiolarian fauna of western Norwegian fjords: a multivariate comparison of the sediment and plankton assemblages. *Micropaleontology*, 38(1): 57-74.
- Swanberg, N.R. & Eide, L.K., 1992. The radiolarian fauna at the ice edge in the Greenland Sea during summer, 1988. *Journal of Marine Research*, 50: 297-320.

- Takahashi, K., 1981. Vertical flux, ecology and dissolution of radiolaria in tropical oceans: implications for the silica cycle. Massachusetts Institute of Technology, Woods Hole Oceanographic Institution, W.H.O.I. 81-103: 1-461.
- Takahashi, K., 1983. Radiolaria: sinking population, standing stock, and production rate. *Marine Micropaleontology*, 8: 171-182.
- Takahashi, K., 1991. Radiolaria: flux, ecology, and taxonomy in the Pacific and Atlantic. *Ocean Biocoenosis*, 3: 1-303.
- Takahashi, K., 1997a. Time-series fluxes of Radiolaria in the eastern subarctic Pacific Ocean. *NOM, Special Volume*, 10: 299-309.
- Takahashi, K., 1997b. Siliceous Microplankton Fluxes in the Eastern Subarctic Pacific, 1982-1986. *Journal of Oceanography*, Vol.53: 455-466.
- Takahashi, K. & Honjo, S., 1981. Vertical flux of radiolaria: a taxon-quantitative sediment trap study from the western tropical Atlantic. *Micropaleontology*, 27(2): 140-190.
- Takizawa, T., 1982. Characteristics of the Soya Warm Current in the Okhotsk Sea. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, 38: 281-292.
- Talley, L., D., 1991. An Okhotsk Sea water anomaly: implications for ventilation in the North Pacific. *Deep-Sea Research*, 38(1): 171-190.
- Talley, D. & Nagata, Y. (Editors), 1995. *The Sea of Okhotsk and Oyashio Region*, 2. North Pacific Marine Science Organisation (PICES), Sidney, Canada.
- Tan, Z. and Chen, M., 1999. *Offshore Radiolaria in China*. Science Press Beijing, China, 1-404.
- Tibbs, J.F. & Tibbs, S.D., 1986. Further Studies on the Phaeodaria (Protozoa: Radiolaria) of the Antarctic Seas. *Antarctic Research Series*, 41(4): 167-202.
- Tiedemann, R. & Nürnberg, D. 2001. Abschlußbericht zum Komex-Teilprojekt 5: Stratigraphie, CO₂-Kreislauf, Paläo-Ozeanologie und Produktivität im Ochotskischen Meer. In: KOMEX, 2001. Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben 03G0535A: 1-15.
- Tsoi, I.B., Shastina, V.V. & Biryulina, M.G., 1998. Seasonal fluxes of Microplankton in the Meiji Guyot Area (Northwestern Pacific). *Russian Journal of Marine Biology*, 24(5): 306-312.
- Wailes, G.H., 1937. *Canadian Pacific Fauna*. Protozoa: 9-14.
- Wakabayashi, H., Hirano, K., Nishio, F., Aota, M. & Takahashi, S., 1995. A study of sea ice in the Sea of Okhotsk with SAR data. *Polar Record*, 31(178): 305-314.
- Weinheimer, A.L. & Cayan, D.R., 1997. Radiolarian assemblages from Santa Barbara Basin sediments: Recent interdecadal variability. *Paleoceanography*, 12(5): 658-670.
- Weinheimer, A.L., Kennett, J.P. & Cayan, D.R., 1999. Recent increase in surface-water stability during warming off California as recorded in marine sediments. *Geology*, 27(11): 1019-1022.
- Welling, A.L., 1996. Environmental control of radiolarian abundance in the central equatorial Pacific and implications for paleoceanographic reconstructions. unveröffentl. Dissertation, Oregon State University.

- Welling, L.A. & Pisias, N.G., 1993. Seasonal trends and preservation biases of polycystine radiolaria in the northern California Current System. *Paleoceanography*, 8(3): 351-372.
- Welling, L.A. & Pisias, N.G., 1998a. Radiolarian fluxes, stocks, and population residence times in surface waters of the central equatorial Pacific. *Deep-Sea Research I*, 45: 639-671.
- Welling, L.A. & Pisias, N.G., 1998b. How do radiolarian sediment assemblages represent surface ocean ecology in the central equatorial Pacific? *Paleoceanography*, 13(2): 131-149.
- Welling, L.A., Pisias, N.G., Johnson, E.S. & White, J.R., 1996. Distribution of polycystine radiolaria and their relation to the physical environment during the 1992 El Niño and following cold event. *Deep-Sea Research II*, 43(4-6): 1413-1434.
- Winkler, G., 2000. Tracer oceanographic aspects of the Sea of Okhotsk: new results from Tritium, Helium and Oxygen Isotope data. Abstracts of the third workshop on Russian-German Cooperation in the Okhotsk Sea-Kurile Island Arc System.
- Wong, C.S., Matear, R.J., Freeland, H.J., Whitney, F.A. & Bychkow, A.S., 1998. WOCE line P1W in the Sea of Okhotsk 2. CFCs and the formation rate of intermediate water. *Journal of Geophysical Research*, 103(C8): 15625-15642.
- Yakunin, L.P., 1974. Estimation of Okhotsk sea energy balance considering ice cover. *Proceedings of Far-Eastern Research Hydro-Meteorological Institute*, 45(36-45).
- Yang, J. & Honjo, S., 1996. Modelling the near-freezing dichothermal layer in the Sea of Okhotsk and its interannual variations. *Journal of Geophysical Research*, 101(C7): 16421-16433.
- Yasuoka, T., 1967. Hydrography in the Okhotsk Sea (1). *The Oceanographical Magazine*, 19: 61-72.
- Zas'ko, D.N. 2001. Quantitative distribution of radiolarians in the North Atlantic plankton. *Oceanology*, 41(1): 91-98.
- Zielinski, U., Gersonde, R., Sieger, R. & Fütterer, D., 1998. Quaternary surface water temperature estimations: Calibration of a diatom transfer function for the southern Ocean. *Paleoceanography*, 13 (4): 365-383.

Danksagung

Ich möchte Herrn Prof. Fütterer herzlich für die Unterstützung und Betreuung meiner Arbeit danken. Ein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Willems für die bereitwillige Erstellung des Zweitgutachtens. Ich danke Frau Dr. Abelmann für die Beantragung des Projektes und ihre fruchtbare Betreuung.

Vielen Dank an Nicole Biebow, Dirk Nürnberg, Ralf Tiedemann und an die Fahrtteilnehmer der gelungenen Akademik Lavrentyev 28 und Utyos 99 Expeditionen für die bereitwillige Unterstützung bei der Probennahme und die Zurverfügungstellung der unpublizierten CTD Daten.

Ein herzliches Dankeschön Ute Bock und Inge Klappstein für Eure Hilfe im Labor, Eure Unterstützung bei den Expeditionsvorbereitungen und – Dank auch an Euch Ruth und Tanja – für die immer nette Atmosphäre bei Euch im Mikropal Labor. Ebenso möchte ich Evi Nöthig für ihre Hilfe am Utermöhl-Mikroskop, der „Schlitzer-Gruppe“ für die Hilfe mit ODV danken.

Zum Ende dieser Arbeit hat mir Prof. Kjell Bjørklund durch seine stete Diskussionsbereitschaft und seine Begeisterung für die Radiolarien sehr geholfen. Ich bedanke mich ganz herzlich für die Gastfreundschaft während des Aufenthaltes in Oslo.

Vielen Dank an Euch Peppe Cortese, Claus-Dieter Hillenbrand, Martina Kunz-Pirrung, Michael Pirrung, Jens Mattheßen und Klaus Michels fürs Korrekturlesen der Manuskripte, fürs Diskutieren, Kritisieren und Bestärken. Den Freunden und Kollegen Sabine Becquey, Christina Bianchi, Klaus Michels, Helen Jacot des Combes, Claudia Leng, Laetitia Licari, Claudia Müller, Stefi Schumacher, Frank Schoster, Jutta Vernaleken und Uli Zielinski am AWI bin ich sehr dankbar für die fachlichen/nichtfachlichen Gespräche und die Unternehmungen während der letzten drei Jahre. Bernd, CD und Miri, was hätte ich in vielen Situationen ohne Euch gemacht? Martina, Michael und Jens – danke, Ihr habt so oft die Sonne nach Bremerhaven geholt! Isabel, Sani, Roland, Wolfgang und Adrian danke für Eure Freundschaft, egal wo es uns hinverschlägt!

Meinen Eltern vielen Dank für Ihre Unterstützung und besonders Dir, liebe Ulla, Danke für Deinen Beistand! Lieber Jens, Du hast mir unendlich viel geholfen!

Taxonomischer Anhang

Im folgenden sind alle Arten, die in der Wassersäule und in den Oberflächensedimenten des Ochotskischen Meeres gefunden wurden, aufgeführt. Die taxonomische Einordnung bis zu den Klassen wurde nach Cachon *et al.* (1990), die Zuordnung zu den Familien für die polycystinen Radiolarien wurde nach Boltovskoy (1998) und Boltovskoy (1999), die Zuordnung für die Phaeodarien wurde nach Borgert (1901) vorgenommen. Die mit einem Stern gekennzeichneten Arten sind in den Fototafeln abgebildet.

Königreich PROTOCISTA

Phylum ACTINOPODA

Klasse PHAEODARIA

Familie CHALLENGERIDA

Challengerosium sp. aff. *C. balfouri*

Challengerosium balfouri (Murray)

Takahashi 1981, S. 286, Tafel 48, Fig. 7-10;

**Protocystis tridens* (Haeckel) (Fototafel 4, Fig. 1 a, b)

Abelmann 1992b, S. 382, Tafel 1, Fig. 5, 6; Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 12, Fig. 1-3; Bjørklund 1974, S. 27, Fig. 9; Reshetnyak 1966, S. 172, Fig. 107; Haecker 1908, Tafel 49, Fig. 382-383; Borgert 1901, S. 29, Fig. 33;

Anmerkung: Die Individuen, die in dem Ochotskischen Meer gefunden wurden, stellen möglicherweise eine morphologische Variante von *Protocystis tridens* dar, da sie stärker verkieselt sind und der dreispitzige Fortsatz weniger deutlich ausgeprägt ist.

**Protocystis vicina* Reshetnyak (Fototafel 4, Fig. 5)

Reshetnyak 1966, S. 174, Fig. 112;

Challengeron vicina Reshetnyak

Bernstein 1985, S. 92, Fig. 1-3;

Familie MEDUSETTIDA

**Borgertella caudata* (Wallich) (Fototafel 4, Fig. 3)

Gowing 1993b, S. 531, Fig. 6c; Swanberg & Bjørklund 1987, S. 238, Fig. 4l;

**Euphysetta elegans* Borgert (Fototafel 4, Fig. 4)

Gowing 1993b, S. 531, Fig. 6f; Abelmann 1992b, S. 380, Tafel 2, Fig. 7; Reshetnyak 1966, S. 178, Fig. 117;

**Euphysetta* sp. aff. *C. neptuni* (Fototafel 4, Fig. 2)

Challengeron neptuni Borgert

Borgert 1901, S. 31, Fig. 35;

Anmerkung: Diese Art konnte nicht eindeutig dem Genus *Challengeron* oder *Euphysetta* zugeordnet werden. Das eiförmige Skelett weist regelmäßige Poren auf und die Art besitzt einen konischen aboralen Stachel, zwei seitliche kleinere seitliche Stacheln, sowie zwei orale gegliederte gleich lange Zähne. Die Art weist somit die meisten morphologischen Kennzeichen von *Challengeron neptuni* auf, unterscheidet sich aber von der Gattung *Challengeron* durch die Gliederung der oralen Zähne und das Fehlen der zwei Spitzen an dem kragenförmigen Fortsatz. Diese Kriterien rücken die Art in der Nähe der Gattung *Euphysetta*. Bis die taxonomische Einordnung der Art eindeutig geklärt ist, wird die Art in der vorliegenden Arbeit *Euphysetta* sp. aff. *C. neptuni* genannt.

Familie CADIIDA

Cadium melo (Cleve)

Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 12, Fig. 14; Stadum & Ling 1969, S. 484, Tafel 1, Figs. 6-8; Hülsemann 1963, S. 40;

Lirella melo (Cleve)

Bjørklund *et al.* 1998, S. 131, Tafel 2, Fig. 37, 38; Gowing 1993b, S. 531, Fig. 6A;

Klasse POLYCYSTINA

Ordnung SPUMELLARIDA

Familie COLLOSPHAERIDAE

Collosphaeridae spp.

Anmerkung: Es wurden nur selten einzelne Collosphaeridae Arten gefunden, die unter dem Familiennamen gruppiert wurden.

Familie ACTINOMMIDAE

***Actinomma* spp.**

Anmerkung: Viele Individuen dieser Art wurden während des Zählens *Actinomma lepteroderma* (Cortese & Bjørklund, 1998) und *Echinomma delicatulum* (Dogil) (Kruglikova, 1977) zugeordnet. Da allerdings bei den meisten Skeletten nur die zweite Schale entwickelt ist, wurden die *Actinommida* und *Echinomma* spp. unter dem Genus Namen gruppiert.

***Centroculus cladostylus* Haeckel**

Boltovskoy 1999, S. 181, Fig.16.58; Tan & Chen 1999, S. 186, Fig. 5.94; Boltovskoy 1998, Fig. 15.58; Nishimura & Yamauchi 1984, S. 24, Tafel 15, Fig. 1, 5;

***Cladococcus viminalis* Haeckel**

Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 1, Fig. 10-12;

****Rhizoplegma boreale* (Cleve) Jørgensen (Fototafel 5, Fig. 8, Fototafel 7, Fig. 10)**

Jørgensen 1905, Tafel 9, Fig. 83; Nishimura *et al.* 1997, S. 34, Tafel 1, Fig. 1-3; Bjørklund 1976, Tafel 3, Fig. 10-16, Tafel 4, Fig. 1-3; Bjørklund *et al.* 1998, Tafel 1, Fig. 7., 8; Itaki & Takahashi 1995, S. 45, Fig. 10b; Ling 1974, S. 9, Tafel 1, Fig.7

***Rhizoplegma* (?) *boreale* (Cleve)**

Petrushevskaya 1968, S.12, Fig. 8;

****Stylatractus* (?) *pyriformis* (Bailey) (Fototafel 7, Fig. 1, 2)**

Kruglikova 1977, Tafel 87, Fig. 4-9;

Stylatractus sp.

Petrushevskaya 1968, S. 27, Fig. 15, I-IV;

Anmerkung: Die taxonomische Bestimmung dieser Art erfolgte nach Kruglikova (1977), wobei die Gattungszuordnung noch ungeklärt ist.

Familie SPONGODISCIDAE

****Spongodiscidae* spp. (juvenile) (Fototafel 5, Fig. 3, 6)**

Anmerkung: Die meisten dieser juvenilen Individuen konnten nicht eindeutig der Art *Spongotrochus glacialis* oder *Stylochlamidium venustum* zugeordnet werden, weshalb sie unter dem Familiennamen zusammengefasst werden.

****Spongopyle osculosa* Dreyer (Fototafel 5, Fig. 5)**

Nigrini & Moore, 1979, S. 115; Riedel 1958, S. 226, Tafel 1, Fig. 12;

Spongodiscus resurgens Ehrenberg *osculosa* (Dreyer)

Petrushevskaya & Bjørklund 1974, S. 40, Fig. 6;

Spongopyle (?) *osculosus* (Dreyer)

Petrushevskaya 1968, S.39, Fig. 20, I, II;

****Spongotrochus glacialis* Popofsky (Fototafel 5, Fig. 1, 2)**

Bjørklund *et al.* 1998, S.129, Tafel 1, Fig.3; Boltovskoy & Riedel 1987, S. 138, Tafel 3, Fig. 15; Blueford 1983, Fig. 5c; Ling 1974, S. 9, Tafel 1, Fig. 11; Petrushevskaya 1968, S. 40, Fig. 21, I-VII, Fig. 22, I-VII, Fig. 26, II;

***Spongurus pylomaticus* Riedel**

Boltovskoy 1998, Fig. 15.72; Riedel 1958, S. 226, Tafel 1, Figs. 10, 11; Petrushevskaya 1968, S. 29, Fig. 16, I, II;

****Stylochlamidium venustum* (Bailey) (Fototafel 5, Fig. 4)**

Blueford 1983, Figs. 5a,b; Boltovskoy & Riedel 1980, S. 141, Tafel 4, Fig. 3; Ling 1974, S. 9, Tafel 1, Fig. 12.

***Stylodictya aculeata* Jørgensen**

Petrushevskaya 1968, S. 32, Fig. 17, I-III; Schröder 1909, S. 46, Fig. 28 a, b;

***Stylodictya validispina* Jørgensen**

Petrushevskaya 1968, S. 30, Fig. 17, IV-V; Schröder 1909, S. 45, Fig. 27 a, b;

Familie LITHELIIDAE

Lithelidae (juvenile)

Anmerkung: Unter dem Familiennamen sind die juvenilen Lithelidae zusammengefasst, die weiter keiner Gattung oder Art zugeordnet werden konnten. Es ist allerdings wahrscheinlich, daß sie der Art *Pylosira* sp. aff. *Pylosira octopyle* oder *Tholospria* sp.1 zuzuordnen sind, da kaum andere Lithelidae gefunden wurden.

***Lithelius spiralis* Haeckel**

Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 5, Fig. 1;

****Pylosira* sp. aff. *Pylosira octopyle* (Fototafel 5, Fig. 7)**

Tholospria sp.

Kruglikova 1977, Tafel 89, Fig. 5; Kruglikova 1975, S. 85, Fig. 3, 10;

***Tholospria* sp. 1**

Tholospria (?) sp.

Petrushevskaya 1968, S.54, Fig.31;

Anmerkung: *Tholospria* sp.1 ist größer und hat eine länglichere Form als *Pylosira* sp. aff. *P. octopyle*. Es ist jedoch möglich, daß es sich um unterschiedliche Ausprägungen der selben Art handelt.

Familie PYLONIIDAE

***Diphylissa bensoni* Dumitrica**

Boltovskoy 1998, Fig. 15.83;

Ordnung NASSELLARIDA

Familie SPYRIDAE (=Trissocyclidae, Acanthodesmiidae)

****Ceratospyris borealis* Bailey (Fototafel 1, Fig. 9, 10, Fototafel 6, Fig. 6)**

Bailey 1856, S. 3, Tafel 1, Fig. 3; Nigrini & Moore 1979, N9, Tafel 19, Fig. 1 (mit Synonymen);

Tholospyris borealis (Bailey)

Kruglikova 1975, S. 84, Tafel 2, Fig. 3-5; Kruglikova 1977, Tafel 95, Fig. 3-7;

Tholospyris spp. group

Boltovskoy, 1999, S. 202, Fig. 16.103;

Triceraspyris ? sp.

Ling 1974, S. 9, Tafel 1, Figs. 13, 14;

Anmerkung: Wie in Nigrini und Moore (1979) dargestellt, ist die taxonomische Einordnung dieser Art noch nicht geklärt. Solange keine eindeutige taxonomische Definition für die Art vorliegt, wird die Benennung als *Ceratospyris borealis* bevorzugt.

****Lophospyris* sp. 1 (Fototafel 3, Fig. 6)**

Lophospyris pentagona quadriformis (Haeckel) emend. Goll,

Goll 1976, Tafel 13, Fig. 1-13, Tafel 14, Fig. 1-3, 7, 10, 13;

Anmerkung: *Lophospyris* sp. 1 zeigt morphologische Ähnlichkeiten zu *Lophospyris pentagona quadriformis* (Haeckel) emend. Goll. Aufgrund des juvenilen Status der meisten Individuen in den Plankton- und Oberflächenproben ist unklar, ob es sich tatsächlich um *Lophospyris pentagona quadriformis* handelt.

****Tholospyris gephyristes* Hülsemann (Fototafel 6, Fig. 1, 2)**

Bjørklund *et al.* 1998, S. 131, Tafel 2, Figs. 20, 21; Hülsemann 1963, S. 24, Fig. 14, 15;

Familie PLAGONIIDAE

****Antarctissa* (?) sp. 1 (Fototafel 1, Fig. 1-3)**

Anmerkung: Diese Art stellt möglicherweise eine neue Art des Genus *Antarctissa* dar, von der bisher noch nicht aus dem Plankton und aus Oberflächensedimenten nördlicher hoher Breiten berichtet wurde. Tan und Chen (1999) S. 319, Fig. 5.251 berichten von einer Art *Acanthocorys castanoides* mit ähnlicher interner Anordnung der L Stachel und des D Stachels, allerdings ist fraglich, ob es sich um die gleiche Art handelt. Die Individuen im Ochotskischen Meer zeigen den gleichen inneren Skelettaufbau wie *Antarctissa cylindrica* Petrushevskaya mit einem inneren Ring im Thorax, der durch mindestens sieben radiale Balken mit dem Thorax verbunden ist. Bis der taxonomische Status der Art eindeutig geklärt ist, wird sie in der vorliegenden Arbeit als *Antarctissa* (?) sp. 1 bezeichnet.

****Antarctissa* (?) sp. 2 (Fototafel 1, Fig. 4, Fototafel 6, Fig. 1, 2)**

Anmerkung: Für diese Art gilt ähnliches wie für *Antarctissa* (?) sp. 1. Auch *Antarctissa* sp. 2 wird vorläufig aufgrund der inneren Struktur der Gattung *Antarctissa* zugeordnet, bis der taxonomische Status der Art eindeutig geklärt ist. *Antarctissa* (?) sp. 2 ist kleiner als *Antarctissa* sp. 1 und unterscheidet sich von der vorherigen Art durch die stärkere Verkieselung des Skeletts sowie durch die unterschiedliche Ausprägung des Cephalis.

***Callimitra solocicibrata* Takahashi**

Takahashi 1991, S. 100, Tafel 27, Fig. 10, 11;

****Ceratocyrtis galea* (Cleve) (Fototafel 4, Fig. 6, 7)**

Nishimura & Yamauchi 1984, S. 44, Tafel 32, Fig. 8, 10-11;

Sethoconus galea Cleve

Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 11, Fig. 1-3; Schröder 1911, S. 115, Fig. 79;

***Dumetum rectum* Popofsky**

Petrushevskaya 1981, S. 72, Fig. 37;

***Euscenium* (?) *corynephorum* Jørgensen**

Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 7, Fig. 1-4; Schröder 1911, S. 92, Fig. 39;

*** *Lithomelissa setosa* Jørgensen (Fototafel 3, Fig. 1-3)**

Bjørklund *et al.*, 1998, S. 131, Tafel 2, Fig. 12-14; Swanberg & Bjørklund, 1987, S. 235, Fig. 4c;

Bjørklund, 1974, S. 25, Fig. 8; Schröder, 1911, S. 102, Fig. 54-57;

Anmerkung: Die Individuen im Ochotskischen Meer stellen möglicherweise eine morphologische Variante von *L. setosa* dar, konnten aber aufgrund ihrer inneren Struktur der Art eindeutig zugeordnet werden.

***Lithomelissa/ Trisulcus* sp. 1 (juvenile)**

Anmerkung: Besonders in den Wassersäulenproben wurden Individuen entdeckt, die entweder aufgrund ihres unreifen Status oder durch eine ungünstige Lage nicht eindeutig der Gattung *Lithomelissa* oder *Trisulcus* zugeordnet werden konnten.

***Lophophaena* spp.**

Anmerkung: Die meisten dieser Individuen sind morphologisch *Lophophaena bütschlii* (Haeckel) (Petrushevskaya, 1971) ähnlich, da aber nur selten juvenile Individuen gefunden wurden, wurde von einer Artzuordnung abgesehen.

***Peridium longispinum* Jørgensen**

Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 7, 9-15; Schröder 1911, S. 98, Fig. 46-49;

****Peridium* sp. 1 (Fototafel 3, Fig. 9)**

Peridium sp.

Benson 1966, S. 362-363, Tafel 24, Fig. 4-5;

Arachnocorys dubius (?) Dogil

Kruglikova 1977, Tafel 96, Fig. 11;

****Phormacantha hystrix* Jørgensen (Fototafel 3, Fig. 11, 12)**

Petrushevskaya 1971, S. 129, Fig. 68, I-V;

* **PLAGONIIDAE Haeckel (Fototafel 3, Fig. 7, 8, Fototafel 7, Fig. 4-6)**

Bjørklund *et al.* 1998, S. 130, Tafel 2, Figs. 28-29; Nishimura *et al.* 1997, S. 34, Tafel 1, Figs. 6, 7; Bjørklund 1976, S. 1124; Tafel 6, Figs. 8-10; Schröder 1911, S. 82, Fig. 23-25; Jørgensen 1905, S. 131, Tafel 13, Fig. 50-57;

Anmerkung: Die Plagoniidae umfassen viele Individuen, die aller Wahrscheinlichkeit nach der Gattung *Plectacantha* zuzuordnen sind und die morphologische Ähnlichkeiten zu *Plectacantha oikiskos* Jørgensen zeigen. Allerdings konnte aufgrund die hohen morphologischen Variabilität dieser Gruppe kein signifikantes Kriterium gefunden werden, um alle Individuen eindeutig von *Plagiacantha* oder *Phormacantha* zu unterscheiden, weshalb sie unter dem Familiennamen zusammengefasst werden.

***Pseudocubus obeliscus* Haeckel**

Petrushevskaya 1971, S. 150, Fig. 76;

***Sethophormis rotula* (Haeckel)**

Boltovskoy 1998, Fig. 15.124;

***Enneaphormis rotula* Haeckel**

Petrushevskaya 1981, S.128, Fig. 154;

***Tetraphormis rotula* Haeckel**

Kruglikova 1977, Tafel 90, Fig. 6;

***Tetraphormis enneastrum* (Haeckel)**

Hülsemann 1963, S. 30, Fig. 30, 31;

***Tetraplecta pinigera* Haeckel**

Boltovskoy 1998, Fig. 15.119;

***Trisulcus borealis* (Ehrenberg)**

Petrushevskaya 1971, S. 145, Fig.7 4;

***Trisulcus* spp.**

Petrushevskaya 1981, S. 121;

Familie THEOPERIDAE

****Artobotrys borealis* (Cleve) (Fototafel 1, Fig. 5)**

Bjørklund *et al.* 1998, S. 131, Tafel 2, Fig. 11; Molina-Cruz & Bernal-Ramirez 1996, S. 322, Fig. 7 (10); Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 11, Fig. 24-27; Petrushevskaya 1971, S. 238, Fig. 82, 5-12;

****Artostrobos annulatus* (Bailey) (Fototafel 1, Fig. 7)**

Bjørklund *et al.* 1998, S. 131, Tafel 2, Figs. 9, 10; Itaki & Takahashi 1995, S. 45, Figs. 10 d, e; Abelman 1992b, S. 382, Tafel 5 Fig. 16; Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 11, Fig. 14; Kruglikova 1975, S. 85, Fig. 3, 7; Petrushevskaya 1968, S. 98, Fig. 56;

****Artostrobos jørgenseni* Petrushevskaya (Fototafel 1, Fig. 6)**

Molina-Cruz & Bernal-Ramirez 1996, S. 322, Fig. 7 (13); Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 11, Fig. 12, 13; Petrushevskaya 1971, S. 176, Fig. 92, 8, 9; Petrushevskaya 1968, S. 99, Fig. 57;

***Cornutella bimarginata* Haeckel**

Nishimura & Yamauchi 1984, S. 55, Tafel 25, Fig. 1-2; Kruglikova 1977, Tafel 90, Fig. 9, 10; Petrushevskaya 1968, S. 104, Fig. 59;

****Cornutella profunda* Ehrenberg (Fototafel 2, Fig. 1)**

Itaki & Takahashi 1995, S. 45, Fig. 10c; Gowing 1993b, S. 531, Fig. 6j; Abelman 1992b, S. 380, Tafel 5, Fig. 17; Boltovskoy & Riedel 1987, S. 93, Tafel 4, Fig. 19; Nishimura & Yamauchi 1984, S. 55, Tafel 25, Fig. 3-7; Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 11, Fig. 15;

***Cycladophora davisiana* Ehrenberg var. *cornutoides* Petrushevskaya**

Petrushevskaya 1968, S. 123, Fig. 70, I-III;

****Cycladophora davisiana* Ehrenberg (Fototafel 2, Fig. 2-4, Fototafel 6, Fig. 4, 7-9)**

Petrushevskaya 1968, Tafel 69, Fig. 1-6; Bjørklund *et al.* 1998, S. 130, Tafel 2, Fig. 1, 6; Itaki & Takahashi 1995, S. 45 Fig. 10f; Ling 1974, S. 8, Tafel 1, Fig. 1; Kruglikova 1975,

Fig. 3, 4); Molina-Cruz & Bernal-Ramirez 1996, S. 322, Fig. 7 (11); Morley & Stepien 1985, S. 370, Tafel 2, Fig. 3; Ehrenberg 1861, S. 297

Cycladophora cf. davisiana

Kruglikova 1975, Fig. 2, 8-9; Kruglikova 1977, Tafel 96, Fig. 19-23;

Theocalyptra davisiana

Petrushevskaya 1971, S. 177, Fig. 93, 6-8;

Nigrini & Moore 1979, N57, Tafel 24, Fig. 2;

Boltovskoy & Riedel 1987, S. 95, Tafel 5, Fig. 18;

Stichopilium davisianum (Ehrenberg)

Schröder 1911, S. 133, Fig. 105-106;

Cyrtopera laguncula Haeckel

Abelmann 1992b, S. 380 Tafel 5 Fig. 18;

Dictyophimus bicornis (Ehrenberg)

Petrushevskaya 1968, S. 69, Fig. 41;

****Dictyophimus gracilipes* Bailey (Fototafel 2, Fig. 5, Fototafel 6, Fig. 10)**

Bailey 1856, S. 4, Tafel 1, Fig. 8; Petrushevskaya 1968, S. 67, Fig. 38, 39; Boltovskoy & Riedel 1987, S. 93, Tafel 4, Fig. 25; Boltovskoy & Riedel 1980, S. 124, Tafel 5, Fig. 20;

Pseudodictyophimus gracilipes

Bjørklund *et al.* 1998, S. 131, Tafel 2, Fig. 7,8; Abelmann 1992b, S.380 Tafel 4, Fig. 1, 2;

Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 9, Fig. 1-5, Tafel 11, Fig. 6, 7;

Pseudodictyophimus gracilipes tetracanthus

Petrushevskaya 1971, S. 49, Fig. 49;

****Dictyophimus hirundo* (Haeckel) (Fototafel 2, Fig. 6 a, b)**

Boltovskoy & Riedel 1980, S. 124, Tafel 5; Fig. 8;

Dictyophimus hirundo group

Nigrini & Moore 1979, (mit Synonymen) N35, Tafel 22, Fig. 2, 3, 4;

Pterocorys hirundo (Haeckel)

Abelmann 1992b, S. 380, Tafel 4, Fig. 12; Kruglikova 1975, Tafel 3, Fig. 9; (1977) Tafel 96, Figs. 14-15; Petrushevskaya 1971, S. 195, Fig. 111, 4, 5; Petrushevskaya 1968, Tafel 67, Figs. 1-5; Riedel 1958, S. 238, Tafel 3, Fig. 11, Tafel 4, Fig. 1;

***Dictyophimus infabricatus* Nigrini**

Nigrini & Moore 1979, N37, Tafel 22, Fig. 5;

***Dictyophimus platycephalus* (Haeckel)**

Petrushevskaya 1968, S. 71, Fig. 42;

***Dictyophimus* spp. (juvenile)**

Anmerkung: Die juvenilen Cephali, die in dieser Artengruppe zusammen gefasst werden zeigen morphologische Ähnlichkeiten zu *Dictyophimus multispina* Bernstein (Bernstein, 1934). Aufgrund ihres juvenilen Entwicklungsstadiums ist es nicht möglich sie eindeutig der Art eindeutig zuzuordnen.

***Eucyrtidium acuminatum* Ehrenberg**

Petrushevskaya 1971, S. 215, S. 178, Fig. 94;

***Litharachnium tenthorium* Haeckel**

Boltovskoy und Riedel 1987, S. 95, Tafel 5, Fig. 8; Boltovskoy und Riedel 1980, Tafel 5, Fig. 14; Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 9, Fig. 6; Petrushevskaya 1971, S. 227, S. 192, Fig. 108, S. 193, Fig. 109, 1-4; Schröder 1911, S. 118, Fig. 82;

****Sethoconus tabulatus* (Ehrenberg) (Fototafel 3, Fig. 10, Fototafel 7, Fig. 7)**

Ling 1974, S.9, Tafel 1, Fig. 10; Petrushevskaya 1971, S. 176, Fig. 92, X, XI; Petrushevskaya 1968, S. 94, Fig. 54;

Familie ARTOSTROBIIDAE

****Phormostichoartus platycephala* (Fototafel 7, Fig. 9)**

Caulet 1985, S. 853, Tafel 3, Fig. 5, 6;

Lithomitra platycephala (Ehrenberg)

Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 11, Fig. 16;

Lithocampe (?) *platycephala* (Ehrenberg)

Petrushevskaya 1968, S. 134, Fig. 73, VII-IX; Fig. 77; Fig. 78, I-V;

Lithamphora platycephala (Ehrenberg)

Kruglikova 1975, S. 84, Fig. 2, 17, 18;

Botryocyrtis platycephala (Petrushevskaya)

Molina-Cruz & Bernal-Ramirez 1996, S. 322, Fig. 7 (16);

***Phormostichoartus* spp.**

Lithostrobos spp.

Petrushevskaya 1981, S. 171;

Anmerkung: Vereinzelte Individuen, die nicht zu *Lithomitra platycephala* zuzuordnen sind wurden als *Lithostrobos* spp. zusammengefasst.

****Siphocampe arachnea* (Ehrenberg) Gruppe (Fototafel 3, Fig. 5, Fototafel 7, Fig. 3)**

Abelmann 1992b, S.382, Tafel 5, Fig. 15; Nigrini, 1977, S. 255, Tafel 3, Fig. 7, 8 (mit Synonymen);

Lithomitra arachnea (Ehrenberg)

Ling 1974, S. 9, Tafel 1, Fig. 6;

Lithomitra arachnea (?) (Ehrenberg)

Petrushevskaya 1968, S.145, Fig. 83, IV, V;

****Siphocampe lineata* (Ehrenberg) Gruppe (Fototafel 3, Fig. 4, Fototafel 7, Fig. 8)**

Nigrini 1977, S. 256, Tafel 3, Fig. 9, 10 (mit Synonymen);

Lithomitra lineata (Ehrenberg)

Bjørklund *et al.* 1998, S. 131, Tafel 2, Fig. 22; Molina-Cruz & Bernal-Ramirez 1996, S. 322, Fig. 7 (9); Bjørklund 1976, S. 1124, Tafel 11, Fig. 16; Petrushevskaya & Bjørklund 1974, S. 37, Fig. 3; Schröder 1911, S. 137, Fig. 113;

Familie CANNOBOTRYIDAE

***Botryocyrtis scutum* (Harting)**

Kruglikova 1977, Tafel 107, Fig. 9, 10;

****Botryocampe inflata* (Bailey) (Fototafel 6, Fig. 3, 5)**

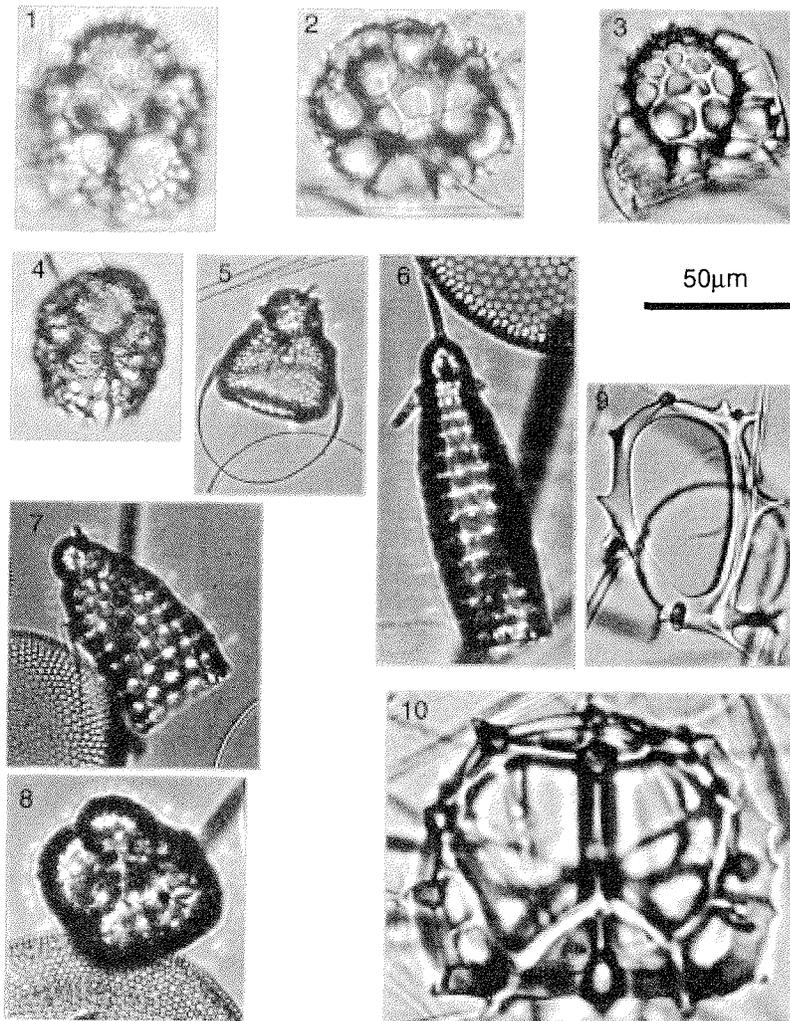
Kruglikova 1975, S. 84, Fig. 2, 12 - 15;

Botryocampe inflata Kruglikova

Kruglikova 1975, S. 84, Fig. 2, 16;

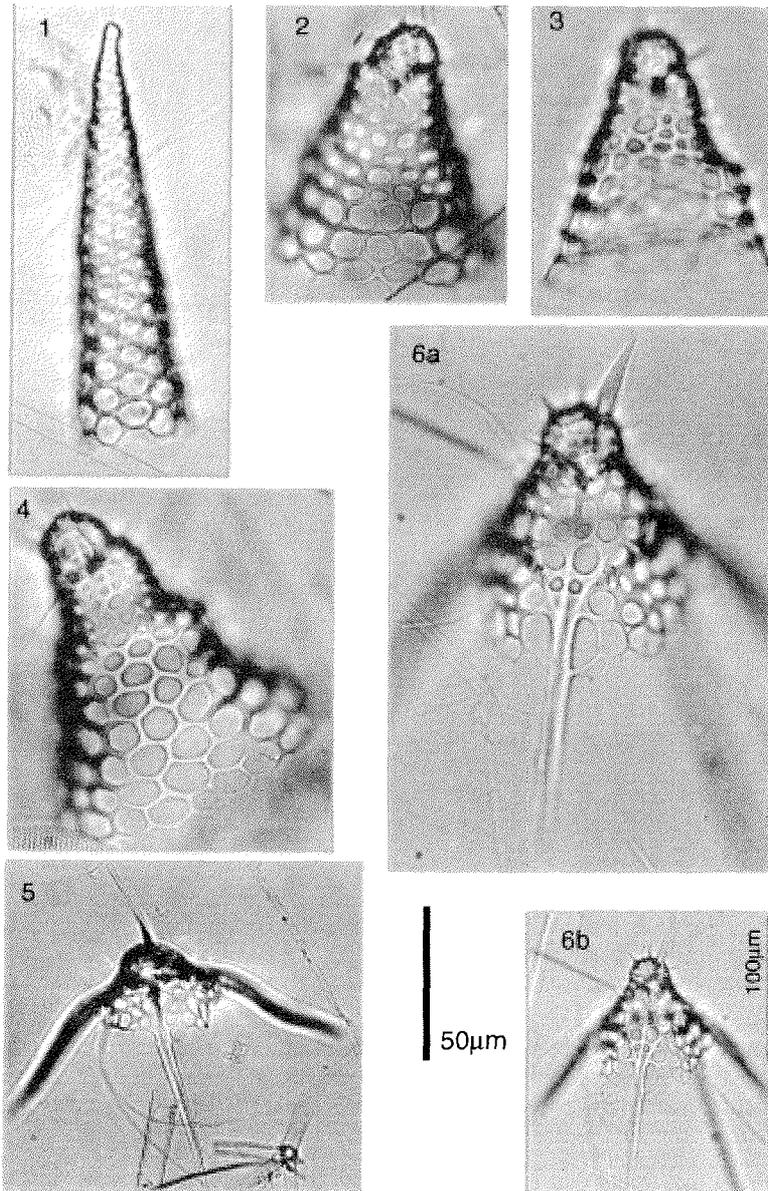
****Botryocampe robusta* (Kruglikova) (Fototafel 1, Fig. 8)**

Kruglikova 1975, S. 83, Fig. 2, 16;



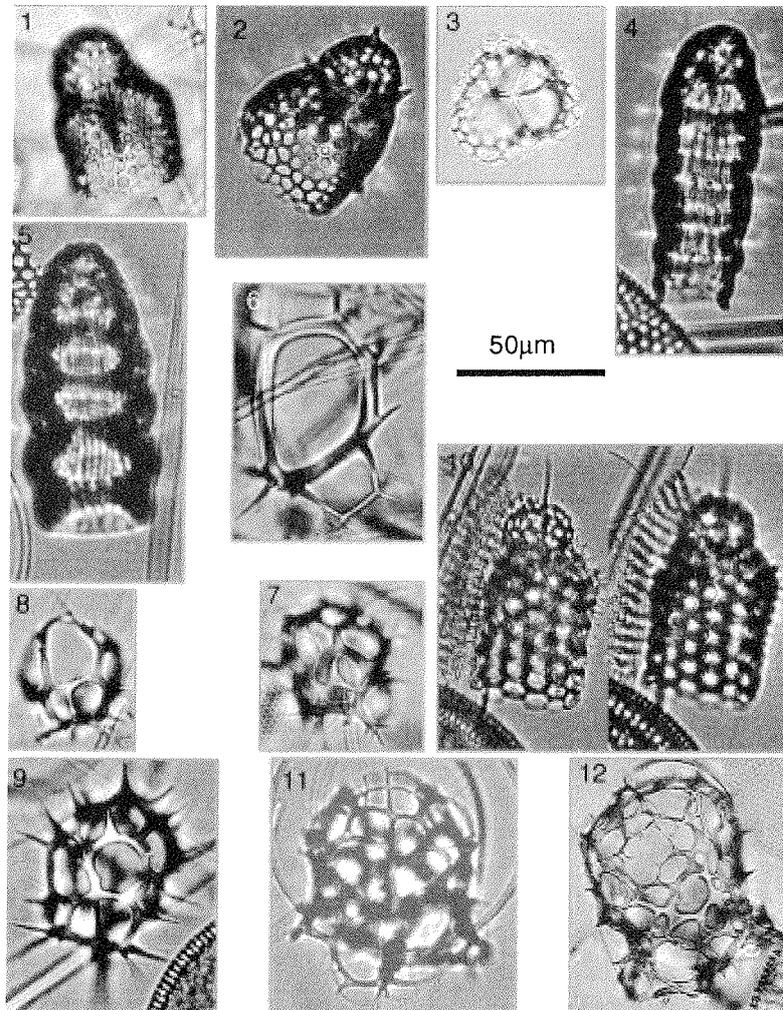
Fototafel 1

- Fig.1 *Antarctissa* (?) sp. 1; Plankton; LV28-40, 130-200 m; LM.
 Fig.2 *Antarctissa* (?) sp. 1; Plankton; LV28-3, 50-130 m; LM.
 Fig.3 *Antarctissa* (?) sp. 1; Plankton; LV28-3, 50-130 m; LM.
 Fig.4 *Antarctissa* (?) sp. 2; Oberflächensediment; LV28-40; LM.
 Fig.5 *Artobotrys borealis*; Oberflächensediment; LV28-40; LM.
 Fig.6 *Artostrobos annulatus*; Oberflächensediment; GE99-6; LM.
 Fig.7 *Artostrobos jørgensenii*; Oberflächensediment; GE99-6; LM.
 Fig.8 *Botryocampe robusta*; Oberflächensediment; LV28-43; LM.
 Fig.9 *Certatospyris borealis*; Plankton; LV28-40, 130-200 m; LM.
 Fig.10 *Ceratospyris borealis*; Plankton; LV28-3, 50-130 m; LM.



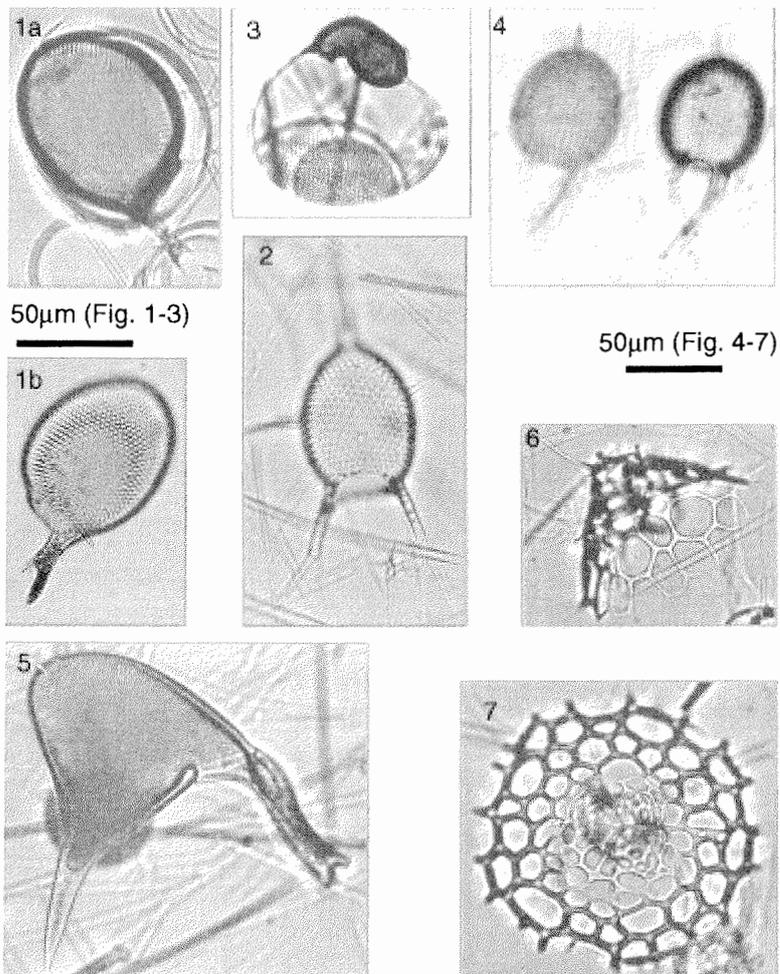
Fototafel 2

- Fig. 1 *Cornutella profunda*; Oberflächensediment; LV28-64; LM.
 Fig. 2 *Cycladophora davisiana*; Plankton; LV28-40, 200-500m; LM.
 Fig. 3 *Cycladophora davisiana*; Plankton; LV28-7, 200-300m; LM.
 Fig. 4 *Cycladophora davisiana*; Plankton; LV28-40, 200-500m; LM.
 Fig. 5 *Dictyophimus gracilipes*; Plankton; UT99-24- 500-1000m; LM.
 Fig. 6 a,b *Dictyophimus hirundo*; b. anderer Maßstab; LV28-64,500-1000 m; LM.



Fototafel 3

- Fig. 1 *Lithomelissa setosa*; Oberflächensediment; LV28-64; LM.
 Fig. 2 *Lithomelissa setosa*; Oberflächensediment; GE99-2; LM.
 Fig. 3 *Lithomelissa setosa*; Oberflächensediment; LV28-64; LM.
 Fig. 4 *Siphocampe lineata*; Oberflächensediment; LV28-43; LM.
 Fig. 5 *Siphocampe arachnea*; Oberflächensediment; LV27-8; LM.
 Fig. 6 *Lophospyris* sp.1; Plankton; LV28-66, 500-1000 m; LM.
 Fig. 7 Plagoniidae; Plankton; LV28-40, 200-300 m; LM.
 Fig. 8 Plagoniidae; Plankton; LV28-7, 200-300 m; LM.
 Fig. 9 *Peridium* sp.1; Plankton; LV28-55, 500-1000 m; LM.
 Fig. 10 *Sethoconus tabulatus*; Oberflächensediment; LV28-4; LM.
 Fig. 11 *Phormacantha hystrix*; Oberflächensediment; LV28-43; 200-500 m; LM.
 Fig. 12 *Phormacantha hystrix*; Oberflächensediment; LV28-40; 200-500 m; LM.



Fototafel 4

Fig. 1a *Protocystis tridens*; Plankton; UT99-19; 150-200 m; LM.

Fig. 1b *Protocystis tridens*; LV28-7; 300-500 m; LM.

Fig. 2 *Euphysetta* sp. aff. *Challengeron neptuni*; LV28-55; 200-500 m; LM.

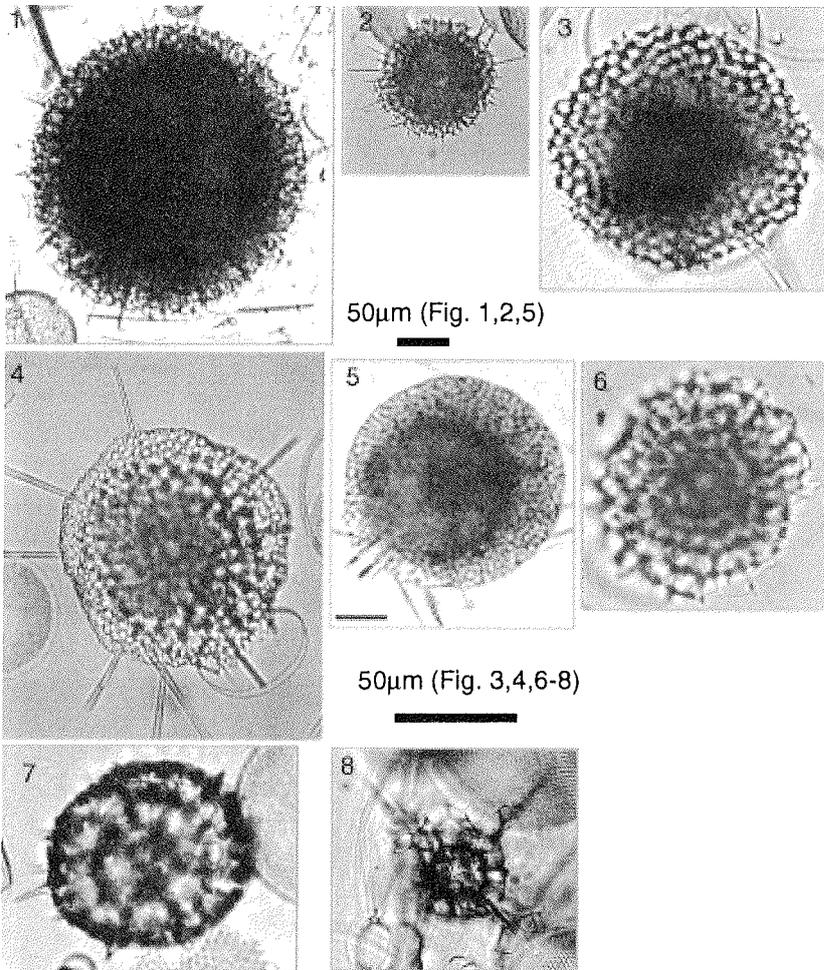
Fig. 3 *Borgertella caudata*; Plankton; LV28-3; 500-1000 m; LM.

Fig. 4 *Euphysetta elegans*; Plankton; LV28-40; 200-500m; LM.

Fig. 5 *Protocystis vicina*; LV28-55; 500-1000m; LM.

Fig. 6 *Ceratocyrtis galea*; Plankton; 200-300m; LM.

Fig. 7 *Ceratocyrtis galea*; Plankton; 200-300m; LM.



Fototafel 5

Fig. 1 *Spongotrochus glacialis*; Oberflächensediment; LV27-8; LM.

Fig. 2 *Spongotrochus glacialis*; Oberflächensediment; LV27-7; LM.

Fig. 3 Spongodiscidae (juvenile); Plankton; UT99-20; 0-50m; LM.

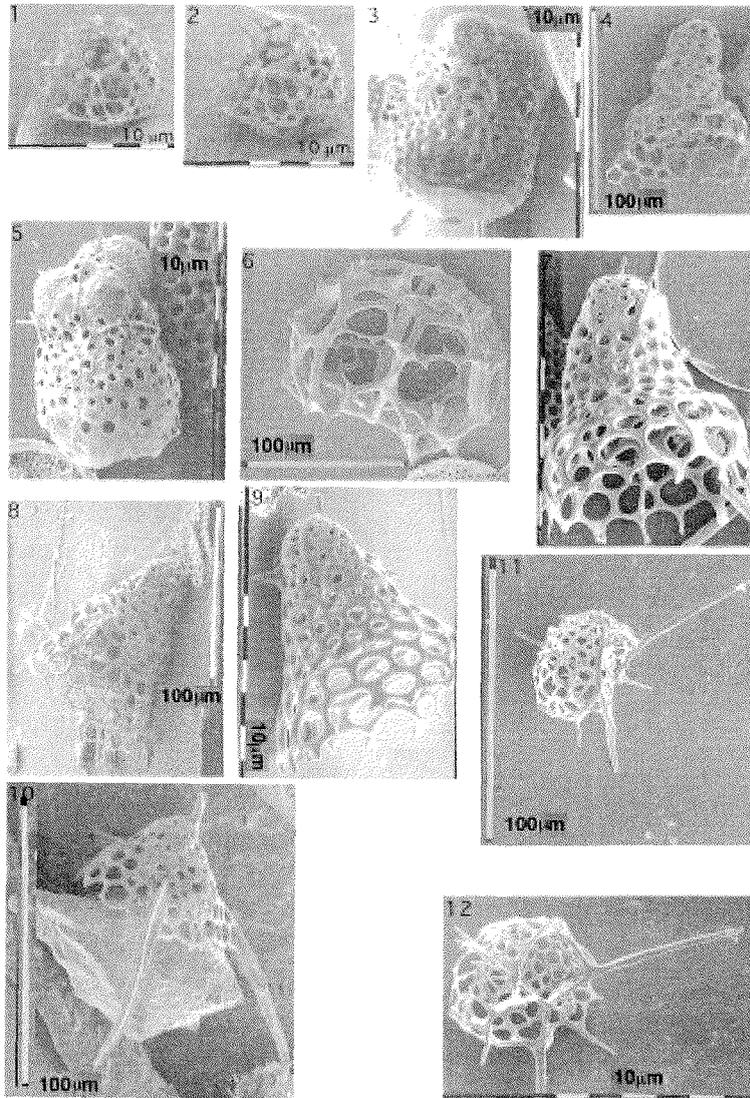
Fig. 4 *Stylochlamydidium venustum*; Oberflächensediment; LV27-7; LM.

Fig. 5 *Spongopyle osculosa*; Oberflächensediment; LV27-3; LM.

Fig. 6 Spongodiscidae (juvenile); LV28-3; 50-150 m; LM.

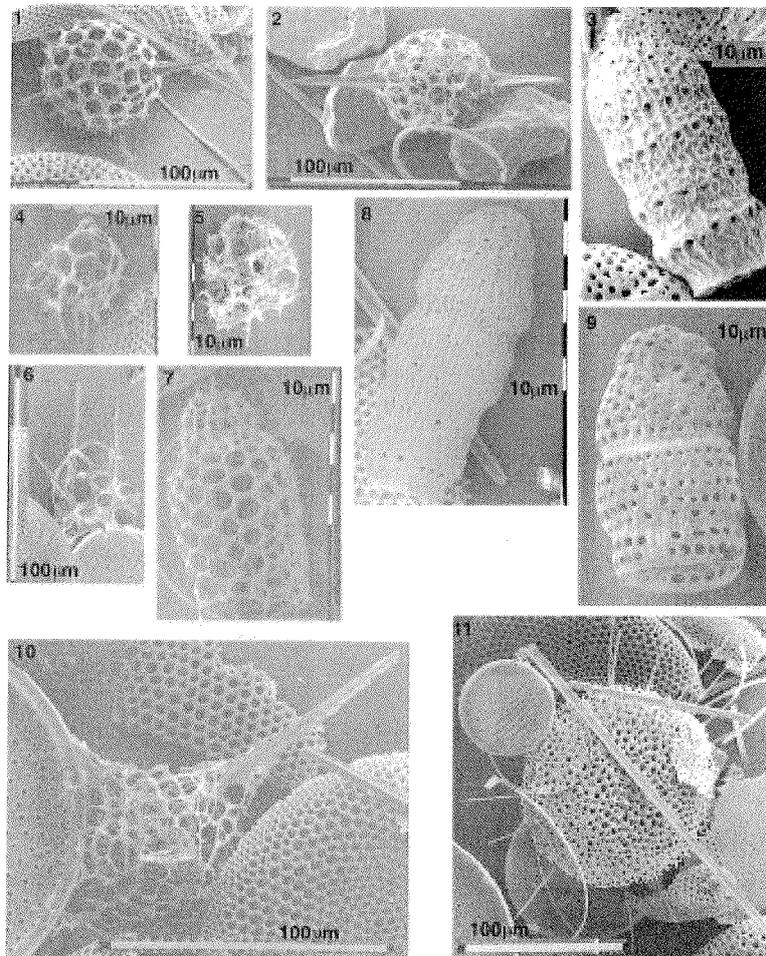
Fig. 7 *Pylosira* sp. aff. *Pylosira octopyle*; Oberflächensediment; LV28-43; LM.

Fig. 8 *Rhizoplegma boreale* (juvenile); Plankton; LV28-43; 300-500 m; LM.



Fototafel 6

- Fig. 1 *Antarctissa*(?) sp. 2; Oberflächensediment; LV28-42; REM.
 Fig. 2 *Antarctissa*(?) sp. 2; Oberflächensediment; LV28-42; REM.
 Fig. 3 *Botryocampe inflata*; Oberflächensediment; LV28-42; REM.
 Fig. 4 *Cycladophora davisiana*; Oberflächensediment; LV28-34; REM.
 Fig. 5 *Botryocampe inflata*; Oberflächensediment; LV28-34; REM.
 Fig. 6 *Ceratospyrus borealis*; Oberflächensediment; LV28-61; REM.
 Fig. 7 *Cycladophora davisiana*; Oberflächensediment; LV28-34; REM.
 Fig. 8 *Cycladophora davisiana*; Oberflächensediment; LV28-34; REM.
 Fig. 9 *Cycladophora davisiana*; Oberflächensediment; LV28-34; REM.
 Fig. 10 *Dictyophimus gracilipes*; Oberflächensediment; LV28-34; REM.
 Fig. 11 *Tholospyris gephyristes*; Oberflächensediment; LV28-34; REM.
 Fig. 12 *Tholospyris gephyristes*; Oberflächensediment; LV28-34; REM.



Fototafel 7

- Fig. 1 *Stylatractus pyriformis*; Oberflächensediment; LV28-42; REM.
 Fig. 2 *Stylatractus pyriformis*; Oberflächensediment; LV28-61; REM.
 Fig. 3 *Siphocampe arachnea*; Oberflächensediment; LV28-61; REM.
 Fig. 4 Plagoniidae; Oberflächensediment; LV28-42; REM.
 Fig. 5 Plagoniidae; Oberflächensediment; LV28-61; REM.
 Fig. 6 Plagoniidae; Oberflächensediment; LV28-61; REM.
 Fig. 7 *Sethoconus tabulatus*; Oberflächensediment; LV28-42; REM.
 Fig. 8 *Siphocampe lineata*; Oberflächensediment; LV28-61; REM.
 Fig. 9 *Phormostichoartus platycephala*; Oberflächensediment; LV28-61; REM.
 Fig. 10 *Rhizoplegma boreale*; Oberflächensediment; LV28-42; REM.
 Fig. 11 *Spongotrochus glacialis*; Oberflächensediment; LV28-42; REM.

Abbildungsanhang

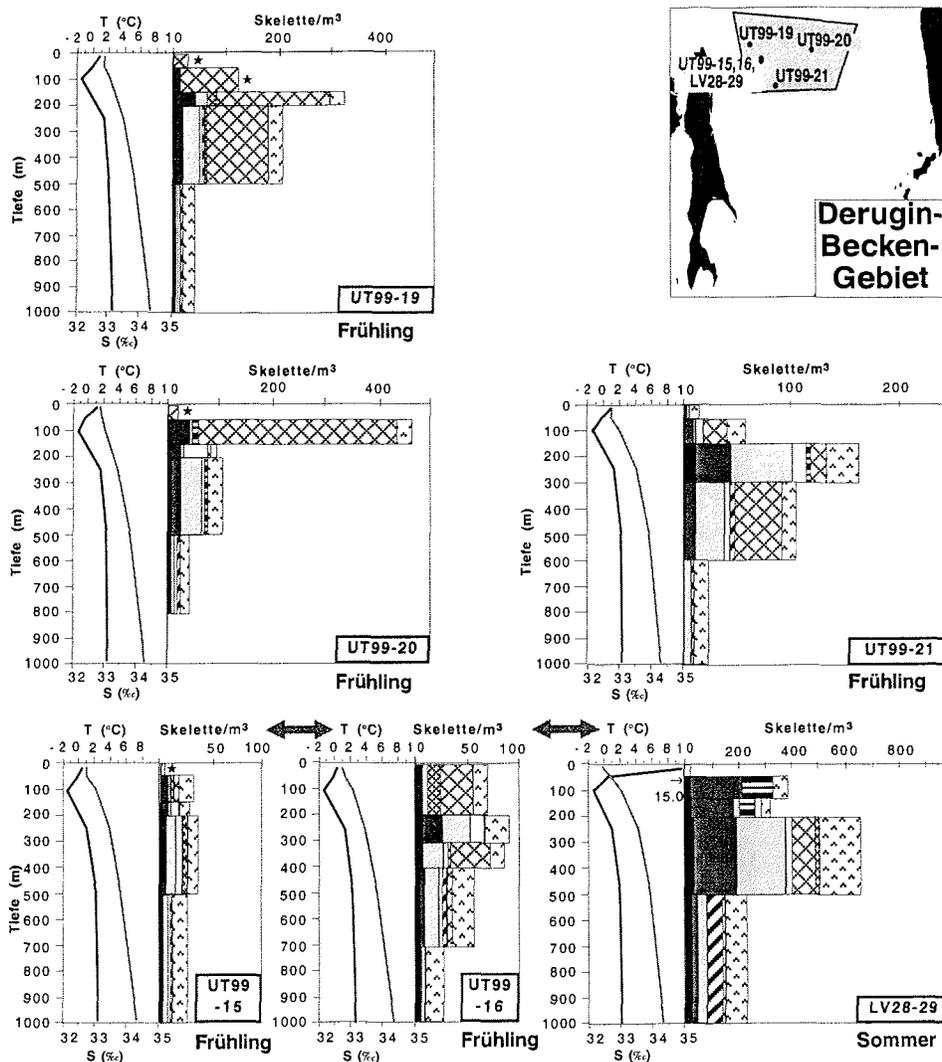


Abb. I: Radiolarienpopulationsdichte (RPD_{Taxon}) an den Stationen des Derugin-Becken-Gebiets. Die Werte ($\text{Skelette}/\text{m}^3$) sind durch jeweils eine Histogrammsäule für jedes beprobte Tiefenintervall dargestellt. Das an jeder Station gemessene Temperatur- (schwarz) und Salzgehaltsprofil (grau) (Biebow, 1999, Salyuk und Sosnin, unpublizierte Daten) ist neben den Histogrammen dargestellt. Wenn die Oberflächenwassertemperatur in 10 m Wassertiefe 10°C übersteigt, ist die Temperatur in 10 m Wassertiefe neben dem Temperaturprofil angegeben. Für die Frühjahrs- und Sommerproben wurden verschiedene Skalen verwendet, damit die Werte der einzelnen Arten deutlicher dargestellt werden. Proben, in denen weniger als 300 Individuen gezählt werden konnten, sind durch einen Stern markiert. Graue Pfeile zwischen den Frühjahrs- und Sommerstationen zeigen die gleiche geographische Lokation dieser Stationen an.

Abbildungsanhang

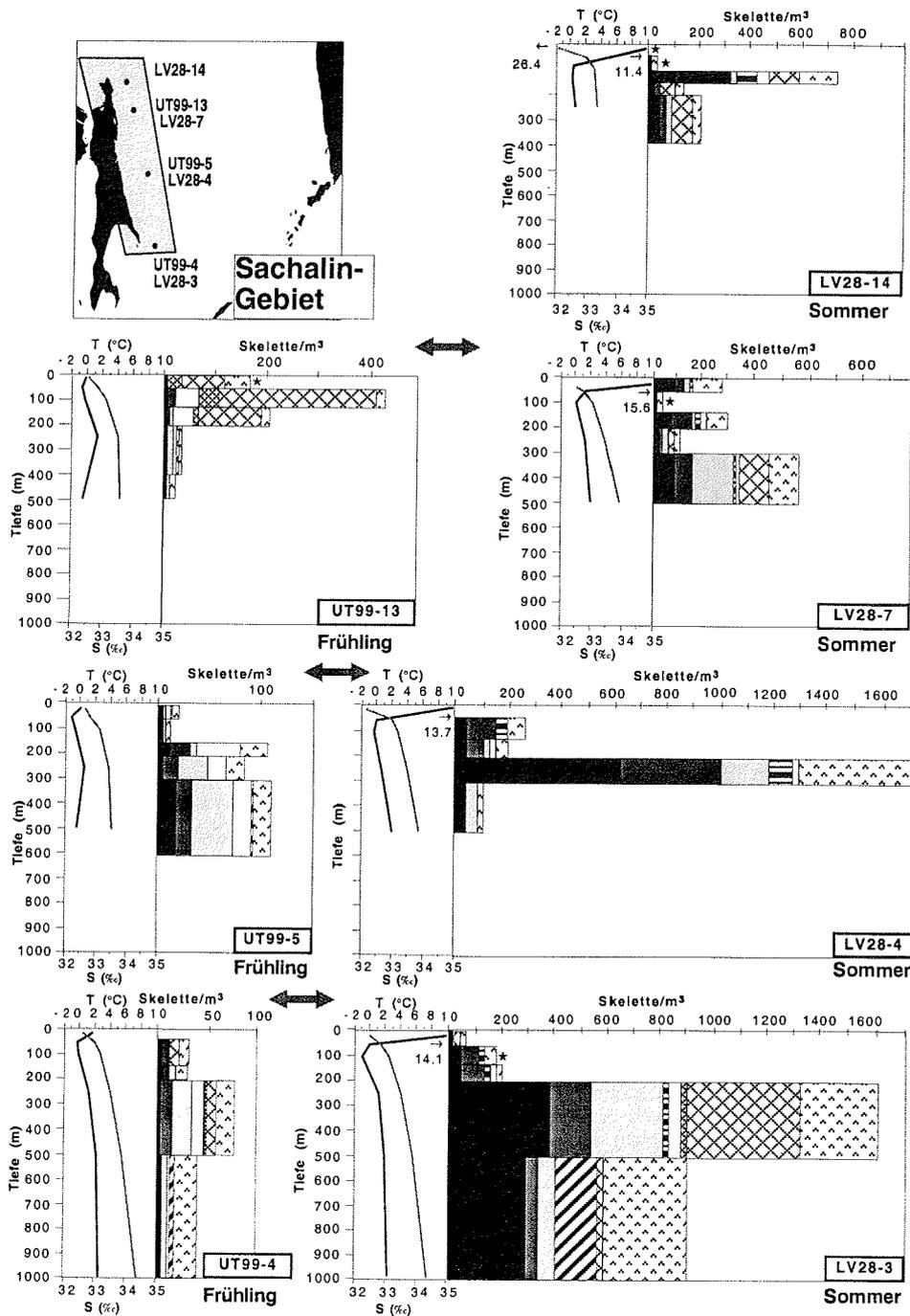


Abb. II: Radiolarienpopulationsdichte (RPD_{Taxon}) an den Stationen des Sachalin-Gebiets. Weitere Erklärungen in Abb.I.

Abbildungsanhang

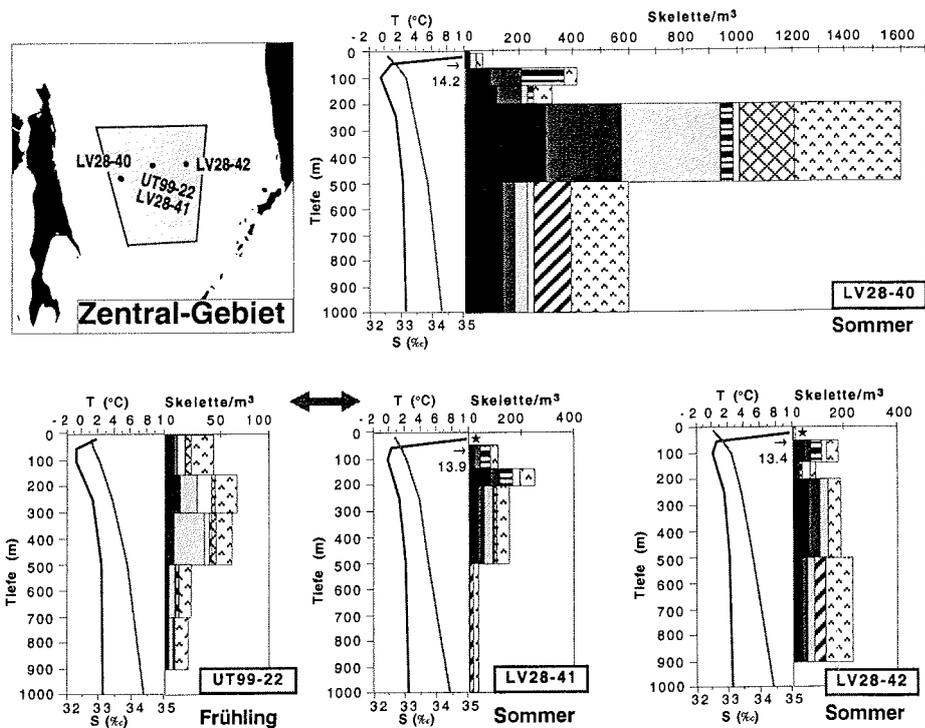


Abb. III: Radiolarienpopulationsdichte (RPD_{Taxon}) an den Stationen des Zentral-Gebietes. Weitere Erklärungen in Abb. I.

Abbildungsanhang

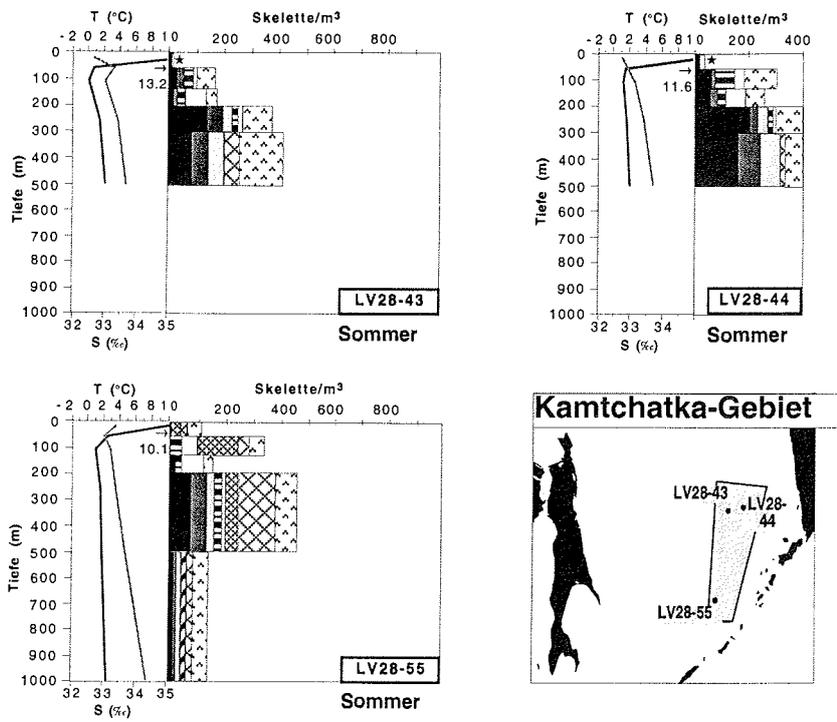


Abb. IV: Radiolarienpopulationsdichte (RPD_{Taxon}) an den Stationen des Kamtchatka-Gebietes. Weitere Erklärungen in Abb.I.

Abbildungsanhang

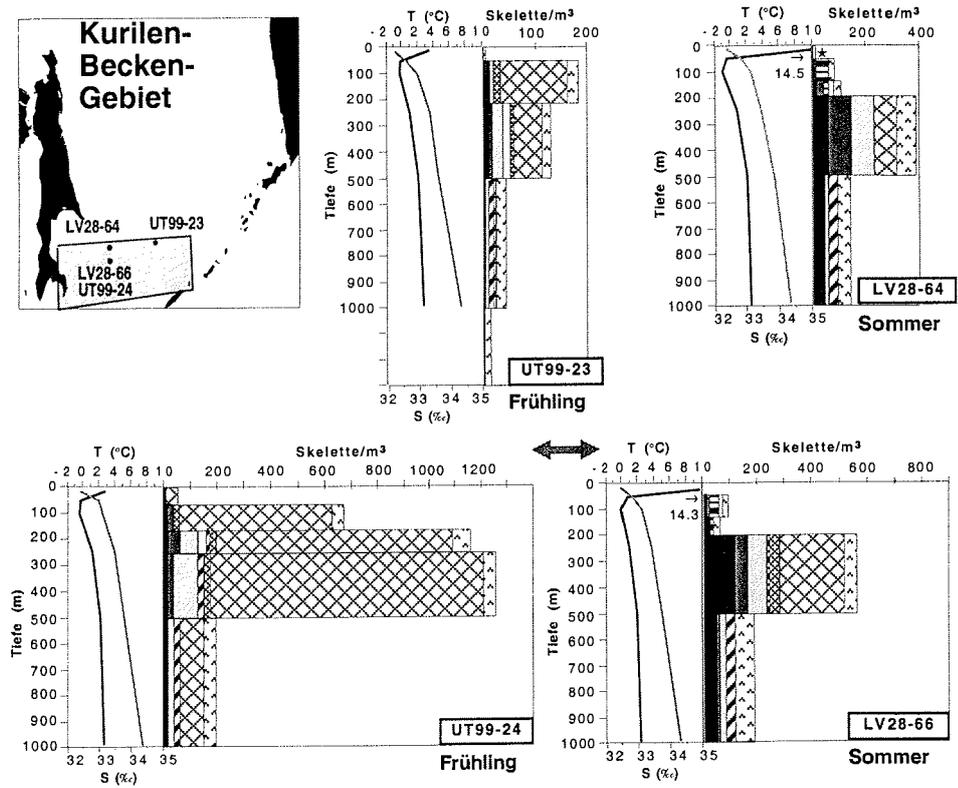


Abb. V: Radiolarienpopulationsdichte (RPD_{Taxon}) an den Stationen des Kurilen-Becken-Gebiets. Weitere Erklärungen in Abb. I.

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

- * **Sonderheft Nr. 1/1981** – „Die Antarktis und ihr Lebensraum“
Eine Einführung für Besucher – Herausgegeben im Auftrag von SCAR
- * **Heft Nr. 1/1982** – „Die Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
zusammengestellt von Heinz Köhnen
- * **Heft Nr. 2/1982** – „Deutsche Antarktis-Expedition 1980/81 mit FS „Meteor“
First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzfüge
zusammengestellt von Norbert Klages
- * **Heft Nr. 3/1982** – „Digitale und analoge Krill-Echolot-Rohdatenerfassung an Bord des Forschungsschiffes „Meteor“ (im Rahmen von FIBEX 1980/81, Fahrtabschnitt ANT III), von Bodo Morgenstern
- Heft Nr. 4/1982** – „Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
Liste der Planktonfänge und Lichtstärkemessungen
zusammengestellt von Gerd Hubold und H. Eberhard Drescher
- * **Heft Nr. 5/1982** – „Joint Biological Expedition on RRS 'John Biscoe', February 1982“
by G. Hempel and R. B. Heywood
- * **Heft Nr. 6/1982** – „Antarktis-Expedition 1981/82 (Unternehmen ‚Eiswarte‘)“
zusammengestellt von Gode Gravenhorst
- Heft Nr. 7/1982** – „Marin-Biologisches Begleitprogramm zur Standorterkundung 1979/80 mit MS ‚Polar-
sirkel‘ (Pre-Site Survey)“ – Stationslisten der Mikronekton- und Zooplanktonfänge sowie der Bodenfischerei
zusammengestellt von R. Schneppenheim
- Heft Nr. 8/1983** – „The Post-Fibex Data Interpretation Workshop“
by D. L. Cram and J.-C. Freytag with the collaboration of J. W. Schmidt, M. Mall, R. Kresse, T. Schwinghammer
- * **Heft Nr. 9/1983** – „Distribution of some groups of zooplankton in the inner Weddell Sea in summer 1979/80“
by I. Hempel, G. Hubold, B. Kaczmaruk, R. Keller, R. Weigmann-Haass
- Heft Nr. 10/1983** – „Fluor im antarktischen Ökosystem“ – DFG-Symposium November 1982
zusammengestellt von Dieter Adelung
- Heft Nr. 11/1983** – „Joint Biological Expedition on RRS 'John Biscoe', February 1982 (II)“
Data of micronekton and zooplankton hauls, by Uwe Piatkowski
- Heft Nr. 12/1983** – „Das biologische Programm der ANTARKTIS-I-Expedition 1983 mit FS ‚Polarstern‘“
Stationslisten der Plankton-, Benthos- und Grundschieppnetzfüge und Liste der Probennahme an Robben
und Vögeln, von H. E. Drescher, G. Hubold, U. Piatkowski, J. Plötz und J. Voß
- * **Heft Nr. 13/1983** – „Die Antarktis-Expedition von MS ‚Polarbjörn‘ 1982/83“ (Sommerkampagne zur
Atka-Bucht und zu den Kraul-Bergen), zusammengestellt von Heinz Köhnen
- * **Sonderheft Nr. 2/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition von FS ‚Polarstern‘ (Kapstadt, 20. Januar 1983 –
Rio de Janeiro, 25. März 1983)“, Bericht des Fahrtleiters Prof. Dr. Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 3/1983** – „Sicherheit und Überleben bei Polarexpeditionen“
zusammengestellt von Heinz Köhnen
- * **Heft Nr. 14/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition (ANTARKTIS I) von FS ‚Polarstern‘ 1982/83“
herausgegeben von Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 4/1983** – „On the Biology of Krill *Euphausia superba*“ – Proceedings of the Seminar
and Report of the Krill Ecology Group, Bremerhaven 12. - 16. May 1983, edited by S. B. Schnack
- Heft Nr. 15/1983** – „German Antarctic Expedition 1980/81 with FRV ‚Walther Herwig‘ and RV ‚Meteor‘“ –
First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Data of micronekton and zooplankton hauls
by Uwe Piatkowski and Norbert Klages
- Sonderheft Nr. 5/1984** – „The observatories of the Georg von Neumayer Station“, by Ernst Augstein
- Heft Nr. 16/1984** – „FIBEX cruise zooplankton data“
by U. Piatkowski, I. Hempel and S. Rakusa-Suszczewski
- * **Heft Nr. 17/1984** – Fahrtbericht (cruise report) der ‚Polarstern‘-Reise ARKTIS I, 1983“
von E. Augstein, G. Hempel und J. Thiede
- Heft Nr. 18/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht von den Fahrtabschnitten 1, 2 und 3, herausgegeben von D. Fütterer
- Heft Nr. 19/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht vom Fahrtabschnitt 4, Punta Arenas-Kapstadt (Ant-II/4), herausgegeben von H. Köhnen
- Heft Nr. 20/1984** – „Die Expedition ARKTIS II des FS ‚Polarstern‘ 1984, mit Beiträgen des FS ‚Valdivia‘
und des Forschungsflugzeuges ‚Falcon 20‘ zum Marginal Ice Zone Experiment 1984 (MIZEX)“
von E. Augstein, G. Hempel, J. Schwarz, J. Thiede und W. Weigel
- Heft Nr. 21/1985** – „Euphausiid larvae in plankton from the vicinity of the Antarctic Peninsula,
February 1982“ by Sigrid Marschall and Elke Mizdalski
- Heft Nr. 22/1985** – „Maps of the geographical distribution of macrozooplankton in the Atlantic sector of
the Southern Ocean“ by Uwe Piatkowski
- Heft Nr. 23/1985** – „Untersuchungen zur Funktionsmorphologie und Nahrungsaufnahme der Larven
des Antarktischen Krills *Euphausia superba* Dana“ von Hans-Peter Marschall

- Heft Nr. 24/1985** – „Untersuchungen zum Periglazial auf der König-Georg-Insel Südshetlandinseln/ Antarktika. Deutsche physiogeographische Forschungen in der Antarktis. – Bericht über die Kampagne 1983/84“ von Dietrich Barsch, Wolf-Dieter Blümel, Wolfgang Flügel, Roland Mäusbacher, Gerhard Stäblein, Wolfgang Zick
- **Heft Nr. 25/1985** – „Die Expedition ANTARKTIS III mit FS ‚Polarstern‘ 1984/1985“ herausgegeben von Gotthilf Hempel.
 - **Heft Nr. 26/1985** – „The Southern Ocean“; A survey of oceanographic and marine meteorological research work by Hellmer et al.
 - **Heft Nr. 27/1986** – „Spätpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, östliche Weddell-See“ von Hannes Grobe
 - Heft Nr. 28/1986** – „Die Expedition ARKTIS III mit ‚Polarstern‘ 1985 mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Rainer Gersonde
 - **Heft Nr. 29/1986** – „5 Jahre Schwerpunktprogramm ‚Antarktisforschung‘ der Deutschen Forschungsgemeinschaft.“ Rückblick und Ausblick. Zusammengestellt von Gotthilf Hempel, Sprecher des Schwerpunktprogramms
 - Heft Nr. 30/1986** – „The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station for 1981 and 1982“ by Marianne Gube and Friedrich Obleitner
 - **Heft Nr. 31/1986** – „Zur Biologie der Jugendstadien der Notothenioidei (Pisces) an der Antarktischen Halbinsel“ von A. Kellermann
 - **Heft Nr. 32/1986** – „Die Expedition ANTARKTIS IV mit FS ‚Polarstern‘ 1985/86“ mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Dieter Fütterer
 - Heft Nr. 33/1987** – „Die Expedition ANTARKTIS-IV mit FS ‚Polarstern‘ 1985/86 – Bericht zu den Fahrtabschnitten ANT-IV/3-4“ von Dieter Karl Fütterer
 - Heft Nr. 34/1987** – „Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischen Makroplankton“ von U. Piatkowski
 - Heft Nr. 35/1987** – „Zur Verbreitung des Meso- und Makrozooplanktons in Oberflächenwasser der Weddell See (Antarktis)“ von E. Boysen-Ennen
 - Heft Nr. 36/1987** – „Zur Nahrungs- und Bewegungsphysiologie von *Salpa thompsoni* und *Salpa fusiformis*“ von M. Reinke
 - Heft Nr. 37/1987** – „The Eastern Weddell Sea Drifting Buoy Data Set of the Winter Weddell Sea Project (WWSP)“ 1986 by Heinrich Hoerber und Marianne Gube-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 Sigrid Schnack-Schiel
 - Heft Nr. 40/1987** – „Weather and Synoptic Situation during Winter Weddell Sea Project 1986 (ANT V/2) July 16 - September 10, 1986“ by Werner Rabe
 - Heft Nr. 41/1988** – „Zur Verbreitung und Ökologie der Seegurken im Weddellmeer (Antarktis)“ von Julian Gutt
 - Heft Nr. 42/1988** – „The zooplankton community in the deep bathyal and abyssal zones of the eastern North Atlantic“ by Werner Beckmann
 - **Heft Nr. 43/1988** – „Scientific cruise report of Arctic Expedition ARK IV/3“ Wissenschaftlicher Fahrtbericht der Arktis-Expedition ARK IV/3, compiled by Jörn Thiede
 - **Heft Nr. 44/1988** – „Data Report for FV ‚Polarstern‘ Cruise ARK IV/1, 1987 to the Arctic and Polar Fronts“ by Hans-Jürgen Hirche
 - Heft Nr. 45/1988** – „Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis)“ von Joachim Vofsi
 - Heft Nr. 46/1988** – „Meteorological and Oceanographic Data of the Winter-Weddell-Sea Project 1986 (ANT V/3)“ by Eberhard Fahrbach
 - Heft Nr. 47/1988** – „Verteilung und Herkunft glazial-mariner Gerölle am Antarktischen Kontinentalrand des östlichen Weddellmeeres“ von Wolfgang Oskierski
 - Heft Nr. 48/1988** – „Variationen des Erdmagnetfeldes an der GvN-Station“ von Arnold Brodscholl
 - **Heft Nr. 49/1988** – „Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton“ von Wilhelm Hagen
 - **Heft Nr. 50/1988** – „Die gezeitenbedingte Dynamik des Ekström-Schelfeises, Antarktis“ von Wolfgang Kobarg
 - Heft Nr. 51/1988** – „Ökomorphologie nototheniider Fische aus dem Weddellmeer, Antarktis“ von Werner Ekau
 - Heft Nr. 52/1988** – „Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße“ von Dieter Piepenburg
 - **Heft Nr. 53/1988** – „Untersuchungen zur Ökologie des Phytoplanktons im südöstlichen Weddellmeer (Antarktis) im Jan./Febr. 1985“ von Eva-Maria Nöthig
 - Heft Nr. 54/1988** – „Die Fischfauna des östlichen und südlichen Weddellmeeres: geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten“ von Wiebke Schwarzbach
 - Heft Nr. 55/1988** – „Weight and length data of zooplankton in the Weddell Sea in austral spring 1986 (Ant. V/3)“ by Elke Mizdalski
 - Heft Nr. 56/1989** – „Scientific cruise report of Arctic expeditions ARK IV/1, 2 & 3“ by G. Krause, J. Meinke und J. Thiede

- Heft Nr. 57/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS V mit FS ‚Polarstern‘ 1986/87“
Bericht von den Fahrtabschnitten ANT V/4-5 von H. Miller und H. Oerter
- **Heft Nr. 58/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS VI mit FS ‚Polarstern‘ 1987/88“
von D. K. Fütterer
 - Heft Nr. 59/1989** – „Die Expedition ARKTIS V/1a, 1b und 2 mit FS ‚Polarstern‘ 1988“
von M. Spindler
 - Heft Nr. 60/1989** – „Ein zweidimensionales Modell zur thermohalinen Zirkulation unter dem 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-glaziologische Detailkartierung
des arid-hochpolaren Borgmassivet, Neuschwabenland, Antarktika“ von Karsten Brunk
 - Heft Nr. 67/1990** – „Identification key and catalogue of larval Antarctic fishes“,
edited by Adolf Kellermann
 - Heft Nr. 68/1990** – „The Expedition Antarktis VII/4 (Epos leg 3) and VII/5 of RV ‚Polarstern‘ in 1989“,
edited by W. Arntz, W. Ernst, I. Hempel
 - Heft Nr. 69/1990** – „Abhängigkeiten elastischer und rheologischer Eigenschaften des Meereises vom
Eisgefüge“, von Harald Hellmann
 - **Heft Nr. 70/1990** – „Die 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. Kurbjeweit and S. Ali-Khan
 - Heft Nr. 73/1990** – „Zur Frühdiagenese von organischem Kohlenstoff und Opal in Sedimenten des südlichen
und östlichen Weddellmeeres“, von M. Schlüter
 - Heft Nr. 74/1990** – „Expeditionen ANTARKTIS-VIII/3 und VIII/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1989“
von Rainer Gersonde und Gotthilf Hempel
 - Heft Nr. 75/1991** – „Quartäre Sedimentationsprozesse am Kontinentalhang des Süd-Orkey-Plateaus im
nordwestlichen Weddellmeer (Antarktis)“, von Sigrun Grünig
 - Heft Nr. 76/1990** – „Ergebnisse der faunistischen Arbeiten im Benthal von King George Island
(Südschettlandinseln, Antarktis)“, von Martin Rauschert
 - Heft Nr. 77/1990** – „Verteilung von Mikroplankton-Organismen nordwestlich der Antarktischen Halbinsel
unter dem Einfluß sich ändernder Umweltbedingungen im Herbst“, von Heinz Klöser
 - Heft Nr. 78/1991** – „Hochauflösende Magnetostratigraphie spätquartärer Sedimente arktischer
Meeresgebiete“, von Norbert R. Nowaczyk
 - Heft Nr. 79/1991** – „Ökophysiologische Untersuchungen zur Salinitäts- und Temperaturtoleranz
antarktischer Grünalgen unter besonderer Berücksichtigung des β -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 Paläozeanographie im Spätquartär am Kontinentalrand des
südlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Martin Melles
 - Heft Nr. 82/1991** – „Quantifizierung von Meereseigenschaften: Automatische Bildanalyse von
Dünnschnitten und Parametrisierung von Chlorophyll- und Salzgehaltsverteilungen“, von Hajo Eicken
 - Heft Nr. 83/1991** – „Das Fließen von 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,
Nikolai Bagriantsev und Hans Werner Schenke
 - Heft Nr. 85/1991** – „Zur Entstehung von Unterwassereis und das Wachstum und die Energiebilanz
des Meereises in der Atka Bucht, Antarktis“, von Josef Kipfstuhl
 - **Heft Nr. 86/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS ‚Polarstern‘ 1989/90. Bericht vom
Fahrtabschnitt ANT-VIII/5“, von Heinz Miller und Hans Oerter
 - Heft Nr. 87/1991** – „Scientific cruise reports of Arctic expeditions ARK VI/1-4 of RV ‚Polarstern‘
in 1989“, edited by G. Krause, J. Meincke & H. J. Schwarz
 - Heft Nr. 88/1991** – „Zur Lebensgeschichte dominanter Copepodenarten (*Calanus finmarchicus*,
C. glacialis, *C. hyperboreus*, *Metricia 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 den Fahrtabschnitten ANT-VIII/6-7“, herausgegeben von Dieter Karl Fütterer und Otto Schrems
- Heft Nr. 91/1991** – „Blood physiology and ecological consequences in Weddell Sea fishes (Antarctica)“, by Andreas Kunzmann
- Heft Nr. 92/1991** – „Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeer“, von Nicolai Mumm
- Heft Nr. 93/1991** – „Die Expedition ARKTIS VII mit FS ‚Polarstern‘, 1990. Bericht vom Fahrtabschnitt ARK VII/2“, herausgegeben von Gunther Krause
- Heft Nr. 94/1991** – „Die Entwicklung des Phytoplanktons im östlichen Weddellmeer (Antarktis) beim Übergang vom Spätwinter zum Frühjahr“, von Renate Scharek
- Heft Nr. 95/1991** – „Radioisotopenstratigraphie, Sedimentologie und Geochemie jungquartärer Sedimente des östlichen Arktischen Ozeans“, von Horst Bohrmann
- Heft Nr. 96/1991** – „Holozäne Sedimentationsentwicklung im Scoresby Sund, Ost-Grönland“, von Peter Marienfeld
- Heft Nr. 97/1991** – „Strukturelle Entwicklung und Abkühlungsgeschichte von Heimefrontfjella (Westliches Dronning Maud Land/Antarktika)“, von Joachim Jacobs
- Heft Nr. 98/1991** – „Zur Besiedlungsgeschichte des antarktischen Schelfes am Beispiel der Isopoda (Crustacea, Malacostraca)“, von Angelika Brandt
- **Heft Nr. 99/1992** – „The Antarctic ice sheet and environmental change: a three-dimensional modelling study“, by Philippe Huybrechts
 - **Heft Nr. 100/1992** – „Die Expeditionen ANTARKTIS IX/1-4 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1990/91“ herausgegeben von Ulrich Bathmann, Meinhard Schulz-Baldes, Eberhard Fahrbach, Victor Smetacek und Hans-Wolfgang Hubberten
 - **Heft Nr. 101/1992** – „Wechselbeziehungen zwischen Schwermetallkonzentrationen (Cd, Cu, Pb, Zn) im Meerwasser und in Zooplanktonorganismen (Copepoda) der Arktis und des Atlantiks“, von Christa Pohl
 - **Heft Nr. 102/1992** – „Physiologie und Ultrastruktur der antarktischen Grünalge *Prasiola crispa* ssp. *antarctica* unter osmotischem Streß und Austrocknung“, von Andreas Jacob
 - **Heft Nr. 103/1992** – „Zur Ökologie der Fische im Weddellmeer“, von Gerd Hubold
 - **Heft Nr. 104/1992** – „Mehrkanaulige 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 II)“, von Jörg Hartmann, Christoph Kottmeier und Christian Wamser
 - **Heft Nr. 106/1992** – „Ostracoden im Epipelagial vor der Antarktischen Halbinsel - ein Beitrag zur Systematik sowie zur Verbreitung und Populationsstruktur unter Berücksichtigung der Saisonalität“, von Rüdiger Kock
 - **Heft Nr. 107/1992** – „ARCTIC '91: Die Expedition ARK-VIII/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1991“, von Dieter K. Fütterer
 - **Heft Nr. 108/1992** – „Dehnungsbeben an einer Störungszone im Ekström-Schelfeis nördlich der Georg-von-Neumayer-Station, Antarktis. – Eine Untersuchung mit seismologischen und geodätischen Methoden“, von Uwe Nixdorf.
 - **Heft Nr. 109/1992** – „Spätquartäre Sedimentation am Kontinentalrand des südöstlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Michael Weber.
 - **Heft Nr. 110/1992** – „Sedimentfazies und Bodenwasserstrom am Kontinentalhang des norwestlichen Weddellmeeres“, von Isa Brehme.
 - **Heft Nr. 111/1992** – „Die Lebensbedingungen in den 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. Saarlo and Y. P. Sacchenko. – „Expedition to Novaja Zemlja and Franz Josef Land with RV ‚Dainie Zelensky‘“, by D. Nürnberg and E. Groth.

- **Heft Nr. 121/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1992“, herausgegeben von Michael Spindler, Gerhard Dieckmann und David Thomas
- Heft Nr. 122/1993** – „Die Beschreibung der Korngestalt mit Hilfe der Fourier-Analyse: Parametrisierung der morphologischen Eigenschaften von Sedimentpartikeln“, von Michael Diepenbroek.
- **Heft Nr. 123/1993** – „Zerstörungsfreie hochauflösende Dichteuntersuchungen mariner Sedimente“, von Sebastian Gerland.
- Heft Nr. 124/1993** – „Umsatz und Verteilung von Lipiden in arktischen marinen Organismen unter besonderer Berücksichtigung unterer trophischer Stufen“, von Martin Graeve.
- Heft Nr. 125/1993** – „Ökologie und Respiration ausgewählter arktischer Bodenfischarten“, von Christian F. von Dorrien.
- Heft Nr. 126/1993** – „Quantitative Bestimmung von Paläoumweltparametern des Antarktischen Oberflächenwassers im Spätquartier anhand von Transferfunktionen mit Diatomeen“, von Ulrich Zielinski
- **Heft Nr. 127/1993** – „Sedimenttransport durch das arktische Meereis: Die rezente lithogene und biogene Materialfracht“, von Ingo Wollenburg.
- Heft Nr. 128/1993** – „Cruise ANTARKTIS X/3 of RV ‚Polarstern‘: CTD-Report“, von Marek Zwierz.
- Heft Nr. 129/1993** – „Reproduktion und Lebenszyklen dominanter Copepodenarten aus dem Weddellmeer, Antarktis“, von Frank Kurbjeweit
- Heft Nr. 130/1993** – „Untersuchungen zu Temperaturregime und Massenhaushalt des Filchner-Ronne-Schelfeises, Antarktis, unter besonderer Berücksichtigung von Anfríer- 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 halogener 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 Bocher, Christof Lüpkes, Dietmar Freese und 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 kánozoische Vereisungsgeschichte der Antarktis“, von Werner U. Ehrmann
- Heft Nr. 138/1994** – „Untersuchungen stratosphärischer Aerosole vulkanischen Ursprungs und polarer stratosphärischer Wolken mit einem Mehrwellenlängen-Lidar auf Spitzbergen (79° N, 12° E)“, von Georg Beyerle
- Heft Nr. 139/1994** – „Charakterisierung der Isopodenfauna (Crustacea, Malacostraca) des Scotia-Bogens aus biogeographischer Sicht: Ein multivariater Ansatz“, von Holger Winkler.
- Heft Nr. 140/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS X/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1992“, herausgegeben von Peter Lemke
- Heft Nr. 141/1994** – „Satellitenaltimetrie über Eis – Anwendung des GEOSAT-Altimeters über dem Ekströmisen, Antarktis“, von Clemens Heidland
- Heft Nr. 142/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Scientific cruise report of RV ‚Polarstern‘ Arctic cruises ARK IX/2 and 3, USCG ‚Polar Bear‘ cruise NEWP and the NEWLand expedition“, edited by Hans-Jürgen Hirche and Gerhard Kattner
- Heft Nr. 143/1994** – „Detaillierte refraktionsseismische Untersuchungen im inneren Scoresby Sund Ost-Grönland“, von Notker Fechner
- Heft Nr. 144/1994** – „Russian-German Cooperation in the Siberian Shelf Seas: Geo-System Laptev Sea“, edited by Heidemaríe Kassens, Hans-Wolfgang Hubberten, Sergey M. Pryamikov and Rüdiger Stein
- **Heft Nr. 145/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report of RV ‚Polarstern‘ Arctic Cruises IX/2 and 3“, edited by Gerhard Kattner and Hans-Jürgen Hirche.
- Heft Nr. 146/1994** – „Radiation Measurements at the German Antarctic Station Neumayer 1982 - 1992“, by Torsten Schmidt and Gerd König-Langlo.
- Heft Nr. 147/1994** – „Krustenstrukturen und Verlauf des Kontinentalrandes im Weddell-See / Antarktis“, von Christian Hübscher.
- **Heft Nr. 148/1994** – „The expeditions NORILSK/TAYMYR 1993 and BUNGER OASIS 1993/94 of the AWI Research Unit Potsdam“, edited by Martin Melles.
- ** **Heft Nr. 149/1994** – „Die Expedition ARCTIC '93. Der 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 Heidemaríe Kassens and Valeriy Y. Karpy.
- 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 $\delta^{18}O$ 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** – „Meerestransportiertes lithogenes Feinmaterial in spätquartären Tiefseesedimenten des zentralen östlichen Arktischen Ozeans und der Framstraße“, von Thomas Letzig.
- Heft Nr. 163/1995** – „Die Expedition ANTARKTIS-XI/2 mit FS ‚Polarstern‘ 1993/94“, herausgegeben von Rainer Gersonde.
- Heft Nr. 164/1995** – „Regionale und altersabhängige Variation gesteinsmagnetischer Parameter in marinen Sedimenten der Arktis“, von Thomas Frederichs.
- Heft Nr. 165/1995** – „Vorkommen, Verteilung und Umsatz biogener organischer Spurenstoffe: Sterole in antarktischen Gewässern“, von Georg Hanke.
- Heft Nr. 166/1995** – „Vergleichende Untersuchungen eines optimierten dynamisch-thermodynamischen Meereismodells mit Beobachtungen im Weddellmeer“, von Holger Fischer.
- Heft Nr. 167/1995** – „Rekonstruktionen von Paläo-Umweltparametern anhand von stabilen Isotopen und Faunen-Vergesellschaftungen planktischer Foraminiferen im Südatlantik“, von Hans-Stefan Niebler
- Heft Nr. 168/1995** – „Die Expedition ANTARKTIS XII mit FS ‚Polarstern‘ 1993/94. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT XII/1 und 2“, herausgegeben von Gerhard Kattner und Dieter Karl Fütterer
- Heft Nr. 169/1995** – „Medizinische Untersuchung zur Circadianrhythmik und zum Verhalten bei Überwinterern auf einer antarktischen Forschungsstation“, von Hans Wortmann
- Heft-Nr. 170/1995** – DFG-Kolloquium: Terrestrische Geowissenschaften – Geologie und Geophysik der Antarktis.
- Heft Nr. 171/1995** – „Strukturentwicklung und Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der nördlichen Heimfrontjella (westliches Dronning Maud Land/Antarktika)“, von Wilfried Bauer.
- Heft Nr. 172/1995** – „Die Struktur der Erdkruste im Bereich des Scoresby Sund, Ostgrönland: Ergebnisse refraktionsseismischer und gravimetrischer Untersuchungen“, von Holger Mandler.
- Heft Nr. 173/1995** – „Paläozoische Akkretion am paläopazifischen Kontinentalrand der Antarktis in Nordvictorialand – P-T-D-Geschichte und Deformationsmechanismen im Bowers Terrane“, von Stefan Matzer.
- Heft Nr. 174/1995** – „The Expedition ARKTIS-X/2 of RV ‚Polarstern‘ in 1994“, edited by Hans-W. Hubberten
- Heft Nr. 175/1995** – „Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1994“, edited by Christine Siegert and Gmitry Bolshiyarov.
- Heft Nr. 176/1995** – „Russian-German Cooperation: Laptev Sea System“, edited by Heidemarie Kassens, Dieter Piepenburg, Jörn Thiede, Leonid Timokhov, Hans-Wolfgang Hubberten and Sergey M. Priamikov.
- Heft Nr. 177/1995** – „Organischer Kohlenstoff in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans: Terrigener Eintrag und marine Produktivität“, von Carsten J. Schubert
- Heft Nr. 178/1995** – „Cruise ANTARKTIS XII/4 of RV ‚Polarstern‘ in 1995: CTD-Report“, by Jüri Sildam.
- Heft Nr. 179/1995** – „Benthische Foraminiferenfaunen als Wassermassen-, Produktions- und Eisdriftanzeiger im Arktischen Ozean“, von Jutta Wollenburg.
- Heft Nr. 180/1995** – „Biogenopal und biogenes Barium als Indikatoren für spätquartäre Produktivitätsänderungen am antarktischen Kontinentalhang, atlantischer Sektor“, von Wolfgang J. Bonn.
- Heft Nr. 181/1995** – „Die Expedition ARKTIS X/1 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1994“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
- Heft Nr. 182/1995** – „Laptev Sea System: Expeditions in 1994“, edited by Heidemarie Kassens.
- Heft Nr. 183/1996** – „Interpretation digitaler Parasound Echolotaufzeichnungen im östlichen Arktischen Ozean auf der Grundlage physikalischer Sedimenteigenschaften“, von Uwe Bergmann.
- Heft Nr. 184/1996** – „Distribution and dynamics of inorganic nitrogen compounds in the troposphere of continental, coastal, marine and Arctic areas“, by Maria Dolores Andrés Hernández.
- Heft Nr. 185/1996** – „Verbreitung und Lebensweise der Aphroditen und Polynoiden (Polychaeta) im östlichen Weddellmeer und im Lazarevmeer (Antarktis)“, von Michael Stiller.
- Heft Nr. 186/1996** – „Reconstruction of Late Quaternary environmental conditions applying the natural radionuclides ^{232}Th , ^{10}Be , ^{231}Pa and ^{230}U : A study of deep-sea sediments from the eastern sector of the Antarctic Circumpolar Current System“, by Martin Frank.
- Heft Nr. 187/1996** – „The Meteorological Data of the Neumayer Station (Antarctica) for 1992, 1993 and 1994“, by Gert König-Langlo and Andreas Herber.
- Heft Nr. 188/1996** – „Die Expedition ANTARKTIS-XI/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1994“, herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe.
- Heft Nr. 189/1996** – „Die Expedition ARKTIS-VII/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1990“, herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe

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

- Heft Nr. 223/1997** – „Bestimmung der Meereisdicke mit seismischen und elektromagnetisch-induktiven Verfahren“, von Christian Haas.
- Heft Nr. 224/1997** – „Troposphärische Ozonvariationen in Polarregionen“, von Silke Wessel.
- Heft Nr. 225/1997** – „Biologische und ökologische Untersuchungen zur kryopelagischen Amphipodenfauna des arktischen Meereises“, von Michael Poltermann.
- Heft Nr. 226/1997** – “Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XI/1 of RV ‘Polarstern’ in 1995“, edited by Eike Racher.
- Heft Nr. 227/1997** – „Der Einfluß kompatibler Substanzen und Kryoprotektoren auf die Enzyme Malatdehydrogenase (MDH) und Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6P-DH) aus *Acrosiphonia arcta* (Chlorophyta) der Arktis“, von Katharina Kück.
- Heft Nr. 228/1997** – „Die Verbreitung epibenthischer Mollusken im chilenischen Beagle-Kanal“, von Katrin Linse.
- Heft Nr. 229/1997** – „Das Mesozooplankton im Laptevmeer und östlichen Nansen-Becken - Verteilung und Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer“, von Hinrich Hanssen.
- Heft Nr. 230/1997** – „Modell eines adaptierbaren, rechnergestützten, wissenschaftlichen Arbeitsplatzes am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung“, von Lutz-Peter Kurdelski.
- Heft Nr. 231/1997** – „Zur Ökologie arktischer und antarktischer Fische: Aktivität, Sinnesleistungen und Verhalten“, von Christopher Zimmermann.
- Heft Nr. 232/1997** – „Persistente chlororganische Verbindungen in hochantarktischen Fischen“, von Stephan Zimmermann.
- Heft Nr. 233/1997** – „Zur Ökologie des Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP)-Gehaltes temperierter und polarer Phytoplanktongemeinschaften im Vergleich mit Laborkulturen der Coccolithophoride *Emiliania huxleyi* und der antarktischen Diatomee *Nitzschia lecontei*“, von Doris Meyerdieter.
- 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 Fahrteilnehmern.
- 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-II Nam.
- Heft Nr. 242/1997** – “Thermal, hydrological and geochemical dynamics of the active layer at a continuous permafrost site, Taymyr Peninsula, Siberia“, by Julia Boike.
- Heft Nr. 243/1997** – „Zur Paläoozeanographie hoher Breiten: Stellvertreterdaten aus Foraminiferen“, von Andreas Mackensen.
- Heft Nr. 244/1997** – “The Geophysical Observatory at Neumayer Station, Antarctica, Geomagnetic and seismological observations in 1995 and 1996“, by Alfons Eckstaller, Thomas Schmidt, Viola Graw, Christian Müller and Johannes Røgenhagen.
- 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 Bunge-Oase, Ostantarktis“, von Thomas Kulbe.

- Heft Nr. 255/1997** – "Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XIII/2 of RV 'Polarstern' in 1997", edited by Ruediger Stein and Kirsten Fahl.
- Heft Nr. 256/1998** – „Das Radionuklid Tritium im Ozean: Meßverfahren und Verteilung von Tritium im Südatlantik und im Weddellmeer“, von Jürgen Sültenfuß.
- Heft Nr. 257/1998** – „Untersuchungen der Saisonalität von atmosphärischem Dimethylsulfid in der Arktis und Antarktis“, von Christoph Kleefeld.
- Heft Nr. 258/1998** – „Bellingshausen- und Amundsenmeer: Entwicklung eines Sedimentationsmodells“, von Frank-Oliver Nitsche.
- Heft Nr. 259/1998** – "The Expedition ANTARKTIS-XIV/4 of RV 'Polarstern' in 1997", by Dieter K. Fütterer.
- Heft Nr. 260/1998** – „Die Diatomeen der Laptevsee (Arktischer Ozean): Taxonomie und biogeographische Verbreitung“, von Holger Cremer
- Heft Nr. 261/1998** – „Die Krustenstruktur und Sedimentdecke des Eurasischen Beckens, Arktischer Ozean: Resultate aus seismischen und gravimetrischen Untersuchungen“, von Estella Weigelt.
- Heft Nr. 262/1998** – "The Expedition ARKTIS-XIII/3 of RV 'Polarstern' in 1997", by Gunther Krause.
- Heft Nr. 263/1998** – „Thermo-tektonische Entwicklung von Oates Land und der Shackleton Range (Antarktis) basierend auf Spaltspuranalysen“, von Thorsten Schäfer.
- Heft Nr. 264/1998** – „Messungen der stratosphärischen Spurengase ClO, HCl, O₃, N₂O, H₂O und OH mittels flugzeuggetragener Submillimeterwellen-Radiometrie“, von Joachim Urban.
- Heft Nr. 265/1998** – „Untersuchungen zu Massenhaushalt und Dynamik des Ronne Ice Shelves, Antarktis“, von Astrid Lambrecht.
- Heft Nr. 266/1998** – "Scientific Cruise Report of the Kara Sea Expedition of RV 'Akademic Boris Petrov' in 1997", edited by Jens Matthiessen and Oleg Stepanets.
- Heft Nr. 267/1998** – „Die Expedition ANTARKTIS-XIV mit FS ‚Polarstern‘ 1997. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-XIV/3“, herausgegeben von Wilfried Jokat und Hans Oerter.
- Heft Nr. 268/1998** – „Numerische Modellierung der Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Meereis in der arktischen Eisrandzone“, von Gerit Birnbaum.
- Heft Nr. 269/1998** – "Katabatic wind and Boundary Layer Front Experiment around Greenland (KABEG '97)", by Günther Heinemann.
- Heft Nr. 270/1998** – "Architecture and evolution of the continental crust of East Greenland from integrated geophysical studies", by Vera Schlindwein.
- Heft Nr. 271/1998** – "Winter Expedition to the Southwestern Kara Sea - Investigations on Formation and Transport of Turbid Sea-Ice", by Dirk Dethleff, Per Loewe, Dominik Weiel, Hartmut Nies, Gesa Kuhlmann, Christian Bahe and Gennady Tarasov.
- Heft Nr. 272/1998** – „FTIR-Emissionsspektroskopische Untersuchungen der arktischen Atmosphäre“, von Edo Becker.
- Heft Nr. 273/1998** – „Sedimentation und Tektonik im Gebiet des Agulhas Rückens und des Agulhas Plateaus („SETARAP“), von Gabriele Uenzelmann-Neben.
- Heft Nr. 274/1998** – "The Expedition ANTARKTIS XIV/2", by Gerhard Kaltner.
- Heft Nr. 275/1998** – „Die Auswirkung der 'NorthEastWater'-Polynya auf die Sedimentation von NO-Grönland und Untersuchungen zur Paläo-Ozeanographie seit dem Mittelweicheis“, von Hanne Notholt.
- Heft Nr. 276/1998** – „Interpretation und Analyse von Potentialfelddaten im Weddellmeer, Antarktis: der Zerfall des Superkontinents Gondwana“, von Michael Studinger.
- Heft Nr. 277/1998** – „Koordiniertes Programm Antarktisforschung“. Berichtskolloquium im Rahmen des Koordinierten Programms „Antarktisforschung mit vergleichenden Untersuchungen in arktischen Eisgebieten“, herausgegeben von Hubert Miller.
- Heft Nr. 278/1998** – „Messung stratosphärischer Spurengase über Ny-Ålesund, Spitzbergen, mit Hilfe eines bodengebundenen Mikrowellen-Radiometers“, von Uwe Raffalski.
- Heft Nr. 279/1998** – "Arctic Paleo-River Discharge (APARD). A New Research Programme of the Arctic Ocean Science Board (AOSB)", edited by Ruediger Stein.
- Heft Nr. 280/1998** – „Fernerkundungs- und GIS-Studien in Nordostgrönland“ von Friedrich Jung-Rothenhäusler.
- Heft Nr. 281/1998** – „Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän anhand von aquatischen Palynomorphen“, von Martina Kunz-Pirrung.
- Heft Nr. 282/1998** – "Scavenging of ²³¹Pa and ²³⁰Th in the South Atlantic: Implications for the use of the ²³¹Pa/²³⁰Th ratio as a paleoproductivity proxy", by Hans-Jürgen Walter.
- Heft Nr. 283/1998** – „Sedimente im arktischen Meereis - Eintrag, Charakterisierung und Quantifizierung“, von Frank Lindemann.
- Heft Nr. 284/1998** – „Langzeitanalyse der antarktischen Meereisbedeckung aus passiven Mikrowellendaten“, von Christian H. Thomas.
- Heft Nr. 285/1998** – „Mechanismen und Grenzen der Temperaturanpassung beim Pierwurm *Arenicola marina* (L.)“, von Angela Sommer.
- Heft Nr. 286/1998** – „Energieumsätze benthischer Filtrierer der Potter Cove (King George Island, Antarktis)“, von Jens Kowalke.
- Heft Nr. 287/1998** – "Scientific Cooperation in the Russian Arctic: Research from the Barents Sea up to the Laptev Sea", edited by Eike Rachor.

- Heft Nr. 288/1998** – „Alfred Wegener. Kommentiertes Verzeichnis der schriftlichen Dokumente seines Lebens und Wirkens“, von Ulrich Wutzke.
- Heft Nr. 289/1998** – „Retrieval of Atmospheric Water Vapor Content in Polar Regions Using Spaceborne Microwave Radiometry“, by Jungang Miao.
- Heft Nr. 290/1998** – „Strukturelle Entwicklung und Petrogenese des nördlichen Kristallingürtels der Shackleton Range, Antarktis: Proterozoische und Ross-orogene Krustendynamik am Rand des Ostantarktischen Kratons“, von Axel Brommer.
- Heft Nr. 291/1998** – „Dynamik des arktischen Meereises - Validierung verschiedener Rheologieansätze für die Anwendung in Klimamodellen“, von Martin Kreyscher.
- Heft Nr. 292/1998** – „Anthropogene organische Spurenstoffe im Arktischen Ozean, Untersuchungen chlorierter Biphenyle und Pestizide in der Laptevsee, technische und methodische Entwicklungen zur Probenahme in der Arktis und zur Spurenstoffanalyse“, von Sven Utschakovski.
- Heft Nr. 293/1998** – „Rekonstruktion der spätquartären Klima- und Umweltgeschichte der Schirmacher Oase und des Wohlthat Massivs (Ostantarktika)“, von Markus Julius Schwab.
- Heft Nr. 294/1998** – „Besiedlungsmuster der benthischen Makrofauna auf dem ostgrönländischen Kontinentalhang“, von Klaus Schnack.
- Heft Nr. 295/1998** – „Gehäuseuntersuchungen an planktischen Foraminiferen hoher Breiten: Hinweise auf Umweltveränderungen während der letzten 140.000 Jahre“, von Harald Hommers.
- Heft Nr. 296/1998** – „Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XIII/1 of RV 'Polarstern' in 1997“, edited by Michael Spindler, Wilhelm Hagen and Dorothea Stübing.
- Heft Nr. 297/1998** – „Radiometrische Messungen im arktischen Ozean - Vergleich von Theorie und Experiment“, von Klaus-Peter Johnsen.
- Heft Nr. 298/1998** – „Patterns and Controls of CO₂ Fluxes in Wet Tundra Types of the Taimyr Peninsula, Siberia - the Contribution of Soils and Mosses“, by Martin Sommerkorn.
- Heft Nr. 299/1998** – „The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica. Synopsis of research performed within the frame of the Argentinean-German Cooperation at the Dallmann Laboratory and Jubany Station (King George Island, Antarctica, 1991 - 1997)“, by Christian Wiencke, Gustavo Ferreyra, Wolf Arntz & Carlos Rinaldi.
- Heft Nr. 300/1999** – „The Kara Sea Expedition of RV 'Akademik Boris Petrov' 1997: First Results of a Joint Russian-German Pilot Study“, edited by Jens Matthiessen, Oleg V. Stepanets, Ruediger Stein, Dieter K. Fütterer, and Eric M. Galimov.
- Heft Nr. 301/1999** – „The Expedition ANTARKTIS XV/3 (EASIZ II)“, edited by Wolf E. Arntz and Julian Gutt.
- Heft Nr. 302/1999** – „Sterole im herbstlichen Weddellmeer (Antarktis): Großräumige Verteilung, Vorkommen und Umsatz“, von Anneke Mühlebach.
- Heft Nr. 303/1999** – „Polare stratosphärische Wolken: Lidar-Beobachtungen, Charakterisierung von Entstehung und Entwicklung“, von Jens Biele.
- Heft Nr. 304/1999** – „Spätquartäre Paläoumweltbedingungen am nördlichen Kontinentalrand der Barents- und Kara-See. Eine Multi-Parameter-Analyse“, von Jochen Knies.
- Heft Nr. 305/1999** – „Arctic Radiation and Turbulence Interaction Study (ARTIST)“, by Jörg Hartmann, Frank Albers, Stefania Argenti, Axel Bocherl, Ubaldo Bonafé, Wolfgang Cohrs, Alessandro Conidi, Dietmar Freese, Teodoro Georgiadis, Alessandro Ippoliti, Lars Kaleschke, Christof Lüpkes, Uwe Maixner, Giangiuseppe Mastrantonio, Fabrizio Ravegnani, Andreas Reuter, Giuliano Trivellone and Angelo Viola.
- Heft Nr. 306/1999** – „German-Russian Cooperation: Biogeographic and biostratigraphic investigations on selected sediment cores from the Eurasian continental margin and marginal seas to analyze the Late Quaternary climatic variability“, edited by Robert R. Spielhagen, Max S. Barash, Gennady I. Ivanov, and Jörn Thiede.
- Heft Nr. 307/1999** – „Struktur und Kohlenstoffbedarf des Makrobenthos am Kontinentalhang Ostgrönlands“, von Dan Seiler.
- Heft Nr. 308/1999** – „ARCTIC '98: The Expedition ARK-XIV/1a of RV 'Polarstern' in 1998“, edited by Wilfried Jokat.
- Heft Nr. 309/1999** – „Variabilität der arktischen Ozonschicht: Analyse und Interpretation bodengebundener Millimeterwellenmessungen“, von Björn-Martin Sinnhuber.
- Heft Nr. 310/1999** – „Rekonstruktion von Meereisdrift und terrigenem Sedimenteintrag im Spätquartär: Schwermineralassoziationen in Sedimenten des Laptev-See-Kontinentalrandes und des zentralen Arktischen Ozeans“, von Marion Behrends.
- Heft Nr. 311/1999** – „Parameterisierung atmosphärischer Grenzschichtprozesse in einem regionalen Klimamodell der Arktis“, von Christoph Abegg.
- Heft Nr. 312/1999** – „Solare und terrestrische Strahlungswechselwirkung zwischen arktischen Eisflächen und Wolken“, von Dietmar Freese.
- Heft Nr. 313/1999** – „Snow accumulation on Ekströmsen, Antarctica“, by Elisabeth Schlosser, Hans Oerter and Wolfgang Graf.
- Heft Nr. 314/1999** – „Die Expedition ANTARKTIS XV/4 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1998“, herausgegeben von Eberhard Fahrnbach.
- Heft Nr. 315/1999** – „Expeditions in Siberia in 1998“, edited by Volker Rachold.
- Heft Nr. 316/1999** – „Die postglaziale Sedimentationsgeschichte der Laptevsee: schwermineralogische und sedimentpetrographische Untersuchungen“, von Bernhard Peregovich.
- Heft-Nr. 317/1999** – „Adaption an niedrige Temperaturen: Lipide in Eisdiatomeen“, von Heidi Lehmal.
- Heft-Nr. 318/1999** – „Effiziente parallele Lösungsverfahren für elliptische partielle Differentialgleichungen in der numerischen Ozeanmodellierung“, von Natalja Rakowsky.

- Heft-Nr. 319/1999** – „The Ecology of Arctic Deep-Sea Copepods (Euchaetidae and Aetideidae). Aspects of their Distribution, Trophodynamics and Effect on the Carbon Flux“, by Holger Auel.
- Heft-Nr. 320/1999** – „Modellstudien zur arktischen stratosphärischen Chemie im Vergleich mit Meßdaten“, von Veronika Eyring.
- Heft-Nr. 321/1999** – „Analyse der optischen Eigenschaften des arktischen Aerosols“, von Dagmar Nagel.
- Heft-Nr. 322/1999** – „Messungen des arktischen stratosphärischen Ozons: Vergleich der Ozonmessungen in Ny-Ålesund, Spitzbergen, 1997 und 1998“, von Jens Langer
- Heft-Nr. 323/1999** – „Untersuchung struktureller Elemente des südöstlichen Weddellmeeres / Antarktis auf der Basis mariner Potentialfelddaten“, von Uwe F. Meyer.
- Heft-Nr. 324/1999** – „Geochemische Verwitterungstrends eines basaltischen Ausgangsgesteins nach dem spätpleistozänen Gletscherrückzug auf der Taimyrhalbinsel (Zentralsibirien) - Rekonstruktion an einer sedimentären Abfolge des Lama Sees“, von Stefanie K. Harwart.
- Heft-Nr. 325/1999** – „Untersuchungen zur Hydrologie des arktischen Meereises - Konsequenzen für den kleinskaligen Stofftransport“, von Johannes Freitag.
- Heft-Nr. 326/1999** – „Die Expedition ANTARKTIS XIV/2 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1998“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
- Heft-Nr. 327/1999** – „Gemeinschaftsanalytische Untersuchungen der Harpacticoidenfauna der Magellanregion, sowie erste similaritätsanalytische Vergleiche mit Assoziationen aus der Antarktis“, von Kai Horst George.
- Heft-Nr. 328/1999** – „Rekonstruktion der Paläo-Umweltbedingungen am Laptev-See-Kontinentalrand während der beiden letzten Glazial/Interglazial-Zyklen anhand sedimentologischer und mineralogischer Untersuchungen“, von Claudia Müller.
- Heft-Nr. 329/1999** – „Räumliche und zeitliche Variationen atmosphärischer Spurengase aus bodengebundenen Messungen mit Hilfe eines Michelson Interferometers“, von Justus Noltholt.
- Heft-Nr. 330/1999** – „The 1998 Danish-German Excursion to Disko Island, West Greenland“, edited by Angelika Brandt, Helge A. Thomsen, Henning Heide-Jørgensen, Reinhardt M. Kristensen and Hilleke Ruhberg.
- Heft-Nr. 331/1999** – „Poseidon“ Cruise No. 243 (Reykjavik - Greenland - Reykjavik, 24 August - 11 September 1998): Climate change and the Viking-age fjord environment of the Eastern Settlement, sw Greenland“, by Gerd Hoffmann, Antoon Kuijpers, and Jörn Thiede.
- Heft-Nr. 332/1999** – „Modeling of marine biogeochemical cycles with an emphasis on vertical particle fluxes“, by Regina Usbeck.
- Heft-Nr. 333/1999** – „Die Tanaidaceenfauna des Beagle-Kanals und ihre Beziehungen zur Fauna des antarktischen Festlandssockels“, von Anja Schmidt.
- Heft-Nr. 334/1999** – „D-Aminosäuren als Tracer für biogeochemische Prozesse im Fluß-Schelf-Ozean-System der Arktis“, von Hans Peter Fitznar.
- Heft-Nr. 335/1999** – „Ökophysiologische Ursachen der limitierten Verbreitung reptanter decapoder Krebse in der Antarktis“, von Markus Frederich.
- Heft-Nr. 336/1999** – „Ergebnisse der Untersuchung des grönländischen Inlandeises mit dem elektromagnetischen Reflexionsverfahren in der Umgebung von NGRIP“, von Fidan Göktas.
- Heft-Nr. 337/1999** – „Paleozoic and mesozoic tectono-thermal history of central Dronning Maud Land, East Antarctica, – evidence from fission-track thermochronology“, by Stefanie Meier.
- Heft-Nr. 338/1999** – „Probleme hoher Stoffwechselraten bei Cephalopoden aus verschiedenen geographischen Breiten“, von Susanne Zielinski.
- Heft-Nr. 339/1999** – „The Expedition ARKTIS XV/1“, edited by Gunther Krause.
- Heft-Nr. 340/1999** – „Microbial Properties and Habitats of Permafrost Soils on Taimyr Peninsula, Central Siberia“, by Nicolé Schmidt.
- Heft-Nr. 341/1999** – „Photoacclimation of phytoplankton in different biogeochemical provinces of the Southern Ocean and its significance for estimating primary production“, by Astrid Bracher.
- Heft-Nr. 342/1999** – „Modern and Late Quaternary Depositional Environment of the St. Anna Trough Area, Northern Kara Sea“, edited by Ruediger Stein, Kirsten Fahl, Gennadij I. Ivanov, Michael A. Levitan, and Gennady Tarasov.
- Heft-Nr. 343/1999** – „ESF-IMPACT Workshop/Oceanic impacts: mechanisms and environmental perturbations, 15 - 17 April 1999 in Bremerhaven“, edited by Rainer Gersonde and Alexander Deutsch.
- Heft-Nr. 344/1999** – „Die Klimageschichte der hohen nördlichen Breiten seit dem mittleren Miozän: Hinweise aus sedimentologischen- und mineralogischen Analysen (OPD Leg 151, zentrale Framstraße)“, von Amelie Winkler.
- Heft-Nr. 345/1999** – „Kurzfristige Klimaschwankungen im Scotiameer und Ergebnisse zur Kalbungsgeschichte der Antarktis während der letzten 200 000 Jahre“, von Annette Hofmann.
- Heft-Nr. 346/2000** – „Glazialmarine Sedimentationsentwicklung am westantarktischen Kontinentalrand im Amundsen- und Bellingshausenmeer - Hinweise auf Paläoumweltveränderungen während der quartären Klimazyklen“, von Claus-Dieter Hillenbrand
- Heft-Nr. 347/2000** – „Zur Ökologie des Phytoplanktons im arktischen Laptevmeer - ein jahreszeitlicher Vergleich“, von Kirsten Tuschling.
- Heft-Nr. 348/2000** – „Untersuchungen zum Fettstoffwechsel des Südlichen See-Elefanten (*Mirounga leonina* L.) in der Antarktis“, von Sven Ramdöhr.
- Heft-Nr. 349/2000** – „Licht- und Temperatureinfluß auf den enzymatischen Oxidationsschutz der antarktischen Eisdiatomee *Entomoneis kufferathii* Manguin“, von Raimund Schriek.

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

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

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

- Heft-Nr. 380/2001** – „Die Expeditionen ANTARKTIS XI/1-2 des Forschungsschiffes POLARSTERN 1998/1999“, herausgegeben von Eberhard Fahrback und Saad El Naggar.
- Heft-Nr. 381/2001** – „UV-Schutz- und Reparaturmechanismen bei antarktischen Diatomeen und *Phaeocystis antarctica*“, von Lieselotte Riegger.
- Heft-Nr. 382/2001** – „Age determination in polar Crustacea using the autofluorescent pigment lipofuscin“, by Bodil Bluhm.
- Heft-Nr. 383/2001** – „Zeitliche und räumliche Verteilung, Habitatspräferenzen und Populationsdynamik benthischer Copepoda Harpacticoida in der Potter Cove (King George Island, Antarktis)“, von Grilla Veit-Köhler.
- Heft-Nr. 384/2001** – „Beiträge aus geophysikalischen Messungen in Dronning Maud Land, Antarktis, zur Auffindung eines optimalen Bohrpunktes für eine Eiskerntiefbohrung“, von Daniel Steinhage.
- Heft-Nr. 385/2001** – „Actinium-227 als Tracer für Advektion und Mischung in der Tiefsee“, von Walter Geibert.
- Heft-Nr. 386/2001** – „Messung von optischen Eigenschaften troposphärischer Aerosole in der Arktis“ von Rolf Schumacher.
- Heft-Nr. 387/2001** – „Bestimmung des Ozonabbaus in der arktischen und subarktischen Stratosphäre“, von Astrid Schulz.
- Heft-Nr. 388/2001** – „Russian-German Cooperation SYSTEM LAPTEV SEA 2000: The Expedition LENA 2000“, edited by Volker Rachold and Mikhail N. Grigoriev.
- Heft-Nr. 389/2001** – „The Expeditions ARKTIS XVI/1 and ARKTIS XVI/2 of the Research Vessel 'Polarstern' in 2000“, edited by Gunther Krause and Ursula Schauer.
- Heft-Nr. 390/2001** – „Late Quaternary climate variations recorded in North Atlantic deep-sea ostracodes“, by Claudia Didié.
- Heft-Nr. 391/2001** – „The polar and subpolar North Atlantic during the last five glacial-interglacial cycles“, by Jan. P. Helmke.
- Heft-Nr. 392/2000** – „Geochemische Untersuchungen an hydrothermal beeinflussten Sedimenten der Bransfield Straße (Antarktis)“, von Anke Dähmann.
- Heft-Nr. 393/2001** – „The German-Russian Project on Siberian River Run-off (SIRRO): Scientific Cruise Report of the Kara-Sea Expedition 'SIRRO 2000' of RV 'Boris Petrov' and first results“, edited by Ruediger Stein and Oleg Stepanets.
- Heft-Nr. 394/2001** – „Untersuchung der Photooxidantien Wasserstoffperoxid, Methylhydroperoxid und Formaldehyd in der Troposphäre der Antarktis“, von Katja Fiedel.
- Heft-Nr. 395/2001** – „Role of benthic cnidarians in the energy transfer processes in the Southern Ocean marine ecosystem (Antarctica)“, by Covadonga Orejas Saco del Valle.
- Heft-Nr. 396/2001** – „Biogeochemistry of Dissolved Carbohydrates in the Arctic“, by Ralph Engbrodt.
- Heft-Nr. 397/2001** – „Seasonality of marine algae and grazers of an Antarctic rocky intertidal, with emphasis on the role of the limpet *Nacilla concinna* Strebel (Gastropoda: Patellidae)“, by Dohong Kim.
- Heft-Nr. 398/2001** – „Polare Stratosphärenwolken und mesoskalige Dynamik am Polarwirbelrand“, von Marion Müller.
- Heft-Nr. 399/2001** – „North Atlantic Deep Water and Antarctic Bottom Water: Their Interaction and Influence on Modes of the Global Ocean Circulation“, by Holger Brix.
- Heft-Nr. 400/2001** – „The Expeditions ANTARKTIS XVIII/1-2 of the Research Vessel 'Polarstern' in 2000“ edited by Victor Smetacek, Ulrich Bathmann, Saad El Naggar.
- Heft-Nr. 401/2001** – „Variabilität von CH₂O (Formaldehyd) - untersucht mit Hilfe der solaren Absorptionsspektroskopie und Modellen“ von Törsten Albrecht.
- Heft-Nr. 402/2001** – „The Expedition ANTARKTIS XVII/3 (EASIZ III) of RV 'Polarstern' in 2000“, edited by Wolf E. Arntz and Thomas Brey.
- Heft-Nr. 403/2001** – „Mikrohabitatansprüche benthischer Foraminiferen in Sedimenten des Südatlantiks“, von Stefanie Schumacher.
- Heft-Nr. 404/2002** – „Die Expedition ANTARKTIS XVII/2 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 2000“, herausgegeben von Jörn Thiede und Hans Oerter.
- Heft-Nr. 405/2002** – „Feeding Ecology of the Arctic Ice-Amphipod *Gammarus wilkitzkii*. Physiological, Morphological and Ecological Studies“, by Carolin E. Arndt.
- Heft-Nr. 406/2002** – „Radiolarienfauna im Ochotskischen Meer - eine aktuopaläontologische Charakterisierung der Biozönose und Taphozönose“, von Anja Nimmergut.

* vergriffen/out of print.

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