

**Verteilung von Mikroplankton-Organismen  
nordwestlich der Antarktischen Halbinsel  
unter dem Einfluß sich ändernder Umwelt-  
bedingungen im Herbst**

**Distribution of microplankton organisms  
north and west of the Antarctic Peninsula  
according to changing ecological condi-  
tions in autumn**

---

**HEINZ KLÖSER**



**Heinz Klöser**

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung  
Columbusstraße; 2850 Bremerhaven; Bundesrepublik Deutschland

Die vorliegende Arbeit ist die inhaltlich unveränderte Fassung einer Dissertation, die 1990 am Fachbereich II (Biologie/Chemie) der Universität Bremen angefertigt wurde. Einige Abschnitte wurden stilistisch leicht verändert.



## Inhaltsangabe

<b>Zusammenfassung</b>	1
<b>Summary</b>	2
<b>1. Einleitung</b>	5
<b>2. Material und Methode</b>	10
2.1. Untersuchungsgebiet	10
2.2. Probennahmen	12
2.3. Behandlung der Proben an Bord	16
2.4. Auswertung der hydrographischen Daten	16
2.5. Bearbeitung der Phytoplankton-Proben	17
<b>3. Ergebnisse</b>	23
3.1. Physikalische Bedingungen	23
3.1.1. Wetterbedingungen	23
3.1.2. Eisbedingungen	25
3.1.3. Hydrographie	27
Wassermassen	27
Strömungen	35
3.2. Photopigmente	37
3.3. Diatomeen	39
3.3.1. Taxonomische Anmerkungen	39
3.3.2. Autökologische Ergebnisse	44
Verbreitungsmuster	44
Spezielle Befunde	48
Vorkommen von Zellen in Teilung	48
Vorkommen von leeren Schalen	48
Vorkommen von Sporen	50
3.3.3. Synökologische Ergebnisse	55
Plankton	55
Solides Packeis	63
Unverfestigtes Neueis	64
3.4. Ciliaten	70
3.4.1. Taxonomische Anmerkungen	70
3.4.2. Autökologische Ergebnisse	76
3.4.3. Synökologische Ergebnisse	78
3.5. Übrige Organismen	82
3.5.1. Taxonomische Anmerkungen	82
3.5.2. Autökologische Ergebnisse	88
Verbreitungsmuster	88
Sporenbildung	91

3.6.	Kotballen	93
<b>4.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>95</b>
4.1.	Allgemeine Anmerkungen	95
4.2.	Ökologische Faktoren	95
4.2.1.	Lichtbedingungen	95
4.2.2.	Hydrographische Verhältnisse	98
4.2.3.	Eisbedingungen	100
4.2.4.	Zooplankton-Bestände	101
4.3.	Chlorophyll <i>a</i>	105
4.4.	Diatomeen	109
4.4.1.	Autökologische Betrachtungen	109
4.4.2.	Synökologische Betrachtungen	113
	Plankton	113
	Einfluß der Eisbildung	118
4.5.	Andere Organismen als Diatomeen	120
4.5.1.	Ciliaten	120
4.5.2..	Übrige Organismen	122
4.7.	Synopsis	124
<b>5.</b>	<b>Literatur</b>	<b>128</b>
<b>6.</b>	<b>Liste der verwendeten Abkürzungen</b>	<b>150</b>
<b>7.</b>	<b>Anhänge</b>	<b>151</b>
	Anhang 1: Hydrographische Profilschnitte	151
	Anhang 2: Verbreitung der Diatomeen	166
	Anhang 3: Vorkommen leerer Diatomeenschalen	206
	Anhang 4: Verbreitung der Ciliaten	216
	Anhang 5: Verbreitung der übrigen Organismen	231

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Ökologie des Mikroplanktons unter den Bedingungen des beginnenden Winters an der Antarktischen Halbinsel untersucht. Das Material wurde auf der Expedition ANT V/1 mit dem deutschen Forschungsschiff "Polarstern" im Mai und Juni 1986 gesammelt. Grundlage der Untersuchung waren Vergleiche der räumlichen Gradienten verschiedener ökologischer Parameter wie Lichtbedingungen, hydrographische Verhältnisse, Eisbedingungen und Zooplankton-Bestände mit den Verbreitungsbildern der einzelnen Organismen sowie der Verteilung des Chlorophyll-a-Gehalts. Aus den in diesen Vergleichen gefundenen Koinzidenzen wurden mögliche Ursachen und zeitliche Abläufe abgeleitet, die zu den beobachteten Verteilungen geführt haben könnten.

Die hydrographische Situation war geprägt durch in der Regel große Durchmischungstiefen und ein sehr weites Vordringen von Wasser aus dem Weddellmeer nach Norden und Südwesten. Auf dem südlichen Bellingshausensee-Schelf drang eine sehr kalte, salzarme Wassermasse nach Norden vor und führte zu einem von der Sommersituation abweichenden Strömungsmuster. Dieses Gebiet und der Bereich des Weddellmeerwassers war von Treibeis bedeckt.

Als steuernder Faktor für den Rückgang des Phytoplanktons erwies sich der in südliche Richtung zunehmende Lichtmangel, der gebietsweise durch Beschattung der sich ausbreitenden Eisdecke verstärkt wurde. Durch den Lichtmangel schien das Wachstum des Phytoplanktons so sehr herabgesetzt zu sein, daß Verluste, wie sie das ganze Jahr über durch Absinken oder durch Beweidung auftreten, nicht mehr ausgeglichen werden konnten. In dieser Situation schufen verschiedene hydrographische Prozesse kleinskalig stabilisierte Wasserkörper, die ein Fortbestehen relativ großer und artenreicher Phytoplanktonbestände unter ausreichenden Lichtbedingungen ermöglichten.

Es zeigte sich, daß die einzelnen Arten und Formen spezifische Verbreitungsmuster aufwiesen, die unterschiedliche Reaktionen auf die sich ändernden Umweltbedingungen und verschiedenartige Überwinterungsweisen erkennen lassen. So kommen in Abhängigkeit vom jeweiligen Organismus als Überwinterungsräume die offenen Hochseegebiete, bodennahe Schichten auf dem Schelf, oberflächennahe Schmelzwasserschichten am Eisrand, kleinräumige Wasserkörper im Schutz von Aushöhlungen der Eisschollen und das Interstitial des Meereises selbst in Betracht, für heterotrophe Formen auch die unter geschlossener Eisdecke liegende Wassersäule.

## Summary

This thesis describes the autumnal microplankton in the area north and west of the Antarctic Peninsula. Possible causes for the autumnal decline of the phytoplankton and specific strategies of winter survival are discussed. Samples were taken during the Expedition ANT V/1 with the ice-breaking RV "Polarstern" in May and June, 1986. The following results were obtained:

### 1. Biomass distribution

Chlorophyll *a* levels were low in May and June. The maximal value of 1.45 g/l only scarcely exceeded typical summer values of unproductive oceanic waters. The low levels can be explained by low irradiances combined with a mixing depth of 60 to 80 m.

A belt of somewhat elevated chlorophyll *a* values extended from Anvers Island along the northern coasts of the South Shetland Islands to Elephant Island. Higher values were also found in a small area around Deception Island in the southwestern Bransfield Strait. Within this zone of elevated chlorophyll *a* values several hydrographic structures as fronts, eddies and gyres, or melt water layers existed. These structures may have stabilized shallow water layers thus allowing a prolonged stay of phytoplankton close to the illuminated surface. Since diversity and equitability values were higher in this zone than in surrounding waters, elevated chlorophyll *a* values are not likely to have resulted from an autumnal bloom. The above-mentioned hydrographic structures may rather have slowed down the general decline of diverse phytoplankton stocks which previously commoner occurrence.

South of 64° S no elevated chlorophyll *a* values were found. Calculated irradiance values indicate, that even in the presence of favourable hydrographic conditions daily light input would be insufficient for phytoplankton growth.

### 2. Species distribution

The single species showed specific distribution patterns, of which most could be grouped into several basic patterns. Light climate, hydrography, sea ice influence, and grazing by zooplankton were considered as relevant ecological factors. The different distributional patterns apparently resulted from distinct responses to changing conditions. Several species have been found abundantly only in oceanic areas for example, while others prevailed in shelf areas. Another group of species was mainly



restricted to the marginal zone of the sea ice. Still another group was exclusively found in waters covered by dense pack ice. A mass-formation of resting spores of some *Chaetoceros spec.* and of Dinoflagellates at 64° S could have been induced by low light intensity.

According to the diverse distributional patterns different winter habitats are probable for the various species. These may be surface waters of the open ocean, water layers close to the bottom in shelf areas, melt water layers at the sea ice margin, small water bodies semi-enclosed in cavities and crevices of the sea ice and the interstitial of the sea ice itself. Besides, heterotrophic species may also overwinter in the ice-covered water column.

### 3. Communities

A cluster analysis was performed with data on the diatom counts. The obtained clusters agreed well with the hydrographical setting. For example, one cluster was restricted to cold water originating from the Weddell Sea with a cover of old, melting pack ice. Another was related to a very cold, less saline water mass with heavy sea ice formation in the southern Bellingshausen Sea. In waters free of sea ice, two clusters were confined to the oceanic Drake Passage. The first occupied most of the Drake Passage. The second one seemed to be a modification of the first in a parcel of Drake Passage water isolated by a front meander north of Elephant Island. The zone of elevated chlorophyll *a* levels with its complex hydrography formed a cluster of its own. Another cluster, confined to the ice-free parts of the northern Bellingshausen Sea, was very similar to the preceding and may have been altered by reactions to light deficiency was.

Another cluster analysis with ciliate data revealed a different pattern. This was not considered a contradiction, since heterotrophic, motile organisms like the ciliates were not expected to respond to ecological factors in the same way as the autotrophic, nonmotile diatoms.

### 4. Enrichment of diatoms in the course of sea ice formation

Diatom assemblages in samples of young, unconsolidated sea ice were different to those from corresponding water samples. The type of alteration seemed to be related to the type of the sea ice. Compared to the water column, frazil ice contained more or less the same number of species and a higher number of diatom cells with a smaller percentage of the small *Nitzschia cylindrus/pseudonana*, which was dominant in the water column.

Sheet ice contained a lower number of species and only very few cells with an enrichment of *Nitzschia cylindrus/pseudonana*. Possibly a mechanical enrichment process is lacking in the sheet ice formation. The presence of diatoms would then be due to active settlement and growth, thus favouring the species with the biggest initial population in the water column. In the frazil ice mechanical enrichment processes seemed at work. Presumably, frazil ice accumulated at the water surface is able to filter diatom cells from water seeping through the interstices. This process would result in dense concentrations with an increased retention of bigger cells and a considerable wash out of smaller ones.

## 1. Einleitung

Der den Antarktischen Kontinent umgebende Ozean wird als das größte einheitliche Ökosystem der Erde angesehen (Tranter, 1982; Hempel, 1985). Diese Einschätzung beruht wesentlich auf der zirkumpolaren Verbreitung der meisten antarktischen Planktonorganismen (Baker, 1954), die durch die Stromsysteme der nördlicheren Westwinddrift und der kontinentnahen Ostwinddrift bedingt ist (Abb. 1). Quer zu den vorherrschenden Strömungen werden allerdings Unterschiede in der Verteilung der Arten beobachtet. So gibt es zahlreiche Versuche, die Verteilung der Plankton-Organismen nach einer Zonierung in Nord-Süd-Richtung zu gliedern (z. B. Hustedt, 1958; Cassie, 1963; Beklemishev, 1964 a, 1964 b; Hasle, 1969; Fenner et al., 1976). Diese Versuche führen jedoch zu teilweise widersprüchlichen Aussagen. Beklemishev (1964 b) und Hasle (1969) weisen daraufhin, daß sich im Laufe der Jahreszeiten Zonen ähnlicher Umweltbedingungen weiträumig verschieben und die Verbreitungsge-

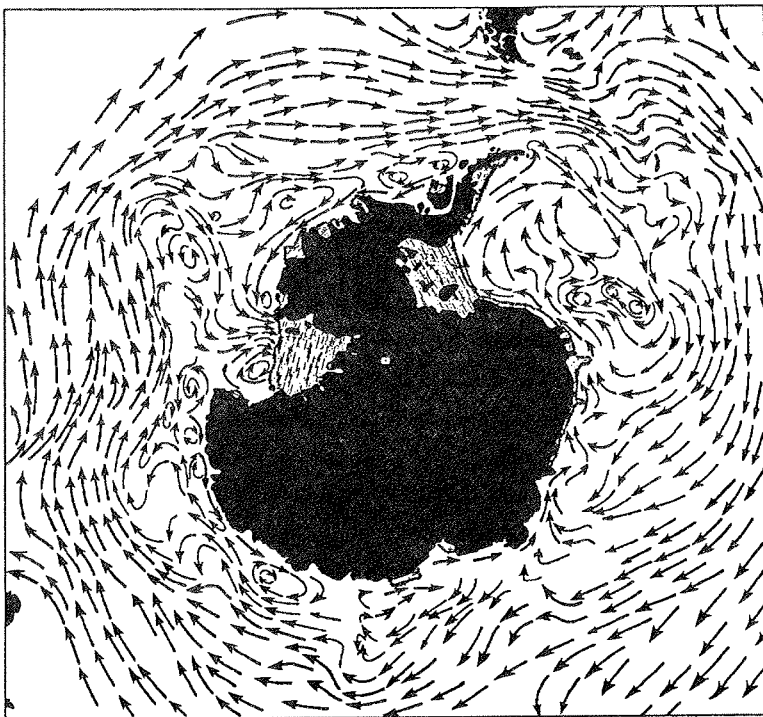


Abbildung 1: Strömungen im Antarktischen Ozean (nach Treshnikov in Foster, 1984). Die Ostwinddrift entlang der antarktischen Küste sowie die gegenläufige Strömung der Westwinddrift sind zu erkennen.

biote der Planktonorganismen sich entsprechend verlagern. Demnach könnten die voneinander abweichenden Auffassungen der einzelnen Autoren darauf zurückgehen, daß die Bindung der verschiedenen Organismen an bestimmte Umweltbedingungen und die jahreszeitliche Variabilität dieser Bedingungen nicht ausreichend berücksichtigt worden sind.

Die ökologischen Faktoren, die sich im Antarktischen Ozean in einem meridionalen Gradienten verändern, sind Einstrahlung und Eisbedeckung: Der für nördlichere geographische Breiten charakteristische Beleuchtungsgang mit Tag-Nacht-Rhythmus geht nach Süden in den polaren Wechsel von Dauerlicht im Sommer und Dauerdunkel im Winter über (Holm-Hansen et al., 1977; Ivanoff, 1977). Der winterliche Lichtmangel wird verstärkt durch die saisonale Eisbedeckung, die sich, ausgehend von 4 bis 5 Millionen Quadratkilometern ganzjährigen Packeises, auf eine Fläche von etwa 20 Millionen Quadratkilometern ausdehnt (Comiso und Zwally, 1984). Die Eisdecke reicht nach Norden weit bis in Breitenlagen, die auch im Winter noch Licht erhalten (Mackintosh und Herdman, 1940). Durch Abschirmung des verbleibenden Lichtes wird so die dunkle Meereszone zeitlich und räumlich erweitert (Bunt, 1964; Maykut und Grenfell, 1975; Palmisano und Sullivan, 1982; Whitaker, 1982).

Die bisher einzigen Arbeiten, in denen der vollständige Jahresgang des Phytoplanktons in antarktischen Hochseegebieten verfolgt wurde, stammen von Hart (1934, 1942). Er teilte die Seegebiete südlich der Antarktischen Konvergenz nach physikalischen Gesichtspunkten in drei Zonen ein, denen ein jeweils typisches Entwicklungsmuster des Phytoplanktons entsprach:

- Eine ganzjährig eisfreie nördliche Zone mit einer starken Bestandszunahme im Dezember und einer schwächeren im März oder April.
- Eine breite Übergangszone, die im Sommer eisfrei ist und im Winter unter Eis liegt. Die Bestandszunahme des Frühjahrs verschiebt sich in den Januar. Die herbstliche Bestandszunahme liegt im Mai und ist nur sehr schwach ausgeprägt.
- Eine südliche Zone mit ganzjährigem Vorkommen von Packeis. Hier gibt es nur eine einzige Bestandszunahme im Februar.

Außerdem entwickelte Hart (1934; 1942) eine ökologische Gruppierung der häufigeren Phytoplankter, die vorrangig die saisonal schwankenden Häufigkeiten der verschiedenen Arten zu Grunde legte. Obwohl er selbst dieses Schema lediglich als Ausgangspunkt für weitere Forschungen ansah (Hart, 1942), ist es heute immer noch als das einzige anerkannt, das neben der räumlichen auch der saisonalen Variabilität Rechnung trägt (Heywood und Whitaker, 1984; El-Sayed, 1988; Nöthig, 1988).

Seit den grundlegenden Arbeiten von Hart wurden ganzjährige Untersuchungen zum Jahresgang des Phytoplanktons nur noch kleinräumig von Landstationen aus durchgeführt (z.B. Whitaker, 1982; Krebs, 1983), während sich Hochsee-Expeditionen auf die für produktionsbiologische Fragestellungen entscheidenden Sommermonate konzentrierten (Holm-Hansen et al., 1977; Sakshaug und Holm-Hansen, 1984; El-Sayed, 1988). Wie sehr sich die daraus resultierende unzureichende Kenntnis der übrigen Jahreszeiten bemerkbar machen kann, geht aus im August und September 1985 durchgeführten Untersuchungen hervor, denen zufolge die bisherigen Schätzungen der Jahresprimärproduktion in der Antarktis um 25% nach oben korrigiert werden müßten (Kottmeier und Sullivan, 1987). Besonders dürftig ist der derzeitige Kenntnisstand über die Situation im Spätherbst und Frühwinter (El-Sayed, 1988). In diese Jahreszeit fiel die Expedition ANT V/1 von FS "Polarstern", in deren Verlauf auch das Mikroplankton untersucht wurde. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden in der vorliegenden Arbeit vorgestellt. Dabei wird versucht, auf die folgenden Fragen Antworten zu finden:

Gibt es eine herbstliche Phytoplanktonblüte an der Antarktischen Halbinsel? Während Whitaker (1982) bei Signy Island in drei aufeinanderfolgenden Jahren keine Herbstblüte feststellen konnte, berichten andere Autoren an der Antarktischen Halbinsel von hohen Phytoplankton-Beständen in den Monaten März bis Mai (El-Sayed et al., 1964; Hart, 1942; Krebs, 1983). Die Bildung von Herbstblüten wäre insofern erstaunlich, als dem antarktischen Phytoplankton ganzjährig Nährstoffe im Überschuß zur Verfügung stehen (Holm-Hansen et al., 1977; Jacques, 1983; Hayes et al., 1984; El-Sayed, 1984, 1988). Daher muß angenommen werden, daß niedrige sommerliche Bestände auf andere, die Bestandsgröße regulierende Faktoren wie geringe Stabilität der Wassersäule oder Beweidung durch Zooplankton zurückgehen. Ein herbstliches Anwachsen der Bestände wäre dann nur möglich, wenn einer dieser Faktoren in seiner Auswirkung nachläßt.

Lassen sich bei den einzelnen im Herbst vorkommenden Arten unterschiedliche Verhaltensweisen im Hinblick auf ihre Überwinterung feststellen? Während langlebige Organismen Jahreszeiten als periodische Schwankungen der Umweltverhältnisse erfahren, folgen bei Mikroorganismen im Laufe eines Jahres so viele Generationen aufeinander, daß jahreszeitliche Schwankungen auf die jeweilige Generation wie gerichtete Umweltveränderungen wirken. Reaktionen der Mikroplankter auf solche Umweltveränderungen wären demnach im Sinne einer Sukzession zu verstehen. Während Protozoen bisher kaum Beachtung gefunden haben, wird das Phytoplankton in der Literatur meist summarisch behandelt. Dabei werden Ergebnisse physiologischer Un-

tersuchungen an einzelnen Arten häufig als Beispiel für das Verhalten des Phytoplanktons als Ganzes aufgefaßt. Verschiedene Autoren haben Verhaltensweisen beschrieben, die möglicherweise als Anpassung an den im Herbst einsetzenden Lichtmangel geeignet erscheinen:

- Senkung der Respirationsrate (Bunt und Lee, 1972; Heywood und Whitaker, 1984; Tilzer und Dubinsky, 1987)
- Steigerung des Gehalts an Chlorophyll *a* pro Zelle bei Schwachlicht (Rivkin und Voytek, 1987)
- Übergang zu heterotropher Lebensweise (Bunt und Lee, 1972; Sullivan et al., 1985; Rivkin und Putt, 1987)
- Ausbildung von Ruhestadien (Bunt und Lee, 1972; Hollibaugh et al., 1981; Garrison, 1984; Doucette und Fryxell, 1985; Smetacek, 1985)
- Anreicherung organischer Reservestoffe (Palmisano und Sullivan, 1982; Doucette und Fryxell, 1985; Sakshaug und Holm-Hansen, 1986).

Die drei ersten der aufgelisteten Mechanismen könnten den Phytoplanktern erlauben, unter ungünstiger werdenden Umständen aktiv zu bleiben, während die beiden anderen auf passives Überdauern abzielen. Dies läßt darauf schließen, daß die Planktonalgen keine einheitliche "optimale" Überwinterungsstrategie besitzen, sondern je nach Art unterschiedliche Wege entwickelt haben, um den Winter zu überstehen.

Wo überwintern die einzelnen Arten? Hart (1942) nannte in seiner Einteilung eine Reihe von Arten, die im Vergleich zu anderen Arten im Herbst oder im Winter stärker hervortreten. Danach könnte man vermuten, daß im fortschreitenden Jahresgang Arten, die auf sommerliche Bedingungen angewiesen sind, allmählich verschwinden und möglicherweise durch stärker an winterliche Bedingungen angepaßte Arten ersetzt werden. Diese Sichtweise läßt aber offen, wie das regelmäßige Wiedererscheinen der einzelnen Arten zu den für sie günstigen Jahreszeiten gewährleistet wird. Denkbar ist sowohl, daß Jahr für Jahr im Frühjahr von Stammpopulationen in nördlicheren Seegebieten mit im Winter erträglicheren Bedingungen ausgehend die südlicheren Seegebiete neu besiedelt werden, als auch, daß im jeweiligen Seegebiet kleine Restbestände verbleiben. Sie könnten als sogenannte fugitive Populationen in der Wassersäule existieren oder in speziellen Refugien, zum Beispiel dem Interstitial des Meereises, überdauern. In beiden Fällen könnten die Populationen aktiv bleiben oder in Form von Ruhestadien vorliegen. In der Literatur wird auf die Bedeutung des Meereises als Überwinterungsbiotop für planktische Organismen hingewiesen (Garrison und Buck, 1985; Smith, 1987; Bartsch, 1989). Alternative Überwinterungsweisen, wie das Überdauern abgesunkener Zellen in tieferen Wasserschichten (Doucette und Fryxell, 1985; Smetacek, 1985), werden nur selten in Betracht gezogen.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, die an der Antarktischen Halbinsel im Mai und Juni 1986 gefundenen Verteilungen der verschiedenen Formen des Phytoplanktons und Protozooplanktons in Abhängigkeit von Lichtbedingungen, hydrographischen Verhältnissen, Eisausbreitung und Beweidung durch Zooplankton zu erklären.

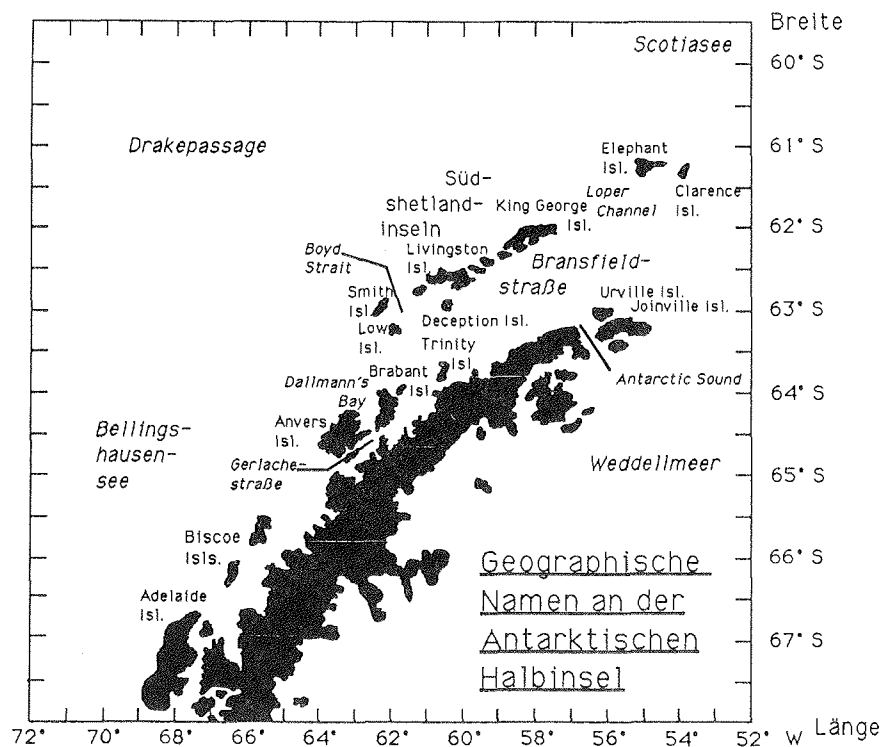


Abbildung 2: Geographische Namen an der Antarktischen Halbinsel. Die Namen der Inseln sind in Standardschrift, die der Seegebiete in Kursivschrift wiedergegeben.

## 2. Material und Methode

### 2.1. Untersuchungsgebiet

Das Material für die vorliegende Arbeit stammt aus den Seegebieten nördlich und westlich der Antarktischen Halbinsel und wurde auf der Expedition ANT V/1 mit FS "Polarstern" gewonnen.

Am Nordende der Antarktischen Halbinsel treffen die Strömungen der Westwinddrift und das Wasser aus dem Weddellmeer aufeinander. Bedingt durch die Vielfalt der untermeerischen Topographie im Norden der Halbinsel bilden sich hier komplizierte Strömungsmuster aus.

Während der Halbinsel im Südwesten breite Schelfgebiete vorgelagert sind, öffnet sich in der Gerlache- und Bransfieldstraße ein Graben, der die Halbinsel von einem Schelfrücken trennt, dem die Südshetlandinseln aufsitzen. Dieser Schelfrücken verläuft zunächst von Anvers und Brabant Island über Low und Smith Island nach Norden und schließlich von Smith Island bis Elephant Island parallel zur Halbinsel. Nach



Nordosten laufen der Schelfrücken und die untermeerische Fortsetzung der Halbinsel wieder zusammen und bilden den Scotiarücken.

In der Bransfieldstraße fällt der Meeresgrund auf über 1500m ab und erreicht südlich von Elephant Island eine maximale Tiefe von 2600m. Dieser Graben ist jedoch kein durchgängiges Gebilde, sondern wird durch mehrere quer zu den Höhenrücken verlaufende Schwellen in eine Serie von isolierten Becken gegliedert, so daß der Austausch von Tiefenwasser zwischen den einzelnen Seegebieten behindert wird und die größeren Tiefen von durch lokale Absinkvorgänge gebildetem, sehr kalten Tiefenwasser gefüllt sind (Clowes, 1934; Gordon und Nowlin, 1978; Stein, 1986).

Das Wasser aus dem Weddellmeer (**WSW**) dringt durch den Antarctic Sound zwischen Joinville Island und der Nordspitze des Festlandes in die Bransfieldstraße ein und breitet sich entlang der Festlandsküste nach Südwesten aus (Clowes, 1934; BIOMASS, 1983; Grelowski und Tokarczyk, 1985; Stein, 1988). Wenn es auf das Wasser des nach Nordosten setzenden Stroms der Westwinddrift (**SPSW**) trifft, ändert das **WSW** die Richtung und strömt ebenfalls nach Nordosten ab, wobei sich auf Grund der unterschiedlichen Eigenschaften der Wassermassen zwischen **SPSW** und **WSW** eine Front ausbildet (Clowes, 1934; Stein, 1988). Dies geschieht meist innerhalb der Bransfieldstraße, in die das **SPSW** durch die Boyd Strait zwischen Low und Livingston Island eindringt und sie im Bereich von Elephant Island wieder verläßt (Clowes, 1934; Mandelli und Burkholder, 1966; Schröder, 1983; Stein und Rakusa-Suszczewski, 1983; Kelly et al., 1985; Kelly und Blanco, 1986; Stein, 1988). Allerdings kann sich die Lage dieser Front über größere Räume verschieben: Bisweilen wurde sie in der Drake Passage nordwestlich der Südshetlandinseln nachgewiesen (BIOMASS, 1983; Grelowski und Tokarczyk, 1985). In beiden Fällen geht diese Front schließlich nach Nordosten in ein Frontensystem ("Weddell-Scotia Confluence") über, das sich über dem Scotiarücken zwischen **WSW** und **SPSW** entwickelt (Deacon und Moorey, 1974; Deacon und Foster, 1976; Patterson und Sievers, 1980; Stein, 1981).

Auf dem Bellingshausensee-Schelf setzt die durch die Antarktische Halbinsel und das Weddellmeer unterbrochene, küstennahe Ostwinddrift wieder ein, wobei der Ausgangspunkt in der Nähe von Anvers Island beobachtet wurde (Kelly et al., 1985; Heywood und Priddle, 1987; Stein, 1988).

Weitere hydrographische Strukturen bestehen in Auftriebsgebieten entlang der Küste (Sievers, 1982) sowie in quasistationären Mäanderbildungen im Bereich von Elephant Island, südöstlich King George Island, südwestlich Deception Island und im Kontakt der

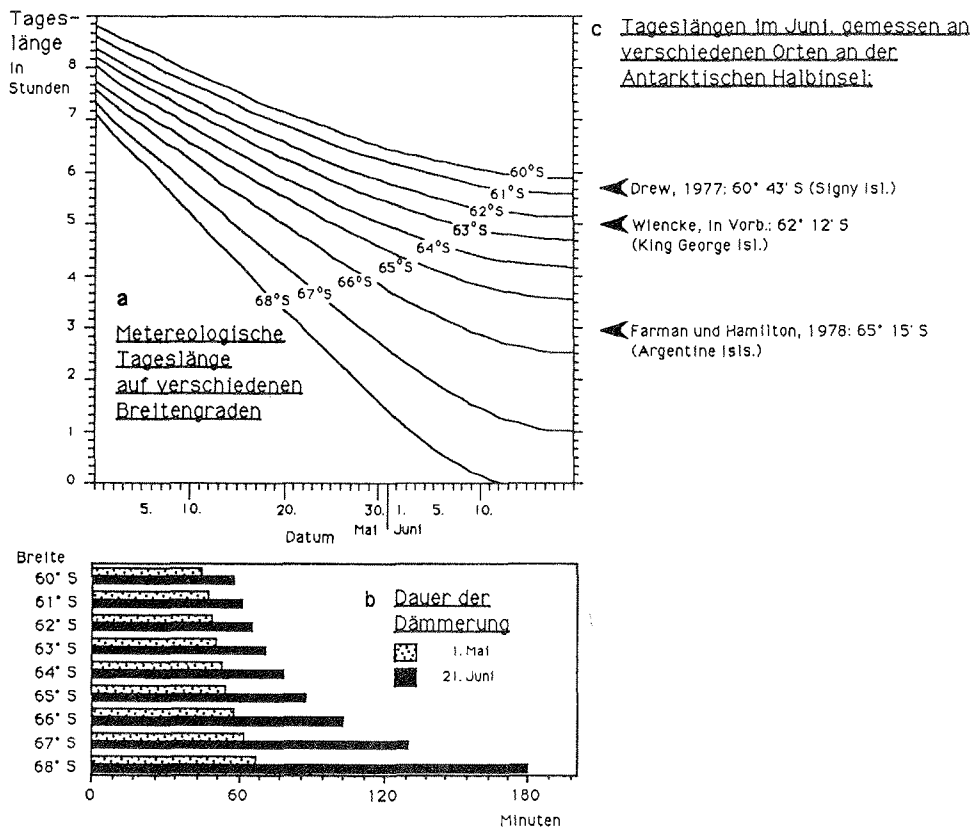


Abbildung 3: Lichtbedingungen im Untersuchungsgebiet:

a) Tageslänge nach meteorologischer Definition (List, 1951).

b) Dauer der bürgerlichen Dämmerung am 1. Mai und am 21. Juni (List, 1951).

c) Messwerte der minimalen Tageslänge nach verschiedenen Autoren.

Theoretisch sollte südlich des Polarkreises (66° 33' S) im Winter kein Tageslicht vorkommen. In der himmelsmechanischen Definition gilt als Sonnenuntergang der Moment, in dem das Zentrum der Sonnenscheibe den Horizont berührt. Die Sonneneinstrahlung endet jedoch erst, wenn die Oberkante der Sonnenscheibe unter den Horizont sinkt. Zu diesem Zeitpunkt steht das Zentrum der Sonnenscheibe bereits 50' unter dem Horizont (List, 1951). Entsprechend dehnt sich der Bereich, der im Winter noch Tageslicht erhält, nach Süden über den Polarkreis hinaus aus.

Ostwinddrift mit der Westwinddrift auf dem Bellingshausensee-Schelf (Clowes, 1934; Kelly und Blanco, 1986; Heywood und Priddle, 1987; Stein, 1988).

Die Expedition fand in den Wochen vor der Wintersonnenwende (21. Juni) statt, so daß die Einstrahlung mit zunehmend südlicherer Breite stark eingeschränkt war (Abb. 3).

## 2.2. Probennahmen

Die Probennahmen begannen am 14. 5. 1986 mit Station 025 auf 60°00' S und 54°00' W und endete am 5. 6. 1986 mit Station 133 auf 66° 47' S und 70° 27' W (Abb. 4, Tab. 1).

Auf 73 Stationen wurden Wasserproben genommen. Die Beprobung erfolgte mit einem Rosettenwasserschöpfer, der mit 12-Liter-Niskinflaschen bestückt war und eine Neil-Brown-Multisonde zur Messung der physikalischen Parameter mitführte. Die Bedienung des Wasserschöpfers und die Aufzeichnung der hydrographischen Daten führte B. Schillat (Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg) aus.

Beim Fieren des Wasserschöpfers wurden Druck, Temperatur (*in situ*) und Leitfähigkeit gemessen. Aus diesen Daten wurden automatisch Salzgehalt, potentielle Temperatur, Dichte, Schallgeschwindigkeit,  $\sigma_t$  und  $\Sigma\Delta D$  (ein Maß für die Bewegungsenergie des Wassers) berechnet. Verlässlichkeit der ermittelten Daten ist bis  $\pm 0,01$  gegeben (Stein, pers. Mitteilung).

Für die phytoplanktologischen Untersuchungen wurden beim Hieven des Wasserschöpfers auf jeder Station Proben aus Standardtiefen von 5 m, 10 m, 25 m, und 50 m genommen. Oberflächenwasser wurde mit einem Eimer an Deck geholt. Die Beschränkung der Probennahme auf die oberen 50 m Wassersäule war nötig, weil während der Expedition Ant V/1 das durch BIOMASS-FIBEX und BIOMASS-SIBEX vorgegebene Stationsnetz in einer nur wenige Wochen umfassenden Zeit absolviert werden mußte. Daher hätte die Aufbereitung umfangreicherer Proben bis zur jeweils nächsten Station nicht bewältigt werden können. Da das Untersuchungsgebiet geographisch sehr vielgestaltig ist und nicht bekannt war, wo in diesem Gebiet mit welchen jahreszeitlichen Phänomenen zu rechnen war, wurde einer möglichst flächendeckenden Beprobung weniger Tiefen Vorrang eingeräumt gegenüber einer Probennahme auch in größeren Tiefen auf einer eingeschränkten Zahl von Stationen.

Um auch solche Formen berücksichtigen zu können, die auf Grund ihrer geringen Anzahl nur gelegentlich in nicht repräsentativer Weise in den Wasserschöpferproben auftreten, wurden auf 41 Stationen Vertikalhols über 30 m Tiefe mit dem Apsteinnetz durchgeführt (Maschenweite 10  $\mu\text{m}$ ). Dazu kam auf 33 Stationen eine Beprobung der Wasseroberfläche mit dem Neustonnetz (Maschenweite 45  $\mu\text{m}$ , Sammeltiefe in Abhängigkeit von der Wellenbildung  $\approx 30$  cm).

Auf 10 Stationen war es möglich, Eisproben zu nehmen (teilweise bereits auf der Rückfahrt: Tabelle 2). Die Eisproben waren nicht einheitlich in ihrer Beschaffenheit: Unverfestigte Eiskristalle wurden auf den Stationen 083, 085, 129, 133 und 139 gesammelt. Die meisten Proben entstammten augenscheinlich sehr dünnen Eisbreiflächen. Nur auf Station 085 erreichte die Eisbreidecke eine größere Schichtdicke, so daß hier auch Interstitialwasser beprobt werden konnte. Auf den Stationen 106 und 136

Tabelle 1: Probennahme auf den einzelnen Stationen (ohne Eisproben).  
R = Rosettenwasserschöpfer, O = Oberflächenwasserprobe, A = Apsteinnetz,  
N = Neustonnetz, - = Nur hydrographische Daten aufgenommen.

Station	Probe	Station	Probe
25	RA	93	ROAN
27	R	94	ROAN
29	R	95	ROAN
31	RO	96	R
33	A	97	R
35	-	98	R
37	R	99	RAN
39	R	100	RN
41	-	101	ROAN
43	R	102	ROAN
46	RA	103	N
48	R	104	ROAN
50	R	105	ROAN
52	R	106	RON
54	R	107	N
56	AN	109	ROA
58	RO	110	-
63	RO	111	ROAN
65	ROA	112	AN
67	ROA	113	R
68	ROAN	114	R
70	ROA	115	-
72	RO	116	RN
74	ROAN	117	R
76	RO	118	RN
77	ROA	119	ROAN
78	R	120	ROAN
79	ROA	121	ROA
80	RO	122	RN
81	RON	123	ROAN
83	ROA	124	ROAN
84	RA	125	ROAN
85	ROE	126	ROAN
86	N	127	R
87	N	128	ROA
88	AN	129	RO
89	ROA	130	ROA
90	ROAN	131	R
91	ROAN	132	R
92	RAN	133	ROA

wurden Oberflächenhäute aus Eis ("sheet ice") beprobt. Unverfestigte Pfannkuchen wurden an den Stationen 085, 088 und 106 gesammelt. Auf Station 106 waren Pfannkuchen geringerer (Pfannkuchen I) und stärkerer Festigkeit (Pfannkuchen II) vorhanden. Eine besondere Situation herrschte auf Station 088: Hier wurde eine Decketreibender Pfannkuchen von aufkommendem Starkwind in Bewegung gesetzt. Die

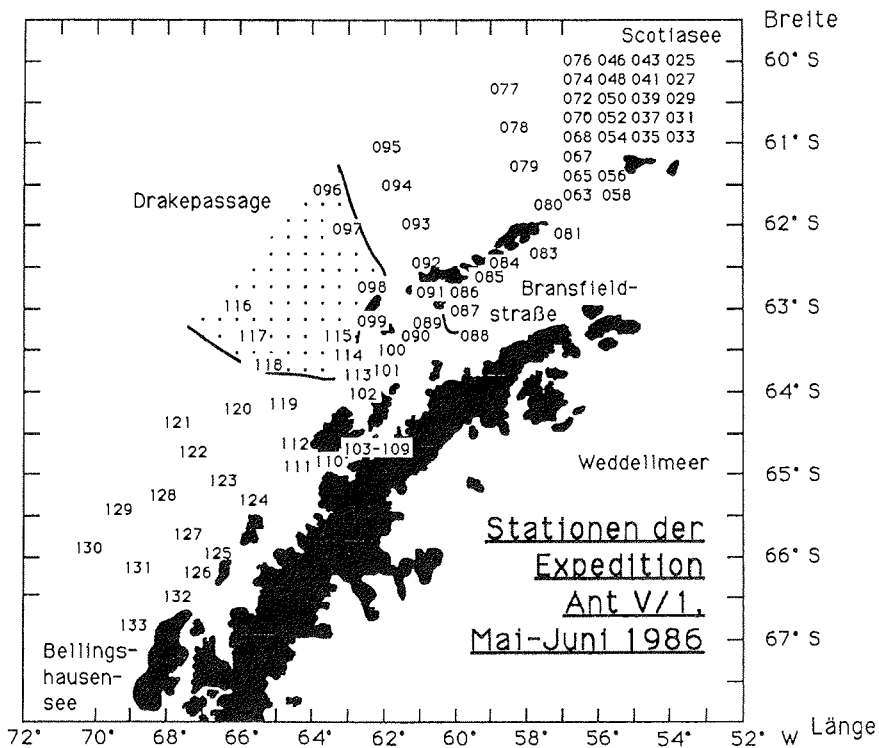


Abbildung 4: Stationen der Expedition Ant V/1. Die Stationsnummern geben die zeitliche Reihenfolge der Probennahme wieder. Die gerasterte Fläche zeigt, wo aufgrund stürmischen Wetters die Probennahme eingeschränkt werden mußte.

Pfannkuchen besaßen in Bewegungsrichtung grün-braun gefärbte Ränder. Es wurden sowohl diese gefärbten Ränder als auch die ungefärbten Partien beprobt. Die bisher beschriebenen Proben wurden von einem Schlauchboot aus unter möglichst geringer

Tabelle 2: Übersicht über die einzelnen Eisproben.

Station	Breite	Länge	Eisart
33	61° 00' S	54° 16' W	Braun gefärbtes, schmelzendes Festeis
83	62° 22' S	58° 15' W	Neugebildete, lose Eiskristalle
85	62° 40' S	59° 20' W	Neugebildete, lose Eiskristalle und unverfestigte Pfannkuchen, Interstitialwasser
88	63° 05' S	60° 38' W	Unverfestigte Pfannkuchen
106	64° 33' S	62° 37' W	Neugebildete Eishaut und unverfestigte Pfannkuchen
124	65° 23' S	66° 08' W	Leicht braun gefärbtes Festeis
129	65° 32' S	70° 00' W	Neugebildete, lose Eiskristalle
133	66° 47' S	68° 56' W	Neugebildete, lose Eiskristalle
136	65° 43' S	67° 07' W	Neugebildete Eishaut
139	60° 51' S	55° 46' W	Neugebildete, lose Eiskristalle

Verwirbelung des umgebenden Wassers mit einer flachen Schöpfkelle genommen. Auf Station 033 wurden Stücke von braun gefärbtem, wässrigem, schmelzendem Eis und auf Station 124 von hartem, schwach gefärbtem Eis mit einem Hammer abgeschlagen.

### 2.3. Behandlung der Proben an Bord

Die Wasserproben wurden unmittelbar nach Entnahme geteilt:

- Von jeder Probe wurden 3 Unterproben (jeweils 250 ml) für die spätere mikroskopische Bearbeitung fixiert, und zwar wegen der unterschiedlichen Haltbarkeit der einzelnen Organismen (Thronsen, 1978) je eine mit neutral gepuffertem Formaldehyd, mit essigsauerm Formaldehyd beziehungsweise Jod/Jodkali-Lösung (Lugol'sche Lösung). Die Endkonzentration der Formaldehyd-Fixierungen betrug etwa 1%.
- Je Probe wurden 2 mal 1 Liter für spätere Chlorophyll-*a*-Messung abgefiltert (Whatman, GF/C-Filter). Die Filter wurden bis zur Messung (ca. 3 Monate später) bei etwa -70° C Temperatur aufbewahrt.

Die Fänge aus dem Apsteinnetz (3 Parallelfänge) wurden auf die gleiche Weise wie die Wasserproben fixiert. Es wurde allerdings bei der Formolfixierung aufgrund der höheren Konzentration der Organismen in den Proben eine Endkonzentration von 5% gewählt. Bei den Neustonfängen (2 Parallelproben) wurde auf die essigsaurer Formaldehydfixierung verzichtet.

In unregelmäßigen Abständen, jedoch mindestens einmal pro Tag, wurde ein zusätzlicher Apsteinnetzfang für Lebendbeobachtungen genommen. Diese Proben wurden in einem Kühlcontainer bei 0° C aufbewahrt, wo dann nach Ende des jeweiligen Tagesprogramms die mikroskopischen Beobachtungen stattfanden. Dazu wurde ein Zeiss-Mikroskop mit Differential-Interferenz-Kontrast-Einrichtung benutzt und Hohlschliff-Objekträger verwendet.

Die Eisproben wurden jeweils halbiert. Die eine Hälfte wurde als Kontrolle bei -35° C eingefroren, die andere in Dunkelheit bei +1° C  $\pm$ 0,5° C aufgetaut und wie die Wasserproben konserviert. Ein Teil des aufgetauten Eises wurde ebenfalls für Lebendbeobachtungen benutzt.

### 2.4. Auswertung der hydrographischen Daten

Die Darstellungen von Wetter- und Eisbedingungen beruhen auf den Angaben in den

Stationsprotokollen von Bord, den meteorologischen Daten des Deutschen Wetterdienstes, Seewetteramt Hamburg, und Angaben im Expeditionsbericht (Ochsenhirt und Richter, 1987; Sahrhage, 1987) sowie eigenen Aufzeichnungen.

Die hydrographischen Rohdaten, Salzgehaltskorrekturen und die für die Auswertung benötigte Computer-Software wurde von Dr. M. Stein (Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg) für die weitere Auswertung zur Verfügung gestellt.

Für jede Station wurde die potentielle Temperatur gegen den Salzgehalt aufgetragen. Diese Temperatur-Salzgehalts-Diagramme (TS-Diagramme) dienten der Gliederung der im Untersuchungsgebiet angetroffenen Wasserkörper. Für Temperatur (*in situ*), Salzgehalt und Dichte ( $\sigma_t$ ) wurden serielle Profilschnitte erstellt. Diese Profilschnitte bildeten die Basis für Analyse und Interpretation der hydrographischen Strukturen. Um einen Überblick über die Dynamik des Wassers zu gewinnen, wurde das geostrophische Strömungsmuster ermittelt. Dazu wurden die Werte der Größe  $\Sigma\Delta D$  für das Tiefenniveau von 200 dbar in eine Karte eingetragen. Dieses Kartenbild stellt die dynamische Topographie der Meeresoberfläche im Bezug auf eine als stromlos angenommene Wasserschicht in 200 m Tiefe dar. Aus den Abweichungen dieser Topographie gegenüber einer ebenen Meeresoberfläche lassen sich die geostrophischen Strömungen als Ausgleichsbewegungen ableiten (Dietrich et al., 1975).

#### 2.5. Bearbeitung der Phytoplankton-Proben

Chlorophyll-*a*-Messungen für alle beprobten Tiefen wurden nach den Angaben von Evans und O'Reilly (1966) durchgeführt. Die eingefrorenen Filter wurden in Aceton (Konzentration 90%) in einer Zelmühle homogenisiert. Das Homogenat wurde zentrifugiert. Der klare Überstand wurde in einem Turner-Fluorometer (Gamma-Analysen-Technik TD 10-005) gemessen. Ermittelt wurden die Gehalte von Chlorophyll *a* und nach Ansäuerung mit HCl von Phaeopigmenten.

Die mikroskopische Bearbeitung erfolgte nach Utermöhl (1958) und Hasle (1978 a, b). Sie umfaßte die Wasserschöpferproben aus 0 m, 10 m und 50 m Tiefe sowie alle Netz- und Eisproben. Von den Eis- und Wasserschöpferproben wurden einheitlich jeweils 50 ml-Unterproben in Sedimentierkammern angesetzt. Nach 2 bis 3 Tagen Sedimentierdauer kamen diese Proben zur Auszählung unter dem Umkehrmikroskop (Zeiss IM 35) mit Differential-Interferenz-Kontrast und Photoeinrichtung (Olympus OM2). Die Netzproben wurden je nach Konzentration des Planktons ohne vorherige Anreicherung oder nach Sedimentation in 10 ml-Kammern mikroskopiert.

Sie dienten dem qualitativen Nachweis seltenerer Formen.

Die Organismen wurden nach Möglichkeit bis zur Art bestimmt, doch waren bei verschiedenen Organismengruppen erhebliche Einschränkungen nötig (Vergleiche Abschnitte 3.3.1., 3.4.1. und 3.5.1.). Der Bestimmung der Organismen dienten folgende Werke:

- Diatomeen:

Cleve, 1900; Karsten, 1905; Van Heurck, 1909; Mangin, 1915; Peragallo, 1921; Heiden und Kolbe, 1928; Hendey, 1937; Mann, 1937; Frenguelli und Orlando, 1958; Hustedt, 1958; Manguin, 1960; Hasle, 1964, 1965 a, b; Fenner et al., 1976; Krebs, 1983; Johansen und Fryxell, 1985; Priddle und Fryxell, 1985; Sundström, 1986; Hasle und Semina, 1987; Hasle et al., 1988;

- Flagellaten:

Schiller, 1933, 1937; Balech, 1958; Balech und El-Sayed, 1965; Hada, 1970; Balech, 1973, 1976; Thronsen, 1980; Buma et al., 1989;

- Sarcodina:

Popofsky, 1908; Schröder, 1908, 1912; Meyer, 1933; Riedel, 1958; Morley und Stepien, 1985;

- Ciliaten:

Laackmann, 1909; Kofoid und Campbell, 1929; Kahl, 1930 - 1935; Balech, 1958; Hada, 1960; Balech und El-Sayed, 1965; Hada, 1970; Fenchel und Lee, 1972; Thompsen, 1972; Balech, 1973; Tuffrau, 1974; Thompsen und Croom, 1978; Corliss, 1979; Maeda und Carey, 1985; Corliss und Snyder, 1986;

- Protozoen, verschiedene Gruppen:

Boltovskoy, 1981; Lee et al., 1985;

- Sporen:

Silver et al., 1980; Buck und Garrison, 1983; Anderson et al., 1985; Nishida, 1986; Takahashi et al., 1986.

Gezählt wurden alle einzelligen Organismen, sowie Cysten, Kotballen und leere Diatomeenschalen. Da beim Auftauen der Eisproben zartere Zellen geplatzt sein konnten, wurden in diesen Proben nur Diatomeen gezählt.

Die Zählung erfolgte in zwei Schritten: Zuerst wurden bei 400-facher Vergrößerung das Nanoplankton (< 5 µm bis 15 µm) ausgezählt, dann bei 160-facher Vergrößerung das Mikroplankton (> 15 µm). Je nach Konzentration der Proben wurde in beiden Fällen eine variable Anzahl von Zählstreifen bearbeitet (Hasle, 1978 b). Dabei wurden in jedem Schritt mindestens insgesamt 400 Zellen gezählt, so daß ein geringer



Fehlerbereich gewährleistet war (Lund et al., 1958; Venrick, 1978). In einem dritten Durchgang wurden die Arten, von denen jeweils weniger als 20 Individuen gezählt worden waren, in der gesamten Zählkammer bei 160-facher Vergrößerung erfaßt.

Um zu verlässlichen Zählergebnissen zu kommen, muß sich die Dichte der Partikel auf dem Boden der Zählkammer in einem geeigneten Bereich bewegen, der durch Konzentration der Probe in Sedimentierkammern unterschiedlicher Volumina reguliert werden kann. Je größer das Volumen der Sedimentierkammer jedoch ist, desto stärker treten Randeffekte auf, die durch Adhäsion von Zellen an der Kammerwand bedingt sind (Passow, 1990). Die Zellen fehlen dann in der absedimentierten Probe auf dem Kammerboden, so daß es zu Unterschätzungen der tatsächlich vorhandenen Zellzahlen kommt. Bei Verwendung unterschiedlicher Sedimentierkammern wird außerdem die Vergleichbarkeit der Proben untereinander beeinträchtigt. Dem wurde in dieser Arbeit in folgender Weise Rechnung getragen: Auf Grund einer der Orientierung dienenden Zählreihe wurde das oben beschriebene Zählschema für alle quantitativ zu bearbeitenden Proben festgelegt. Die Festlegung des Kammervolumens auf einheitlich 50 ml vermeidet nicht die Unterschätzung der absoluten Zellzahlen, gewährleistet aber, daß dieser Fehler in allen Proben in gleicher Weise wirksam wird und daher die Proben miteinander vergleichbar bleiben.

Die erhaltenen Zählergebnisse wurden in Zellzahlen pro Liter umgerechnet und im Falle der Wasserproben über die oberen 50 m Wassersäule integriert. Diese Berechnungen wurden auf einem Personal Computer durchgeführt. Die integrierten Werte dienten der Erstellung von Verbreitungskarten für die einzelnen Arten. Durch Vergleich dieser Karten wurden alle Organismen in Gruppen von Verteilungsmustern eingeordnet. Die Karten beruhen auf einmaligen Probennahmen und sind quasisynoptisch, da zwischen den Probennahmen im Norden und im Süden mehrere Wochen liegen. Die dargestellten Verteilungen dürfen daher nur im Spiegel der augenblicklich herrschenden Umweltverhältnisse interpretiert werden. Eine biogeographische Bedeutung oder eine Repräsentanz über den Untersuchungszeitraum hinaus kommt ihnen nicht zu. Im Folgenden bezieht sich der Ausdruck "Gruppe" immer auf die oben definierten Verbreitungsmuster. Diesem undifferenzierten Begriff wurde der Vorzug vor detaillierteren Bezeichnungen wie Verbreitungstyp oder Ökotyp gegeben, um Mißverständnisse zu vermeiden.

Die integrierten Daten von Diatomeen und Ciliaten wurden für Clusteranalysen benutzt (Programm "Gemeinschaftsanalyse": Piepenburg, 1987). Foraminiferen und Radiola-

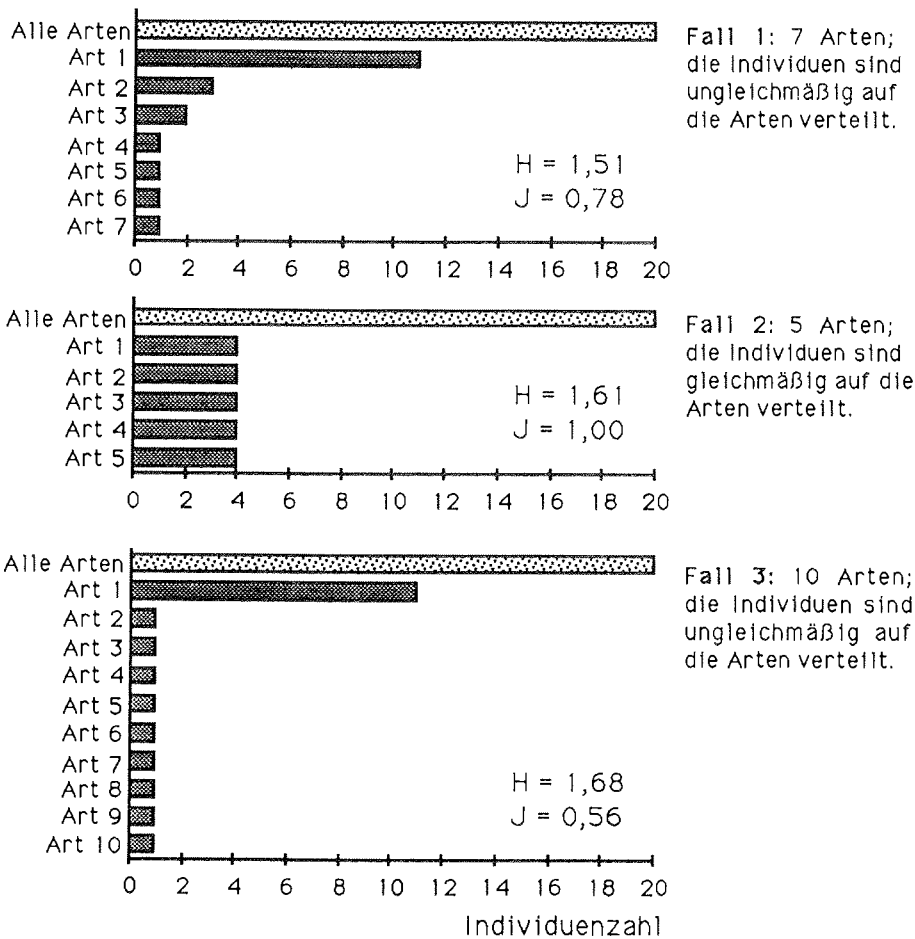


Abbildung 5: Theoretisches Beispiel für den Zusammenhang von Artenreichtum, Diversität und Äquität: Obwohl in Fall 2 weniger Arten als in Fall 1 auftreten, ist die Diversität (H) höher als in Fall 1, weil die Individuen gleichmäßig auf die Arten verteilt sind und die Äquität (J) ihren Höchstwert einnimmt. In Fall 3 ist die Äquität niedriger als in Fall 1; trotzdem ist die Diversität angestiegen, da mehr Arten vorkommen als in Fall 1. Die Summe der Individuen aller Arten beträgt in allen drei Fällen 20.

rien waren für eine statistische Bearbeitung zu selten. Die Flagellaten mußten unberücksichtigt bleiben, weil die bei ihnen besonders starken Einschränkungen der Bestimmungsmöglichkeiten zu taxonomischen Kategorien führten, die hierarchisch nicht gleichrangig und daher statistisch nicht vergleichbar waren. Die Daten der Diatomeen und Ciliaten wurden getrennt analysiert. Dem liegt die Überlegung zu Grunde, daß die andersartige Lebensweise der Diatomeen und Ciliaten zu unterschiedlichen Kombinationen führen könnte. Als Distanzmaß wurde die Euklidische Distanz verwendet, so daß nicht nur die Anwesenheit der einzelnen Arten, sondern auch ihre

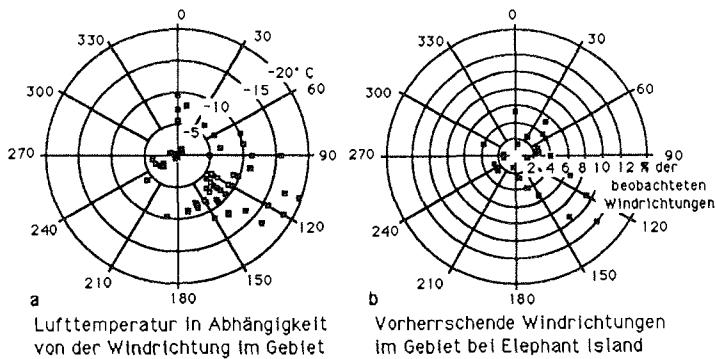
Häufigkeit berücksichtigt wurde. Als Agglomerationsverfahren wurde die "Weighted Group Average Method" (Zupan, 1982) gewählt. Als Signifikanzgrenze wurde die Hälfte der jeweils maximal festgestellten Distanz angenommen. Da die ermittelten Cluster nur Teile der Mikroplankton-Gemeinschaft repräsentieren, wird für diese Einheiten im Weiteren die Bezeichnung "Cluster" beibehalten.

Zur weiteren Charakterisierung der Zusammensetzung des Mikroplanktons wurden Artenreichtum, Diversität und Äquität im Untersuchungsgebiet sowie die mittleren relativen Abundanzen der einzelnen Arten (Anteil der Zellen einer Art an der Gesamtzellzahl) pro Cluster ermittelt. Die Äquität ist ein Maß für die Gleichmäßigkeit, mit der die Individuen auf die vorhandenen Arten verteilt sind. Die Diversität ist ein Maß für die Vielfalt und hängt sowohl vom Artenreichtum als auch von der Äquität ab (Pielou, 1975; Odum, 1980; Begon et al., 1986): Bei gleichbleibendem Artenreichtum steigt die Diversität mit zunehmender Äquität, bei gleichbleibender Äquität mit einer Zunahme der Arten (Abb. 5). Die mathematischen Ausdrücke lauten:

$$\text{Diversität: } H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (\text{Shannon und Weaver, 1963})$$

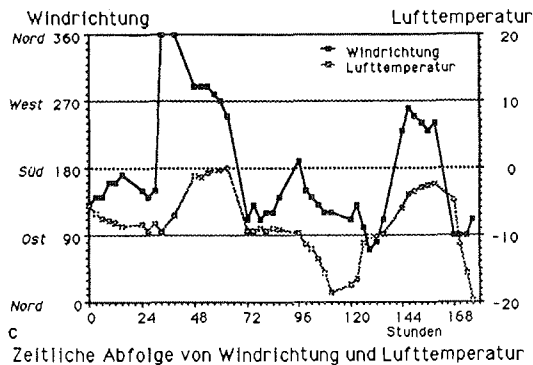
$$\text{Äquität: } J = \frac{H}{\ln S} \quad (\text{minimal} = 0, \text{ maximal} = 1)$$

mit:  $S$  = Artenzahl;  $P_i$  = Relative Abundanz der  $i$ -ten Art.



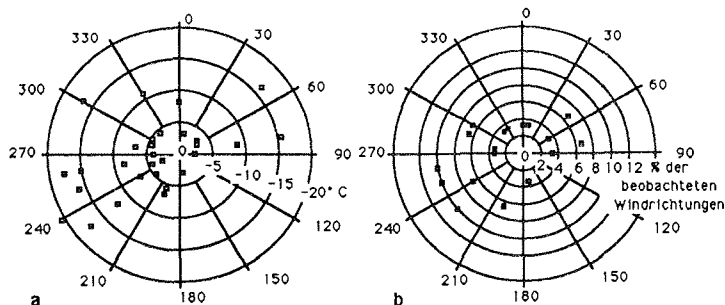
a Lufttemperatur in Abhängigkeit von der Windrichtung im Gebiet bei Elephant Island

b Vorherrschende Windrichtungen im Gebiet bei Elephant Island



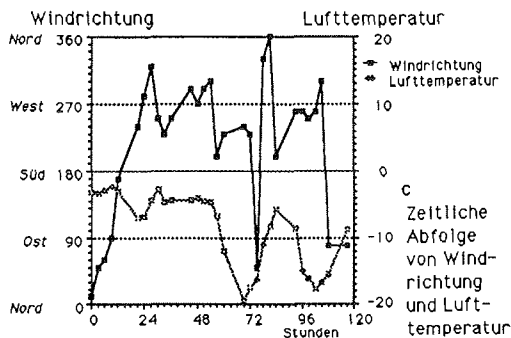
c Zeitliche Abfolge von Windrichtung und Lufttemperatur

Abbildung 6: Zusammenhang der Lufttemperatur mit der vorherrschenden Windrichtung im Gebiet bei Elephant Island (Nach Daten des Deutschen Wetterdienstes, Seewetteramt Hamburg, von B.Richter während der Expedition aufgenommen):  
 a) Abhängigkeit der Lufttemperatur von der Windrichtung  
 b) Häufigkeiten von Wind aus unterschiedlichen Richtungen  
 c) Zeitreihe der Temperaturentwicklung und zum jeweiligen Zeitpunkt wehende Winde



a Lufttemperatur in Abhängigkeit von der Windrichtung in der Bellingshausen-See

b Vorherrschende Windrichtungen in der Bellingshausen-See



c Zeitliche Abfolge von Windrichtung und Lufttemperatur

Abbildung 7: Zusammenhang der Lufttemperatur mit der vorherrschenden Windrichtung in der Bellingshausensee (Nach Daten des Deutschen Wetterdienstes, Seewetteramt Hamburg, von B.Richter während der Expedition aufgenommen):  
 a) Abhängigkeit der Lufttemperatur von der Windrichtung  
 b) Häufigkeiten von Wind aus unterschiedlichen Richtungen  
 c) Zeitreihe der Temperaturentwicklung und zum jeweiligen Zeitpunkt wehende Winde

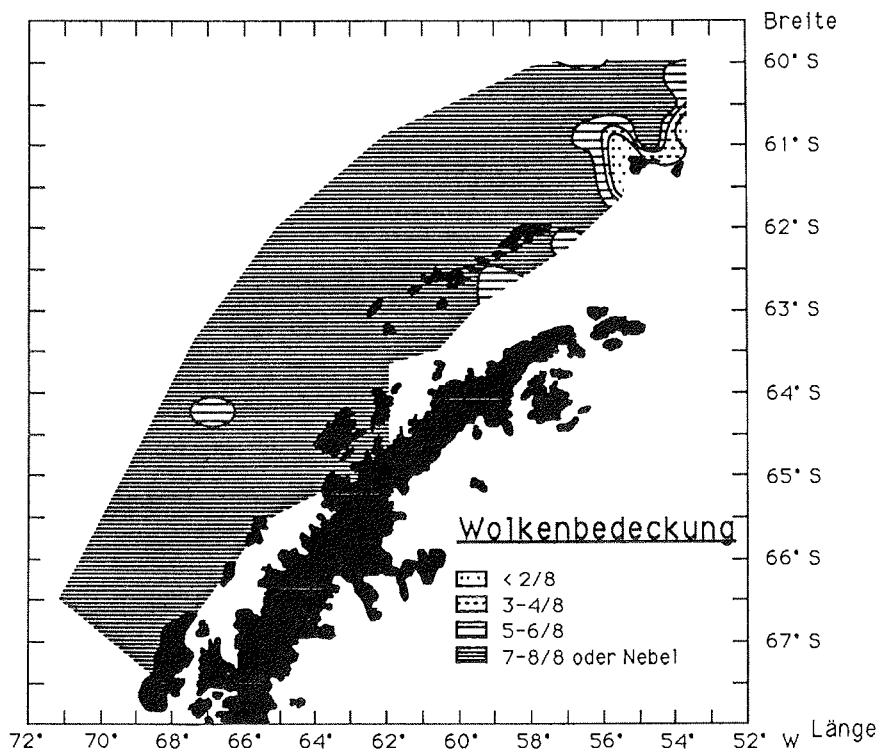


Abbildung 8: Wolkenbedeckung im Untersuchungsgebiet (Nach Daten des Deutschen Wetterdienstes, Seewetteramt Hamburg, von B. Richter während der Expedition aufgenommen).

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Physikalische Bedingungen

##### 3.1.1. Wetterbedingungen

Im Norden des Untersuchungsgebiets herrschten Winde aus südöstlichen Richtungen vor, die sehr kalte Luft mit sich brachten. Sie wurden jedoch regelmäßig unterbrochen durch Winde aus anderen Richtungen, die mit wärmeren Temperaturen gekoppelt waren. Der Wechsel der Windrichtung konnte innerhalb weniger Stunden stattfinden mit einem entsprechend drastischen Wechsel der Lufttemperatur (Abb. 6). Im Süden des Untersuchungsgebiets kam der Wind bei insgesamt stärkeren Schwankungen hauptsächlich aus Südwesten. Dies waren hier die kältesten Winde, obwohl auch Winde aus anderen Richtungen keine nennenswerte Temperaturerhöhung brachten (Abb. 7). Die Stärke des Windes war sehr variabel und reichte in der Beaufort-Skala von 0 bis 10. Die häufigsten Windstärken waren 4 bis 6 (Ochsenhirt und Richter, 1987). Der Himmel war überwiegend von einer geschlossenen Wolkendecke oder dichtem Nebel verdeckt (Abb. 8).

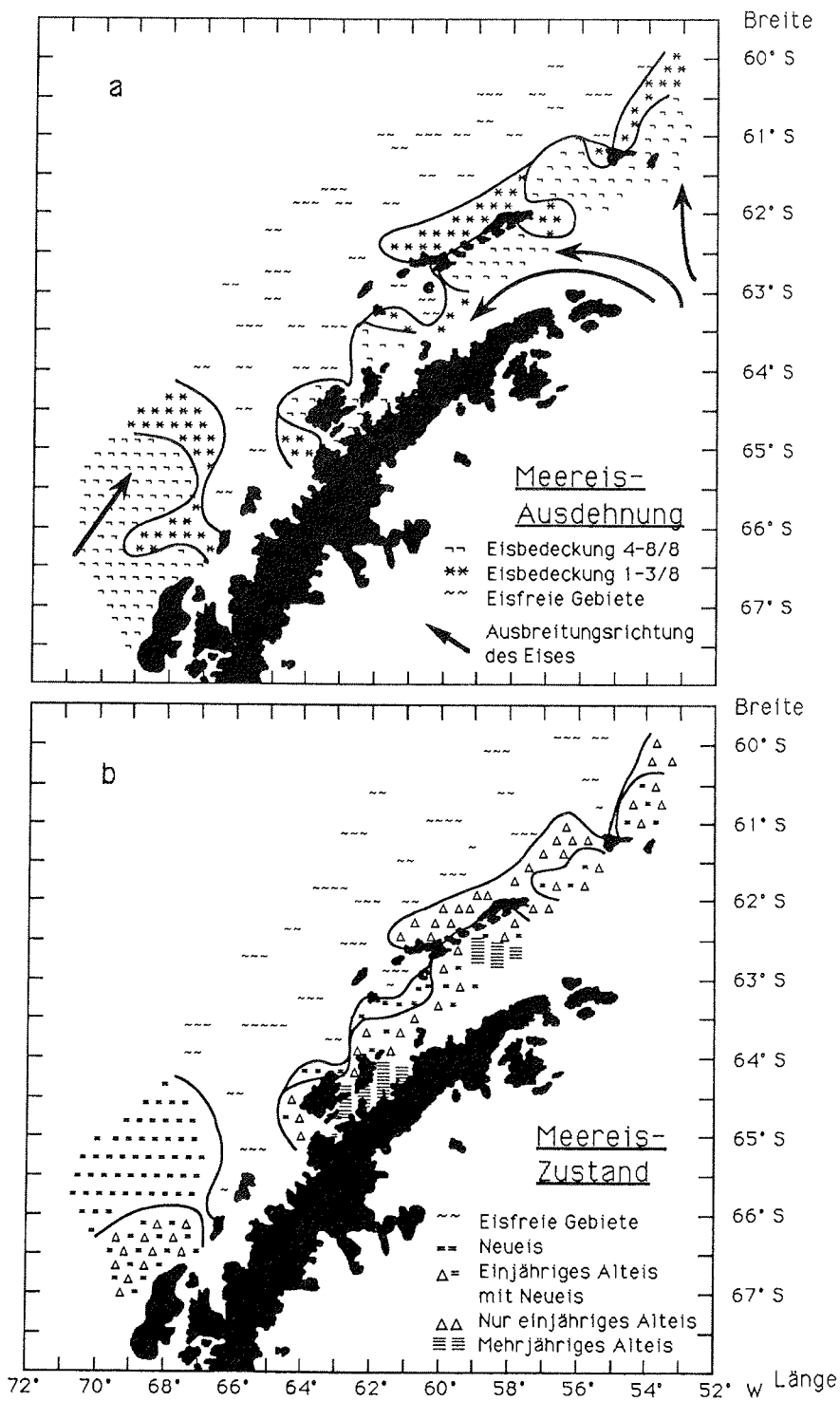


Abbildung 9: Eisverhältnisse im Mai und Juni 1986 (Expedition Ant V/1).  
 a) Relative Eisbedeckung und Ausbreitungsrichtung des Meereises (Nach den Angaben in den Stationsprotokollen und nach Richter, 1987, Sahrhage, 1987).  
 b) Entwicklungszustand des Meereises (Nach eigenen Beobachtungen und Daten des Deutschen Wetterdienstes, Seewetteramt Hamburg, von B. Richter während der Expedition aufgenommen).

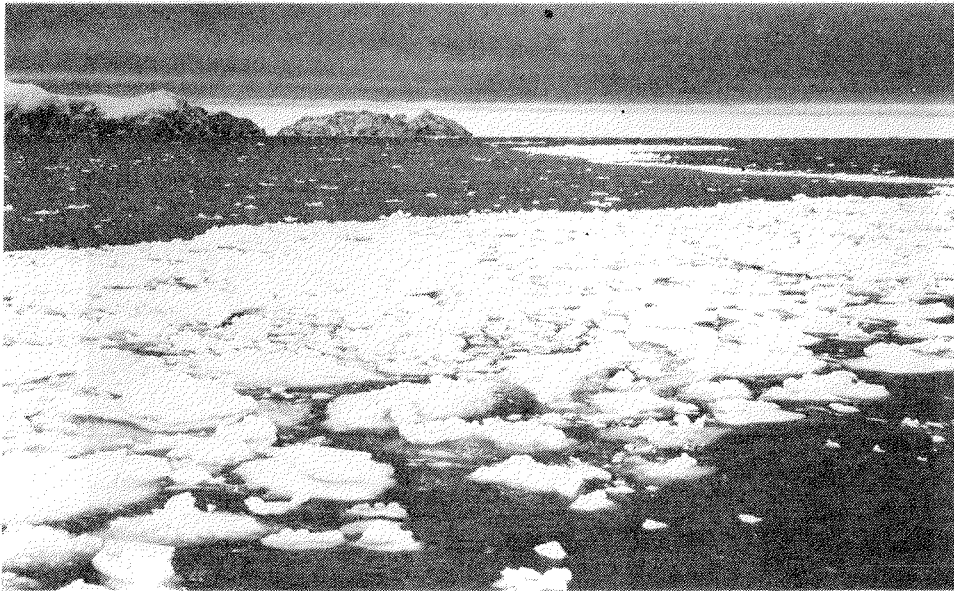


Abbildung 10: Streifen schmelzenden Alteises im Gebiet um Elephant Island. Solche quer zur vorherrschenden Windrichtung orientierten Streifen sind typisch für sich ausbreitendes Alteis im Bereich der Randzonen von Eisdecken (Martin et al., 1983; Wadhams, 1983).

### 3.1.2. Eisbedingungen

Weite Bereiche des Untersuchungsgebietes waren von Meereis bedeckt. Es bestanden zwei getrennte Eisdecken, zwischen denen ausgedehnte eisfreie Wasserflächen lagen. Beide Eismassen rückten gegen die freien Wasserflächen vor (Abb. 9 a):

- Die nördliche Eismasse stammte aus dem Weddellmeer. Unter dem Einfluß heftiger Ostwinde drang hier Alteis vor (Abb. 10), das vor allem in der nördlicheren Eisrandzone fortwährend abschmolz. Erst im Inneren der eisbedeckten Gebiete kam es zur Bildung von Neueis (Abb. 9 b). In den südlichen Ausläufern dieser Eismasse nahm die Bedeutung der Neueisbildung zu, und hier konnte sie auch im Eisrandbereich auftreten.
- Die südliche Eismasse entstand im wesentlichen durch Neueisbildung in der südwestlichen Bellingshausensee (Abb. 9 b). Verdriftung alten Eises spielte hier nur eine untergeordnete Rolle.

Die Bildung neuen Eises wurde fast immer durch Ausfrieren von "frazil"-Kristallen eingeleitet, die sich in teilweise ausgedehnten Eisbreidecken an der Wasseroberfläche ansammelten (Abb.11). Im Eisbrei formten sich unter dem Einfluß der Wellenbewe-



Abbildung 11: Bildung von "frazil ice". Lose Eiskristalle haben sich an der Wasseroberfläche angesammelt und bilden einen unverfestigten Eisbrei. Die Bildung noch unverfestigter Pfannkuchen von wenigen Dezimetern Durchmesser hat bereits eingesetzt (Pfeile).

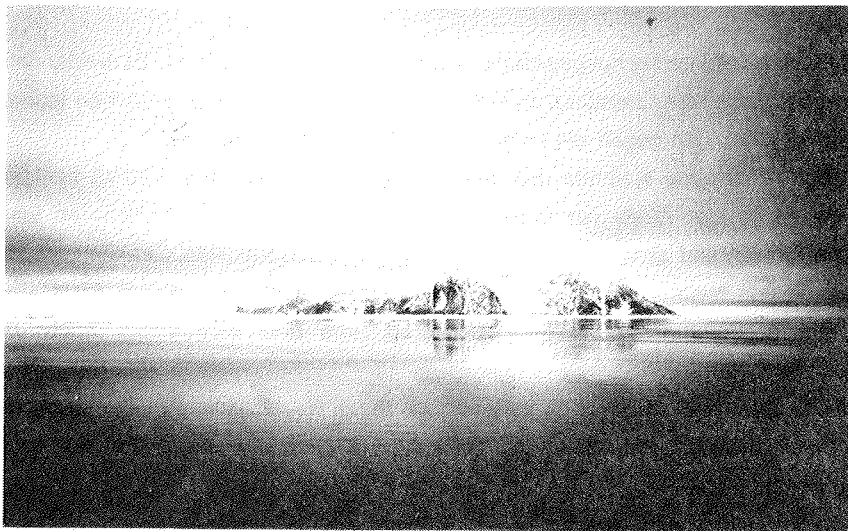


Abbildung 12: Bildung von "sheet ice". Eine dünne Eishaut ist an der Wasseroberfläche ausgefroren. Ihre Ausdehnung ist durch die Unterbrechung des Spiegelbildes der Insel zu erkennen.



gung Eispannkuchen, die schließlich endgültig zusammenfroren (cf. Weeks und Ackley, 1982).

In wenigen Fällen kam es in geschützten Lagen (z.B. Gerlachestraße) zur Ausbildung von Oberflächenhäuten aus Eis (Abb. 12), die im weiteren gleichmäßig an Dicke zunahmten ("sheet ice": Weeks und Ackley, 1982). Weitere Eisbildungsvorgänge wurden nicht beobachtet.

Insgesamt war die Eisbildung starken und kurzfristigen Schwankungen unterworfen: Perioden der Eisschmelze und der Neubildung von Eis konnten einander in Intervallen von wenigen Tagen ablösen. In Gebieten besonders intensiver Eisbildung drückte sich dieser Vorgang in messbaren Steigerungen des oberflächlichen Salzgehaltes aus (Abb. 13, 14, 15, 18 und Anhang 1: Schnitte P1, P5 und S11; cf. Weeks und Ackley, 1982).

### 3.1.3. Hydrographie

#### Wassermassen

Anhand von T-S-Diagrammen (Beispiele: Abb. 14 bis 18) und Profilschnitten (Anhang 1) konnte das Wasser der Westwind-Drift mit den Wassermassen "South East Pacific Basin Surface Water" (**SPSW**), "Bellingshausen Sea Surface Water" (**BSW**) und "Circumpolar Deep Water" (**CDW**) von Wasser aus dem Weddellmeer ("Weddell Sea Surface Water": **WSW**) unterschieden werden: Wasser aus der Westwinddrift füllte die Hochseegebiete der Drakepassage und das Schelfmeer der Bellingshausensee. Wasser aus dem Weddellmeer nahm die gesamte Bransfieldstraße, die Gerlachestraße und die Schelfgebiete im Norden der Südshetlandinseln ein (Abb. 13 d).

Die Deckschicht der Drakepassage ("South East Pacific Basin Surface Water, Summer Water": **SPSW.s**) war durch Salzgehalte von 33,8 bis 34,0 PSU (Practical Salinity Units: UNESCO, 1981) gekennzeichnet und reichte etwa bis in 70m Tiefe (Abb. 14). Die Temperatur nahm von +0,9° C im Norden (Station 078) auf -1,1° C im Südwesten (Station 116) ab. Entlang der Front gegen das Weddellmeer-Wasser fielen die Werte ebenfalls unter ±0,0° C ab. Im Norden war in der Sprungschicht ein Temperaturminimum (-0,3 bis -0,7° C bei Salzgehalten von 34,0 bis 34,1 PSU in 80 bis 100m Tiefe: Anhang 1, Schnitte S3 bis S6) lokalisiert, das nach Carmack (1977) im vorjährigen Winter abgesunkenes Oberflächenwasser widerspiegelt ("South East Pacific Basin Surface Water; Winter Water": **SPSW.w**). Im Süden verlor sich der Temperaturunterschied zwischen dem "Sommerwasser" der Deckschicht und dem

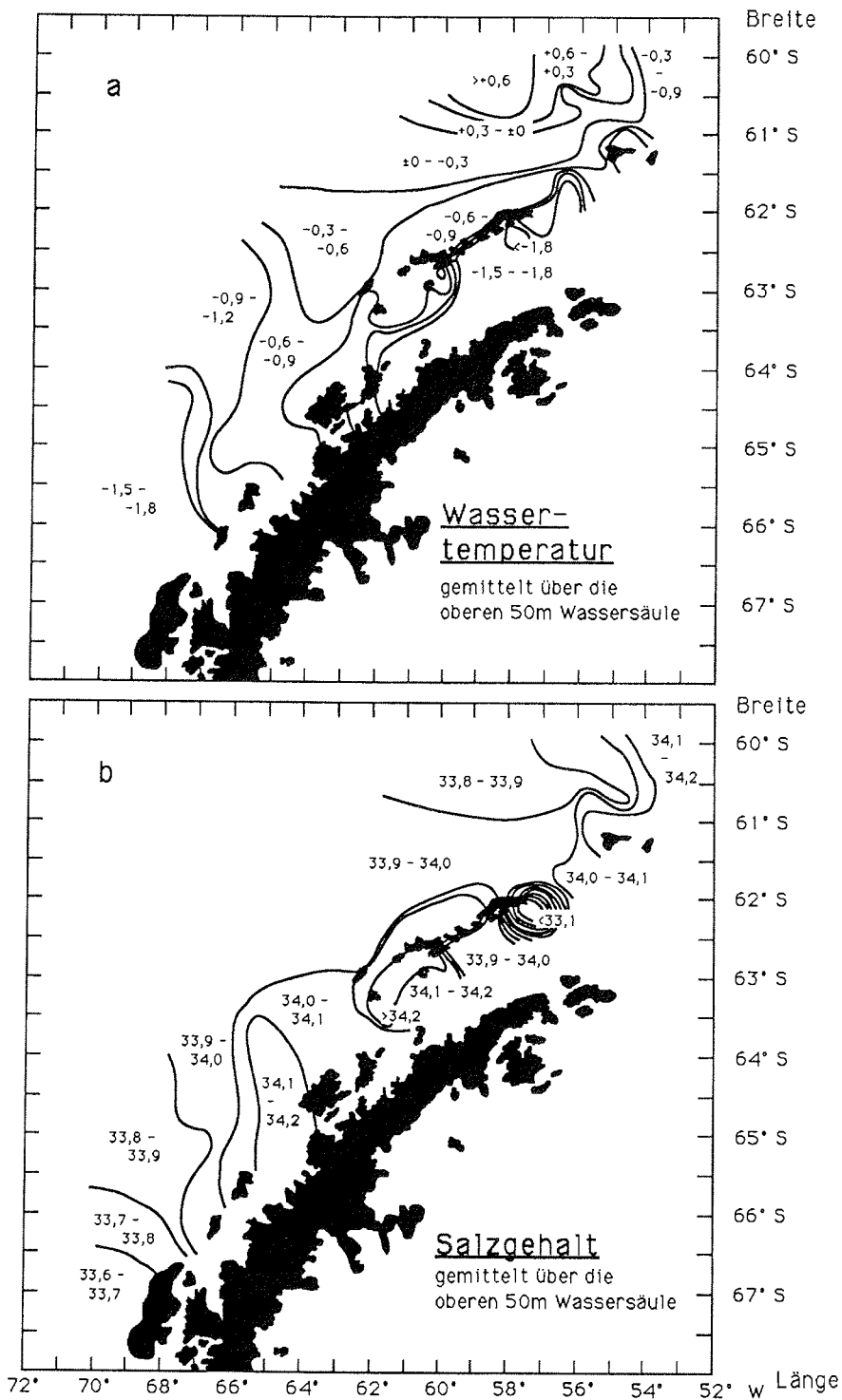
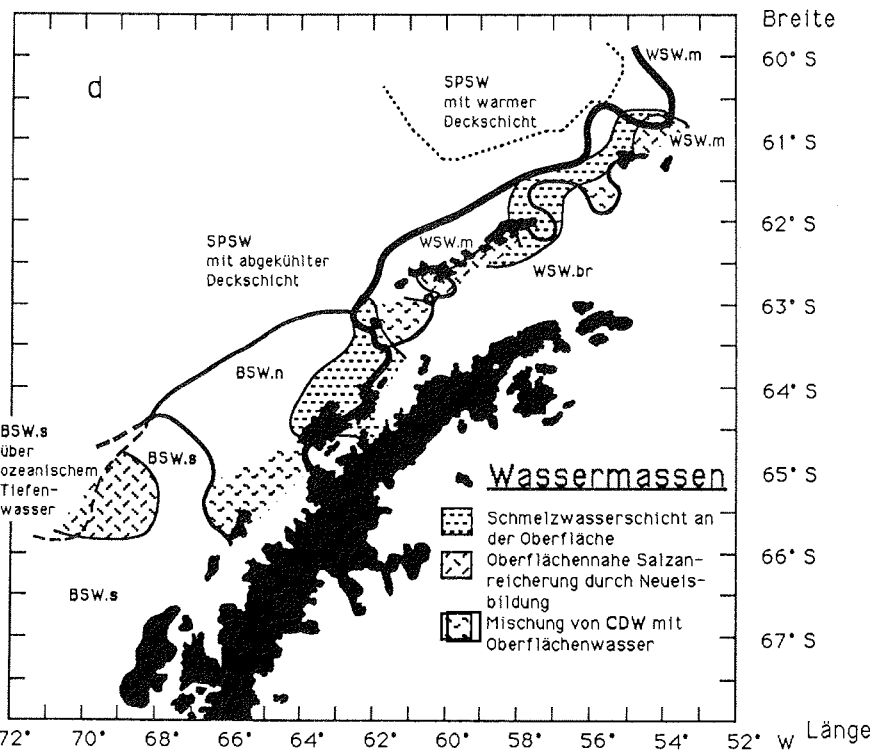
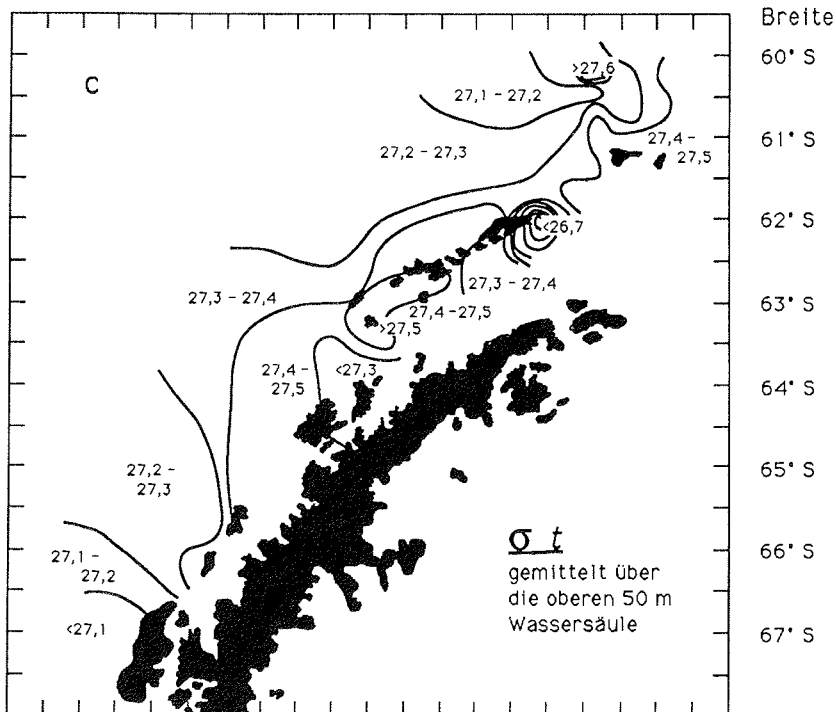


Abbildung 13: Verteilung der Wassermassen und charakteristischer Eigenschaften in der Deckschicht im Mai und Juni 1986 (Expedition Ant V/1):

- a) Wassertemperatur in °C.
- b) Salzgehalt in PSU.
- c)  $\sigma_t$



d) Wassermassen (SPSW = "South East Pacific Basin Surface Water", BSW.n = "Northern Bellingshausen Sea Surface Water", BSW.s = "Southern Bellingshausen Sea Surface Water", WSW.br = "Weddell Sea Surface Water - Bransfield Strait Type", WSW.m = "Modified Weddell Sea Surface Water", CDW = "Circumpolar Deep Water")  
 Die Linien stellen Wassermassengrenzen dar und sind nicht in allen Fällen mit Fronten identisch; so geht zum Beispiel das BSW.n ohne scharfe Grenze in das WSW über (Anhang 1, Schnitte P1 bis P4).

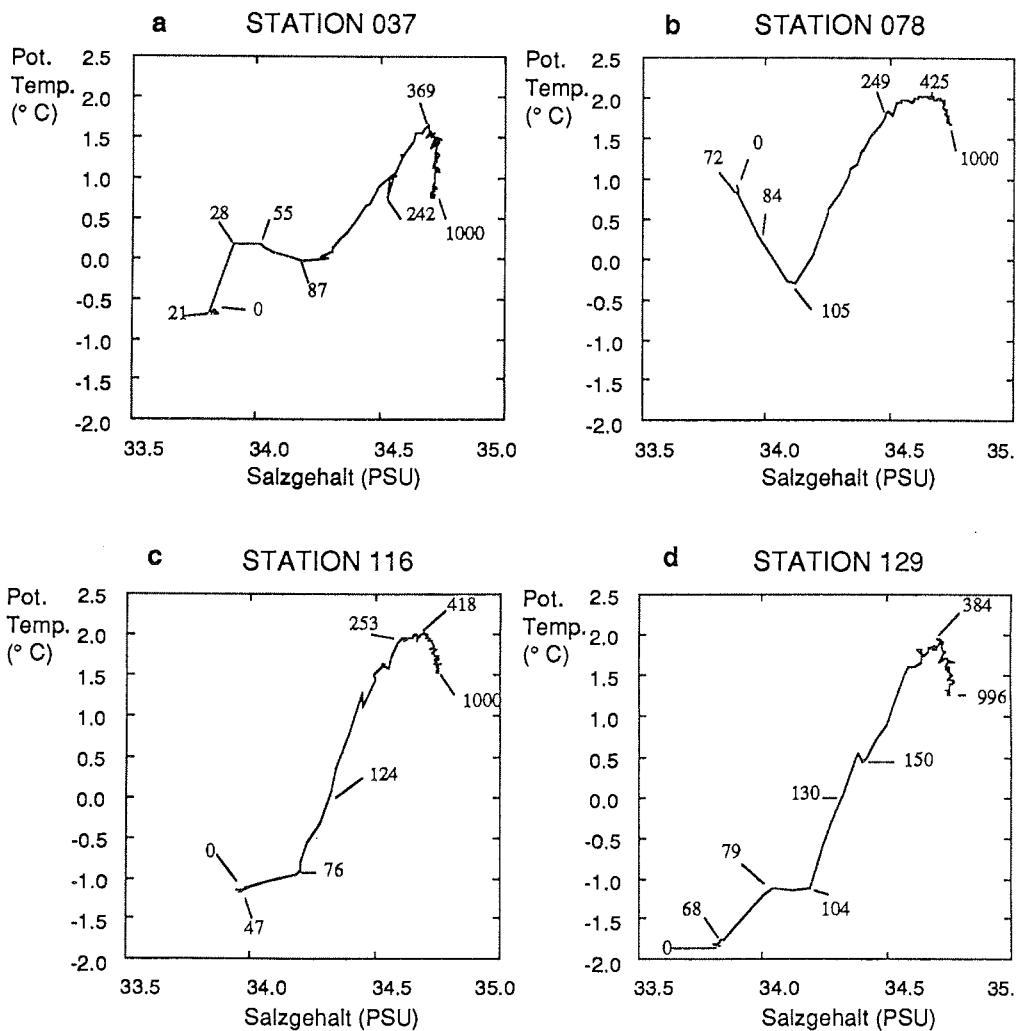


Abbildung 14: Beispiele für T-S-Diagramme aus der Drakepassage. Aufgetragen ist die potentielle Temperatur (in ° C) gegen Salzgehalt (in PSU); die Zahlen an den Kurven geben die Tiefe in Metern an. Die noch unveränderte sommerliche Ausgangssituation zeigt Station 078 (b). In 0-72m Tiefe befindet sich das "Sommerwasser" (SPSW.s). Darunter liegt in 80-120m Tiefe das "Winterwasser" des Vorjahres (SPSW.w). Dann folgt CDW mit stetiger Erwärmung bis zum Temperaturmaximum in 400m bis 500m Wassertiefe. In Richtung auf größere Wassertiefen (>3000m Tiefe; hier nicht dargestellt) geht es in das kalte Antarktische Bodenwasser über.

- a) Station 037, 60° 45' S: Über noch warmem "Sommerwasser" liegt kühles Wasser im Kontakt mit Eis aus dem Weddellmeer. Zunahme des Salzgehalts in den obersten Metern infolge von Neueisbildung.
- b) Station 078, 60° 47' S: Die oben beschriebene Ausgangssituation.
- c) Station 116, 63° 00' S: Das ehemalige "Sommerwasser" ist auf etwas tiefere Temperatur als das vorjährige "Winterwasser" abgekühlt.
- d) Station 129, 65° 32' S: In der Deckschicht ist das SPSW durch kaltes, salzarmes BSW.s (vergl. Abb. 15) ersetzt.

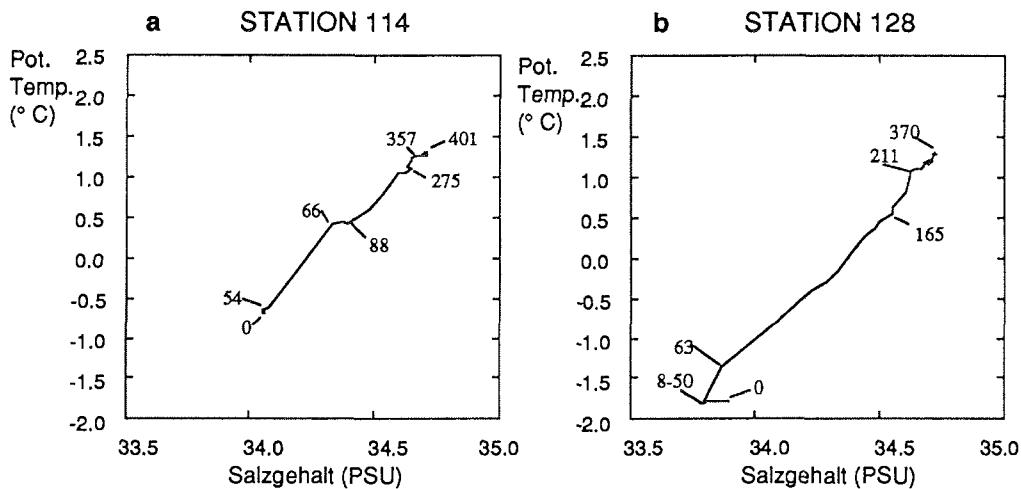


Abbildung 15: Beispiele für T-S-Diagramme vom Bellingshausensee-Schelf; die Zahlen an den Kurven geben die Tiefe in Metern an. Aufgrund der geringen Wassertiefe gelangen nur die oberen Schichten des **CDW** auf den Schelf, so daß das Temperaturmaximum nicht mehr erreicht wird.

- a) Station 114, 63° 38' S: Typischer Kurvenverlauf im nördlichen Gebiet. Das Oberflächenwasser (0m bis 54m: **BSW.n**) ist nicht in "Sommer"- und "Winterwasser" unterschieden.
- b) Station 128, 65° 21' S: In der Deckschicht hat sich besonders kaltes und salzarmes Wasser ausgebreitet (**BSW.s**). Wie auf Station 037 tritt eine durch Neueisbildung bedingte Steigerung des Salzgehalts an der Oberfläche auf.

"Winterwasser" der Sprungschicht. Das "Winterwasser" blieb aber auch dann am höheren Salzgehalt erkennbar (Anhang 1, Schnitte S7 und S9).

Das Oberflächenwasser des nördlichen Bellingshausensee-Schelfs ("Bellingshausen Sea Surface Water": **BSW.n**) zeichnete sich durch Salzgehalte von 34,0 bis 34,2 PSU und Temperaturen von -0,5 bis -1,0° C aus (Abb. 15 a). Die Dicke der Deckschicht schwankte zwischen 40m (Station 115: Anhang 1, Schnitt S8) und 80m (Station 112: Anhang 1, Schnitt S9). An der Küste südlich von Anvers Island war keine Sprungschicht ausgebildet (Stationen 111 und 124: Anhang 1, Schnitte S9, S10 und P3).

Salzgehalte von 33,5 bis 33,9 PSU und Temperaturen von -1,5 bis -1,8° C traten in der Deckschicht des südlichen Bellingshausensee-Schelfs auf (**BSW.s**: Abb. 15 b; Anhang 1, Schnitte S10 bis S12, P3 und P5). Die Schichtdicke variierte zwischen 30m (Station 133) und 80m (Station 121). Darunter befand sich eine Zone mit starkem Salzgehaltsgradienten, die bis zu 60m Mächtigkeit erreichen konnte (Station 133).

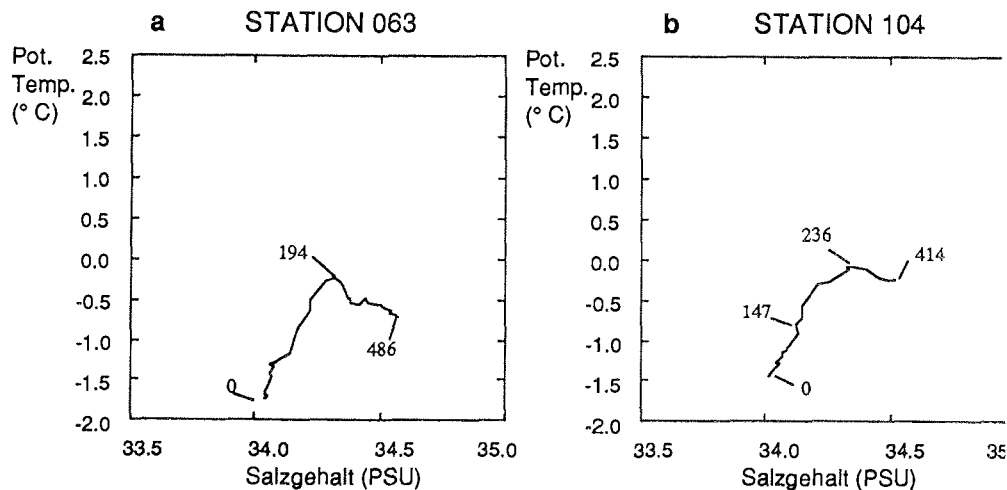


Abbildung 16: Beispiele für T-S-Diagramme von Weddellmeer-Wasser (**WSW.br**); die Zahlen an den Kurven geben die Tiefe in Metern an. Da nur Oberflächenwasser in die Bransfieldstraße einströmen kann (Gordon und Nowlin, 1978), fehlt das warme Tiefenwasser und ist durch kaltes, in der Bransfieldstraße neu gebildetes Tiefenwasser ersetzt. Das Oberflächenwasser ist durch starke Abkühlung und relativ hohe Salinität gekennzeichnet. Auf beiden Stationen bildete sich Neueis;

a) Station 063, 61° 42' S: Die Station liegt im westlichen Loper Channel.

b) Station 104, 64° 42' S: Die Station liegt in der Gerlachestraße im südlichsten Ausläufer des Weddellmeer-Wassers.

Warmes Tiefenwasser ("Circumpolar Deep Water": **CDW**) wies Salzgehalte von mehr als 34,2 PSU und Temperaturen von +0,8 bis ±0,0° C auf (Abb. 14 und 15). Es fand sich unterhalb der Sprungschicht überall im Bereich der Westwinddrift, und zwar in den ozeanischen Gebieten von etwa 110 bis 130m Tiefe abwärts, während auf dem Schelf die Grenze bei 60 bis 80m Tiefe liegen konnte (Anhang 1). An zwei Stellen drang es auch in die Bransfieldstraße ein (Boyd Strait und Loper Channel: Anhang 1, Schnitt P2). Auf mehreren Profildiagrammen fallen Isothermen-Aufwölbungen in der Nähe von Küsten oder untermeerischen Schwellen auf, die den Auftrieb von **CDW** belegen. Besonders deutlich sichtbar ist dies in den Schnitten S3, S6, S7, S10, S11, P2 und P3 (Anhang 1).

In der inneren Bransfieldstraße und in der Gerlachestraße sanken die Wassertemperaturen auf -1,0 bis -1,8° C bei Salzgehalten von 34,0 bis 34,1 PSU (Abb. 16). In diesen Bereichen ließ sich keine Schichtung des Wasserkörpers feststellen ("Weddell Sea Surface Water": **WSW.br**: Anhang 1, Schnitte P1 und P4) . Ein geringes Temperaturmaximum tritt in 200 bis 400m Tiefe auf.

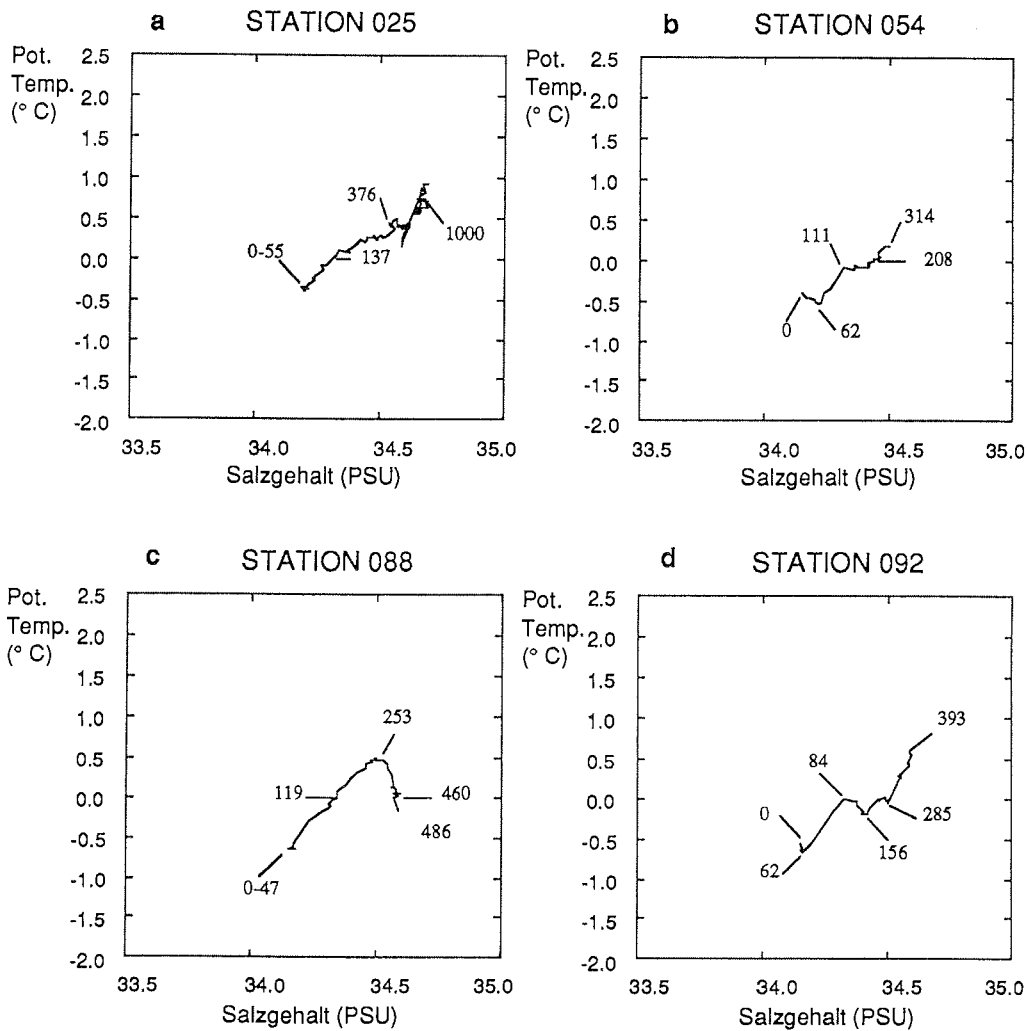


Abbildung 17: Beispiele für T-S-Diagramme aus dem Bereich des modifizierten Weddellmeer-Wasser (**WSW.m**); die Zahlen an den Kurven geben die Tiefe in Metern an. Station 088 ( $63^{\circ} 05' S$ ; **c**) zeigt die Bildungszone des **WSW.m** in der Boyd Strait. **CDW**, das aus der Drake-Passage stammt, schiebt sich über kaltes Tiefenwasser der Bransfieldstraße. Eine ausgedehnte Übergangsschicht leitet zu Oberflächenwasser über, das bereits die Eigenschaften des **WSW.m** besitzt. Station 092 ( $62^{\circ} 23' S$ ; **d**) liegt nördlich Livingston Island im Ausstrom des Mischwassers. Unter dem **WSW.m** fließt Wasser der Übergangsschicht ebenfalls ab (84m bis 285m; vergl. Anhang 1, Schnitt S6). Station 054 ( $61^{\circ} 00' S$ ; **b**) liegt bei Elephant Island, wo erneut **CDW** in Austausch mit dem Oberflächenwasser tritt. Dadurch nimmt das Oberflächenwasser die höhere Temperatur des intermediären Wassertyps an. Sie findet sich auch im Oberflächenwasser von Station 025 im äußersten Nordosten ( $60^{\circ} 00' S$ ; **a**).

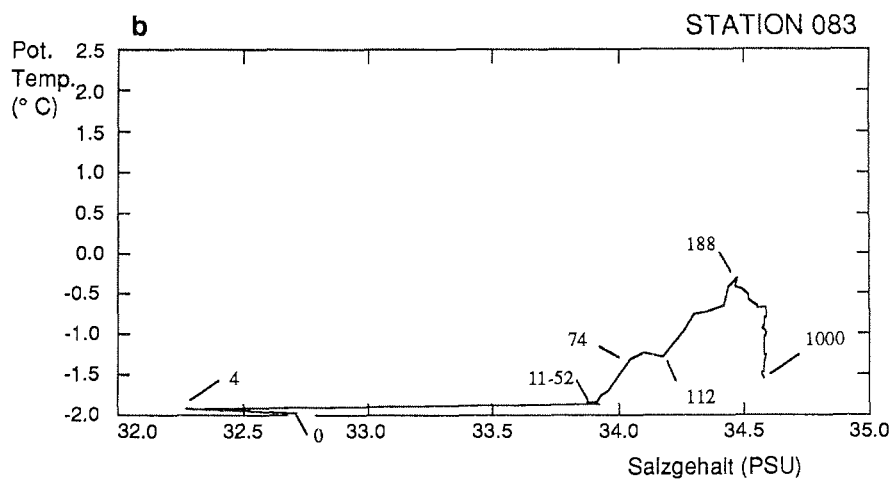
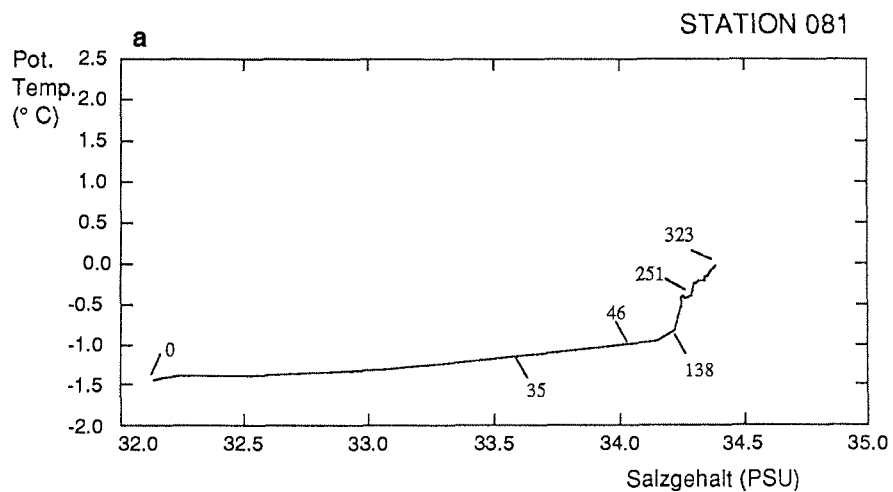


Abbildung 18: T-S-Diagramme aus dem Bereich der Schmelzwasserlinse bei King George Island; die Zahlen an den Kurven geben die Tiefe in Metern an. Zentrum dieser besonders mächtigen Schmelzwasseransammlung war Station 081.

a) Station 081, 62° 06' S: Die Station liegt am Ostende von King George Island bei der kleinen vorgelagerten Insel Bridgeman Island. An der Oberfläche hat sich eine 40m mächtige Schmelzwasserlinse gebildet. Das Wasser darunter erreicht höhere Temperaturen als das **WSW.br** und muß deshalb dem **WSW.m** zugeordnet werden.

b) Station 083, 62° 22' S: Die Station liegt südlich King George Island. Das Schmelzwasser erreicht hier etwa 10m Tiefe. Darunter liegt Wasser mit einer Salinität um 33,8 PSU. Beide Wasserkörper weisen sehr tiefe Temperaturen auf, und der Gefrierpunkt wird bis in 25m Tiefe unterschritten. Die relative Salzanreicherung in den obersten Metern belegt Neueisbildung.



In der Boyd Strait, und auf dem nordwärtigen Schelf der Südshetlandinseln und in Teilen des Loper Channels sowie des Seegebietes nördlich Elephant Island reichen die Temperaturen in der oberen Wassersäule von -0,5 bis -1,0° C und die Salzgehalte von 34,0 bis 34,2 PSU (Abb. 17). Dieses Wasser stand fast überall in Kontakt zum **CDW**, ohne daß eine Sprungschicht ausgebildet gewesen wäre (Anhang 1, Schnitte S2 bis S7, P1 und P2; Ausnahme: Schnitt S1). Daher wird davon ausgegangen, daß diese Wassermasse durch Mischung des **WSW.br** mit auftreibendem **CDW** entstanden ist ("Modified Weddell Sea Surface Water: **WSW.m**).

Von Elephant Island bis Anvers Island fanden sich an der Wasseroberfläche wiederholt Ansammlungen von Schmelzwasser (Anhang 1, Schnitte S1 bis S5, S7 bis S9, sowie P1 und P2). Sie zeichneten sich durch herabgesetzte Salzgehalte und Temperaturen aus, die allerdings je nach Ausgangslage stark schwanken konnten. Normalerweise blieben die Unterschiede zum umgebenden Wasser relativ gering. Die mächtigste Schmelzwasseransammlung südöstlich King George Island erreichte jedoch 40m Mächtigkeit und einen minimalen Salzgehalt von 32,1 PSU (Abb. 18). Sie führte zu tiefgreifenden Veränderungen der hydrographischen Verhältnisse (Abb. 13; Anhang 1, Schnitte S5 und P1).

Die oben definierten Wassermassen ( Abb. 13 d) waren unterschiedlich stark voneinander getrennt. Während sich zwischen dem **WSW** und dem **SPSW** eine deutliche Frontalzone aufbaute (Anhang 1, Schnitte S1 bis S7), waren scharfe Abgrenzungen zwischen dem **WSW** und dem **BSW.n** kaum erkennbar (Anhang 1, Schnitte P1 bis P4). Eine wohl nur lokale Frontalzone scheint durch den Auftrieb des **CDW** innerhalb des **WSW** zwischen den Stationen 100 und 101 verursacht worden zu sein (Anhang 1, Schnitte S7 und P2). Eine Front scheint auch zwischen **SPSW** und **BSW.n** bestanden zu haben (Anhang 1, Schnitt S9). Außerdem besteht die Möglichkeit von Frontbildungen zwischen **BSW.n** und **BSW.s** sowie innerhalb des **BSW.s** (Anhang 1, Schnitte P3 und P5).

### Strömungen

Die geostrophischen Ströme (Abb. 19) konnten auf Grund der oft geringen Wassertiefen auf dem Bellingshausensee-Schelf nur auf ein Tiefenniveau von 200m bezogen werden und sind deshalb von entsprechend begrenzter Verlässlichkeit. Sie wichen stärker von den in der Literatur dokumentierten und in Kapitel 2.1. vorgestellten Mustern ab. Statt dessen existierten mehrere räumlich voneinander getrennte Stromsysteme:

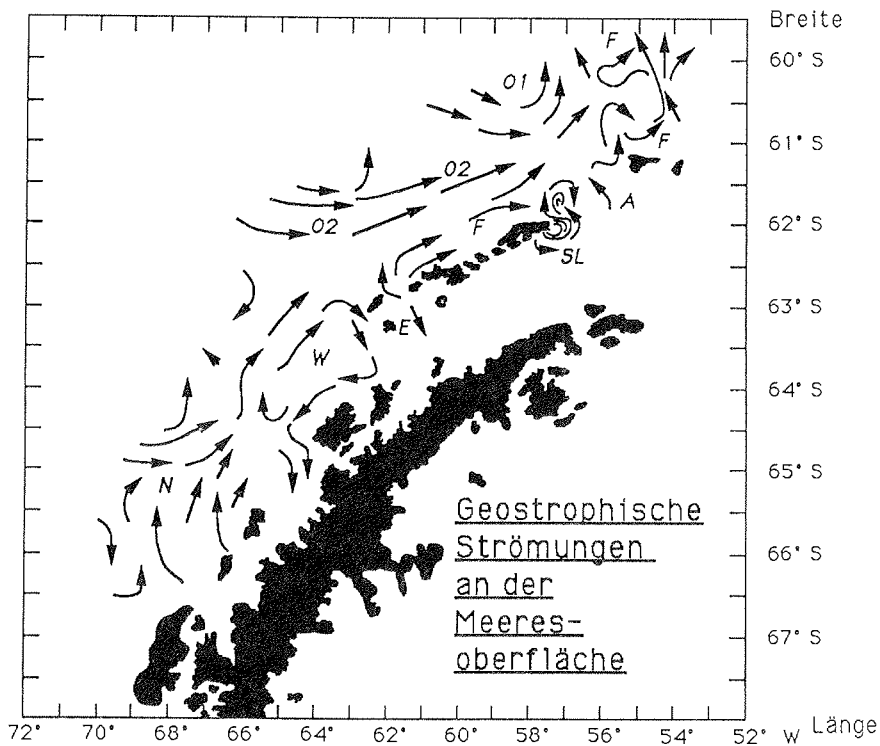


Abbildung 19: Oberflächenströmungen. Abgeleitet aus der dynamischen Topographie der Meeresoberfläche, bezogen auf ein Niveau von 200 dbar. Erklärung der Signaturen im Text.

Im **SPSW** drang ein Strom von Nordwesten kommend in den Warmwasser-Sektor ein, durchzog ihn bogenförmig und verließ das Gebiet wieder in nördliche Richtung (**O1**). Etwas weiter südlich drang ebenfalls von Nordwesten kommend ein zweites Stromsystem (**O2**) in die abgekühlte Zone des **SPSW** ein und floß an der Nordflanke der Front zwischen **SPSW** und **WSW** entlang. In den sehr stark ausgekühlten Bereichen des **SPSW** südlich 62° S Breite waren die Strömungsverhältnisse unklar.

Auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf herrschten großräumige Wirbel vor (**W**), während sich auf dem südlichen Bellingshausensee-Schelf das Wasser in nordöstlich gerichteter Bewegung befand (**N**).

Beiderseits der Front zwischen **SPSW** und **WSW**, die bei Smith Island ihren Ausgang nahm, floß das Wasser in nordöstliche Richtung (**F**). Das Wasser an der Südflanke stammte aus der Bransfieldstraße, die es sowohl über die Boyd Strait als auch den Loper Channel verließ. Das Wasser an der Nordflanke der Front stammte, wie oben beschrieben, aus dem Stromsystem **O2**. Die Strömung verlief zunächst parallel zur

Küste der Südshetlandinseln. Im Loper Channel wurde sie durch die Schmelzwasserlinie bei King George Island abgelenkt (**SL**). Nördlich Elephant Island bildeten die Front und die zugehörigen Strömungen einen großräumigen Mäander.

Über die Strömungsverhältnisse in der Bransfieldstraße kann auf Grund der geringen Stationsdichte nicht viel ausgesagt werden. In der Boyd Strait zeigte sich der Einstrom des **CDW (E)**. Eine besondere Anomalie stellte die bereits erwähnte Schmelzwasserlinie bei King George Island dar (**SL**). Ein nach Norden gerichteter Ausstrom von **WSW (A)** im östlichen Loper Channel mündete in das Strömungssystem **F**.

### 3.2. Photopigmente

Das Chlorophyll *a* war im Untersuchungsgebiet sehr ungleichmäßig verteilt. Die diskreten Meßwerte reichten von weniger als 0,1 µg/l (Stationen 129, 130, 131 und 133) bis zu Konzentrationen von 1,18 µg/l (Station 123, 0m Tiefe) und 1,45 µg/l (Station 087, 5m Tiefe). Die über die oberen 50m Wassersäule integrierten Chlorophyll-*a*-Gehalte sind in Abbildung 20 a dargestellt.

Höhere Konzentrationen wurden auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf, an der Nordseite der Südshetlandinseln, im Gebiet um Deception Island und in dem vom Front-Mäander nördlich Elephant Island umschlossenen Gebiet des **SPSW** gemessen. Niedrigere Konzentrationen gab es auf dem südlichen, eisbedeckten Bellingshausensee-Schelf, in der Gerlache- und Bransfieldstraße sowie in den nördlichen ozeanischen Gebieten.

Hohe Meßwerte waren auf einen Temperaturbereich von  $\pm 0,0^{\circ}$  C bis  $-1,2^{\circ}$  C und auf Seegebiete mit einer lockeren Eisbedeckung konzentriert. Während die Meßwerte im Norden eine sehr große Spannweite hatten, fielen südlich der geographischen Breite von  $64^{\circ}$  S die höheren Meßwerte fort.

Den relativen Anteil von Phaeopigmenten am gesamten Photopigmentgehalt zeigt Abbildung 20 b. Die niedrigsten Anteile traten in den Seegebieten nördlich der Südshetlandinseln auf. Im Bereich des Front-Mäanders nördlich Elephant Island, in der Bransfieldstraße, auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf und den ihm vorgelagerten Hochseegebieten stiegen die Anteile an. In der Gerlachestraße und auf dem südlichen Bellingshausensee-Schelf wurden die höchsten Anteile erreicht.

Demnach gab es einen kräftigen Anstieg des Phaeopigment-Anteils bei abnehmenden

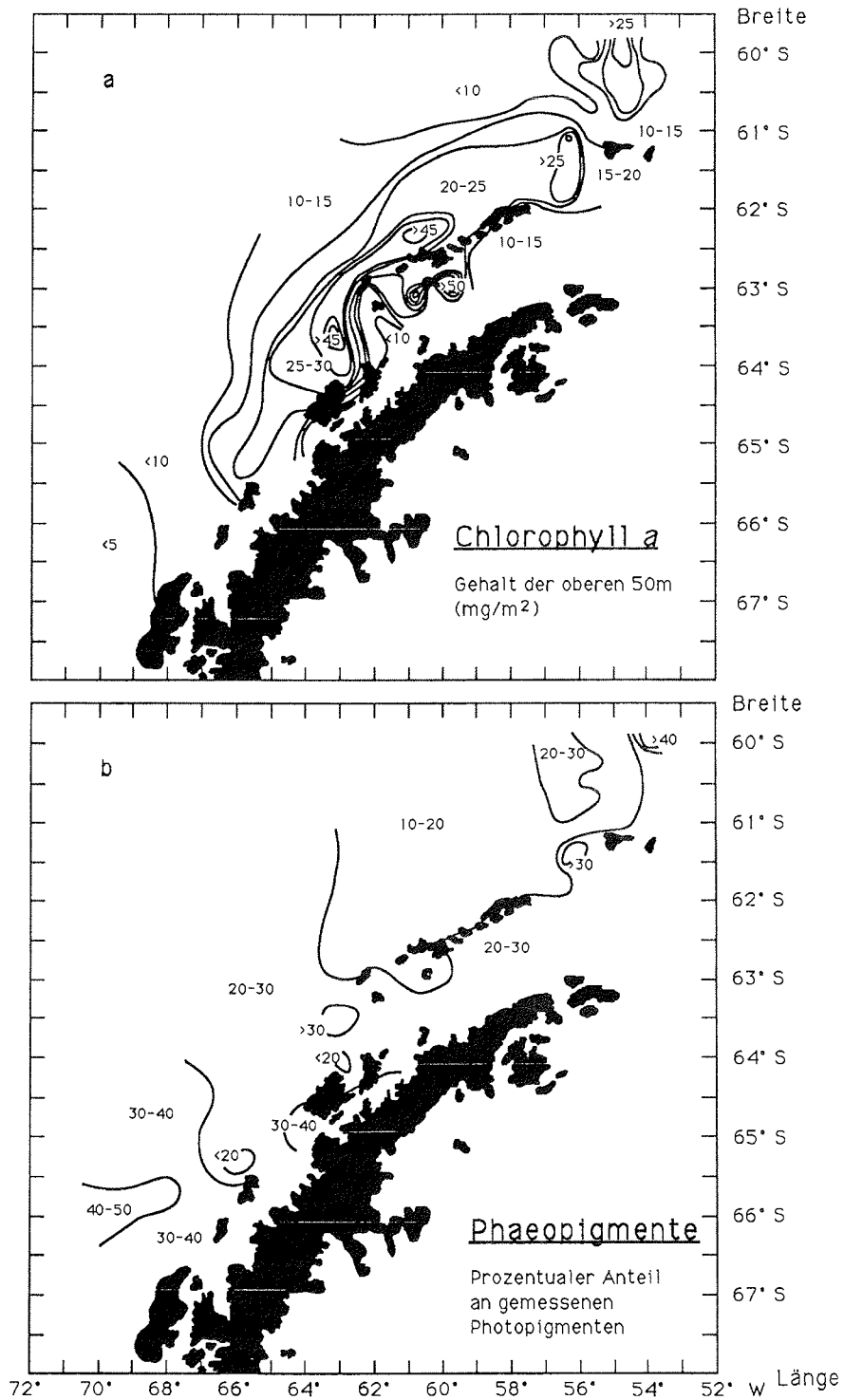


Abbildung 20: Verteilung der Photopigmente in den oberen 50m der Wassersäule.  
 a) Gehalt von Chlorophyll a, integriert über die oberen 50m.  
 b) Prozentualer Anteil der Phaeopigmente am Gesamtpigmentgehalt.

Temperaturen, mit zunehmend südlicher Breite und unter dichter Eisdecke. Im Norden, bei wärmeren Temperaturen, stiegen die Anteile ebenfalls leicht an. Insgesamt zeichneten sich die Stationen mit hohem Chlorophyll-Gehalt meist durch geringe Phaeopigment-Anteile aus.

### 3.3. Diatomeen

#### 3.3.1. Taxonomische Anmerkungen

Insgesamt wurden in der vorliegenden Arbeit 93 Diatomeen-Taxa unterschieden (Tabelle 3). Diese Kategorien sind teilweise nicht unproblematisch und sollen daher vor einer weiteren Darstellung der Ergebnisse diskutiert werden:

*Asteromphalus hepactis* und *A. parvulus* sind beide durch einzelne gut ansprechbare Zellen belegt. In der Regel erschien eine genaue Unterscheidung jedoch nicht sicher genug. Priddle und Fryxell (1985) berichten, daß sie die beiden Arten ebenfalls nicht klar trennen konnten, während bei zahlreichen anderen Autoren nur jeweils eine der beiden Arten in den Listen auftaucht. Auf Grund dieser Unsicherheiten wurde für die beiden Arten eine gemeinsame Kategorie gebildet.

*Chaetoceros atlanticum*, *C. bulbosum* und *C. schimperianum* wurden von Priddle und Fryxell (1985) zusammen mit der hier nicht beobachteten *C. radiculum* Karsten 1905 im "*Chaetoceros bulbosum complex*" vereint. Diese Autoren betrachten *C. bulbosum* als Dauerspore der anderen Formen. In der vorliegenden Arbeit konnten jedoch keine Zwischenformen nachgewiesen werden. Ausbildung einzelner aufgeblasener Seiten, die denen von *C. bulbosum* ähneln, wurde auch bei *C. criophilum* und *C. flexuosum* beobachtet (Abb. 21). Es wird daher davon ausgegangen, daß die "Übergänge" im "*Chaetoceros bulbosum complex*" möglicherweise auf oberflächlicher Ähnlichkeit beruhen und deshalb vorerst die ursprünglichen Arten beibehalten werden sollten.

Als *Chaetoceros cf. skeleton* wird eine Form bezeichnet, die von Van Heurck (1909) unter diesem Artnamen abgebildet wurde (Abb. 22). Nach Hustedt (1930) ist die Bezeichnung jedoch nicht richtig. Während er *C. skeleton* Schütt 1895 für eine Warmwasserform von *Chaetoceros atlanticum* hält, schlägt er die von Van Heurck gezeigte Form als Varietät zu *C. dichæta*. Die betreffende Form war im untersuchten Material auch von zarteren Formen von *C. dichæta* immer klar zu trennen. Es wird deshalb vorgezogen, die Form provisorisch als eigenständige Einheit zu behandeln.

Eine weitere *Chaetoceros*-Art fiel durch Ausbildung gehörnter Dauersporen auf (Abb. 23). Es handelt sich möglicherweise um eine noch nicht gültig beschriebene, eigene Art (Nöthig, 1988). Die bereits in früheren Arbeiten (Nöthig, 1988; Bartsch, 1989) gewählte provisorische Bezeichnung *Chaetoceros* "Typ A" wird hier übernommen.

*Coscinodiscus oculus-iridis* ist durch den Besitz einer siebenzähligen Zentralrosette und durch ihre Größe von *C. oculoides* unterschieden. Die beiden Arten waren jedoch im untersuchten Material durch Zwischengrößen mit unvollständigen Rosetten verbunden. Die beiden Arten werden deshalb gemeinsam behandelt.

Eine *Rhizosolenia*-Art entsprach in ihren Merkmalen *R. shrubsolei* Cleve 1881. Diese Art wird von Sundström (1986) zu *R. imbricata* Brightwell 1958 gezogen, die jedoch nach seinen Angaben in polaren Breiten nicht vorkommt. Diese Art wird daher unter *R. aff. imbricata* geführt.

*Thalassiosira frenguelli* und *T. frenguellopsis* sind nur in Dauerpräparaten zu unterscheiden und mußten deshalb in den Zählungen zusammengefaßt werden.

Kleine *Navicula*-Arten waren zu selten, um in einer so schwierigen Gruppe ausreichende Sicherheit in der Artbestimmung erlangen zu können.

*Nitzschia cylindrus* lag fast ausschließlich in Form sehr kleiner Zellen vor (Länge  $\pm 20\mu\text{m}$ ). In dieser Form war sie von der selten auch vorkommenden *N. pseudonana* in Seitenansicht nicht zu unterscheiden. Die beiden Arten wurden daher in den Zählungen zwar nicht getrennt, auf Grund ihrer Seltenheit kann *N. pseudonana* aber kein wesentlicher Anteil an den Zählergebnissen beigemessen werden.

Eine ganze Reihe von *Nitzschia*-Arten konnte in den Zählkammern nicht zuverlässig angesprochen werden. Diese Arten wurden zu Komplexen zusammengefaßt. Die Komplexe *delicatissima*, *nitzschiella* und *seriata* wurden nach den von Hasle (1964-1965) aufgestellten Kriterien definiert. Die Komplexe *linearis* und *rhombica* sind Formgruppen: *Nitzschia cpl. linearis* enthält alle schwächer strukturierten, zylindrischen Formen und *Nitzschia cpl. rhombica* alle breit rhombischen bis ovaten Formen. Die in den Komplexen enthaltenen Arten, soweit sie in Einzelfällen identifiziert werden konnten, sind in Tabelle 3 b aufgeführt.

*Tropidoneis cf. gaussii* ist der provisorische Name für eine wahrscheinlich noch unbeschriebene Art (Medlin, pers. Mitteilung). Sie ähnelt weitgehend *Tropidoneis gaussii*

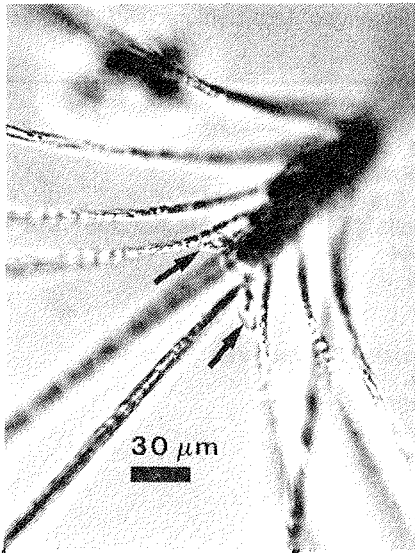


Abbildung 21: Bildung aufgeblasener Seten bei *Chaetoceros criophilum*.

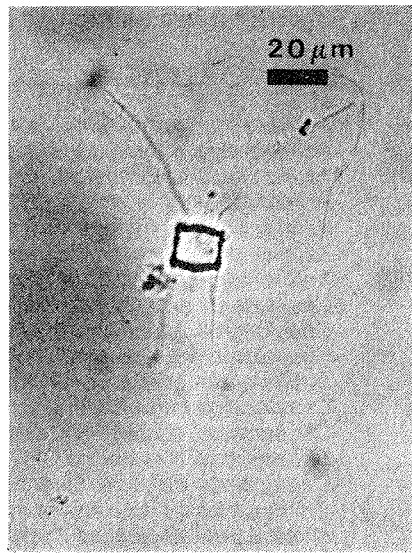


Abbildung 22: *Chaetoceros cf. skeleton*.

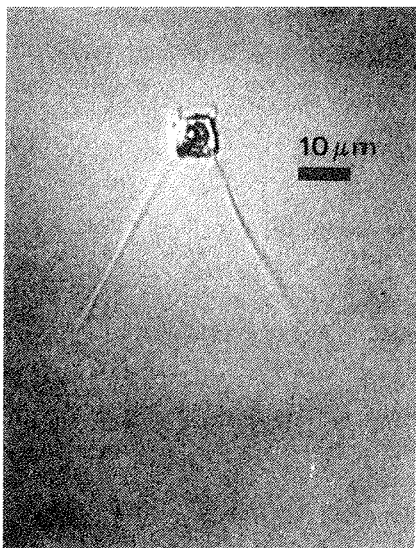


Abbildung 23: *Chaetoceros* "Typ A".



Abbildung 24: *Tropiconeis cf. gaussii*.

Tabelle 3: Diatomeentaxa, die in der vorliegenden Arbeit unterschieden wurden.

a: Centrales

- 
- Actinocyclus actinochilus* (Ehrenberg) Simonsen 1982
  - Actinocyclus curvatulus* Janisch 1878
  - Actinocyclus ehrenbergii* (Brébisson) Ralfs 1861
  - Archnoidiscus ehrenbergii* Bailey ex Ehrenberg 1850 \*1
  - Asteromphalus hepactis* (Brébisson) Ralfs 1861 & *parvulus* Karsten 1905
  - Asteromphalus hookeri* Ehrenberg 1844
  - Asteromphalus hyalinus* Karsten 1905
  - Chaetoceros aequatorale* Cleve 1873
  - Chaetoceros atlanticum* Cleve 1873
  - Chaetoceros bulbosum* (Ehrenberg) Heiden et Kolbe 1928
  - Chaetoceros castracanei* Karsten 1905
  - Chaetoceros convolutum* Castracane 1886
  - Chaetoceros criophilum* Castracane 1886
  - Chaetoceros curvisetum* Cleve 1889
  - Chaetoceros dichæta* Ehrenberg 1844
  - Chaetoceros flexuosum* Mangin 1915
  - Chaetoceros neglectum* Karsten 1905
  - Chaetoceros neogracile* Van Landingham 1967-1979
  - Chaetoceros pendulum* Karsten 1905
  - Chaetoceros peruvianum* Brightwell 1856
  - Chaetoceros schimperianum* Karsten 1905
  - Chaetoceros tortissimum* Gran 1900
  - Chaetoceros cf. skeleton* Schütt 1895
  - Chaetoceros* "Typ A"
  - Corethron criophilum* Castracane 1886
  - Coscinodiscus bouvet* Karsten 1905
  - Coscinodiscus oculoides* Karsten 1905 & *oculus-iridis* Ehrenberg 1839
  - Coscinodiscus horridus* Karsten 1905
  - Coscinodiscus oppositus* Karsten 1905
  - Dactyliosolen antarcticus* Castracane 1886
  - Dactyliosolen tenuijunctus* (Manguin) Hasle 1975
  - Eucampia balaustium* Castracane 1886
  - Hyalodiscus spec.* \*1
  - Leptocylindrus mediterraneus* (Peragallo) Hasle 1975
  - Odontella litigiosa* (Van Heurck) Hoban 1980
  - Odontella weissflogii* (Janisch) Grunow 1884
  - Porosira glacialis* (Grunow) Jørgensen 1905
  - Porosira pseudodenticulata* (Hustedt) Jousé in Kozlova 1962
  - Rhizosolenia alata* Brightwell 1858
  - Rhizosolenia antarctica* Karsten 1905
  - Rhizosolenia antennata* (Ehrenberg) Brown 1920
  - Rhizosolenia chunii* Karsten 1905
  - Rhizosolenia sima* Castracane 1886
  - Rhizosolenia aff. imbricata* Brightwell 1958
  - Stellarima microtrias* (Ehrenberg) Hasle et Sims 1986
  - Thalassiosira antarctica* Comber 1896
  - Thalassiosira australis* Peragallo 1921
  - Thalassiosira gracilis* (Karsten) Hustedt 1958
  - Thalassiosira gravida* Cleve 1896
  - Thalassiosira lentiginosa* (Janisch) Fryxell 1977
  - Thalassiosira oliverana* (O'Meara) Makarova et Nikolaev 1983
  - Thalassiosira ritscheri* (Hustedt) Hasle 1968
  - Thalassiosira tumida* (Janisch) Hasle 1971
  - Thalassiosira frenguelli* Kozlova 1967 & *frenguellopsis* Fryxell et Johannsen 198
  - Triceratium spec.* \*1



Tabelle 3: Diatomeentaxa, die in der vorliegenden Arbeit unterschieden wurden.

b: Pennates

- 
- Amphiprora kufferathii* Manguin 1960
  - Amphiprora oestrupi* Van Heurck 1909
  - Amphora barreii* Manguin 1960
  - Amphora racovitzae* Van Heurck 1909
  - Amphora senonquei* Peragallo 1921
  - Cocconeis spec.*
  - Diploneis spec.*
  - Grammatophora spec.* \*1
  - Gyrosigma spec.*
  - Haslea trompii* (Cleve) Simonsen 1974
  - Licmophora spec.*
  - Navicula directa* (Smith) Ralfs 1861
  - Navicula aff. criophila* Manguin 1960
  - Navicula aff. gelida* Grunow & *aff. glaciei* Van Heurck 1909
  - Nitzschia compacta* Hustedt 1958
  - Nitzschia curta* (Van Heurck) Hasle 1972
  - Nitzschia cylindrus* (Grunow) Hasle 1972 & *pseudonana* Hasle 1972
  - Nitzschia kerguelensis* (O'Meara) Hasle 1972
  - Nitzschia neglecta* Hustedt 1958
  - Nitzschia obliquecostata* (Van Heurck) Hasle 1972
  - Nitzschia ritscheri* (Hustedt) Hasle 1972
  - Nitzschia sicula* (Castracane) Hustedt 1958
  - Nitzschia stellata* Manguin 1960
  - Nitzschia taenia* Hustedt 1958
  - Nitzschia complex delicatissima* \*2
  - Nitzschia complex linearis* \*3
  - Nitzschia complex nitzschiella* \*4
  - Nitzschia complex rhombica* \*5
  - Nitzschia complex seriata* \*6
  - Pleurosigma directum* Grunow in Van Heurck 1880
  - Pseudoamphiprora spec.*
  - Synedra reinboldii* Van Heurck 1909
  - Synedra adellae* Manguin 1960
  - Thalassiothrix antarctica* (Cleve et Grunow) Schimper in Karsten 1905
  - Tropidoneis antarctica* (Grunow) Cleve 1894
  - Tropidoneis belgicae* (Van Heurck) Heiden et Kolbe 1928
  - Tropidoneis vanheurckii* Heiden et Kolbe 1928
  - Tropidoneis cf. gaussii* Heiden et Kolbe 1928
- 

- \*1 Litorale Formen, von denen nur leere Schalen an eisbedeckten Stationen der Gerlache- und Bransfieldstraße auftraten. Sie werden nicht weiter erwähnt.
- \*2 enthält die Arten: *Nitzschia lineola* Cleve 1897  
*Nitzschia prolongatoides* Hasle 1965  
*Nitzschia turgiduloides* Hasle 1965
- \*3 enthält die Arten: *Nitzschia linearis* (Castracane) Frenguelli 1943  
*Nitzschia sublinearis* (Van Heurck) Heiden et Kolbe 1928  
*Nitzschia vanheurckii* (Peragallo) Hustedt 1958
- \*4 enthält die Arten: *Nitzschia closterium* (Ehrenberg) Smith 1853  
*Nitzschia decipens* Hustedt 1958  
*Nitzschia lecointei* Van Heurck 1909  
*Nitzschia longissima* (Brébisson) Ralfs in Pritchard 1861  
*Nitzschia subcurvata* Hasle 1964
- \*5 enthält die Arten: *Nitzschia rhombica* (O'Meara) Hustedt 1952  
*Nitzschia separanda* Hustedt 1958
- \*6 enthält die Art: *Nitzschia heimii* Manguin 1960

Heiden *et* Kolbe 1928, unterscheidet sich jedoch von dieser Art durch einen erhabenen Zentralnodus statt eines eingesenkten wie bei anderen *Tropidoneis*-Arten (Abb. 24).

### 3.3.2. Autökologische Ergebnisse

#### Verbreitungsmuster

Während bei allen Arten die Zellzahlen im Norden höher waren als im Süden, zeigten die Diatomeenarten im Detail unterschiedliche Verteilungen, die sich in fünf typische Verbreitungsmuster einordnen ließen (Tabelle 4; Anhang 2). Eine sechste Gruppe umfaßt Arten, die sich in diese 5 Verbreitungstypen nicht einfügen.

Gruppe 1 enthält Arten, die sowohl in den ozeanischen Bereichen (**SPSW**) als auch in eisbedeckten Seegebieten häufig waren. In Gebieten mit hohen Chlorophyll-Konzentrationen sinken die Zahlen dieser Arten ab. Es gibt zwei Untergruppen:

- 1a: Die Hauptverbreitung liegt in der ozeanischen Drakepassage. In der Bransfieldstraße erfolgt ein geringerer Anstieg. Auf dem Bellingshausensee-Schelf fallen die Zahlen ab.
- 1b: Die Hauptverbreitung liegt in der Bransfieldstraße. Ein geringerer Schwerpunkt bildet sich in der Drakepassage. Außerdem kommt es zu einer weiteren Häufung in den eisbedeckten Gebieten des südlichen Bellingshausensee-Schelfs.

Gruppe 2 umfaßt Arten, deren Hauptverbreitung mit dem **SPSW** zusammenfällt. Sie wurden in unterschiedlichem Maße auch in anderen Gebiete gefunden, so daß vier Untergruppen zustande kommen:

- 2a: Die Hauptverbreitung beschränkt sich weitgehend auf das **SPSW** nördlich von etwa 61° 30' S.
- 2b: Die Hauptverbreitung reicht im **SPSW** etwa bis 63° 30' S. Weitere Verbreitungsschwerpunkte entwickeln sich in der Boyd Strait und entlang der Front zwischen **SPSW** und **WSW**.
- 2c: Der Verbreitungsschwerpunkt liegt im südlichen Bereich des **SPSW**. Nördlich der Südshetlandinseln geht die Abundanz stark zurück. Auf dem Bellingshausensee-Schelf sind vereinzelte Häufungen ausgebildet.

Die höchsten Zellzahlen treten bei Wassertemperaturen um 0° C, Salzgehalten geringer als 34 PSU und über großen Wassertiefen auf. Eisbedeckte Seegebiete werden gemieden.

Gruppe 3 kommt in der nördlichen Hälfte des Untersuchungsgebietes sowohl in ozeani-

schen als auch neritischen Gebieten vor. Bei den meisten Arten werden die höchsten Zellzahlen nördlich der Hauptgruppe der Südshetlandinseln erreicht. Bei fast allen Arten ist nordwestlich Smith Island ein auffälliger Rückgang der Zellzahlen zu verzeichnen. Es gibt vier Untergruppen:

- 3a: Die Zellzahlen nehmen auf dem Bellingshausensee-Schelf deutlich ab. Die Verbindung zu ozeanischen Gebieten ist stärker als bei den anderen Untergruppen. Südlich 64° S wurden keine höheren Zellzahlen beobachtet.
- 3b: Wie 3a. Im Süden kommen die meisten Arten bis etwa 65° 30' S vor, und zwar im Gegensatz zur vorigen Untergruppe bevorzugt auf dem Bellingshausensee-Schelf.
- 3c: Die Arten sind stärker als die der Untergruppen 3a und 3b auf Schelfgebiete beschränkt. Die Hauptverbreitung liegt auf dem nordseitigen Schelf der Hauptgruppe der Südshetlandinseln.
- 3d: Die Arten sind wie die der Untergruppen 3c weitgehend auf Schelfgebiete beschränkt. Die Hauptverbreitung liegt jedoch auf dem Bellingshausensee-Schelf. Die Zellzahlen nehmen im Bereich der Südshetlandinseln ab.

Die Arten dieser Gruppe zeigen einen Anstieg der Zellzahl in chlorophyll-reichen Gebieten. Die Arten der Untergruppe 3d fallen durch Häufung in Gebieten mit sehr niedrigen Temperaturen auf.

Gruppe 4 bezieht sich auf im wesentlichen neritische Arten, deren Hauptverbreitung im Gegensatz zur Gruppe 3 den Schelf um Elephant Island und die Bransfield- und Gerlachestraße mit einschließt. Es gibt drei Untergruppen:

- 4a: Die Hauptverbreitung folgt mehr oder weniger den Eisrandzonen.
  - 4b: Wie 4a. Die Verbreitung beschränkt sich aber im Süden des Bellingshausensee-Schelfs auf küstennahe Seegebiete.
  - 4c: Während bei den Südshetlandinseln Eisrandlagen bevorzugt werden, kommen die meisten Arten auf dem Bellingshausensee-Schelf eher in eisfreien Gebieten vor.
- Die Gruppe tritt bei niedrigen Temperaturen und Salzgehalten über 34 PSU in Erscheinung, Untergruppe 4a auch bei niedrigeren Salzgehalten. Wie bei Gruppe 3 nehmen die Zellzahlen in den chlorophyll-reichen Gebieten zu.

Gruppe 5 weist Arten auf, deren Vorkommen im Zusammenhang mit der Eisbedeckung steht. Es gibt drei Untergruppen:

- 5a: Die Verbreitung beschränkt sich fast ganz auf die Reichweite des **WSW**. Bereits auf dem nordseitigen Schelf der Hauptgruppe der Südshetlandinseln fehlen diese Arten. Nördlich Anvers und Brabant Island dringen sie in das **BSW.n** ein.
- 5b: Wie 5a. Es kommen vereinzelte Funde auf dem südlichen Bellingshausensee-

Tabelle 4: Verbreitungsmuster der Diatomeenarten (Erklärung der Einteilung im Text)  
 Die Zahlen hinter den Artnamen geben die Seite an, auf der sich die entsprechende Verbreitungskarte befindet. Die Zuordnung beruht auf der absoluten Abundanz der Arten. Ein Stern hinter dem Artnamen bedeutet, daß die Art aufgrund ihrer Seltenheit nicht quantitativ bearbeitet wurde. In diesen Fällen basiert die Zuordnung auf der Lage der Fundorte.

Gruppe 1: a:	- <i>Nitzschia cylindrus</i> & <i>pseudonana</i>	166
	- <i>Nitzschia curta</i>	167
	b: - <i>Nitzschia obliquecostata</i>	167
	- <i>Nitzschia complex linearis</i>	168
	- <i>Nitzschia complex nitzschiella</i>	168
	- <i>Tropidoneis vanheurckii</i>	169
Gruppe 2: a:	- <i>Chaetoceros aequatorale</i>	169
	- <i>Nitzschia ritscheri</i>	170
	- <i>Rhizosolenia chunii</i>	170
	b: - <i>Asteromphalus hepactis</i> & <i>parvulus</i>	171
	- <i>Asteromphalus hyalinus</i>	171
	- <i>Chaetoceros neogracile</i>	172
	- <i>Nitzschia sicula</i>	172
	- <i>Nitzschia complex rhombica</i>	173
	- <i>Nitzschia complex delicatissima</i>	173
	- <i>Thalassiosira frenguelli</i> & <i>frenguellopsis</i>	174
	- <i>Thalassiosira gracilis</i>	174
	c: - <i>Asteromphalus hookeri</i>	175
	- <i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	175
	Gruppe 3: a:	- <i>Actinocyclus curvatulus</i> *
- <i>Chaetoceros atlanticum</i>		176
- <i>Chaetoceros bulbosum</i>		177
- <i>Chaetoceros castracanei</i>		177
- <i>Chaetoceros convolutum</i>		178
- <i>Nitzschia kerguelensis</i>		178
- <i>Pleurosigma directum</i> *		179
- <i>Thalassiosira oliverana</i>		179
- <i>Tropidoneis antarctica</i>		180
b: - <i>Chaetoceros criophilum</i>		180
- <i>Chaetoceros dictyota</i>		181
- <i>Chaetoceros peruvianum</i>		181
- <i>Dactyliosolen antarcticus</i>		182
- <i>Rhizosolenia antarctica</i>		182
- <i>Rhizosolenia antennata</i>		183
- <i>Synedra reinboldii</i>		183
- <i>Thalassiosira tumida</i>		184
c: - <i>Actinocyclus ehrenbergii</i>		184
- <i>Chaetoceros cf. skeleton</i>		185
- <i>Nitzschia complex seriata</i>		49
- <i>Thalassiosira lentiginosa</i>		185
d: - <i>Chaetoceros curvisetum</i>		52
- <i>Navicula directa</i>		186
- <i>Rhizosolenia alata</i>		186
- <i>Thalassiothrix antarctica</i>		187

Tabelle 4: Verbreitungsmuster der Diatomeenarten (Erklärung der Einteilung im Text)  
 Die Zahlen hinter den Artnamen geben die Seite an, auf der sich die entsprechende Verbreitungskarte befindet. Die Zuordnung beruht auf der absoluten Abundanz der Fundorte. Ein Stern hinter dem Artnamen bedeutet, daß die Art aufgrund ihrer Seltenheit nicht quantitativ bearbeitet wurde. In diesen Fällen basiert die Zuordnung auf der Lage der Fundorte.

Gruppe 4:	a:	- <i>Chaetoceros flexuosum</i> *	187
		- <i>Odontella weissflogii</i>	188
		- <i>Porosira pseudodenticulata</i>	188
	b:	- <i>Actinocyclus actinochilus</i>	189
		- <i>Stellarima microtrias</i>	189
		- <i>Thalassiosira ritscheri</i>	190
	c:	- <i>Chaetoceros neglectum</i>	52
		- <i>Chaetoceros schimperianum</i> *	190
		- <i>Corethron criophilum</i>	191
		- <i>Coscinodiscus oculoides</i> & <i>oculus-iridis</i>	191
		- <i>Porosira glacialis</i>	192
		- <i>Thalassiosira gravida</i>	192
	Gruppe 5:	a:	- <i>Amphiprora kufferathii</i>
		- <i>Amphiprora oestrupi</i>	193
		- <i>Amphora barreii</i> *	194
		- <i>Cocconeis spec.</i> *	194
		- <i>Diploneis spec.</i> *	195
		- <i>Licmophora spec.</i> *	195
		- <i>Nitzschia neglecta</i>	196
		- <i>Nitzschia taenia</i> *	196
		- <i>Pseudoamphiprora spec.</i> *	197
		- <i>Rhizosolenia sima</i> *	197
b:		- <i>Chaetoceros</i> "Typ A" *	53
		- <i>Navicula aff. criophila</i> *	198
		- <i>Nitzschia compacta</i> *	198
		- <i>Nitzschia stellata</i>	199
		- <i>Synedra adelliae</i> *	199
		- <i>Thalassiosira antarctica</i>	200
		- <i>Thalassiosira australis</i> *	200
		- <i>Tropidoneis cf. gaussii</i>	201
c:		- <i>Amphora racovitzae</i> *	194
		- <i>Amphora senonquei</i> *	194
		- <i>Navicula aff. gelida</i> & <i>aff. glaciei</i> *	201
		- <i>Odontella litigiosa</i> *	202
Gruppe 6:			- <i>Chaetoceros pendulum</i>
		- <i>Chaetoceros tortissimum</i> *	53
		- <i>Coscinodiscus bouvet</i> *	203
		- <i>Coscinodiscus horridus</i> *	203
		- <i>Coscinodiscus oppositus</i> *	203
		- <i>Dactyliosolen tenuijunctus</i>	203
		- <i>Eucampia balaustium</i>	204
		- <i>Gyrosigma spec.</i> *	179
		- <i>Haslea trompii</i>	204
		- <i>Rhizosolenia aff. imbricata</i>	205
	- <i>Tropidoneis belgicae</i> *	205	

Schelf hinzu.

5c: Nur Einzelfunde entlang der Küste von den Biscoeinseln bis in die Gerlachestraße.

Die Arten der Gruppe 5 weisen wie die der Gruppe 4 Häufungen bei niedrigen Temperaturen und Salzgehalten über 34 PSU auf. Ihr Vorkommen ist stärker an eisbedeckte Gewässer gebunden.

Gruppe 6 enthält die Arten, die sich nicht zwanglos in die oben genannten Gruppierungen einfügen ließen.

#### Vorkommen von Zellen in Teilung

Bei *Nitzschia complex seriata*, *Synedra reinboldii* und *Thalassiothrix antarctica* sowie vereinzelt auch bei weiteren Arten wurden paarweise nebeneinander liegende Zellen gefunden. Dies wird als Ergebnis unmittelbar vorausgegangener Teilungen gedeutet. Bei *Nitzschia*-Arten mit bandförmigen Kolonien (*subgenus fragillariopsis*) konnte keine derartige Unterscheidung getroffen werden. Bei *Synedra reinboldii* und *Thalassiothrix antarctica* schwankten die Anteile solcher Zellen an der Zellzahl stark, so daß nur für *Nitzschia complex seriata* eine weitere Auswertung vorgenommen wurde.

*Nitzschia complex seriata* (Gruppe 3b) bildete in den Schelfgebieten sowie nördlich von Elephant Island große Bestände (Abb. 25 a). In diesen Gebieten betrug der Prozentsatz sich teilender Zellen um 4% (Abb. 25 b). Die höchsten Anteile wurden aber nicht hier, sondern in zerstreut liegenden ozeanischen Bereichen erreicht (maximal 13%: Station 074), die in der Regel geringere Bestände aufwiesen. Niedrige Anteile wurden in einem dem Südshetland-Schelf vorgelagerten Hochsee-Streifen beobachtet, außerdem in der Bransfieldstraße und auf dem südlichen Bellingshausen-see-Schelf, wo auf den südlichsten Stationen keine Zellen in Teilung mehr gefunden wurden.

#### Vorkommen von leeren Schalen

Die quantitative Auswertung der Häufigkeit leerer Schalen war nur bei einer eingeschränkten Zahl von Diatomeen-Arten möglich und lieferte auch bei diesen kein einheitliches Bild. Dennoch fielen Orte auf, an denen mehrere Arten einen Anstieg des Anteils leerer Schalen an der Gesamtzellzahl zeigten (Tabelle 5). Die Aufstellung hat allerdings nur exemplarischen Charakter, da es weitere Zonen gibt, in denen bei einzelnen Arten ein Anstieg stattfand (Anhang 3).

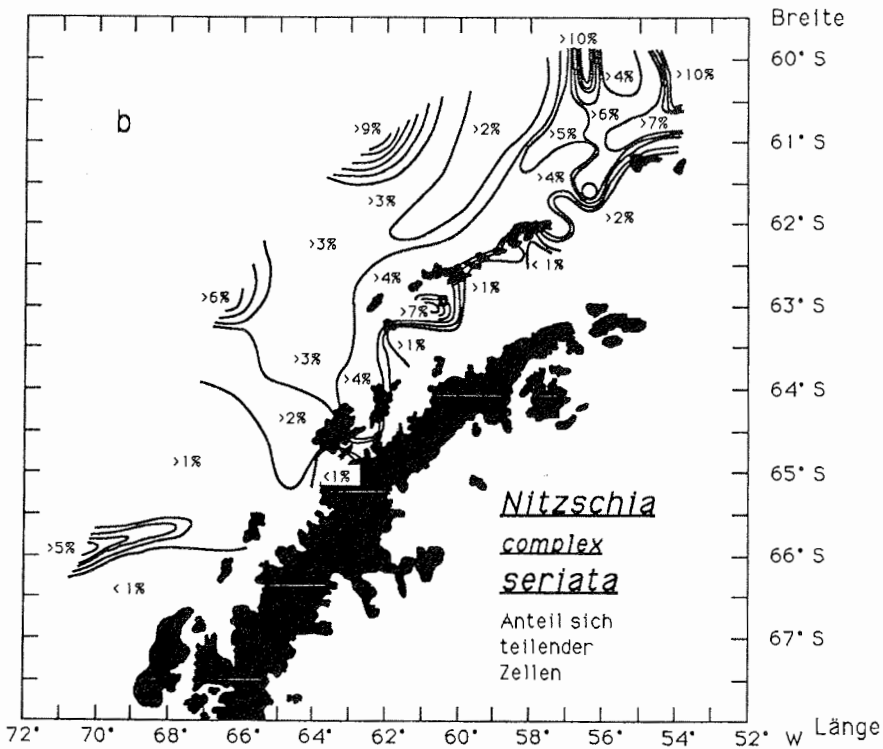
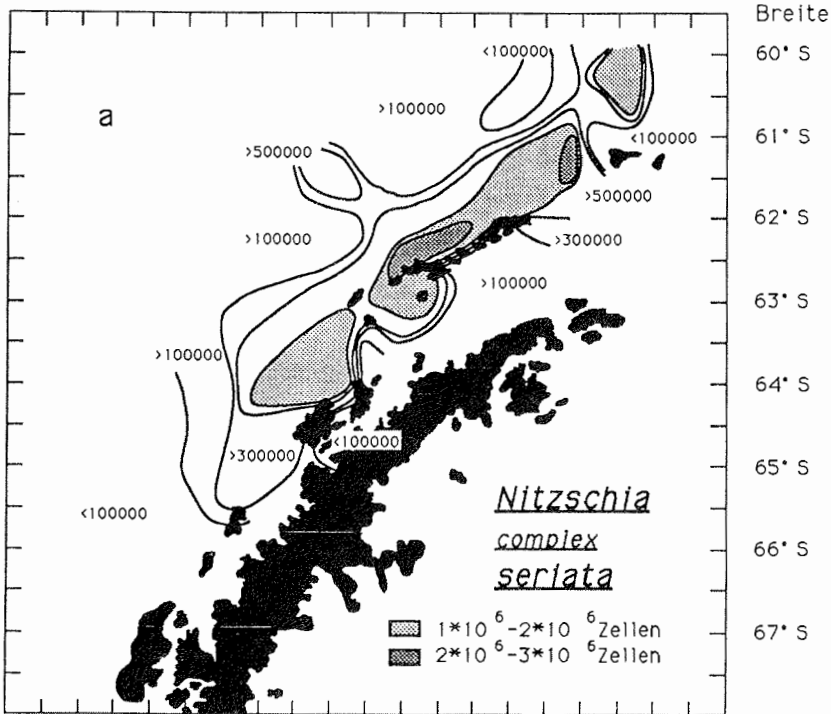


Abbildung 25: *Nitzschia complex seriata*.

- a) Häufigkeit intakter Zellen  
 b) Anteil sich teilender Zellen

Tabelle 5: Gebiete, in denen wiederholt erhöhte Anteile leerer Schalen auftraten

Gebiet:	Betroffene Arten:
Südlicher Bellingshausensee-Schelf	<i>Asteromphalus hyalinus</i> <i>Chaetoceros atlanticus</i> <i>Chaetoceros dicaeta</i> <i>Dactyliosolen antarcticus</i> <i>Nitzschia complex angulata</i> <i>Rhizosolenia antennata</i> <i>Thalassiothrix antarctica</i>
Bransfield- und Gerlachestraße	<i>Asteromphalus hyalinus</i> <i>Dactyliosolen antarcticus</i> <i>Nitzschia curta</i> <i>Nitzschia kerguelensis</i> <i>Nitzschia complex angulata</i> <i>Rhizosolenia antennata</i> <i>Thalassiosira gracilis</i> <i>Thalassiothrix antarctica</i>
Der Front-Mäander nördlich Elephant Isl.	<i>Asteromphalus hyalinus</i> <i>Chaetoceros dicaeta</i> <i>Nitzschia curta</i> <i>Rhizosolenia antennata</i> <i>Thalassiothrix antarctica</i>
Der Warmwasser-Sektor des SPSW	<i>Asteromphalus hyalinus</i> <i>Chaetoceros atlanticus</i> <i>Chaetoceros dicaeta</i> <i>Dactyliosolen antarcticus</i> <i>Navicula directa</i> <i>Nitzschia curta</i> <i>Nitzschia kerguelensis</i> <i>Nitzschia complex angulata</i> <i>Nitzschia complex linearis</i> <i>Thalassiosira lentiginosa</i> <i>Thalassiothrix antarctica</i>

#### Vorkommen von Sporen

Nur bei *Rhizosolenia alata* konnten Auxosporen beobachtet werden. Die Sporen traten selten im gesamten Untersuchungsgebiet auf. Dauersporen wurden bei folgenden Diatomeen beobachtet:

- *Eucampia balaustium*
- *Stellarima microtrias*
- *Odontella weissflogii*
- *Thalassiosira gravida*
- *Rhizosolenia sima*
- *Chaetoceros subgenus hyalochaete*

Bei *Eucampia balaustium* und *Odontella weissflogii*, die nur zerstreut vorkamen, wurden ausschließlich Dauersporen gefunden, allerdings hatten die Sporen von *Eucampia balaustium* mitunter schwächer verkieselte Gürtelbänder ausgebildet. *Rhizosolenia*



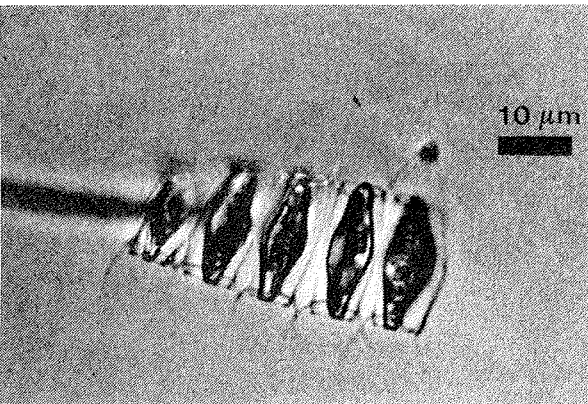
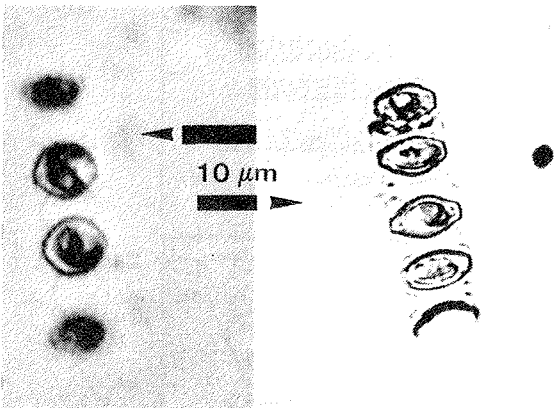
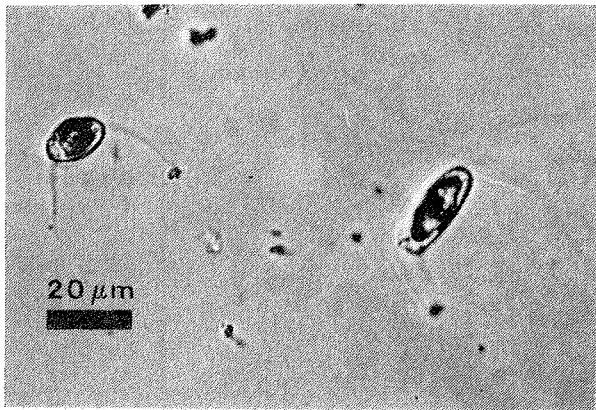


Abbildung 26: Dauersporen von *Chaetoceros*-Arten des Subgenus *Hyalochaete*:  
 a: Dauersporen von *Chaetoceros curvisetum*,  
 b: Dauersporen von *Chaetoceros neglectum*,  
 c: Dauersporen von *Chaetoceros tortissimum*.  
 Die Sporen der beiden erstgenannten Arten überlappen sehr stark in ihrer Form und können ohne anhaftende vegetative Valven nicht bestimmt werden!

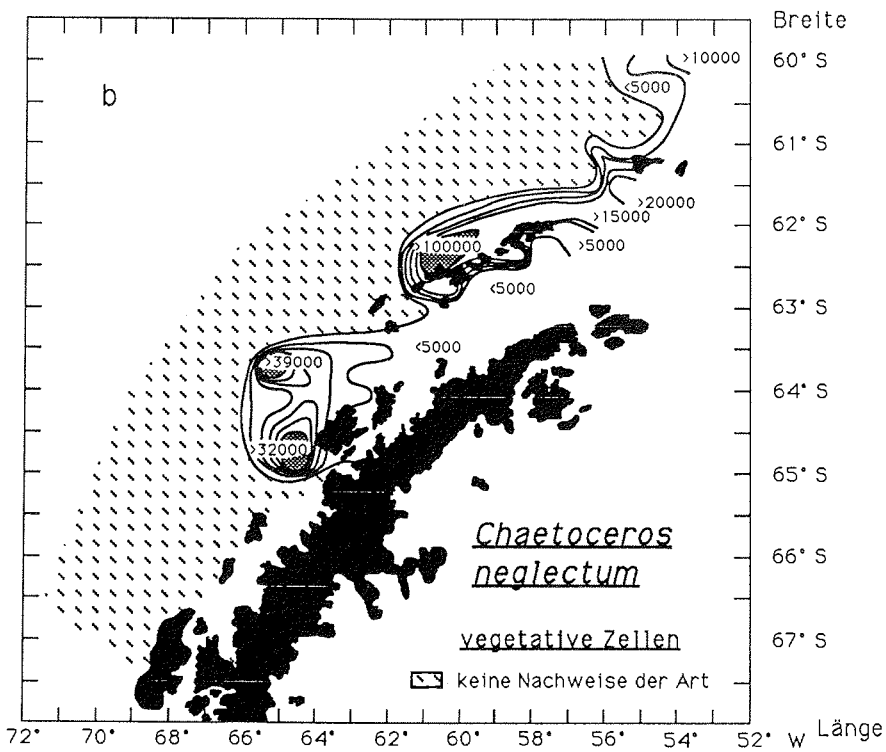
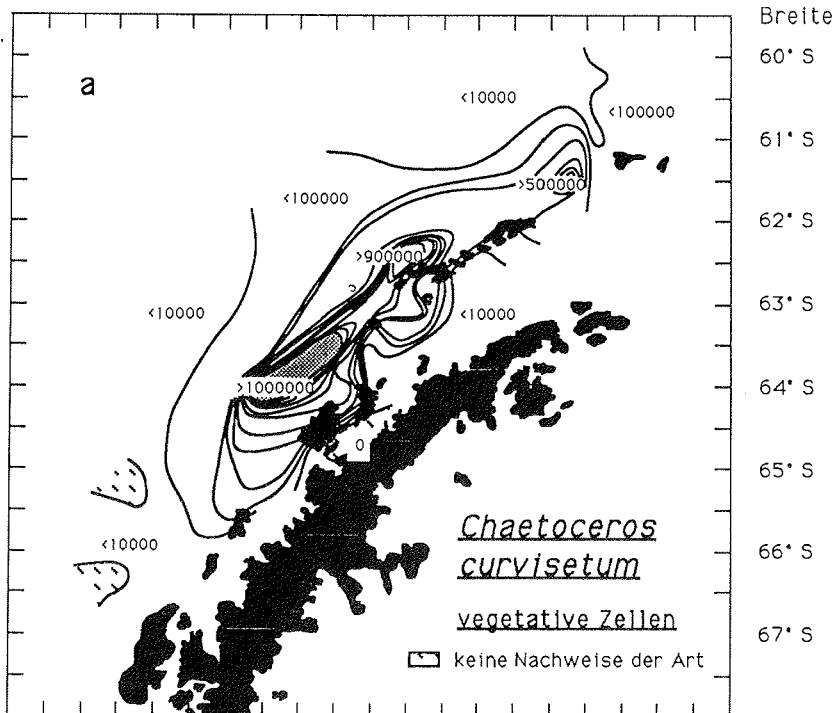
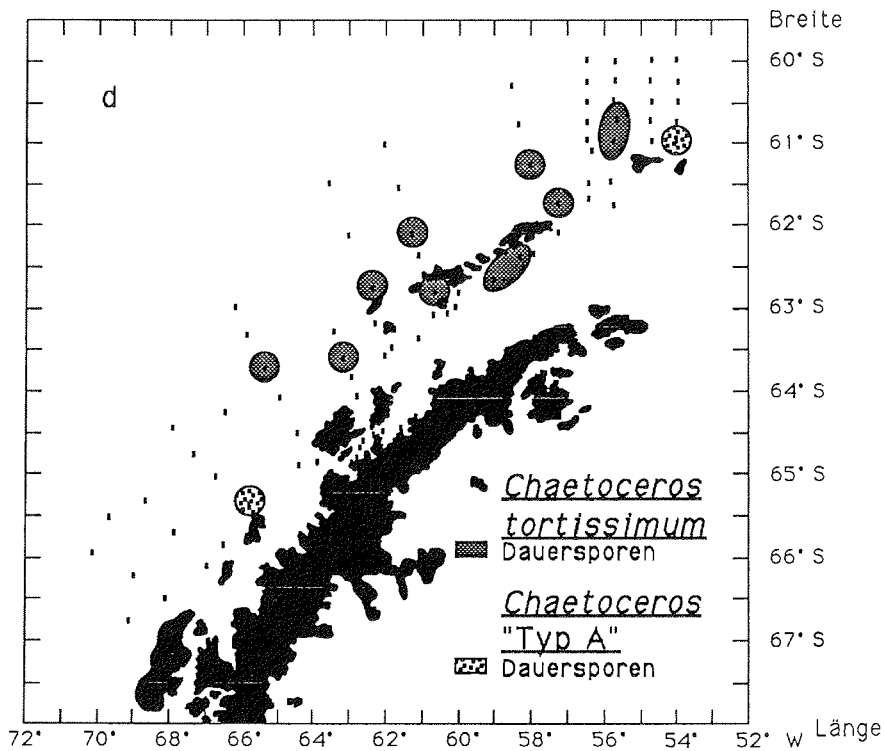
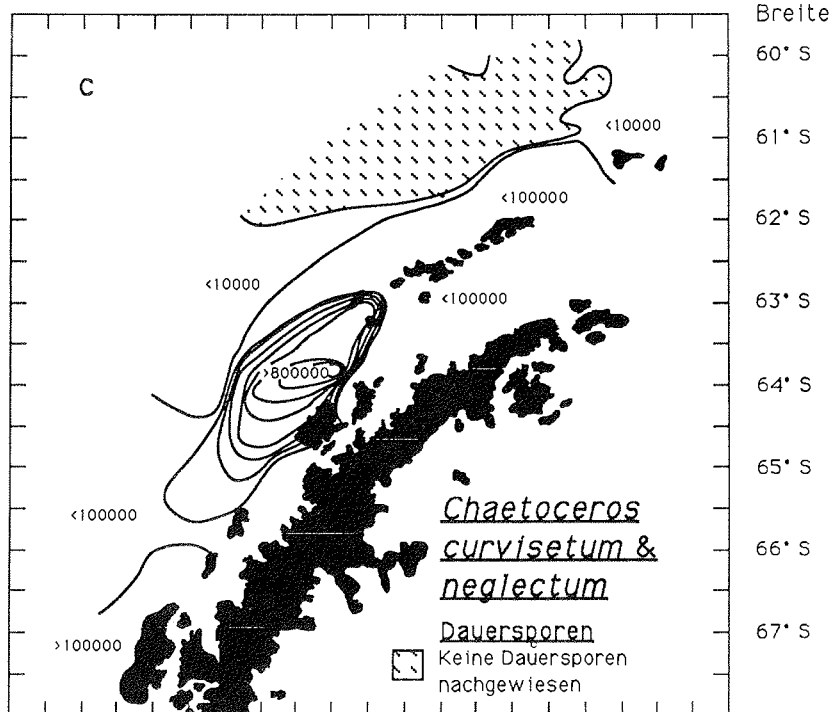


Abbildung 27 (Diese und gegenüberliegende Seite): Verbreitung der zu *Chaetoceros* subgenus *hyalochaete* gehörenden sporenbildenden Arten:



- a) *Chaetoceros curvisetum* - vegetative Zellen
- b) *Chaetoceros neglectum* - vegetative Zellen
- c) Sporen der Arten *C. curvisetum* und *C. neglectum*
- d) Fundorte der Sporen von *C. tortissimum* und *C. "Typ A"*

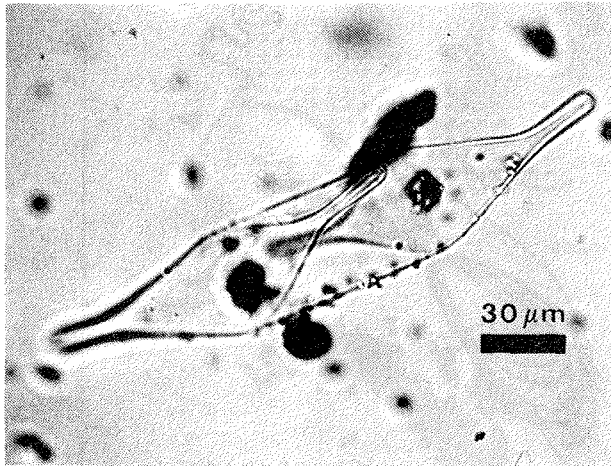


Abbildung 28: Zellen von *Rhizosolenia alata*, denen die Gürtelbänder fehlten. Sie sind hier als Ergebnis der Teilung einer Zelle mit Gürtelbändern gezeigt, da sie sich so leichter fotografieren ließen.

*sima* kam sowohl in vegetativer Form und als Spore vor, war für eine quantitative Gegenüberstellung jedoch zu selten. Bei *Stellarima microtrias* überwogen die Dauersporen in einem solchen Maße, daß auf eine quantitative Gegenüberstellung vegetativer Zellen zu Dauersporen verzichtet wurde. Sporen von *Thalassiosira gravida* wurden nur an zwei Stellen nachgewiesen (Station 027 und 116).

Sporen von *Chaetoceros*-Arten des Subgenus *Hyalochaete* kamen mit Ausnahme des Warmwasser-Sektors des SPSW überall im Untersuchungsgebiet vor. Eine besondere Häufung trat jedoch auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf auf (Abb. 27 c). Es wurden im wesentlichen zwei Typen gefunden, die sich allerdings sehr ähnlich sahen. Beide waren elliptisch und glatt (Abb. 26). Anhand anhaftender vegetativer Valven konnten die etwas breiteren und flacheren Sporen (Abb. 26 a) mit *Chaetoceros curvisetum* (Gruppe 3 c) in Verbindung gebracht werden, das auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf und entlang der Südshetlandinseln eine sehr häufige Art war (Abb. 27 a). Der zweite Typ war im Mittel etwas kleiner und rundlicher, mitunter fast kreisrund (Abb. 26 b). Er gehörte zu *Chaetoceros neglectum* (Gruppe 4 c), das ebenfalls auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf verbreitet war (Abb. 27 b). Leider überlappten die beiden Typen in Form und Größe sehr stark, so daß sie ohne anhaftende vegetative Valven nicht angesprochen werden konnten. Sie mußten deshalb in der quantitativen Bearbeitung zusammengefaßt werden.

Ein dritter, nur vereinzelt nachgewiesener Typ von *Chaetoceros*-Sporen war durch

seine Größe und längliche Form nicht zu verwechseln (Abb. 26 c). Er konnte *Chaetoceros tortissimum* zugeordnet werden, die nur als Dauerspore gefunden wurde (Abb. 27 d).

Als vierter Typ wurden in den Festeis-Proben auf Station 033 und 124 Sporen von *Chaetoceros* "Typ A" gefunden.

Bei *Rhizosolenia alata*, *Rhizosolenia antennata* und *Corethron criophilum* wurden Zellen beobachtet, bei denen die sonst üblichen Gürtelbänder fehlten oder stark reduziert waren (Abb. 28). Dieses Phänomen trat bei den beiden letztgenannten Arten nur selten auf. Bei *Rhizosolenia alata* nahmen 5 bis 10% der Zellen diese Form an. Inwieweit es sich bei diesen Zellen um Ruhestadien, Kümmerformen oder auch nur um bloße Variation handelte, konnte nicht entschieden werden.

### 3.3.3. Synökologische Ergebnisse

#### Plankton

Als relativ artenreich erwies sich der in Abschnitt 3.2. beschriebene Gürtel hohen Chlorophyll-Gehaltes (Abb. 29). Die höchsten Artenzahlen (maximal 59 Arten) werden in der Dallmanns' Bay zwischen Anvers und Brabant Island, bei Deception Island und im Loper Channel erreicht. Im Loper Channel erstreckt sich die artenreiche Zone auch auf Stationen mit geringem Chlorophyll-a-Gehalt. 45 bis 50 Arten treten auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf und der vorgelagerten Hochsee auf, außerdem in einem Seegebiet, das mit der Hauptverbreitung der Arten der Gruppe 2a bis 2c korrespondiert, sowie in der Bransfieldstraße. Die niedrigsten Artenzahlen finden sich einerseits auf dem südlichen Bellingshausensee-Schelf, andererseits im Zentrum des Warmwassersektors im Norden.

An ihren Zellzahlen gemessen, waren im gesamten Untersuchungsgebiet nur wenige Arten von quantitativer Bedeutung. Fast überall war *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* dominant. Im Mittel über alle bearbeiteten Proben betrug ihre relative Abundanz 50%. Im Detail schwankte ihr Anteil jedoch sehr stark (Abb. 30). So war er in den chlorophyll-reichen Gebieten besonders gering, wo an einigen Stellen *Nitzschia complex seriata* dominant wurde. In der Bransfield- und Gerlachestraße sowie auf dem südlichen Bellingshausensee-Schelf erreichte *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* hingegen eine relative Abundanz von 70% und mehr. Dieser Befund ist bemerkenswert, weil die Zellzahlen von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* in diesen Ge-

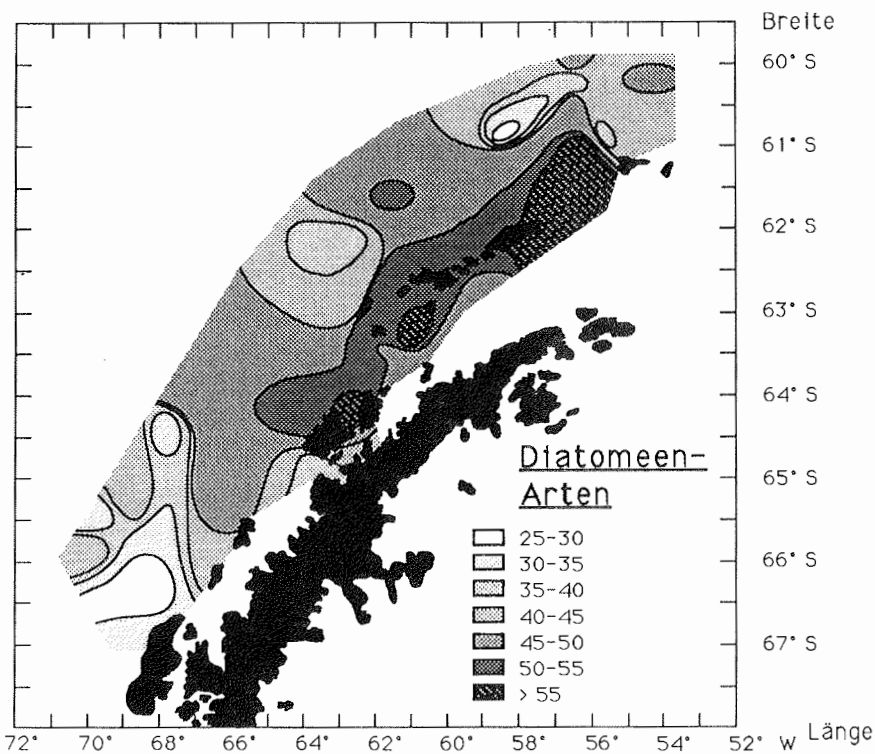


Abbildung 29: Artenreichtum der untersuchten Seegebiete. Es wurden nur Diatomeen-Arten berücksichtigt.

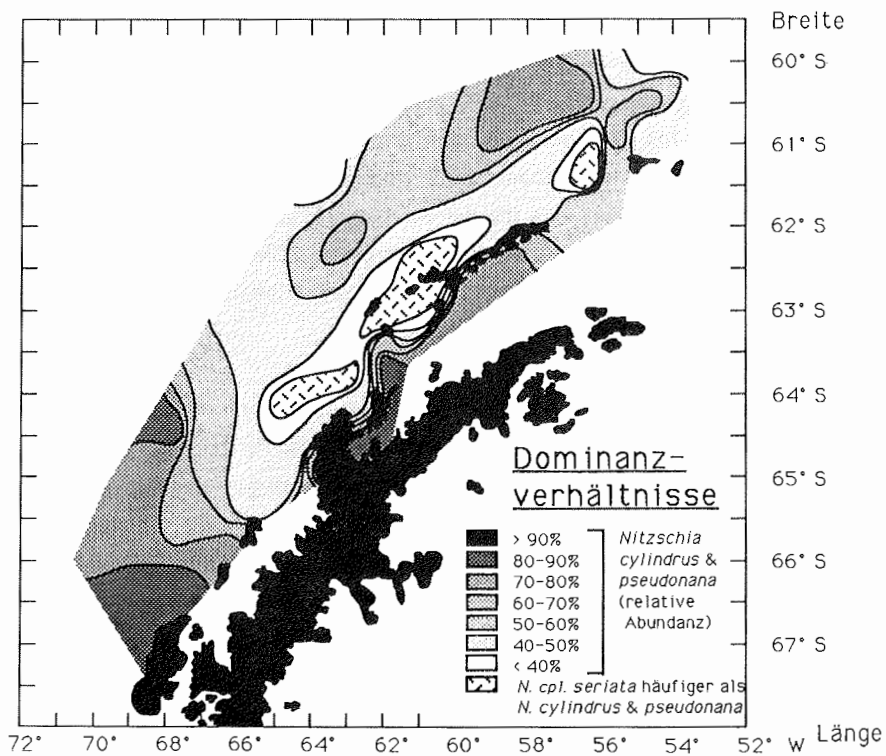


Abbildung 30: Dominante Diatomeen-Arten im Untersuchungsgebiet. Dargestellt ist die relative Abundanz. Sobald die relative Abundanz von *Nitzschia cylindrus* auf Werte zwischen 30 und 40% fiel, wurde sie als dominante Art von *Nitzschia complex seriata* abgelöst.

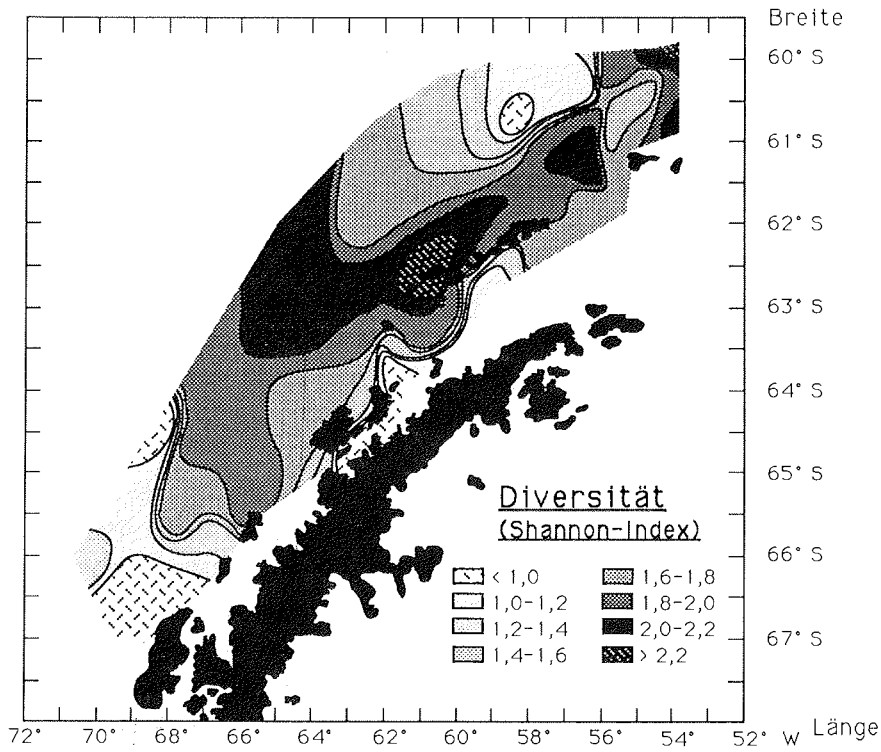


Abbildung 31: Höhe der Diversität im Untersuchungsgebiet bezogen auf die integrierten Werte der oberen 50m Wassersäule..

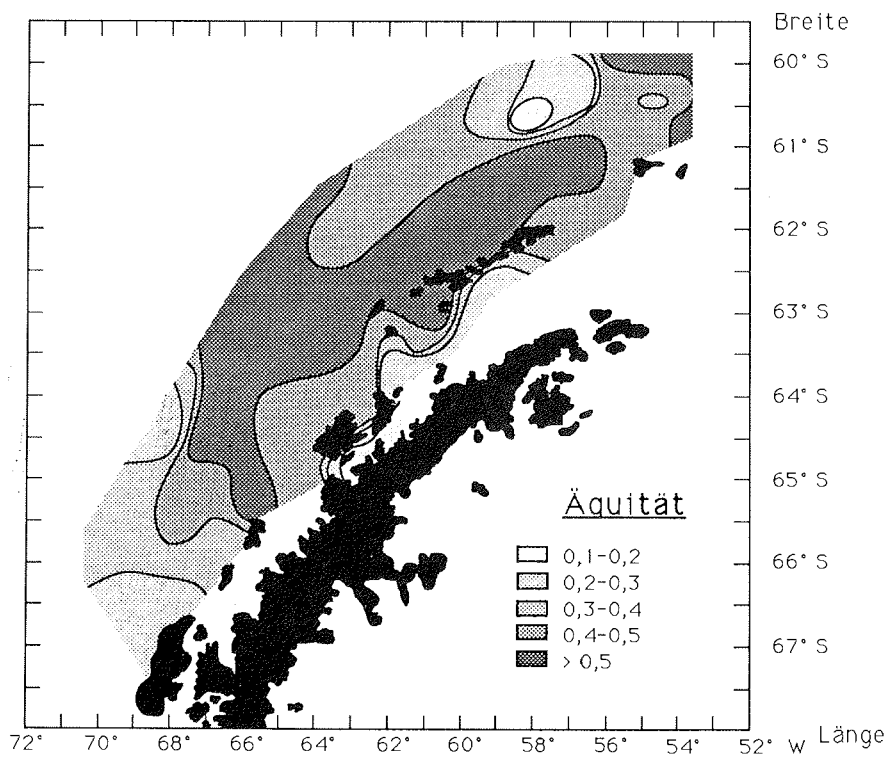


Abbildung 32: Höhe der Äquität im Untersuchungsgebiet bezogen auf die integrierten Werte der oberen 50m Wassersäule..

bieten nicht sehr hoch sind (Anhang 2). Weitere Arten mit höheren Anteilen an der Gesamtzellzahl zeigt Abbildung 34.

Die Berechnungen von Diversität und Äquität stimmten gut miteinander überein, wichen aber teilweise stark von dem durch den Artenreichtum vorgegebenen Bild ab (Abb. 31 und 32). Insbesondere der Frontmäander nördlich Elephant Island und das Seegebiet nordwestlich von Smith Island wiesen bei mäßigem Artenreichtum hohe Werte für die Diversität und Äquität auf.

Die Cluster-Analyse ergab sieben Stationsgruppen (Abb. 35), die überwiegend zusammenhängende Gebiete einnahmen (Abb. 33). Lediglich Station 046 ließ sich keinem Cluster anschließen; und Station 052 wurde an ein räumlich entferntes Cluster angeschlossen. Der Cluster 4 (Abb. 33) vereint Stationen aus dem Warmwassersektor des **SPSW** mit räumlich nicht zusammenhängenden Stationen des **WSW.m** und ist deshalb problematisch. Da aber dieser Cluster und die beiden anderen genannten Stationen im Bereich des Frontmäanders nördlich Elephant Island liegen, wird davon ausgegangen, daß sich in diesen Befunden die komplexe Dynamik dieses Seegebietes widerspiegelt. Die einzelnen Cluster sind in folgender Weise charakterisiert:

Cluster 1 repräsentiert die Hochseegebiete der Drakepassage. Alle hier eingeordneten Stationen liegen im **SPSW**. Der Chlorophyll-Gehalt liegt allgemein niedrig. Die Phaeopigment-Anteile liegen niedrig, steigen aber im Südwesten etwas an. Im Artenspektrum überwiegen die Arten der Gruppe 2 und 3. Arten der Gruppe 4 c werden im Süden (Stationen 116 und 117) und auf den Stationen in Nachbarschaft des Loper Channels (Stationen 067, 068 und 079) etwas häufiger. Auf dieses Gebiet beschränkt bleibt das Auftreten von Arten der Gruppe 5 (Stationen 050, 067 und 068). Quantitativ stellt *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* im Mittel 51% der Zellen (Abb. 34). 24% der Zellen gehören zu Arten der Gruppe 2, 16% zu Arten der Gruppe 3.

Cluster 2 ist auf den Teil des **SPSW** beschränkt, der von dem Front-Mäander nördlich Elephant-Island umschlossen wird (Vergl. Abb. 13 d, 19 und 33). Die Chlorophyll-Werte sind erhöht bei im wesentlichen niedrigen Anteilen von Phaeopigment. Im Artenspektrum sind Gruppe 2 und 3 stark vertreten. Gruppe 4 ist von ähnlicher Bedeutung wie im Cluster 1 in Nachbarschaft des Loper Channels. Die Stationen 037 und 043 weisen auch Arten der Gruppe 5 auf. Quantitativ erreicht *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* im Mittel 49% der Zellen. Im Vergleich mit Cluster 1 hat *Nitzschia complex seriata* stärker zugenommen.



Cluster 3 ist hydrographisch heterogen (Vergl. Abb. 13 d und 33): Er umfaßt Stationen, die im **BSW.n**, im **WSW.m** und im **WSW.br** liegen. Räumlich umfaßt er den nördlichsten Bellingshausensee-Schelf, den nordseitigen Schelf der Hauptgruppe der Südshetlandinseln, das Seegebiet um Deception Island und den Loper Channel. Damit erfaßt dieser Cluster die meisten chlorophyll-reichen Gebiete. Artenreichtum und Diversität sind hoch. Im Artenspektrum treten Arten der Gruppe 4 etwas stärker hervor. Gruppe 5 erscheint im Bereich des **WSW**. Quantitativ fällt *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* auf 37 %. *Nitzschia complex seriata* erreicht im Mittel 27%. Die Bedeutung der Gruppe 2 hat abgenommen (11%). Bemerkenswert ist ferner der hohe Anteil von *Chaetoceros curvisetum* (10%).

Cluster 4 fällt mit dem Front-Mäander nördlich Elephant Island zusammen. Der Chlorophyll-Gehalt ist relativ niedrig, der Phaeopigment-Anteil erhöht. Die Diversität ist hoch bei mittelmäßigem Artenreichtum. Die einzelnen Arten sind sehr unregelmäßig verteilt. Quantitativ fällt die hohe relative Abundanz von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* auf (64%: Abb. 34). Die Arten der Gruppe 2 treten mit 16% etwas stärker in Erscheinung als Gruppe 3 mit 11%.

Cluster 5 nimmt den Hauptteil des nördlichen Bellingshausensee-Schelfs und damit des **BSW.n** ein. Die Chlorophyll-Gehalte sind hoch, die Phaeopigment-Anteile erhöht. Arten der Gruppe 3 treten gegenüber Gruppe 2 in den Vordergrund. Gruppe 4 ist ebenfalls stärker vertreten, während Gruppe 6 mit Ausnahme von Station 102 unbedeutend bleibt. Quantitativ liegt die relative Abundanz von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* mit 43% niedrig. Arten der Gruppe 2 erreichen keine großen Mengen mehr, während Gruppe 3 mit 44% besonders stark entwickelt ist. In dieser Gruppe fällt neben *Nitzschia complex seriata* der hohe Anteil von *Chaetoceros curvisetum* auf.

Cluster 6 besteht aus allen Stationen auf dem südlichen Bellingshausensee-Schelf im Bereich des **BSW.s**. Die niedrigsten Chlorophyll-Gehalte im Untersuchungsgebiet werden hier beobachtet. Gleichzeitig steigen die Phaeopigment-Anteile auf Höchstwerte an. Artenreichtum und Diversität sind gering. Im Artenspektrum überwiegen die Arten der Gruppe 3. Gruppe 2 ist in ihrer Untergruppierung 2a schwach vertreten; 2c fehlt auf mehreren Stationen ganz. Gruppe 4 ist schwächer vertreten als in Cluster 5. Gruppe 5 ist nicht überall vorhanden; 5a fehlt völlig. Quantitativ erreicht *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* 78%. Unter den übrigen Anteilen fällt die relativ starke Beteiligung von *Navicula directa* und *Rhizosolenia alata* (Gruppe 3c) sowie von *Nitzschia complex linearis* (Gruppe 1b) auf.

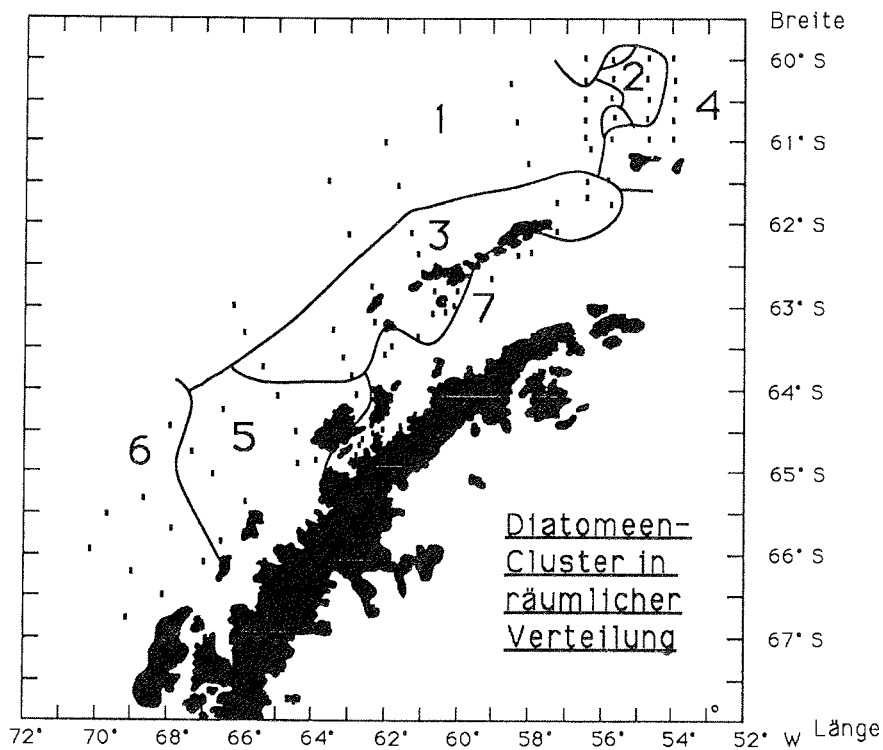


Abbildung 33: Ergebnisse der Cluster-Analyse für Diatomeen in räumlicher Verteilung

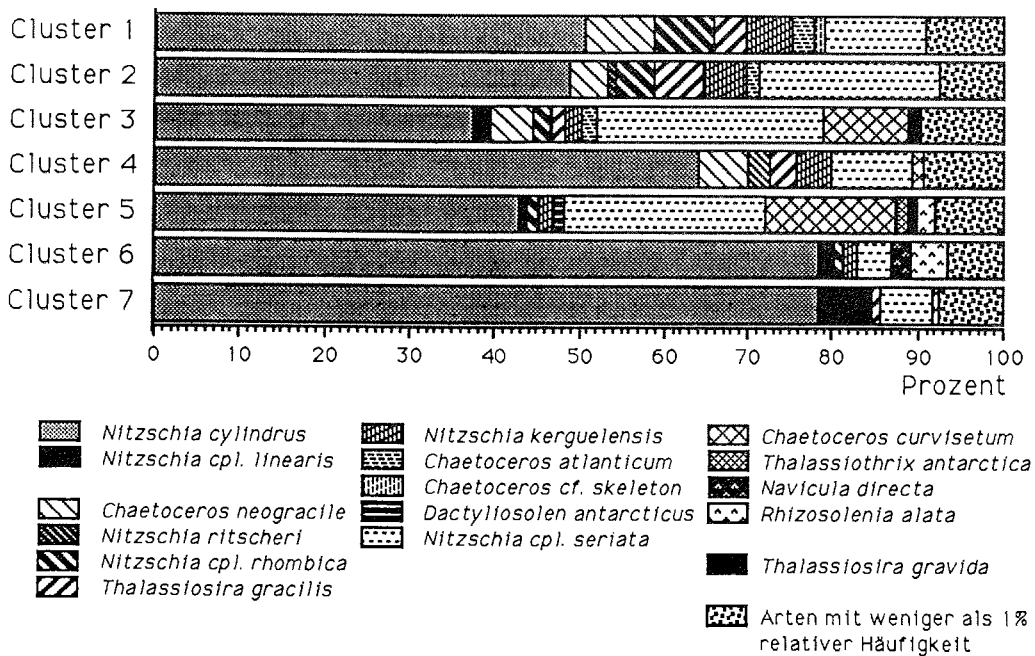


Abbildung 34: Relative Abundanz der Diatomeen-Arten, gemittelt über alle Stationen des jeweiligen Clusters.

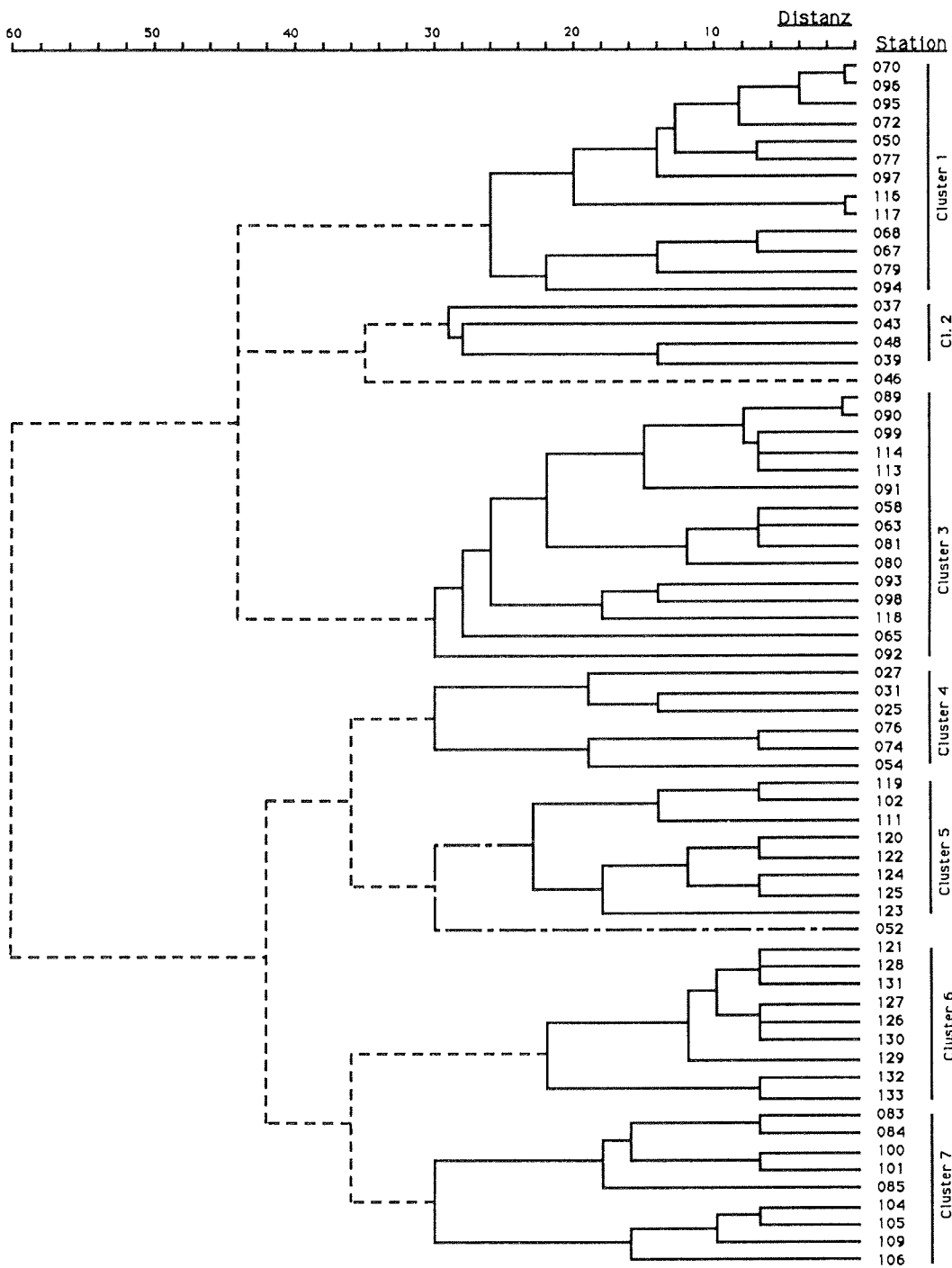


Abbildung 35: Dendrogramm der Cluster-Analyse für Diatomeen, die der Darstellung in Abbildung 33 zu Grunde liegt. Als Grenze der Signifikanz wurde die Hälfte der maximalen Distanz gewählt.

Tabelle 6: Vergleich der Diatomeenarten im Festeis der Stationen 033 und 124

Art:	Station 033	Station 124
- <i>Actinocyclus actinochilus</i>	x	x
- <i>Asteromphalus hookeri</i>	x	0
- <i>Asteromphalus hyalinus</i>	x	0
- <i>Chaetoceros aequatorale</i>	x	0
- <i>Chaetoceros bulbosum</i>	x	x
- <i>Chaetoceros</i> "Typ A"	x	x
- <i>Chaetoceros convolutum</i>	0	x
- <i>Chaetoceros dicaeta</i>	x	x
- <i>Chaetoceros flexuosum</i>	0	x
- <i>Chaetoceros neogracile</i>	0	x
- <i>Chaetoceros skeleton</i>	x	x
- <i>Chaetoceros</i> -Sporen (außer "Typ A")	0	x
- <i>Corethron criophilum</i>	x	x
- <i>Coscinodiscus oculoides</i>	x	x
- <i>Dactyliosolen antarcticus</i>	0	x
- <i>Dactyliosolen tenuijunctus</i>	0	x
- <i>Eucampia balaustium</i>	0	x
- <i>Odontella weissflogii</i>	x	x
- <i>Porosira pseudodenticulata</i>	x	x
- <i>Rhizosolenia alata</i>	x	x
- <i>Rhizosolenia antennata</i>	0	x
- <i>Rhizosolenia chunii</i>	x	x
- <i>Rhizosolenia sima</i>	x	0
- <i>Stellarima microtrias</i>	x	0
- <i>Thalassiosira antarctica</i>	0	x
- <i>Thalassiosira australis</i>	0	x
- <i>Thalassiosira gracilis</i>	x	x
- <i>Thalassiosira grvida</i>	x	x
- <i>Thalassiosira lentiginosa</i>	x	x
- <i>Thalassiosira ritscheri</i>	x	0
- <i>Thalassiosira tumida</i>	x	x
- <i>Amphiprora kufferathii</i>	x	x
- <i>Amphiprora oestrupi</i>	x	x
- <i>Amphora barreii</i>	x	x
- <i>Haslea trompii</i>	x	0
- <i>Navicula directa</i>	x	x
- <i>Navicula aff. criophila</i>	x	x
- <i>Navicula aff. glaciei</i> & <i>aff. gelida</i>	0	x
- <i>Nitzschia curta</i>	x	x
- <i>Nitzschia cylindrus</i> & <i>pseudonana</i>	x	x
- <i>Nitzschia kerguelensis</i>	x	x
- <i>Nitzschia neglecta</i>	x	0
- <i>Nitzschia obliquecostata</i>	x	x
- <i>Nitzschia ritscheri</i>	x	x
- <i>Nitzschia taenia</i>	x	x
- <i>Nitzschia complex angulata</i>	x	x
- <i>Nitzschia complex delicatissima</i>	x	0
- <i>Nitzschia complex linearis</i>	x	x
- <i>Nitzschia complex nitzschiella</i>	x	x
- <i>Nitzschia complex seriata</i>	x	x
- <i>Synedra reinboldii</i>	x	x
- <i>Thalassiothrix antarctica</i>	x	x
- <i>Tropidoneis glacialis</i>	x	x
- <i>Tropidoneis belgicae</i>	0	x
- <i>Tropidoneis gaussii</i>	0	x

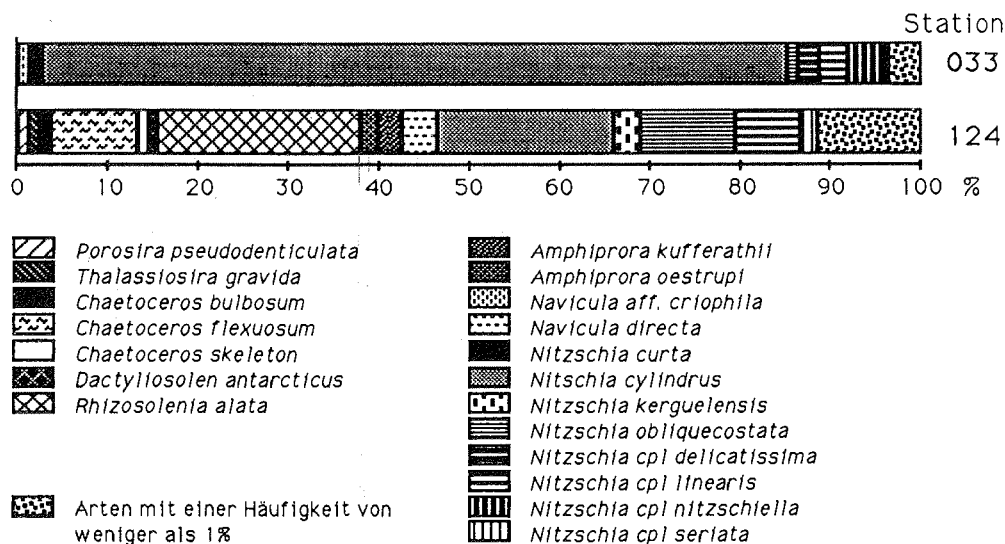


Abbildung 36: Relative Häufigkeit der Diatomeenarten in den Proben soliden Eises.

Cluster 7 vereint die Stationen aus der inneren Bransfieldstraße, der Gerlachestraße und dem Gebiet südlich Low Island. Die Chlorophyll-Gehalte sind niedrig, die Phaeopigment-Anteile erhöht. Der Artenreichtum ist relativ hoch, die Diversität gering. Im Artenspektrum fallen die starken Anteile der Gruppen 4 und 5 (besonders 5a) auf. Gruppe 2 geht stark zurück. Gruppe 1 hat eine ähnliche Bedeutung wie in Cluster 6. Quantitativ liegt die relative Abundanz von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* wie in Cluster 6 bei 78%. Von den übrigen Arten haben *Nitzschia complex linearis* und *Nitzschia complex seriata* etwa gleiche Anteile.

#### Solides Packeis

In der Eisprobe von Station 033 (bei Elephant Island) gehörten bei insgesamt 41 Arten (Tabelle 6) über 95 % der Diatomeenzellen zur Gattung *Nitzschia* (Abb. 36). Dabei fiel auf, daß es sich fast ganz um Arten handelte, die auf Grund der Verteilung im Plankton der Gruppe 1 zugeordnet wurden (Abschnitt 3.2.2.2: Tabelle 4). Von den in ihrer Verbreitung im Plankton an eisbedeckte Meeresgebiete gebundenen Arten der Gruppe 5 erreichte hingegen nur *Navicula aff. criophila* knapp mehr als 1 %. *Amphiprora kufferathii* lag bei 0,8 %, *Nitzschia taenia* bei 0,9 %, die anderen Arten weit darunter.

Im Gegensatz dazu traten in der Eisprobe von Station 124 (südliche Bellingshausensee) die *Nitzschia*-Arten zurück (Abb. 36). Centrale Diatomeenarten

stellten 38 % der Zellen. Hiervon entfielen höhere Anteile auf *Chaetoceros flexuosum* und *Rhizosolenia alata*. Die Häufigkeit von *Chaetoceros flexuosum* ist bemerkenswert, da diese Art im Plankton nur in verstreuten Einzelnachweisen aufgetreten ist. Ebenso fallen die beiden *Amphiprora*-Arten auf, die im Plankton der südlichen Bellingshausensee völlig fehlten. Insgesamt wurden 46 Arten nachgewiesen (Tabelle 6).

In beiden Eisproben fanden sich einige vegetative Zellen und Dauersporen der in Abschnitt 3.3.1. erwähnten *Chaetoceros* "Typ A". In allen anderen untersuchten Proben trat diese Art nicht in Erscheinung.

#### Unverfestigtes Neueis

Der Gehalt der Neueisproben an Diatomeen schwankte beträchtlich (Abb. 37). Die geringsten Gehalte traten in den beiden Proben von Eishäuten auf (Station 106 und 136). Die Zellzahlen lagen hier erheblich unter denen in der Wassersäule. In den Eisbreiproben (Stationen 083, 085, 129, 133 und 139) lagen die Zellzahlen höher als in der Wassersäule. Das Verhältnis von Zellen im Wasser zu Zellen im Eis reichte von wenig mehr als 1:1 (Station 139) bis zu einem Verhältnis von 1:39 (Station 085). Die höchsten Zellzahlen im Neueis und ein Verhältnis von 1:76 im Vergleich zum Oberflächenwasser wurde auf Station 088 in den gefärbten Bereichen des Eispfannkuchen gefunden. Besonders hohe Zellzahlen wies auch das Interstitialwasser aus dem Eisbrei von Station 085 auf.

In der Verteilung der Arten fällt auf, daß *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* in den Eisbreiproben stark an Bedeutung verlor (Abb. 38). Dies lag meist nicht an einer Abnahme der absoluten Zellzahlen, sondern daran, daß die Zellzahlen der anderen Arten überproportional zugenommen hatten (Abb. 37). Darunter befinden sich weitere *Nitzschia*-Arten und andere Pennate sowie eine Reihe von Centrales-Arten (Abb. 38). In den Pfannkucheneisproben und im Interstitialwasser (Station 085) nehmen die Zellzahlen von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* erheblich zu (Abb. 37). In den beiden Eishaut-Proben (Station 106 und 136) nehmen die Zellzahlen von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* gegenüber der Wassersäule ab. Sie bleibt aber hier die Dominante, weil eine Zunahme der Zellzahlen anderer Arten ausbleibt (Vergl. Abb. 37 mit 38, 39 und 40). Eigenartigerweise liegt der prozentuale Anteil von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* auf diesen beiden Stationen im Oberflächenwasser sehr niedrig.

Die einzelnen Arten besaßen in den Proben sehr unterschiedliche Verteilungen (Abb. 39 und 40). Auf Station 085 fiel auf, daß die Zellzahlen der Centrales sich bereits im

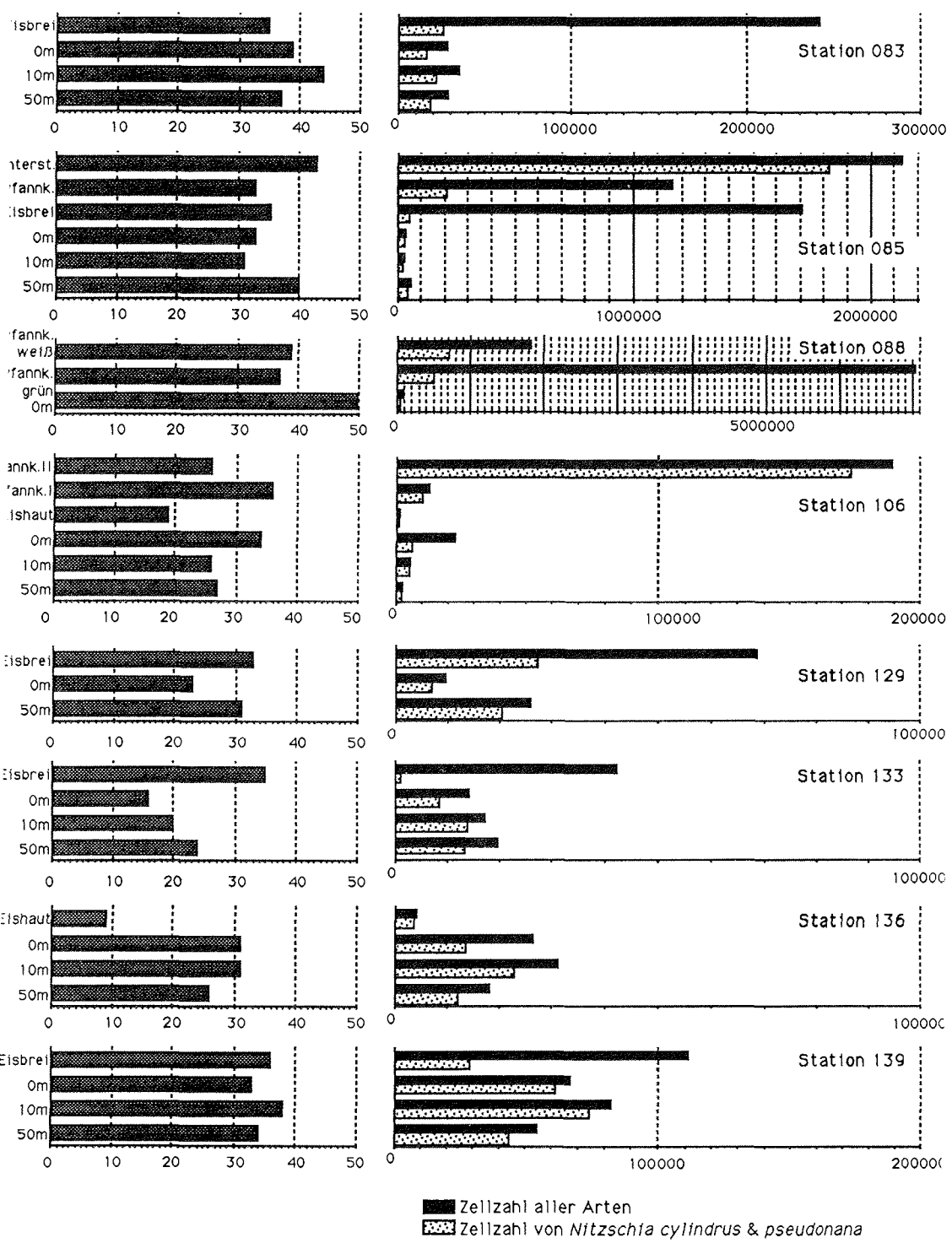


Abbildung 37: Artenzahlen (linke Reihe) und Zellzahlen (rechte Reihe) in den einzelnen Neueisproben und den Wasserproben der jeweiligen Stationen. Auf Station 088 wurden keine Wasserschöpferproben gewonnen. Auf Station 129 ging die Wasserprobe aus 10m Tiefe wegen eines Gerätedefekts verloren. In der rechten Reihe sind die Skalen entsprechend den unterschiedlichen Zellzahlen in verschiedenen Maßstäben angelegt: Unterbrochene Linien entsprechen  $10^5$  Zellen/l, durchgezogene Linien  $10^6$  Zellen/l.

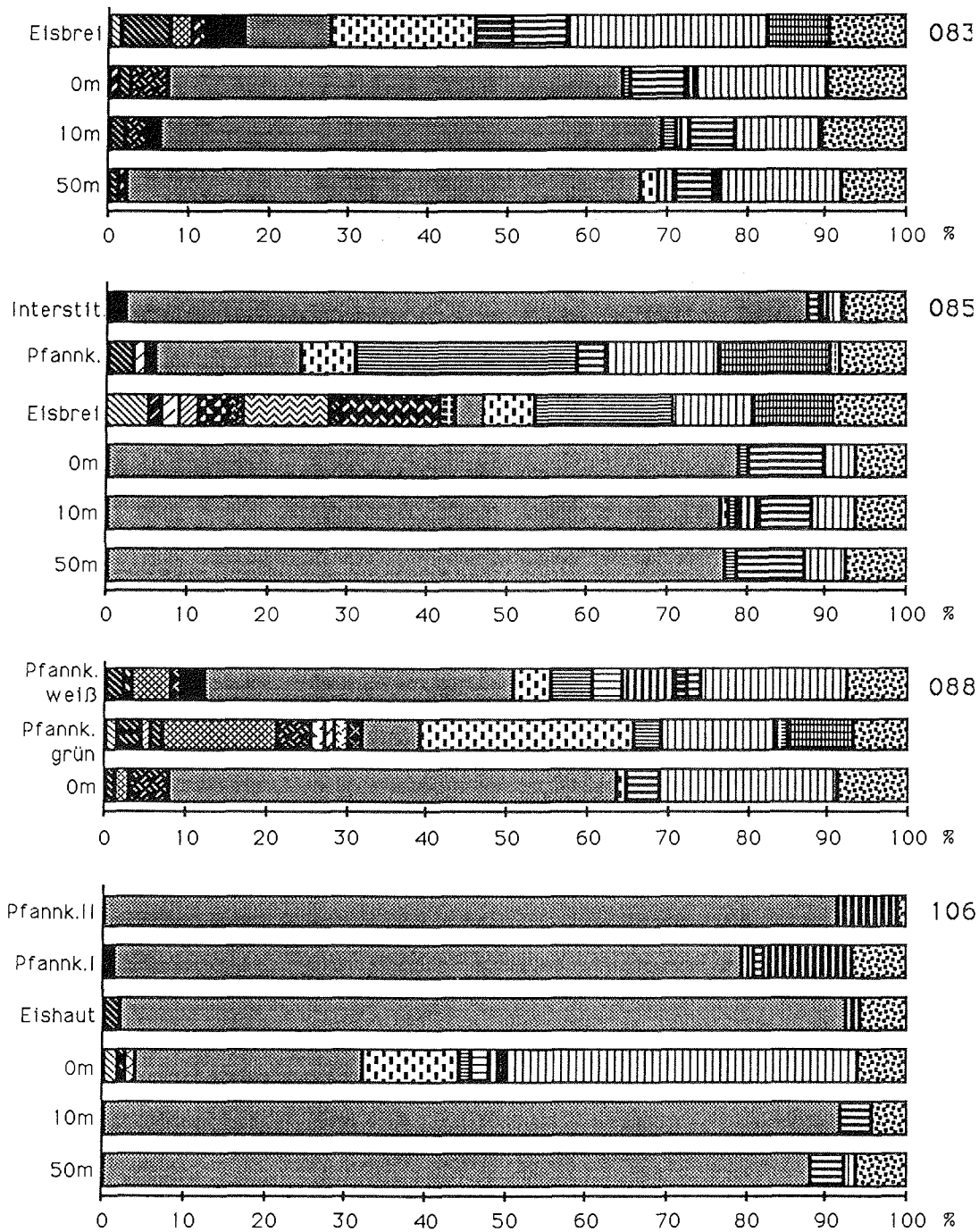
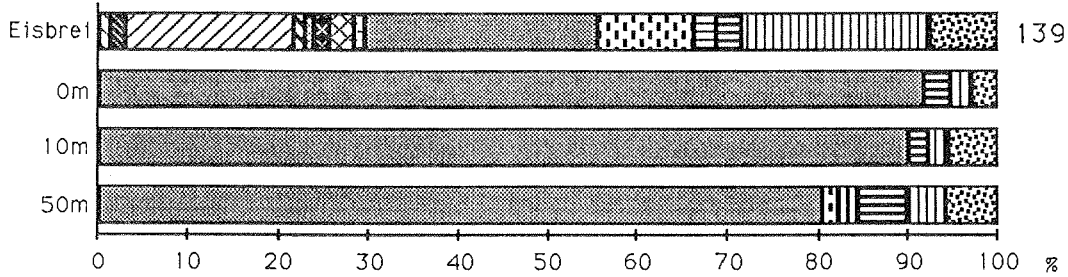
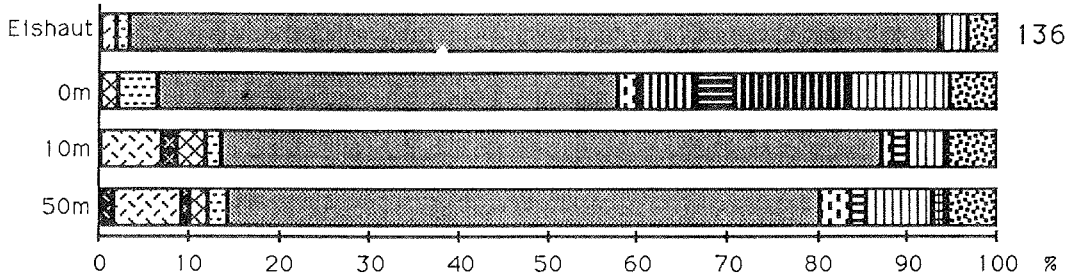
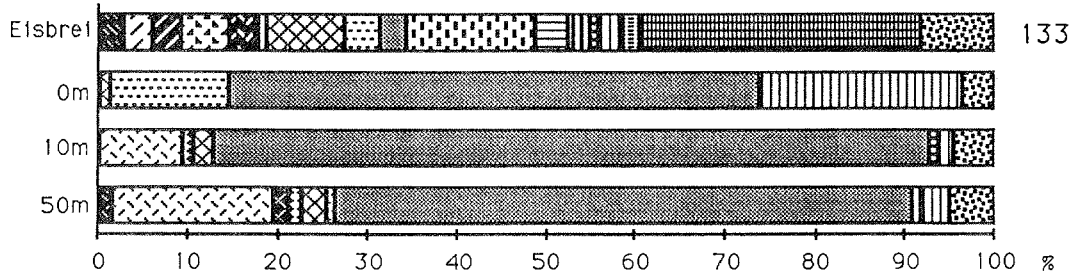
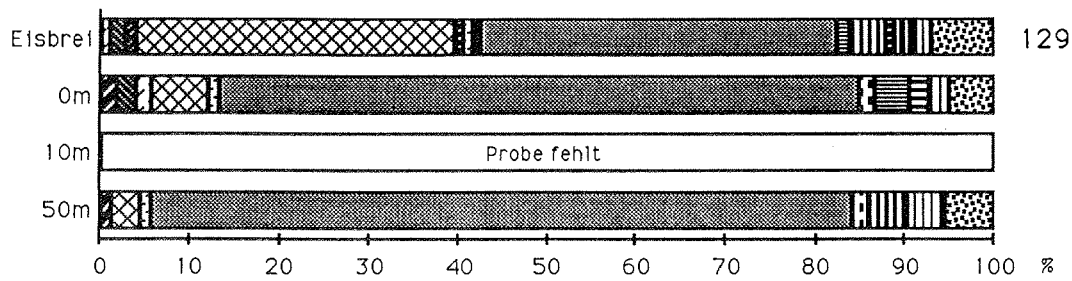


Abbildung 38: Relative Häufigkeit der Diatomeenarten in den einzelnen Neueisproben und den dazu korrespondierenden Wasserproben. Auf Station 088 wurden keine Wassererschöpferproben gewonnen. Auf Station 129 ging die Wasserprobe aus 10m Tiefe wegen eines Gerätedefekts verloren.





- |  |                                   |  |                                     |  |                                    |
|--|-----------------------------------|--|-------------------------------------|--|------------------------------------|
|  | <i>Actinocyclus actinochilus</i>  |  | <i>Chaetoceros atlanticum</i>       |  | <i>Amphiprora oestrupi</i>         |
|  | <i>Coscinodiscus oculoides</i>    |  | <i>Chaetoceros bulbosum</i>         |  | <i>Navicula directa</i>            |
|  | <i>Porosira glacialis</i>         |  | <i>Chaetoceros convolutum</i>       |  | <i>Nitzschia curta</i>             |
|  | <i>Porosira pseudodenticulata</i> |  | <i>Chaetoceros criophilum</i>       |  | <i>Nitzschia cylindrus</i>         |
|  | <i>Stellarima microtrias</i>      |  | <i>Chaetoceros curvisetum</i>       |  | <i>Nitzschia kerguelensis</i>      |
|  | <i>Thalassiosira gracilis</i>     |  | <i>Chaetoceros dictaeta</i>         |  | <i>Nitzschia obliquecostata</i>    |
|  | <i>Thalassiosira gravida</i>      |  | <i>Chaetoceros peruvianum</i>       |  | <i>Nitzschia ritscheri</i>         |
|  | <i>Thalassiosira lentiginosa</i>  |  | <i>Chaetoceros cf. skeleton</i>     |  | <i>Nitzschia cpl angulata</i>      |
|  | <i>Thalassiosira oliverana</i>    |  | <i>Chaetoceros-Sporen</i>           |  | <i>Nitzschia cpl delicatissima</i> |
|  | <i>Thalassiosira tumida</i>       |  | <i>Corethron criophilum</i>         |  | <i>Nitzschia cpl linearis</i>      |
|  |                                   |  | <i>Dactyliosolen antarcticus</i>    |  | <i>Nitzschia cpl nitzschiella</i>  |
|  |                                   |  | <i>Leptocylindrus mediterraneus</i> |  | <i>Nitzschia cpl seriata</i>       |
|  |                                   |  | <i>Odontella weissflogii</i>        |  | <i>Synedra reinboldii</i>          |
|  |                                   |  | <i>Rhizosolenia alata</i>           |  | <i>Thalassiothrix antarctica</i>   |
|  |                                   |  | <i>Rhizosolenia antennata</i>       |  | <i>Tropidoneis glacialis</i>       |
|  |                                   |  | <i>Rhizosolenia chunii</i>          |  |                                    |
- Arten mit einer relativen Häufigkeit von weniger als 1%

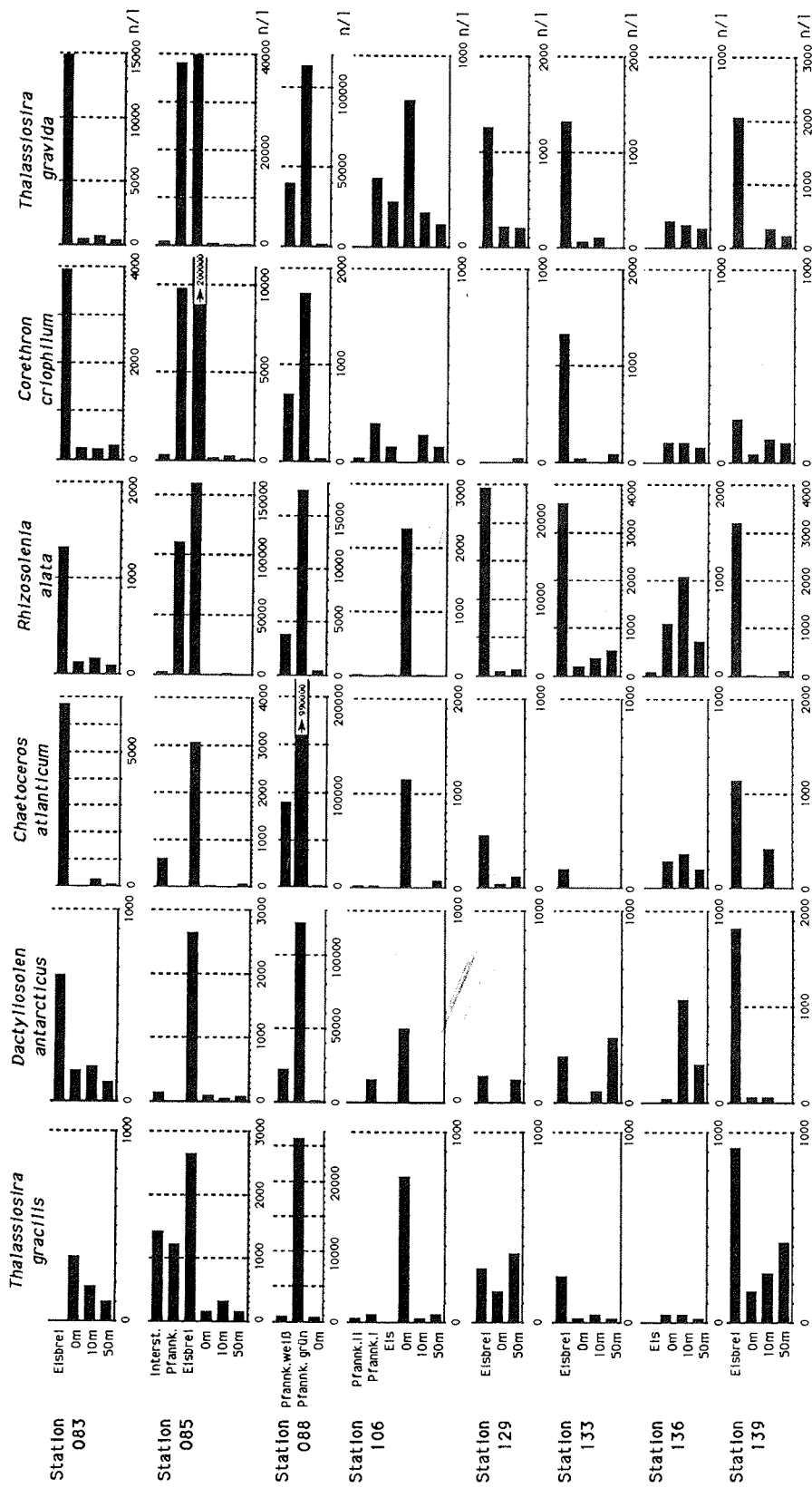


Abbildung 39: Häufigkeiten ausgewählter zentraler Arten in den einzelnen Neueisproben und den dazu korrespondierenden Wasserproben. Angegeben sind Zellzahlen pro Liter.

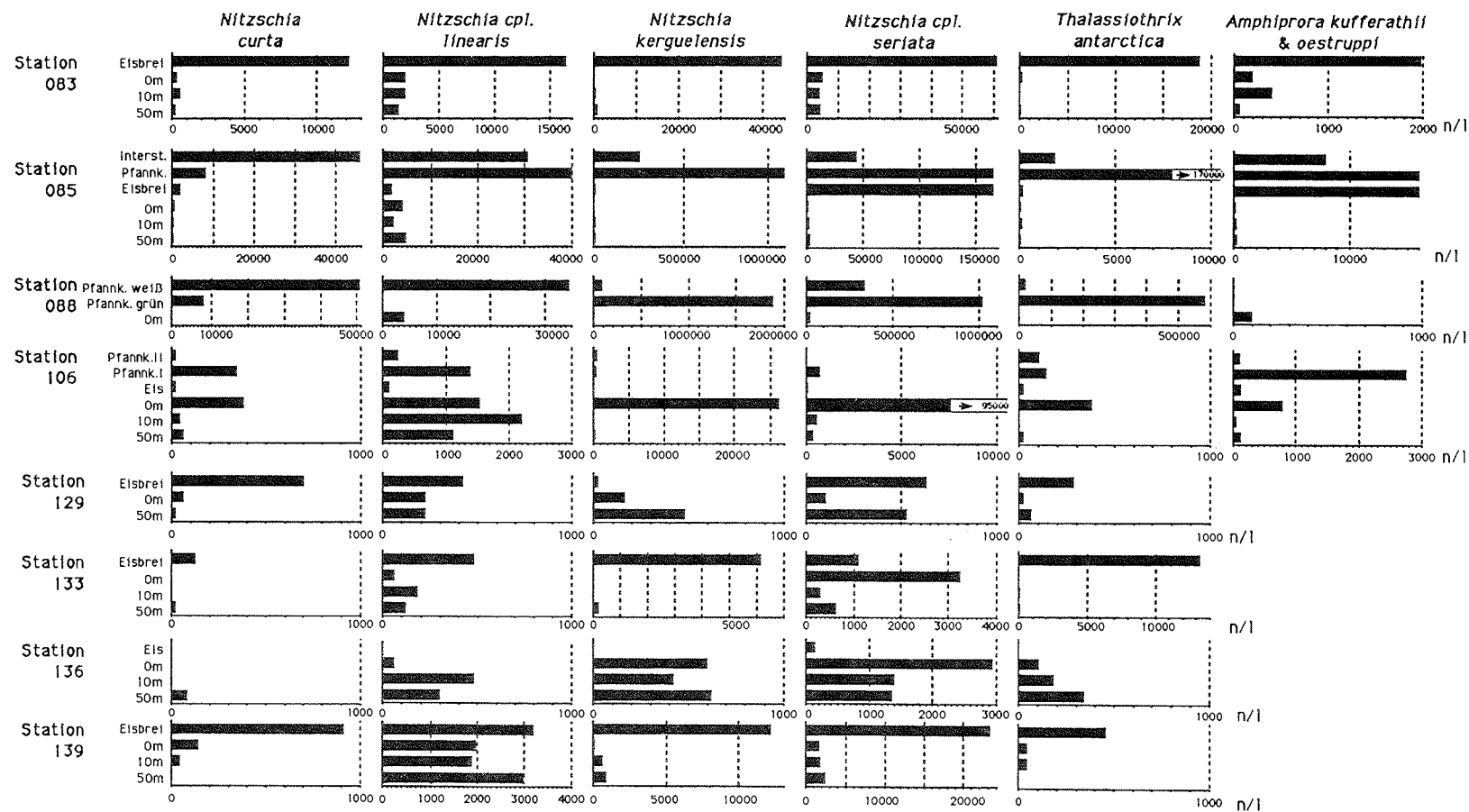


Abbildung 40: Häufigkeiten ausgewählter pennater Arten in den einzelnen Neueisproben und den dazu korrespondierenden Wasserproben. Angegeben sind Zellzahlen pro Liter. Die *Amphiprora*-Arten fehlten auf den südlichen Stationen im Wasser und im Neueis.

Eisbrei erhöhten, während die Pennaten bis auf wenige Ausnahmen erst im Pfannkucheneis zunahmen. Im Interstitialwasser auf dieser Station bildeten die kleinzelligen Arten *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* und *Nitzschia curta* größere Bestände (Abb. 38 und 40).

### 3.4. Ciliaten

#### 3.4.1. Taxonomische Anmerkungen

Eine korrekte Bestimmung von Ciliaten-Arten ist ohne Silber-Imprägnierung der Zellen und ohne Berücksichtigung ultrastruktureller Merkmale nicht möglich (Corliss, 1979; Lee et al., 1985). Die meisten fixierten Ciliaten konnten allerdings gut unterscheidbaren Formkreisen zugeordnet werden. Es wurde versucht, diese Formkreise so weit wie möglich mit taxonomischen Einheiten in Übereinstimmung zu bringen (Tabelle 7).

Die Arten der Unterordnung Tintinnina (Tabelle 7 a) bilden insofern eine Ausnahme, als ihre Loricae eine genaue Artbestimmung erlauben (Corliss, 1979). Dennoch ist auch hier die Bestimmung einiger Taxa problematisch:

Die in Tabelle 7 aufgeführte *Amphorellopsis spec.* entspricht einer Form, die von Balech und El-Sayed (1965) als neue Art ohne Artbenennung beschrieben wurde.

Die Arten *Codonellopsis gaussii* und *C. glacialis* waren durch Übergangsformen miteinander verbunden, so daß diese beide Arten zusammengefaßt wurden. Auf die schlecht definierte Trennung zwischen diesen beiden Arten wurde in der Literatur bereits hingewiesen (Balech, 1973).

Die Gattung *Cymatocylis* enthält Arten von außergewöhnlicher innerartlicher Variabilität. In den Originalbeschreibungen (Laackmann, 1909) behalf sich der Autor damit, für jede Art Formenreihen aufzustellen und als Typus die Form mit der extremsten Ausprägung der als arttypisch angesehenen Merkmale auszuwählen. Kofoid und Campbell (1929) revidierten die Gattung und erhoben fast jede der von Laackmann unterschiedenen Formen in den Rang einer eigenen Art. Seither herrscht in der Literatur keine Einigkeit über Abgrenzung und Merkmale der einzelnen Arten. In der vorliegenden Arbeit wurden folgende Typen unterschieden:

- Individuen mit einer Lorica von weniger als 100 µm Länge wiesen keine Übergänge zu größeren Formen auf. In diesen Längenbereich fallen drei Arten: *Cymatocylis*

Tabelle 7: Ciliatenformen, die in der vorliegenden Arbeit unterschieden wurden.

a: Tintinniden

---

- Amphorellopsis spec.*
- Codonellopsis balechii* (Balech)Hada 1970 \*
- Codonellopsis gaussii* (Laackmann)Kofoid et Campbell 1929 & *C. glacialis* (Laackmann)Balech 1947 \*
- Coxiella cymatiocoides* Kofoid et Campbell 1929
- Coxiella frigida* (Laackmann) Laackmann 1909
- Coxiella intermedia* (Laackmann) Laackmann 1909
- Cymatocyliis affinis* Laackmann 1909, *C. brevicaudata* (Laackmann)Kofoid et Campbell 1929, *C. calyciformis* Laackmann 1909, *C. convallaria* Laackmann 1909, *C. drygalskii* Laackmann 1909, *C. flava* Laackmann 1909 & *C. vanhoefenii* Laackmann 1909 \*
- Cymatocyliis antarctica* (Cleve)Kofoid et Campbell 1929, *C. kerguelensis* Laackmann 1909 & *C. parva* Laackmann 1909
- Cymatocyliis nobilis* (Laackmann) Laackmann 1909
- Laackmanniella naviculaefera* (Laackmann)Kofoid et Campbell 1929
- Parapetalotricha meridiana* Hada 1970
- Protocymatocyliis subrotundata* (Laackmann)Kofoid et Campbell 1929
- Salpingella laackmannii* (Laackmann)Kofoid et Campbell 1929
- Salpingella cf. subconica* Kofoid et Campbell 1929

b: Andere Ciliaten

---

- Monodinium balbiani var. nanum* Kahl 1930
- Mesodinium rubrum* Lohmann 1908
- Spiroprorodon* große Art \*
- Spiroprorodon* kleine Arten \*
- Strobilidium spec.*
- Strobilidium elongatum* (Leegaard)Kahl 1932 & *S. rhyticollare* Corliss et Snyder 1986
- Strobilidium conicoides* (Leegaard)Kahl 1932 & *S. sulcatum* Clarapède et Lachmann 1858
- Strobilidium* große Arten \*
- Strobilidium* kleine Arten
- Tiarina spec.*
- Tontonia spec.*
- aff. Cyclidium spec.*
- aff. Didinium* kleine Art \*
- aff. Didinium* große, breite Art
- aff. Lohmanniella spec.*
- Hypotriche Ciliaten \*
- Aspidisca antarctica* Corliss et Snyder 1986 ◊
- aff. Holosticha spec.* ◊
- aff. Lacrymaria spec.* ◊
- aff. Litonotus spec.* ◊
- cf. Trachelius spec.* ◊
- Unbestimmte Formen

\* Auch im schmelzenden, braun gefärbten Eis der Station 033 gefunden.

◊ Ausschließlich im schmelzenden, braun gefärbten Eis der Station 033 gefunden.

*antarctica*, *C. kerguelensis* und *C. parva*. Diese Arten wurden nicht weiter unterschieden, da zwischen ihnen Übergänge beobachtet wurden.

- Unter den Individuen mit einer Lorica über 100 µm Länge ließen sich solche gut abgrenzen, deren Loricæ besonders robust gebaut und sehr grob areoliert waren. Diese Individuen konnten *Cymatocylis nobilis* zugeordnet werden.
- Die übrigen Individuen mit einer Lorica über 100 µm Länge wiesen dünnere Loricawände auf, die unterschiedlich stark durch runzelige Längsfalten strukturiert waren. In dieser Gruppe ließen sich in der Regel die typischen Formen der Laackmann'schen Arten gut ansprechen. Im Laufe der Bearbeitung wurden jedoch zwischen allen diesen Formen Übergänge gefunden, so daß sie in einer einzigen Einheit zusammengefaßt wurden.

Vergleicht man diese Einteilung mit denjenigen in der zitierten Literatur, so fällt auf, daß die in die letzte Gruppierung fallenden Arten bei Kofoid und Campbell (1929) ein nahezu kontinuierliches Formenspektrum bilden. Ähnlich ist der Eindruck bei Laackmann (1909), dessen Arten über ihre schwächer strukturierten Formen in einer gemeinsamen Grundform zusammen zu hängen scheinen. Es wird daher für möglich gehalten, daß es sich bei den Angehörigen der letzten Gruppe um eine einzige polymorphe Art handelt. Dies kann jedoch im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht entschieden werden.

In der Gattung *Salpingella* trat eine Form auf, deren Bestimmung nach einem Schlüssel von Souto und Jankilevich (in: Boltovskoy, 1981) zu *S. subconica* führte. Diese Art ist aber gemäß der Originalbeschreibung (Kofoid und Campbell, 1929) eine tropisch-subtropische Form. Aus diesem Grund sind Zweifel an der Identität mit der vorliegenden Form angebracht. Sie wird daher unter *Salpingella cf. subconica* geführt. Möglicherweise ist diese Form identisch mit einer kleinen und nicht näher beschriebenen Art, die von Heinbokel und Coats (1985) bei Anvers Island sehr häufig gefunden wurde.

Die Namen aller übrigen Ciliaten (Tabelle 7 b) können aus oben genannten Gründen nur unter Vorbehalt angegeben werden:

*Monodinium balbiani* var. *nanum* und *Mesodinium rubrum* waren an ihren allgemeinen Merkmalen gut zu erkennen.

*Spiroprorodon* ist als Gattung leicht an Struktur und Größe des Cytopharynx zu erkennen. Außerdem kann bei gut erhaltenen Individuen auch ohne Silberimprägnierung die Anordnung der Cilien beobachtet werden. Eine weitere Unterscheidung konnte

jedoch nur durch die Größe vorgenommen werden. Eine große Form entsprach in ihren Abmessungen *S. glacialis* Fenchel *et* Lee 1972 (ca. 200 µm lang). Die relative Größe des Cytopharynx war jedoch, möglicherweise bedingt durch die Fixierung, erheblich kleiner. Kleinere Formen (weniger als 120 µm Länge) schienen mehreren Arten anzugehören. Die einzige in dieser Größe beschriebene Art ist *S. garrisoni* Corliss *et* Snyder 1986. Die Autoren geben jedoch die Existenz weiterer noch unbeschriebener Arten im gleichen Material an.

Die Gattungen *Strobilidium* und *Strombidium* ließen sich durch die Beschaffenheit der adoralen Wimperkränze leicht ansprechen: Bei *Strobilidium* ist der Wimperkranz geschlossen und kreisförmig; bei *Strombidium* ist er offen und läuft an einem Ende ein Stück die Flanke der Zelle hinab. Die einzelnen Arten zu bestimmen, erwies sich hingegen als undurchführbar. Folgende Gruppen wurden unterschieden:

*Strobilidium spec.* umfaßt alle Arten dieser Gattung.

Sehr große (ca. 100µm lang) und langgestreckte Exemplare der Gattung *Strombidium* mit spitz zulaufenden aboralen Enden konnten von den übrigen Vertretern der Gattung abgetrennt werden. Unter den bisher in der Antarktis nachgewiesenen Arten kommen *Strombidium elongatum* und *S. rhyticollare* in Betracht.

Ein Teil der *Strombidium*-Individuen im Größenbereich zwischen 30 und 60 µm Länge trugen breit schalenförmige, aus polygonalen Polysaccharid-Plättchen zusammengesetzte Hüllen (Abb. 41). Derartige Gebilde kennzeichnen die Arten *Strombidium conicoides* und *S. sulcatum* (siehe: Maeda und Carey 1985), die nach Kahl (1930-1935) vielleicht identisch sind. Die Hüllen fallen in Lugol'scher Lösung durch ihre intensive blaue Färbung auf, so daß eine Abgrenzung dieser Formen möglich war. Die ebenfalls Hüllen tragende Art *S. antarcticum* ist durch andersartige Hüllen-Form unterscheidbar. Sie wurde nicht nachgewiesen.

Alle übrigen Vertreter der Gattung konnten lediglich nach ihrer Größe (länger oder kürzer als 25 µm) unterteilt werden.

Die Gattungen *Tiarina* und *Tontonia* ließen sich durch ihre allgemeinen Merkmale gut ansprechen, eine weitere Unterteilung unterblieb.

Ein Ciliat von ca. 25 µm Länge wies eine auffällige Caudalcilie sowie eine gut erkennbare parorale Membran auf. Diese Form ähnelt *Cyclidium spec.*, das von Thompson

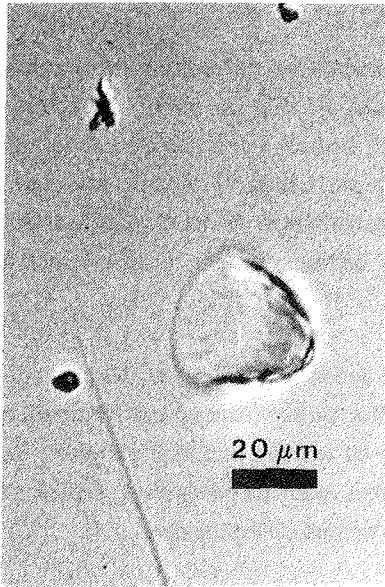


Abbildung 41: Polysaccharid-Hülle von *Strombidium spec.* (*S. conicoides* oder *S. sulcatum*).

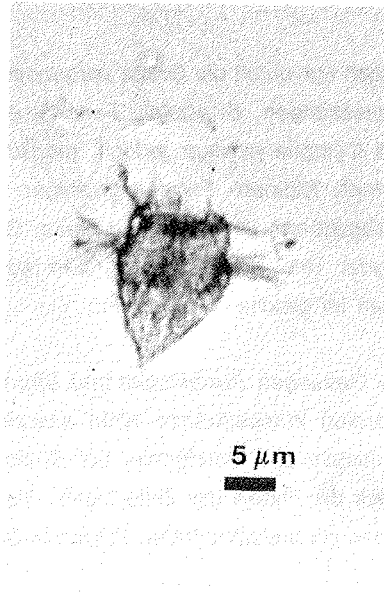


Abbildung 42: *aff. Didinium* kleine Art.

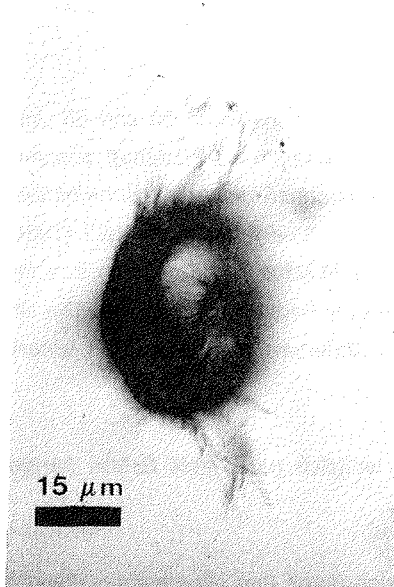


Abbildung 43: *aff. Didinium* große, breite Art.

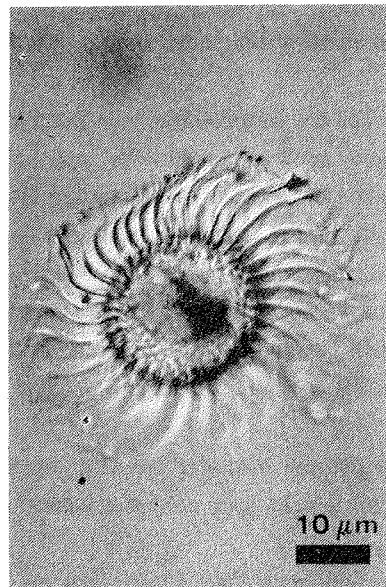


Abbildung 44: *aff. Lohmanniella spec.*.



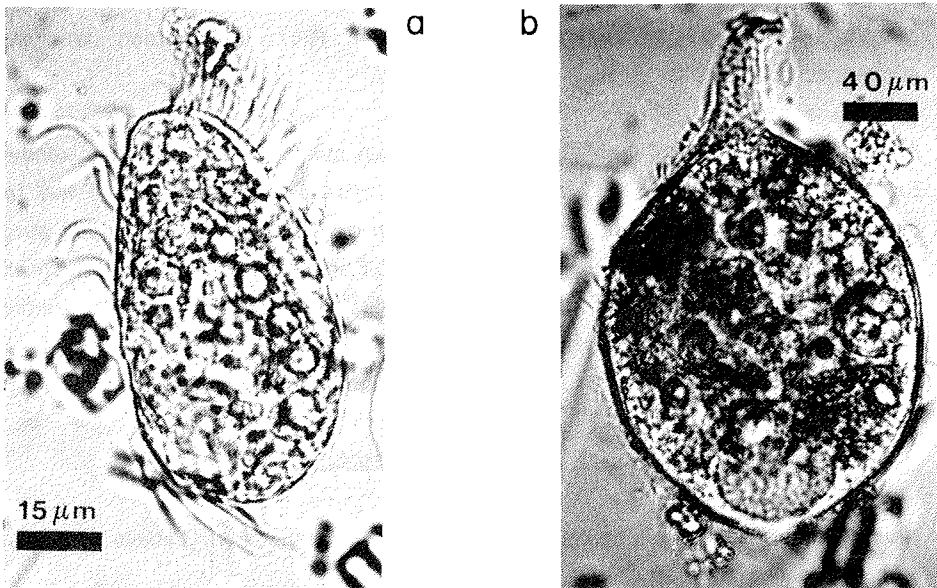


Abbildung 45: Ciliaten aus dem braun gefärbten Eis von Station 033:  
 a: Unbestimmter, hypotricher Ciliat,  
 b: cf. *Trachelius spec.*

(1972) im Litoral an der Antarktischen Halbinsel nachgewiesen wurde.

Eine Ciliatenform (*Didinium* kleine Form) mit zwei Cilien-Gürteln und etwa 25 µm Länge ähnelte einem kleinen *Didinium*. Das Mundfeld war jedoch flach und nicht kegelförmig ausgezogen, wie es für die Gattung typisch ist (Abb. 42).

Eine weitere Form (*Didinium* große Form) mit ebenfalls zwei Cilien-Gürteln hatte eine flache Gestalt mit breit kegelförmigem Hinterende und wirkte mehr oder weniger scheibenförmig (ca. 35 µm breit und ca 20 µm lang). Eine derartige Gestalt ist für die *Didiniidae* ungewöhnlich (Abb. 43). Dennoch scheint die Form in diese Familie zu gehören.

Kugelige Ciliaten mit einem geschlossenen adoralen Cilienkranz und von etwa 25 µm Durchmesser könnten zu *Lohmanniella* gehören, die bisher jedoch nicht in der Antarktis beschrieben wurde (Abb.44).

Vereinzelt wurden hypotriche Ciliaten gefunden (Abb. 45 a). Ihr Auftreten im Plank-

ton geht wahrscheinlich auf Eisschmelze zurück, da sie offensichtlich nicht an eine pelagische Lebensweise angepaßt sind (Fenchel, 1987). Sie wurden daher nur summarisch behandelt.

Alle weiteren in Tabelle 7 erwähnten Taxa wurden ausschließlich im schmelzenden, braunen Eis der Station 033 angetroffen. Darunter befand sich eine Form (*cf. Trachelius spec.*), die bisher anscheinend nicht in der Antarktis nachgewiesen wurde (Abb. 45 b) und dem aus Europa bekannten *Trachelius ovum* ähnlich sieht (Kahl, 1930-1935). Im Rahmen dieser Arbeit konnte dies nicht näher untersucht werden. Die übrigen Formen entsprechen Beschreibungen aus der Antarktis (Corliss und Snyder, 1986; Fenchel und Lee, 1972; Thompson und Croom, 1978).

#### 3.4.2. Autökologische Ergebnisse

Neun Typen von Verbreitungsmustern ließen sich unterscheiden (Tabelle 8; Anhang 4):

Gruppe 1 umfaßt nur eine Form (*Tontonia spec.*), die fast ausschließlich in ozeanischen Tiefwassergebieten des **SPSW** vorkam, wobei sie allerdings im warmen "Sommerwasser" selten war oder fehlte.

Gruppe 2 kam sowohl in ozeanischen Gebieten als auch auf dem Bellingshausensee-Schelf vor. Auf dem Schelf der Südshetlandinseln waren die hierhin gehörenden Formen schwach vertreten. Die Formen dieser Gruppe waren am zahlreichsten in relativ warmen und eisfreien Seegebieten.

Gruppe 3 hatte ihr Schwergewicht in den ozeanischen Gebieten und auf dem Schelf der Südshetlandinseln. Auf dem Bellingshausensee-Schelf kamen sie jedoch auch in ansehnlichen Zahlen vor.

Gruppe 4 wird nur durch *Codonellopsis balechii* gebildet. Diese Art kam in großer Zahl in der Boyd Strait vor und in geringerer Menge entlang der Nordseite der Südshetlandinseln sowie an der Küste der Bellingshausensee. Die Art hatte ihre Hauptverbreitung in kalten und salzreichen Gewässern mit mittlerer Eisbedeckung. Als einziger Ciliat zeigte *Codonellopsis balechii* einen zahlenmäßigen Anstieg auf Stationen mit hohen Chlorophyll-Gehalten.

Gruppe 5 kam hauptsächlich in der Bransfield-Straße und auf dem Bellingshausensee-

Tabelle 8: Verarbeitungsmuster der Ciliatenformen (Erklärung der Einteilung im Text). Die Zahlen hinter den Namen geben die Seite in Anhang 2 an, auf der sich die entsprechende Verbreitungskarte befindet. Die Zuordnung beruht auf der absoluten Abundanz der Formen. Ein Stern hinter dem Namen bedeutet, daß die Form aufgrund ihrer Seltenheit nicht quantitativ bearbeitet wurde. In diesen Fällen basiert die Zuordnung auf der Lage der Fundorte.

Gruppe 1:	- <i>Tontonia spec.</i>	216
Gruppe 2:	- <i>Codonellopsis gaussii</i> & <i>C. glacialis</i>	217
	- <i>Cymatocylis antarctica</i> , <i>C. kerguelensis</i> & <i>C. parva</i>	217
	- <i>Salpingella laackmannii</i>	218
	-aff. <i>Didinium</i> große, breite Form	218
Gruppe 3:	- <i>Cymatocylis affinis</i> , <i>C. brevicaudata</i> , <i>C. calyciformis</i> , <i>C. convallaria</i> , <i>C. drygalskii</i> , <i>C. flava</i> & <i>C. vanhoeffenii</i>	219
	-aff. <i>Lohmanniella spec.</i>	219
Gruppe 4:	- <i>Codonellopsis balechii</i>	220
Gruppe 5:	- <i>Coxliella cymatiocoides</i> *	220
	- <i>Coxliella intermedia</i> *	220
	- <i>Monodinium balbiani var. nanum</i> *	221
	- <i>Strombidium conicoides</i> & <i>sulcatum</i>	221
	- <i>Strombidium</i> große Formen	222
	-aff. <i>Cyclidium spec.</i>	222
	-aff. <i>Didinium</i> kleine Form	223
Gruppe 6:	- <i>Salpingella cf. subconica</i>	223
	- <i>Mesodinium rubrum</i>	224
	- <i>Spiroprorodon</i> kleine Formen	224
	- <i>Strobilidium spec.</i>	225
	- <i>Strombidium</i> kleine Formen	225
Gruppe 7:	- <i>Strombidium elongatum</i> & <i>rhyticollare</i>	226
	- <i>Tiarina spec.</i> *	226
	-Hypotriche Ciliaten*	227
Gruppe 8:	- <i>Coxliella frigida</i> *	227
	- <i>Parapetalotricha meridiana</i> *	228
	- <i>Spiroprorodon</i> große Form *	228
Gruppe 9:	- <i>Amphorellopsis spec.</i> *	229
	- <i>Cymatocylis nobilis</i> *	229
	- <i>Laackmanniella naviculæfera</i> *	230
	- <i>Protocymatocylis subrotundata</i> *	230

Schelf vor. Daneben gab es in den ozeanischen Bereichen des **SPSW** verstreute Häufungen. Besonders in dem vom Front-Mäander nördlich Elephant Island umschlossenen Gebiet konnten die hierher gehörenden Formen Bedeutung erlangen.

Gruppe 6 ähnelt Gruppe 5 weitgehend. Nördlich Elephant Island wurde jedoch eher der Front-Mäander selbst statt des umschlossenen **SPSW** besiedelt. Auffallend ist die starke Bevorzugung sehr kalter, eisbedeckter Seegebiete.

Gruppe 7 blieb auf die extrem kalten und eisbedeckten Teile der Bransfield-Straße und den Bellinghauseensee-Schelf beschränkt, und Gruppe 8 umfaßt Formen mit wenigen Einzelnachweisen im Gebiet nördlich und westlich Elephant Island.

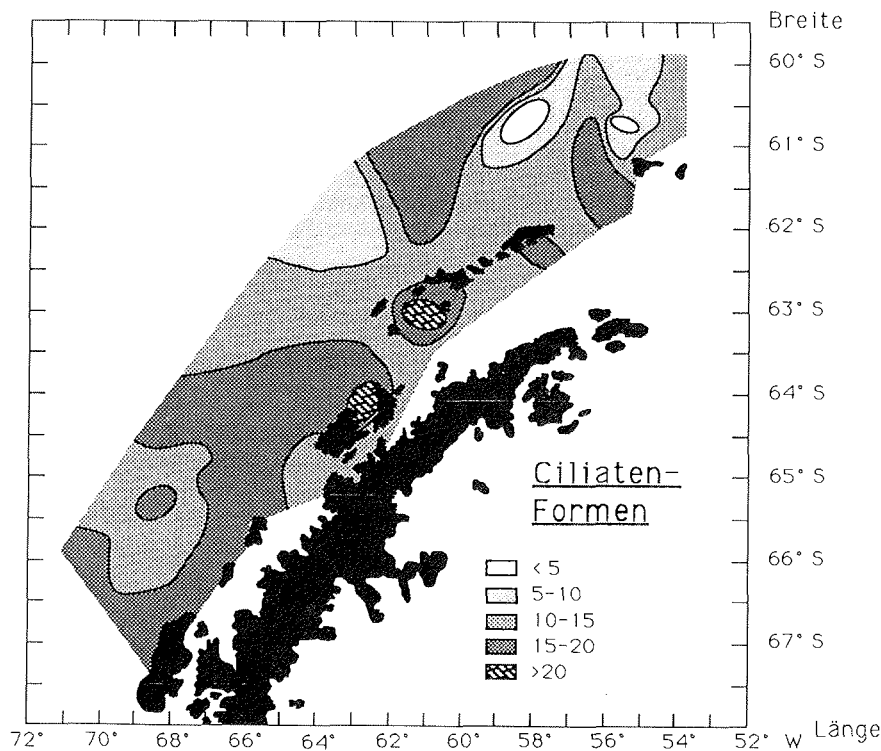


Abbildung 46: Formenreichtum der untersuchten Seegebiete. Es wurden nur Ciliaten-Formen berücksichtigt.

Gruppe 9 enthält Formen, die sich in die obigen Gruppen nicht einordnen ließen.

### 3.4.3. Synökologische Ergebnisse

Die Verteilung der in der vorliegenden Arbeit unterschiedenen Ciliaten-Formen zeigte eine hohe Formenvielfalt auf dem gesamten Bellingshausensee-Schelf, im Seegebiet bei Deception Island, im östlichen Loper Channel und dann wieder in einem Teil des **SPSW** (Abb. 46). Der chlorophyll-reiche Gürtel wies nur einen mittleren Formenreichtum auf. Gering war die Anzahl der Formen im Seegebiet nordwestlich Smith Island, in dem nördlich Elephant Island vom Front-Mäander umschlossenen Teil des **SPSW** sowie in einem westlich davon gelegenen Gebiet, in dem auch die Diatomeen sehr arm an Formen und Zellzahlen waren (Vergl. Abb. 29).

Die Betrachtung der relativen Abundanzen zeigt, daß es keine ausgeprägte Dominanz wie bei den Diatomeen gibt (Abb. 50), auch wenn es auf einzelnen Stationen zu starken Zunahmen einzelner Formen kommen kann (Anhang 4).

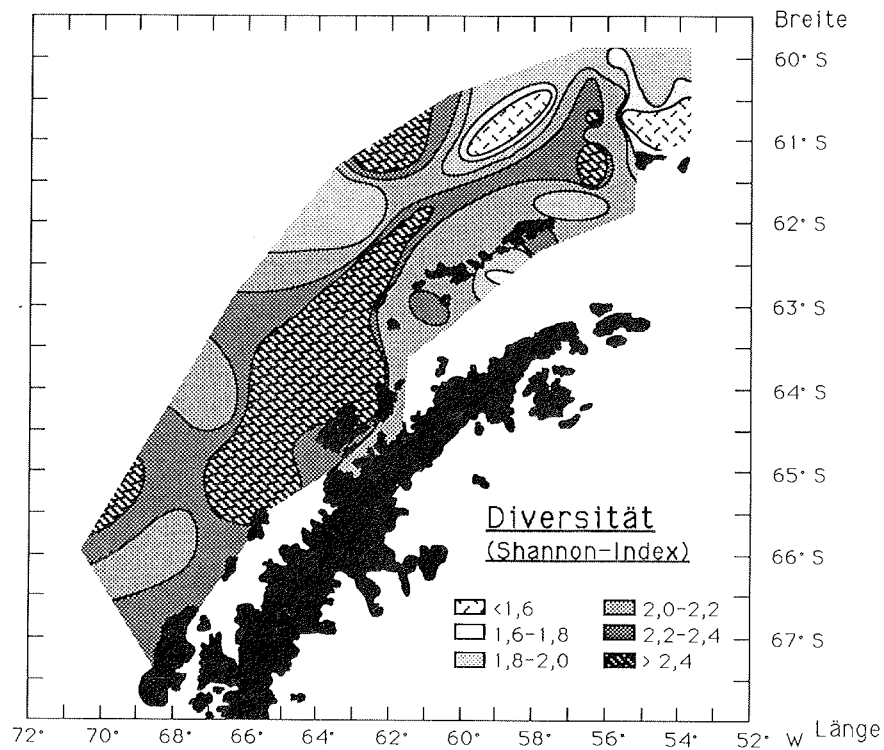


Abbildung 47: Höhe der Diversität für die Ciliaten im Untersuchungsgebiet bezogen auf die integrierten Werte der oberen 50m Wassersäule

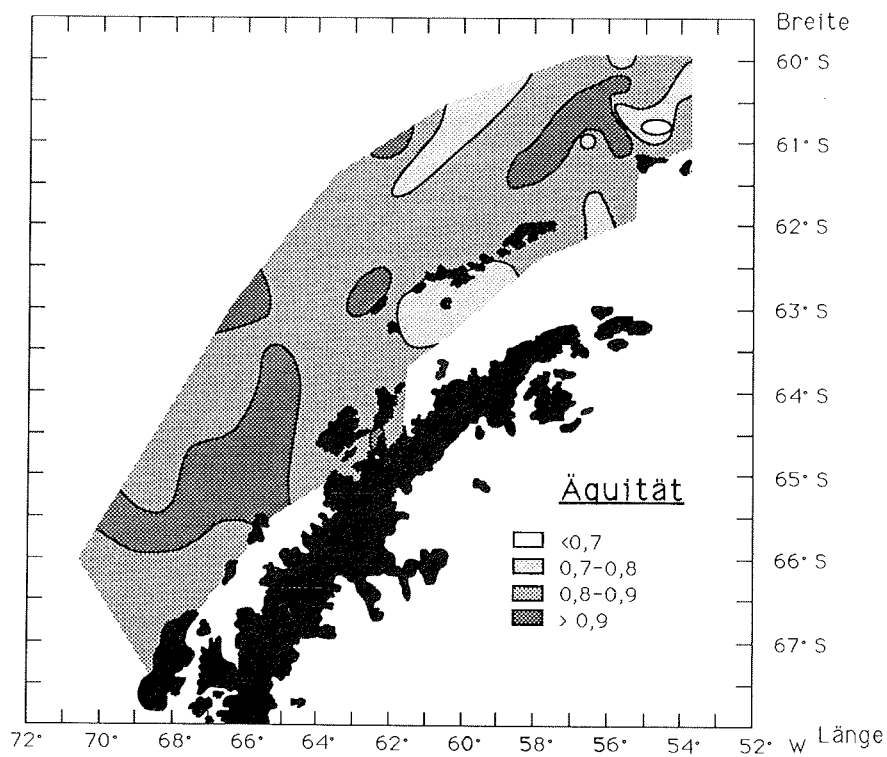


Abbildung 48: Höhe der Äquität für die Ciliaten im Untersuchungsgebiet bezogen auf die integrierten Werte der oberen 50m Wassersäule

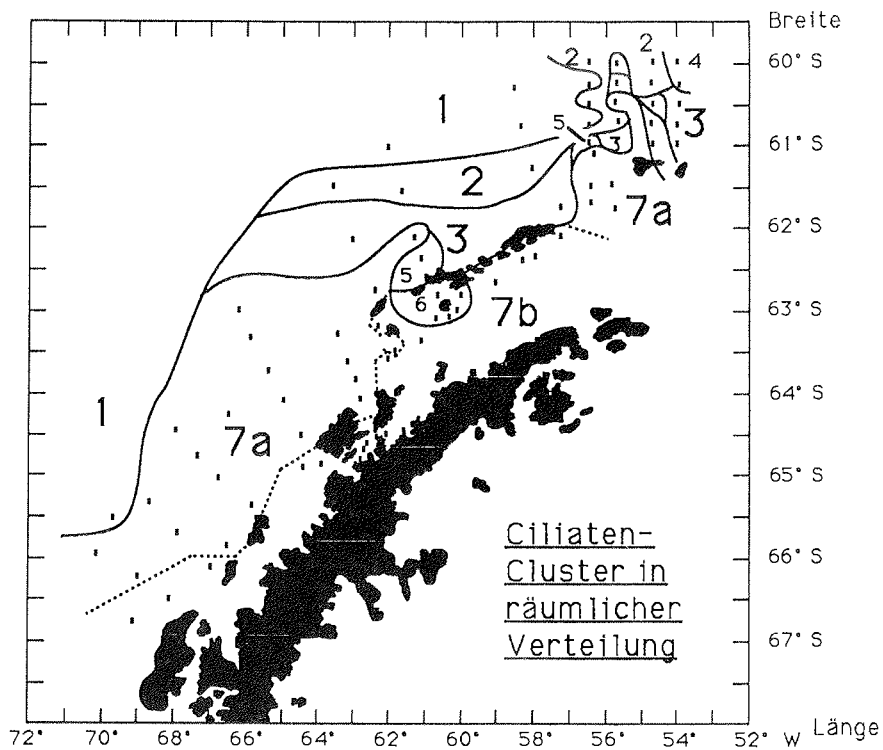


Abbildung 49: Ergebnisse der Cluster-Analyse für Ciliaten in räumlicher Verteilung

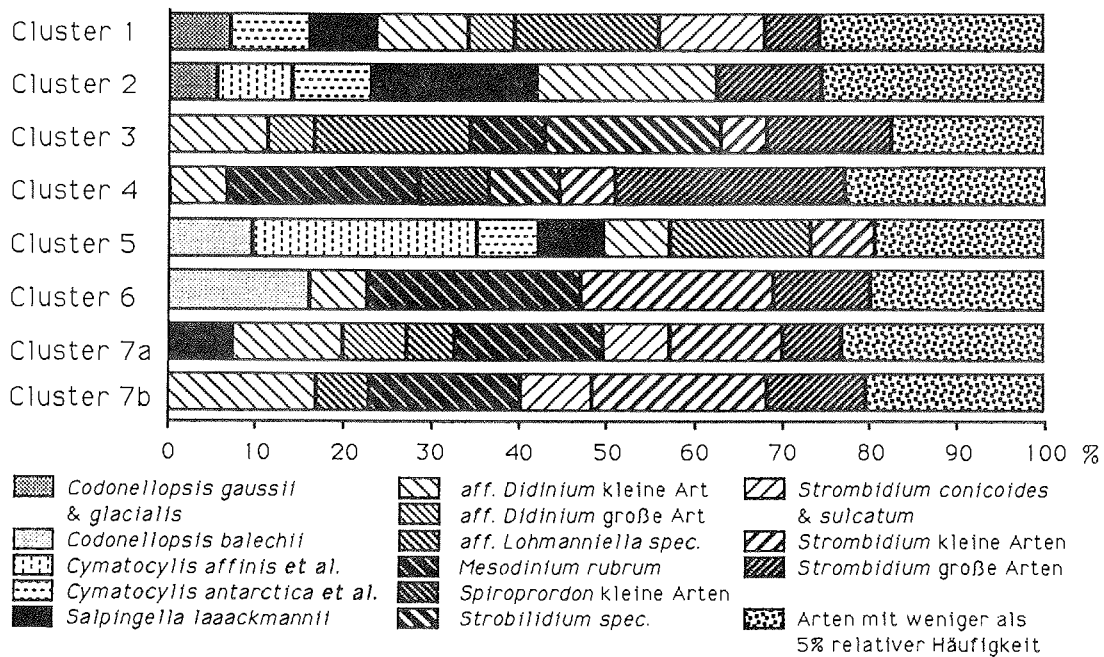


Abbildung 50: Relative Abundanz der Ciliaten-Formen, gemittelt über alle Station des jeweiligen Clusters.

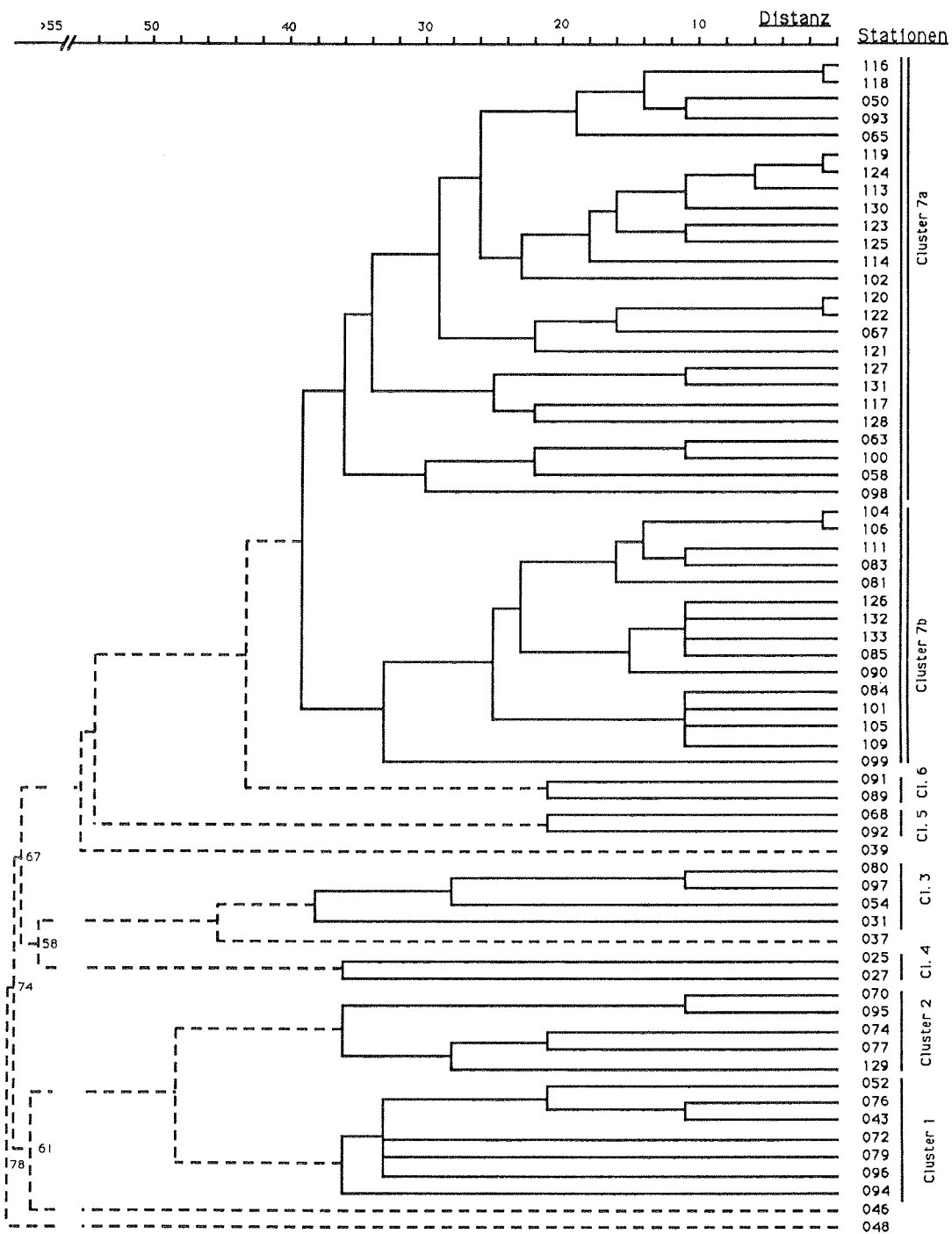


Abbildung 51: Dendrogramm der Cluster-Analyse für Ciliaten, die der Darstellung in Abbildung 49 zu Grunde liegt. Als Grenze der Signifikanz wurde die Hälfte der maximalen Distanz gewählt.

Die Diversität ist in dem oben genannten Teil des **SPSW**, auf dem Bellingshausenseeschelf und einem dort beginnenden, dem chlorophyll-reichen Gürtel seewärts vorgelegerten Streifen am höchsten (Abb. 47). Die Übereinstimmung zwischen Diversität und Äquität ist nicht so stark wie bei den Diatomeen, sondern es scheint besonders bei Anvers und Brabant Island die Zunahme an Formenvielfalt bedeutsamer zu werden. (Vergl. Abb. 46, 47 und 48).

Die Clusteranalyse lieferte ein von den Diatomeen völlig abweichendes Gesellschaftsbild (Abb. 49 und 51). Einem sehr großen Cluster, der die Bransfieldstraße mit Ausnahme der Boyd Strait, den gesamten Bellingshausenseeschelf sowie einige Stationen im **SPSW** umfaßt, steht eine Reihe nur jeweils wenige Stationen beinhaltende Cluster gegenüber. Bei letzteren deutet sich eine mögliche Zonierung in Nord-Süd-Richtung an. Nördlich Elephant Island blieb die Situation verworren.

Insgesamt unterscheidet sich der Cluster 7 von den anderen Clustern durch die hohe Zahl von Formen der Gruppen 5 und 6. Gruppe 7 tritt fast ausschließlich in diesem Cluster auf. Quantitativ sind fast nur nackte Ciliaten von Bedeutung. Dies fällt im Unter-Cluster 7 b stärker ins Auge als in 7 a, in der *Salpingella laackmannii* eine relative Häufigkeit von über 5% erreicht, während in 7 b Tintinniden keine Rolle spielen (Abb. 50).

In ihrer Häufigkeit bedeutungslos bleiben Tintinniden auch in dem heterogenen Cluster 3 und in dem nur aus zwei Stationen bestehenden Cluster 4. Beiden Clustern gemeinsam ist, daß *Strobilidium spec.* relativ stark vertreten ist. Mit dem Cluster 7 und mit dem Cluster 6 verbindet die beiden Cluster der hohe Anteil von *Mesodinium*-Zellen (Abb. 50). Neben dem hohen Anteil von *Mesodinium* fällt Cluster 6 auch durch die starke Beteiligung von *Codonellopsis balechii* auf.

Die übrigen Cluster (1, 2 und 5) sind durch stärkere Zunahme verschiedener Tintinnidenformen gekennzeichnet.

### 3.5. Übrige Organismen

#### 3.5.1. Taxonomische Anmerkungen

Flagellaten, Amöben, Foraminiferen und Radiolarien ließen nur in sehr eingeschränktem Maß eine Einordnung in taxonomische Kategorien zu (Tabelle 9). Große und



skelettbildende Formen konnten meist gut bestimmt werden, während kleine, nackte Flagellaten mit den zur Verfügung stehenden Mitteln auch nicht annähernd eingeordnet werden konnten. Für sie wurden vier Größenklassen gebildet (< 5 µm, 5 bis 10 µm, 10 bis 15 µm und >15 µ). Nach Angaben in der Literatur sind in diesen undifferenzierten Kategorien Coccolithophoriden (Buma et al., 1989; Hasle, 1969; Nishida, 1986; Thomsen et al., 1989) und einzellige Formen von *Phaeocystis spec.* (Buma et al. 1989) enthalten.

Einige Cryptophyceen erwiesen sich in der Fixierung als formbeständig und ließen sich durch ihre charakteristische Gestalt gut in die Klasse einordnen. Sie besaßen Chloroplasten und könnten den Gattungen *Chroomonas* oder *Cryptomonas* angehören (Buck und Garrison, 1983). Unterteilungen konnten jedoch nicht vorgenommen werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, daß weitere, weniger markante Cryptophyceen in der Sammelkategorie "Nackte Flagellaten" enthalten sind.

Viele thecate Dinoflagellaten konnten bis zur Art bestimmt werden. Eine Bestimmung von *Protoperidinium*-Arten ist jedoch nur möglich, wenn die Form bestimmter Platten der Theca betrachtet werden. Da die Zellen in den für die Zählungen benutzten Sedimentierkammern nicht in die dafür passende Lage gedreht werden konnten, ließ sich lediglich das durch seine Größe erkennbare *Protoperidinium antarcticum* aussondern. Eine Form, die auf den ersten Blick *Gyrodinium glaciale* (Hada)Balech 1976 ähnelt, aber keine Chloroplasten enthält, stellt wahrscheinlich eine noch unbeschriebene Form der Gattung *Oxytoxum* dar (Elbrächter, pers. Mitteilung). Sie wird hier als *Oxytoxum spec. (cf. Gyrodinium glaciale (Hada)Balech 1976)* bezeichnet.

Bei den athecaten Dinoflagellaten war eine Artbestimmung unmöglich. Zwei nahe verwandte *Gyrodinium*-Arten konnten durch ihre Größe von den übrigen Formen abgegrenzt werden. Außerdem konnte *Amphidinium* durch seine markante langgestreckte Gestalt als Gattung bestimmt werden. Darüberhinaus wurden lediglich zwei Größenklassen gebildet (<15 µm und >15 µm). In die Klasse >15 µm gehören fast alle bisher beschriebenen *Gymnodinium*-Arten (Balech, 1976). In die Klasse <15 µm fällt unter den beschriebenen Arten nur *Gymnodinium minor* sowie eine Fülle noch unbeschriebener, wahrscheinlich ebenfalls heterotropher Arten (Buma et al. 1989).

In einigen Fällen trat ein größerer nackter Flagellat auf, der der Euglenophyceen *Eutryptia spec.* ähnlich sieht (Abb. 52). Leider wurde diese Form erst im fixierten Material gefunden, und zwar zu einer Zeit, als die Photopigmente bereits verblichen waren. Deshalb läßt sich nicht mit Sicherheit entscheiden, ob es sich tatsächlich um

Tabelle 9: Flagellaten, Amöben, Foraminiferen und Radiolarien, die in der vorliegenden Arbeit unterschieden wurden.

---

a: Cryptophyceen

---

-unbestimmte Formen

---

b: Dinoflagellaten

---

- Amphidinium spec.*
- Ceratium pentagonum* Gourret 1883
- Dinophysis antarctica* Balech 1958
- Dinophysis contracta* (Kofoid et Skogsberg) Balech 1973
- Dinophysis cornuta* (Peters) Balech 1967
- Dinophysis meteori* Böhm 1933
- Dinophysis punctata* Jørgensen 1923
- Dinophysis tenuivelata* Balech 1973
- Dinophysis tuberculata* Mangin 1926
- Diplopeltopsis perlata* Balech 1971
- Gyrodinium lachryma* (Meunier)Kofoid et Swezy 1921 & *G.rhabdomante* Balech 1973
- Oxytoxum criophilum* Balech et El-Sayed 1965
- Oxytoxum spec. (cf. Gyrodinium glaciale* (Hada)Balech 1976)
- Podolampas antarctica* Balech et El-Sayed 1965
- Polykrikos spec.*
- Prorocentrum antarcticum* (Hada) Balech 1976
- Prorocentrum compressum* (Ostenfeld) Balech 1976
- Protoperidinium antarcticum* (Schimper) Balech 1973
- Protoperidinium*, unbestimmte Formen
- Athebate, unbestimmte Formen(>15 $\mu$ )
- Athebate, unbestimmte Formen(<15 $\mu$ )
- Bescheideter, phagotropher Dinoflagellat  $\diamond$

---

c: Euglenophyceen

---

-*aff. Eutreptia spec.*

---

d: Prymnesiophyceen

---

-*Phaeocystis pouchetii* (Hariot)Lagerheim 1896

---

e: Prasinophceen

---

-*Pyramimonas spec.*

---

f: Silicoflagellaten

---

-*Dictyocha speculum* Ehrenberg 1839

---

g: Choanoflagellaten

---

-unbestimmte Formen

Tabelle 9: Flagellaten, Amöben, Foraminiferen und Radiolarien, die in der vorliegenden Arbeit unterschieden wurden.

---

h: Kinetoplastiden (?)

---

- *cf. Bodo spec.*

---

i: Amöben

---

- unbekannte Form, kommaförmig  
- unbekannte Form, sternförmig

---

j: Foraminiferen

---

- *Globigerina spec.*  
- *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) Bandy, Frerichs & Vincent 1967

---

k: Taxopoda

---

- *Sticholonche zanclea* Hertwig 1877

---

l: Acantharia

---

- *Acanthochiasma krohnii* Haeckel 1862  
- *Acanthonia tetracopa* (Müller) Haeckel 1887 & *Zygacanthidium spec.*

---

m: Phaeodaria

---

- *Caementella antarctica* Schröder 1912  
- *Challengeron bicornis* Haecker 1906  
- *Challengeron swireyi* Murray 1885  
- *Protocystis acornis* Haecker 1906  
- *Protocystis harstonii* Murray 1885  
- *Protocystis tridens* Haeckel 1887

---

n: Polycystine Radiolarien

---

- *Actinomma spec.*  
- *Dumetum rectum* Popofsky 1908  
- *Helotholus spec.*  
- *Lithomelissa spec.*  
- *Plectophora spec.*  
- *Spongotrochus glacialis* Popofsky 1908

◇ nur im schmelzenden, braun gefärbten Eis der Station 033 gefunden

die autotrophe *Eutreptia* handelt.

Die Prymnesiophyceae *Phaeocystis pouchetii* konnte nur in ihrer koloniebildenden Form bestimmt werden. Einzelzellen sind in der Sammelkategorie "Nackte Flagellaten" enthalten.

Die Prasinophyceae *Pyramimonas spec.* war in Lugol'scher Lösung immer klar zu erkennen. Andere Angehörige der Klasse waren nur selten identifizierbar und wurden deshalb in die Sammelkategorie "Nackte Flagellaten" eingordnet.

Choanoflagellaten waren als Klasse leicht ansprechbar. Weitere Unterteilungen wurden nicht gemacht.

Ein unbekannter Flagellat wurde an Bord lebend beobachtet und zeigte hier eine charakteristische Flagellenhaltung, wodurch er *Bodo spec.* ähnlich sah. Für *Bodo spec.* erscheint diese Form jedoch zu groß (80-90 µm). Zellen von entsprechender Form und Größe fanden sich auch in fixierten Material, doch war die typische Flagellenhaltung nicht vorhanden (Abb. 53). Die Form wird als *cf. Bodo spec.* bezeichnet.

Neben Flagellaten wurden auch zwei Amöben-Formen gefunden. Die häufigere Form zeigte eine kommaförmige Gestalt (Abb. 54 a). Solch eine Form wurde von Buma et al. (1989) ebenfalls erwähnt. Die andere, nur ganz vereinzelt auftretende Form war sternförmig (Abb. 54 b). Hara et al. (1986) beschreiben eine Amöbe, die im indischen Sektor des Antarktischen Ozeans häufig war. In ihrer pelagischen Form besaß sie 3 bis 7 schlanke "Stiele" ("peduncles"). Die in dieser Arbeit gefundene sternförmige Amöbe kommt dieser Beschreibung nahe. Auf Grund der Formveränderlichkeit von Amöben kann nicht entschieden werden, ob die beiden beobachteten Formen tatsächlich eigene Taxa darstellen.

Foraminiferen und Radiolarien ließen sich an ihren Hartteilen gut ansprechen. Eine Ausnahme bildeten jedoch die Acantharia. Ihre Stacheln bestehen aus Strontiumsulfat, das in fixierten Proben leicht in Lösung geht. Im lebenden Material an Bord konnten drei Formen unterschieden werden:

- *Acanthochiasma krohnii* Haeckel 1862
- eine *Zygacantha*-Art
- *Acanthonia tetracopa* (Müller)Haeckel 1887

Im fixierten Material blieben nur die Weichkörper zurück. Als Acantharia waren sie dadurch zu erkennen, daß um eine durch Zooxanthellen dunkel gefärbte Zentralkapsel

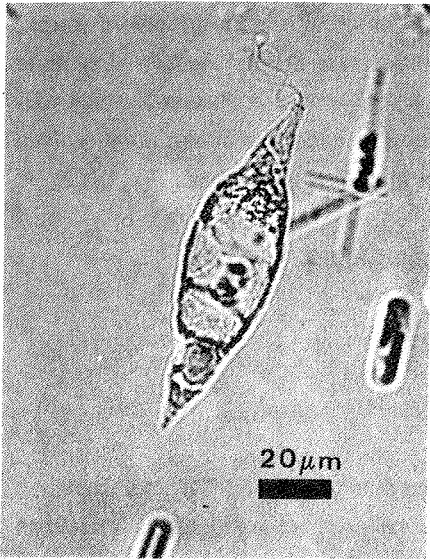


Abbildung 52: *aff. Eutreptia spec.*

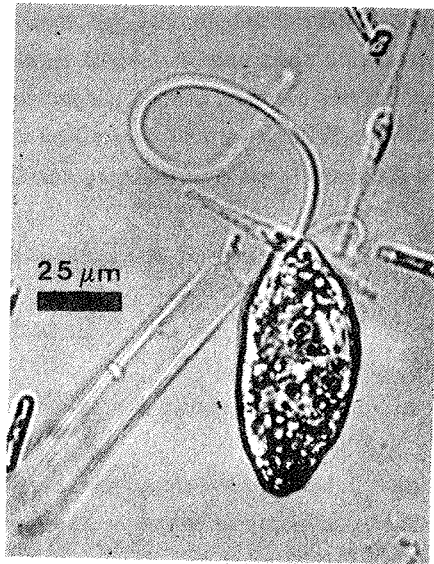
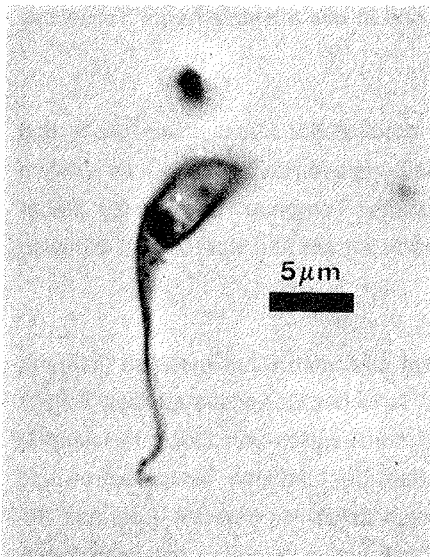


Abbildung 53: *cf. Bodo spec.*



a b

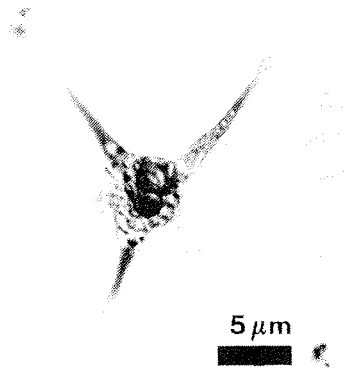


Abbildung 54: Unbekannte Amöben:  
 a: Kommaförmige Amöbe (Buma et al., 1989),  
 b: Sternförmige Amöbe.

durchsichtige Kegelstümpfe mit Myonemringen an ihrer Spitze gruppiert waren. *Zygacantha spec.* und *Acanthonia tetracopa* konnten ohne Stacheln jedoch nicht mehr voneinander getrennt werden. *Acanthochiasma kohnii* konnte in diesem Zustand weiterhin identifiziert werden, da sie sich von den beiden anderen Formen durch Fehlen der Zooxanthellen und schwächere Ausbildung der Myoneme unterschied.

### 3.5.2. Autökologische Ergebnisse

#### Verbreitungsmuster

Neun Verbreitungsgruppen wurden gebildet (Tabelle 10; Anhang 5):

Gruppe 1 nimmt die Formen auf, deren Hauptverbreitung im **SPSW** lag. Daneben konnten geringere Häufungen in verschiedenen Schelfgebieten auftreten. Temperaturen um den Gefrierpunkt und darüber sowie Stationen mit großen Wassertiefen wurden bevorzugt.

Gruppe 2 erwies sich als weitgehend indifferent. Trotzdem waren die hierhin gehörenden Formen in bestimmten Seegebieten selten oder fehlten ganz, und zwar in der Bransfieldstraße, nördlich der Südshetlandinseln und in den küstenferneren Teilen des südlichen Bellingshausensee-Schelfs.

Gruppe 3 fand sich hauptsächlich im Seegebiet nördlich der Südshetland-Inseln, und zwar sowohl in der Hochsee als auch auf dem Schelf. Weitere Häufungen gab es auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf. Ihr bevorzugter Temperaturbereich lag niedriger als bei Gruppe 1. Sie traten über allen Wassertiefen auf und wurden erst im tiefen Süden selten.

Gruppe 4 besteht aus *Pyramimonas spec.* und den athecaten Dinoflagellaten (>15µm), die im wesentlichen auf die Bransfieldstraße und Teile des Bellingshausensee-Schelfs beschränkt war. Außerdem kam sie nördlich und nordwestlich von Elephant Island in großen Anzahlen vor. Diese Form wurde besonders bei niedrigen Temperaturen und hohen Salzgehalten gefunden. Während die höchsten Zellzahlen in relativ eisarmen Gebieten erreicht wurden, kam sie mit hoher Stetigkeit nur in Gebieten mit geschlossener Eisdecke vor.

Gruppe 5 ähnelt der vorigen Gruppe, doch kamen die Formen nur sporadisch nördlich Elephant Island vor, während der Bellingshausensee-Schelf und angrenzende Hochsee-

Tabelle 10: Verbreitungsmuster der Flagellaten, Amöben, Foraminiferen und Radiolarien. (Erklärung der Einteilung im Text). Die Buchstaben hinter den Artnamen geben an, ob die Arten autotroph (incl. mixotroph) oder heterotroph sind (nach: Popovsky, 1908; Balech und El-Sayed, 1965; Hada, 1970; Balech, 1973, 1976; Buck und Garrison, 1983; Marchant, 1985; Sournia, 1986; Dodge und Priddle, 1987; Buck und Garrison, 1988). Die Zuordnung beruht auf der absoluten Abundanz der Arten. Ein Stern hinter dem Artnamen bedeutet, daß die Art aufgrund ihrer Seltenheit nicht quantitativ bearbeitet wurde. In diesen Fällen basiert die Zuordnung auf der Lage der Fundorte.

Gruppe 1:	- <i>Dinophysis punctata</i>	A	231	
	- <i>Dinophysis tenuivelata</i> *	H	232	
	- <i>Diplopeltopsis perlata</i> *	H	232	
	- <i>Prorocentrum antarcticum</i>	A	233	
	- <i>Dictyocha speculum</i>	A	233	
	- <i>Acanthonia tetracopa</i> & <i>Zygacanthidium spec.</i>	A	234	
	- <i>Challengeron bicorne</i> *	H	234	
	- <i>Challengeron swireyi</i> *	H	235	
	Gruppe 2:	- <i>Gyrodinium lachryma</i> & <i>G.rhabdomante</i>	A/H	235
		- <i>Podolampas antarctica</i>	H	236
- <i>Dumetum rectum</i> *		H	236	
Gruppe 3:	-Choanoflagellaten	H	237	
	- <i>Amphidinium spec.</i>	A/H	237	
	- <i>Protoperidinium</i> , unbestimmte Formen	H	238	
	- <i>Protocystis acornis</i> *	H	238	
	- <i>Protocystis harstonii</i> *	H	239	
Gruppe 4:	- <i>Helotholus spec.</i> *	H	239	
	- <i>Pyramimonas spec.</i>	A	240	
Gruppe 5:	-Athebate Dinoflagellaten (>15µm)	A	240	
	- <i>Dinophysis cornuta</i> *	A	241	
Gruppe 6:	- <i>Dinophysis meteori</i> *	A	241	
	- <i>Oxytoxum spec.</i> (cf. <i>Gyrodinium glaciale</i> )	H	242	
	-Amöbe, kommaförmig	H	242	
	- <i>Dinophysis contracta</i> *	A	243	
Gruppe 7:	- <i>Oxytoxum criophilum</i>	H	243	
	-Amöbe, sternförmig *	H	244	
	- <i>Spongotrochus glacialis</i>	H	244	
	- <i>Ceratium pentagonum</i> *	A	245	
Gruppe 8:	- <i>Dinophysis tuberculata</i> *	A	245	
	- <i>Prorocentrum compressum</i> *	A	246	
	- <i>Protoperidinium antarcticum</i> *	H	246	
	- <i>Neogloboquadrina pachyderma</i> *	H	247	
Gruppe 9: a:	- <i>Sticholonche zanclea</i> *	H	247	
	- <i>Acanthochiasma krohnii</i> *	H	248	
	- <i>Protocystis tridens</i> *	H	248	
	- <i>Dinophysis antarctica</i> *	A	249	
	-aff. <i>Bodo spec.</i> *	H	249	
	-aff. <i>Eutreptia spec.</i> *	A?	250	
	- <i>Phaeocystis puochetii</i> *	A	250	
	- <i>Caementella antarctica</i> *	H	251	
	- <i>Actinomma spec.</i> *	H	251	
	- <i>Lithomelissa spec.</i> *	H	251	
- <i>Plectophora spec.</i> *	H	251		
b:	-Cryptophyceen	A	252	
	-Athebate Dinoflagellaten (<15µm)	H?	252	
	-Undifferenzierte nackte Flagellaten	?	253-254	

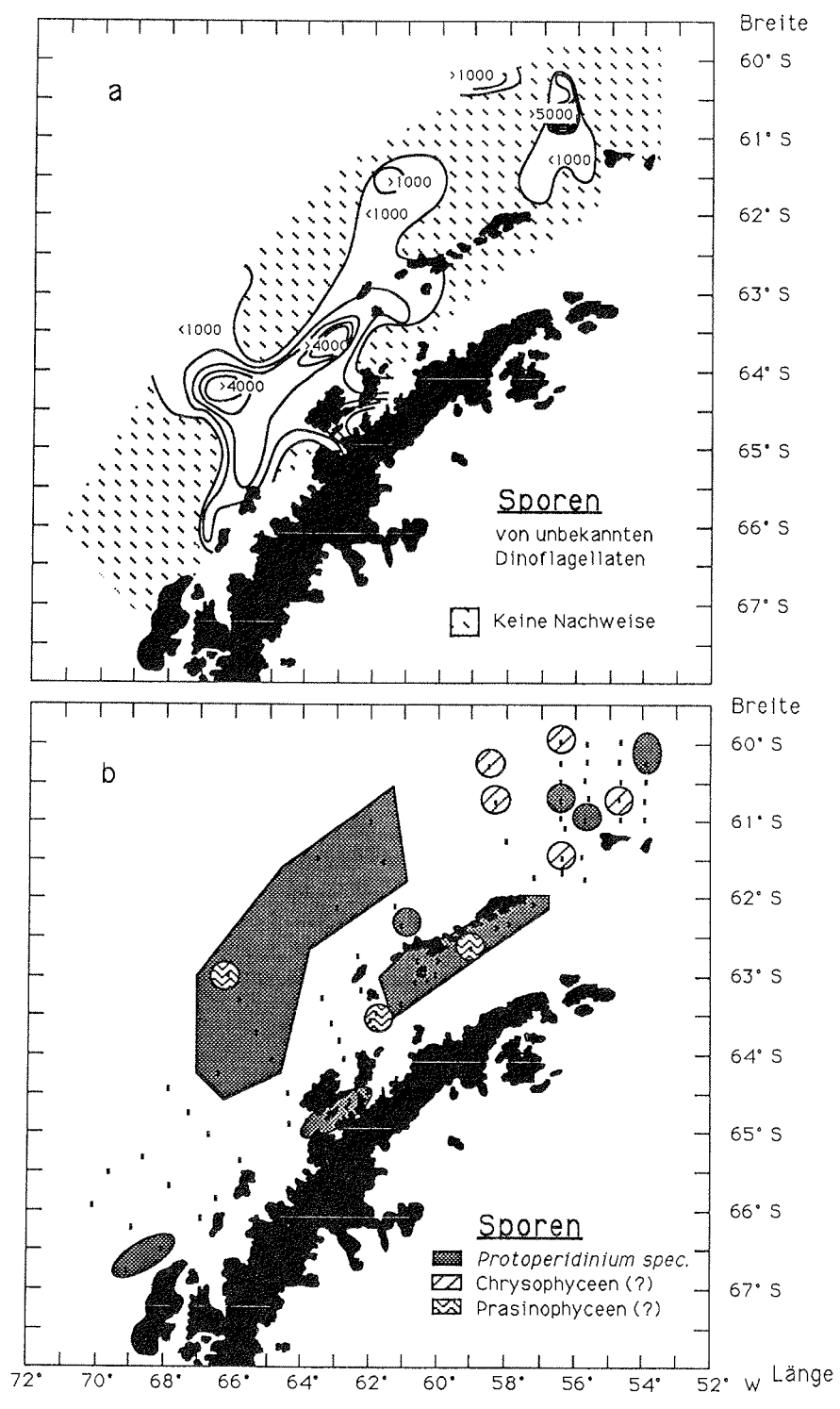


Abbildung 55: Verteilung von Flagellaten-Sporen im Untersuchungsgebiet:  
a) Große, glatte, runde bis ovale Dinoflagellaten-Sporen  
b) Andere Sporentypen (nur Einzelfunde)



gebiete geschlossen besiedelt wurden.

Gruppe 6 erschien hauptsächlich auf dem südlichen Bellingshausensee-Schelf. In der Bransfieldstraße und weiter im Norden gab es sporadische Vorkommen. Die hierher gehörenden Formen schienen besonders bei tiefen Temperaturen und in chlorophyllarmen Gebieten vorzukommen.

Gruppe 7 und Gruppe 8 umfaßen Formen, die weit verbreitet waren, aber fast immer nur in Einzelexemplaren auftraten. Gruppe 7 fehlte auf dem südlichen Bellingshausensee-Schelf, während sich die Funde von Gruppe 8 bis dorthin ausdehnten.

Gruppe 9 a beinhaltet Formen mit sehr wenigen Einzelnachweisen, während Gruppe 9 b Sammeltaxa enthält, die sich nicht in eine der obigen Gruppen einordnen ließen. Die Verteilung dieser Sammeltaxa erinnert zum Teil an Verbreitungsmuster, die bei den Diatomeen gefunden wurden. Bei den undifferenzierten nackten Flagellaten ähnelt die Größenklasse  $>15\mu\text{m}$  der Diatomeen-Gruppe 2c, die Größenklasse  $10-15\mu\text{m}$  der Diatomeen-Gruppe 1a, die Größenklasse  $5-10\mu\text{m}$  der Diatomeen-Gruppe 1b. Die separat gezählten Cryptophyceen ähnelten der Diatomeen-Gruppe 1a, wobei sie allerdings nicht wie die Diatomeen in der zentralen Bransfieldstraße, sondern in der Gerlachestraße häufiger waren. Lediglich die Größenklasse  $<5\mu\text{m}$  der nackten Flagellaten und die athecaten Dinoflagellaten  $<15\mu\text{m}$  wiesen so unregelmäßige Verteilungen auf, daß sie keine Anklänge an bisher beobachtete Muster zeigten. Zahlenmäßig waren die kleinen nackten Flagellaten die häufigsten Organismen überhaupt.

#### Sporenbildung

Es wurden einige Typen von Flagellaten-Sporen gefunden:

- Rundliche bis ovale, relativ glatt- und dickwandige Sporen mit 20 bis 50  $\mu\text{m}$  Länge, die wahrscheinlich zu Dinoflagellaten gehören.
- Rundliche bis leicht hantelförmige Sporen mit stacheligen Aufwüchsen mit 20 bis 50  $\mu\text{m}$  Durchmesser. Diese Sporen gehören zur Dinoflagellaten-Gattung *Protoperidinium*.
- Rundliche, glattwandige oder körnige Sporen mit einem Porus und einem Durchmesser von weniger als 10  $\mu\text{m}$ . Sie gehören möglicherweise zu Chrysophyceen.
- Rundliche bis ovale Sporen mit parallel angeordneten, gekrümmten Leisten auf der Oberfläche und einem Durchmesser von weniger als 10  $\mu\text{m}$ . Sie gehören möglicherweise zu Prasinophyceen (*aff. Pterosperma spec.*: Parke et al., 1978).

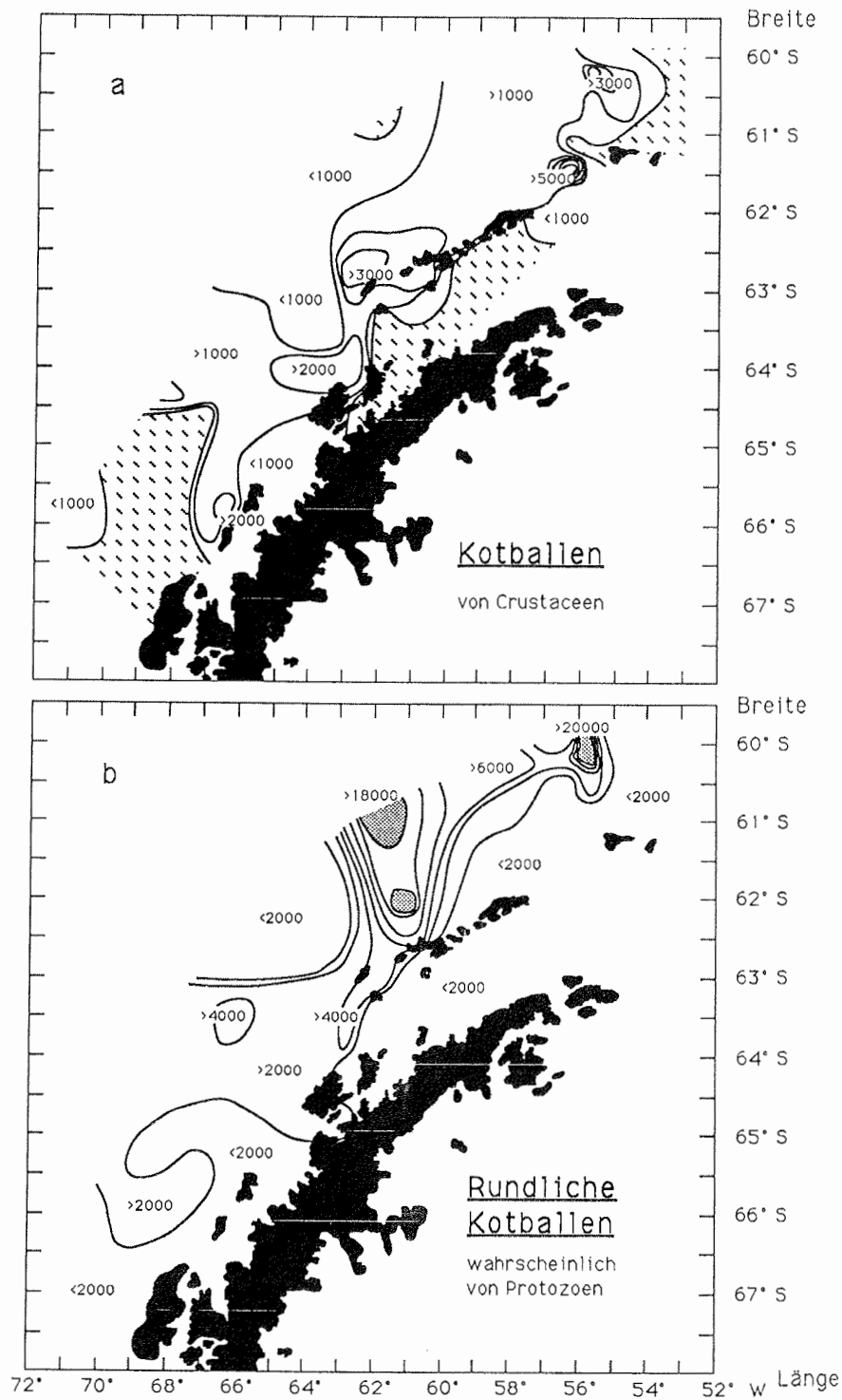


Abbildung 56: Häufigkeit von Kotballen im Untersuchungsgebiet:  
 a) Längliche Kotballen, die auf Crustaceen zurückgehen.  
 b) Rundliche Kotballen, deren Urheber wahrscheinlich Protozoen sind.

Es wurden zwei Typen von Korbkallen quantitativ erfasst:  
 - Längliche Korbkallen, die im wesentlichen zernarbene Diatomeenschalen enthalten, und in denen nur wenige robuste Schalen unversehrt waren (Abb. 57),  
 - Meist runde Korbkallen mit leeren, aber unversehrten Diatomeenschalen, deren Form die Umrisse der Korbkallen mitunter stark modifizieren konnten (Abb. 58).  
 Der erste Typ stellt Korbkallen von Crustaceen - Copepoden und Euphausiaceen - dar (Marschall, Schell; pers. Mittell.). Der zweite Typ entspricht in seinem Erscheinungsbild den von Nöthig und von Bodungen (1989) beschriebenen Korbkallen, die nach Ansicht dieser Autoren auf nicht näher bekannte Protozoen zurückgehen. Darüber hinaus traten Schleimbänder oder flockenartige Gebilde mit leeren Diatomeenschalen

### 3.6. Korbkallen

Der große, glatte Typ, der unbekanntes Dinoflagellaten zugeordnet wird, tritt gehäuft nördlich des Loper Channels und auf dem nördlichen Bellinghousen-See-Scheit auf (Abb. 55 a). Bis auf diesen Typ traten alle Sporen nur vereinzelt auf. Die *Protoperdinium*-Sporen kamen in weiten Räumen vor, während die beiden kleineren Sporentypen nur in enger begrenzten Gebieten zu finden waren (Abb. 55 b).

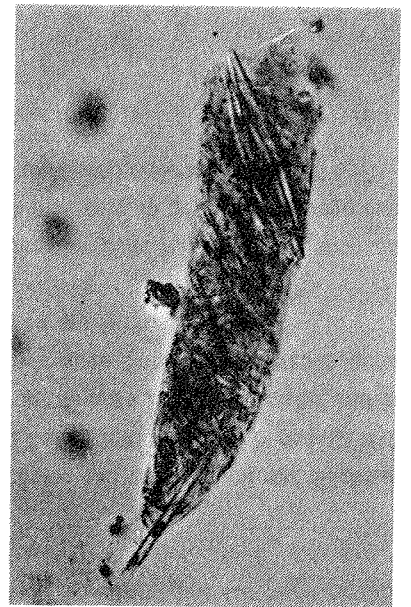


Abbildung 57: Längliche Korbkallen, vermutlich von Crustaceen.

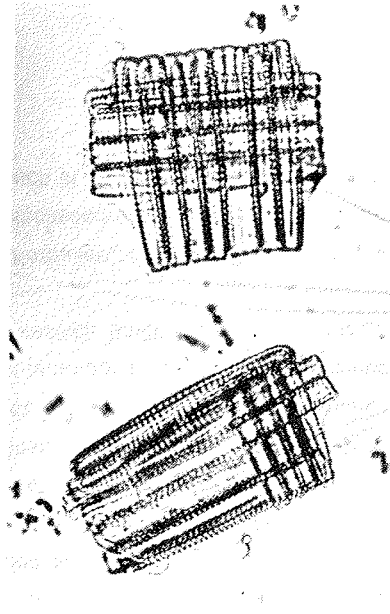


Abbildung 58: Runde Korbkallen, vermutlich von Protozoen.

auf, die leider immer so stark in Auflösung befindlich waren, daß sie nicht gezählt werden konnten.

Die Kotballen der Crustaceen waren am zahlreichsten auf dem Schelf der Südshetlandinseln, auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf und im Bereich des **SPSW**. Auf dem südlichen Bellingshausensee-Schelf, in der inneren Bransfieldstraße und im Front-Mäander nördlich Elephant Island gab es über weite Strecken überhaupt keine. Nordwestlich Smith Island treten nur geringe Mengen auf (Abb. 56 a).

Die Kotballen, deren Urheber wahrscheinlich Protozoen sind, konzentrieren sich auf die Hochseegebiete nördlich der zentralen Südshetlandinseln. In geringerer Menge sind sie auch in den anderen Seegebieten bis in den tiefen Süden verbreitet (Abb. 56 b).

## 4. Diskussion

### 4.1. Allgemeine Bemerkungen

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Ökologie des Phytoplanktons im Spätherbst an der antarktischen Halbinsel leisten. Jeweils eine Probennahme pro Station erlaubt jedoch nicht, ablaufende Prozesse zu verfolgen, sondern lediglich, ein statisches Bild zu zeichnen. Aussagen über die den beobachteten Mustern zu Grunde liegende Dynamik müssen daher abgeleitet werden von Übereinstimmungen der Organismen-Verteilungen mit Gradienten ökologischer Parameter. Grundsätzlich sagen derartige Übereinstimmungen jedoch nichts darüber aus, ob die jeweils zum Vergleich herangezogenen Parameter tatsächlich Ursache der beobachteten Organismen-Verteilungen waren oder ob solche übereinstimmend wirkenden Befunde unabhängig voneinander als Folge weiterer, nicht berücksichtigter Faktoren zustande gekommen sind (Soule, 1988). Das Resultat eines solchen Vorgehens muß deshalb spekulativ bleiben und darf nur als Szenario gesehen werden, das die dokumentierten Details möglichst plausibel in Beziehung setzt.

Insgesamt fanden sich bei den Phytoplanktern Anzeichen für einen Rückgang sowohl der Zellzahlen pro Art als auch des Artenreichtums von Norden nach Süden, während die Protozoen zum Teil auch im Süden Verbreitungsschwerpunkte besaßen. Im Folgenden werden zunächst die Faktoren besprochen, deren Einflüsse als maßgeblich für die Ökologie des Phytoplanktons im Spätherbst angesehen werden: Lichtbedingungen, hydrographische Verhältnisse, Eisbedingungen, und Zooplankton-Bestände.

Vor dem Hintergrund dieser Faktoren folgt die Diskussion der Chlorophyll-*a*-Gehalte sowie der autökologischen und synökologischen Aspekte der Diatomeen, Ciliaten und dann der übrigen Organismen. Den Diatomeen wird dabei besonderes Gewicht eingeräumt, da sich nur bei ihnen die meisten Formen bis zur Art bestimmen ließen. Den Abschluß bildet eine Synopse.

### 4.2. Ökologische Faktoren

#### 4.2.1. Lichtbedingungen

In diesem Abschnitt soll eine theoretische Abschätzung der Lichtbedingungen erfolgen. Tabelle 11 zeigt von verschiedenen Autoren ermittelte Einstrahlungswerte. Eine überschlagsmäßige Abschätzung der Lichtverhältnisse zeigt Tabelle 12. Entsprechend

Tabelle 11: Sonneneinstrahlung an der Meeresoberfläche. Angegeben sind die Tagessummen im Monatsmittel für die gesamte Strahlung. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden alle Daten in  $10^4 \text{ J/m}^2 \cdot \text{Tag}$  umgerechnet.

nach: 1977	Berliand (zitiert in Ivanov, 1977)				Franceschini,
gemessen:	ausschließlich bei unbedecktem Himmel				bei jedem Wetter
Breite	April	Mai	Juni	Juli	Mai/Juni
55° S	1026	523	314	410	155
60° S	770	331	134	218	126
65° S	532	151	13	63	(92) *
70° S	310	17	0	0	/

nach:	Schwerdtfeger (1984, nach verschiedenen Quellen)			
gemessen:	bei jedem Wetter			
Breite	April	Mai	Juni	Juli
65° 20' S	235	65	13	39
67° 42' S	242	35	0	16
70° 48' S	230	13	0	0

\* extrapoliert nach angegebener Kurve

Tabelle 12: Abschätzung der im Tagesmittel unter der Wasseroberfläche für die Photosynthese zur Verfügung stehenden Einstrahlung ( $\mu\text{E}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ), abgeleitet von den Daten Berliands (Tabelle 11). Die Umwandlung der Energiefluß-Werte von Tabelle 11 in Photonenfluß-Werte erfolgte nach der Formel von Morel und Smith (1974):

$$[1 \text{ J}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \approx 2,5 \cdot 10^8 \text{ Photonen}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \approx 4,2 \mu\text{E}/\text{m}^2 \cdot \text{s}].$$

Es wurde 100% PAR bei 8/8 Wolkenbedeckung (Parsons et al., 1984) und 6% Albedo an der Meeresoberfläche bei völlig diffuser Strahlung (Payne, 1972) angenommen.

Breite	Monat	Bei Wolkenbedeckung:		Unter der Meeresoberfläche * 3	Anmerkungen:
		0/8 * 1	8/8 * 2		
60° S	Mai	160,9	64,4	54,1	
65° S	Mai	74,9	29,9	25,2	* 1 nach Berliand
(zitiert					
70° S	Mai	8,3	3,3	2,8	in Ivanov, 1977)
60° S	Juni	65,1	26,1	21,9	* 2 -60% (in Anlehnung
65° S	Juni	6,3	2,5	2,1	an Feigel'son, 1984)
60° S	Juli	106,0	42,4	35,6	* 3 - 6% Albedo (Payne,
65° S	Juli	30,6	12,3	10,3	1972)

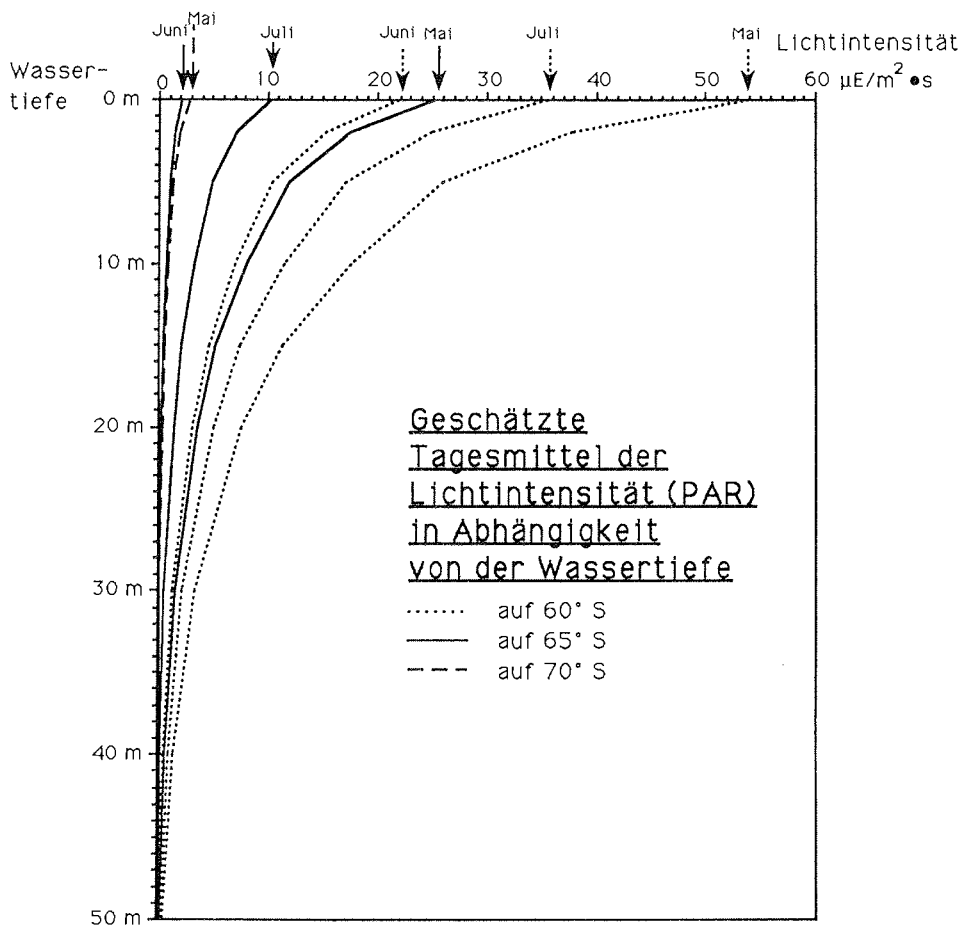


Abbildung 59: Geschätzte Tagesmittel der für Photosynthese nutzbaren Lichtintensität in Abhängigkeit von der Wassertiefe auf verschiedenen Breitengraden und zu verschiedenen Zeiten. Der Abschätzung liegen die Werte der Tabelle 12 sowie die Angaben von Jerlov (1978 a, b) zu Grunde.

den Wetterbedingungen während der Expedition wurde für die Abschätzung geschlossene Bewölkung angenommen. Wolken reduzieren die Einstrahlung stark (Campbell und Aarup, 1989). In mittleren und niederen Breiten wurde ermittelt, daß eine geschlossene Wolkendecke die Einstrahlung um etwa 75% bis 80% unabhängig von der Sonnenhöhe vermindert, dichter Nebel bis über 80% (Haurwitz, 1948; Franceschini, 1968; Kasten und Czeplak, 1980). Feigel'son (1984) weist jedoch daraufhin, daß die Wolken in hohen Breiten eine andersartige Struktur besitzen. Er gibt eine von der Sonnenhöhe abhängige Reduktion zwischen 52% bei 10° Sonnenhöhe und 39% bei 30° an. Da die Sonne im Zeitraum der Untersuchung meist tiefer als 10° stand, wurde in Anlehnung an die Daten von Feigel'son ein Faktor von 60% angenommen.

Für die Eindringtiefe des Lichts in die Wassersäule sind die optischen Eigenschaften des Wassers wesentlich. Wensierski und Wozniak (1978) haben die Seegebiete an der Antarktischen Halbinsel in optische Wasserlassen (Jerlov, 1968) eingeteilt. Sie geben Klasse II für phytoplanktonärmere und Klasse III für phytoplanktonreichere Gewässer an. Für landferne Seegebiete im Indischen Sektor des Antarktischen Ozeans ermittelte Panouse (1987) Klasse I bis II. Danach erscheint es vernünftig, für den vorliegenden Fall Klasse II vorauszusetzen. Für diese Klasse macht Jerlov (1978 a, 1978 b) folgende Angaben: 30% PAR werden in 11m Wassertiefe erreicht, 10% in 24m, 3% in 40m und 1% in 52m. In Verbindung mit den geschätzten Lichtmengen aus Tabelle 12 ergibt sich Abbildung 59. Es wird betont, daß die Angaben nur einer grundsätzlichen Orientierung dienen sollen und keine genauen Werte darstellen.

#### 4.2.2. Hydrographische Verhältnisse

Die in der Drake Passage und auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf vorgefundenen Wassermassen stimmen mit denen der "oceanic domain" beziehungsweise "continental domain" nach Carmack (1977) überein. Die innere Bransfield-Straße war von sehr tiefen Temperaturen über die gesamte Wassersäule geprägt. Dieses Bild unterscheidet sich von den Angaben von Clowes (1934) und von Gordon und Nowlir (1978) lediglich dadurch, daß die sommerlich erwärmte Deckschicht fehlte. Die Wassermassen **BSW.s** und **WSW.m** sowie die Strömungsmuster im Bereich der Südshetlandinseln und des Loper Channels erfordern eine eingehendere Besprechung.

Das **BSW.s** (Oberflächenwasser der südlichen Bellingshausensee) wies insgesamt eine nach Nordost setzende Strömung auf. Die sehr tiefen Temperaturen und die innerhalb dieser Wassermasse möglicherweise vorhandenen Fronten (Anhang 1: Schnitte P3 und P5) deuten darauf hin, daß das **BSW.s** vielleicht in mehreren Schüben aus den südlich an das Untersuchungsgebiet angrenzenden Seegebieten gekommen ist und das **BSW.n** (Oberflächenwasser der nördlichen Bellingshausensee) verdrängt hat. Der geringe Salzgehalt des **BSW.s** weist ebenfalls auf eine südliche Herkunft: Da dieser Wasserkörper nur wenig altes Meereis mitführte und die Temperaturen in der südlichen Bellingshausensee kaum Eisschmelze erlaubten, müßten die niedrigen Salzgehalte des **BSW.s** auf Schmelzwasser beruhen, das sich im Laufe des Sommers in den Packeisgebieten tiefer im Süden angesammelt hatte (Carmack, 1977; Foster, 1984).

Durch die Annahme einer nordostwärts gerichteten Bewegung des **BSW.s** kann die zyklonische Zirkulation im **BSW.n** auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf erklärt werden. Die in diesem Seegebiet einsetzende Ostwinddrift (Vergl. Kapitel 2.1.)



hätte dann nicht mehr nach Süden abfließen können. Statt dessen hätte es zu einem Rückstrom auf dem küstenferneren Schelf kommen müssen, woraus die beobachtete Zirkulation resultiert hätte.

Die Bildung des **WSW.m** (modifiziertes Weddellmeer-Wasser) wird auf eine Mischung von **WSW.br** (kaltes Weddellmeer-Wasser der Bransfieldstraße) mit auftreibendem **CDW** (warmes Tiefenwasser) zwischen Low und Deception Island zurückgeführt. Auch die dortige Lücke in der Eisbedeckung ließe sich durch Auftrieb des **CDW** plausibel erklären. Ein in 250 bis 500m Tiefe erfolgender Einstrom von **CDW** in die Boyd Strait und Auftrieb dieses Wassers im Gebiet östlich von Low Island wurde bereits von Stein (1989) beschrieben, allerdings in Verbindung mit ebenfalls einströmendem Oberflächenwasser aus der Drakepassage. Er geht davon aus, daß starke Winde aus westlichen und nördlichen Richtungen diesen Einstrom verursacht haben. Diese Möglichkeit scheidet hier aus, da das Oberflächenwasser die Boyd Strait in nördliche Richtung entgegengesetzt zum **CDW** verließ. Möglicherweise läßt sich die Situation so deuten, daß noch in relativ kurzer Zeit vor der Probennahme in der Boyd Strait Verhältnisse wie die von Stein (1989) beschriebenen herrschten. Die gegenläufigen Wasserbewegungen könnten dann als gerade stattfindende Umkehrung der Strömung unter dem Einfluß der hier häufigen Winde aus Südost gesehen werden.

Die Lage der Front zwischen dem Oberflächenwasser der Drake Passage (**SPSW**) und dem Wasser aus dem Weddellmeer entspricht dem bisher am weitesten im Nordwesten gefundenen Verlauf (Kapitel 2.1.). Bei dem Front-Mäander nördlich Elephant Island scheint es sich um eine permanente Struktur zu handeln, deren genaue Position allerdings schwanken kann (Stein, 1986; Heywood und Priddle, 1987; Stein, 1988).

Die Ausdehnung des **WSW** nach Südwesten bis in die Gerlachestraße erscheint extrem. In den TS-Diagrammen, die der Wassermassengliederung zu Grunde lagen, läßt sich jedoch kein Unterschied zwischen den Stationen in der Gerlachestraße und denen der Bransfieldstraße feststellen. Ein Einstrom von Weddellmeerwasser in die Gerlachestraße wurde schon einmal von Stein (1982) dokumentiert.

Die besonders mächtige Schmelzwasseransammlung südöstlich King George Island befand sich an einer Stelle, an der frühere Autoren die Existenz eines antizyklonischen Wirbels oder eines engen Mäanders berichten (BIOMASS, 1983; Grelowsky und Tokarczyk, 1985; Heywood und Priddle, 1987; Stein, 1988). Heywood und Priddle (1987) fanden hier auch verminderte Salzgehalte. In der vorliegenden Untersuchung war das Stationsnetz nicht eng genug, als daß auf so detaillierte Strukturen wie

Wirbelbildungen geschlossen werden könnte. Da aber die oben genannten Autoren davon ausgehen, daß es sich bei dem Wirbel um eine permanente Struktur handelt, wird auch hier angenommen, daß sich südöstlich King George Island ein antizyklonischer Wirbel befunden hat. Solche Wirbel führen zur Anreicherung leichten Oberflächenwassers im Zentrum des Wirbels (Dietrich et al., 1975), so daß die Schmelzwasseransammlung eine plausible Erklärung findet. Heywood und Priddle (1987) zeigen, daß die Entstehung des Wirbels mit einem Einstrom von Wasser aus der Drake Passage in den Loper Channel zusammenhängt. Für einen solchen Einstrom gibt es auch in dieser Arbeit Hinweise.

Die Beobachtung einer nach Norden setzenden Strömung des **WSW.br** im östlichen Loper Channel stimmt mit Angaben in der Literatur überein (BIOMASS, 1983; Heywood und Priddle, 1987; Steln, 1988). Es gibt jedoch keinen Hinweis darauf, daß es dabei zu einer Vermischung mit **CDW** kommt, wie in dieser Arbeit beschrieben. Zwar beschreiben Grelowski und Wojewódzki (1988) im Loper Channel Auftrieb von **CDW** auf den Schelf, doch blieb dieser Vorgang auf Tiefen unterhalb 400 m beschränkt. Die Isolinien des Schnittes S3 (Anhang 1) in Verbindung mit dem geostrophischen Strömungsbild lassen jedoch kaum eine andere Deutung zu als eine erneute Durchmischung von **WSW.br** mit **CDW**. Eine Lücke der vorrückenden Eisrandzone nordwestlich Elephant Island kann analog zu den Verhältnissen in der Boyd Strait als Hinweis auf einen Auftrieb des **CDW** gelten. Es ist nicht klar, ob das hier auftreibende **CDW** mit der oben erwähnten Wirbelbildung in einem dynamischen Zusammenhang steht, oder ob es sich um einen davon unabhängigen Einstrom handelt. In welchen Anteilen das nördlich von Elephant Island als **WSW.m** klassifizierte Wasser dieser Neubildung entstammt oder mit dem in der Boyd Strait entstandenen **WSW.m** identisch ist, muß ebenfalls offen bleiben.

#### 4.2.3. Eisbedingungen

Die bandförmig verteilten Schmelzwasservorkommen dürften auf den Einfluß häufiger südöstlicher Winde zurückgehen, die die starke Drift von Eis aus dem Weddellmeer nach Norden und Südwesten ausgelöst haben. In den Randzonen geriet das Eis dabei in Seegebiete mit relativ hohen Wassertemperaturen. In diesen Gebieten kam es vor allem nach Wechsel auf nordwestliche Windrichtungen zu starker Eisschmelze.

In kälteren Seegebieten ging die Eisschmelze wiederholt nach erneutem Einsetzen südöstlicher Winde in Neueisbildung über. Dies wird als Folge von Temperaturstürzen bei Änderung der Windrichtung angesehen. Nach Weeks und Ackley (1982) geht die Bil-

dung von "frazil"-Eis, wie sie in solchen Fällen meist beobachtet wurde, von einer mehrere Meter mächtigen unterkühlten Wasserschicht aus. Bei den im Oberflächenwasser festgestellten Salzgehalten zwischen 33,6 und 34,3 PSU (mit Ausnahme der Stationen bei King George Island) beginnt Seewasser erst ab ungefähr  $-1,85^{\circ}\text{C}$  zu frieren (Doherty und Kessler, 1974). Eine so tiefe Wassertemperatur wurde jedoch nur auf Station 083 (Anhang 1: Schnitt P5) dokumentiert. Eine Fehlmessung über das gesamte Untersuchungsgebiet erscheint auf Grund der Meßgenauigkeit der Multisonde und der regelmäßig durchgeführten Eichungen ausgeschlossen (Stein, pers. Mitt.). Da die Eisbildung in der Regel schon innerhalb eines Tages nach Absinken der Lufttemperatur einsetzte, könnte sich eine unterkühlte Wasserschicht von nur wenigen Dezimetern aufgebaut haben (Kipfstuhl, pers. Mitt.). Eine so dünne Schicht wäre leicht durch Bewegungen des Schiffes und durch das Eintauchen des Wasserschöpfers zerstört worden, so daß die Beobachtungen nicht mehr im Widerspruch stünden.

Im Süden des Untersuchungsgebietes wurden keine Ansammlungen von Schmelzwasser beobachtet. Die Beobachtungen von ausgedehnten Eisbrei- und Pfannkucheneisflächen, von oberflächennahen Salzanreicherungen und von ständig tiefen Lufttemperaturen belegen kräftige Neubildung von Eis in diesem Gebiet.

#### 4.2.4. Zooplankton-Bestände

Zahlreiche Berichte über inverse Beziehungen zwischen der Häufigkeit des Zooplanktons und Phytoplanktons belegen den für die Größe des Phytoplankton-Bestandes ausschlaggebenden Einfluß der Beweidung (Hardy und Gunther, 1936; Foxton, 1966; Uribe, 1982; Nast und Gieskes, 1986; Priddle et al., 1986; Cadee et al., 1989). Die Hauptbeweider des Phytoplanktons sind an der Antarktischen Halbinsel die Euphausiiden *Euphausia superba* und *Thyssanoessa macrura*, die Salpe *Salpa thomsoni* und die Copepoden *Metridia gerlachei*, *Rhincalanus gigas*, *Calanoides acutus* und *Calanus propinquus* (Hopkins, 1985; Huntley et al., 1985; Piatkowski, 1985; Witek et al., 1985; Zmijewska, 1985; Piatkowski, 1987; Rakusa-Suszczewski, 1988 a).

Krill (*Euphausia superba*) war insgesamt selten. Adulte Tiere kamen fast ausschließlich in eisbedeckten Seegebieten vor (Siegel, 1989: Abb. 60 a). Die Bindung an diese Seegebiete deckt sich mit Beobachtungen, nach denen die an der Unterseite des Meereises wachsenden Algen die Winternahrung des Krills darstellen (Kawaguchi et al., 1986; O'Brien, 1987; Marschall, 1988; Stretch et al., 1988). Dementsprechend besaßen in der Bransfieldstraße 80% des Krills mit Diatomeen gefüllte Mägen (Siegel, 1989). In der südlichen Bellingshausensee, wo sich an der Unterseite des jungen Meereises noch keine Algenschicht hat entwickeln können, hatten nur 40% des Krills

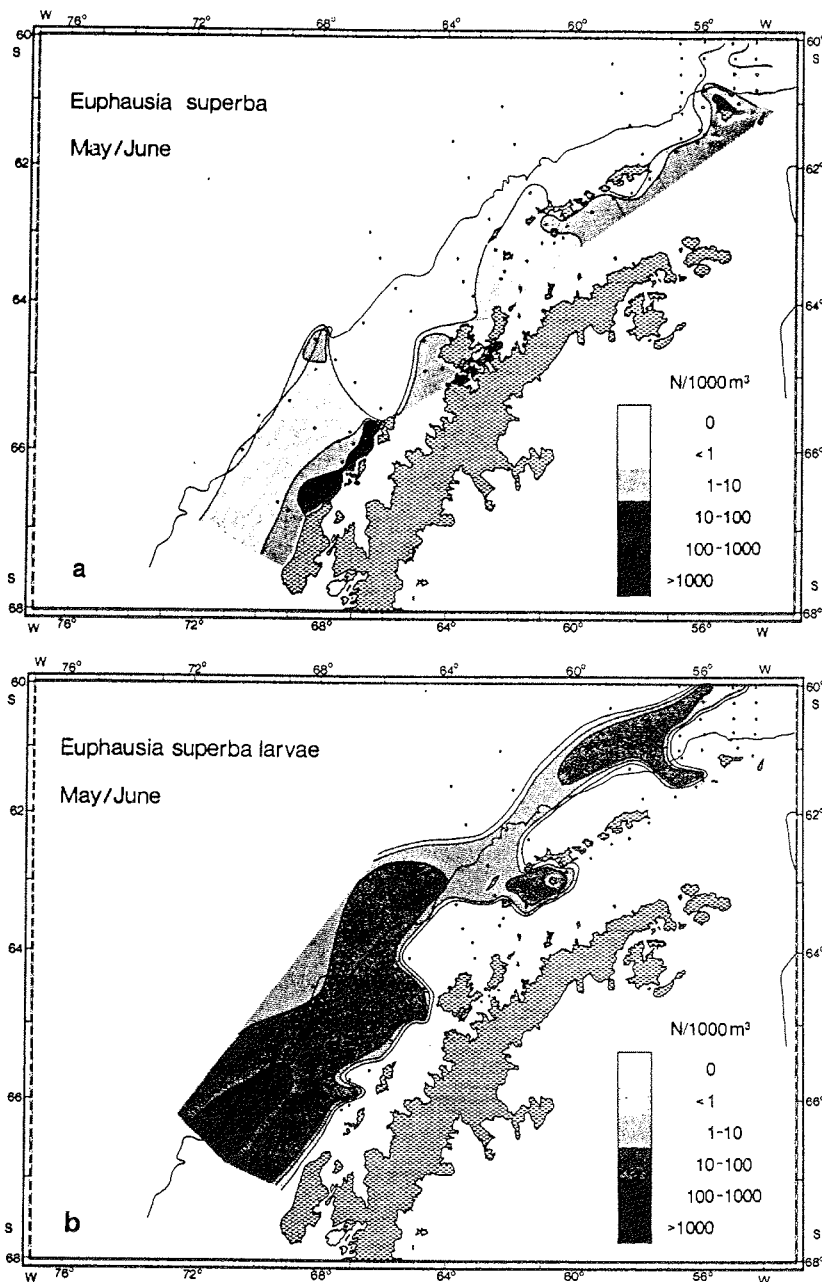


Abbildung 60: Verteilung des Krills (*Euphausia superba*) an der Antarktischen Halbinsel im Mai und Juni 1986 (nach Siegel, 1989):  
a: Verteilung des adulten Krills,  
b: Verteilung des juvenilen Krills (Furcilla 2 bis 5).

gefüllte Mägen. Die Tiere hatten jeweils nur wenig gefressen, darunter größere Anteile Tintinniden (Siegel, 1989). Rätselhaft ist, warum die Phytoplanktonbestände in der chlorophyll-reichen Zone (Abb. 20 a) nicht von adultem Krill genutzt wurden. Auf Grund von Vergleichen der Häufigkeiten des Krills mit Verbreitungen von Phytoplanktongemeinschaften nimmt Kawamura (1981) an, daß Krill Gebiete meidet, in denen *Thalassiothrix antarctica*, *Rhizosolenia spec.* und *Chaetoceros spec.* häufig sind, wie es hier in der chlorophyll-reichen Zone der Fall war. Meyer und El-Sayed (1983) wenden unter Berufung auf Mageninhaltsanalysen früherer Autoren ein, daß Krill die genannten Diatomeen häufig frißt. Sie halten es jedoch für möglich, daß höhere Abundanzen dieser Diatomeen ein Indikator für noch unbekannte Umweltfaktoren sein könnten, die ihrerseits das Fehlen von Krill verursachen.

Die Verteilung des juvenilen Krills (*Euphausia superba*: Furcilia 2 bis 5) unterschied sich von der Verteilung adulter Tiere, indem ozeanische Gebiete und der südwestliche Bellingshausensee-Schelf besiedelt wurden (Siegel, 1989: Abb. 60 b). Demnach wurden vom juvenilen Krill die Zonen mit den höchsten Algendichten ebenfalls ausgeschlossen. Über die Nahrungsaufnahme des juvenilen Krills liegen keine Daten vor. Die Verteilungen sowohl des juvenilen wie des adulten Krills stimmten nicht mit den in dieser Arbeit ermittelten Häufigkeiten der Crustaceen-Kotballen überein.

Die Verteilung der Copepoden ist nur zum Teil bekannt. Proben wurden auf der Expedition Ant V/1 nur in der Bransfieldstraße und auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf genommen. Davon wurden bisher die drei calanoiden Arten *Rhincalanus gigas*, *Calanoides acutus* und *Calanus propinquus* bearbeitet und ausgewertet (Schnack-Schiel, unveröff.). Danach war *Calanus propinquus* überall selten, und *Calanoides acutus* befand sich in einem passiven Überwinterungszustand ohne Nahrungsaufnahme. Demgegenüber war *Rhincalanus gigas* in der westlichen Bransfieldstraße selten, aber in den algenreichen Gebieten bei Deception Island und auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf häufig. Dort kam er zu 80% in den oberen 100m vor, und fast alle Tiere besaßen gefüllte Mägen. In den beprobten Gebieten passen die Befunde bei *Rhincalanus gigas* gut zu den Häufigkeiten der Crustaceen-Kotballen. In Verbindung mit den Befunden beim Krill kann vielleicht vermutet werden, daß außerhalb dieser Gebiete die Verteilung der Kotballen vor allem Beweidung durch Copepoden widerspiegelt hat.

Salpen waren in der Nordhälfte des Untersuchungsgebietes sehr unregelmäßig verteilt (Siegel, unveröff.: Abb. 61). Kotballen von Salpen konnten in dieser Untersuchung nicht identifiziert werden. Da die Häufigkeit der Salpen maximal wenige Tiere pro

10 m<sup>3</sup> betrug (Siegel, unveröff.: Abb. 61), war die Wahrscheinlichkeit, bei der Probennahme im Wasser treibende Kotballen anzutreffen, vielleicht zu gering.

In Übereinstimmung mit früheren Berichten von höheren Protozoendichten an der antarktischen Halbinsel (Uribe, 1985; Mamaeva, 1986) deuten die in den Kapiteln 3.4., 3.5. und 3.6. beschriebenen Ergebnisse darauf hin, daß Protozoen als bedeutende Konsumenten neben Crustaceen und Salpen in Betracht kommen (Tumantseva, 1982; Hewes et al., 1985; Sushin et al., 1986; Nöthig, 1988; Nöthig und von Bodungen, 1989).

Die rundlichen Kotballen stammen wahrscheinlich von verschiedenen Protozoen (Nöthig und von Bodungen, 1989). Gowing und Silver (1985) führen Radiolarien als Produzenten derartiger Kotballen an. Tatsächlich fallen besonders große Mengen von Kotballen auf den ozeanischen Stationen 094 und 095 mit einer lokalen Häufung von *Challengeron bicorne* zusammen. In den Schelfgebieten und nördlich Elephant Island waren Radiolarien seltener. Hier kommen besonders phagotrophe, athecate Dinoflagellaten in Frage, wie sie Buck et al. (1990) beschrieben haben. Verschiedene thecate Dinoflagellaten, darunter *Protoperidinium spec.*, hüllen ihre Beute durch ein ausgestülptes Pseudopodium oder Velum ein (Gaines und Taylor, 1984; Jacobson und Anderson, 1986). Bei dieser Ernährungsweise müßten frei im Wasser treibende leere Diatomeenschalen zurückbleiben. Über den Kot der Ciliaten ist kaum etwas bekannt (Nöthig und von Bodungen, 1989). Die Verbreitungsbilder der häufigeren Ciliaten in dieser Untersuchung decken sich wenig mit den Vorkommen kugeliger Kotballen. Nackte Ciliaten scheinen Diatomeen einzeln oder kolonieweise aufzunehmen (Smetacek, 1981). Es wird daher angenommen, daß die Endprodukte der Ciliaten ebenfalls als freitreibende leere Schalen gefunden werden. Häufungen von leeren Diatomeenschalen lassen sich nur teilweise mit Häufungen von Ciliaten oder thecaten Dinoflagellaten in Deckung bringen. Dies ist jedoch kein Widerspruch, da Häufungen von Diatomeenschalen auch andere Ursachen haben können als Beweidung durch Protozoen und andererseits Diatomeen nicht die einzige Beute von Protozoen darstellen.

#### 4.3. Chlorophyll a

Die gemessenen Chlorophyll-*a*-Gehalte waren insgesamt niedrig. Die höchsten Meßwerte (maximal 1,45 µg/l) überstiegen knapp typische Sommer-Werte aus relativ unproduktiven, ozeanischen Gebieten (0,1 bis 1,0 µg/l: El-Sayed, 1988). Diese allgemein niedrigen Werte lassen sich aus dem Zusammenspiel von geringer Einstrahlung und relativ großer Durchmischungstiefe erklären:

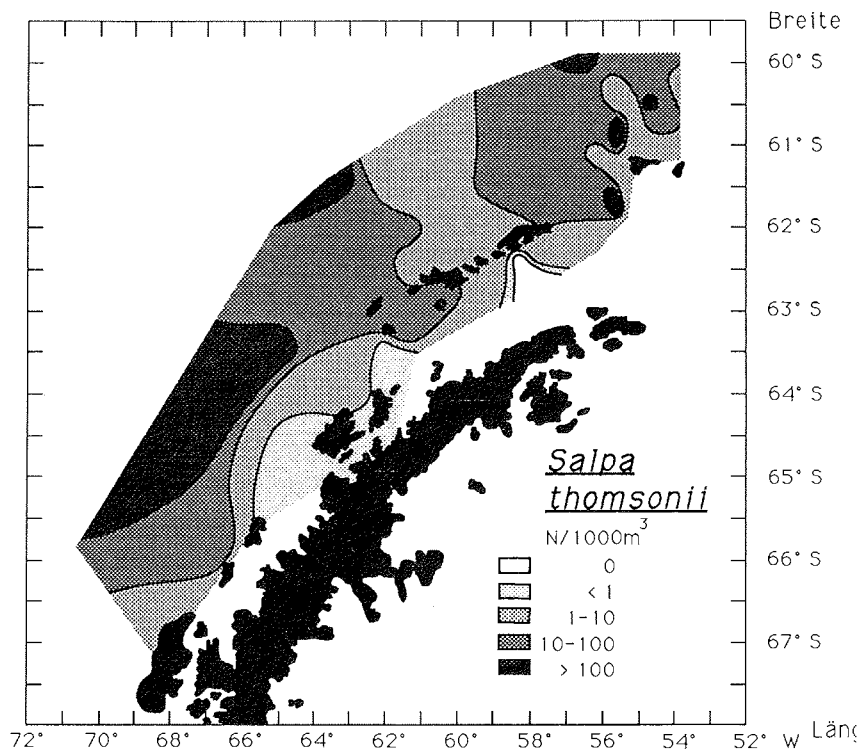


Abbildung 61: Verbreitung der Salpe *Salpa thomsonii* im Untersuchungsgebiet.  
Die Karte beruht auf unveröffentlichten Daten von Dr. V. Siegel (BFA f. Fischerei, Hamburg)

Verschiedene physikalische Prozesse verursachen in der Deckschicht vertikale Zirkulationen, die meist bis zur Sprungschicht reichen (Pollard, 1977; Denman und Gargett, 1983). Unter der stark vereinfachenden Annahme, daß im Laufe dieser Zirkulationen die Phytoplanktonzellen im Mittel in jeder Tiefe die gleiche Zeit verbringen, kann man, aufbauend auf Abschnitt 4.2.1., die mittlere Beleuchtung der Zellen in Abhängigkeit von der Tiefe der Deckschicht abschätzen (Tabelle 13). Auf dem Bellingshausensee-Schelf war die Deckschicht zwischen 50 m und 70 m tief, in der Drakepassage zwischen 70 m und 80 m. Zieht man nun zum Vergleich Literaturangaben über die Beziehung zwischen Photosynthese und Lichtintensität (Tabelle 14) heran, so fällt auf, daß die dokumentierten Werte in weiten Bereichen schwanken und eine allgemeine Aussage daher nur mit Einschränkung möglich ist. Dennoch läßt sich ablesen, daß die mittlere Beleuchtung bei den vorhandenen Durchmischungstiefen wohl nur ein sehr langsames Wachstum erlaubt haben kann.

Demgegenüber läßt ein Teil der Angaben in Tabelle 14 vermuten, daß es bei sehr flachen Deckschichten für schattenadaptierte Phytoplanktonpopulationen sogar Lichtsättigung gegeben haben könnte, und zwar auf 65° S noch im Mai, auf 60° S sogar

über den gesamten Winter hinweg. Demnach wären unter besonderen Bedingungen, die dem Phytoplankton längere Verweilzeiten in Oberflächennähe erlaubten, erhöhte Chlorophyll-*a*-Konzentrationen zu erwarten gewesen. Tatsächlich läßt sich der in Kapitel 3.2. dargestellte chlorophyll-reiche Gürtel in Teilzonen auflösen, die jeweils in der einen oder anderen Weise durch spezielle hydrographische Strukturen gekennzeichnet waren. Die verschiedenen Teilzonen werden im Folgenden einzeln besprochen.

In der Boyd Strait und dem Gebiet bei Deception Island trieb **CDW** auf. Obwohl mit der Stationsdichte der vorliegenden Arbeit kein Nachweis erbracht werden kann, erscheint es plausibel, die Bildung von kleinskaligeren Wirbeln in diesem Gebiet intensiver Wassermischung anzunehmen. Solche Strukturen könnten kleinräumig für Phytoplankton günstigere oder weniger günstige Milieus schaffen und würden so das enge Nebeneinander von chlorophyll-reichen und chlorophyll-armen Stationen erklären.

Nördlich der Kette der zentralen Südshetlandinseln gruppieren sich die chlorophyll-reichen Stationen beiderseits der Front zwischen **SPSW** und **WSW**. An Fronten kann Phytoplankton sowohl durch rein physikalische Akkumulationsprozesse und auch durch Förderung des Wachstums in Folge kleinskaliger Stabilisierung des Oberflächenwassers angereichert werden (Owen, 1981; Lutjeharms et al., 1985). Dies wurde auch im antarktischen Ozean beobachtet (Hanson und Lowery, 1985; Lutjeharms et al., 1985; Bidigare et al., 1986; Semenova und Fedulov, 1986; Nelson et al., 1987 a; Kocpczynska, 1988; Ligowski, 1988; Lipski und Zielinski, 1988; Rakusa-Suszczewski, 1988 b).

Der von dem Front-Mäander nördlich Elephant Island umschlossene Teil des **SPSW** hat möglicherweise einen antizyklonalen Wirbel gebildet. Heywood und Priddle (1987) beschreiben für den Wirbel südöstlich King George Island eine Akkumulation von Phytoplankton durch konvergente Oberflächenströmung. Ein solcher Prozess kann auch hier angenommen werden. Allerdings müßte die im Zentrum antizyklonaler Wirbel abwärts gerichtete Wasserbewegung die Zellen in tiefere Schichten getragen haben. Dies könnte jedoch zum Zeitpunkt der Probenahme geringere Bedeutung gehabt haben, da im Mai nördlich Elephant Island Licht in für Phytoplankton-Wachstum ausreichenden Mengen noch größere Tiefen erreichen konnte als im Juni beziehungsweise zur gleichen Zeit tiefer im Süden.

Zu den oben diskutierten hydrographischen Faktoren kamen vielfach Einflüsse der Eisdecke: Ein großer Teil der chlorophyllreichen Stationen, darunter alle mit Spitzen-



Tabelle 13: Geschätzte mittlere Beleuchtung (in  $\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ) der Phytoplanktonzellen in einer homogenen Deckschicht in Abhängigkeit von der Tiefe der Deckschicht.

Angenommene Tiefe der Deckschicht	Mai			Juni		Juli	
	60° S	65° S	70° S	60° S	65° S	60° S	65° S
0m	54,1	25,2	2,8	21,9	2,1	35,6	10,3
10m	29,6	13,8	1,5	12,0	1,2	19,5	5,6
20m	15,1	7,0	0,8	6,1	0,6	9,9	2,9
30m	10,1	4,7	0,5	4,1	0,4	6,6	1,9
40m	7,6	3,5	0,4	3,1	0,3	5,0	1,4
50m	6,0	2,8	0,3	2,5	0,2	4,0	1,2
60m	5,0	2,3	0,3	2,0	0,2	3,3	1,0
70m	4,3	2,0	0,2	1,8	0,2	2,8	0,8
80m	3,8	1,8	0,2	1,5	0,2	2,5	0,7
90m	3,4	1,6	0,2	1,4	0,1	2,2	0,6
100m	3,0	1,4	0,2	1,2	0,1	2,0	0,6

Tabelle 14: Zusammenstellung einiger Literaturangaben über die Quantenausbeute der Photosynthese (P/I:  $\text{mg C}/\text{mg Chla}\cdot\text{h}\cdot[\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}]$ ) und Lichtsättigungswerte (Ik:  $\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ) natürlicher Algen-Gemeinschaften.

P/I	Ik	Seegebiet	Autor
a) Phytoplankton			
0,025-0,071	12-59	Weddellmeer	SooHoo et al., 1987
0,0005-0,0037	13-42	Südl. Kerguelen	Jacques, 1983 *
0,002-0,044	19-175	Bransfieldstraße	Tilzer et al., 1985
0,0094-0,0490	38-190	Weddellmeer	Sakshaug und Holm-Hansen, 1986
0,015-0,043	44-95	Bransfieldstraße	Tilzer et al., 1986
b) Eisalgen			
0,0114-0,0426	1,4-8,5	McMurdo Sound	Palmisano et al., 1985 a
0,0127	10	McMurdo Sound	Bunt, 1964 *
c) Benthos			
0,022	7-16	McMurdo Sound	Palmisano et al., 1985 b

\* Originaldaten enthalten die Einheit lux als Maß für die Lichtintensität.  
Die Umrechnung erfolgte nach  $[50 \text{ lux} = 5\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}]$ .

werten, befand sich im Randbereich der nördlichen, aus dem Weddellmeer stammenden Eisdecke. In Nachbarschaft schmelzender, zurückweichender Eisflächen wurden wiederholt erhöhte Phytoplankton-Bestände beobachtet (Buck und Garrison, 1983; Garrison und Buck, 1985; Smith und Nelson, 1985 a, b; Wilson et al., 1986; Garrison et al., 1987; Nelson et al., 1987 a; Smith, 1987), während an vorrückenden Eisrändern nur Reste dieser Anreicherungen festgestellt wurden (Fryxell et al., 1987; Garrison und Buck, 1987; Nelson et al., 1987 b; Fryxell, 1989). Da im Norden des Untersuchungsgebietes verbreitet Schmelzwasser gefunden wurde und die Strömungen im wesentlichen parallel zum Eisrand setzten, erscheint es möglich, daß trotz des räumlichen Vorrückens der Eisgrenze relativ zur Wasserbewegung die Verhältnisse eines zurückweichenden Eisrandes gegeben waren.

Südlich 64° S Breite wurden keine hohen Chlorophyll-*a*-Werte festgestellt. Nach Abb. 59 werden im Juni auf 65° S und auf 70° S schon im Mai keine höheren Lichtintensitäten an der Oberfläche mehr erreicht, so daß oberflächennahe Strukturen des Wasserkörpers zu keiner Förderung des Phytoplanktons mehr führen können. Dem entsprechen die Beobachtungen Hoshiais (1977, 1985), daß die stets in Oberflächennähe bleibenden Eisalgen auf 69° S ihr Wachstum Mitte April beenden. Im Juli ist auf 65° S bereits wieder genug Licht an der Wasseroberfläche vorhanden, um stärkeres Algenwachstum zu erlauben. In dieser Zeit beginnen die Algen im Meereis bei Anvers Island wieder zu wachsen (Krebs, 1983), und Ende August werden auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf auch in der Wassersäule wachsende Algenbestände gefunden (Kottmeier und Sullivan, 1987). Auf 70° S dauert die lichtarme Phase 3 Monate: Dementsprechend setzt auf 69° S das Wachstum von Eisalgen Ende August ein (Hoshiai, 1977).

Nach der bisherigen Interpretation scheinen die abiotischen Faktoren auszureichen, um die beobachtete Chlorophyll-*a*-Verteilung zu erklären. Neben den physikalischen Einflüssen muß aber auch im gesamten Untersuchungsgebiet mit Beweidung gerechnet werden, da überall aktives Zooplankton angetroffen wurde. Verminderungen des Chlorophyll-*a*-Gehaltes im Zusammenhang mit der Häufigkeit von Zooplanktonen konnten in den nördlicheren Gebieten nicht dokumentiert werden. Auf dem Bellingshausensee-Schelf fiel auf, daß die chlorophyll-reichen Gebiete fast vollständig auf Zonen geringerer Salpenhäufigkeit beschränkt waren. Demnach müßte das Phytoplankton im Norden noch in der Lage gewesen sein, die durch Beweidung hervorgerufenen Verluste durch Wachstum auszugleichen, während dies auf dem Bellingshausensee-Schelf nicht mehr möglich war.

#### 4.4. Diatomeen

##### 4.4.1. Autökologische Betrachtungen

Das Artenspektrum der Diatomeen wies keine auffälligen Abweichungen von den in früheren Untersuchungen an der Antarktischen Halbinsel erstellten Artenlisten auf (Hart, 1934; Hustedt, 1958; Hasle, 1969; Krebs, 1983; Kocczynska und Ligowski, 1985; Ligowski, 1988). Die möglichen ökologischen Hintergründe der spezifischen Verteilungsmuster werden im Folgenden diskutiert. Hasle (1969) zeigte, daß sich die Verbreitungsgebiete von Phytoplankton-Arten in Abhängigkeit von der Jahreszeit über größere Räume verlagern und von verschiedenen Autoren entsprechend unterschiedlich bewertet wurden. Es muß daher auch im vorliegenden Fall stets berücksichtigt werden, daß die vorgestellten Verbreitungsmuster lediglich die Gegebenheiten in diesem einen Herbst an der Antarktischen Halbinsel widerspiegeln.

Die Arten der Gruppe 1 erreichten sowohl in den ozeanischen Gebieten als auch in den eisbedeckten Gebieten der Bransfieldstraße höhere, in den chlorophyll-reichen Gebieten aber nur relativ geringe Zellzahlen. Die Arten dieser Gruppe sind sowohl im Phytoplankton (Hustedt, 1958; Hasle 1964; Wilson et al., 1986; Jaques, 1987; Nöthig, 1988; Fryxell, 1989) als auch in den Meereisgemeinschaften von Bedeutung (Clarke und Ackley, 1983; Garrison und Buck, 1985; Garrison et al., 1987; Ligowski, 1987; Ligowski et al., 1988; Bartsch, 1989) und werden von Garrison und Buck (1985) als "opportunistic species" gekennzeichnet.

Eine opportunistische Lebensweise müßte den Bedingungen in Seegebieten saisonaler Eisbedeckung besonders gut entsprechen. Es ist bezeichnend, daß zu dieser Gruppe die fast überall dominante *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* gehört. Besonders stark ausgeprägt ist ihre Dominanz in solchen Gebieten, in denen es Einbrüche in der Häufigkeit anderer Arten gegeben hatte. Dabei decken sich die Gebiete stärker ausgeprägter Dominanz nicht mit dem Auftreten hoher Zellzahlen von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana*. So werden im **BSW.s** bei einer relativen Abundanz von über 80% die niedrigsten Zellzahlen erreicht. Die hohe Dominanz von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* scheint damit lediglich auf einer im Vergleich zu anderen Arten etwas höheren Toleranz gegenüber ungünstigen Umweltbedingungen zu beruhen statt auf besonderen Anpassungen. *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* würde dann trotz bereits reduzierter Zellzahlen zur Vorherrschaft gelangen, weil die anderen Arten schon sehr viel stärker zurückgegangen waren.

Die Arten der Gruppe 2 waren weitgehend auf das **SPSW** beschränkt. Der Einfluß der nach Süden abnehmenden Einstrahlung kann möglicherweise daran abgelesen werden, daß in den Untergruppen 2a und 2b die Häufigkeit der Arten an einem jeweils übereinstimmenden Breitengrad auf sehr geringe Zellzahlen zurückgingen. Die höchsten Zellzahlen fanden sich in der küstenferneren Drakepassage und im Bereich der Front zwischen **SPSW** und **WSW.m.** Dazwischen gab es bei fast allen Arten eine Zone geringerer Häufigkeit, die in ihrer Lage der Verbreitung der Krill-Larven entsprach. Eine solche inverse Beziehung zu finden, ist bei der geringen Zahl der Krill-Larven erstaunlich. Da aber in den ozeanischen Gebieten wohl nur noch ein geringes Algenwachstum möglich war, hat vielleicht die Beweidung durch diese wenigen Tiere für eine merkliche Reduzierung der Diatomeenbestände ausgereicht. Ein entsprechender Effekt durch andere Beweider war jedoch nicht erkennbar.

Die Arten der Gruppe 3 ähnelten in ihrer Verteilung nördlich der Südshetlandinseln der Gruppe 2. In der Drakepassage nördlich des Loper Channels gab es bei den meisten Arten ebenfalls eine Zone geringerer Zellzahlen. Diese Zone zeichnete jedoch weniger die Verbreitung der Krill-Larven nach, sondern entsprach eher der Häufigkeit der Salpen. Ebenso nahmen die Zellzahlen im Seegebiet nordwestlich Smith Island bei gleichzeitigem Anstieg der Zahl der Salpen drastisch ab. Demnach scheint in den ozeanischen Gebieten der Drakepassage Beweidung durch *Salpa thomsonii*, die als unselektiver Filtrierer (Gowing, 1989; Hopkins und Torres, 1989) mit hoher Filtrierleistung (Reinke, 1987) gilt, die wahrscheinlichste Ursache für den Rückgang dieser Diatomeen gewesen zu sein. Dem entsprechen auch die Verhältnisse auf dem Bellingshausensee-Schelf: Hier waren zahlreiche Arten der Gruppe 3 nur in küstennäheren Gebieten häufig, wo es wenige Salpen gab. Im Gegensatz dazu wurden im Bereich der chlorophyll-reichen Stationen auf dem Schelf der Südshetlandinseln keine mit Zunahme der Salpen einhergehenden Bestandseinbrüche beobachtet. Huntley et al. (1989) vermuten, daß die Produktion des Phytoplanktons erst im März mit dem Beweidungsdruck durch Salpen nicht mehr Schritt halten kann. Demnach könnte in der chlorophyll-reichen Zone die durch besondere hydrographische Situationen bedingte Förderung des Phytoplankton-Wachstums noch soweit gereicht haben, daß Beweidungsverluste ausgeglichen werden konnten.

Die Arten der Gruppe 4 scheinen die Eisrandzone zu bevorzugen. Die meisten bisherigen Bearbeitungen von Phytoplankton an Eisrändern beschränken sich auf die Feststellung erhöhter Chlorophyll-*a*-Gehalte (El-Sayed und Taguchi, 1981; Marra und Boardman, 1984; Smith und Nelson, 1985 a; Smith, 1987; Bartsch, 1989) oder auf die Bearbeitung weniger dominanter Arten (Smith und Nelson, 1985 b; Wilson et al.,

1986). Die wenigen detaillierteren Artenlisten (Buck und Garrison, 1983; Garrison und Buck, 1985; Garrison et al., 1987) wurden so dargestellt, daß ein Vergleich zwischen den Eisrandgemeinschaften und den angrenzenden Phytoplankton-Gemeinschaften nicht möglich ist. Vergleiche der vorgenommenen Gruppierung mit Literaturangaben sind dementsprechend schwierig:

*Corethron criophilum* bildet oft große Bestände in Wasser niedriger Salinität (Fryxell und Hasle, 1971) und wird als eine wichtige Art am Eisrand im zeitigen Frühjahr angegeben (Marra et al., 1982; Ligowski, 1988; Fryxell, 1989). Im Herbst wurde diese Art im eisbedeckten Meer beobachtet, möglicherweise als Folge eines vorrückenden Eisrandes, der die vorherige Eisrandgesellschaft überschoben hatte (Fryxell, 1989). Bianchi et al. (1989) berichten von einer diversen Eisrandgesellschaft, die hauptsächlich aus pelagischen Centrales bestand. An beteiligten Arten werden unter anderem *Corethron criophilum*, *Stellarima microtrias*, *Actinocyclus spec.*, *Porosira spec.* und *Chaetoceros neglectum* genannt, die hier in Gruppe 4 eingereiht wurden. *Coscinodiscus oculoides* wurde von Fryxell et al. (1989) als Indikator am Eisrand bezeichnet.

Watanabe (1982) beschreibt eine Eisgemeinschaft, die von *Porosira pseudodenticulata* und *Stellarima microtrias* dominiert wurde. Die anderen Arten dieser Gruppe werden als regelmäßige Begleitarten im Meereis angegeben (Garrison und Buck, 1985; Garrison et al., 1987; Krebs et al., 1987; Ligowski, 1987; Ligowski et al., 1988; Bartsch, 1989). Da grundsätzlich alle Phytoplanktonarten bei der Eisbildung ins Eis gelangen können (Marra et al., 1982; Garrison et al. 1983), sollte für Arten, die am Eisrand besonders große Bestände bilden, die Wahrscheinlichkeit steigen, beim Wechsel von Eisschmelze zu Eisbildung eingeschlossen zu werden. Entsprechend müßten solche Arten Einschlußphasen besonders gut überdauern können. Daß sie im Eis in einem etwas geräumigeren Interstitial auch einmal zur Vorherrschaft gelangen können, wie von Watanabe (1982) beschrieben, ist denkbar. Bartsch (1989) weist allerdings daraufhin, daß große Formen, wie sie in Gruppe 4 auftreten, im Eis leicht zerstört werden. Eine Möglichkeit, dem zu begegnen liegt vielleicht in der Ausbildung von Dauersporen, wie sie bei *Stellarima microtrias* in Übereinstimmung mit Fryxell (1989) gefunden wurden.

Während Arten wie *Porosira pseudodenticulata* und *Stellarima microtrias* (Watanabe, 1982) oder *Actinocyclus actinochilus* und *Odontella weissflogii* (Hasle, 1969) vielleicht wirklich an die Eisrandzone gebunden sein könnten, dürften die meisten Arten dieser Gruppe den Eisrand selbst nicht benötigen. *Corethron criophilum* und *Chaetocē-*

*ros neglectum* wurden im Sommer fernab vom Eisrand in großen Beständen gefunden (Hart, 1934, 1942; Hasle, 1969; Fryxell und Hasle, 1971; Kopczyńska und Ligowski, 1982, 1985). Ihre weitgehende Bindung an die Eisrandzone während des Untersuchungszeitraumes würde dann lediglich widerspiegeln, daß zu dieser Zeit die benötigten Lebensbedingungen nur im Bereich des Schmelzwassers am Eisrand gewährleistet waren, während im Sommer vielleicht andere Prozesse großräumiger günstige Bedingungen für diese Arten schaffen könnten. In ähnlicher Weise erklären Fryxell und Kendrick (1987) eine Blüte von *Thalassiosira gravida* am Eisrand des nördlichen Weddellmeeres, die ihrer Meinung nach nicht auf aus dem Eis stammende Spermatozoen zurückgeht.

Die Arten der Gruppe 5 waren weitgehend auf die Ausdehnung des Weddellmeer-Eises beschränkt. Daraus kann jedoch nicht gefolgert werden, daß diese Arten eine spezielle Weddellmeer-Flora repräsentieren, da die Arten der Gruppe 5 im Packeis weit auseinander liegender Küstengebiete nachgewiesen wurden: *Nitzschia stellata* und die *Amphiprora*-Arten wurden als wichtige Bestandteile der Festeisgesellschaften im südlichen Rossmeer (Grossi et al., 1984; Grossi und Sullivan, 1985; Leventer und Dunbar, 1987) und im südlichen Weddellmeer (Bartsch, 1989) sowie im Küstenfesteis bei Signy Island (Whitaker, 1977) festgestellt. *Odontella litigiosa* und *Thalassiosira antarctica* werden sowohl als wichtigere Eisalgen wie auch als Blütenbildner in geschützten Küstengewässern genannt (Mandelli und Burkholder, 1966; Whitaker, 1977; Grossi und Sullivan, 1985; Johansen und Fryxell, 1985; Bartsch, 1989). *Navicula glaciei* ist im ufernahen Festeis bedeutsam (Whitaker und Richardson, 1980; Grossi und Sullivan, 1985; Krebs et al., 1987; Ligowski, 1987).

Es kann deshalb kaum biogeographisch erklärt werden, daß diese Arten in den südlichsten Gebieten des Untersuchungsgebiets fehlten. Statt dessen wird angenommen, daß der dortige Mangel an eisassoziierten Arten durch den fehlenden Eintrag aus schmelzendem alten Eise bedingt ist. Zwar wird vermutet, daß das BSW.s auf sommerliches Schmelzwasser zurückgeht, doch kann nicht erwartet werden, in einem solchen Wasserkörper noch im Frühwinter Eisalgen anzutreffen, da stärker an Bedingungen im Eis angepaßte Algen anscheinend nicht lange im Plankton überdauern (Sasaki und Hoshiai, 1986; Smith, 1987; Bartsch, 1989).

Dies könnte ebenso die auch in Reichweite des Weddellmeer-Eises nur geringen Einträge dieser Arten in die Wassersäule erklären. Die Erhaltung größerer Populationen durch einen rechtzeitigen Transfer der Zellen von altem in neues Eis ist vielleicht nur in den Gebieten ganzjähriger Packeises gewährleistet. Zwar könnte der beobachtete

kurzzeitige Zyklus von Tagen mit Eisschmelze und Tagen mit Eisbildung dies ermöglicht haben. Es kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, daß solche Wettersituationen sich in den nur saisonal eisbedeckten Seegebieten über längere Zeiträume erhalten. Längerfristig sind daher die zu Gruppe 1 gehörenden Arten im Vorteil, die längere eisfreie Perioden im Plankton verbringen können. Deshalb dominieren sie die nördlichen Eisgesellschaften (Vergl. oben), und entsprechend gering ist der Anteil von Arten der Gruppe 5 an den durch die Eisschmelze freigesetzten Zellen.

#### 4.4.2. Synökologische Betrachtungen

##### Plankton

Im vorhergehenden Abschnitt wurde diskutiert, wie sich der Einfluß verschiedener ökologischer Faktoren in der Verteilung der einzelnen Arten widerspiegelt haben könnte. Dabei wurden den Häufigkeiten der einzelnen Arten nur intraspezifisch Beachtung geschenkt, während sie nicht in Relation zur Gesamtzellzahl aller Arten gestellt wurden. Dieser relative Aspekt ist die Grundlage für die Definition der unterschiedlichen Vergesellschaftungen im Sinne der Cluster aus Kapitel 3.3.3., die in diesem Abschnitt erörtert werden.

Insgesamt ergaben sich in der Clusteranalyse 7 Cluster, von denen einer (Cluster 3) über mehrere Wassermassengrenzen hinweg alle chlorophyll-reichen Stationen einschloß. Die anderen 6 Cluster stimmten gut mit den Ausdehnungen der Wassermassen an der Meeresoberfläche überein. Die Cluster werden im Folgenden einzeln besprochen, wobei Cluster 3 an den Schluß gestellt wird.

Die Cluster 1 und 2 lagen im **SPSW**. Cluster 2 war auf den vom Front-Mäander nördlich Elephant Island abgeschnürten Teil beschränkt und schien nur eine Modifikation des Clusters 1 zu sein. Dafür spricht die Ähnlichkeit in der Zusammensetzung. Beide Cluster waren durch größere Bestände von Arten der Gruppen 1a, 2 und 3 gekennzeichnet. Die gebietsweise starken Auswirkungen der Beweidung durch Zooplankton im Cluster 1 wurden bereits in Abschnitt 4.4.1. (Gruppe 2 und 3) besprochen. Nach Abschnitt 4.2.1. und 4.3. waren die Wachstumsbedingungen in Cluster 1 nicht sehr günstig, so daß angenommen wird, daß die aus Nordwesten kommenden Strömungen die beobachteten Diatomeen-Bestände in das Gebiet dieses Clusters transportierten.

Cluster 4 nahm die Außenseite des Front-Mäanders ein und begann im östlichen Loper Channel, wo der nördliche Bildungsort des **WSW.m** lag. Dem hier nordwärts gerichtete-

ten Strom entspricht, daß mehrere Arten der Gruppen 4 und 5 in ihrer Verbreitung den Konturen des Clusters 4 folgten, so daß eine Verbindung zu den südlich angrenzenden Seegebieten gegeben ist. Eine Reihe von Arten der Gruppe 2 erreichte in diesem Cluster höhere Anteile am Gesamtbestand, während die der Gruppe 3 gegenüber dem südwestlich anschließenden Cluster 3 zurücktraten. Demnach scheint der Austausch über die Front hinweg wesentlich stärker gewesen zu sein als innerhalb des **WSW.m** zwischen dem westlichen und östlichen Teil des Loper Channel. Danach kann das **WSW.m** keine einheitliche Wassermasse darstellen (Abschnitt 4.2.2.). In diesem Fall müßte im östlichen Loper Channel auch ein gesonderter Eintrag von Zellen aus dem Weddellmeer erwartet werden.

Cluster 5 entsprach in seiner Ausdehnung in etwa dem **BSW.n** südlich 64° S. Damit standen Anfang Juni, zur Zeit der Probennahme, auch unmittelbar an der Wasseroberfläche keine für stärkeres Wachstum ausreichenden Lichtmengen mehr zur Verfügung (Abschnitt 4.3.). Dies drückt sich darin aus, daß im Gebiet um Anvers Island zahlreiche Arten der Gruppen 3 und 4c in ihrem Bestand zurückgehen und die chlorophyll-reiche Zone ausklingt.

Auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf wurden außerdem *Chaetoceros*-Sporen in großen Mengen gezählt. Obwohl noch kein Nachweis erbracht wurde, daß Lichtmangel allein die Bildung von Dauersporen auslösen kann, scheint es plausibel, diese Massenbildung ebenfalls als eine Folge des schwindenden Lichtes zu betrachten. Durch Bildung von Dauersporen könnten Diatomeenpopulationen bei nachlassendem Wachstum dem weiter bestehenden Beweidungsdruck ausweichen, da Dauersporen Darmpassagen in hohem Maße unbeschadet überstehen können (Hargraves und French, 1983; Fryxell, 1989).

Dauersporenbildung trat jedoch nur bei wenigen Arten auf. Eine derartige Anpassung ist vielleicht nur für neritische Arten geeignet (Garrison, 1984). Nach Hart (1942) ist es jedoch unmöglich, in der Antarktis eine strikte Einteilung in ozeanische und neritische Arten vorzunehmen. Dies wird durch die ermittelten Verbreitungsmuster bestätigt. Demnach müßten Ruheformen überwiegend im Pelagial der weiten ozeanischen Räume überdauern. Für eine derartige Überwinterung könnten morphologisch nicht erkennbare Ruhezellen (Bunt und Lee, 1972; Garrison, 1984; Smetacek, 1985; Fryxell, 1989) besser geeignet sein, da sie auf Grund ihres geringeren Gewichtes eher in der Schwebe bleiben würden als Dauersporen. Die Bildung solcher vegetativen Ruhezellen kann durch Lichtmangel ausgelöst werden (Anderson, 1975; Palmisano und Sullivan, 1982). Die bis in die südlichsten Ausläufer des **BSW.n** noch



häufigen Arten wie *Thalassiothrix antarctica*, *Synedra reinboldii* und einige größere *Chaetoceros*-Arten könnten in Form von Ruhezellen vorgelegen haben.

Cluster 6 spiegelte im Vergleich zu Cluster 5 viel winterlichere Verhältnisse wider und beschränkte sich auf das **BSW.s**. In Abschnitt 4.2.2. wurden Argumente angeführt, die für einen Zustrom dieser Wassermasse aus südlicheren Gebieten sprechen. Die Befunde im soliden Eis der Station 124 unterstützen diese Ansicht: Die hohen Gehalte an *Chaetoceros flexuosum* und *Amphiprora spec.*, die mit der Zusammensetzung des Phytoplanktons in diesem Gebiet nicht erklärbar sind, deuten auf eine Herkunft aus den südlicheren Gebieten ganzjähriger Eisbedeckung. Da der hohe Anteil zentrischer Arten dafür spricht, daß es sich um relativ junges und schnell verfestigtes Eis handelte (Vergl. unten), sollte dieses Eis erst kurz vor der Probennahme in dieses Gebiet transportiert worden sein.

Im freien Wasser dieses Clusters kamen die meisten Diatomeen nur in geringer Menge oder gar nicht mehr vor. Ausnahmen bildeten einige Arten der Gruppe 1 und *Porosira pseudodenticulata* (Gruppe 4), die gegenüber dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf angestiegene Zellzahlen zeigten. *Navicula directa* und *Rhizosolenia alata* waren im Gegensatz zu den anderen Arten der Gruppe 3 im **BSW.s** genauso häufig wie im **BSW.n**, so daß diese beiden Arten im **BSW.s** relativ zu den anderen Arten stärker hervortraten.

Cluster 7 beschränkt sich auf die Ausdehnung des **WSW.br** und damit auf die vom Weddellmeer-Eis geschlossen bedeckten Seegebiete. Außerdem gab es hier keine Sprungschicht. Geringe Stabilität des Wasserkörpers (Walsh, 1971; El-Sayed und Taguchi, 1981; Whitaker, 1982; El-Sayed, 1984; von Bodungen et al., 1986) und der durch die Eisdecke verursachte Lichtmangel (Bunt, 1964; Maykut und Grenfell, 1975; Perovich und Grenfell, 1981; Palmisano und Sullivan, 1982; Whitaker, 1982; SooHoo et al., 1987) lassen dieses Seegebiet für Phytoplankton ungünstig erscheinen.

Die wenigen Arten der Gruppe 5, die sich quantitativ bearbeiten ließen, erreichten innerhalb des Cluster 7 ihre höchsten Zellzahlen. Sie blieben jedoch unter 1% der Gesamtzahl der Diatomeenzellen, während Arten der Gruppe 1 und insbesondere *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* zahlreich waren. Weitere Arten kamen nur in geringer Zahl vor. Damit ähnelt die Zusammensetzung des Phytoplanktons sowohl der im schmelzenden, alten Eis auf Station 033 gefundenen Gemeinschaft als auch den von anderen Autoren an der antarktischen Halbinsel und im nördlichen Weddellmeer

beschriebenen Eisgesellschaften (Marra et al. 1982; Clarke und Ackley, 1983; Garrison und Buck, 1985; Garrison et al., 1987; Ligowski 1987; Ligowski et al., 1988; Bartsch, 1989). Die in dieser Arbeit gefundenen Verhältnisse wären demnach mit Beobachtungen vereinbar, nach denen Phytoplanktongemeinschaften unter geschlossenen Eisdecken den Gemeinschaften im Eis ähnlich sind (Marra et al. 1982; Garrison und Buck, 1985; Smith, 1987).

Die Anteile leerer Schalen stiegen bei zahlreichen Arten stark an. Darunter waren auch verschiedene *Nitzschia*-Arten, die wichtige Bestandsbildner im Meereis sind. Bartsch (1989) weist auf hohe Gehalte leerer Schalen im Meereis hin, die sowohl von Arten stammen, die im Eis eine vitale Population aufbauen konnten, als auch von solchen, die nach dem Einschluß ins Eis zugrunde gegangen waren. Es ist daher wahrscheinlich, daß ein großer Teil der leeren Schalen in Cluster 7 weniger auf ein gerade stattgefundenes Absterben in der Wassersäule hindeutete, sondern - zusammen mit lebenden Zellen - aus dem Eis freigesetzt worden war. Ein solcher Eintrag ist nicht nur durch Eisschmelze, sondern auch bei kalter Witterung durch Salzlaugenwanderung in sich bildendem oder schon konsolidiertem Eis gewährleistet (Weeks und Ackley, 1982).

Demnach könnte Cluster 7 eine Gemeinschaft repräsentieren, deren Existenz vom Nachschub von Zellen aus dem Meereis abhing, weil die Verhältnisse in der Wassersäule diesen Zellen keine Möglichkeit zu weiterer Entwicklung ließen. Die hier in hohem Maße dominante *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* könnte in Form von Ruhezellen vorgelegen haben (Palmisano und Sullivan, 1982). Die geringe Aktivität der anderen Arten läßt sich aus einem Vergleich der Abbildungen 29, 31 und 32 ableiten: Der durch freigeschmolzene Eisalgen erhöhte Artenreichtum im Randbereich der Eisflächen hätte zu einem Anstieg der Äquität und damit der Diversität führen müssen, wenn die Saatzellen durch Wachstum größere Populationen aufgebaut hätten (Begon et al., 1986). Dies war aber nicht der Fall.

Cluster 3 beinhaltet fast alle chlorophyll-reichen Stationen und ist in seiner Zusammensetzung dem Cluster 5 ähnlich. Die hydrographische Ähnlichkeit zwischen BSW.n und WSW.m läßt dies auch erwarten. Die Grenze zwischen den Clustern 3 und 5 liegt auf 64° S (Vergl. oben: Cluster 5), so daß Cluster 5 vielleicht als eine durch Lichtmangel bedingte Modifikation des Clusters 3 betrachtet werden kann. Der Anteil von Arten der Gruppe 2 ist allerdings höher als in Cluster 5 und legt eine Mischung des Artenbestands über die Front zwischen WSW.m und SPSW hinweg nahe. Dies läßt sich aus der Dynamik von Fronten erklären, die in Folge von Mäanderbildungen Wirbel

abschnüren (Lutjeharms et al., 1985) und in Abhängigkeit von der Witterung ihren Charakter ganz ändern können (Wyrki, 1960). Durch derartige Vorgänge sollten Arten, die für eine Wassermasse auf der einen Seite der Front typisch sind, erst dort seltener werden, wo der Einfluß von Wasser aus dem Herkunftsgebiet dieser Arten auf der anderen Seite der Front abklingt.

Die erhöhten Chlorophyll-*a*-Gehalte dieses Clusters wurden immer unter Bedingungen gefunden, die durch besondere hydrographische Strukturen gekennzeichnet waren und lassen den Gedanken an eine Herbstblüte aufkommen. Smetacek und Passow (1990) weisen auf die Bedeutung vorübergehend stabilisierter, oberflächennaher Wasserschichten für die Entstehung von Frühjahrsblüten hin: In solchen Schichten kann es zu verstärktem Wachstum der Algen und zur ihrer weiteren Ausbreitung in die tiefer liegenden Schichten kommen.

Einer Herbstblüte widersprechen jedoch die hohen Werte für Äquität und Diversität in diesem Cluster. Wenn die hohen Chlorophyll-*a*-Gehalte durch eine noch anhaltende Herbstblüte bedingt gewesen wären, hätte man niedrige Werte erwarten müssen, da wahrscheinlich einige wenige, besonders produktive Blütenarten große Bestände gebildet hätten (El-Sayed, 1971; Krebs, 1983; Parsons et al., 1984; Sakshaug und Holm-Hansen, 1986; Wilson et al., 1986).

Oberflächennahe Wasserschichten erhöhter Stabilität, die während der Wachstumsperiode Algenblüten fördern würden (Smetacek und Passow, 1990), müßten sich im Herbst so auswirken, daß der allgemeine Rückgang des Phytoplanktons verzögert wird, indem trotz der abnehmenden Einstrahlung noch ein geringes, die Bestände erhaltendes Wachstum aufrecht erhalten wird, während dies in Gebieten mit homogener Deckschicht nicht mehr möglich ist. In solchen Situationen wäre eine Reihe von vorher weiter verbreiteten Arten noch präsent, während sie sonst mit Einflüssen wie Absinkprozessen oder Beweidung durch Zooplankton schon nicht mehr Schritt gehalten hätten. In den Proben würden diese Arten auf Grund ihrer Seltenheit nicht mehr oder nur sporadisch vertreten sein, so daß sich die aus den Zählergebnissen errechneten Größen Diversität und Äquität für die chlorophyll-ärmeren Seegebiete vermindert hätten.

In der Bransfield-Straße beobachteten El-Sayed et al. (1964) eine Herbstblüte im März. Für Anvers Island, 64° 46' S beschreibt Krebs (1983) eine Herbstblüte, die ebenfalls in den März fällt. Andererseits beschreibt Hart (1942) Mitte Mai hohe Diatomeenbestände zwischen 60° S und 70° S an der Weddellmeerküste. Aus der Scotiasee

konnte er Daten gewinnen, die auf die beginnende Bildung größerer Bestände Anfang April schließen lassen könnten. Sollten die für die vorliegenden Beobachtungen angenommenen Zusammenhänge zutreffen, könnten die von Hart beschriebenen Phytoplankton-Häufungen im April und Mai vielleicht ebenfalls auf einem verzögerten Rückgang des Phytoplanktons beruhen und weniger auf blütenartigem Wachstum. Eine solche Verzögerung wäre nicht unbedeutend, da sie die Existenz relativ großer Phytoplanktonbestände um zwei weitere Monate im Anschluß an etwaige Herbstblüten, die gegebenenfalls im März stattfänden, ermöglicht.

#### Einfluß der Eisbildung

Neben den bisher diskutierten großskaligeren Einflüssen der Eisdecke geht eine weitere Beeinflussung des Phytoplanktons von der Neueisbildung aus, in deren Verlauf Zellen aus der Wassersäule entfernt werden. Die Neueisproben zeigten in Abhängigkeit von ihrer Beschaffenheit zwei gegenüber der Wassersäule unterschiedlich veränderte Diatomeenkombinationen: Unverfestigter Eisbrei ("frazil") wies in etwa die gleiche Artenzahl und eine höhere Gesamtzellzahl auf als die Wassersäule, wobei der Anteil von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* deutlich verringert war; Eishäute ("sheet ice") zeigten eine verminderte Artenzahl und Gesamtzellzahl mit gegenüber der Wassersäule gestiegenen Anteilen von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana*.

Die unterschiedlichen Diatomeengehalte in Eishäuten und Eisbrei lassen sich durch die jeweiligen Bildungsweisen erklären: Während Eishäute sich unmittelbar an der Oberfläche bilden und durch ihr gleichmäßiges Wachstum in geordneten Strukturen die Besiedlung durch Diatomeen behindern (Clarke und Ackley, 1983, 1984; Hoshiai, 1985), wird angenommen, daß der Auftrieb von "frazil"-Kristallen (Weeks und Ackley, 1982) die Algenzellen mitreißt und so im Eisbrei anreichert (Garrison et al. 1983; Garrison et al., 1989).

Ohne das Wirken eines physikalischen Anreicherungsmechanismus müßten die Diatomeen in den Eishäuten auf eine aktive Besiedlung zurückgehen. Dazu ist vielleicht nurein Teil der Arten in der Lage, und zwar vorwiegend pennate Diatomeen, die sich anheften und kriechen können (Hoshiai, 1977). Bei weiterem Wachstum dieser Arten würden diejenigen zur Vorherrschaft kommen, die bei der Besiedlung aus der Wassersäule heraus die größte Startpopulation etablieren können, das heißt *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana*.

Bei der Anreicherung durch "frazil"-Kristalle geht man von einem unselektiven Ein-

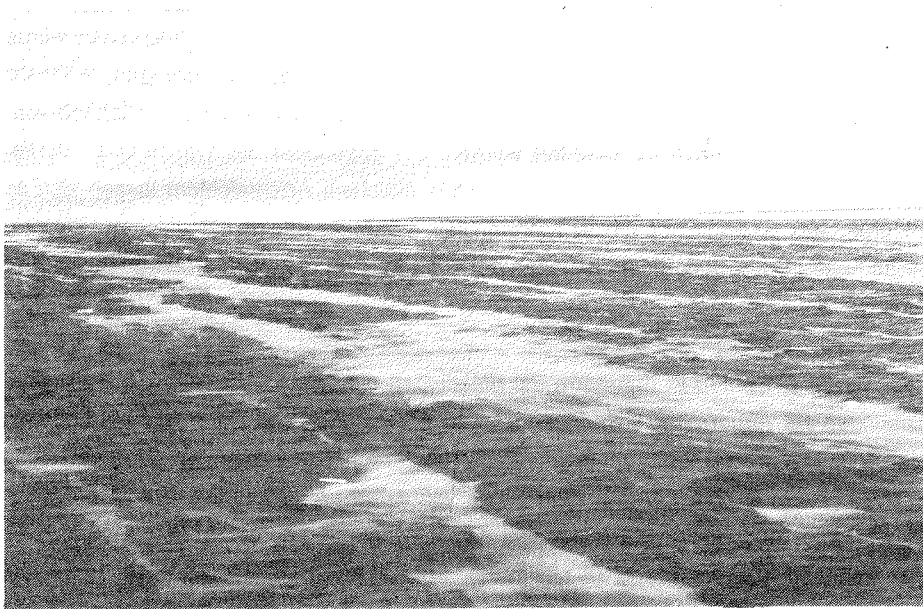


Abbildung 62: Streifenförmige Anordnung unverfestigter "frazil"-Eiskristalle unter dem Einfluß von Langmuir-Zirkulation.

trag der Diatomeenzellen aus (Marra et al., 1982; Garrison et al., 1983). Dem entspricht die beobachtete Übereinstimmung der Artenzahlen im Eisbrei und in der Wassersäule. Der geringe Anteil von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* an der Gesamtzellzahl sowie die auch sonst zwischen Wasser und Eisbrei nur wenig übereinstimmenden Mengenverhältnisse deuten jedoch eher auf einen selektiv wirkenden Anreicherungsprozess. Garrison et al. (1989) weisen daraufhin, daß die durch Auftrieb von "frazil"-Kristallen mögliche Anreicherung nicht ausreicht, um die in der Natur gefundenen Unterschiede im Algengehalt von Wassersäule und Neueis zu erklären.

Jede Wasserströmung durch bereits akkumulierten Eisbrei müßte dazu führen, daß das im Wasser enthaltene Plankton durch die dicht gepackten Eiskristalle ausgefiltert wird. Solche Situationen können unter anderem dann entstehen, wenn Dünung in Neueisfelder hineinstreicht (Martin und Kaufman, 1981; Ackley et al., 1987 a; Shen und Ackermann, 1988), wenn Eisfelder durch Langmuir-Zirkulation in Streifen angeordnet werden (Abb. 62; Martin und Kaufman, 1981; Garrison et al., 1989) oder wenn Pfannkucheneis durch Wellenschlag umgelagert wird (Ackley et al., 1987 b). Welche Algenarten in diesen Vorgängen ausgefiltert werden, hängt in erster Linie von der Weite der Interstitialräume und dem Durchmesser der Algen ab. Weitere Faktoren

wären zum Beispiel Dichte der Algensuspension, die Orientierung langgestreckter Zellen in der Strömung oder Möglichkeiten zur Auflösung von Kolonien. Insgesamt würde der Eintrag von Zellen in den Eisbrei auf diese Weise unselektiv erfolgen, während kleine Zellen vom durchziehenden Wasserstrom mit höherer Wahrscheinlichkeit wieder aus dem Eis hinaus transportiert werden. Die gegenüber der Wassersäule veränderten Mengenverhältnisse bei im wesentlichen gleichem Artenreichtum lassen sich so erklären. Ein Hinweis auf die in Extremfällen mögliche Effektivität solcher Filterprozesse kann in den Diatomeen-Gehalten der Pfannkuchen auf Station 088 gesehen werden.

Nach ihrem Einschluß in das neue Eis unterliegen die Algen andersartigen Umweltbedingungen als vorher: Das Lichtangebot ist zunächst höher, das Raumangebot begrenzt und Temperatur und Salzgehalt unterliegen extremen Schwankungen (Kottmeier und Sullivan, 1988; Bartsch, 1989). Eine Reihe von Arten hält dem nicht Stand und stirbt ab (Garrison und Buck, 1985; Bartsch, 1989), während andere Arten dies tolerieren und wachsen können (Marra et al., 1982). Solche Arten sollten vor allem unter den kleinen, opportunistischen Arten der Gruppe 1 zu finden sein. Dem entspricht die beobachtete erneute Zunahme von *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* im verfestigten Pfannkucheneis.

#### 4.5. Andere Organismen als Diatomeen

Ein Teil der Verarbeitungsmuster der Ciliaten und der übrigen Organismen ähnelt denen der Diatomeen (Tabelle 15). Da man davon ausgehen kann, daß die gleichen Prozesse, die zu den Verbreitungsmustern der Diatomeen geführt haben, auch die jeweils entsprechenden Verteilungen bei den anderen Organismen hervorgerufen haben, wird hier nicht noch einmal darauf eingegangen. Im Folgenden sollen diejenigen Gruppen, die bei den Diatomeen keine Entsprechung finden und deshalb zu den bisher entwickelten Vorstellungen weitere Aspekte hinzufügen, besprochen werden.

##### 4.5.1. Ciliaten

Die Verarbeitungsmuster in den Gruppen 5 und 6 wichen stärker von denen der Diatomeen ab. Beide Gruppen sind in der Bransfieldstraße und auf dem gesamten Bellingshausensee-Schelf häufig. Während rein herbivore Formen in Folge der Abhängigkeit von ihrer autotrophen Beute unter Lichtmangel seltener werden müßten (Stoecker und Guillard, 1982), sollten bakterivore und omnivore Formen unabhängiger von diesem Faktor sein. Unter Lichtmangel ist im Zusammenhang mit Seneszenz und gesteigerter

Tabelle 15: Gegenüberstellung der Verbreitungsmuster bei Diatomeen, Ciliaten und der übrigen Organismen. Die zugehörigen Verbreitungskarten sind in den Anhängen 2, 4 und 5 enthalten. Die jeweils in einer Reihe stehenden Gruppen weisen ähnliche Verbreitungsmuster auf. Gruppen, die nur aus in Einzelfunden nachgewiesenen Formen bestehen, wurden nicht aufgeführt.

Diatomeen	Ciliaten	Übrige Organismen
-----	-----	-----
Gruppe 1	-----	Cryptoph.; N.Fl. (5-15µm)
Gruppe 2a	Gruppe 1	Nackte Flagell. (>15µm)
Gruppe 2b	Gruppe 2	Gruppe 1
Gruppe 2c	-----	Gruppe 2
Gruppe 3	Gruppe 3	Gruppe 3
Gruppe 4	Gruppe 4	Gruppe 4
-----	Gruppe 5	-----
Gruppe 5	Gruppe 6	Gruppe 5
-----	Gruppe 7	-----
-----	-----	Gruppe 6
-----	-----	Athecate Dinofl. (<15µm)
-----	-----	Nackte Flagell. (<5µm)

Mortalität des Phytoplanktons mit einer verstärkten Entwicklung von Bakterien zu rechnen (Billen et al., 1987; Samishev, 1987; Berman und Zohary, 1989). Unter solchen Umständen wären die größten Bestände bakterivorer Formen dort zu erwarten, wo das Phytoplankton zurückgeht. Über die Ernährung antarktischer Ciliaten ist jedoch wenig bekannt. Die meisten Berichte beschränken sich auf Aussagen, daß Zellzahlen und Biomasse der Ciliaten mit der Produktivität des Phyto- und Bakterio-planktons korreliert sind (Tumantseva, 1982; Garrison et al., 1984; Sushin et al., 1986; Garrison und Buck, 1989). Fenchel (1980) weist darauf hin, daß zwischen der Größe eines filtrierenden, nackten Ciliaten und seiner Beute eine grundsätzliche Beziehung besteht. Man kann deshalb vielleicht davon ausgehen, daß Formen wie *Cyclidium spec.*, *Strombidium spec.* und die kleineren Vertreter der Gattung *Strombidium* überwiegend bakterivor lebten. Größere *Strombidium*-Formen dürften stärker omnivor sein (Smetacek, 1981).

Die Cluster-Analyse erbrachte für die Ciliaten völlig andere Gemeinschaften als für die Diatomeen. Grund hierfür dürfte die ungleiche Zahl der Formen in den einzelnen Gruppen sein. Während die Gruppen 5 und 6 gut besetzt waren und sich in ihren Verbreitungsmustern sehr ähnelten, umfaßten die übrigen Gruppen nur wenige und sich in ihrer Verbreitung stark unterscheidende Formen. Damit mußten die Gruppen 5 und 6 die Bildung der Cluster beherrschen. Dies spiegelt sich in dem großen Cluster 7 wider, der in seiner räumlichen Ausdehnung die Hauptverbreitung der Formen aus den Gruppen 5 und 6 wiedergibt.

In der Zusammensetzung der einzelnen Cluster fällt auf, daß es keine Dominanten wie bei den Diatomeen gegeben hat. Dies wird durch die gegenüber den Diatomeen deutlich höheren Äquitätswerte unterstrichen. Die bei den Diatomeen auf Beweidung durch Salpen und Krill-Larven zurückgeführten Bestandsrückgänge in der Drakepassage sind auch bei den Ciliaten erkennbar.

Tintinniden besaßen in den von Meereis bedeckten Seegebieten keine Bedeutung. In Cluster 7a kommt *Salpingella laackmanni* häufiger vor, beschränkt sich hier aber auch auf die eisfreien Gebiete. Während Tintinniden in winterlichen, eisärmeren Gewässern nicht selten sind (Hart, 1942), fanden Garrison und Buck (1989) in eisbedeckten Gebieten ebenfalls wenig Tintinniden. Nach Heinbokel und Coats (1986) sind eisbedeckte Seegebiete der bevorzugte Lebensraum von *Laackmanniella spec.*, während hier *Laackmanniella naviculifera* in Einzelfunden fast überall zu finden war. Das Nahrungsspektrum der Tintinniden reicht von Mikroplankton bis zu Bakterien (Gowing, 1989). Allerdings scheinen sie kleinere Organismen mit nur geringer Effizienz zu erbeuten (Capriulo, 1982). Es besteht daher die Möglichkeit, daß die geringen Phytoplanktonbestände in eisbedeckten Gebieten keine bedeutendere Tintinnidenpopulation zulassen. Möglicherweise verstärkt sich auch für die Tintinniden nach Rückgang der Diatomeenbestände der Beweidungsdruck durch Krill (Siegel, 1989).

*Mesodinium rubrum* nimmt durch seine Symbiose mit Cryptophyceen eine Sonderstellung ein. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand scheint *Mesodinium rubrum* zu einer vollständig autotrophen Lebensweise übergegangen zu sein und nur noch einen rudimentären Cytopharynx zu besitzen (Grain et al., 1982; Fenchel, 1987; Crawford, 1989). Das Vorkommen von *Mesodinium rubrum* konzentrierte sich auf die lichtarmen, eisbedeckten Seegebiete. In den nördlichen Gebieten läßt sich dieses Verteilungsmuster erklären: Die Fähigkeit zu aktiver Bewegung kostet metabolische Energie, die umsonst aufgebracht wird, solange ausreichende Turbulenz die Zellen in beleuchteten Schichten hält (Margalef, 1978). In Gegenwart des Meereises ändern sich jedoch die Verhältnisse. Unbewegliche Organismen wie Diatomeen würden sich die meiste Zeit im Schatten der Eisschollen befinden. Ein beweglicher Organismus wie *Mesodinium rubrum*, der sich zumindest bei schwacher Wasserbewegung in einer ausreichend beleuchteten Zone halten könnte, wäre hier im Vorteil, da er in Höhlungen und Klüften der schmelzenden Eisschollen geschützte und beleuchtete Wasserkörper finden und hier einen Bestand aufbauen könnte. Die Bestände von *Mesodinium rubrum* in den dunklen, südlichen Gebieten können allerdings nicht auf diese Weise erklärt werden. Wie dort die hohen Bestandszahlen zustande gekommen sein könnten, ist unbekannt.



#### 4.5.2. Übrige Organismen

Neben Diatomeen und *Mesodinium rubrum* gab es weitere autotrophe Organismen oder Organismen, die wie die Acantharia (Popovsky, 1908) in Symbiose mit Autotrophen leben (Tabelle 10). Formen wie *Dictyocha speculum*, *Dinophysis punctata*, *Prorocentrum antarcticum* und die Acantharia (Gruppe 1) bildeten einen wichtigen Bestandteil des Phytoplanktons in den ozeanischen Gebieten der Drake Passage.

Gruppe 4 bestand aus *Pyramimonas spec.* und athecaten Dinoflagellaten (>15µm). Letztere beinhalten fast alle bisher beschriebenen, antarktischen *Gymnodinium*-Formen. Alle diese Formen sind autotroph (Hada, 1970; Balech, 1976). Die Hauptverbreitung der Gruppe umfaßte die vom Weddellmeer-Eis bedeckten Seegebiete und den nördlichen Bellingshausensee-Schelf. Die Häufung in den nördlichen Eisgebieten erinnert an die für *Mesodinium rubrum* beschriebenen Verhältnisse. *Pyramimonas spec.* wurde als Dominante von Algengesellschaften in Spalten des Küstenfesteises im McMurdo Sound gefunden (Rawlence et al., 1987), und autotrophe Dinoflagellaten waren im Herbst am Eisrand im Weddellmeer häufig (Garrison et al., in Vorb.). Demnach könnten diese Organismen vielleicht die gleichen Wasserkörper besiedeln, wie es für *Mesodinium rubrum* vermutet wurde.

Im Frühjahr und Sommer wird als typischer Organismus für Wasserkörper im Kontakt mit dem Eis und unter dem Eis *Phaeocystis pouchetii* angegeben (Bunt, 1964; Whitaker, 1977; Palmisano et al., 1986; Garrison et al., 1987). Obwohl *Phaeocystis pouchetii* auch in der Bransfield- und Gerlachestraße häufig ist (Hart, 1942; Burkholder und Sieburth, 1961; Schnack et al., 1985), wurden in dieser Untersuchung nur vereinzelt *Phaeocystis*-Kolonien gefunden. Verity et al. (1988) berichten, daß im Winter bei anhaltend niedrigen Wassertemperaturen *Phaeocystis*-Zellen die Kolonien verlassen und als Einzelzellen leben. Dies wäre mit der Lage der Fundorte in dieser Arbeit vereinbar. Allerdings wurden im Sommer *Phaeocystis*-Kolonien bei sehr niedrigen Temperaturen (bis -1,8° C) gefunden (Bunt, 1966; Palmisano et al., 1986; Nöthig, 1988). Möglicherweise reichen Schwachlicht oder niedrige Temperaturen für sich alleine als Auslöser für die Auswanderung der Einzelflagellaten nicht aus, wohl aber in Kombination, wie es im Winter gegeben ist.

Alle Autotrophen, die höhere Zellzahlen erreichten, wurden südlich 64° S sehr selten oder verschwanden ganz. Zusammen mit den auf dem nördlichen Bellingshausensee-Schelf in großen Mengen gefundenen Dinoflagellaten-Sporen unterstützten diese Be-

funde die auf Grund der Ergebnisse bei den Diatomeen geäußerte Ansicht, daß etwa bei 64° S eine durch Lichtmangel bedingte Grenze erreicht wurde.

Unter den Heterotrophen fielen hohe Abundanzen von *Challengeron bicornis* (Gruppe 1) auf den Stationen 94, 95, und 96 auf. Diese Art war sonst in den nördlichen Seegebieten selten, aber regelmäßig anzutreffen. Die lokale Häufung von *Challengeron bicornis* fiel zusammen mit größeren Mengen rundlicher Kotballen (Abschnitt 4.2.4.) sowie hoher Vielfalt an Diatomeenarten und Ciliatenformen. Nach Morley und Stepien (1984, 1985) ist *Challengeron bicornis* eine häufigere Form in den oberen Wasserschichten, während Meyer (1933) dort hauptsächlich *Challengeron swireyi* fand. Die Zahl von *Challengeron swireyi* und weiterer Challengeriden beginnt im Herbst zu steigen und nimmt im Juli und August die höchsten Werte an (Tibbs und Tibbs, 1986).

Die nur aus Heterotrophen bestehende Gruppe 6 kam hauptsächlich auf dem südlichen Bellingshausensee-Schelf vor und besitzt damit unter den bisher besprochenen Organismen keine Entsprechung. *Spongotrochus glacialis* war nach Morley und Stepien (1985) die häufigste polycystine Radiolarie in den obersten 100m im eisbedeckten, winterlichen Weddellmeer. Demnach könnten die Organismen der Gruppe 6 vielleicht in besonderem Maße winterliche Bedingungen bevorzugen.

#### 4.6. Synopsis

Die Umweltverhältnisse an der Antarktischen Halbinsel und die sich daraus ergebenden Verteilungen der Mikroplanktonorganismen waren im Herbst 1986 durch eine hohe Komplexität gekennzeichnet, die eine detaillierte Diskussion erforderte. Im Folgenden soll nun versucht werden, ein hypothetisches Grundschema zu entwerfen, das den Einzelbeobachtungen zu Grunde gelegen haben könnte.

Insgesamt waren kleine, nackte Flagellaten sowie die ebenfalls kleine *Nitzschia cylindrus* & *pseudonana* am häufigsten. Dies entspricht Arbeiten, die die Bedeutung des Nanoplanktons in der Antarktis hervorheben (von Bröckel, 1981; Brandini und Kutner, 1986, 1987; Weber und El-Sayed, 1987). Im Bereich der chlorophyllreichen Zone traten größere Formen stärker in den Vordergrund. Ähnliche Beobachtungen wurden auch von anderen Autoren gemacht (Kosaki et al., 1985; Weber und El-Sayed, 1987).

Bei fast allen autotrophen Formen wurden die höchsten Zellzahlen im Norden des Untersuchungsgebietes gefunden, und zwar je nach Gruppenzugehörigkeit in der Drake-

passage, auf dem Schelf der Südshetlandinseln oder in der Bransfieldstraße. Die verminderten Zellzahlen in südlicheren Gebieten deuten demnach auf einen allgemeinen Rückgang des Phytoplanktons mit zunehmend südlicher Breitenlage. Als Ursache dafür wird der im Süden stärkere Lichtmangel angesehen.

Die höchsten Chlorophyll-*a*-Gehalte wurden etwa in der Mitte des Untersuchungsgebietes gemessen. Dies muß den Ergebnissen der Zellzählungen jedoch nicht unbedingt widersprechen, da bei zunehmendem Lichtmangel der Chlorophyll-*a*-Gehalt pro Zelle stark ansteigen kann (Hoepffner, 1984; Sakshaug und Holm-Hansen, 1986; Rivkin und Voytek, 1987).

Außerhalb der chlorophyll-reichen Zone mit ihren besonderen hydrographischen Bedingungen waren die Wachstumsmöglichkeiten bereits erheblich eingeschränkt. Dennoch wurden hier teilweise größere Bestände von Diatomeen und einer Reihe anderer Phytoplankter beobachtet. Den Meereströmungen nach zu urteilen, könnten die Bestände in der Drakepassage aus weiter nordwestlich gelegenen Seegebieten herans transportiert worden sein. Auf dem Bellingshausensee-Schelf müßte es sich jedoch um autochthone Bestände handeln. Demzufolge müßte dort noch kurz vor den Probenahmen Wachstum möglich gewesen sein.

Beweidung durch Salpen und juvenilen Krill scheint in den ozeanischen Gebieten und auf dem Bellingshausensee-Schelf zu übereinstimmenden Bestandsrückgängen bei zahlreichen Diatomeen, Ciliaten und anderen Organismen geführt zu haben, während anscheinend in der chlorophyll-reichen Zone das Phytoplankton-Wachstum mit den durch Beweidung hervorgerufenen Verlusten Schritt halten konnte. Warum adulter Krill in den phytoplankton-reichen Gebieten nicht vorkam, kann nicht erklärt werden. Es scheint aber die Regel zu sein, daß die Krillbestände im Plankton ab März allmählich abnehmen (Siegel, 1988). Vielleicht folgt Krill einem endogenen Rhythmus, so daß sich die Adulten in dieser Zeit an die Eisunterseite zurückziehen.

Da in Anwesenheit großer Krillbestände kaum Copepoden gefunden werden (Schnack, 1985), könnten derartige Verhältnisse den Copepoden eine Entwicklung im späten Herbst erlaubt haben, wie es ähnlich für das zeitige Frühjahr an der Antarktischen Halbinsel beschrieben wurde (Schnack et al., 1985). Den begrenzten Beobachtungen und der Verteilung der Kotballen zu Folge, schien ein Teil der Copepoden das Phytoplankton zu nutzen, während ein anderer Teil bereits in tiefere Wasserschichten abgewandert war (Atkinson und Peck, 1988; Schnack-Schiel, unveröff.).

Die Beweidung durch Copepoden und durch Protozoen wie Tintinniden, nackten Ciliaten, Phaeodarien und Dinoflagellaten scheint sich in Grenzen gehalten zu haben, die keine bedeutenden Bestandsrückgänge des Phytoplanktons nach sich zogen, da ihre Häufungen mit den Gebieten übereinstimmten, in denen auch das Phytoplankton die größten Bestände besaß.

Einige autotrophe Organismen zeigten im äußersten Süden trotz Lichtmangel und Anwesenheit größerer Salpenkonzentrationen ansehnliche Bestände: die Diatomeen *Rhizosolenia alata* und *Navicula directa* und der Ciliat *Mesodinium rubrum*. Die übrigen im Süden noch häufigen Mikroplankter scheinen heterotroph gewesen zu sein. Da in diesen südlichen Gebieten nur noch wenige Algen als Nahrung zur Verfügung standen, wurde vermutet, daß eine dem Rückgang der Algen folgende Entwicklung von Bakterien stattgefunden haben könnte. Diese Bakterien hätten dann heterotrophen Flagellaten und kleinen nackten Ciliaten ihre Existenz ermöglichen können.

Eine andere Situation ergab sich im Norden in den Gebieten, in die hinein sich das Eis aus dem Weddellmeer ausbreitete. Für die Akkumulation von Phytoplankton in Eisrandzonen scheint die Ausbildung einer stabilisierenden Schmelzwasserschicht entscheidend zu sein (Smith und Nelson, 1985 b; Sakshaug und Holm-Hansen, 1986; Smith et al., 1988). Da die Nordgrenze der Eisausdehnung durch ein dynamisches Gleichgewicht von Eisbildungsprozessen und Eisschmelze bestimmt wird, müßten die jeweils gerade vorherrschenden Wetterverhältnisse unabhängig von den Jahreszeiten darüber bestimmen, ob es zu Phytoplankton-Anreicherungen am Eisrand kommt oder nicht. Orte stärkster Eisbildung dürften die kontinentnahen Polynien im tiefen Süden der Antarktis sein, von wo das Eis insgesamt nordwärts verlagert wird (Ackley, 1979; Eicken und Lange, 1989). Demnach müßte man erwarten, daß in der nördlichen Eisrandzone dieser Zustrom abgebaut wird. Es müßte dann auch im Winter Eisschmelze überwiegen und günstige Situationen für das Phytoplankton schaffen. Dadurch könnte den am Eisrand häufiger vorkommenden Diatomeen ein spezielles Winterrefugium eröffnet werden. Tatsächlich wurden noch im Winter erhöhte Chlorophyll-*a*-Konzentrationen in der Eisrandzone angetroffen (Marra und Boardman, 1984; Bartsch, 1989), die ungefähr in der gleichen Größe liegen wie die in dieser Untersuchung beobachteten.

Während ausgedehnte Schmelzwasserschichten in der Randzone der Eisdecke Anreicherungen von Diatomeen erlaubten, zeigten starke Rückgänge der Zellzahlen bei den meisten Arten an, daß die inneren Zonen mit einer geschlossenen Eisdecke offenbar sehr ungünstig waren. Es wurden Argumente angeführt, die dafür sprechen, daß die Diatomeen in der eisbedeckten Wassersäule überwiegend aus dem Eis stammten und inaktiv waren. Eine besondere Rolle scheinen demgegenüber bewegliche Autotrophe

gespielt zu haben, nämlich *Mesodinium rubrum*, *Gymnodinium spec.*, *Pyramimonas spec.*, Cryptophyceen und undifferenzierte nackte Flagellaten. Es wird vermutet, daß diese Organismen eine eigene Gemeinschaft in durchleuchteten und nur schwach bewegten Wasserkörpern im Schutz von Aushöhlungen und Klüften der Eisschollenränder gebildet haben. Die Liste der oben genannten Organismen ähnelt der, die Buma et al. (1989) für das zeitige Frühjahr im eisbedeckten Weddellmeer angeben, einschließlich des einzelligen *Phaeocystis*-Stadiums. Demnach wäre es möglich, daß es sich um eine für eisbedeckte Seegebiete, die auch im Winter noch Licht erhalten, typische Winter-Gemeinschaft handelt.

Als Gesamteindruck entsteht das Bild eines komplexen Zusammenspiels sich überlagernder Faktoren, zum Beispiel saisonaler Veränderungen wie zunehmender Lichtmangel und Ausbreitung des Meereises, hydrographischer Strukturen wie Fronten und Strömungsmuster sowie biologischer Prozesse wie Beweidung durch Zooplankton und Sporenbildung der Algen. Insgesamt scheinen die spätherbstlichen Vorgänge eher von subtilen Verschiebungen der relativen Bedeutung dieser Faktoren geprägt zu sein, auf die die einzelnen Arten in jeweils arttypischer Weise reagierten, als durch Einsetzen dramatischer Ereignisse mit darauf folgenden drastischen Veränderungen des gesamten Mikroplanktons.

## 6. Literatur

- Ackley, S.F. (1979): Mass-balance aspects of Weddell Sea pack ice. *J. Glaciol.* 24: 391-405.
- Ackley, S.F., Dieckmann, G. und Shen, H. (1987 a): Algal and foram incorporation into new ice. *EOS* 68: 1736.
- Ackley, S.F., Wadhams, P. und Lange, M. (1987 b): Sea-ice investigations during the Winter Weddell Sea Project. *Antarct. J. U.S.* 22 (5): 88-89.
- Anderson, D.M., Lively, J.J., Reardon, E.M. und Price, C.A. (1985): Sinking characteristics of dinoflagellate cysts. *Limnol. Oceanogr.* 30 (5): 1000-1009.
- Anderson, O.R. (1975): The ultrastructure and cytochemistry of resting cell formation in *Amphora coffaeiformis* (Bacillariophyceae). *J. Phycol.* 11: 272-281.
- Atkinson, A. und Peck, J.M. (1988): A summer-winter comparison of zooplankton in the oceanic area around South Georgia. *Polar Biol.* 8: 463-473.
- Baker, A.C. (1954): The circumpolar continuity of Antarctic plankton species. *Discovery Reports* 27: 201-218.
- Balech, E. (1958): Dinoflagellés et tintinnides de la Terre Adélie, Secteur Français Antarctique. *Vie et Milieu* 8 (4): 382-408.
- Balech, E. (1973): Segunda contribución al conocimiento del microplancton del Mar de Bellingshausen. *Contribución Inst. Antártico Argentino* 107: 1-63.
- Balech, E. (1976): Clave ilustrada de dinoflagelados Antárticos. *Publ. Inst. Antárt. Argent. B. Aires* 11: 1-99.
- Balech, E. und El-Sayed, S.Z. (1965): Microplankton of the Weddell Sea. In: *Biology of the Antarctic Seas II*; Antarctic Res. Ser. 5. Llano, G. (Hrsg.). American Geophysical Union: 107-124.
- Bartsch, A. (1989): Die Eisalgenflora des Weddellmeeres (Antarktis): Artenzusammensetzung und Biomasse sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten. *Berichte zur Polarforschung* 63: 1-110.
- Begon, M., Harper, J.L. und Townsend, C.R. (1986): *Ecology - Individuals, populations and communities*. Blackwell Sci. Publ.; Oxford: 1-876.
- Beklemishev, K.V. (1964 a): Latitudinal zoning of Antarctic phytoplankton. *Sov. Antarct. Exped. Inf. Bull.* 1: 113-114.
- Beklemishev, K.V. (1964 b): Concerning the phytogeographic division of the Antarctic pelagic region. *Sov. Antarct. Exped. Inf. Bull.* 2: 272-276.
- Berman, T. und Zohary, T. (1989): New approaches in the study of algal blooms. In: *Recent advances in microbial ecology*. Hattori, T., Ishida, Y., Ma-

- ruyama, Y., Morita, R., Uchida, A. (Hrsg.). Japan Scientific Societies Press; Tokyo: 321-325
- Bianci, F., Cioce, F., Dieckmann, G., Fenton, N., Dimmler, W., Meyer, K., Nöthig, E.M., Nothnagel, J., Socal, G., Syvertsen, E. und Wanzek, M. (1989): Phytoplankton communities. In: The expedition ANTARKTIS VII/1 and 2 (EPOS I) of RV "Polarstern" in 1988/1989. Hempel, I. (Hrsg.). Berichte zur Polarforschung 62:117-124.
- Bidigare, R.R., Frank, T.J., Zastrow, C. und Brooks, J.M. (1986): The distribution of algal chlorophylls and their degradation products in the Southern Ocean. Deep-Sea Res. 33: 923-937.
- Billen, G, Lancelot, C. und Mathot, S. (1987): Ecophysiology of phyto- and bacterioplankton growth in the Prydz Bay area during the austral summer 1987. Part II: Bacterioplankton activity. In: Proceedings of the Belgian National Colloquium on Antarctic Research, Brussels, October 20, 1987. Prime Minister's Services - Science Policy Office: 134-146.
- BIOMASS (1983): First Post-FIBEX hydrographic data interpretation workshop, Hamburg, F.R.G., 20-26 September 1982. Polish Polar Res. 4 (1-4): 155-162.
- Boltovskoy, D., Hrsg. (1981): Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP; Mar del Plata: 1-936.
- Brandini, F.P. und Kutner, M.B.B. (1986): Composition and distribution of summer phytoplankton in the Bransfield Strait, Antarctica. An. Acad. brasil. Ciênc. 58 (Suplemento): 3-11.
- Brandini, F.P. und Kutner, M.B.B. (1987): Phytoplankton and nutrient distributions off the northern South Shetland Islands (summer 1984-BIOMASS/SIBEX). La mer 25: 93-103.
- Buck, K.R. und Garrison, D.L. (1983): Protists from the ice-edge region of the Weddell Sea. Deep-Sea Res. 30:1261-1277.
- Buck, K.R. und Garrison, D.L. (1988): Distribution and abundance of choanoflagellates (Acanthoecidae) across the ice-edge zone in the Weddell Sea, Antarctica. Mar. Biol. 98: 263-269.
- Buck, K.R., Bolt, P. und Garrison, D.L. (1990): Phagotrophy and fecal pellet production by an athecate dinoflagellate in Antarctic sea ice. Mar. Ecol. Progr. Ser. 60: 75-84.
- Buma, A., Estrada, M., Larsen, J., Riebesell, U., Schloss, I., Thomsen, H.A. (1989): Unicellular organisms studied alive using photographic and video

- techniques. *Berichte zur Polarforschung* 65: 102-110.
- Bunt, J.S. (1964): Primary productivity under sea ice in Antarctic waters. Part I and II. In: *Biology of the Antarctic Seas I*; *Antarct. Res. Ser.* 1. Lee, M.O. (Hrsg.). American Geophysical Union; Washington: 13-31.
- Bunt, J.S. (1966): Microalgae of the Antarctic pack ice zone. In: *Antarctic oceanography*. Currie, I. (Hrsg.). Scott Polar Res. Inst., Cambridge: 198-218.
- Bunt, J.S. und Lee, C.C. (1972): Data on the composition and dark survival of four sea ice microalgae. *Limnol. Oceanogr.* 17: 458-461.
- Burkholder, P.R. und Sieburth, J.M. (1961): Phytoplankton and chlorophyll in the Gerlache and Bransfield Straits of Antarctica. *Limnol. Oceanogr.* 6: 45-52.
- Cadee, G.C., Cuzin-Roudy, J., Gonzalez, H., Graneli, E., Lindner, L., Riebesell, U., Schalk, P., Schiel, S. und Schloss, I. (1989): A multiparameter approach to krill ecology: An attempt to summarize. *Berichte zur Polarforschung* 65: 167-171.
- Campbell, J.W. und Aarup, T. (1989): Photosynthetically available radiation at high latitudes. *Limnol. Oceanogr.* 34 (8): 1490-1499.
- Capriulo, G.M. (1982): Feeding of field collected tintinnid micro-zooplankton on natural food. *Mar. Biol.* 71: 73-86.
- Carmack, E.C. (1977): Water characteristics of the Southern Ocean south of the Polar Front. In: *A voyage of discovery*. Angel, M.V. (Hrsg.). *Deep-Sea Res.* 24 Suppl.: 15-41.
- Cassie, V. (1963): Distribution of surface phytoplankton between New Zealand and Antarctica, December 1957. *T.A.E. Sci. Rep.* 7: 1-11.
- Clarke, D.B. und Ackley, S.F. (1983): Relative abundance of diatoms in Weddell Sea pack ice. *Antarct. J. U.S.* 18: 103-105.
- Clarke, D.B. und Ackley, S.F. (1984): Sea ice structure and biological activity in the Antarctic marginal ice zone. *J. Geophys. Res.* 89 (C2): 2087-2095.
- Cleve, P.T. (1900): Plankton from the southern Atlantic and the southern Indian ocean. *Öfversigt af Kongl. Vetenskap-Akademiens Förhandlingar* 1900: 919-938.
- Clowes, A.J. (1934): Hydrology of the Bransfield Strait. *Discovery Reports* 9: 1-64.
- Comiso, J.C. und Zwally, H.J. (1984): Concentration gradients and growth/decay characteristics of the seasonal sea ice cover. *J. Geophys. Res.* 89 (C5): 8081-8103.
- Corliss, J.O. (1979): *The ciliated protozoa: characterization, classification, and guide to literature*. 2. Aufl. Pergamon Press; Oxford, New York: 1-455.
- Corliss, J.O. und Snyder, R.A. (1986): A preliminary description of several new cilia-



- tes from the Antarctica, including *Cohnilembus grassei* n.sp.(1).  
Protistologia 12 (1): 39-46.
- Crawford, D.W. (1989): *Mesodinium rubrum*: the phytoplankter that wasn't. Mar. Ecol. Prog. Ser. 58: 161-174.
- Deacon, G.E.R. und Moorey, J.A. (1975): The boundary region between currents from the Weddell Sea and Drake Passage. Deep-Sea Res. 22: 265-268.
- Deacon, G.E.R. und Foster, T.D. (1977): The boundary region between the Weddell Sea and Drake Passage currents. Deep-Sea Res. 24: 505-510.
- Denman, K.L. und Gargett, A.E. (1983): Time and scales of vertical mixing and advection of phytoplankton in the upper ocean. Limnol. Oceanogr. 28 (5): 801-815.
- Dietrich, G., Kalle, K., Krauss, W. und Siedler, G. (1975): Allgemeine Meereskunde. 3. Aufl. Bornträger; Berlin, Stuttgart: 1-593.
- Dodge, J.D. und Priddle, J. (1987): Species composition and ecology of dinoflagellates from the Southern Ocean near South Georgia. J. Plankton Res. 9 (4): 685-697.
- Doherty, B.T. und Kessler, D.R. (1974): Freezing point of Seawater. J. Mar. Res. 32 (2): 285-300.
- Doucette, G.J. und Fryxell, G.A. (1985): *Thalassiosira antarctica* (Bacillariophyceae): Vegetative and resting stage ultrastructure of an ice-related marine diatom. Polar Biol. 4: 107-112.
- Drew, E.A. (1977): The physiology of photosynthesis and respiration in some Antarctic marine algae. Br. Antarct. Surv. Bull. 46: 59-76.
- Eicken, H. und Lange, M.A. (1989): Development and properties of sea ice in the coastal regime of the southeastern Weddell Sea. J. Geophys. Res. 94 (C6): 8193-8206.
- El-Sayed, S.Z. (1971): Observations on a phytoplankton bloom in the Weddell Sea. In: Biology of the Antarctic Seas IV. Antarctic Res. Ser. 17. Llano, G. und Wallen, I. (Hrsg.). American Geophysical Union: 301-312.
- El-Sayed, S.Z. (1984): Productivity of Antarctic waters - A reappraisal. In: Marine phytoplankton and productivity. Holm-Hansen, O.; Bolis, L. und Gilles, R. (Hrsg.). Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 19-34.
- El-Sayed, S.Z. (1988): Seasonal and interannual variabilities in Antarctic Phytoplankton with reference to krill distribution. In: Antarctic ocean and resources variability. Sahrhage, D. (Hrsg.) Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 101-119.
- El-Sayed, S.Z. und Taguchi, S. (1981): Primary production and standing crop of phy-

- toplankton along the ice-edge in the Weddell Sea. *Deep-Sea Res.* 28: 1017-1032.
- El-Sayed, S.Z., Mandelli, E.F. und Sugimura, Y. (1964): Primary organic production in the Drake Passage and Bransfield Strait. In: *Biology of the Antarctic Seas I*; Antarctic Res. Ser. 1. Lee, M.O. (Hrsg.). American Geophysical Union: 1-11.
- Evans, C.A. und O'Reilly, J.E. (1966): A handbook for the measurement of chlorophyll a in netplankton and nanoplankton. National Oceanic and Atmospheric Administration; Highlands: 1-44.
- Farman, J.C. und Hamilton, R.A. (1978): Measurements of radiation at the Argentine Islands and Halley Bay, 1963-72. British Antarctic Survey, Scientific Reports 99: 1-49.
- Feigel'son, E.M. (1984): Radiation in a cloudy atmosphere. D.Reidel Publishing Company; Dordrecht, Boston, Lancaster: 1-293.
- Fenchel, T. (1980): Suspension feeding in ciliated protozoa: functional response and particle size selection. *Microb. Ecol.* 6: 1-11.
- Fenchel, T. (1987): Ecology of protozoa. Science Tech. Inc.; Madison: 1-197.
- Fenchel, T. und Lee, C.C. (1972): Studies on ciliates associated with sea ice from Antarctica. I. The nature of the fauna. *Arch. Protistenk.* 114: 231-236.
- Fenner, J., Schrader, H.J. und Wienigk, H. (1976): Diatom phytoplankton studies in the southern Pacific Ocean, composition and correlation to the Antarctic Convergence and its paleoecological significance: In: Initial reports of the Deep Sea Drilling Project 25. Sipson, E.S.W. et al. (Hrsg.), Washington: 757-813.
- Foster, T.D. (1984): The marine environment. In: *Antarctic Ecology*, Band 2. Laws, R.M. (Hrsg.). Academic Press; London: 345-371.
- Foxton, P. (1966): The distribution and life history of *Salpa thomsoni* Foxton with observations on a related species *Salpa gerlachei* Foxton. *Discovery Reports* 34: 1-116.
- Franceschini, G.A. (1968): The influence of clouds on solar radiation at sea. *Dt. hydrogr. Z.* 21 (4): 162-168.
- Franceschini, G.A. (1977): Seasonal variation of incident solar radiation over the South Atlantic Ocean. *Antarct. J. U.S.* 12 (4): 175-177.
- Frenguelli, J. und Orlando, H.A. (1958): Diatomeas y silicoflagelados del Sector Antártico sudamericano. *Contribución Inst. Antártico Argentino* 5: 15-191.
- Fryxell, G.A. (1989): Marine phytoplankton at the Weddell Sea ice edge: Seasonal

- Changes at the specific level. *Polar Biol.* 10: 1-18.
- Fryxell, G.A. und Hasle, G.R. (1971): *Corethron criophilum* Castracane: its distribution and structure. In: *Biology of the Antarctic Seas IV*. Antarctic Res. Ser. 17. Llano, G. und Wallen, I. (Hrsg.). American Geophysical Union: 335-346.
- Fryxell, G.A. und Kendrick, G.A. (1987): Austral spring microalgae across the Weddell Sea ice edge: spatial relationships found along a northward transect during AMERIEZ 83. *Deep-Sea Res.* 35 (1): 1-20.
- Fryxell, G.A., Kang, S.H. und Reap, M.E. (1987): AMERIEZ 1986: Phytoplankton at the Weddell Sea ice edge. *Antarct. J. U.S.* 22 (5): 173-175.
- Fryxell, G.A., Reap, M.E. und Kang, S.H. (1989): Antarctic phytoplankton - dominants, life stages and indicators. *Antarct. J. U.S.* 23 (5): 129-131.
- Gaines, G. und Taylor, F.J.R. (1984): Extracellular digestion in marine dinoflagellates. *J. Plankton Res.* 6 (6): 1057-1061.
- Garrison, D.L. (1984): Planktonic Diatoms. In: *Marine plankton life cycle strategies*. Steidinger, K.A. und Walker, L.M. (Hrsg.). CRC Press Inc.; Boca Raton: 1-18.
- Garrison, D.L. und Buck, K.R. (1985): Sea-ice algal communities in the Weddell Sea: Species composition in ice and plankton assemblages. In: *Marine biology of polar regions and effects of stress on marine organisms*. Gray, J.S. und Christiansen, M.E. (Hrsg.). John Wiley & Sons Ltd.; Chichester: 103-122.
- Garrison, D.L. und Buck, K.R. (1987): AMERIEZ 1986: Microzooplankton abundance and distribution in the ice edge zone. *Antarct. J. U.S.* 22 (5): 175-176.
- Garrison, D.L. und Buck, K.R. (1989): Protozooplankton in the Weddell Sea, Antarctica: Abundance and distribution in the ice-edge zone. *Polar Biol.* 9: 341-351.
- Garrison, D.L., Ackley, S.F. und Buck, K.R. (1983): A physical mechanism for establishing algal populations in frazil ice. *Nature* 306: 363-365.
- Garrison, D.L., Buck, K.R. und Silver, M.W. (1984): Microheterotrophs in the ice-edge zone. *Antarct. J. U.S.* 19 (5): 109-111.
- Garrison, D.L., Buck, K.R. und Fryxell, G.A. (1987): Algal assemblages in Antarctic pack ice and in ice-edge plankton. *J. Phycol.* 23: 564-572.
- Garrison, D.L., Close, A.R. und Reimnitz, E. (1989): Microorganisms concentrated by frazil ice: Evidence from laboratory experiments and field measurements. *Antarctic Science* 1 (4): 313-316.
- Garrison, D.L., Buck, K.R. und Gowing, M.M. (in Vorb.): Nano- and microplankton in

- the ice edge zone during the austral winter: An AMERIEZ study. Antarctic J. U.S.
- Gordon, A.L. und Nowlin, W.D. (1978): The basin waters of the Bransfield Strait. J. Phys. Oceanogr. 8: 258-264.
- Gowing, M.M. (1989): Abundance and feeding ecology of Antarctic phaeodarian radiolarians. Mar. Biol. 103: 107-118.
- Gowing, M.M. und Silver, M.W. (1985): Minipellets: a new and abundant size class of marine fecal pellets. J. Mar. Res. 43: 395-418.
- Grain, J., de Puytorac, P. und Grolière, C.A. (1982): Quelques précisions sur l'ultrastructure et la position systématique du cilié *Mesodinium rubrum*, et sur la constitution de ses symbionts chloroplastiques. Protistologica 18 (1): 7-21.
- Grelowski, A. und Tokarczyk, R. (1985): Hydrological conditions in the region of Bransfield Strait and southern part of Drake Passage in the period from December 10, 1983 and January 8, 1984 (BIOMASS-SIBEX). Pol. Polar. Res 6 (1-2): 31-41.
- Grelowski, A. und Wojewódzki, T. (1988): Hydrography of the region between the King George and Elephant Islands (Biomass III, October-November 1986). Pol. Polar Res. 9 (2-3) 165-180.
- Grossi, S.M. und Sullivan, C.W. (1985): Sea ice microbial communities. V. The vertical zonation of diatoms in an Antarctic fast ice community. J. Phycol. 21: 401-409.
- Grossi, S.M., Kottmeier, S.T. und Sullivan, C.W. (1984): Sea ice microbial communities. III. Seasonal abundance of microalgae and associated bacteria, McMurdo Sound, Antarctica. Microb. Ecol. 10: 231-242.
- Hada, Y. (1960): The pelagic ciliata from Antarctic waters. Antarct. Rec. 11: 141-145.
- Hada, Y. (1970): The protozoan plankton of the Antarctic and Subantarctic seas. JARE Scient. Rep. Ser. E. 31: 1-51.
- Hanson, R.B. und Lowery, H.K. (1985): Spatial distribution, structure, biomass, and physiology of microbial assemblages across the Southern Ocean frontal zones during the late austral winter. Appl. Envir. Microbiol. 49 (5): 1029-1039.
- Hara, S., Tanoue, E., Zenimoto, M., Komaki, Y. und Takahashi, E. (1986): Morphology and distribution of heterotrophic protists along 75° E in the Southern Ocean. Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue 40: 69-80.
- Hardy, A.C. und Gunther, E.R. (1936): The plankton of the South Georgia whaling grounds and adjacent waters 1926-1927. Discovery Reports 11: 1-

- Hargraves, P.E. und French, F.W. (1983): Diatom resting spores: significance and strategies. In: Survival strategies of the algae. Fryxell, G.A. (Hrsg.). Cambridge Univ. Press: 49-68.
- Hart, T.J. (1934): On the phytoplankton of the South-west Atlantic and the Bellingshausen sea, 1929-31. Discovery Reports 8: 1-268.
- Hart, T.J. (1942): Phytoplankton periodicity in Antarctic surface waters. Discovery Reports 21: 259-356.
- Hasle, G.R. (1964): *Nitzschia* and *Fragillariopsis* species studied in the light and electron microscopes. I. Some marine species of the groups *Nitzschia* and *Lanceolatae*. Skr. Norske Vidensk.-Akad., Mat.Nat. Kl., n. ser. 16: 1-48, Tafeln 1-16.
- Hasle, G.R. (1965 a): *Nitzschia* and *Fragillariopsis* species studied in the light and electron microscopes. II. The group *Pseudonitzschia*. Skr. Norske Vidensk.-Akad., Mat.Nat. Kl., n. ser. 18: 1-45, Tafeln 1-17.
- Hasle, G.R. (1965 b): *Nitzschia* and *Fragillariopsis* species studied in the light and electron microscopes. III. The genus *Fragillariopsis*. Skr. Norske Vidensk.-Akad., Mat.Nat. Kl., n. ser. 21: 1-49, Tafeln 1-17.
- Hasle, G.R. (1969): An analysis of the phytoplankton of the Pacific Southern Ocean: Abundance, composition, and distribution during the Brategg expedition, 1947-1948. Hvalrådets skrifter 52: 1-168.
- Hasle, G.R. (1978 a): Settling: The inverted-microscope method. In: Phytoplankton manual. Sournia, A. (Hrsg.). UNESCO: 88-96.
- Hasle, G.R. (1978 b): Using the inverted microscope. In: Phytoplankton manual. Sournia, A. (Hrsg.). UNESCO: 191-196.
- Hasle, G.R. und Semina, H.J. (1987): The marine planktonic diatoms *Thalassiothrix longissima* and *Thalassiothrix antarctica* with comments on *Thalassionema spp.* and *Synedra reinboldii*. Diatom Res. 2 (2): 175-192.
- Hasle, G.R., Sims, P.A. und Syvertsen, E.E. (1988): Two recent *Stellarima* Species: *S. microtrias* and *S. stellaris* (Bacillariophyceae). Botanica Marina 31: 195-206.
- Haurwitz, B. (1948): Insolation in relation to cloud type. J. Met. 5: 110-113.
- Hayes, P.K.; Whitaker, T.M. und Fogg, G.E. (1984): The distribution and nutrient status of phytoplankton in the Southern Ocean between 20° and 70° W. Polar Biol. 3: 153-165.
- Heiden, H. und Kolbe, R.W. (1928): Die marinen Diatomeen der Deutschen Südpolar-Expedition 1901-1903. Deutsche Südpolar-Expedition 8, Botanik 5; Berlin: 450-714.

- Heinbokel, J.F. und Coats, D.W. (1985): Ciliates and nanophytoplankton in Arthur Harbor, December 1984 and January 1985. *Antarct. J. U.S.* 20: 135-137.
- Heinbokel, J.F. und Coats, D.W. (1986): Patterns of tintinnine abundance and reproduction near the edge of seasonal pack-ice in the Weddell Sea, November 1983. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 33: 71-80.
- Hempel, G. (1985): On the biology of polar seas, particularly the Southern Ocean. In: *Marine biology of polar regions and effects of stress on marine organisms.* Gray, S. und Christiansen, M.E. (Hrsg.). John Wiley & Sons Ltd.; Chichester: 3-33.
- Hendey, N.I. (1937): The planktonic diatoms of the southern seas. *Discovery Reports* 16: 151-364.
- Hewes, C.D., Holm-Hansen, O. und Sakshaug, E. (1985): Alternate carbon pathways at lower trophic levels in the Antarctic food web. In: *Antarctic nutrient cycles and food webs.* Siegfried, W.R., Condy, P.R. und Laws, R.M. (Hrsg.). Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 277-283.
- Heywood, R.B. und Priddle, J. (1987): Retention of phytoplankton by an eddy. *Continental shelf research* 7 (8): 937-955.
- Heywood, R.B. und Whitaker, T.M. (1984): The Antarctic marine flora. In: *Antarctic Ecology, Band 2.* Laws, R.M. (Hrsg.). Academic Press; London: 373-419.
- Hoepffner, N. (1984): Strategies d'adaptation photosynthetiques chez les diatomées de l'Océan Antarctique: variations du nombre et de la taille des unités photosynthetiques. *J. Plankton Res.* 6: 881-895.
- Hollibaugh, J.T., Seibert, D.L.R. und Thomas, W.H. (1981): Observations on the survival and germination of resting spores of three *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) species. *J. Phycol.* 17: 1-9.
- Holm-Hansen, O., El-Sayed, S.Z., Franceschini, G.A. und Cuhel, R. (1977): Primary production and the factors controlling phytoplankton growth in the Southern Ocean. In: *Adaptations within Antarctic ecosystems (Proceedings of the third SCAR symposium on Antarctic Biology).* Llano, G.A. (Hrsg.). Gulf Publ. Co.; Houston: 11-50.
- Hopkins, T.L. (1985): The zooplankton community of Croker Passage, Antarctic Peninsula. *Polar Biol.* 4: 161-170.
- Hopkins, T.L. und Torres, J.J. (1989): Midwater food web in the vicinity of a marginal ice zone in the western Weddell Sea. *Deep-Sea Research* 36 (4): 543-560.
- Hoshiai, T. (1977): Seasonal change of ice communities in the sea ice near Syowa Sta-

- tion, Antarctica. In: Polar Oceans. Dunbar, M.J. (Hrsg.). Arctic Inst. North Am. Calgary: 307-317.
- Hoshiai, T. (1985): Autumnal proliferation of ice-algae in Antarctic sea-ice. In: Antarctic nutrient cycles and food webs. Siegfried, W.R., Condy, P.R. und Laws, R.M. (Hrsg.). Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 89-92.
- Huntley, M.E., Sykes, P., Rohan, R. und Marin, V. (1985): Biomass, distribution, and trophodynamics of *Salpa thomsoni* in the Scotia Sea near the Antarctic Peninsula, austral summer 1983-1984. *Antarct. J. U.S.* 20: 149-150.
- Huntley, M.E., Sykes, P. und Marin, V. (1989): Biometry and trophodynamics of *Salpa thomsonii* Foxton (Tunicata: Thaliacea) near the Antarctic Peninsula in austral summer, 1983-1984. *Polar Biol.* 10: 59-70.
- Hustedt, F. (1930): Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. 1.Teil. Neudruck 1977. Koeltz: 1-920.
- Hustedt, F. (1958): Diatomeen aus der Antarktis und dem Südatlantik. *Dtsch. Antarkt. Exped. 1938/39. Geogr.-Kartogr. Anstalt "Mundus"; Hamburg:* 103-191.
- Ivanoff, A. (1977): Oceanic absorption of solar energy. In: Modelling and prediction of the upper layers of the ocean. Kraus, E.B. (Hrsg.). Pergamon Press Ltd.: 47-71.
- Jacobson, D.M. und Anderson, D.M. (1986): Thecate heterotrophic dinoflagellates: feeding behavior and mechanisms. *J. Phycol.* 22: 249-258.
- Jacques, G. (1983): Some eco-physiological aspects of the Antarctic phytoplankton. *Polar Biol.* 2: 27-34.
- Jacques, G. (1987): Communautés phytoplanctoniques dans le secteur antarctique de l'Océan Indien en fin d'été. In: Les rapports de campagne à la mer à bord du <<Marion Dufresne>> MD 38 / APSARA II - ANTIPROD III du 16 janvier au 22 février 1984. Fontugne, M. und Fiala, M. (Hrsg.). Territoire des terres australes et antarctiques françaises, mission de recherche: 122-142.
- Jerlov, N.G. (1968): Optical oceanography. Elsevier Publ. Co.; Amsterdam: 1-189.
- Jerlov, N.G. (1978a): The optical classification of sea water in the euphotic zone. Københavns universitet. Institut for fysisk oceanografi. Report No. 36.
- Jerlov, N.G. (1978b): Classification of sea water in terms of quanta irradiance. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 37 (3): 281-287.

- Johansen, J.R. und Fryxell, G.A. (1985): The genus *Thalassiosira* (Bacillariophyceae): studies on species occurring south of the Antarctic Convergence Zone. *Phycologia* 24 (2): 155-179.
- Kahl, A. (1930-1935): Urtiere oder Protozoa. I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria), eine Bearbeitung der freilebenden und ectocommensalen Infusorien der Erde, unter Ausschluß der marinen Tintinnidae. In: Die Tierwelt Deutschlands. Dahl, F. (Hrsg.). Fischer; Jena: 1-886.
- Karsten, G. (1905): Das Phytoplankton des Antarktischen Meeres nach dem Material der deutschen Tiefsee-Expedition 1898-1899. Reprint 1978: Koeletz; Königsstein: 1-136, Tafeln I-XIX.
- Kasten, F. und Czeplak, G. (1980): Solar and terrestrial radiation dependent on the amount and type of cloud. *Solar Energy* 24: 177-189.
- Kawaguchi, K., Ishikawa, S. und Matsuda, O. (1986): The overwintering strategy of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) under the coastal fast ice off the Ongul Islands in Lützow-Holm-Bay, Antarctica. *Mem. Natl. Inst. Polar Res.* 44: 67-85.
- Kawamura, A. (1981): Food habits of *Euphausia superba* and the diatom community. In: BIOMASS, vol II: Selected contributions to the Woods Hole Conference on living resources of the Southern Ocean 1976. El-Sayed, S.Z. (Hrsg.): 65-68.
- Kelly, R. und Blanco, J.L. (1986): Hydrography of the Bransfield Strait during 1985 southern summer (SIBEX-Phase II, Chile). *Ser. Cient. INACH* 35: 7-30.
- Kelly, R., Blanco, J.L. und Diaz, M. (1985): Hydrography of the Bransfield Strait during 1984 southern summer. SIBEX-Phase I. *Ser. Cient. INACH* 33: 15-45.
- Kofoed, C.A. und Campbell, A.S. (1929): A conspectus of the marine and freshwater ciliata belonging to the suborder Tintinnoinea, with descriptions of new species principally from the Agassiz expedition to the eastern tropical Pacific 1904-1905. University of California Press; Berkeley: 1-403.
- Kopczynska, E.E. (1988): Spatial structure of phytoplankton in the Scotia Front west of elephant island (BIOMASS III, October-November 1986). *Pol. Polar Res.* 9 (2-3): 231-242.
- Kopczynska, E.E. und Ligowski, R. (1982): Phytoplankton abundance and distribution in the southern Drake Passage and the Bransfield Strait in February-March 1981 (BIOMASS-FIBEX). *Pol. Polar Res.* 3: 193-202.
- Kopczynska, E.E. und Ligowski, R. (1985): Phytoplankton composition and biomass



- distribution in the southern Drake Passage, the Bransfield Strait and the adjacent waters of the Weddell Sea in December 1983-January 1984 (BIOMASS-SIBEX). *Pol. Polar Res.* 6 (1-2): 65-77.
- Kosaki, S., Takahashi, M., Yamaguchi, Y. und Aruga, Y. (1985): Size characteristics of chlorophyll particles in the Southern Ocean. *Trans. Tokyo Univ. Fisheries* 6: 85-97.
- Kottmeier, S.T. und Sullivan C.W. (1987): Late winter primary production and bacterial production in sea ice and seawater west of the Antarctic Peninsula. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 36: 287-298.
- Kottmeier, S.T. und Sullivan C.W. (1988): Sea ice microbial communities (SIMCO). 9. Effects of temperature and salinity on rates of metabolism and growth of autotrophs and heterotrophs. *Polar Biol.* 8: 293-304.
- Krebs, W.N. (1983): Ecology of neritic marine diatoms, Arthur Harbor, Antarctica. *Micropaleontology* 29 (3): 267-297.
- Krebs, W.N., Lipps, J.H. und Burckle, L.H. (1987): Ice diatom floras, Arthur Harbor, Antarctica. *Polar Biol.* 7: 163-171.
- Laackmann, H. (1909): Die Tintinnoideen der deutschen Südpolar-Expedition 1901-1903. *Deutsche Südp. Exped.* 11: 340-496, Tafeln 33-51.
- Lee, J.J., Hutner, S.H. und Bovee, E.C.; Hrsg. (1985): An illustrated guide to the Protozoa. Society of Protozoologists, Lawrence: 1-629.
- Leventer, A. und Dunbar, R.D. (1987): Diatom flux in McMurdo Sound, Antarctica. *Marine Micropaleontology* 12: 49-64.
- Ligowski, R. (1987): Sea ice microalgae community of the floating ice in the Admiralty Bay (South Shetland Islands). *Pol. Polar Res.* 8 (4): 367-380.
- Ligowski, R. (1988): Distribution of net phytoplankton in the Scotia Front west of Elephant Island (BIOMASS III, October-November 1986). *Pol. Polar Res.* 9 (2-3): 243-264.
- Ligowski, R., Lipski, M. und Zielinski, K. (1988): Algae of drifting sea ice north of Elephant Island (BIOMASS III, October 1986). *Pol. Polar Res.* 9 (2-3): 217-229.
- Lipski, M. und Zielinski, K. (1988): Coarse-scale structure of chlorophyll a distribution in Scotia Front west of Elephant Island (BIOMASS III, October-November 1986). *Pol. Polar Res.* 9 (2-3): 195-201.
- List, R.J. (1951): Smithsonian meteorological tables, Sixth revised edition. Smithsonian miscellaneous collections 114: 1-527.
- Lund, J.W.G., Kilpling, C. und Le Cren, E.D. (1958): The inverted microscope method of estimating algal numbers, and the statistical basis of estimation by counting. *Hydrobiologia* 11 (2): 143-170.

- Lutjeharms, J.R.E., Walters, N.M. und Allanson, B.R. (1985): Oceanic frontal systems and biological enhancement. In: Antarctic nutrient cycles and food webs. Siegfried, W.R., Condy, P.R. und Laws, R.M. (Hrsg.). Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 11-21.
- Mackintosh, N.A. und Herdman, H.F.P. (1940): Distribution of pack ice in the Southern Ocean. *Discovery Reports* 19: 287.
- Maeda, M. und Carey, P.G. (1985): An illustrated guide to the species of the family Strombidiidae (Oligotrichida, Ciliophora), free swimming protozoa common in the aquatic environment. *Bull. Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo* 19: 1-68.
- Mamaeva, N.V. (1986): Composition and distribution of planktonic infusorians in the Pacific sector of the Antarctic. *The Soviet Journal of Marine Biology* 12 (1-6): 17-20.
- Mandelli, E.F. und Burkholder, P.R. (1966): Primary productivity in the Gerlache and Bransfield Straits of Antarctica. *J. Mar. Res.* 24: 15-27.
- Mangin, L. (1915): Phytoplankton de l'Antarctique. Documents scientifiques du deuxième expédition antarctique française 1908-1910. *Sciences naturelles*: 1-95.
- Manguin, E. (1960): Les diatomées de la Terre Adélie, Campagne du "Commandant Charcot", 1949-1950. *Ann. des Sc. Nat., Bot., 12e série*: 223-363.
- Mann, A. (1937): Diatoms. *Australasian Antarctic Expedition 1911-14. Scientific Reports. Ser. C. Zoology and Botany* 1 (1): 1-82, Tafeln 1-6.
- Marchant, H.J. (1985): Choanoflagellates in the Antarctic marine food chain. In: Antarctic nutrient cycles and food webs. Siegfried, W.R., Condy, P.R. und Laws, R.M. (Hrsg.). Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 271-276.
- Margalef, R. (1978): Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologia Acta* 1 (4): 493-509.
- Marra, J. und Boardman, D.C. (1984): Late winter chlorophyll a distributions in the Weddell Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 19: 197-205.
- Marra, J., Burckle, L.H. und Ducklow, H.W. (1982): Sea-ice and water column plankton distributions in the Weddell Sea in late winter. *Antarctic J. U.S.* 17 (5): 43-44.
- Marschall, H.P. (1988): The overwintering strategy of Antarctic krill under the pack-ice of the Weddell Sea. *Polar Biol.* 9: 129-135.
- Martin, S. und Kauffman, P. (1981): A field and laboratory study of wave damping by grease ice. *J. Glaciol.* 27 (96): 283-313.
- Martin, S., Kauffman, P. und Parkinson, C. (1983): The movement and decay of ice

- bands in the winter Bering Sea. J. Geophys. Res. 88 (C5): 2803-2812.
- Maykut, G.A. und Grenfell, T.C. (1975): The spectral distribution of light beneath first-year sea ice in the Arctic Ocean. Limnol. Oceanogr. 20 (4): 554-563.
- Meyer, K. (1933): Die geographische Verbreitung der triplyleen Radiolarien des Süd-atlantischen Ozeans. Wiss. Ergebn. Deutsch. Atlantischen Exped. "Meteor" 1925-27 12 (1): 122-198
- Meyer, M.A. und El-Sayed, S.Z. (1983): Grazing of *Euphausia superba* Dana on natural phytoplankton populations. Polar Biol. 1: 193-197.
- Morel, A. und Smith, R.C. (1974): Relation between total quanta and total energy for aquatic photosynthesis. Limnol. Oceanogr. 19: 591-600.
- Morley, J.J. und Stepien, J.C. (1984): Siliceous microfauna in waters beneath Antarctic sea ice. Mar. Ecol. Prog. Ser. 19: 207-210.
- Morley, J.J. und Stepien, J.C. (1985): Antarctic Radiolaria in late winter/early spring Weddell Sea waters. Micropaleontology 31 (4):365-371
- Nast, F. und Gieskes, W. (1986): Phytoplankton observations relative to krill abundance around Elephant Island in November 1983. Arch. FischWiss. 37, Beiheft 1: 95-106.
- Nelson, D.M., Smith, W.O., Gordon, L.I. und Huber, B.A. (1987 a): Spring distribution of density, nutrients, and phytoplankton biomass in the ice edge zone of the Weddell-Scotia Sea. J. Geophys. Res. 92 (C7): 7181-7190.
- Nelson, D.M., Smith, W.O. und Gordon, L.I. (1987 b): AMERIEZ 1986: Nutrient and phytoplankton biomass distributions in the ice-edge zone of the northwestern Weddell Sea. Antarct. J. U.S. 22 (5): 182-183.
- Nishida, S. (1986): Nannoplankton flora in the Southern Ocean, with special reference to siliceous varieties. Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue 40: 56-68.
- Nöthig, E.M. (1988): Untersuchungen zur Ökologie des Phytoplanktons im südöstlichen Weddellmeer im Januar/Februar 1985 (Antarktis III,3). Berichte zur Polarforschung 53: 1-118.
- Nöthig, E.M. und von Bodungen, B. (1989): Occurrence and vertical flux of faecal pellets of probably protozoan origin in the southeastern Weddell Sea (Antarctica). Mar. Ecol. Prog. Ser. 56: 281-289.
- O'Brien, D.P. (1987): Direct observations of the behavior of *Euphausia superba* and *Euphausia crystallorophias* (Crustacea: Euphausiacea) under the pack ice during the antarctic spring of 1985. J. Crustac. Biol. 7: 437-448.

- Ochsenhirt, R.T. und Richter, B. (1987): Wetterbedingungen. In: Die Winter-Expedition mit FS "Polarstern" in die Antarktis (ANT V/1-3). Schnack-Schiel, S. (Hrsg.). Berichte zur Polarforschung 39: 18-19.
- Odum, E.P. (1980): Grundlagen der Ökologie in 2 Bänden. Georg Thieme Verlag; Stuttgart, New York: 1-836.
- Owen, R.W. (1981). Fronts and eddies in the sea: Mechanisms, interactions, and biological effects. In: Analysis of marine ecosystems. Longhurst, A.R. (Hrsg.). Academic Press. London, Orlando: 197-233.
- Palmisano, A.C. und Sullivan, C.W. (1982): Physiology of sea ice diatoms: I. Response of three polar diatoms to a simulated summer-winter transition. J. Phycol. 18: 489-498.
- Palmisano, A.C., SooHoo, J.B. und Sullivan, C.W. (1985 a): Photosynthesis-irradiance relationships in sea-ice microalgae from McMurdo Sound, Antarctica. J. Phycol. 21: 341-346.
- Palmisano, A.C., SooHoo, J.B., White, D.C., Smith, G.A., Stanton, G.R. und Burckle, L.H. (1985 b): Shade adapted benthic diatoms beneath Antarctic sea ice. J. Phycol. 21: 664-667.
- Palmisano, A.C., SooHoo, J.B., SooHoo, S.L., Kottmeier, S.T., Craft, L.L. und Sullivan, C.W. (1986): Photoadaptation in *Phaeocystis pouchetii* advected beneath annual sea ice in Mc Murdo Sound, Antarctica. J. Plankton Res. 8 (5): 891-906.
- Panouse, M. (1987): Pénétration de la lumière et production primaire dans le secteur indien de l'Océan Antarctique (Campagne APSARA II - ANTIPROD III, 1984). In: Les rapports de campagne à la mer à bord du <<Marion Dufresne>> MD 38 / APSARA II - ANTIPROD III du 16 janvier au 22 février 1984. Fontugne, M. und Fiala, M. (Hrsg.). Territoire des terres australes et antarctiques françaises, mission de recherche: 104-121.
- Parke, M., Boalch, G.T., Jowett, R. und Harbour, D.S. (1978): The genus *Pterosperma* (Prasinophyceae): Species with a single equatorial ala. J. mar. biol. Ass. U.K. 58: 239-276.
- Parsons, T.R., Takahashi, M. und Hargrave, B. (1984): Biological oceanographic processes. 4. Aufl. Pergamon Press; Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt: 1-330.
- Passow, U. (1990): Vertikalverteilung und Sedimentation von Phytoplanktonarten der mittleren Ostsee während des Frühjahres 1986. Berichte aus dem Institut für Meereskunde an der Christian-Albrechts-Universität Kiel 192: 1-219.
- Patterson, S.L. und Sievers, H.A. (1980): The Weddell-Scotia Confluence. J. Phys.

- Oceanogr. 10: 1584-1610.
- Payne, R.E. (1972): Albedo of the sea surface. J. Atmos. Sci. 29: 959-970.
- Peragallo, M. (1921): Diatomées d'eau douce et diatomées d'eau salée. Deux. Expéd Antarct. Française 1908-1910. Botanique 1-98.
- Perovich, D.K. und Grenfell, T.C. (1981): Laboratory studies of the optical properties of young sea ice. J. Glaciol. 27 (96): 331-346.
- Piatkowski, U. (1985): Maps of the geographical distribution of macrozooplankton in the Atlantic sector of the Southern Ocean. Berichte zur Polarforschung 22: 1-55.
- Piatkowski, U. (1987): Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischem Makroplankton. Berichte zur Polarforschung 34: 1-150.
- Pielou, E.C. (1975): Ecological diversity. John Wiley & sons; New York: 1-165.
- Pollard, R.T. (1977): Observations and models of the structure of the upper ocean. In: Modelling and prediction of the upper layers of the ocean. Kraus, E.B. (Hrsg.). Pergamon Press Ltd.: 102-117.
- Popofsky, A. (1908): Die Radiolarien der Antarktis (mit Ausnahme der Tripyleen). Deutsche Südpolar-Expedition 10, Zoologie 2; Berlin: 183-305, Tafeln 20-36.
- Priddle, J. und Fryxell, G.A. (1985): Handbook of the common plankton diatoms of the Southern Ocean: Centrales except the genus *Thalassiosira*. Br. Antarct. Surv., Cambridge: 1-159.
- Priddle, J., Hawes, I., Ellis-Evans, J.C. und Smith, T.J. (1986): Antarctic aquatic ecosystems as habitats for phytoplankton. Biol. Rev. 61: 199-238.
- Rakusa-Suszczewski, S. (1988 a): Differences in the hydrology, biomass, and species distribution of plankton, fishes, and birds in the Bransfield Strait and the Drake Passage during FIBEX 1981 and SIBEX 1983/84. In: Antarctic ocean and resources variability. Sahrhage, D. (Hrsg.) Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 214-218.
- Rakusa-Suszczewski, S. (1988 b): Coarse-scale structure of the water column between King George and Elephant Islands (BIOMASS III, October-November 1986). Pol. Polar Res. 9 (2-3): 181-194.
- Rawlence, D.J., Ensor, P.H. und Knox, G.A. (1987): Summer tidecrack phytoplankton at White Island, McMurdo Sound, Antarctica. N. Zeal. J. Mar. Fresh. Res. 21 (1): 91-97.
- Reinke, M. (1987): Zur Nahrungs- und Bewegungsphysiologie von *Salpa thomsoni* und *Salpa fusiformis*. Berichte zur Polarforschung 36: 1-88.
- Riedel, W.R. (1958): Radiolaria in Antarctic sediments. BANZARE Reports, Ser. B, 6

- (10): 217-255.
- Rivkin, R.B. und Putt, M. (1987): Heterotrophy and photoheterotrophy by Antarctic microalgae: Light-dependent incorporation of amino acids and glucose. *J. Phycol.* 23: 442-452.
- Rivkin, R.B. und Voytek, M.A. (1987): Photoadaptations of photosynthesis and carbon metabolism by phytoplankton from McMurdo Sound Antarctica. I. Species-specific and community responses to reduced irradiances. *Limnol. Oceanogr.* 32 (1): 249-259.
- Sahrhage, D. (1987): Eisverhältnisse. In: Die Winter-Expedition mit FS "Polarstern" in die Antarktis (ANT V/1-3). Schnack-Schiel, S. (Hrsg.). *Berichte zur Polarforschung* 39: 19-20.
- Sahrhage, D. (1988): Some indications for environmental and krill resources variability in the Southern Ocean. In: Antarctic ocean and resources variability. Sahrhage, D. (Hrsg.) Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 33-40.
- Sakshaug, E. und Holm-Hansen, O. (1984): Factors governing pelagic production in polar oceans. In: Marine phytoplankton and productivity. Lecture notes on coastal and estuarine studies, vol. 8. Holm-Hansen, O., Bolis, L. und Gilles, R. (Hrsg.) Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 1-18.
- Sakshaug, E. und Holm-Hansen, O. (1986): Photoadaptation in Antarctic phytoplankton: variations in growth rate, chemical composition and *P* versus *I* curves. *J. Plankton Res.* 8 (3): 459-473.
- Samishev, E.Z. (1987): Bacterioplankton of antarctic waters: concentration, production and bacterial destruction. *Oceanology* 26 (4): 508-512.
- Sasaki, H. und Hoshiai, T. (1986): Sedimentation of microalgae under the Antarctic fast ice in summer. *Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue*, 40: 45-55.
- Schiller, J. (1933 und 1937): Dinoflagellatae (Peridineae) in monographischer Behandlung. 2 Teile. Akademische Verlagsgesellschaft m.b.H.; Leipzig: 1-615; 1-589.
- Schnack, S. (1985): Feeding by *Euphausia superba* and copepod species in response to varying concentrations of phytoplankton. In: Antarctic nutrient cycles and food webs. Siegfried, W.R., Condy, P.R. und Laws, R.M. (Hrsg.). Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 311-323.
- Schnack, S., Smetacek, V., von Bodungen, B. und Stegmann, P. (1985): Utilization of phytoplankton by copepods in Antarctic waters during spring. In: Marine biology of polar regions and effects of stress on marine orga-

- nisms. Gray, J.S. und Christiansen, M.E. (Hrsg.). Wiley; London: 65-81.
- Schröder, M. (1983): Beschreibung einer Salzgehaltsfront in der östlichen Bransfield-Straße, dem Ursprungsgebiet der Weddell-Scotia-Konfluenz. Dt. hydrogr. Z. 36: 217-235.
- Schröder, O. (1908): *Sticholonche zanclea* (R. Hertwig). Deutsche Südpolar-Expedition 10, Zoologie 2; Berlin: 319-322.
- Schröder, O. (1912): Die triplyleen Radiolarien (Phaeodarien) der Deutschen Südpolar-Expedition 1901-1903. Deutsche Südpolar-Expedition 14, Zoologie 6. Berlin: 114-215, Tafeln 18-27.
- Schwerdtfeger, W. (1984): Weather and climate of the Antarctic. Developments in atmospheric science 15. Elsevier; Amsterdam: 1-261.
- Semenova, S.I. und Fedulov, P.P. (1986): Composition and distribution of phytoplankton in different modifications of Antarctic waters near Bouvet Island. Oceanology 26 (5): 616-620.
- Shannon, C.E. und Weaver, W. (1963): The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana: 1-117.
- Shen, H. und Ackermann, N.I. (1988): Wave induced sediment enrichment in ice covers. EOS 69: 1269.
- Siegel, V. (1988): A concept of seasonal variation of krill (*Euphausia superba*) distribution and abundance west of the Antarctic Peninsula. In: Antarctic ocean and resources variability. Sahrhage, D. (Hrsg.) Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 219-230.
- Siegel, V. (1989): Winter and spring distribution and status of the krill stock in Antarctic Peninsula waters. Arch. FischWiss. 39 (Beih. 1): 45-72.
- Sievers, H.A. (1982): Description of the physical oceanographic conditions, in support of the study on the distribution and behaviour of krill. Ser. Cient. INACH 28: 73-122.
- Silver, M.W., Mitchell, J.G. und Ringo, D.L. (1980): Siliceous nanoplankton. II. Newly discovered cysts and abundant choanoflagellates from the Weddell Sea, Antarctica. Mar. Biol. 58: 211-217.
- Smetacek, V.S. (1981): The annual cycle of protozooplankton in the Kiel Bight. Mar. Biol. 63: 1-11.
- Smetacek, V.S. (1985): Role of sinking in diatom life-history cycles: ecological, evolutionary and geological significance. Mar. Biol. 84: 239-251.
- Smetacek, V.S. und Passow, U. (1990): Spring bloom initiation and Sverdrup's critical depth model. Limnol. Oceanogr. Im Druck.
- Smith, W.O. (1987): Phytoplankton dynamics in marginal ice zones. Oceanogr. Mar.

Biol. Ann. Rev. 25: 11-38.

- Smith, W.O. und Nelson, D.M. (1985 a): Phytoplankton biomass near a receding ice-edge in the Ross Sea. In: Antarctic nutrient cycles and food webs. Siegfried, W.R., Condy, P.R. und Laws, R.M. (Hrsg.). Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 11-21.
- Smith, W.O. und Nelson, D.M. (1985 b): Phytoplankton bloom produced by a receding ice edge in the Ross Sea: Spatial coherence with the density field. *Science* 227: 163-166.
- Smith, W.O., Keene, N.K. und Comiso, J.C. (1988): Interannual variability in estimated primary productivity of the Antarctic marginal ice zone. In: Antarctic ocean and resources variability. Sahrhage, D. (Hrsg.) Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 131-139.
- SooHoo, J.B., Lizotte, M.P., Robinson, D.H. und Sullivan, C.W. (1987): AMERIEZ 1986: Photoadaptation of phytoplankton and limitation of primary production in the ice-edge zone of the Weddell Sea. *Antarct. J. U.S.* 22 (5): 185-187.
- Soule, D.F. (1988): Marine organisms as indicators: Reality or wishful thinking? In: Marine Organisms as Indicators. Soule, D.F. und Kleppel, G.S. (Hrsg.) Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 1-11.
- Sournia, A. (1986): Atlas du phytoplancton marin. Vol. I. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique; Paris: 1-219.
- Stein, M. (1981): Thermal structure of the Weddell-Scotia confluence during February 1981. *Meeresforsch.* 29: 47-52.
- Stein, M. (1982): Fischereiozeanographische Untersuchungen während FIBEX 1981. *Arch. FischWiss.* 33, Beih. 1: 35-51.
- Stein, M. (1986): Variability of water masses and currents off the Antarctic Peninsula during SIBEX. *Arch. FischWiss.* 37 (Beih. 1): 25-50.
- Stein, M. (1988): Variation of geostrophic circulation off the Antarctic Peninsula and in the Southwest Scotia Sea, 1975-1985. In: Antarctic ocean and resources variability. Sahrhage, D. (Hrsg.) Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 81-91.
- Stein, M. (1989): Seasonal variation of water masses in Bransfield Strait and adjacent waters. *Arch. FischWiss.* 39: 15-38.
- Stein, M. und Rakusa-Suszczewski, S. (1983): Geostrophic currents in the South Shetland Islands Area during FIBEX. *Proc. BIOMASS Colloquium 1982. Mem. Natl. Inst. Polar Res. Spec. Issue* 27: 24-34.
- Stoecker, D. und Guillard, R.R.L. (1982): Effects of temperature and light on the feeding rate of *Favella* sp. (Ciliated protozoa, suborder Tintinnina). *Ann.*



Inst. océanogr. Paris 58 (S): 309-318.

- Stretch, J.J., Hamner, P.P., Hamner, W.M., Michel, W.C., Cook, J. und Sullivan, C.W. (1988): Foraging behavior of Antarctic krill *Euphausia superba* on sea ice microalgae. Mar. Ecol. Prog. Ser. 44: 131-139.
- Sullivan, C.W., Palmisano, A.C., Kottmeier, S., Grossi, S.M. und Moe, R. (1985): The influence of light on growth and development of the sea-ice microbial community of McMurdo Sound. In: Antarctic nutrient cycles and food webs. Siegfried, W.R., Condy, P.R. und Laws, R.M. (Hrsg.). Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York: 78-83.
- Sundström, B.G. (1986): The marine diatom genus *Rhizosolenia*. Dissertation. Lund: 1-117; 39 Tafeln.
- Sushin, V.A., Samyshev, E.Z. und Gaydamak, A.I. (1986): The significance of infusoria in Antarctic plankton communities. Oceanology 26 (6): 740-744.
- Takahashi, E., Watanabe, K. und Satoh, H. (1986): Siliceous cysts from Kita-No-Seto Strait, north of Syowa Station, Antarctica. Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue 40: 84-95.
- Thompson, J.C. (1972): Ciliated Protozoa of the Antarctic Peninsula. In: Antarctic Terrestrial Biology; Antarctic Res. Ser. 20. Llano, G.A. (Hrsg.). American Geophysical Union: 261-288.
- Thompson, J.C. und Croom, J.M. (1978): Systematics and ecology of ciliated Protozoa from King George Island, South Shetland Islands. In: Biology of the Antarctic Seas VII; Antarctic Res. Ser. 27. Pawson, D.L. (Hrsg.). American Geophysical Union: 41-67.
- Thomsen, H.A., Buck, K.R., Coale, S.S., Garrison, D.L. und Gowing, M.M. (1988): Nanoplanktonic coccolithophorids (Prymnesiophyceae, Haptophyceae) from the Weddell Sea, Antarctica. Nord. J. Bot. 8: 419-436.
- Thronsen, J. (1978): Preservation and storage. In: Phytoplankton manual. Sournia, A. (Hrsg.). UNESCO: 69-74.
- Thronsen, J. (1980): Bestemmelse av marine nakne flagellater. Blyttia 38: 189-207.
- Tibbs, J.F. und Tibbs, S.D. (1986): Further studies on the Phaeodaria (Protozoa: Radiolaria) of the Antarctic Seas. Antarct. Res. Ser. 41: 167-202.
- Tilzer, M.M. und Dubinsky, Z. (1987): Effects of temperature and day length on the mass balance of Antarctic phytoplankton. Polar Biol. 7: 35-42.
- Tilzer, M.M., von Bodungen, B. und Smetacek, V. (1985): Light-dependence of phytoplankton photosynthesis in the Antarctic Ocean: implications for regulating productivity. In: Antarctic nutrient cycles and food webs. Siegfried, W.R., Condy, P.R. und Laws, R.M. (Hrsg.). Springer-Ver-

- lag; Berlin, Heidelberg, New York: 60-69.
- Tilzer, M.M., Elbrächter, M., Gieskes, W.W. und Beese, B. (1986): Light-temperature interactions in the control of photosynthesis in Antarctic phytoplankton. *Polar Biol.* 5: 105-111.
- Tranter, D.J. (1982): Interlinking of physical and biological processes in the Antarctic Ocean. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 20:11-35.
- Tuffrau, M. (1974): Un nouvel Euplotidae: *Cytharoides balechi*, n.g., n.sp., cilié hypotriche de l'Antarctique. *Protistologica* 10 (3): 311-317.
- Tumantseva, N.I. (1982): Biomass and productive characteristics of protozoan plankton in Subantarctic and Antarctic waters of the southwestern Pacific. *Oceanology* 22 (5): 604-608.
- UNESCO (1981): Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. UNESCO technical papers in marine science 37.
- Uribe, E. (1982): Influence of the phytoplankton and primary production of the Antarctic waters in relationship with the distribution and behavior of krill. *Instituto Antartico Chileno, Scientific Series* 28: 147-163.
- Uribe, E. (1985): Titinnidos de aguas Antarticas. Resumos: Simposio internacional de biología acuática Antartica, 23-27 de setembro de 1985. Escola de guerra naval. Rio de Janeiro: 22.
- Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. internat. Verein. theor. angew. Limnol.* 9: 1-38.
- Van Heurck, H. (1909): Expédition Antarctique Belge, Résultats du Voyage du S.Y. "Belgica" en 1897-1898-1899, Botanique, Diatomées. Buschmann; Antwerpen: 1-129, Tafeln 1-13.
- Venrick, E.L. (1978): How many cells to count? In: *Phytoplankton manual*. Sournia, A. (Hrsg.). UNESCO: 165-180.
- Verity, P.G., Villareal, T.A. und Smayda, T.J. (1988): Ecological investigations of blooms of colonial *Phaeocystis pouchetii*. II. The role of life-cycle phenomena in bloom termination. *J. Plankton Res.* 10 (4): 749-766.
- von Bodungen, B., Smetacek, V., Tilzer, M.M. und Zeitschel, B. (1986): Primary production and sedimentation during spring in the Antarctic Peninsula region. *Deep-Sea Res.* 33: 177-194.
- von Bröckel, K. (1981): The importance of nanoplankton within the pelagic Antarctic ecosystem. *Kieler Meeresforsch., Sonderh.* 5: 61-67.
- Wadhams, P. (1983): A mechanism for the formation of ice edge bands. *J. Geophys. Res.* 88 (C5): 2813-2818.
- Walsh, J.J. (1971): Relative importance of habitat variables in predicting the distribution of phytoplankton at the ecotone of the Antarctic upwelling

- ecosystem. Ecol. Monogr. 41: 291-309.
- Watanabe, K. (1982): Centric diatom communities in antarctic sea ice. *Antarct. Rec.* 74: 119-126.
- Weber, L.H. und El-Sayed, S.Z. (1987): Contributions of the net-, nano- and picoplankton to the phytoplankton standing crop and primary productivity in the Southern Ocean. *J. Plankton Res.* 9 (5): 973-994.
- Weeks, W.F. und Ackley, S.F. (1982): The growth, structure, and properties of sea ice. *CRREL Monographs* 82-1: 1-130.
- Wensierski, w. und Wozniak, B. (1978): Optical properties of waters in Antarctic waters. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 25 (3): 517-533.
- Whitaker, T.M. (1977): Sea ice habitats of Signy Island (South Orkneys) and their primary productivity. In: *Adaptations within Antarctic ecosystems*. Llano, G.A. (Hrsg.). Gulf Publ., Houston: 75-82.
- Whitaker, T.M. (1982): Primary production of phytoplankton off Signy Island, South Orkneys, the Antarctic. *Proc. Royal Soc. London, Ser. B* 214: 169-189.
- Whitaker, T.M. und Richardson, M.G. (1980): Morphology and chemical composition of a natural population of an ice-associated Antarctic diatom *Navicula glaciei*. *J. Phycol.* 16: 250-257.
- Wiencke, C. (1990): Seasonality of brown macroalgae from Antarctica - a long-term culture study under fluctuating Antarctic day lengths. *Polar Biol.* im Druck.
- Wilson, D.L., Smith, W.O. und Nelson, D.M. (1986): Phytoplankton bloom dynamics of the western Ross Sea ice edge-I. Primary productivity and species-specific production. *Deep-Sea Res.* 33(10): 1375-1387.
- Witek, Z., Kittel, W., Czykieta, H., Zmijewska, M.I. und Presler, E. (1985): Macrozooplankton in the southern Drake Passage and in the Bransfield Strait during BIOMASS-SIBEX (December 1983-January 1984). *Pol. Polar Res.* 6 (1-2):95-115.
- Wyrski, K. (1960): The Antarctic Circumpolar Current and the Antarctic Polar Front. *Deut. Hydrograph. Z.* 13 (3): 153-174.
- Zmijewska, M.I. (1985): Copepoda in the southern part of Drake Passage and in Bransfield Strait during early summer 1983-1984 (BIOMASS-SIBEX, December-January). *Pol. Polar Res.* 6 (1-2): 79-93.
- Zupan, J. (1982): *Clustering of large data sets*. Research Studies Press; John Wiley & Sons Ltd., Chichester: 1-122.

## 6. Liste der verwendeten Abkürzungen

- SPSW.s** = South East Pacific Basin Surface Water, Summer Water  
**SPSW.w** = South East Pacific Basin Surface Water, Winter Water  
**CDW** = Circumpolar Deep Water  
**BSW.n** = Northern Bellingshausen Sea Surface Water  
**BSW.s** = Southern Bellingshausen Sea Surface Water  
**WSW.br** = Weddell Sea Surface Water - Bransfield Strait Type  
**WSW.m** = Modified Weddell Sea Surface Water
- PSU** = Practical Salinity Unit

### Anhang1: Hydrographische Profilschnitte

Anhang 1 enthält die Profilschnitte, auf die im Text Bezug genommen wird. Die Darstellung beschränkt sich auf die oberen 120m. Diese Auswahl beinhaltet die Deckschicht, die Sprungschicht und die obersten Bereiche des warmen Tiefenwassers. Über die Verhältnisse in tieferen Wasserschichten geben die T-S-Diagramme in Abschnitt 3.1.3.1. Auskunft.

Die Schnitte S1 bis S12 sind ungefähr senkrecht zur Küstenlinie der Antarktischen Halbinsel ausgerichtet. Die Schnitte P1 bis P5 verlaufen annähernd parallel zur Küste. Die Schnitte folgen der Lage der Stationen und sind daher nicht immer geradlinig (Abb. A1).

Die Abbildungen geben für jeden Schnitt Wassertemperatur (Auflösung  $0,1^{\circ}\text{C}$ ), Salzgehalt (Auflösung  $0,02\text{ PSU}$ ) und  $\sigma_t$  (Auflösung  $0,01$ ) wieder. Außerdem sind die aus diesen Größen abgeleiteten Wassermassen und die Eisverhältnisse aufgetragen.

Auf den x-Achsen entspricht ein Millimeter einer Seemeile ( $=1,842\text{km}$ ). Die Tiefenangaben auf den y-Achsen sind gegenüber dem Maßstab der x-Achsen um das Tausendfache überhöht. Zonen starker Dichtegradien sind gerastert dargestellt; die übrigen Signaturen entsprechen den in den Abbildungen 8 und 12 verwendeten Symbolen.

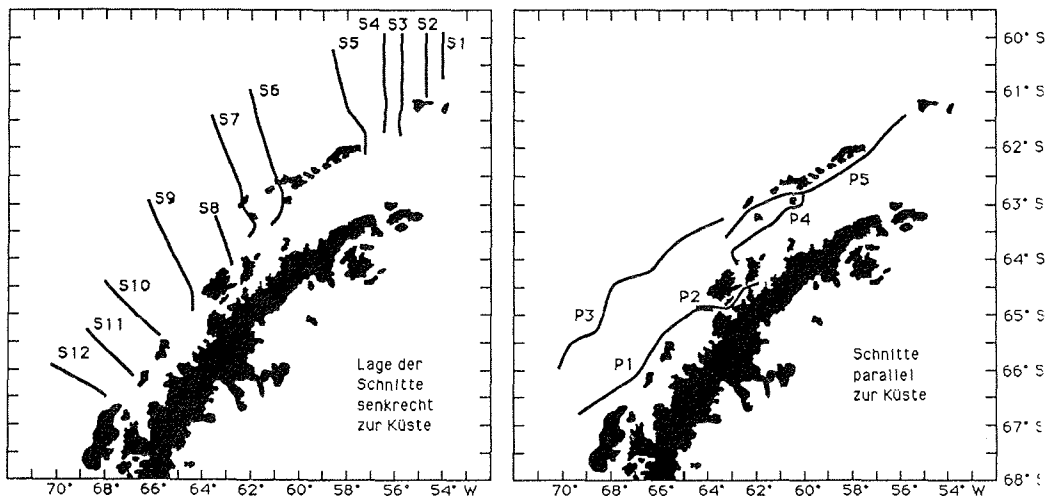
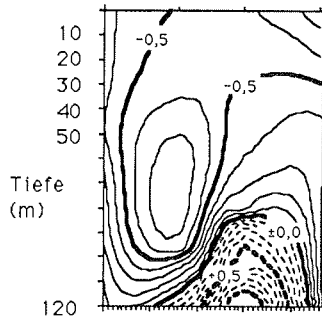
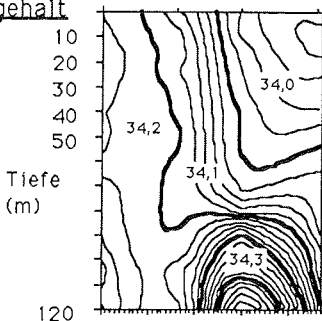


Abbildung A1: Lage der in Anhang 1 dargestellten Profilschnitte.

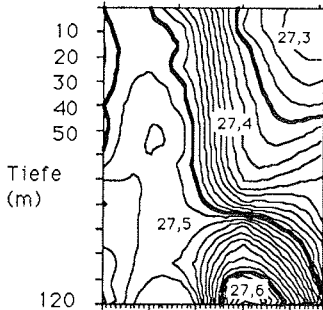
Norden Schnitt Süden  
Temperatur S1 Stationen  
 025 027 029 031



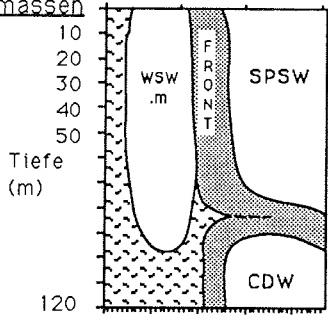
Salz-  
gehalt



$\sigma_t$



Wasser-  
massen



Eis

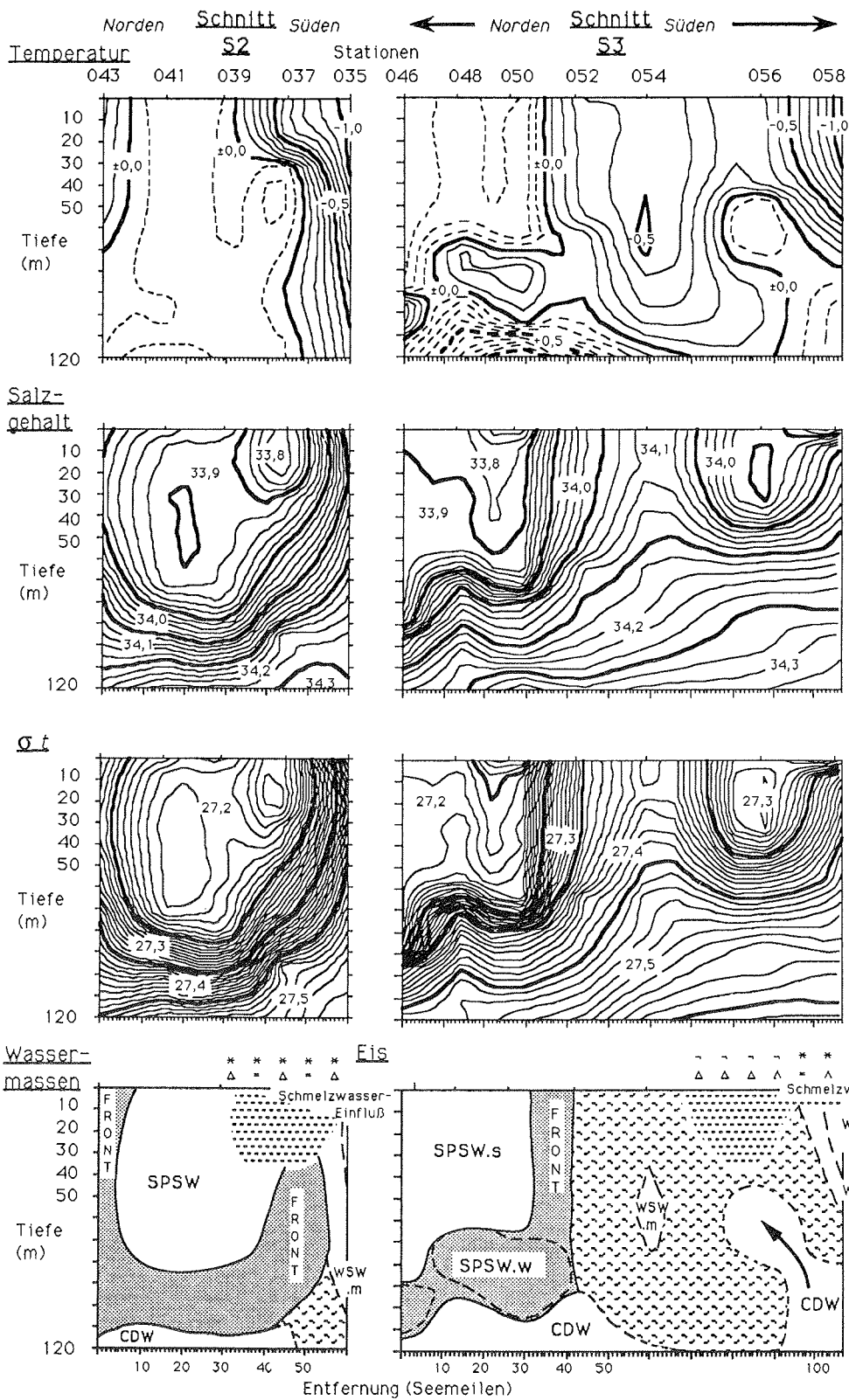
Entfernung (Seemeilen)

Zu Schnitt S1 und S2:

Die Schnitte S1 und S2 schneiden beide den Mäander der Front zwischen **SPSW** und **WSW** nördlich Elephant Island in Nord-Süd-Richtung. Auf Schnitt S2 ist die Lage der Front sowohl im Süden als auch im Norden des **SPSW** zu erkennen. Auf Schnitt S1 fehlen hydrographische Daten für die südlichste Station (Station 33), so daß nur die nördliche Flanke der Front zu erkennen ist. Das **CDW** ist hier besonders salzhaltig. Aus diesem Grund bildet sich ein starker Gradient gegen das **WSW**, der in den anderen Schnitten nicht ausgeprägt ist. Trotzdem gibt es im **WSW** Wasser mit Temperaturen zwischen  $\pm 0,0^\circ$  und  $-0,5^\circ$  C, wie es sonst für die Vermischungszone mit dem **CDW** typisch ist. Die Ursachen hierfür sind unbekannt und liegen möglicherweise außerhalb des Untersuchungsgebietes. Im **SPSW** ist keine Trennung zwischen "Sommer"- und "Winterwasser" erkennbar.

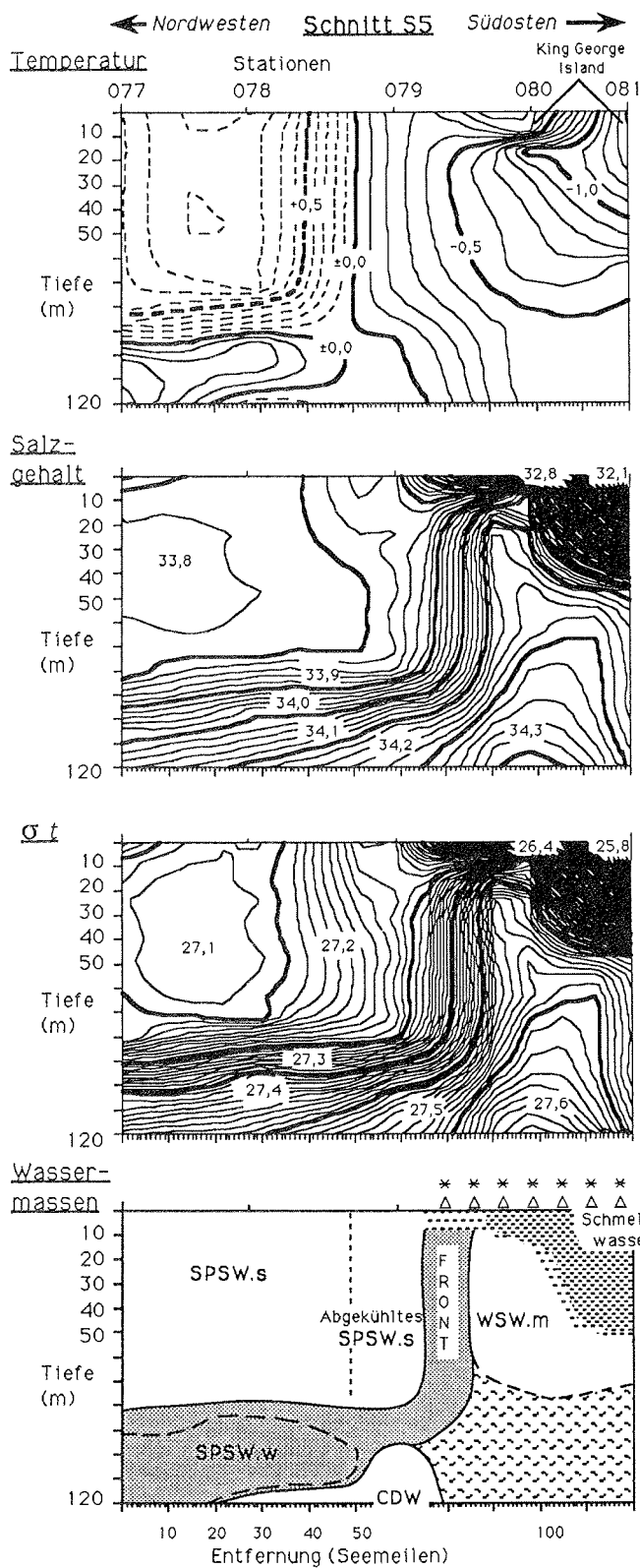
Zu Schnitt S3:

Schnitt S3 reicht vom warmen Sektor des **SPSW** bis in den östlichen Loper Channel. Im **SPSW** ist das "Sommerwasser" der Deckschicht und das "Winterwasser" in der Sprungschicht gut zu erkennen. Im **CDW** scheint es stärkere Bewegungen zu geben. Diese Wassermasse ist gegen das **WSW** nur durch die Temperatur abgegrenzt, während Salzgehalt und  $\sigma_t$  identisch sind. Da es im östlichen Loper Channel einem kräftigen Ausstrom in nördliche Richtung gibt (Abb. 19), kann sich hier **CDW** mit von Süden heranströmendem **WSW.br** vermischen. Dieser Vorgang wird durch den sich von Station 052 bis 056 erstreckenden Wasserkörper mit intermediären Temperaturen belegt. Demnach besitzt das **WSW.m** neben der Boyd Strait hier einen zweiten Bildungsort.



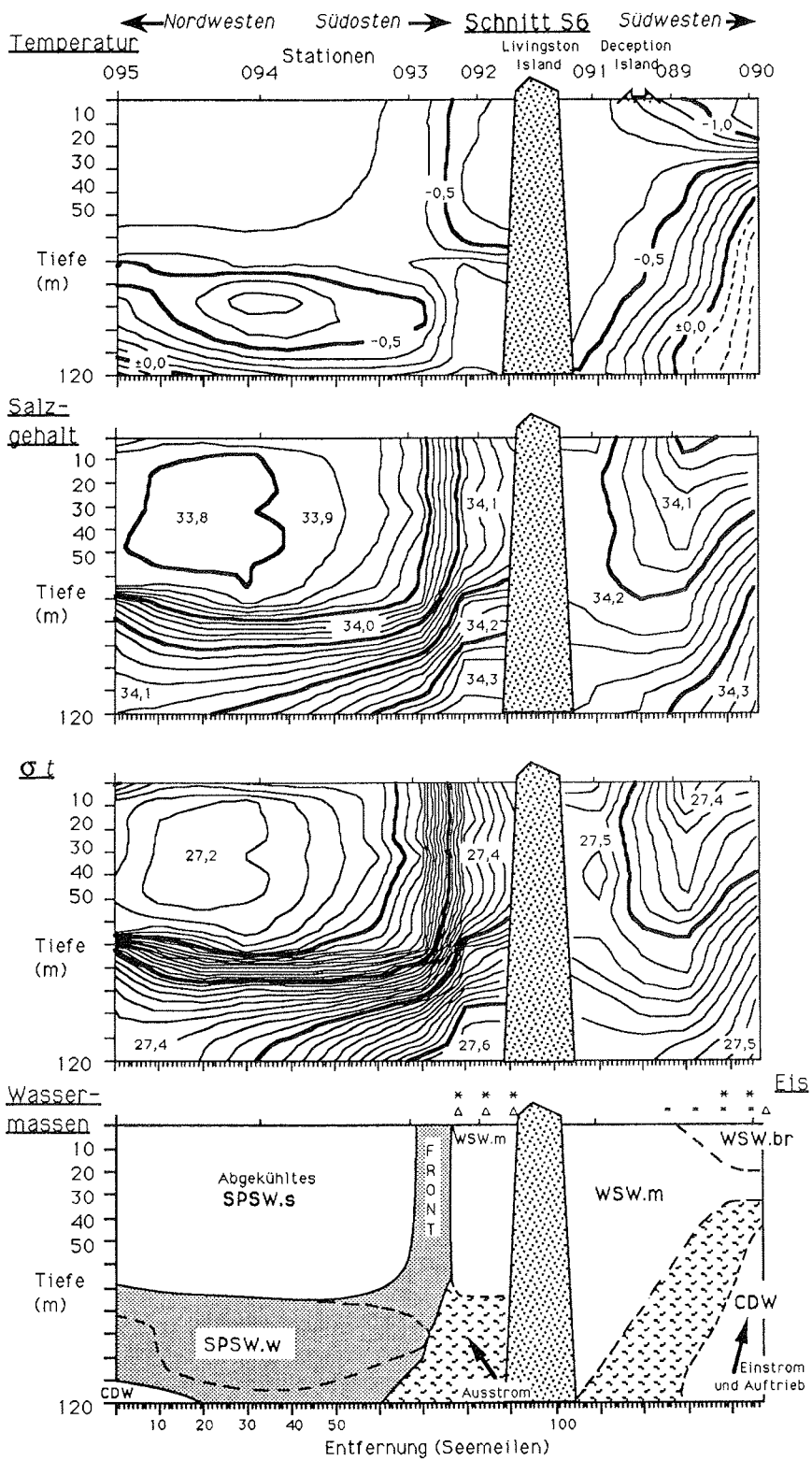


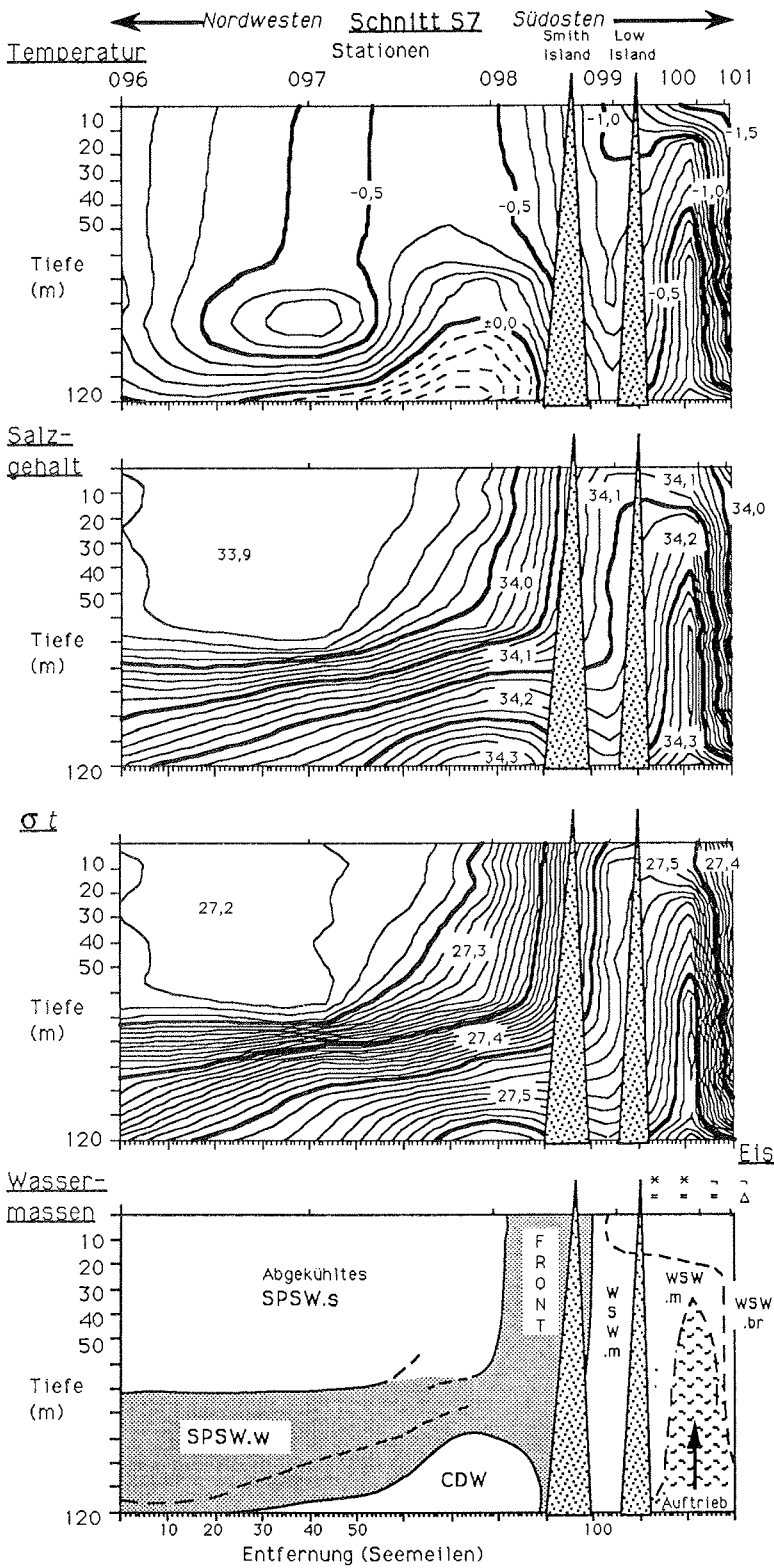




**Zu Schnitt S5:**

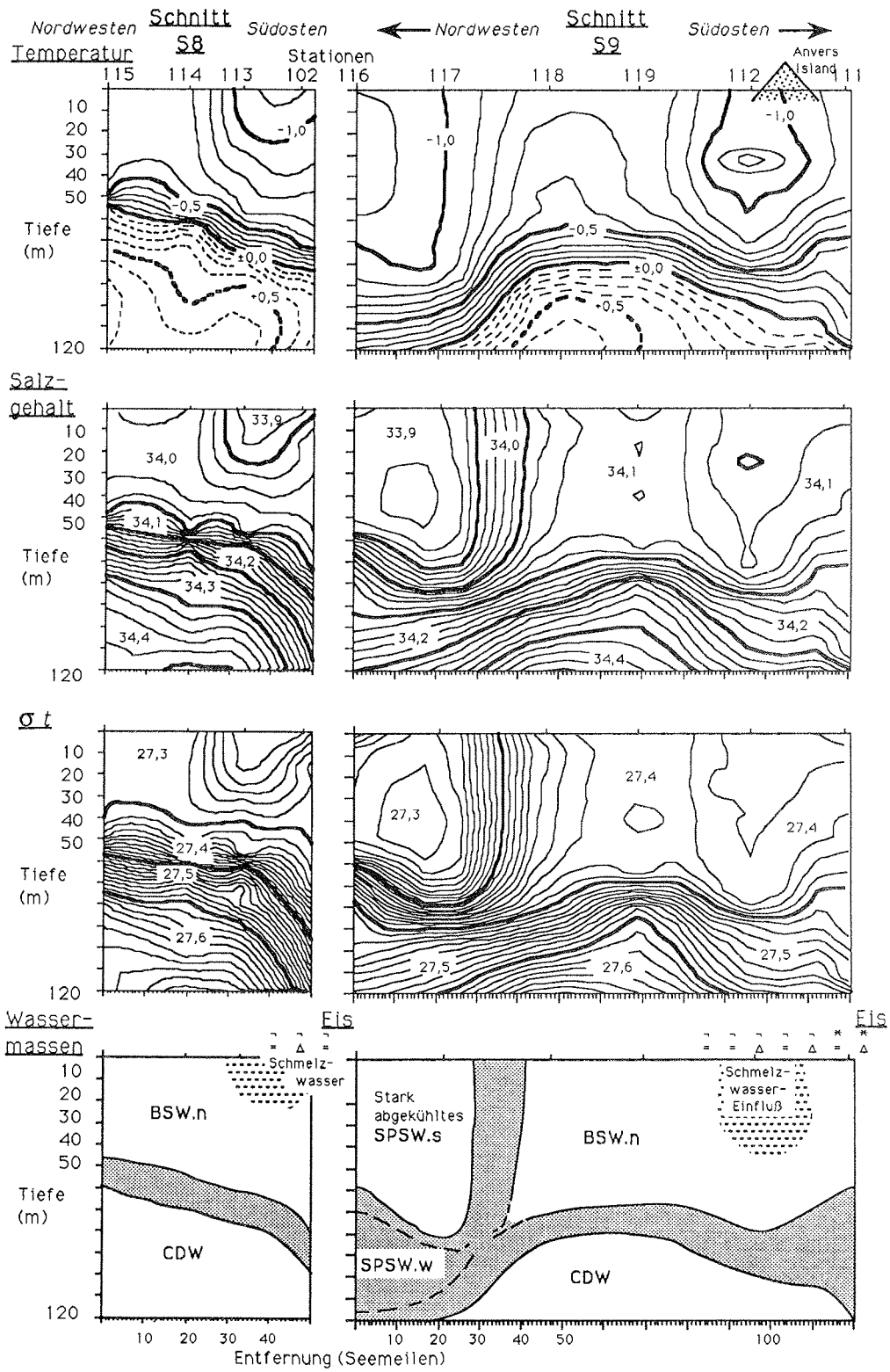
Schnitt S5 schneidet den Warmwassersektor des SPSW und den Westteil des Loper Channel. King George Island liegt vor der Bildebene. Auffälligste Erscheinung ist eine starke Schmelzwasseransammlung auf Station 081 im Südosten von King George Island. Dieses Schmelzwasser findet sich ebenfalls als dünnere Schicht nordwestlich der Insel auf Station 080. Die starke Ausprägung eines intermediären Wasserkörpers zwischen CDW und WSW.m unterhalb 70m Tiefe ist vielleicht ein Hinweis auf einen Einstrom in die Bransfieldstraße, da dort (Station 081) das CDW durch lokal gebildetes, kaltes Tiefenwasser ersetzt ist. Deshalb kann auf Station 081 der intermediäre Wassertyp nicht von einem dortigen Kontakt von CDW und WSW.m herrühren.



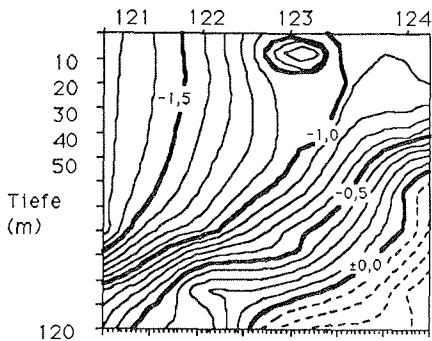


Zu den Schnitten S6 und S7:

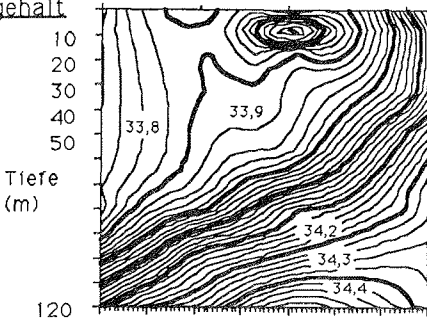
Beide Schnitte beginnen im abkühlenden Sektor des SPSW. Schnitt S6 quert die Boyd Strait, während Schnitt S7 an deren Westrand entlang führt. Deception Island liegt hinter, die anderen Inseln in der Bildebene. Die Schnitte zeigen die Bildungszone des WSW.m: CDW, das in größerer Tiefe in die Boyd Strait eingeströmt ist, wird durch eine Schwelle zwischen Deception und Trinity Island zum Auftrieb gezwungen. Dabei vermischt es sich mit WSW.br (Stationen 089, 090 und 100). Das so entstandene WSW.m strömt in den oberen Wasserschichten durch die Boyd Strait nach Norden und fließt dann an der Südseite der Front über dem Südshetland-Schelf ab (Schnitt S6; Abb. 19). Ein Teil des wärmeren intermediären Wassers unterhalb 70m Tiefe verläßt die Boyd Strait ebenfalls.



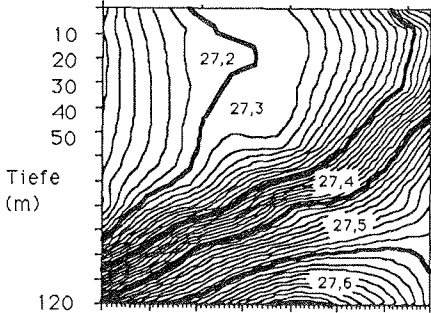
Nordwesten Schnitt Südosten  
Temperatur S10 Stationen



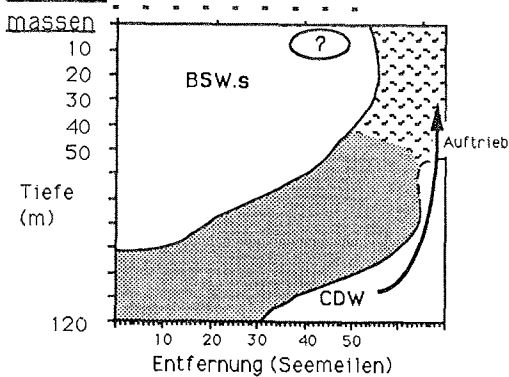
Salz-  
gehalt



$\sigma_t$



Wasser- \* \* \* \* \* Eis  
massen



Zu Schnitt S8:

Schnitt S8 beschränkt sich auf Stationen auf dem Bellingshausensee-Schelf nördlich von Anvers und Brabant Island. Er reicht bis in die Dallmanns' Bay zwischen diesen Inseln. Auffällig ist der relativ hohe Stand des **CDW**. Das Oberflächenwasser gehört zum **BSW.n**. Es zeigt keinen Unterschied zwischen "Sommer-" und "Winterwasser" wie das **SPSW**.

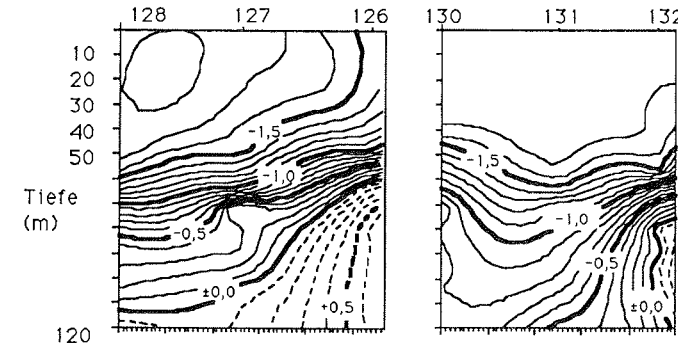
Zu Schnitt S9:

Schnitt S9 führt von der ozeanischen Station 116 über den nördlichen Bellingshausensee-Schelf und endet knapp südlich von Anvers Island in der Bismarck Strait. Im **SPSW** ist das "Sommerwasser" jetzt stärker abgekühlt als das "Winterwasser". Auf dem Schelf besteht die Deckschicht aus **BSW.n** mit höherem Salzgehalt und etwas höheren Temperaturen als das **SPSW**. Auf Station 111 deutet die Spreizung der Isolinien den Beginn eines sich nach Süden fortsetzenden Auftriebsgebietes an (vergl. Schnitt S10).

Zu Schnitt S10:

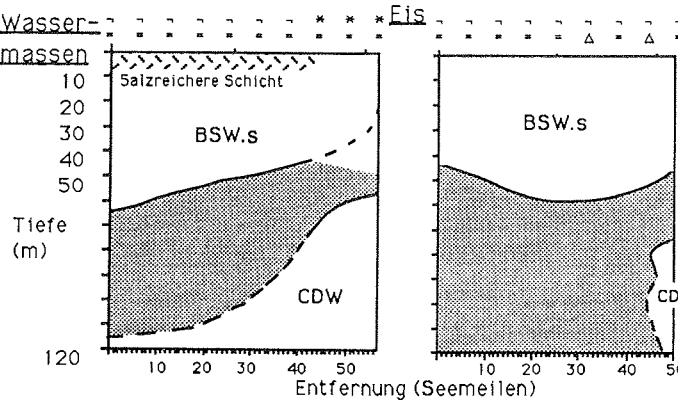
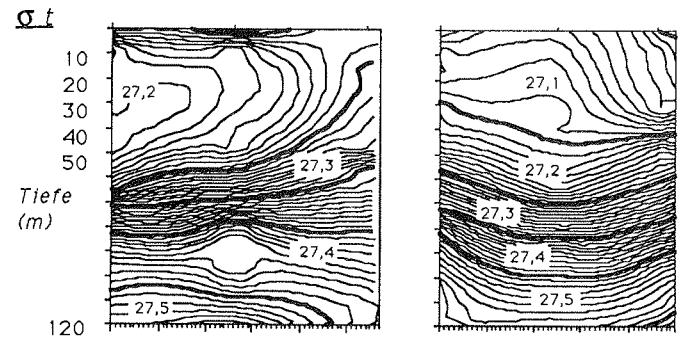
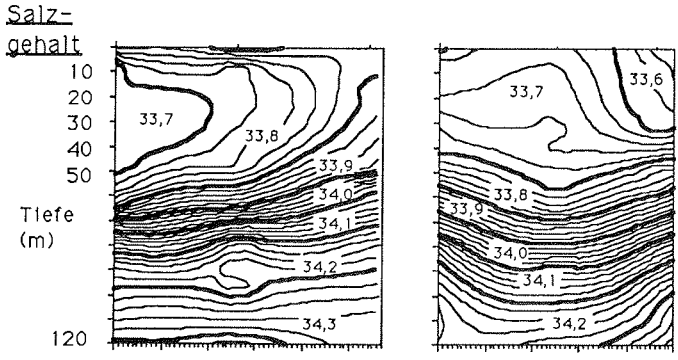
Der Schnitt liegt auf dem mittleren Bellingshausensee-Schelf. Kaltes und relativ salzarmes **BSW.s** hat das **BSW.n** in der Deckschicht ersetzt. Die Schrägstellung der Sprungschicht und das Aufsteigen des **CDW** auf Station 124 belegen kräftigen Auftrieb.

Nordwesten Schnitt S11 Südosten Nordwesten Schnitt S12 Südosten  
 Temperatur Stationen



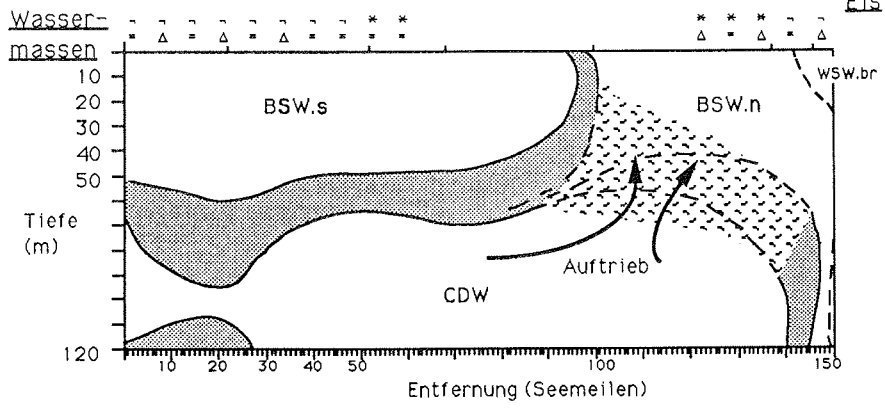
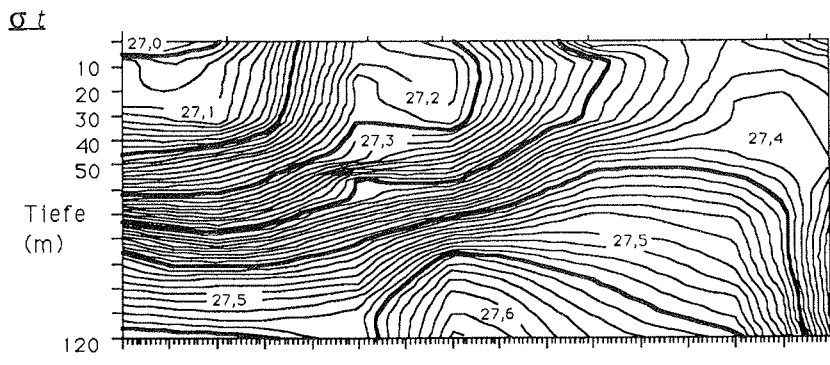
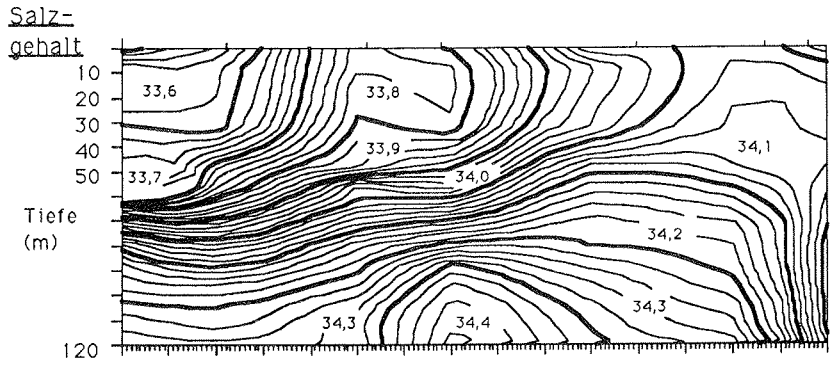
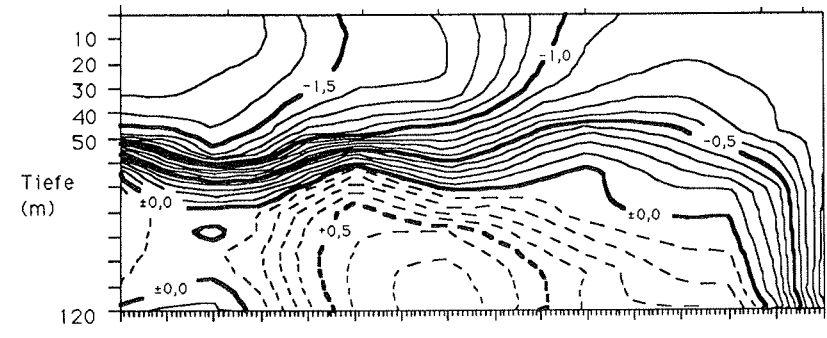
Zu den Schnitten S11 und S12:

Die Schnitte S11 und S12 queren den südlichen Bellingshausen-see-Schelf. Auf Schnitt S11 ist zwar aufsteigendes CDW an der Küste zu erkennen. Die fast horizontal verlaufende Sprungschicht läßt aber vermuten, daß die Auftriebsten- denz nicht bis zur Oberfläche reicht. Vielleicht fließt das CDW nach Norden ab. Ein solcher Transport wäre die leichteste Erklärung für die Isolinen des Schnittes P1, die im Nordosten Auftrieb nahelegen, im Südwesten jedoch nicht. Die Abgrenzung des CDW auf Schnitt L ließe sich dann so verstehen, daß es sich lediglich um einen Rest handelt, der noch nicht abgeflossen ist. Die Herkunft des kalten, salzreichen Wassers, das unterhalb der Sprungschicht das CDW ersetzt, bleibt unklar. Es könnte sich um abgekühltes CDW handeln oder um einen von BSW.s überschichteten Rest des BSW.n. Die erhöhten Salzgehalte an der Oberfläche von Schnitt S11 hängen mit der dort besonders intensiven Eisbildung zusammen.



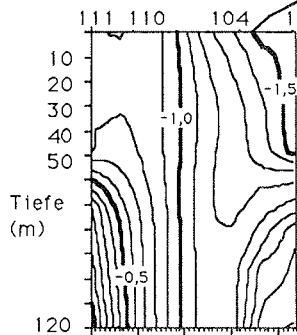
← Südwesten      Schnitt P1      Nordosten →

Temperatur      Stationen



Südwesten Schnitt P2 Nordosten

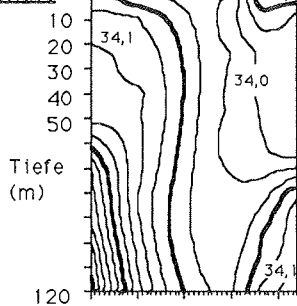
Temperatur Stationen 105



Zu Schnitt P1:

Schnitt P1 führt an der Küste von Adelaide Island bis Anvers Island entlang; die Küste liegt vor der Bildebene. Das **BSW.s** zeigt zwischen Station 132 und 126 möglicherweise eine Front. Dies würde bedeuten, daß die nordwärtige Verlagerung des **BSW.s** in mehreren Schüben erfolgt wäre. Im Nordosten ist das Auftriebsgebiet zwischen den Biscoeinseln und Anvers Island zu erkennen, während im Südwesten der Auftrieb blockiert und möglicherweise durch einen Abfluß nach Norden ersetzt war (Vergl. Schnitte S11 und S12).

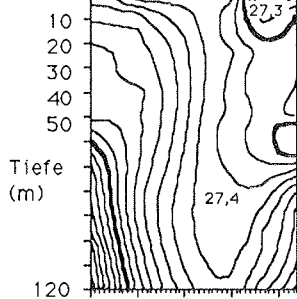
Salz-  
gehalt



Zu Schnitt P2:

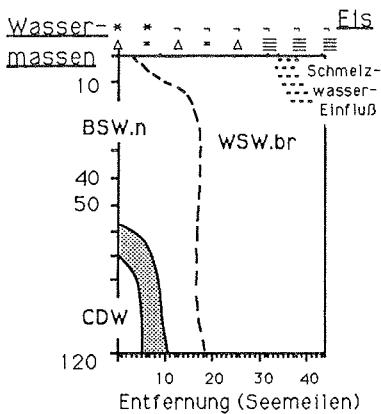
Schnitt P2 schließt an Schnitt P1 an und zeigt die Gerlachestraße. Die Gerlachestraße war von **WSW.br** gefüllt, und eine Sprungschicht war nicht vorhanden. Die Abgrenzung gegen das **BSW.n** war kaum entwickelt, so daß ein Austausch zwischen **BSW.n** und **WSW.br** wahrscheinlich ist.

$\sigma_t$



Zu Schnitt P3:

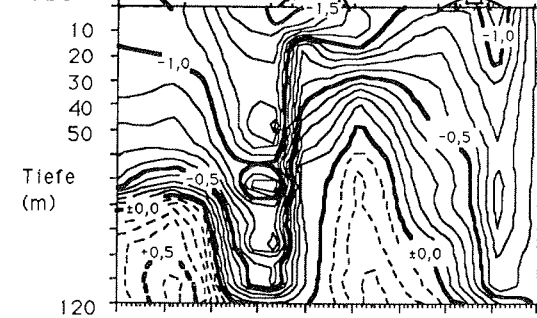
Schnitt P3 führt an der Schelfkante des Bellingshausensee-Schelfs entlang. Im **BSW.s** ist wie bei Schnitt 11 die oberflächennahe Salzanreicherung durch Neueisbildung zu erkennen. Das **CDW** erreicht auf den nordöstlichen Stationen einen hohen Stand. Es scheint hier jedoch keinen Austausch mit der Oberfläche mehr zu geben, da eine Sprungschicht gegen das **BSW.n** entwickelt ist.







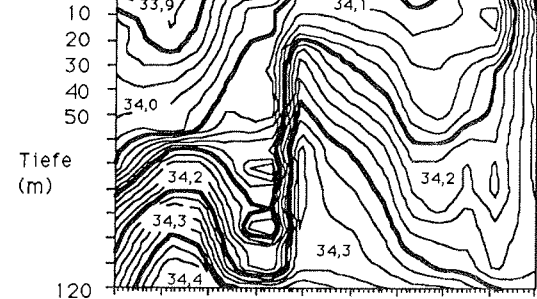
Südwesten Schnitt P4 Nordosten  
 102 113 101 100 090 089 088 087 Stationen  
 Temperatur



Zu den Schnitten P4 und P5:

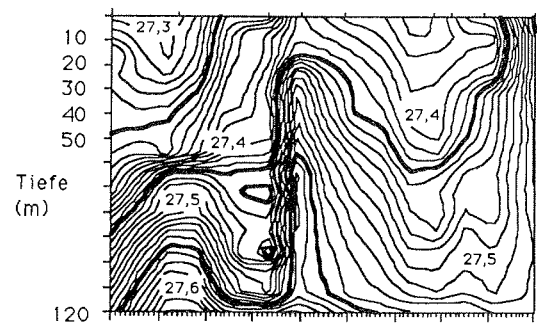
Beide Schnitte liegen in der Bransfieldstraße und reichen auf den Bellingshausensee-Schelf. Deception und Low Isl. liegen bei Schnitt P5 vor, bei Schnitt P4 hinter der Bildebene. Auf Schnitt P4 ist **CDW** zu erkennen, das in größerer Tiefe durch die Boyd Strait eingeströmt ist und nun aufsteigt. Dabei vermischt es sich mit dem **WSW.br**. Durch diesen Vorgang bildet sich das **WSW.m**. Auf Schnitt P5 ist an der entsprechenden Stelle nur ausströmendes **WSW.m** zu erkennen (der Einstrom des **CDW** liegt tiefer).

Salz-



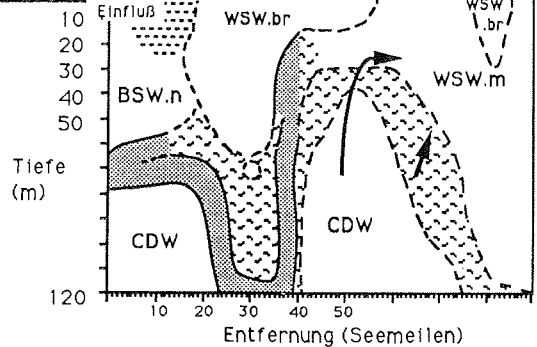
Südlich King George Isl. fällt die schon bei Schnitt S5 erwähnte Schmelzwasserlinse auf. Auf Station 081, dem Zentrum der Linse, findet sich unterhalb 70m Tiefe Wasser mit Eigenschaften des intermediären Typs zwischen **CDW** und **WSW.m**. Dieses Wasser müßte durch den Loper Channel eingedrungen sein, da eine Bildung an dieser Station aufgrund des Fehlens von **CDW** nicht möglich ist. Die enge Verzahnung von **WSW.m** mit **WSW.br** in diesem Bereich läßt auf komplizierte Strömungsmuster schließen.

$\sigma_t$

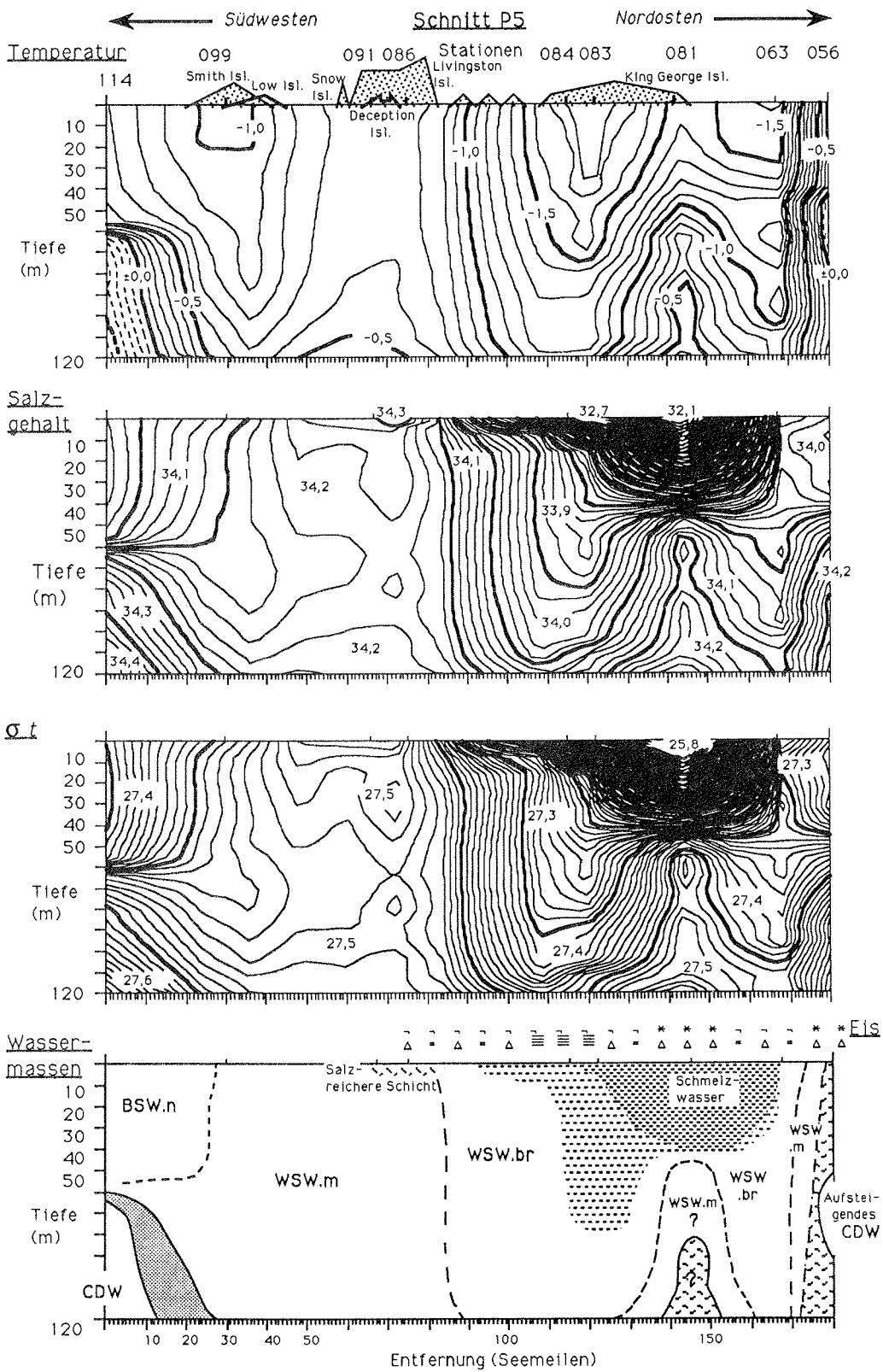


Außerdem fällt im Vergleich zu der markanten Front zwischen **WSW** und **SPSW** (Schnitte S1 bis S7) die schwache Abgrenzung des **WSW** gegen das **BSW** auf.

Wasser-



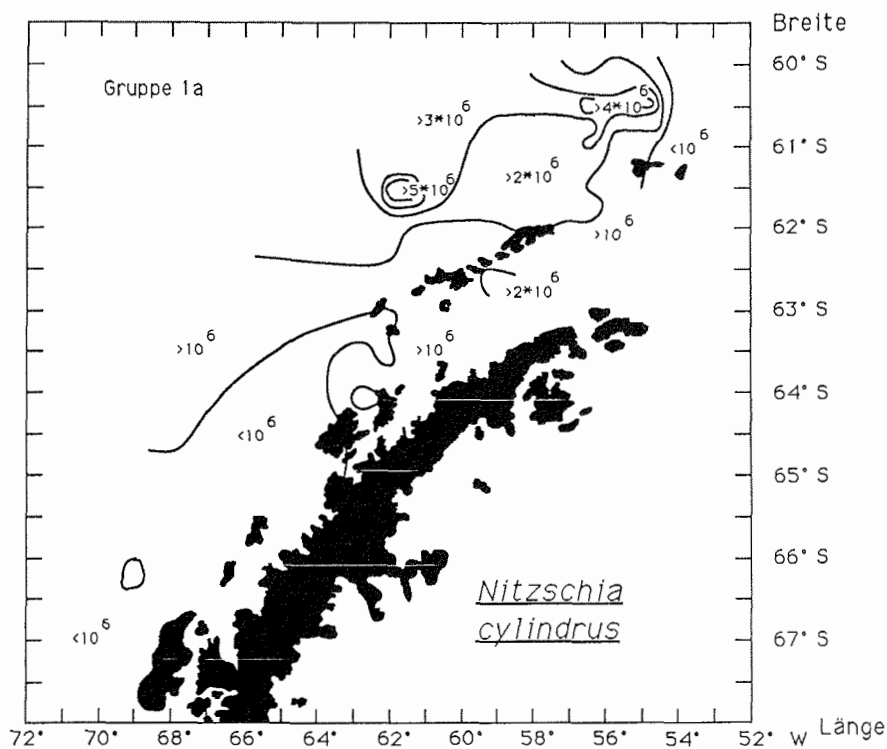
Eis

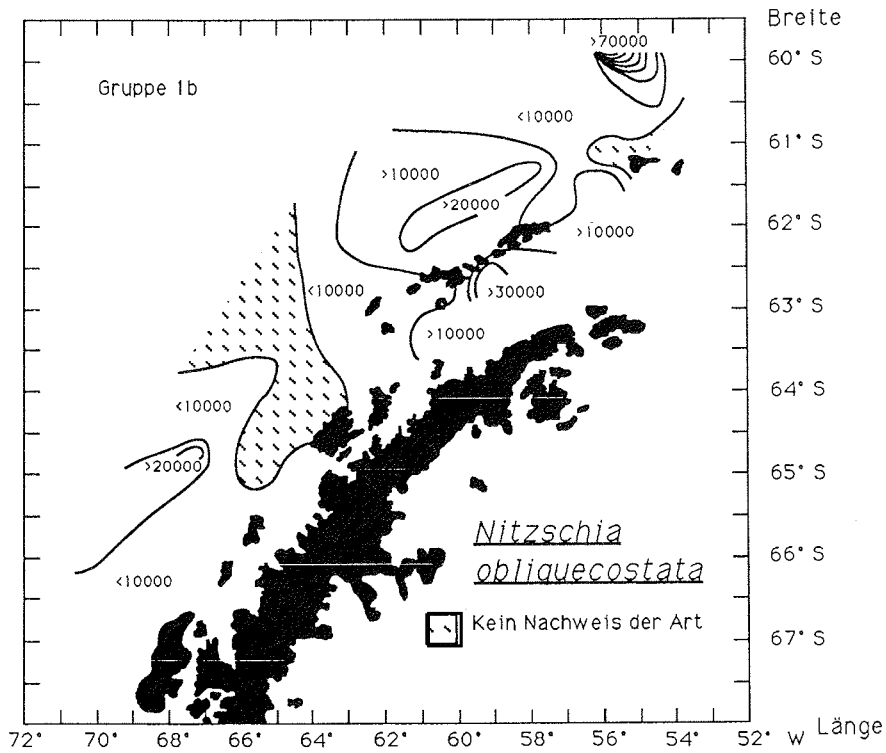
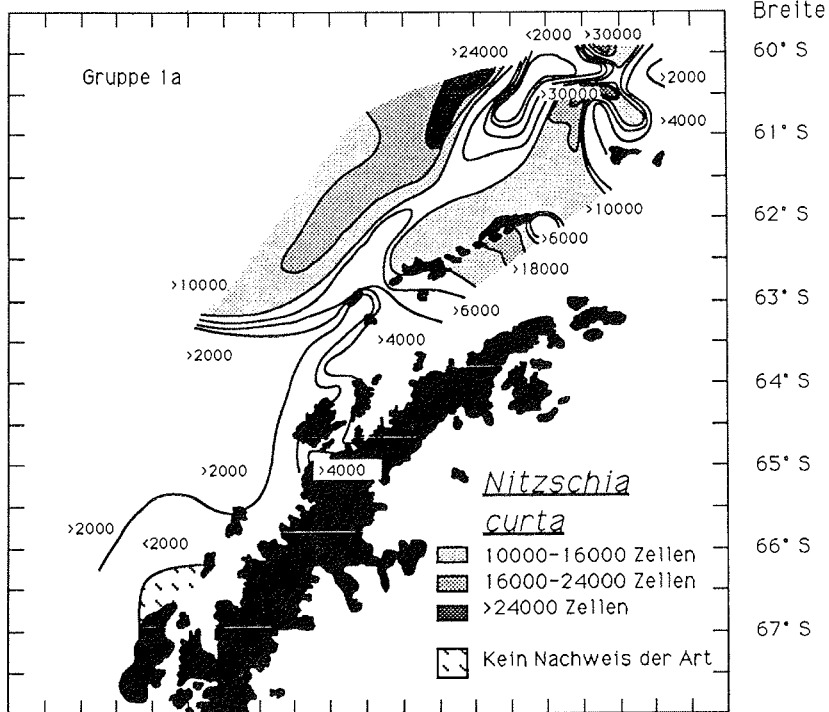


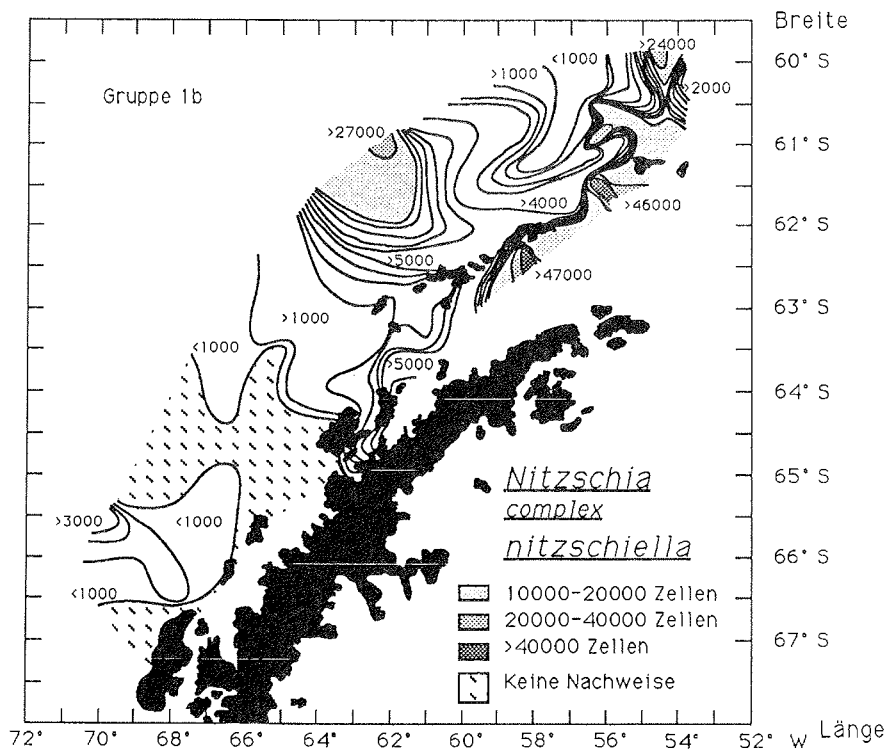
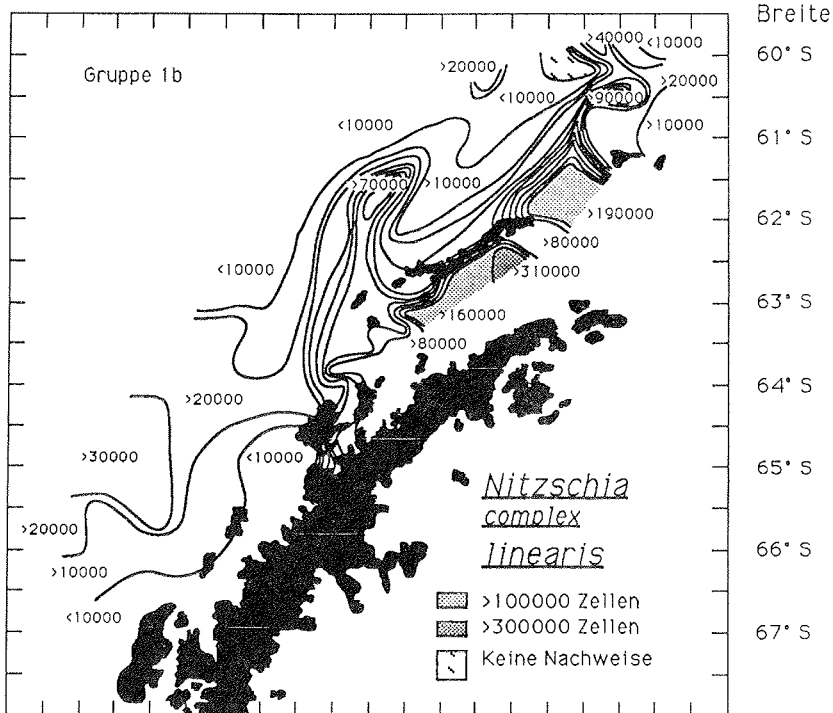
## Anhang 2: Verbreitung der Diatomeen

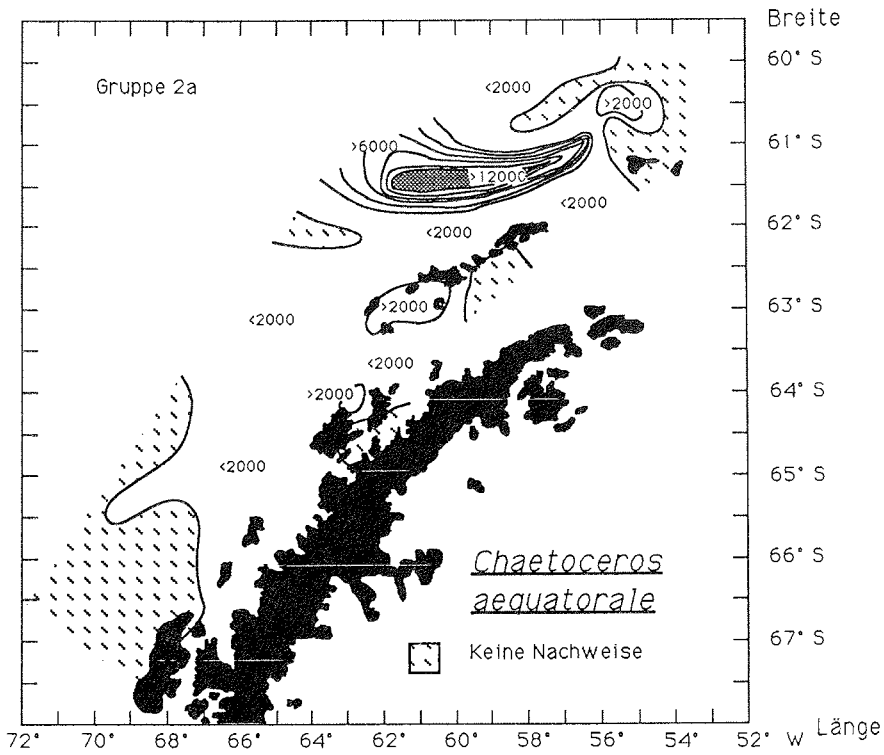
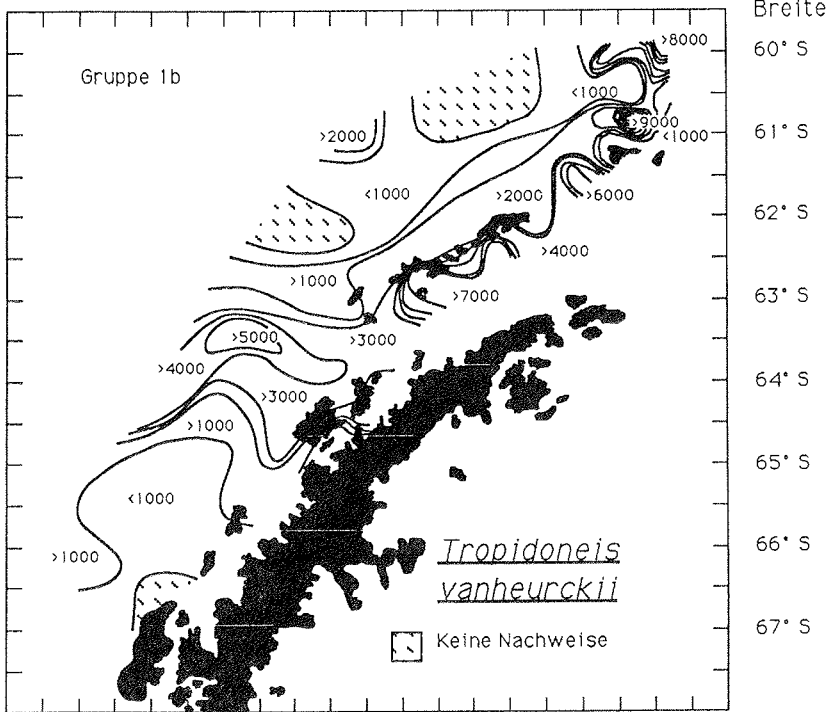
Anhang 2 enthält Verbreitungskarten für die Diatomeen. Für die Arten, die quantitativ bearbeitet werden konnten, sind Häufigkeitsverteilungen dargestellt. Angegeben sind die pro dm<sup>2</sup> integrierten Werte für die Zellzahlen der oberen 50 m Wassersäule. Für seltene Arten sind nur die Stationen markiert, auf denen sie gefunden wurden. Die Reihenfolge der Arten entspricht der in Tabelle 4 angegebenen Reihenfolge. Die bereits im Text gezeigten Karten werden hier nicht noch einmal aufgeführt.

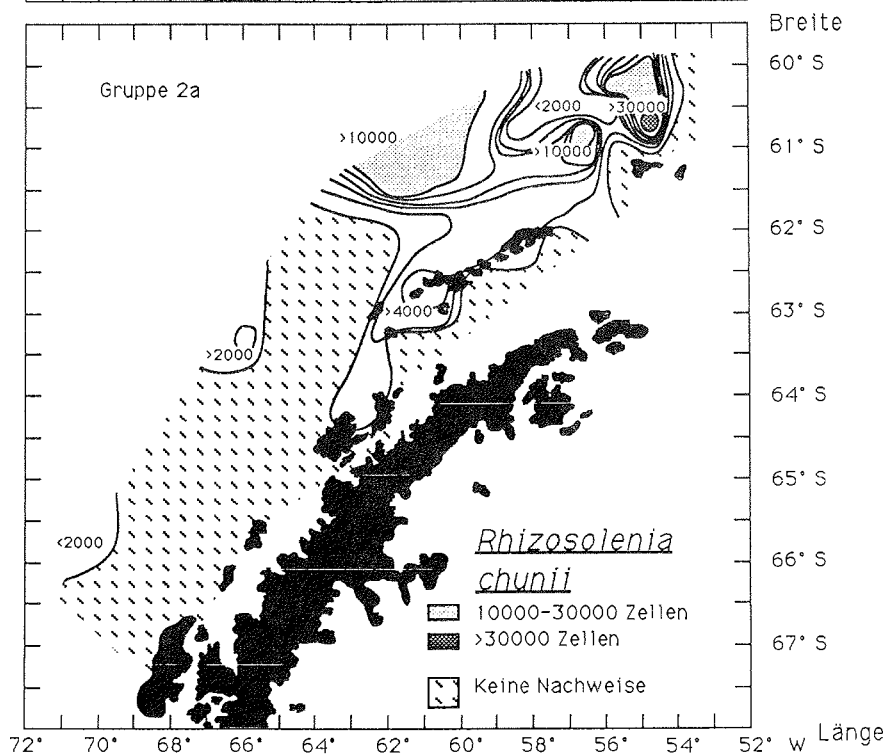
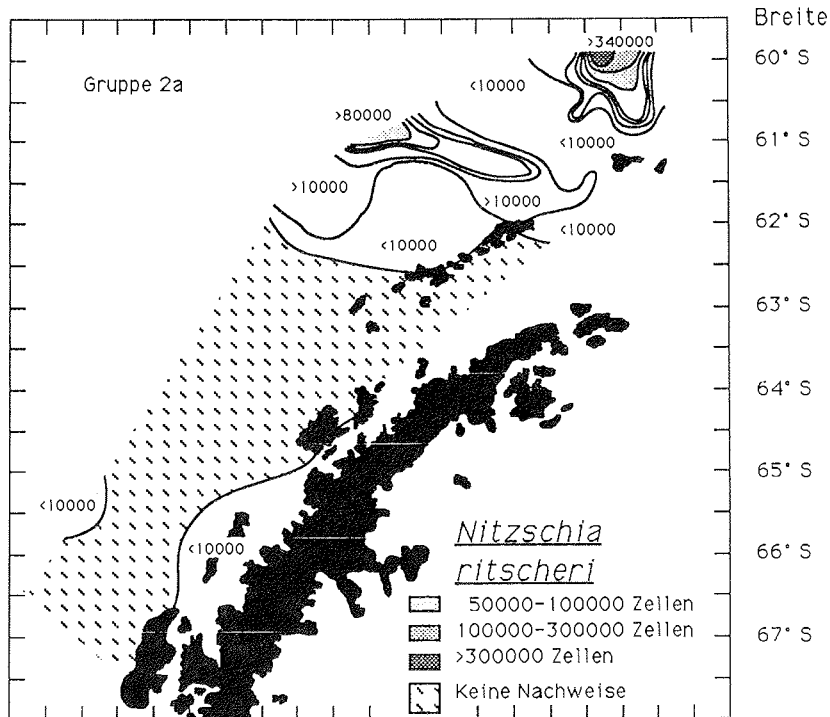
Bei den vorliegenden Karten handelt es sich nicht um Darstellungen von Verbreitungsgebieten im biogeographischen Sinn. Die Karten beruhen auf einmaligen Probennahmen und bieten daher ein Verbreitungsbild, das nur im Spiegel der augenblicklich herrschenden Umweltverhältnisse interpretiert werden darf.



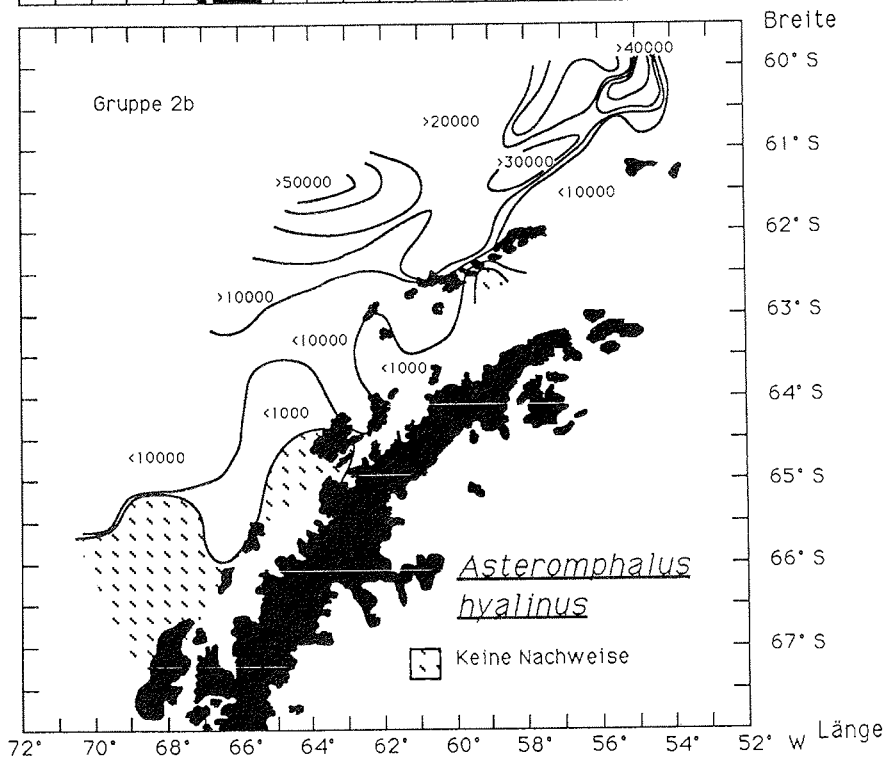
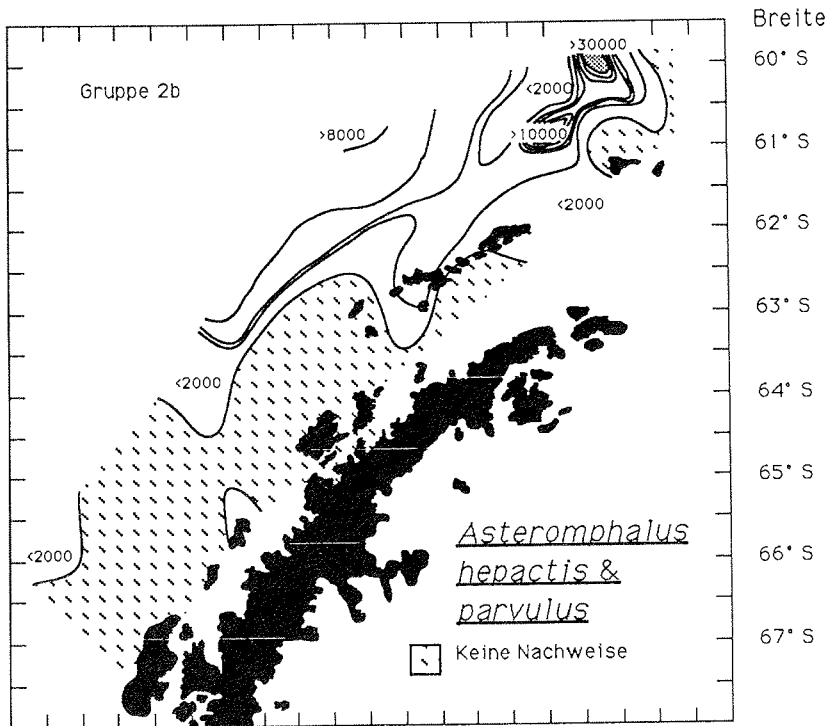


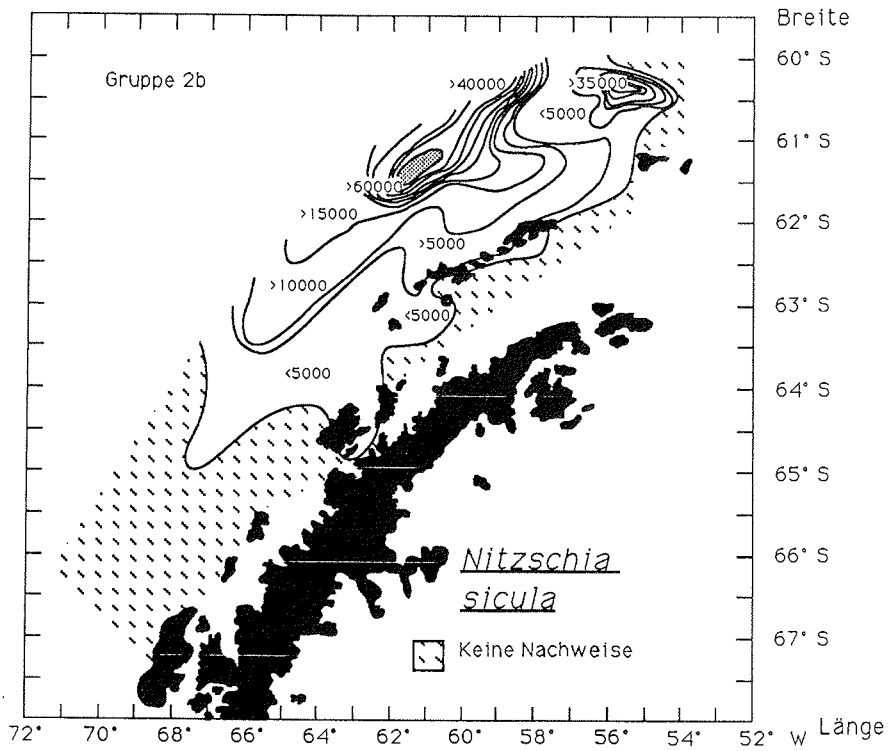
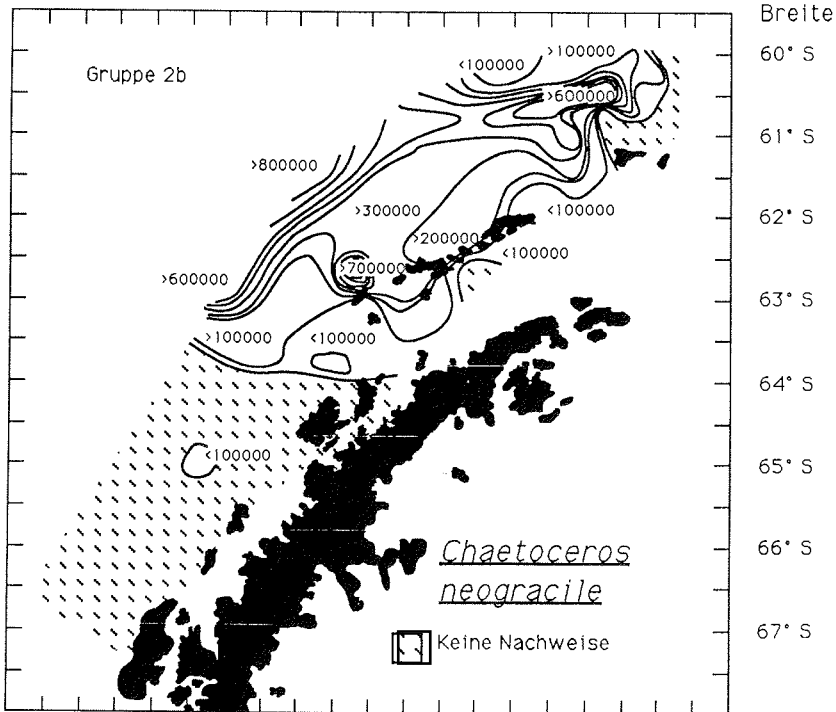


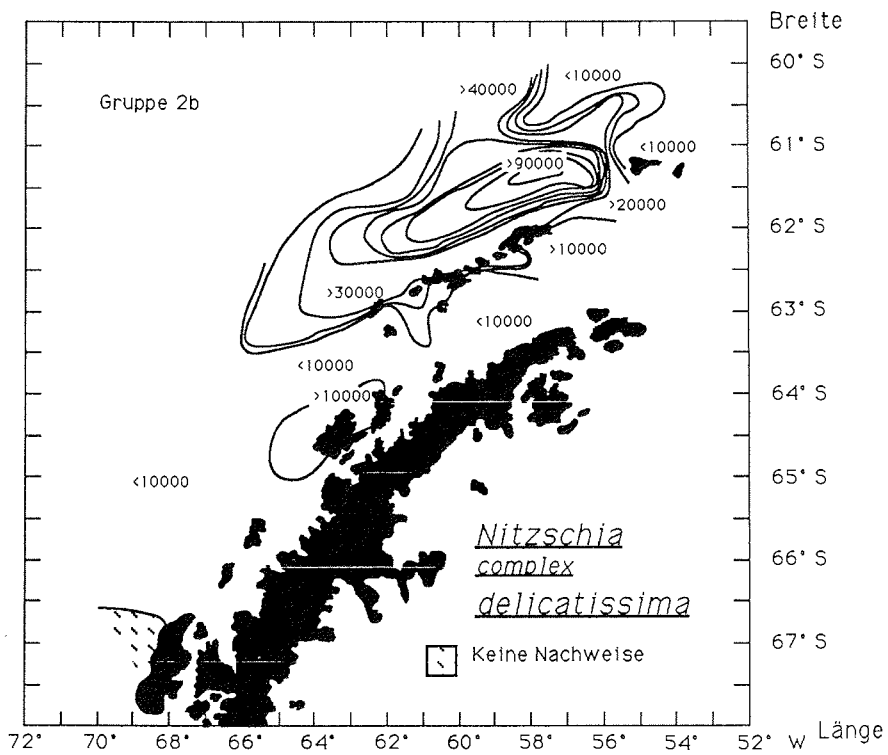
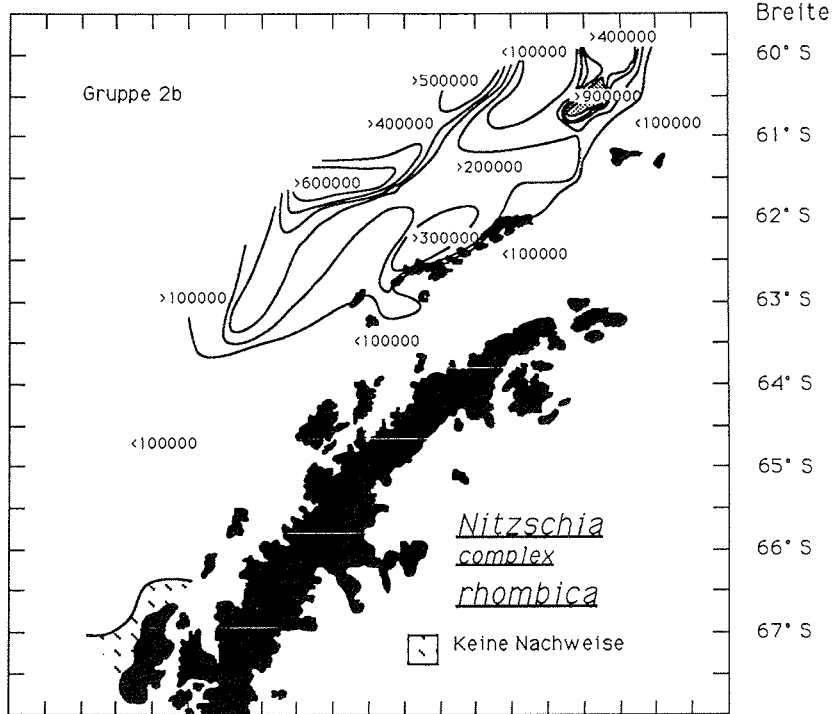


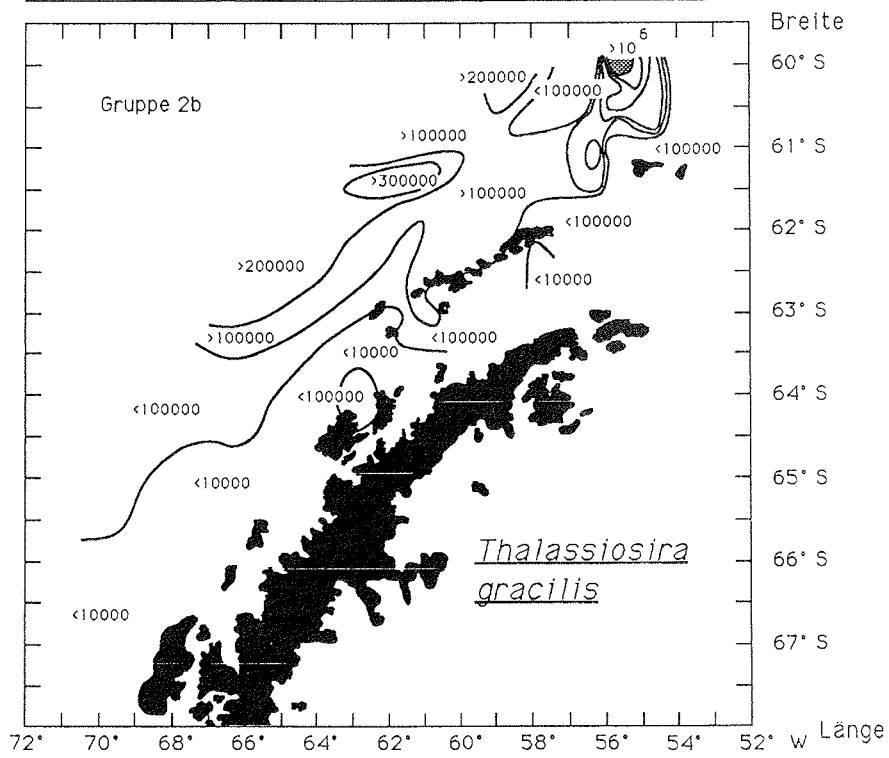
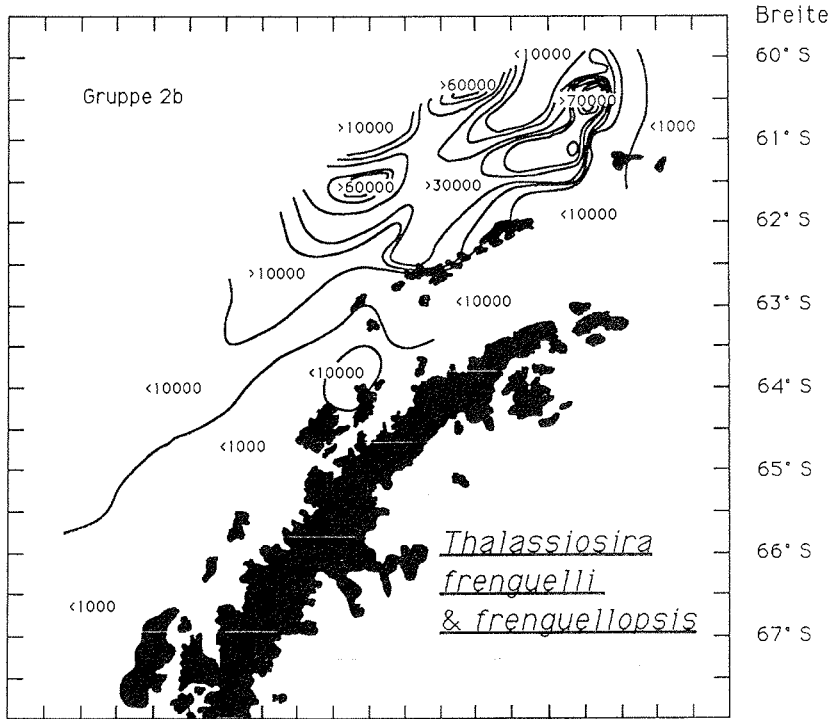


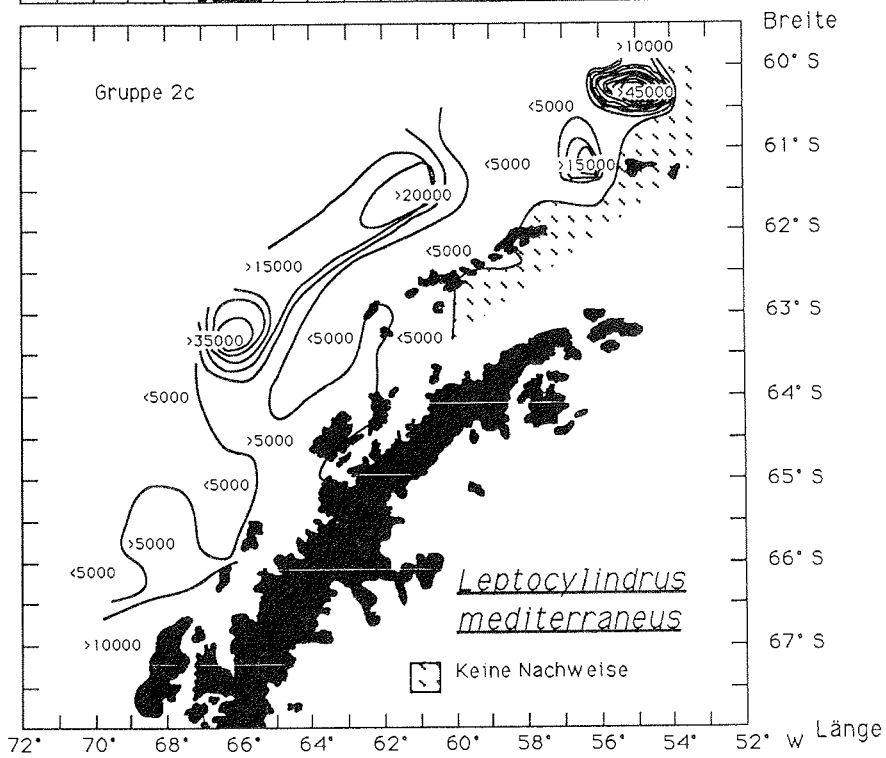
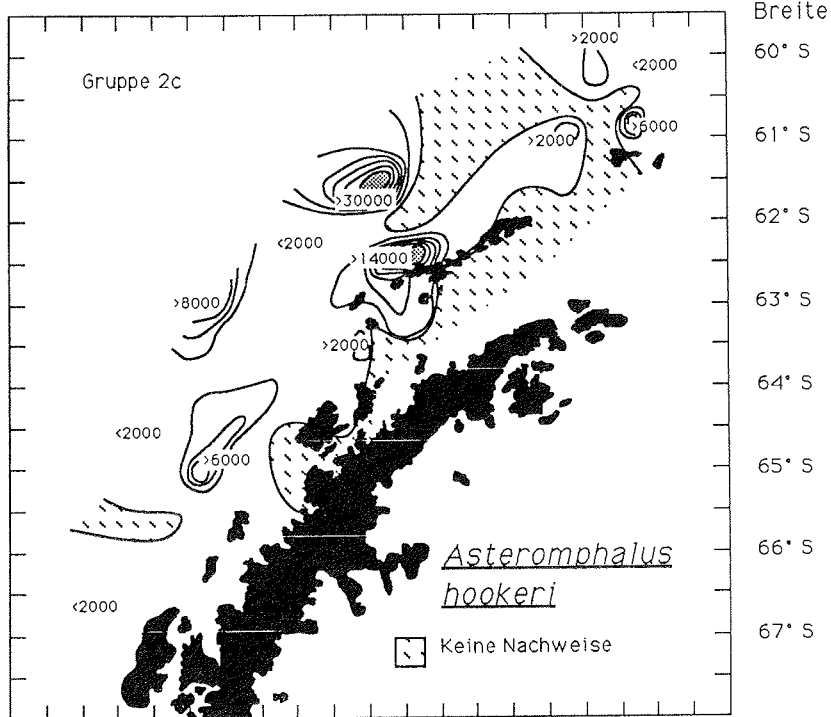


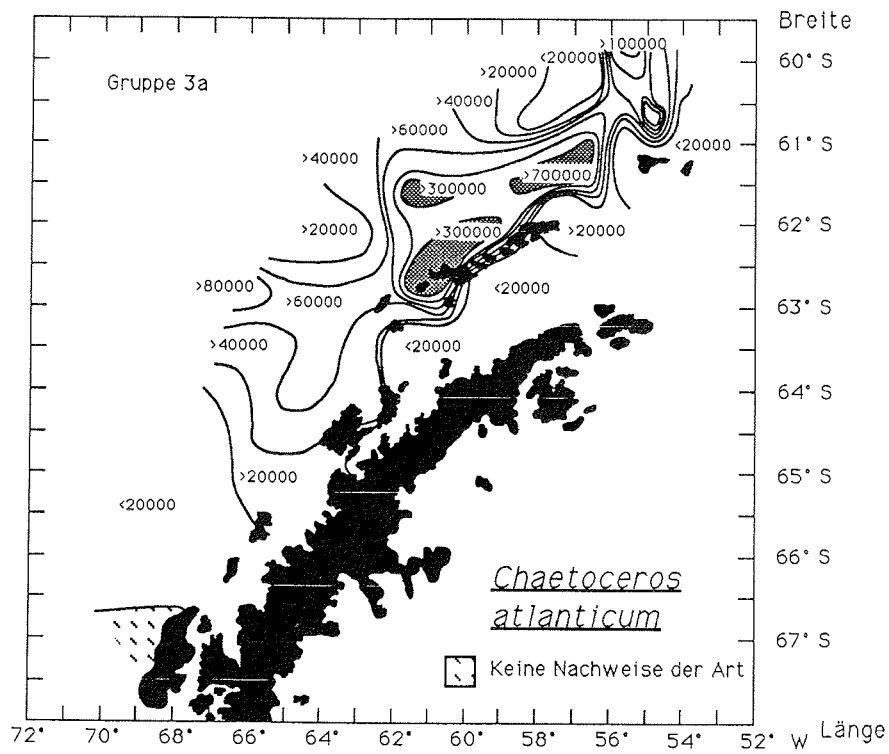
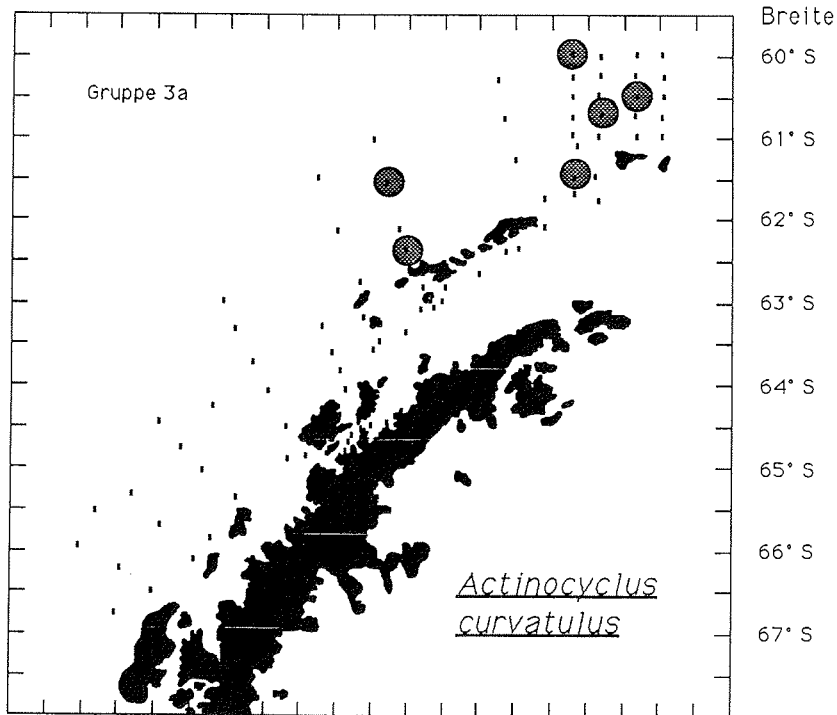


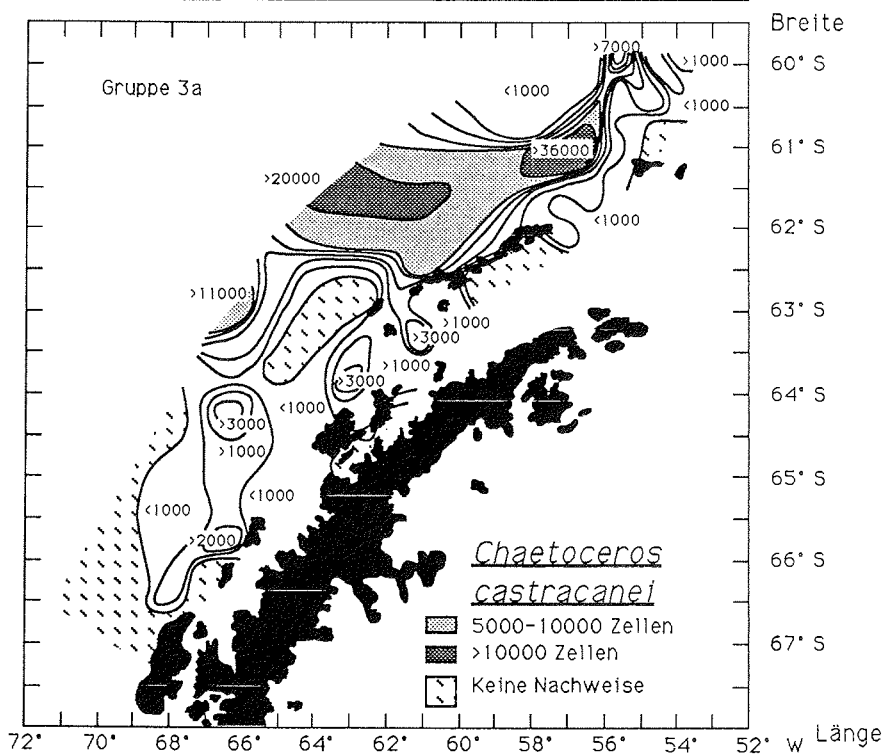
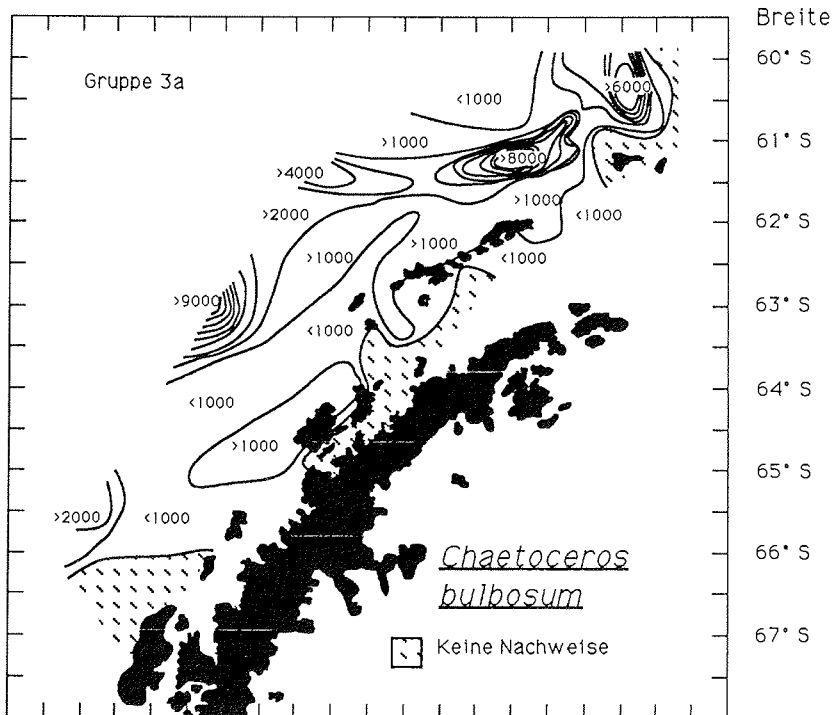


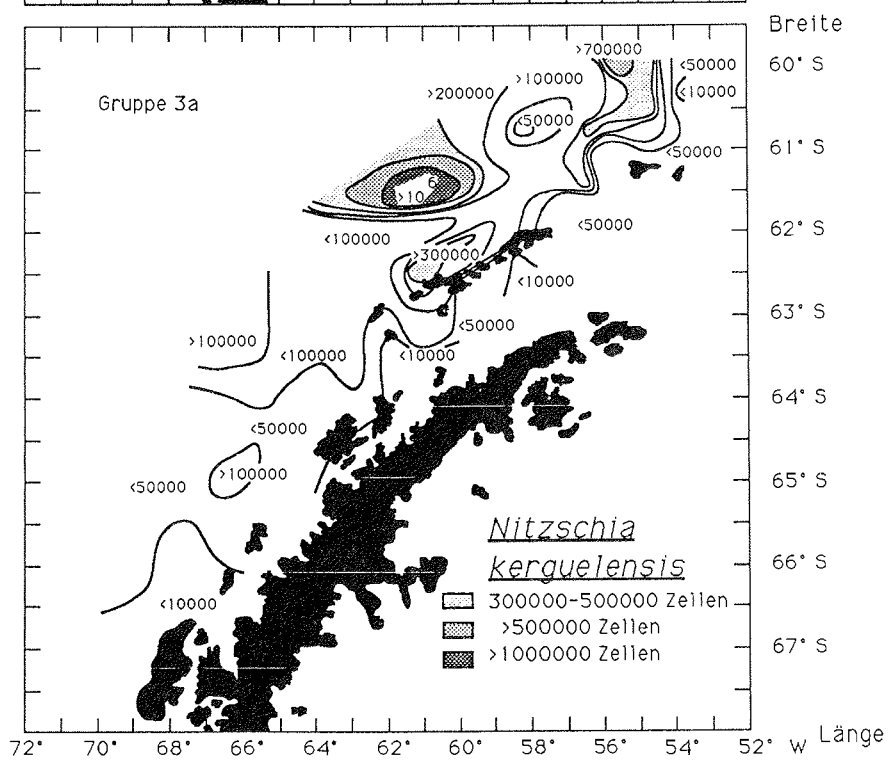
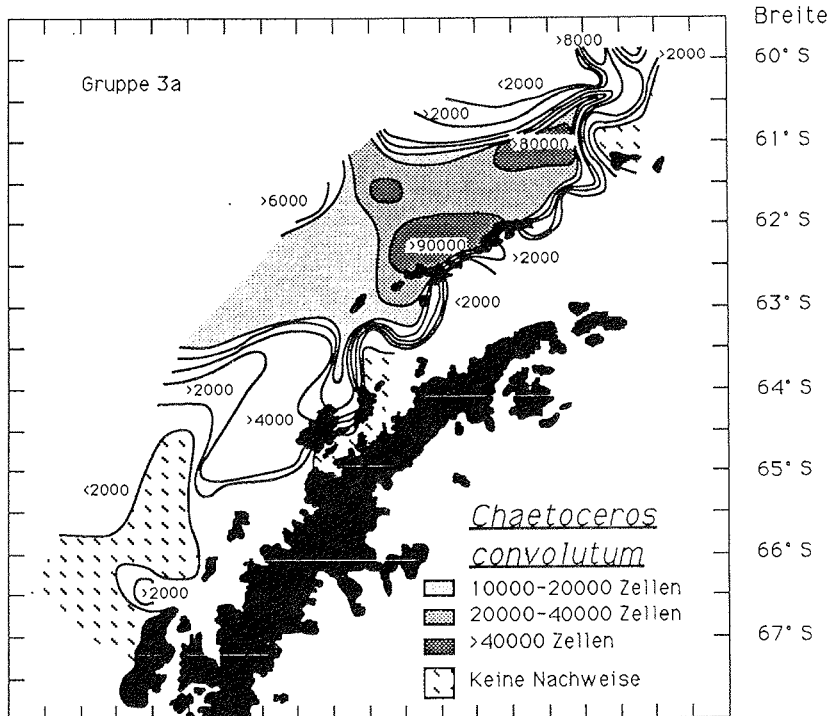




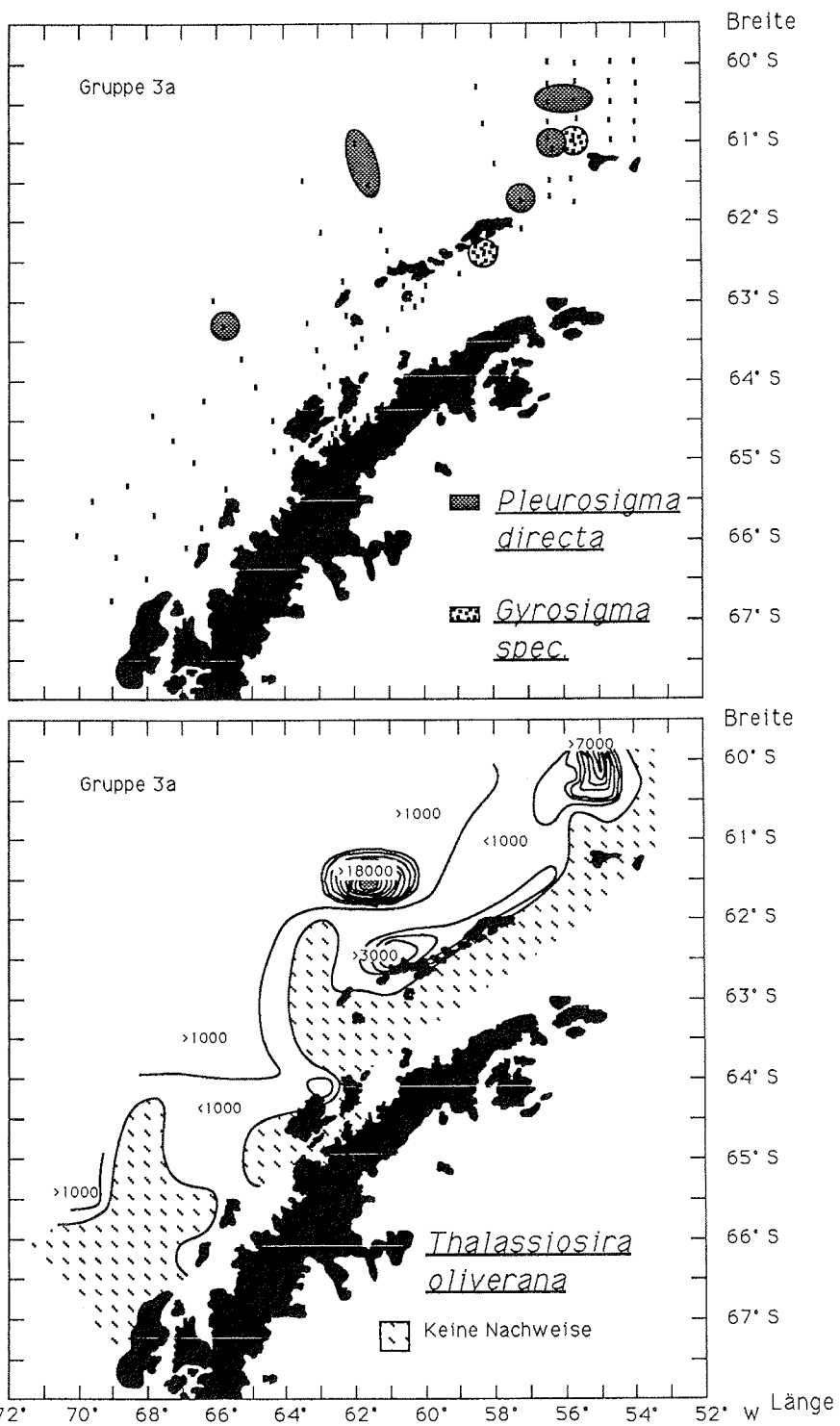


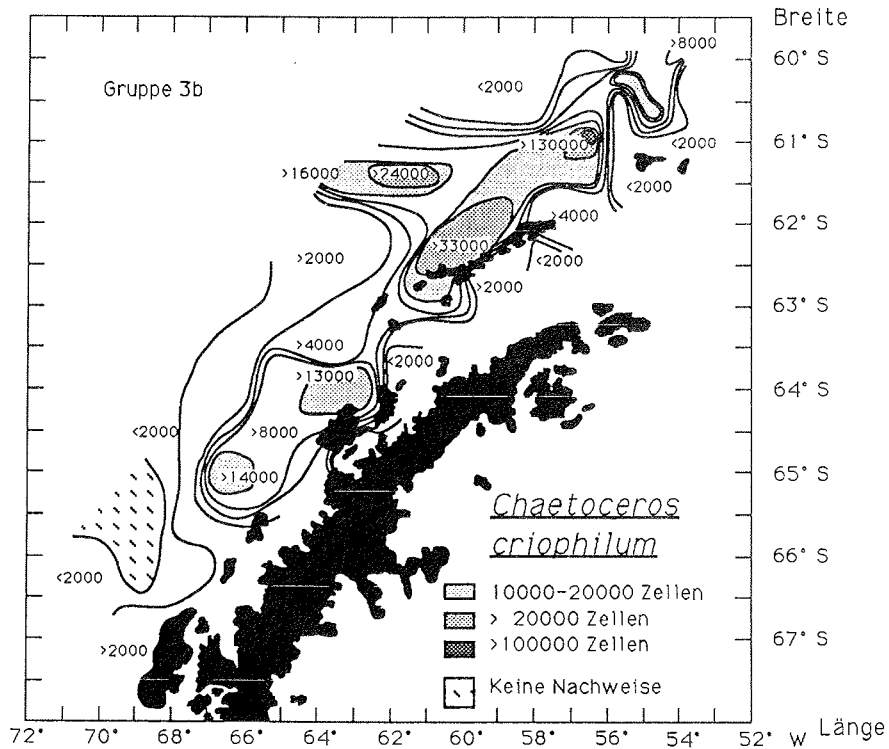
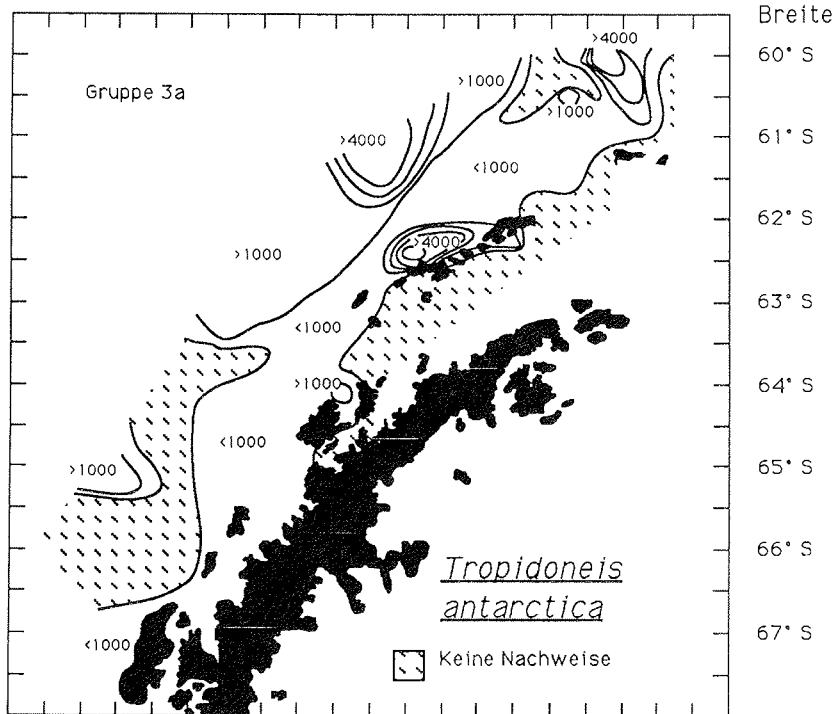


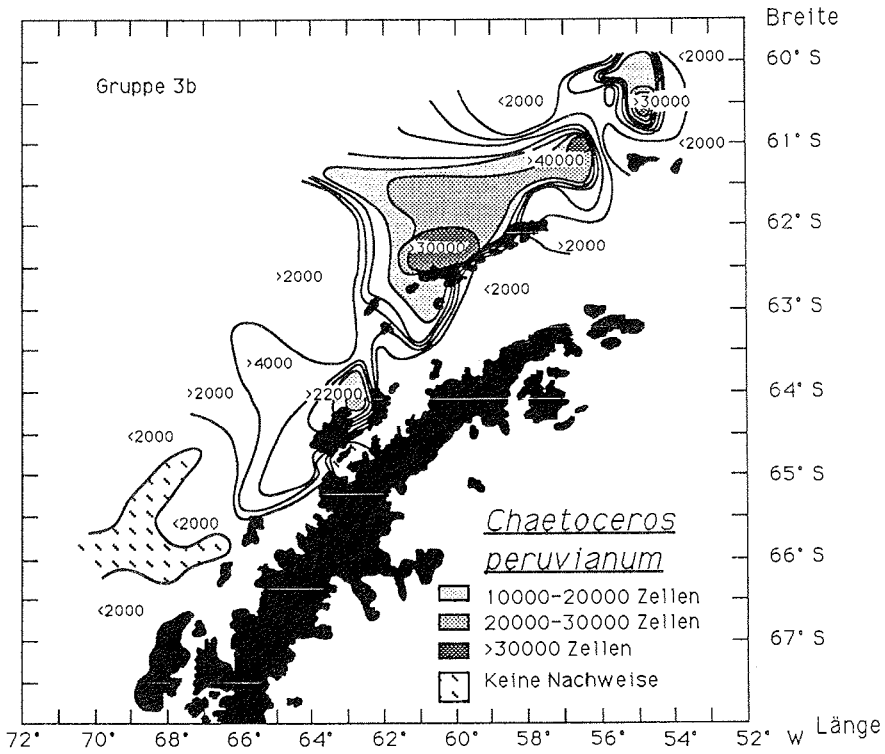
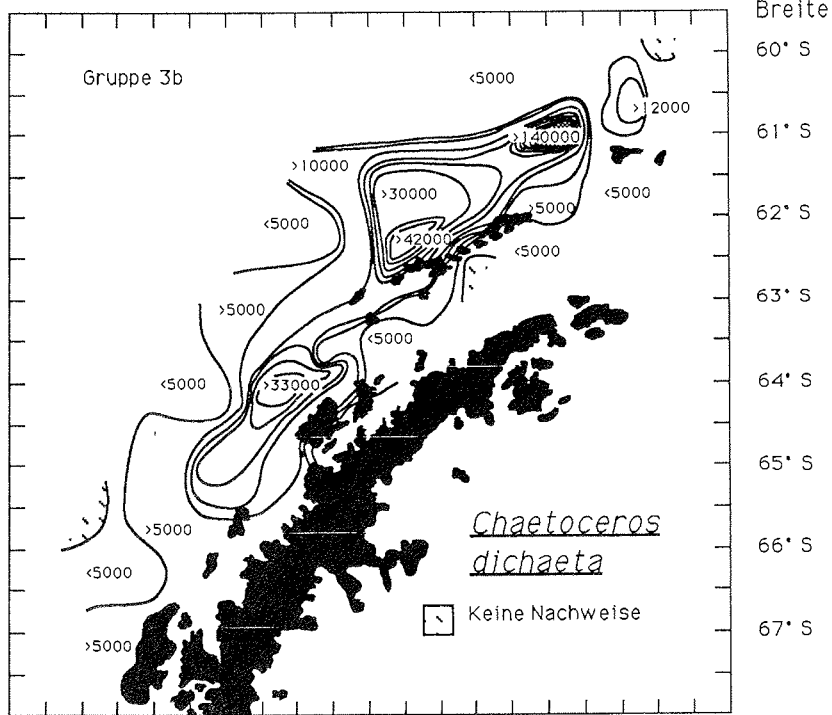


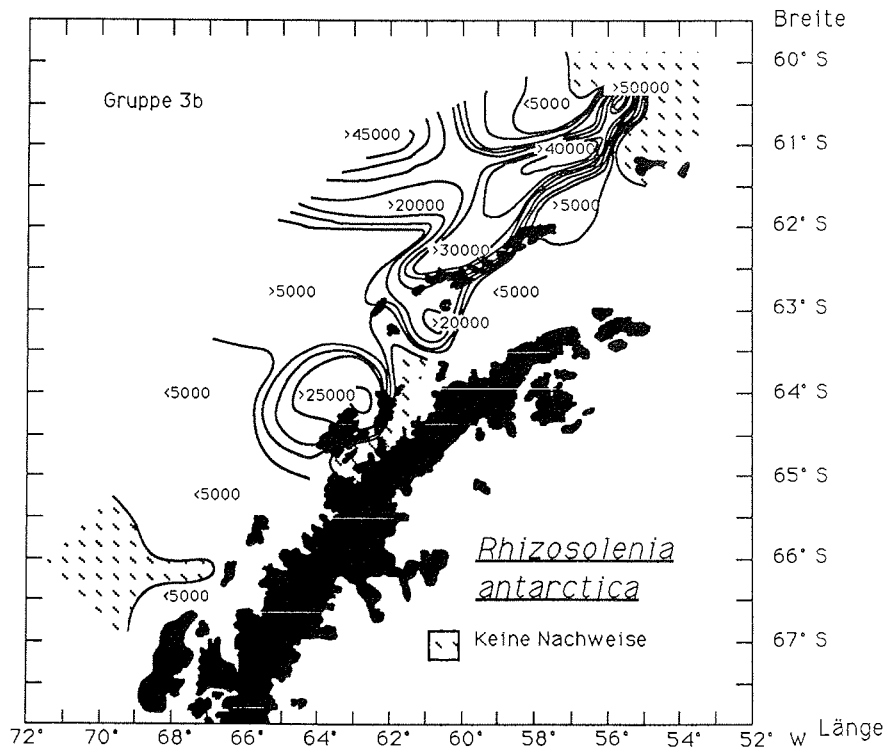
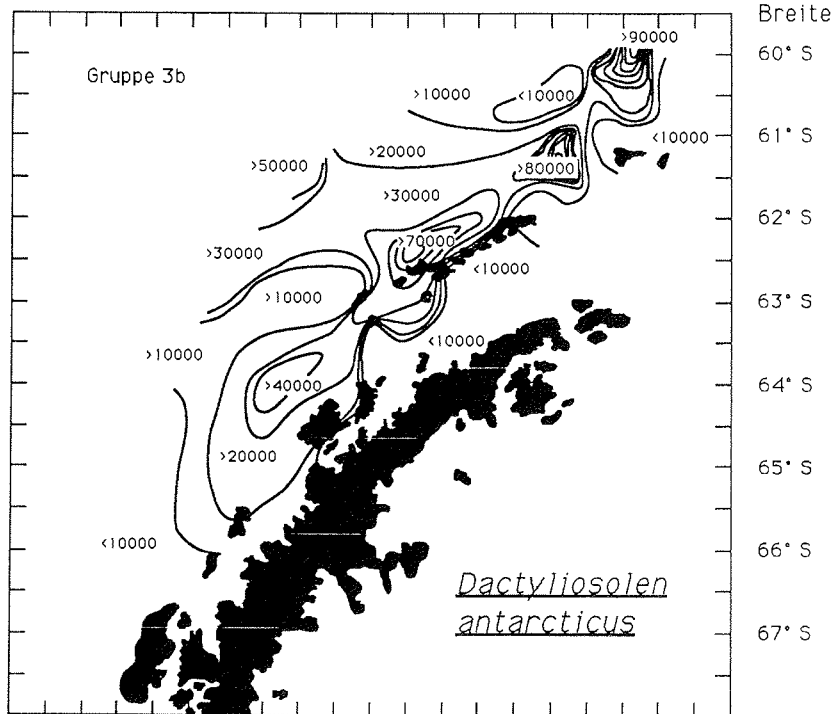


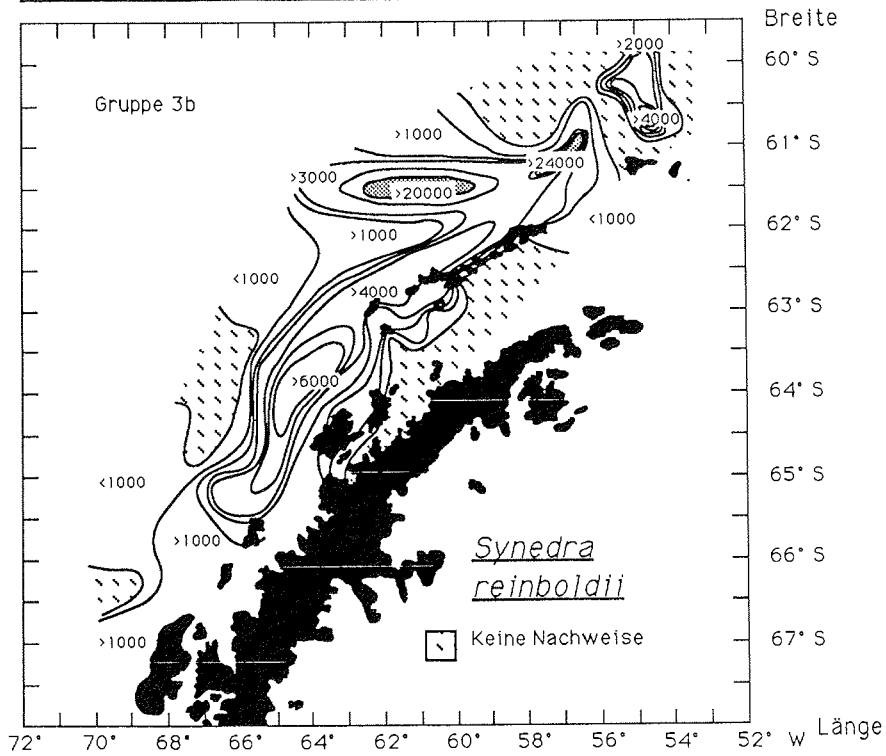
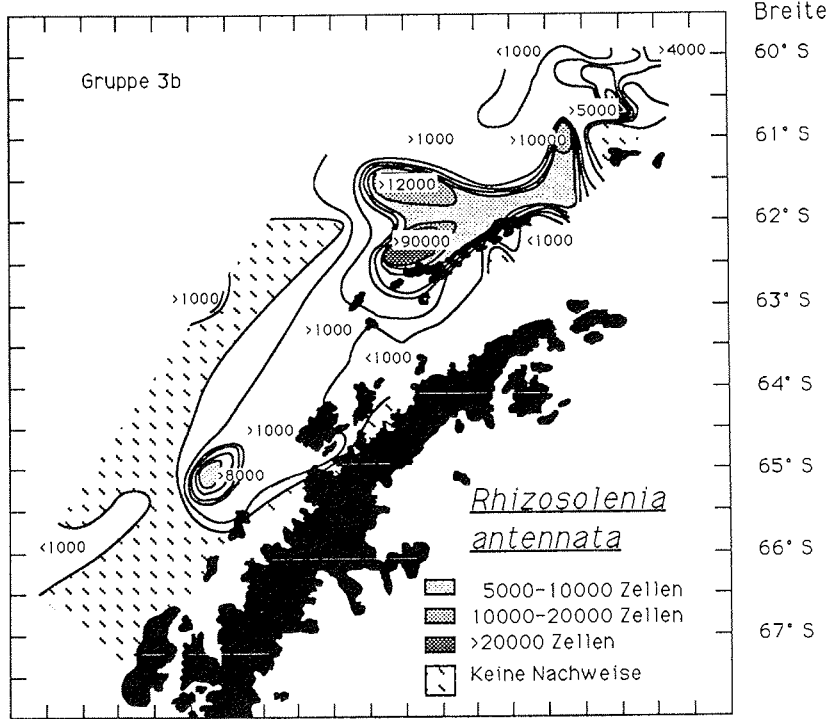


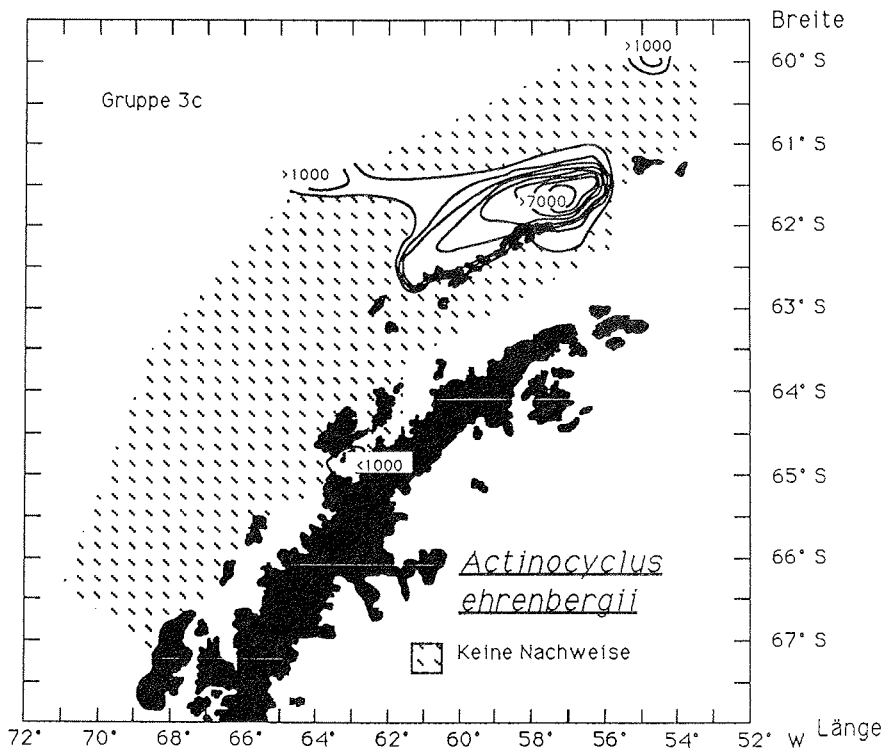
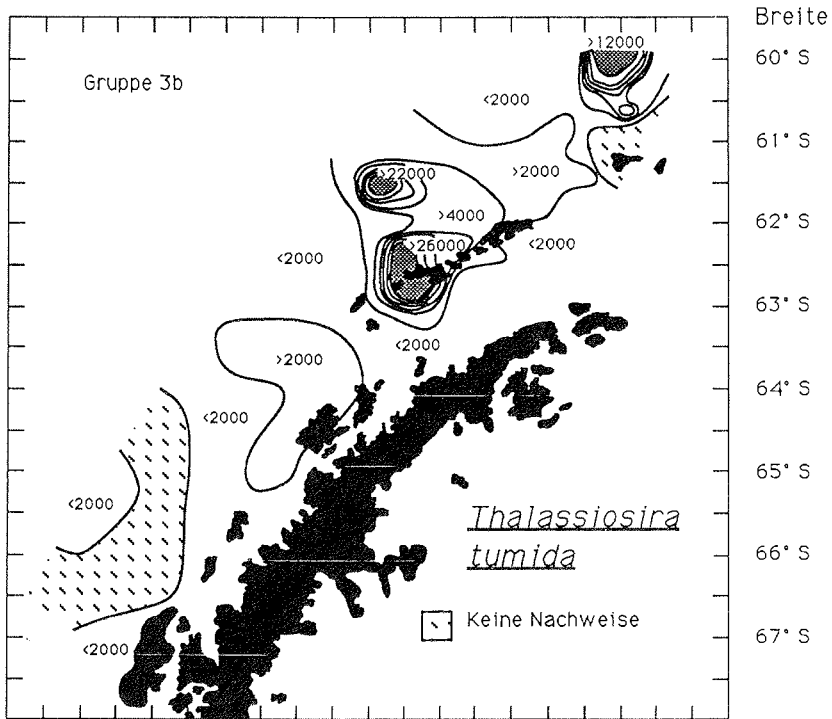


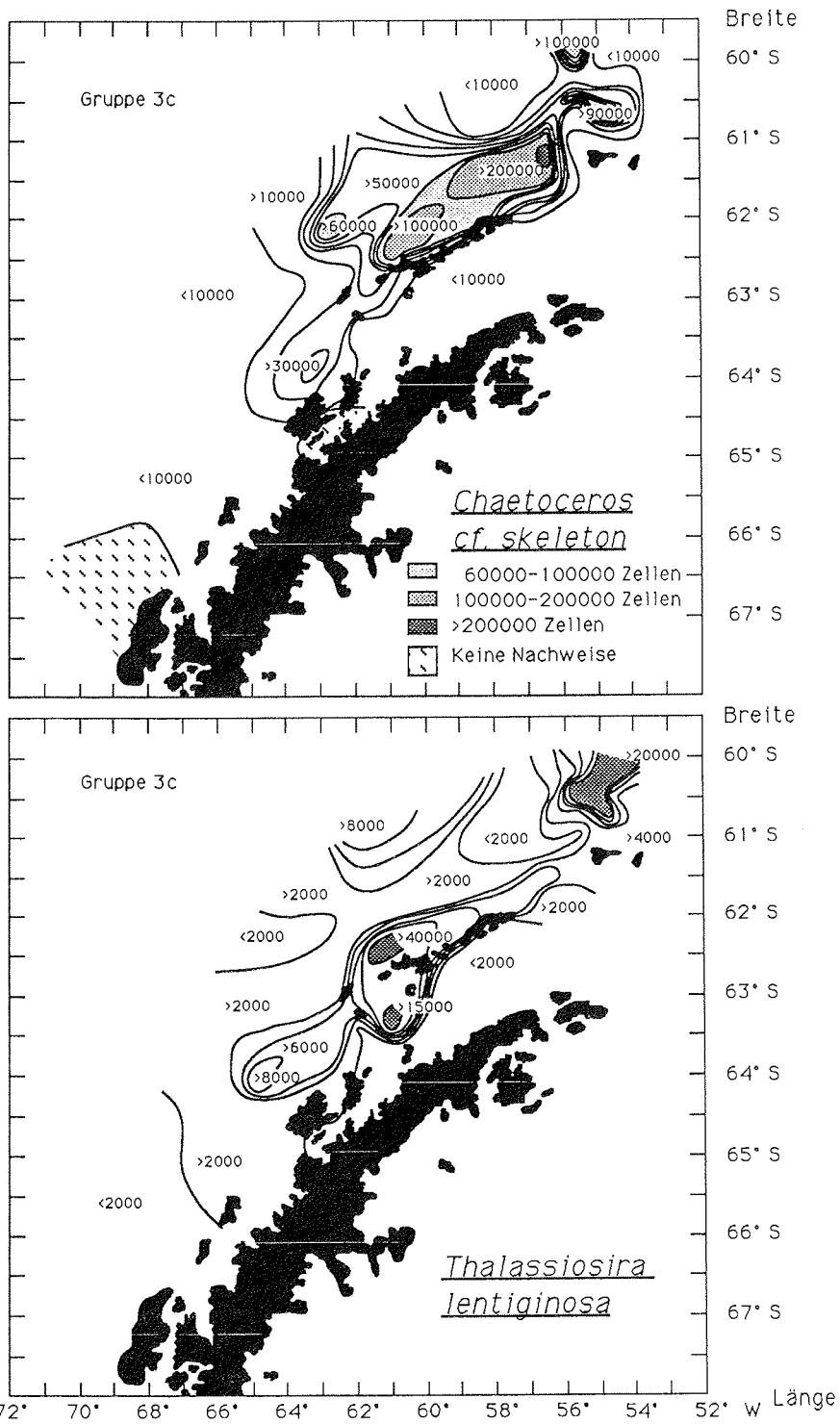




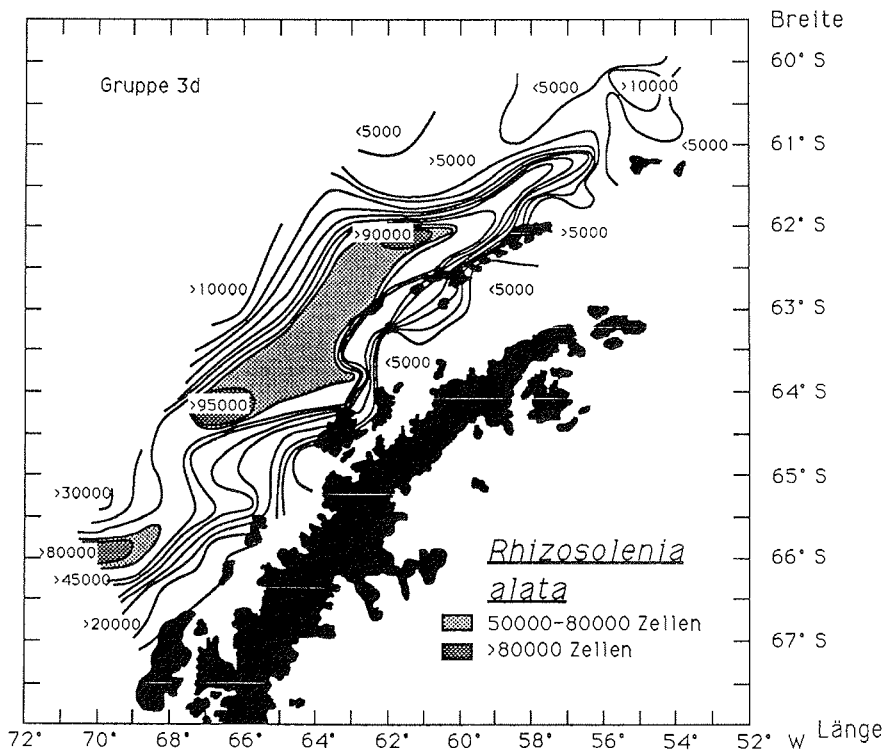
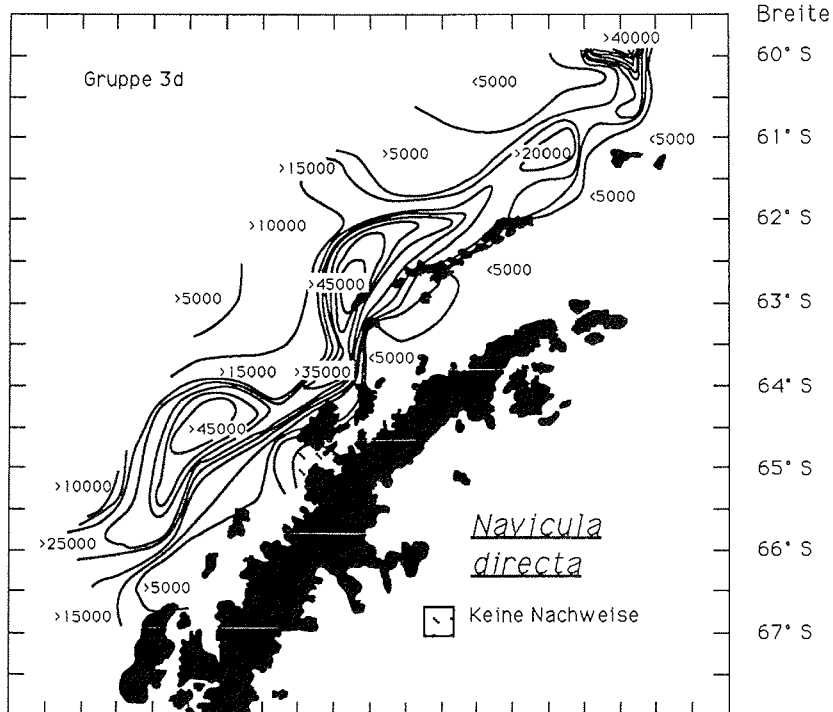






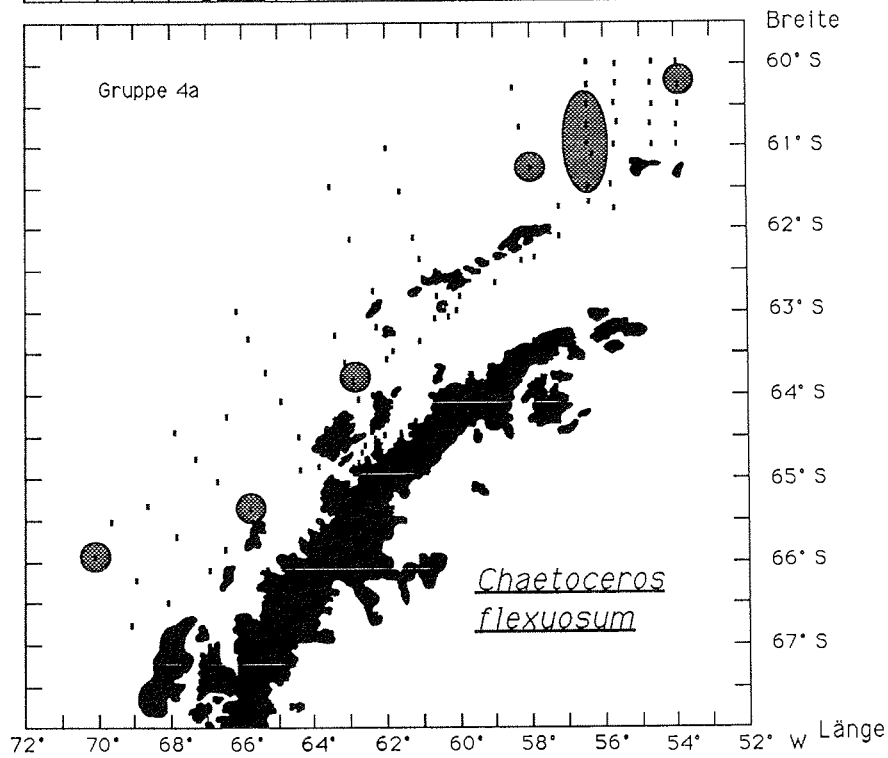
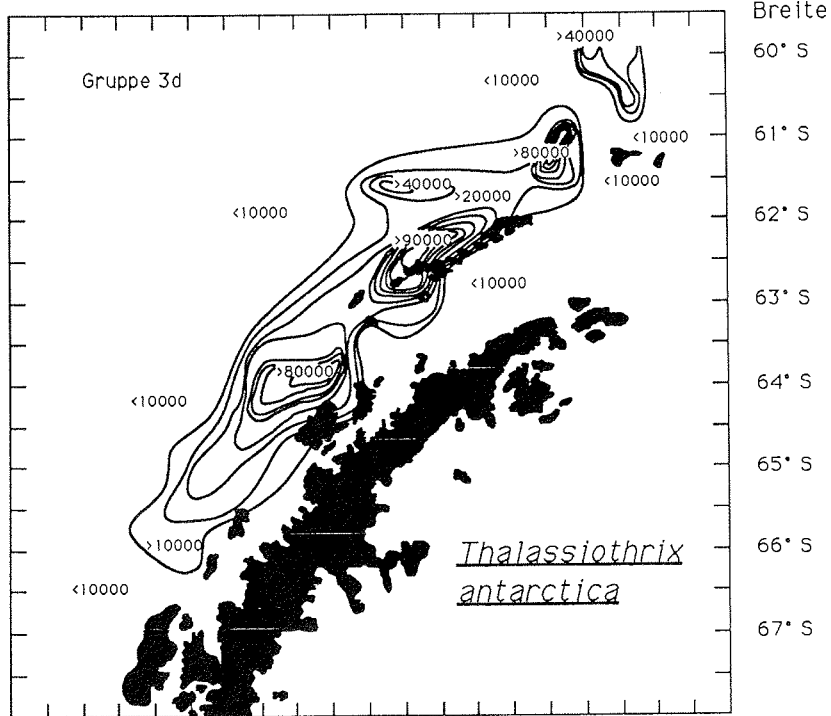


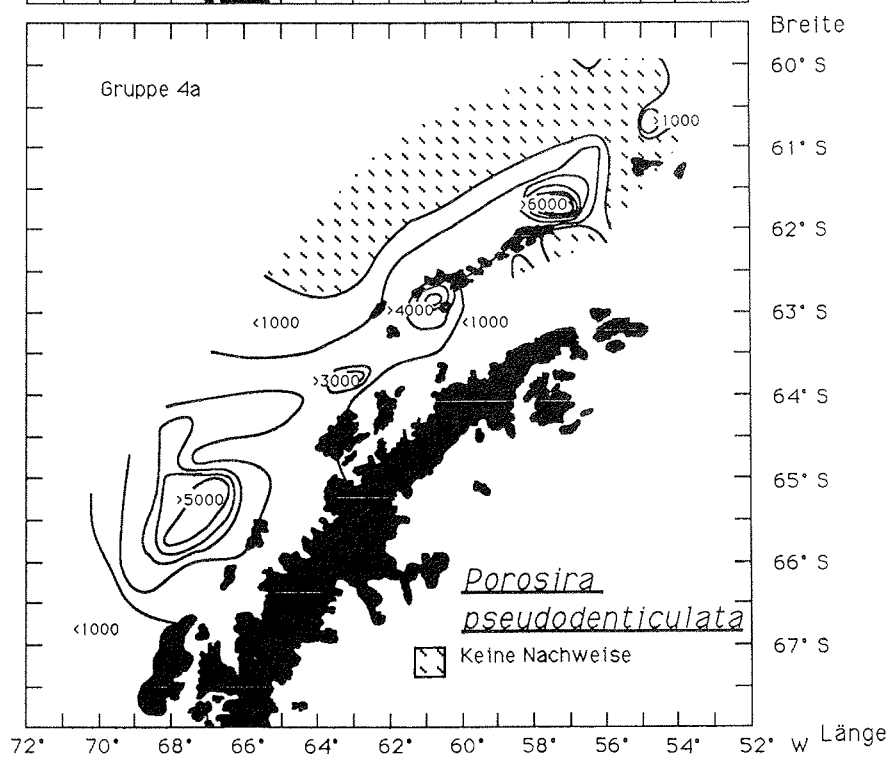
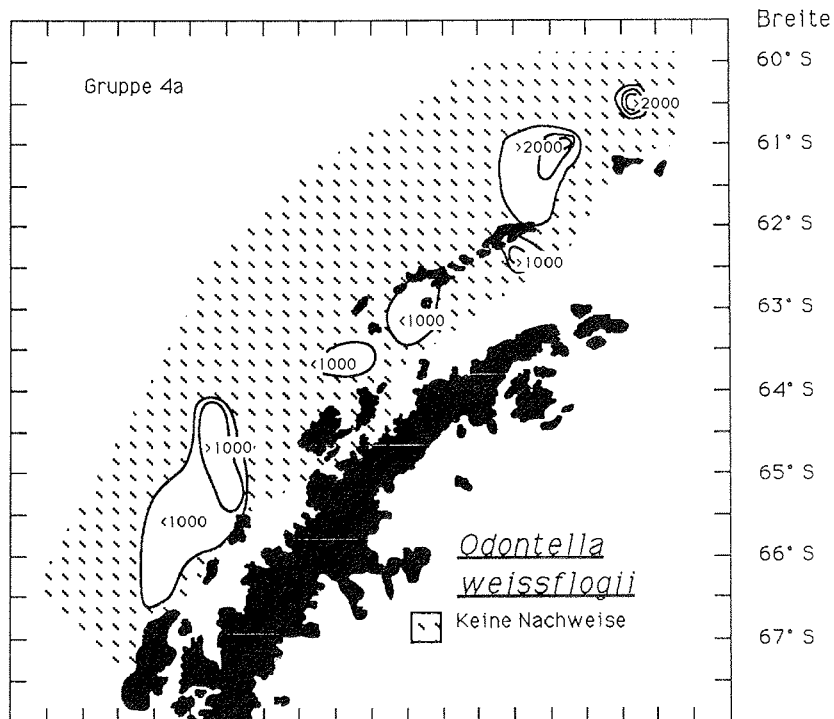
Die Verbreitung von *Nitzschia complex seriata* ist im Text (Abb. 25) dargestellt.

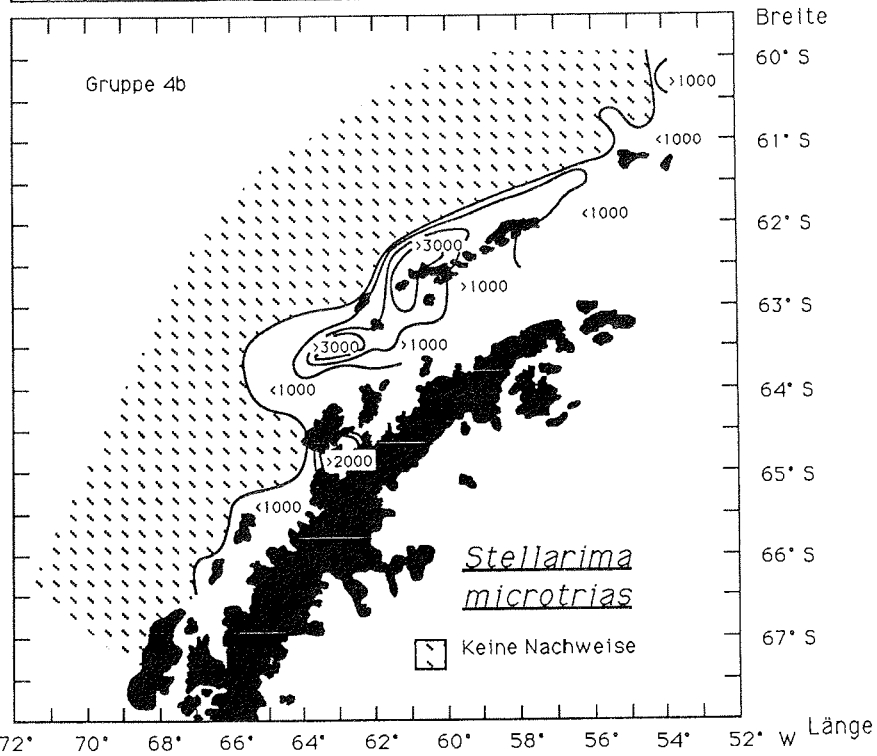
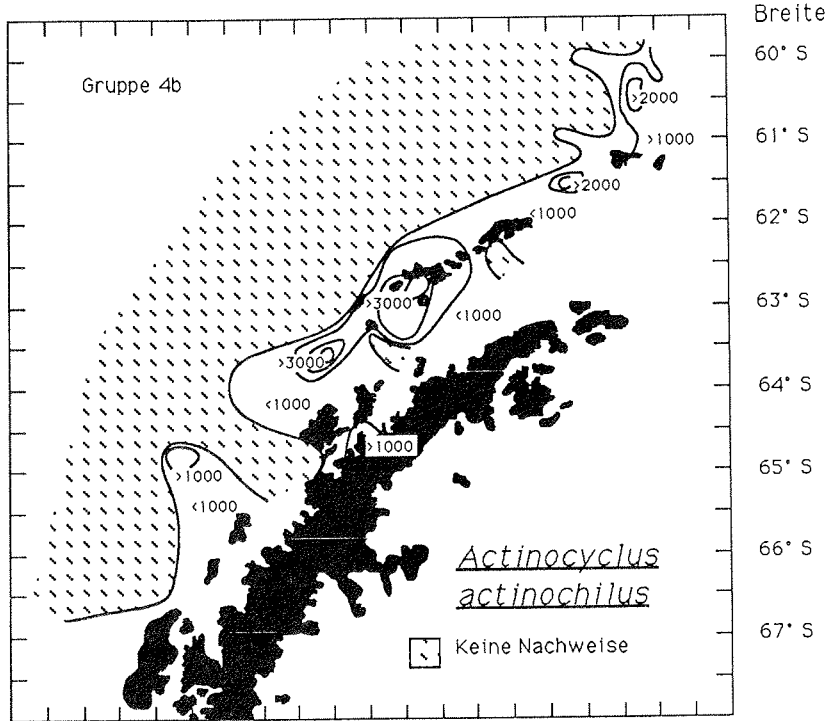


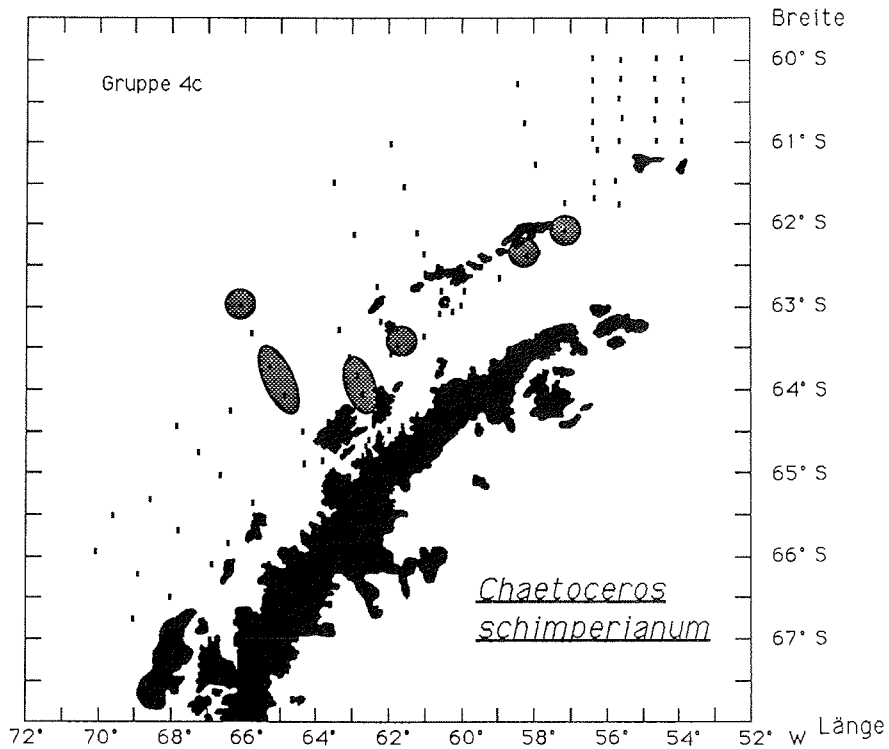
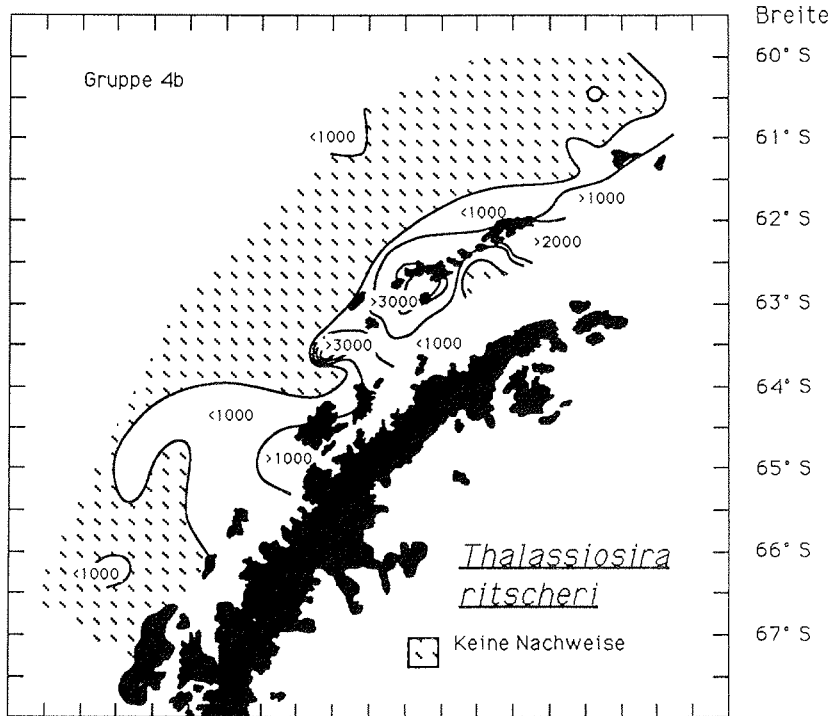
Die Verbreitung von *Chaetoceros curvisetum* ist im Text (Abb. 27) dargestellt.



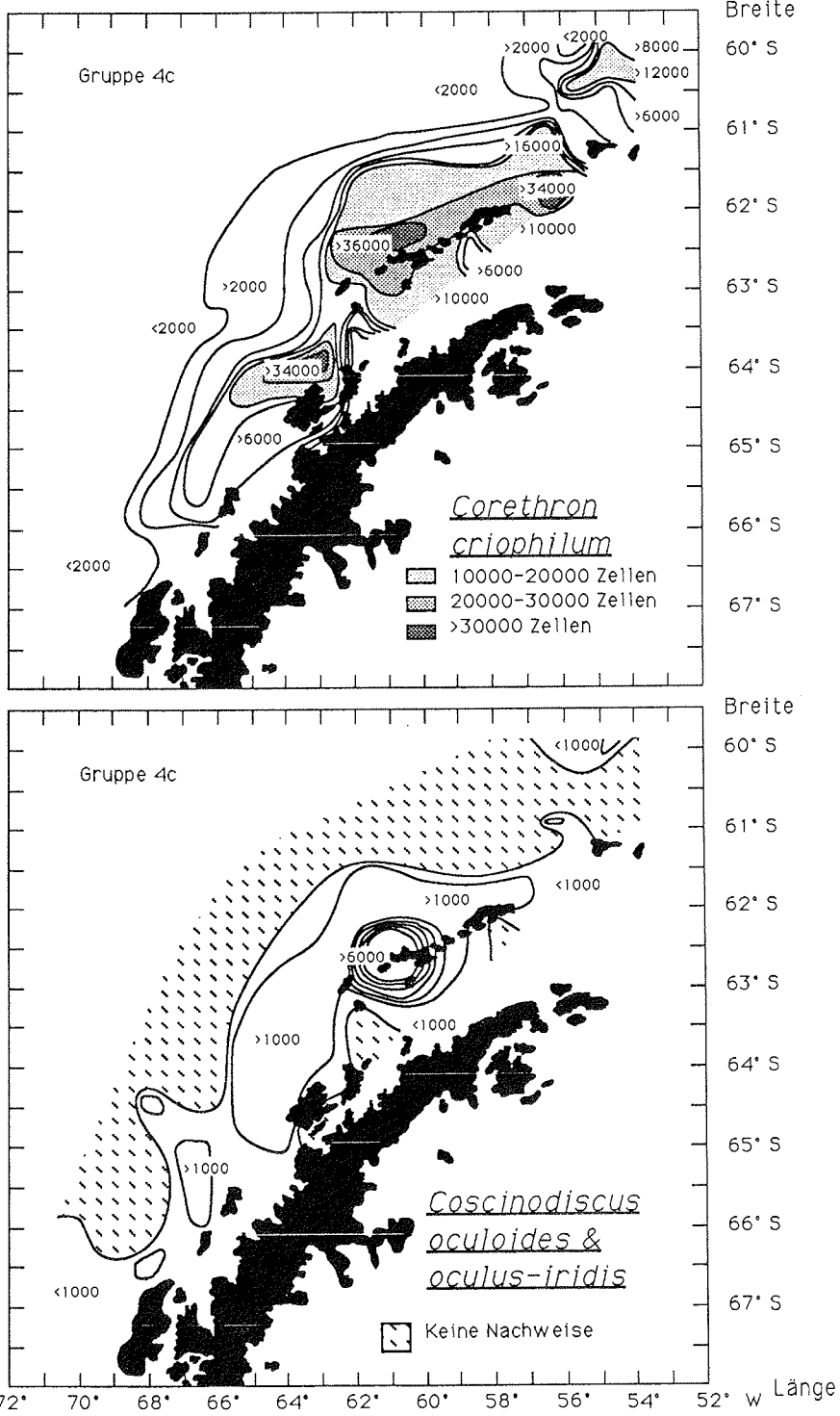


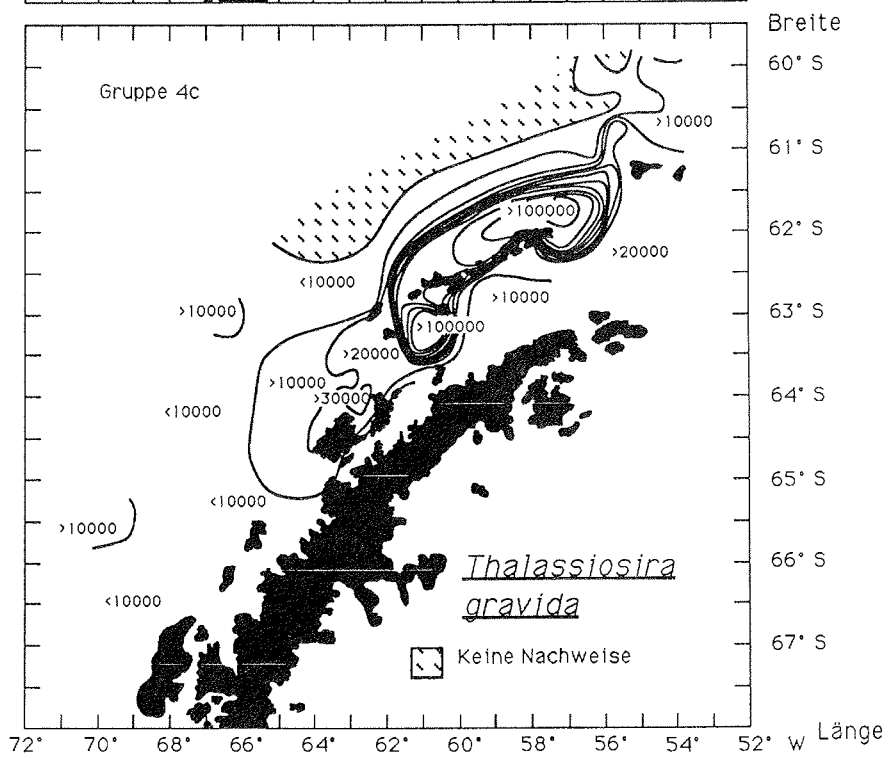
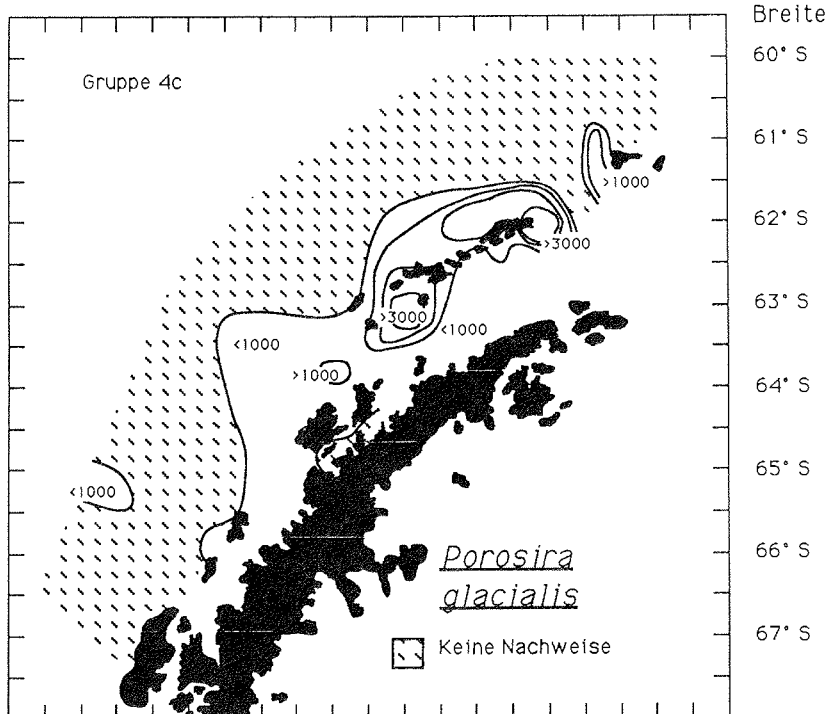


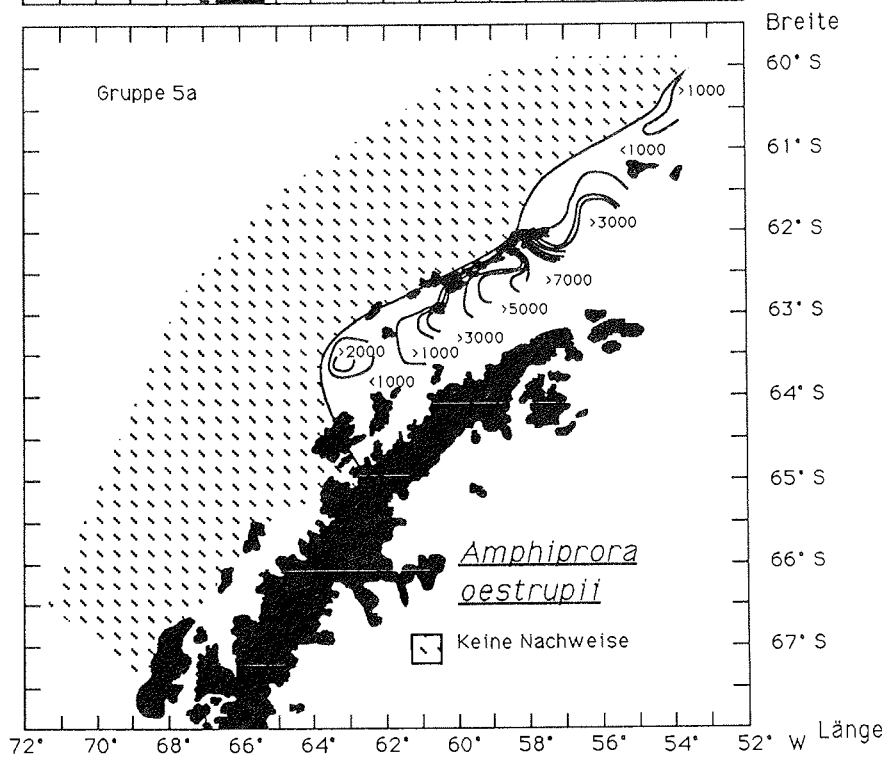
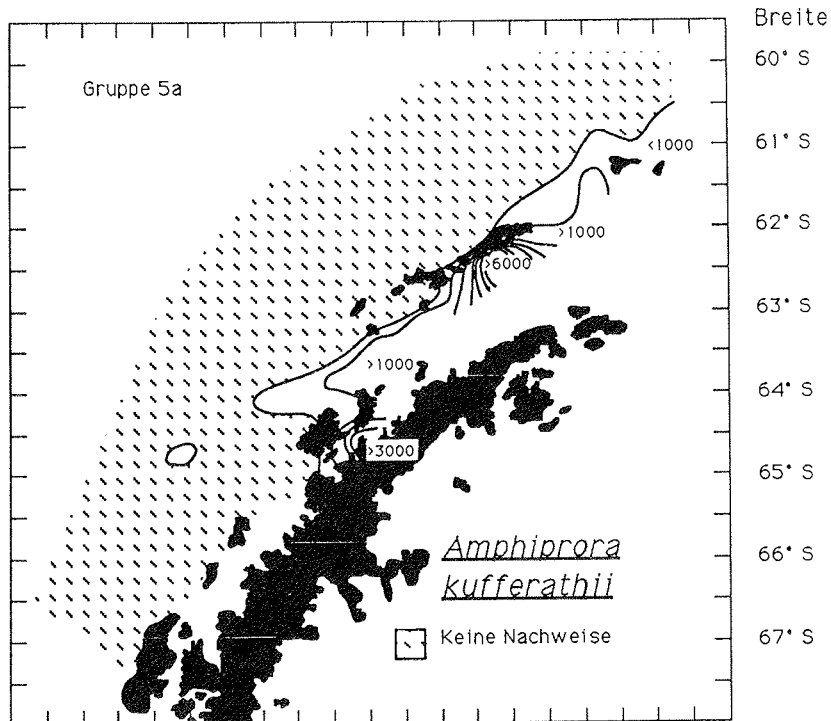


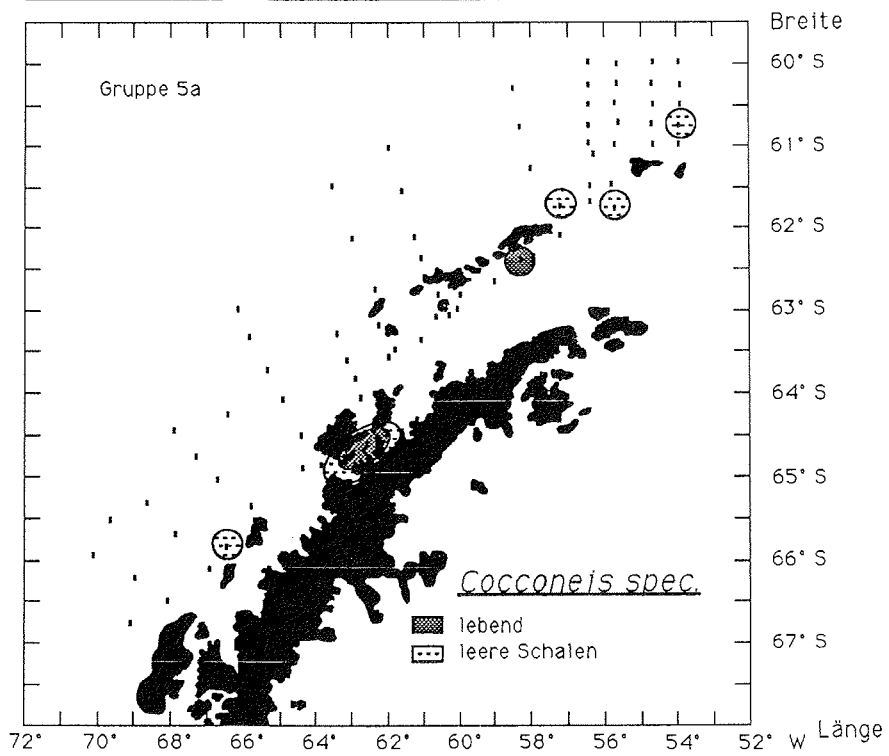
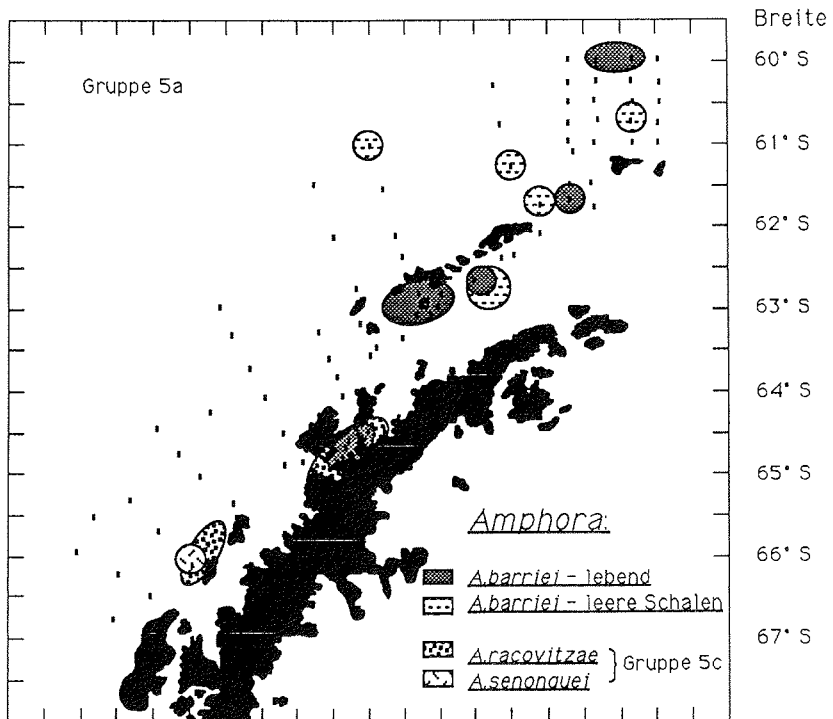


Die Verbreitung von *Chaetoceros neglectum* ist im Text (Abb. 27) dargestellt.

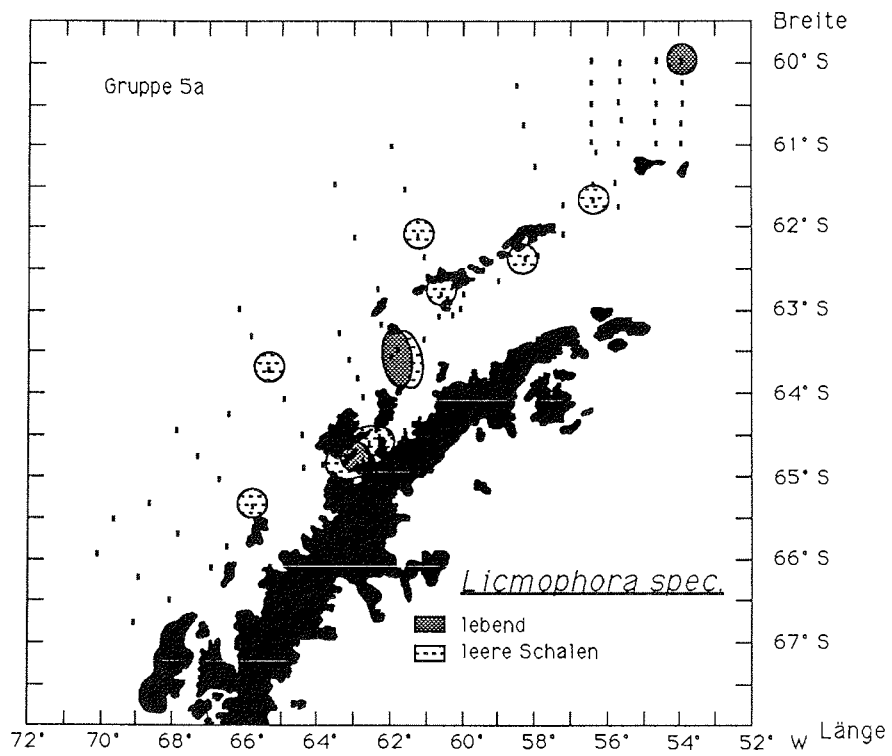
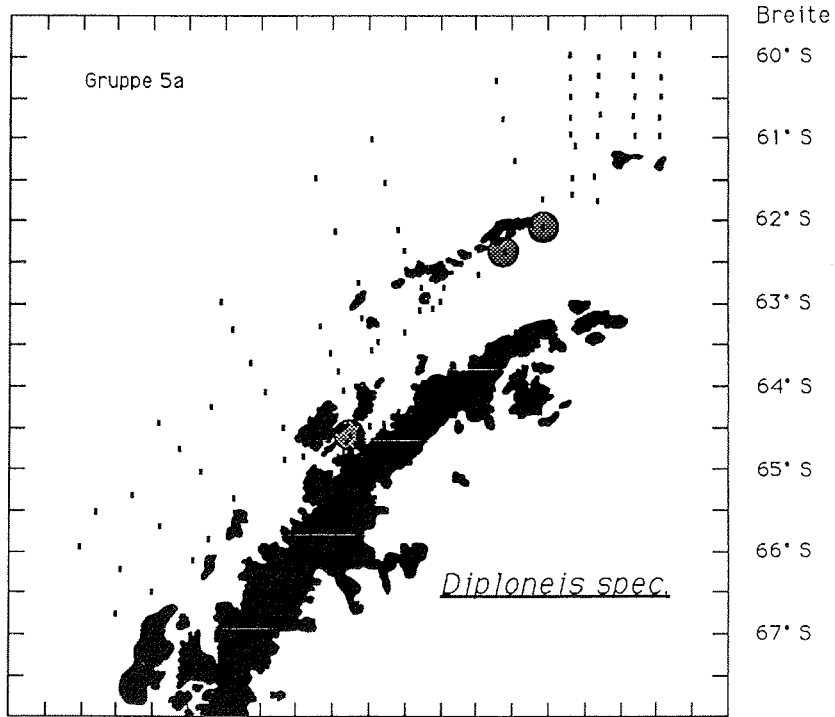


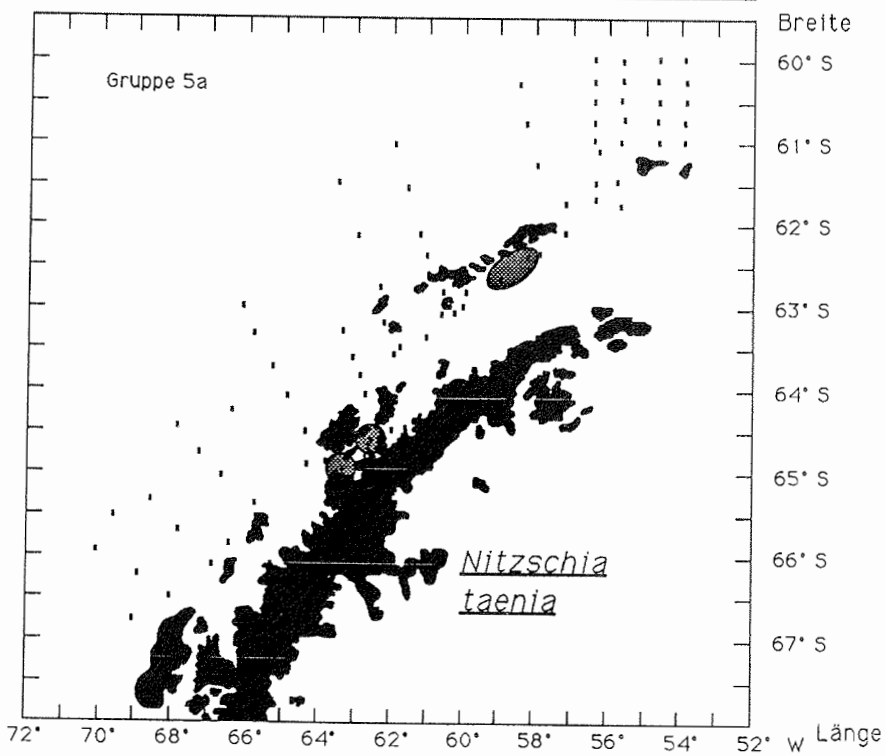
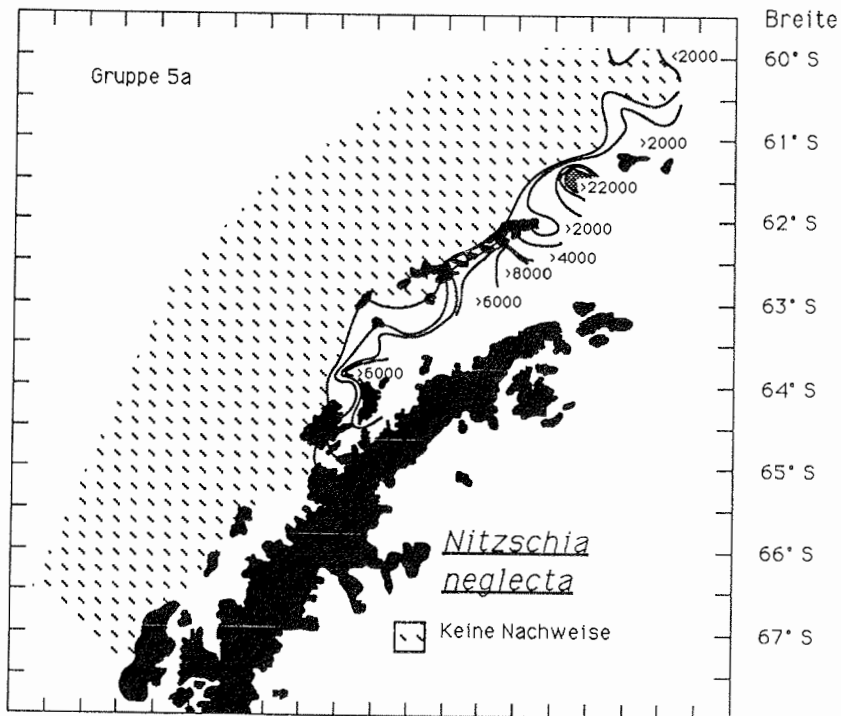


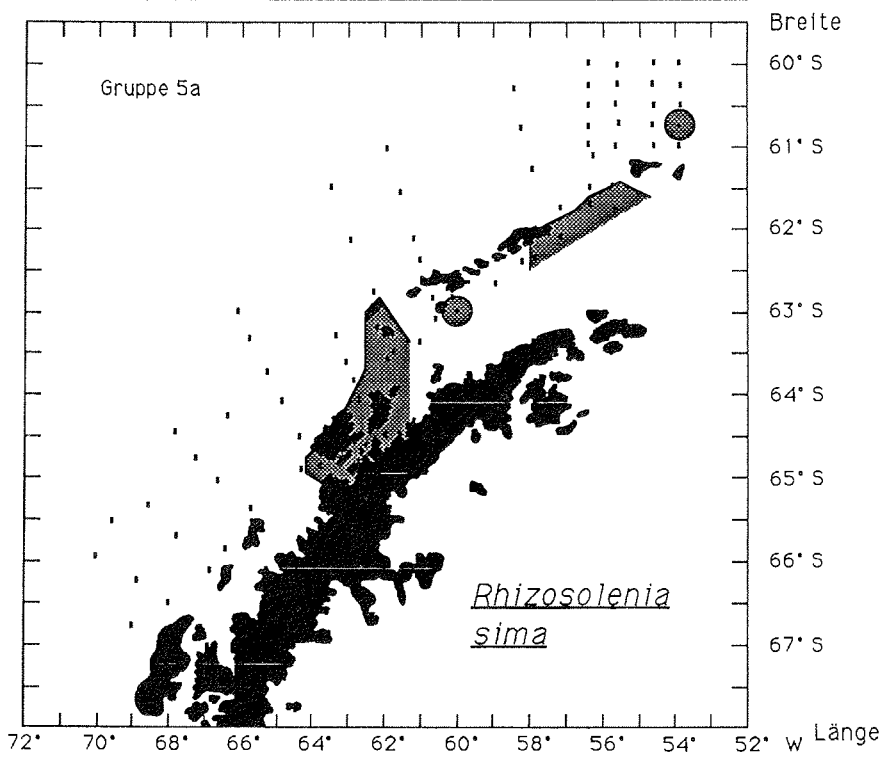
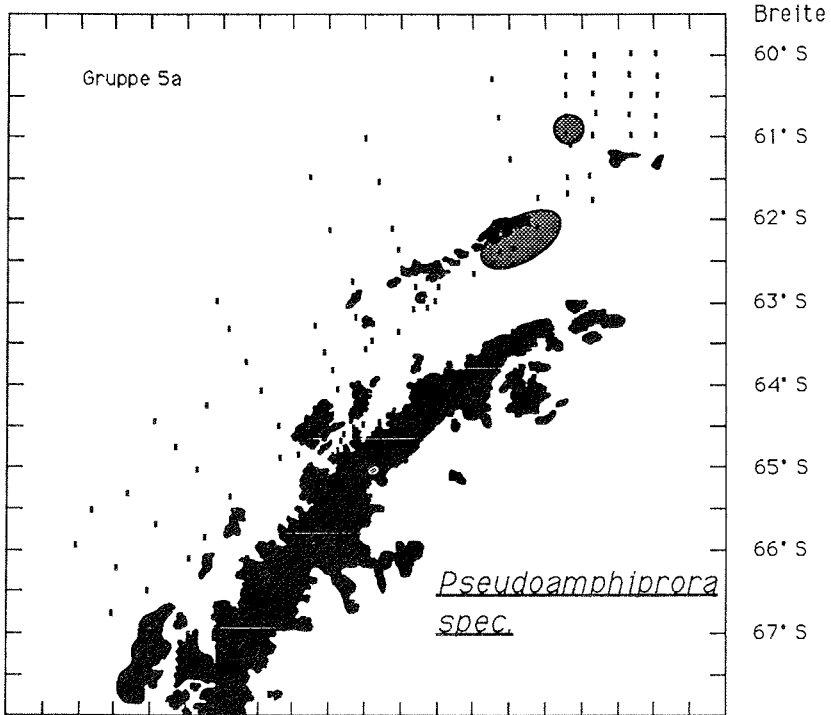


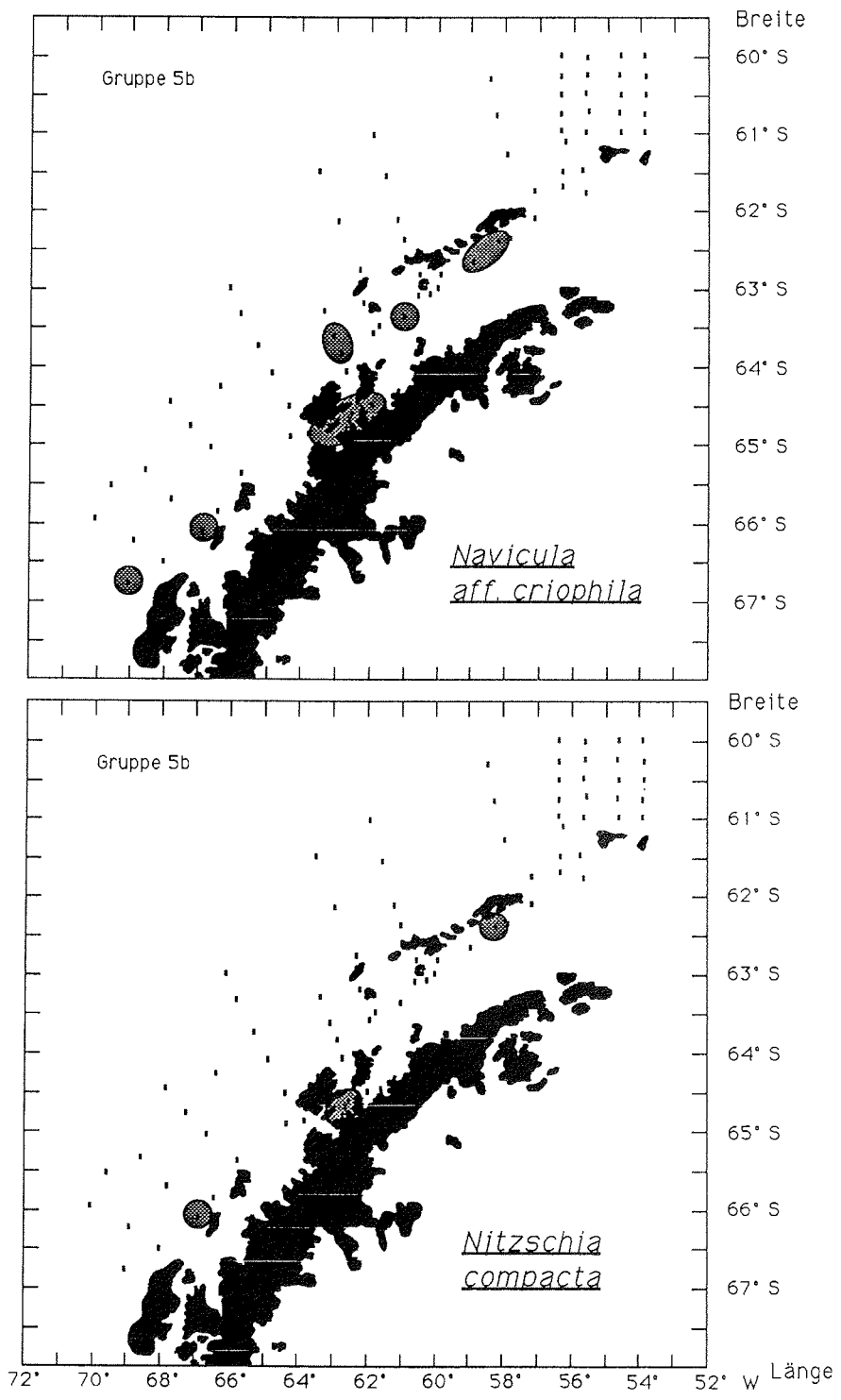


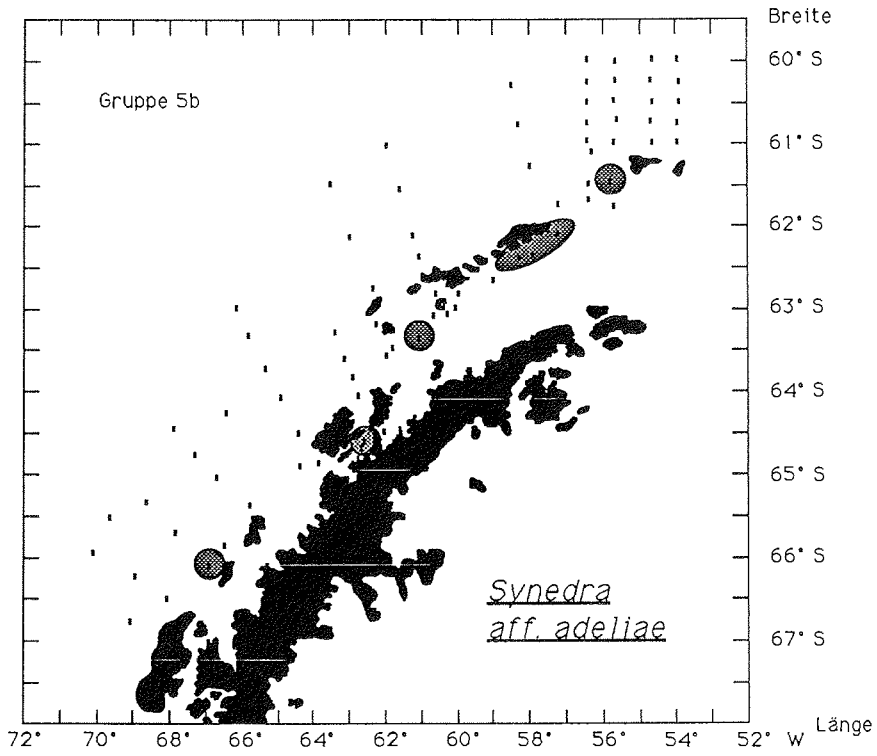
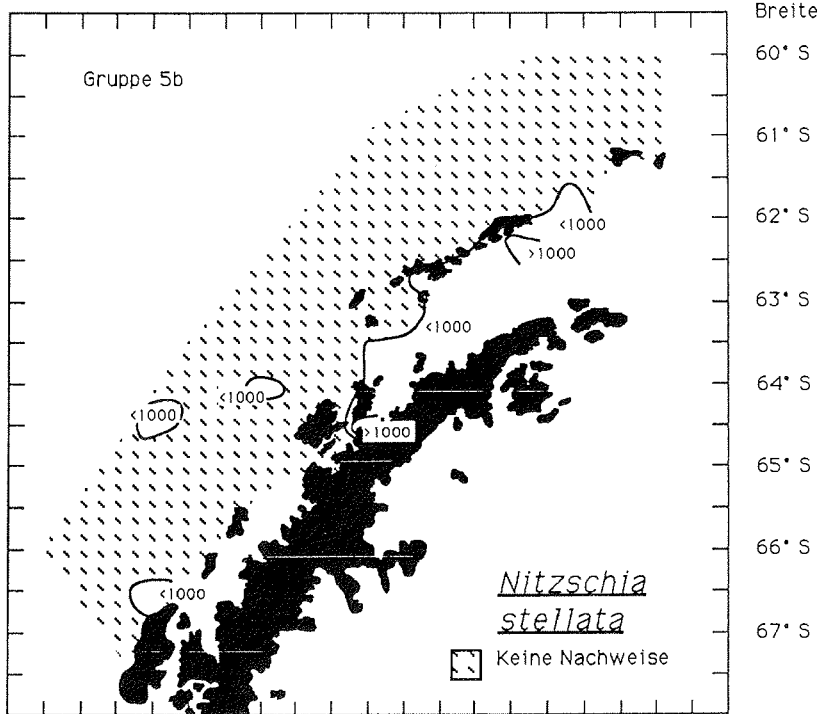


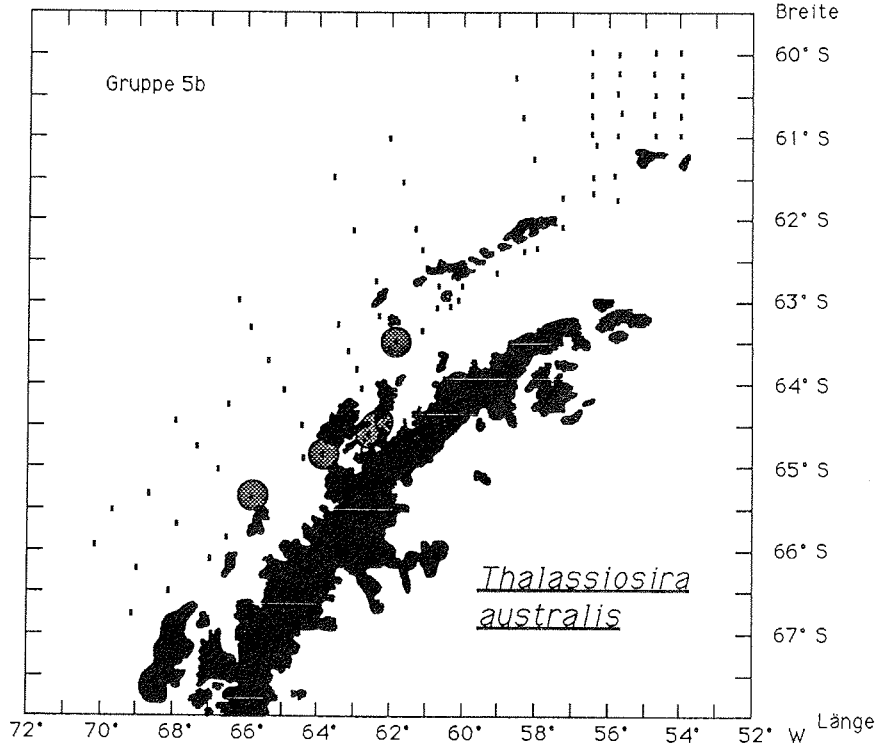
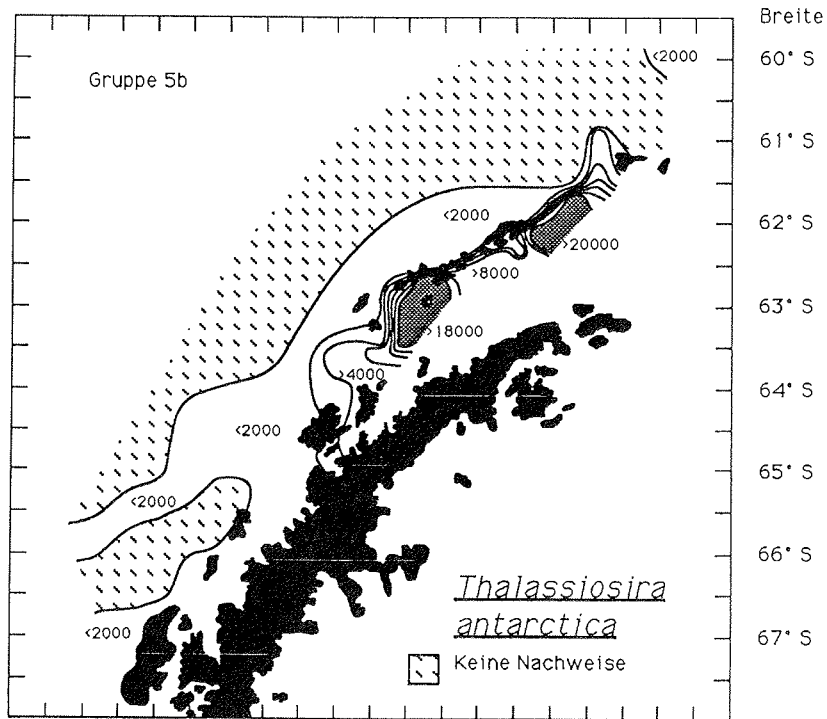


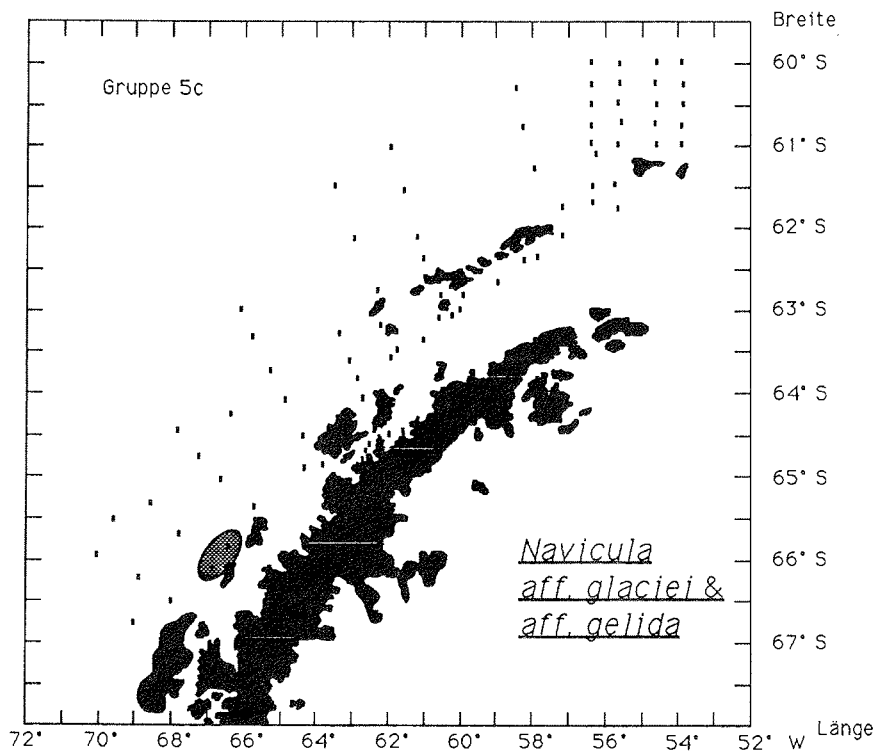
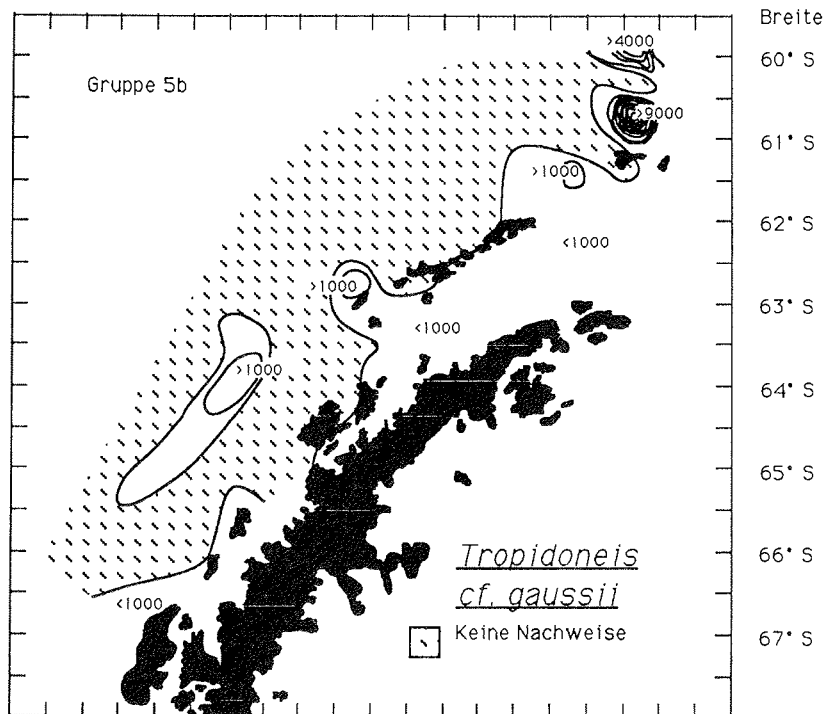




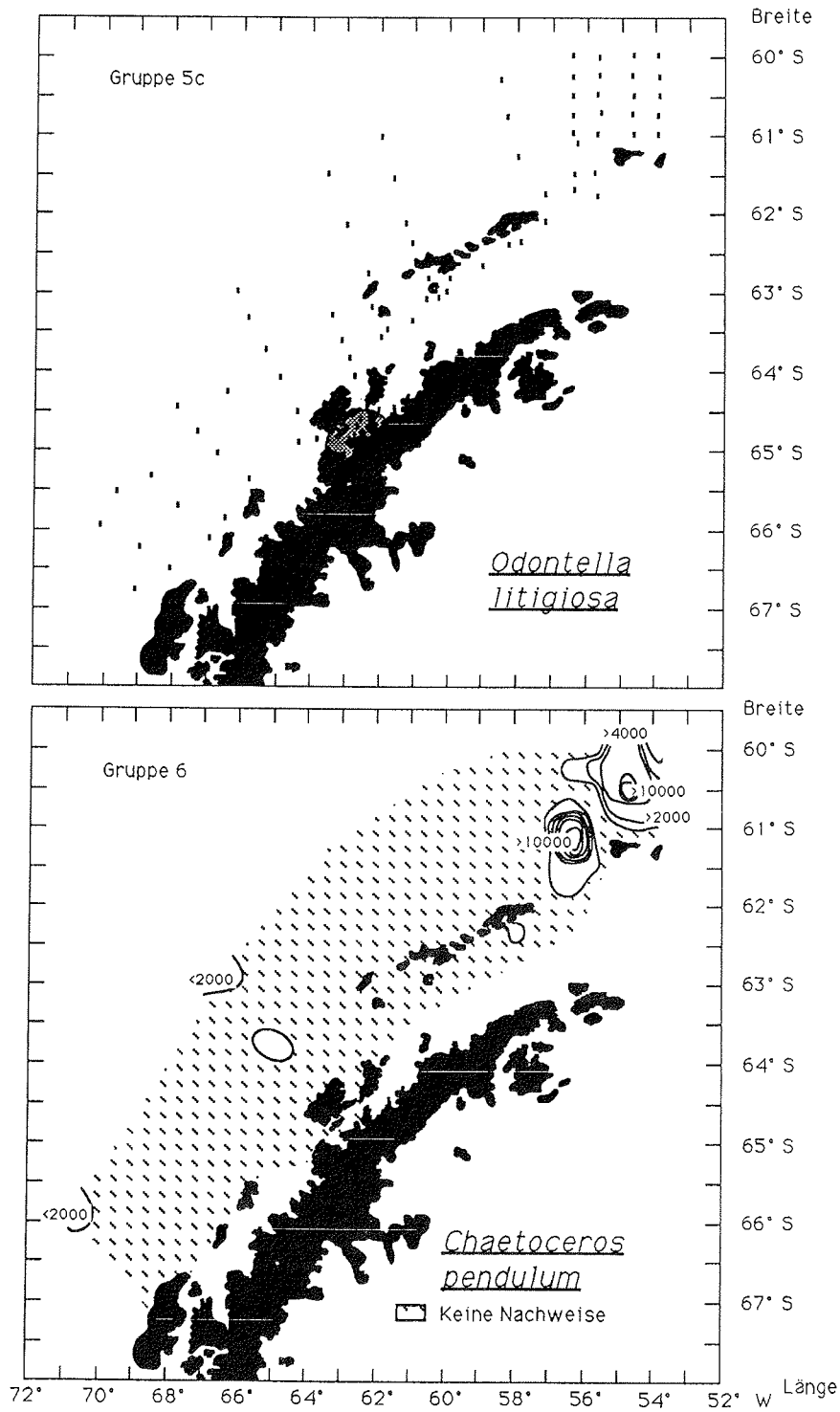






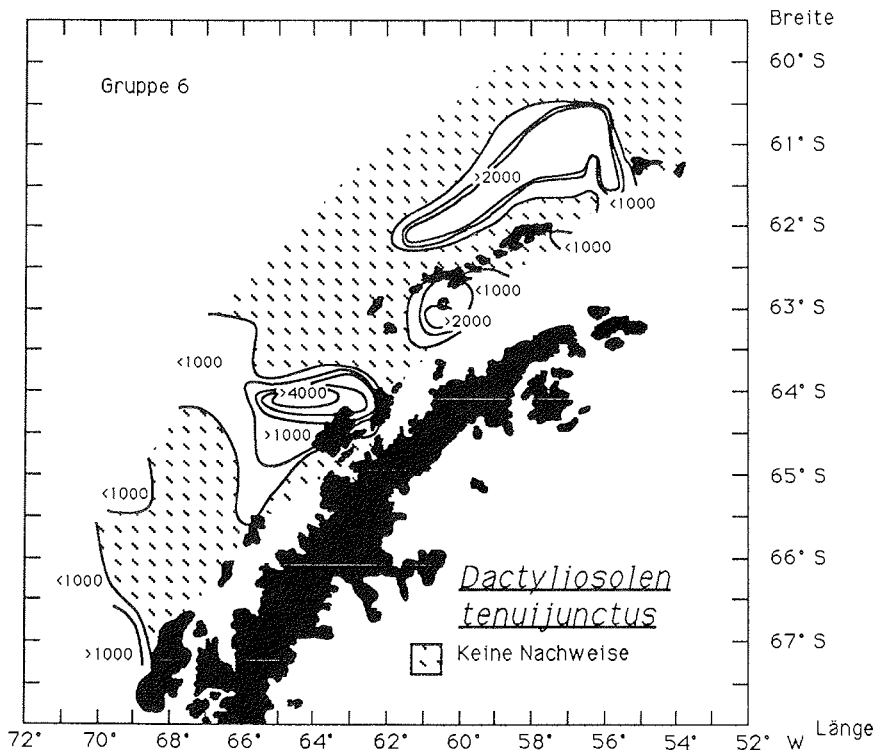
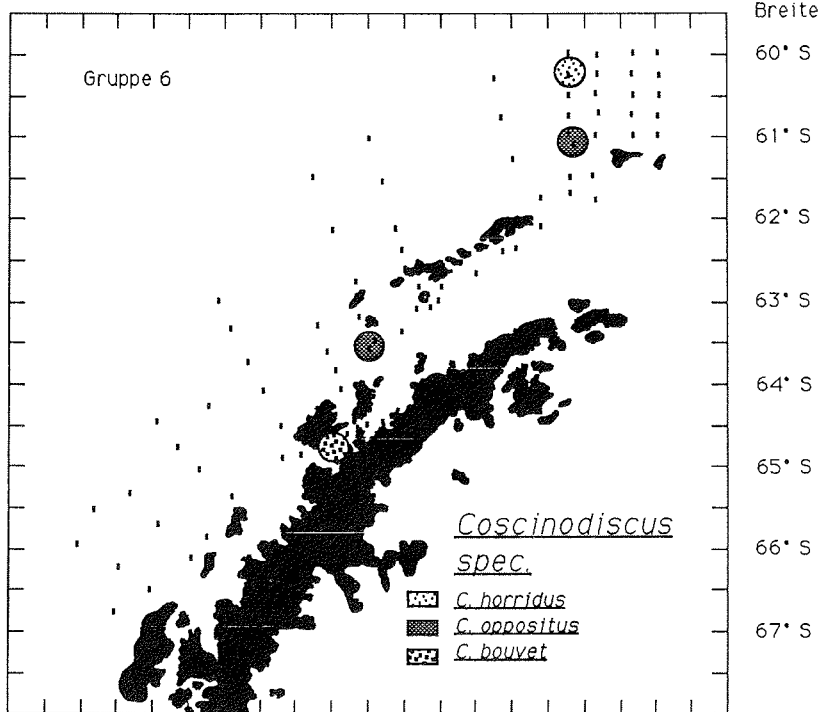


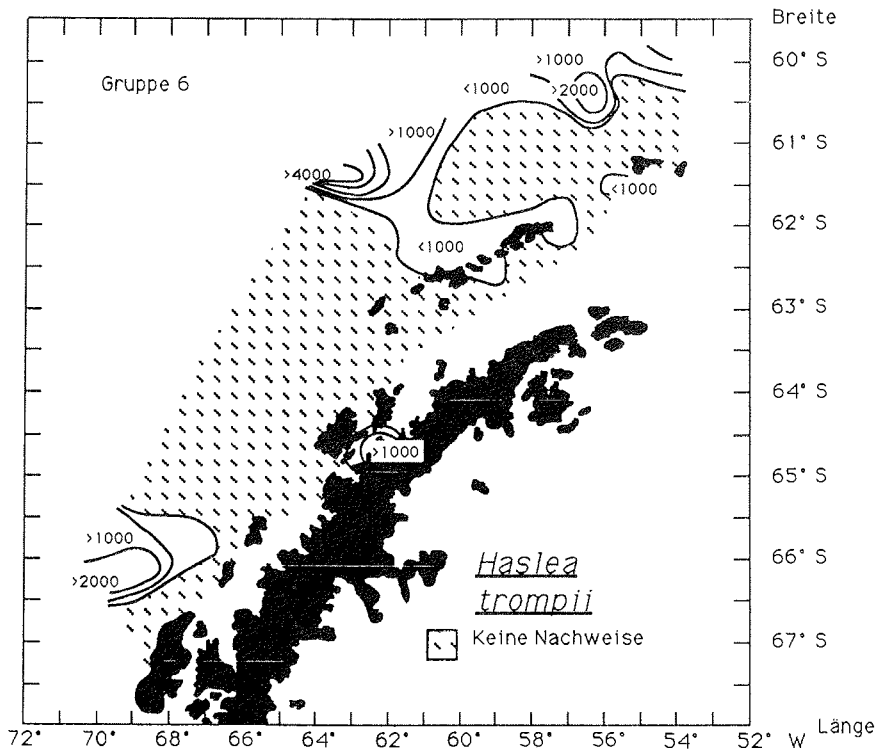
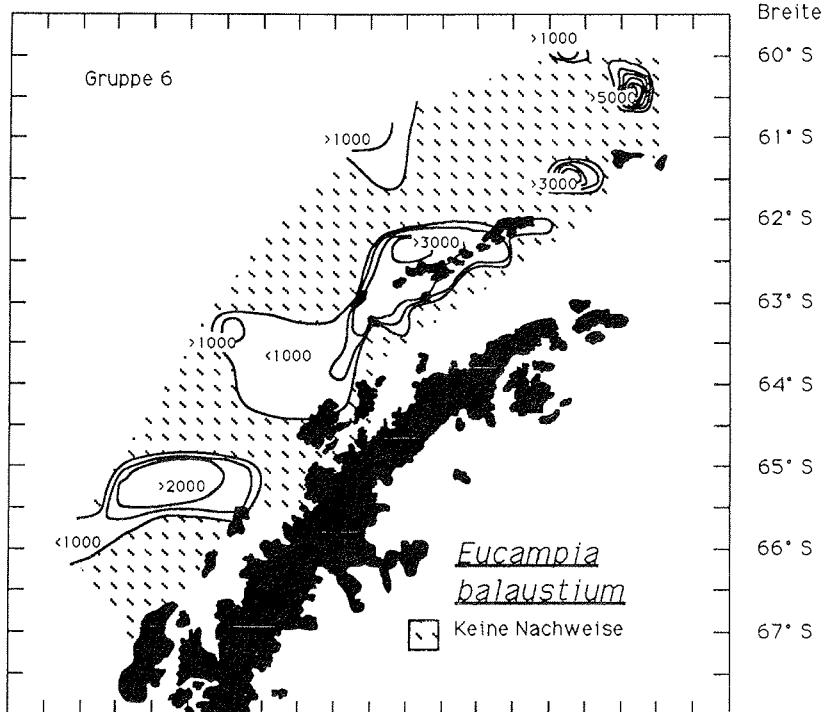
Die Arten *Amphora racovitzae* und *Amphora senonquei* sind gemeinsam mit *Amphora barriei* (Gruppe 5a) dargestellt.



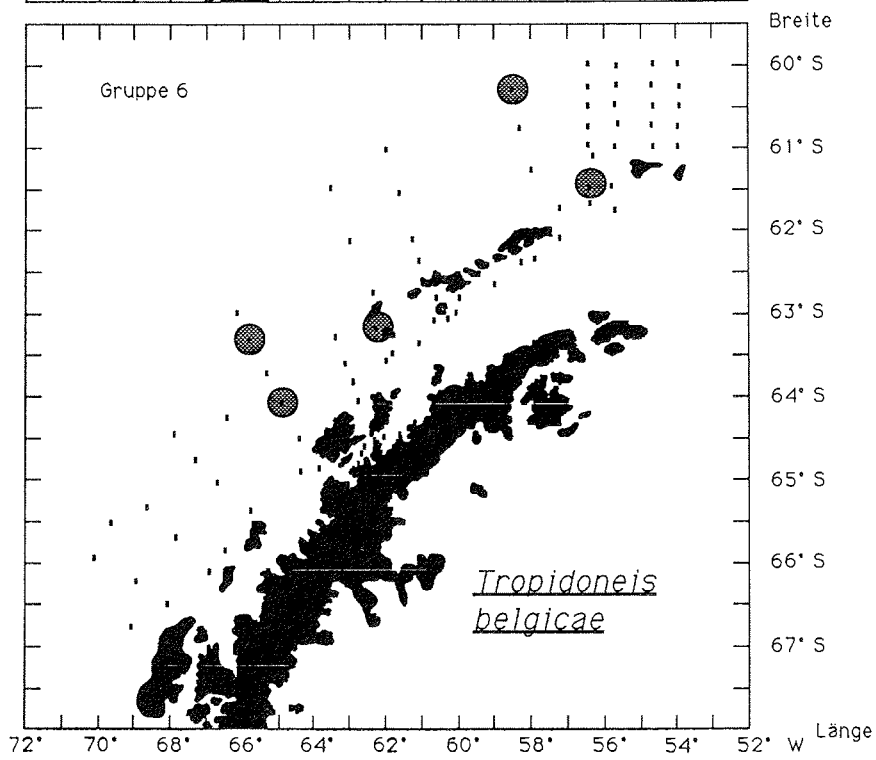
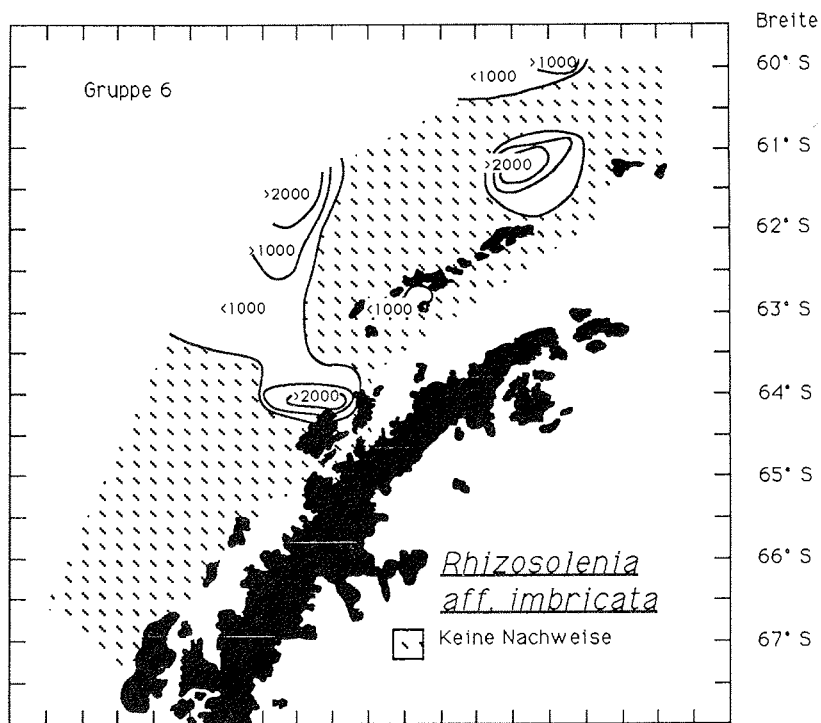
Die Verbreitung von *Chaetoceros tortissimum* ist im Text (Abb. 27) dargestellt.





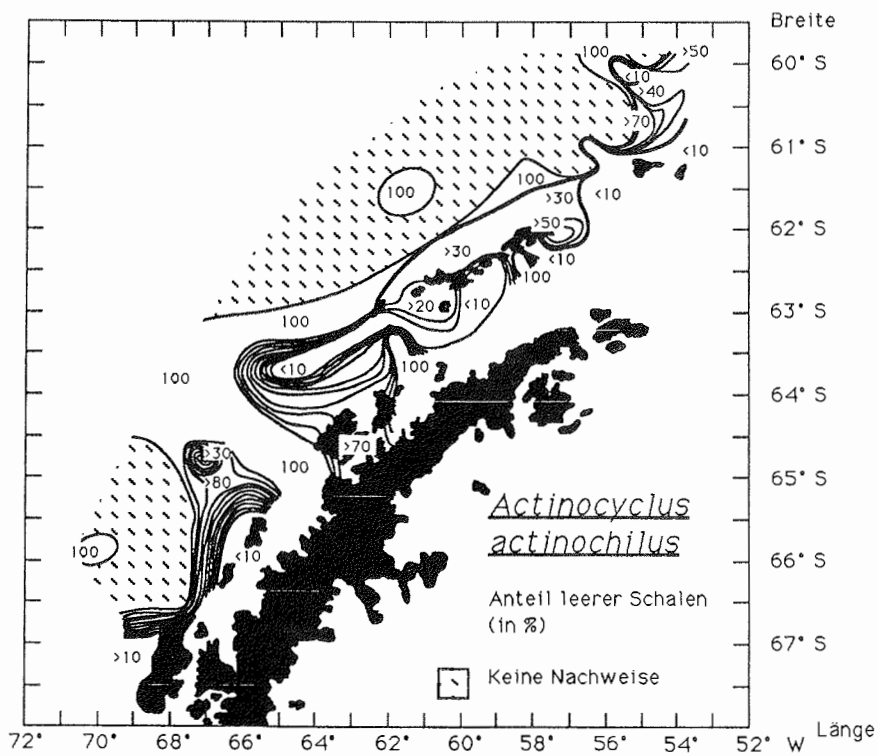


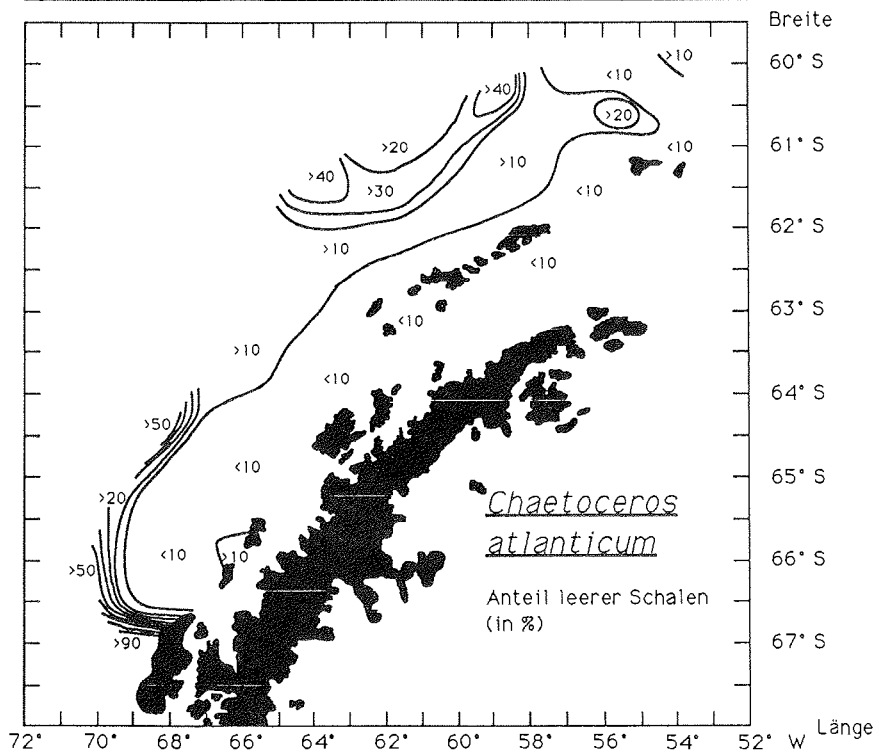
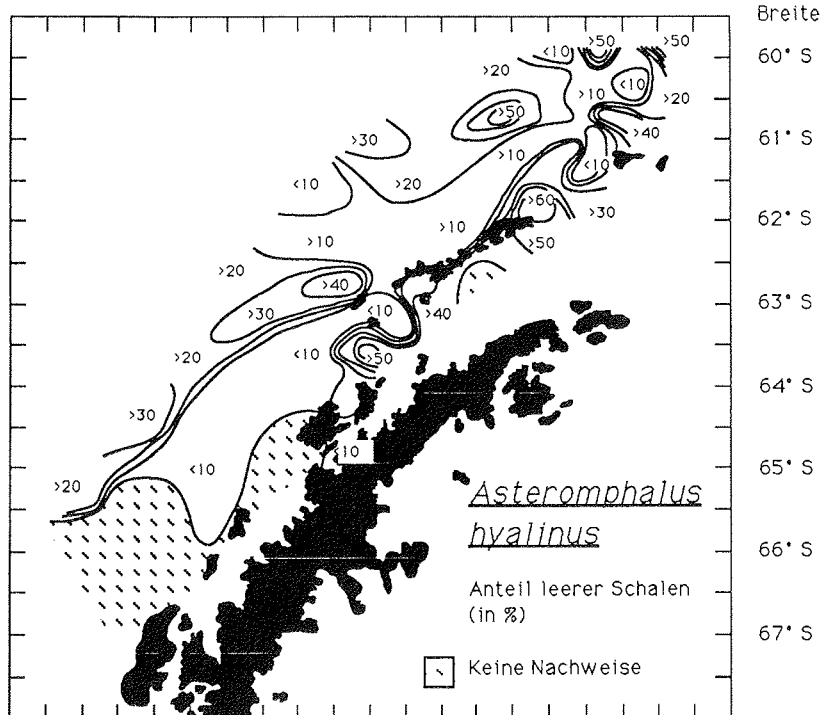
Die Verbreitung von *Gyrosigma spec.* ist gemeinsam mit der von *Pleurosigma directa* (Gruppe 3 a) dargestellt.

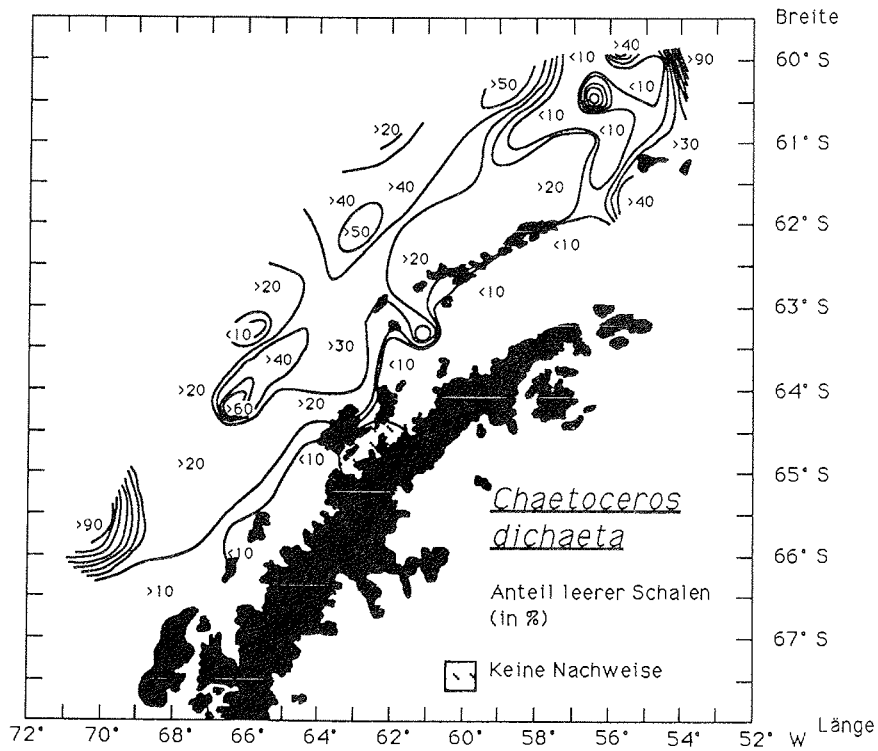
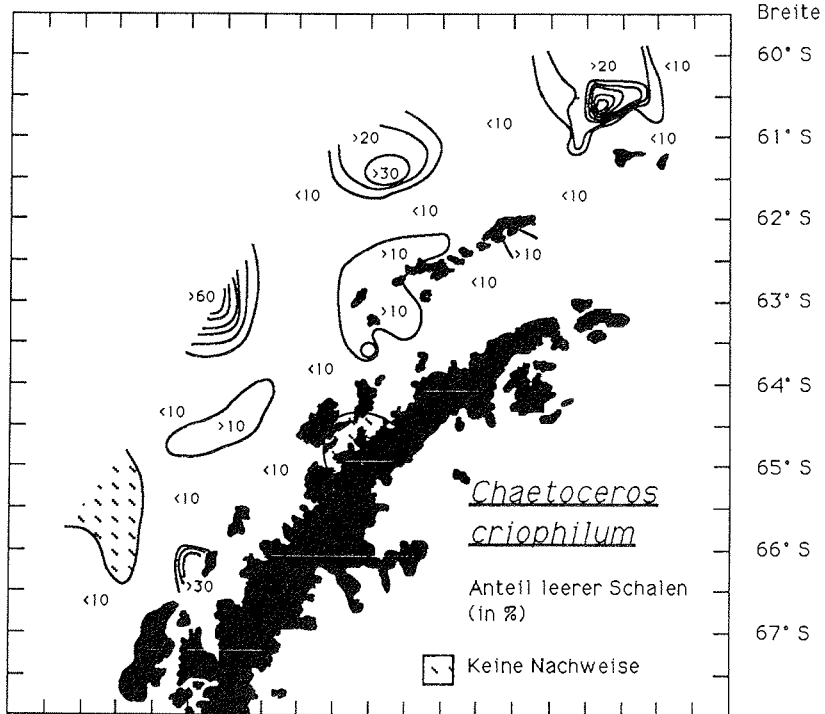


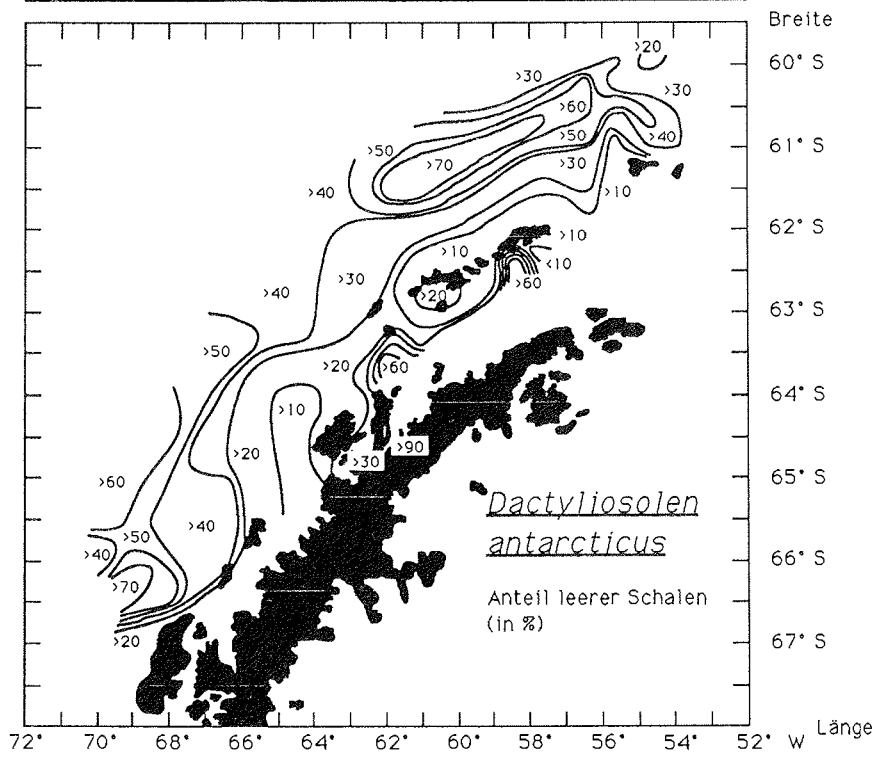
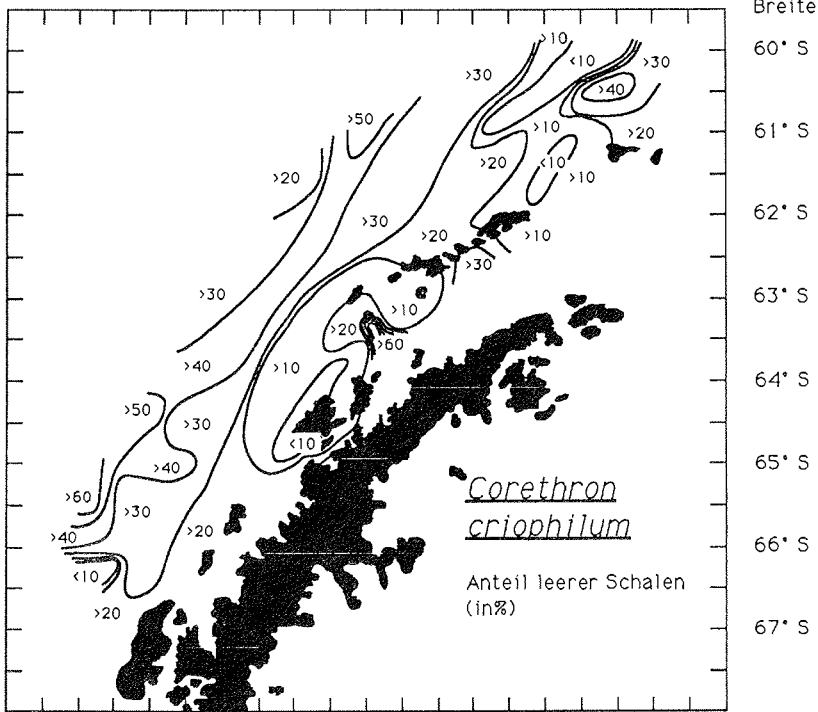
### Anhang 3: Vorkommen leerer Diatomeenschalen

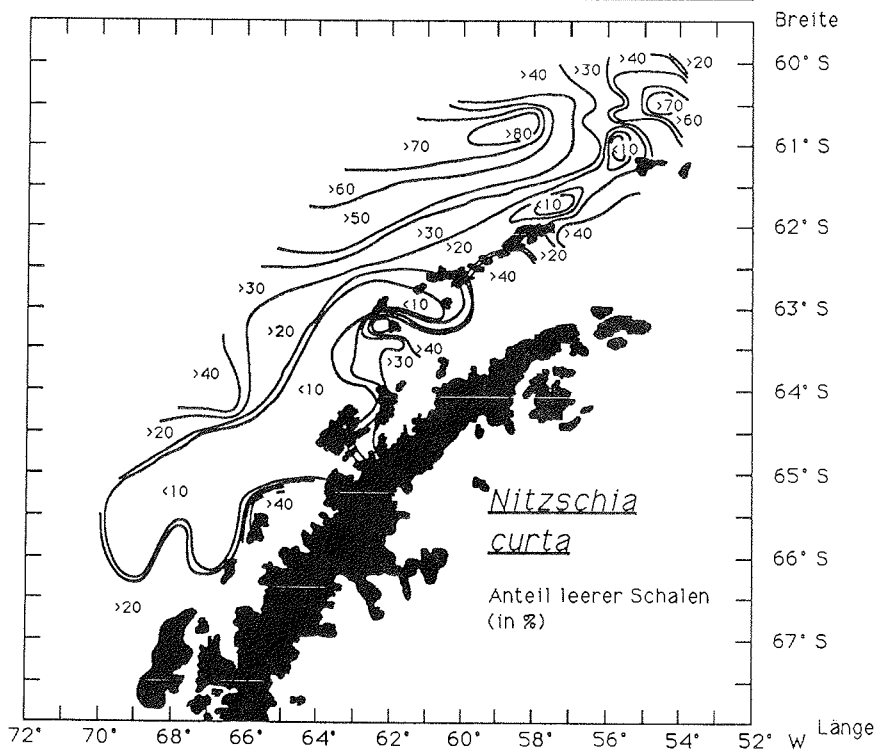
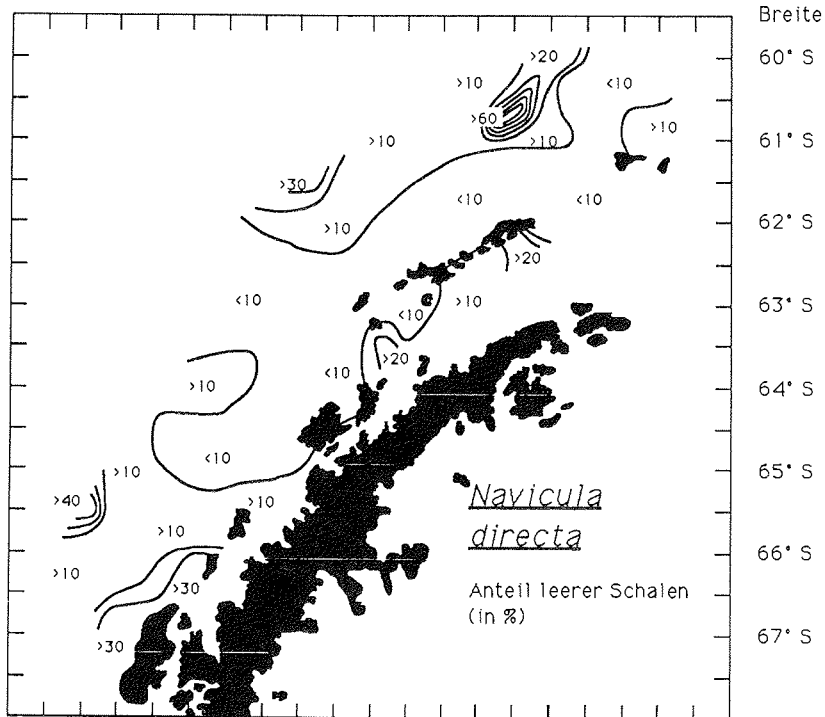
Anhang 3 enthält die Verteilung leerer Diatomeenschalen. Im Gegensatz zu den Anhängen 2, und 5 sind in Anhang 3 keine absoluten Zahlen angegeben, sondern die prozentualen Anteil der leeren Schalen an der Gesamtzellzahl der jeweiligen Art. Die Arten werden i alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.



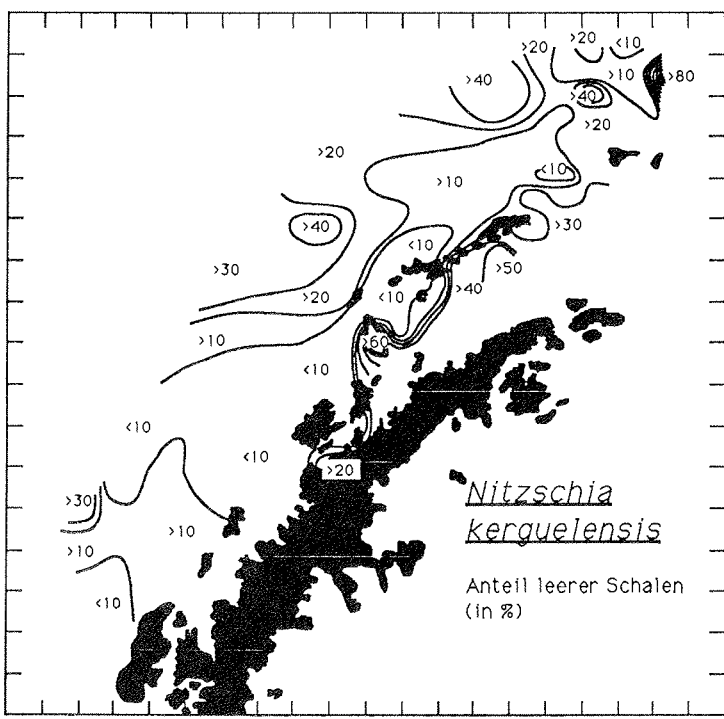




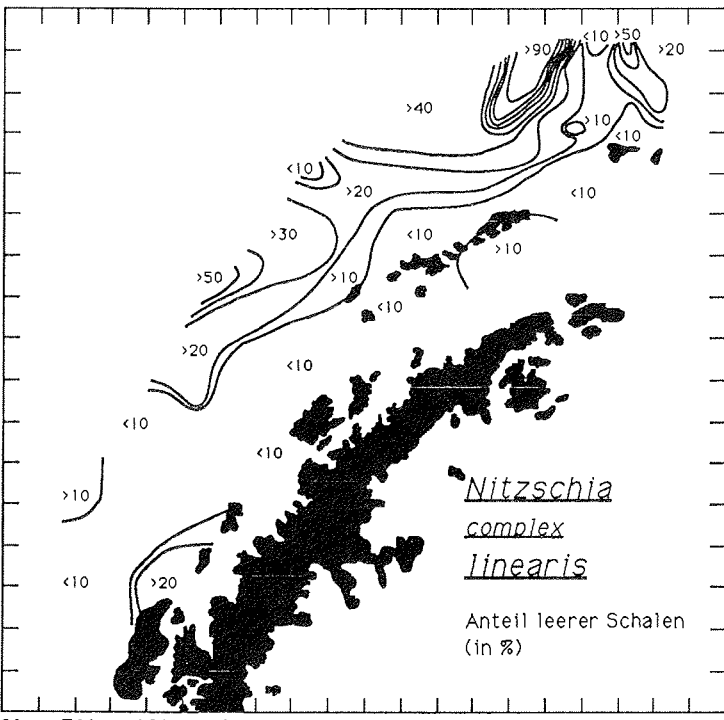






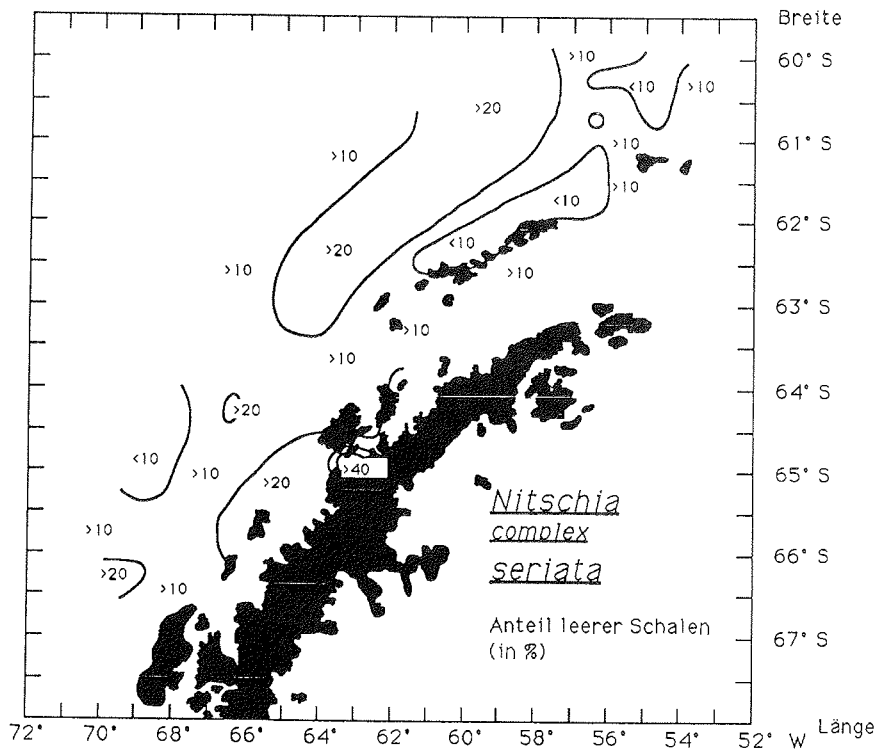
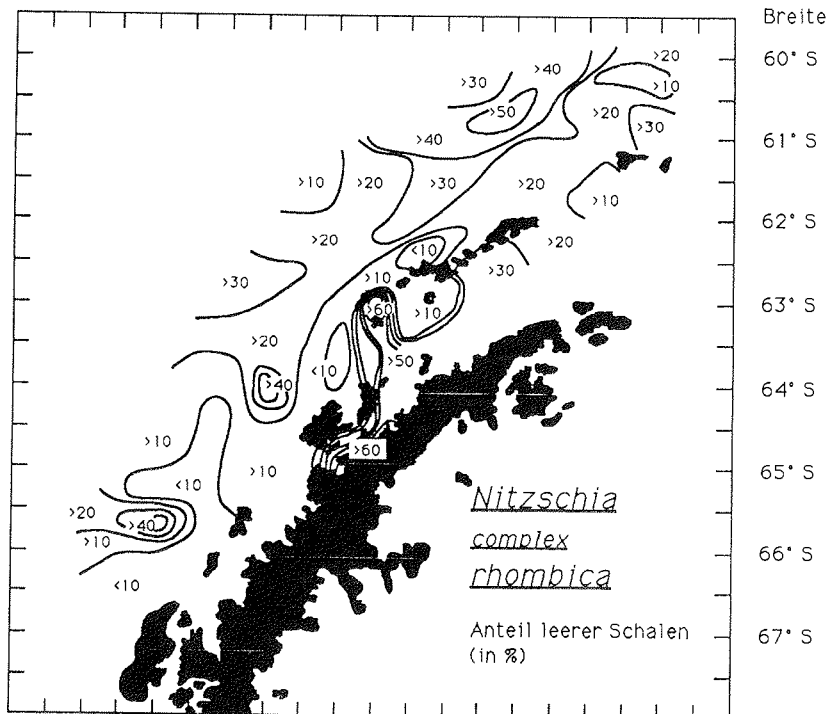


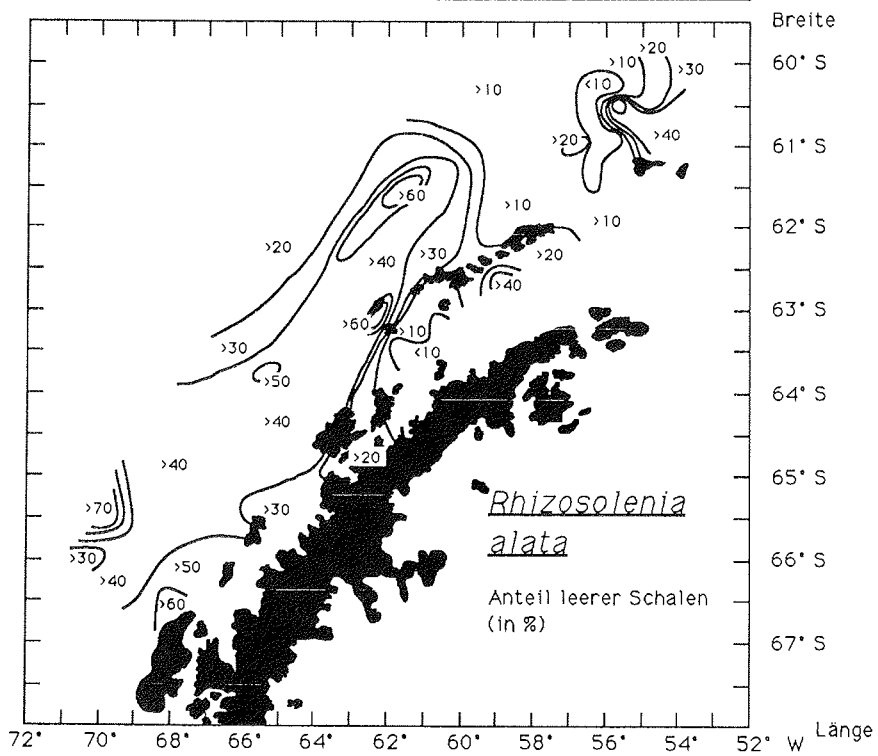
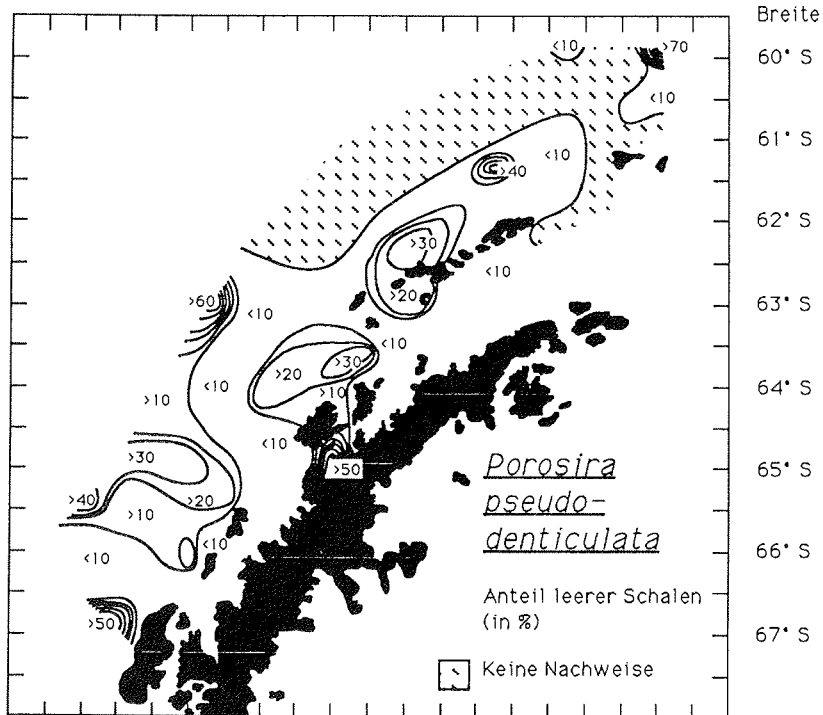
Breite  
60° S  
61° S  
62° S  
63° S  
64° S  
65° S  
66° S  
67° S

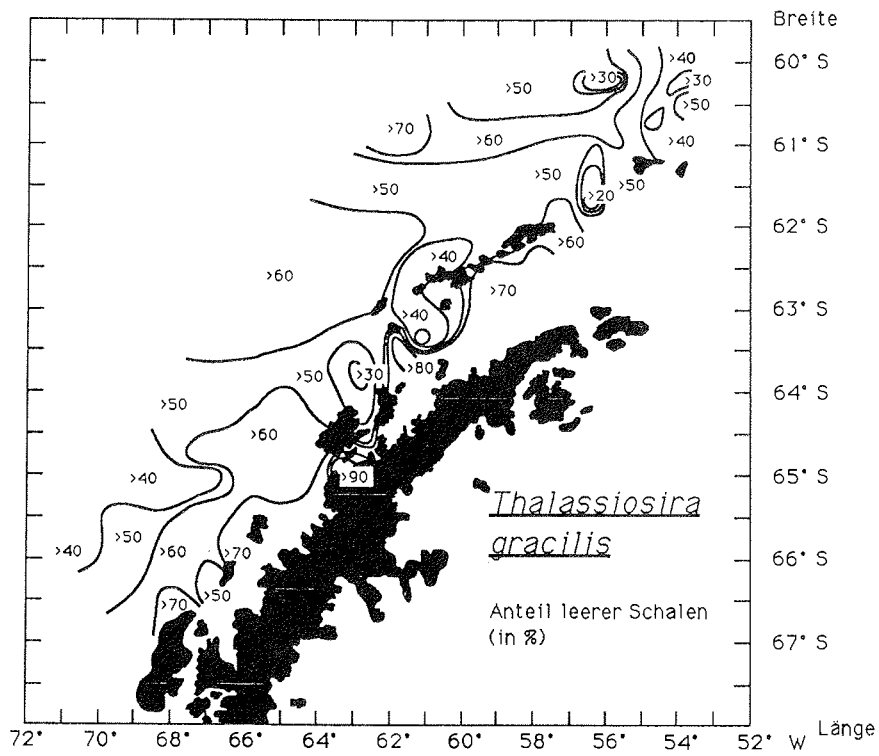
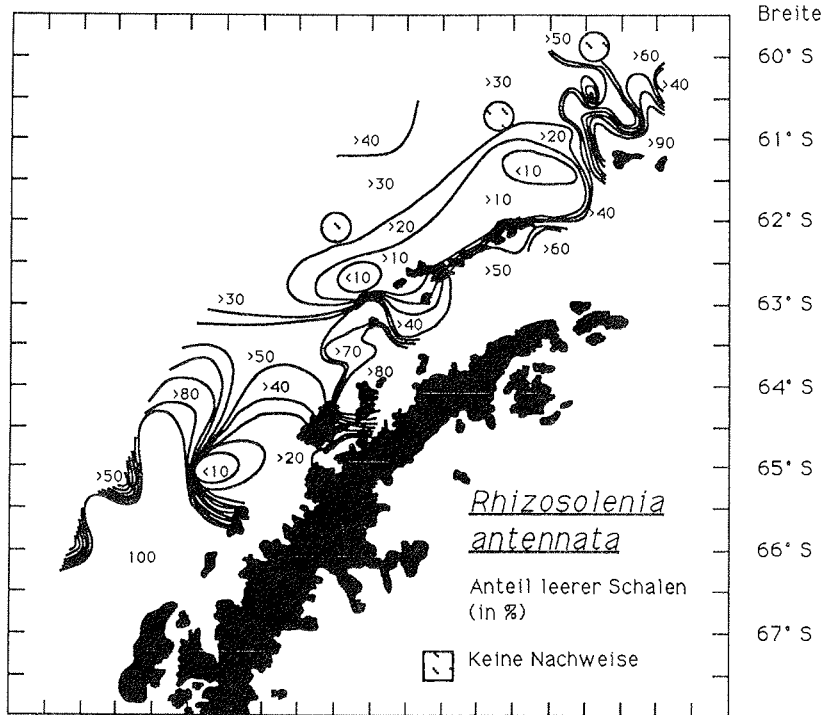


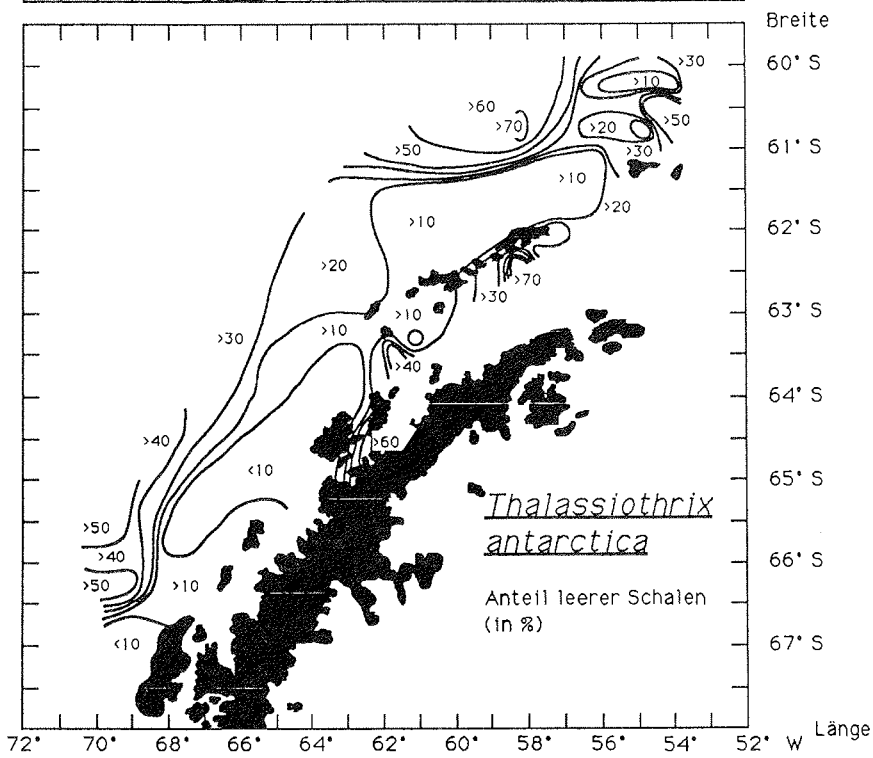
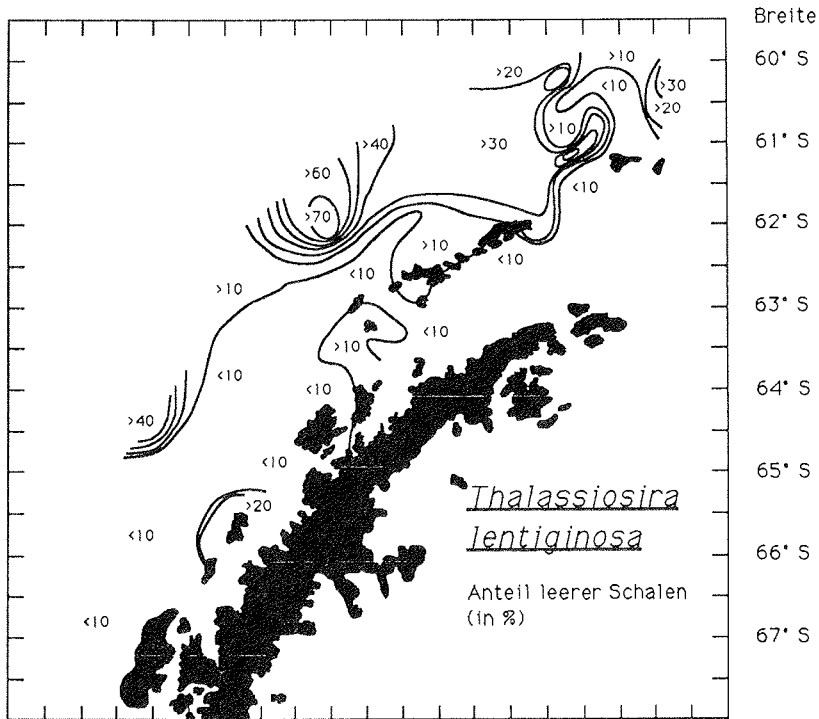
Breite  
60° S  
61° S  
62° S  
63° S  
64° S  
65° S  
66° S  
67° S

72° 70° 68° 66° 64° 62° 60° 58° 56° 54° 52° W Länge



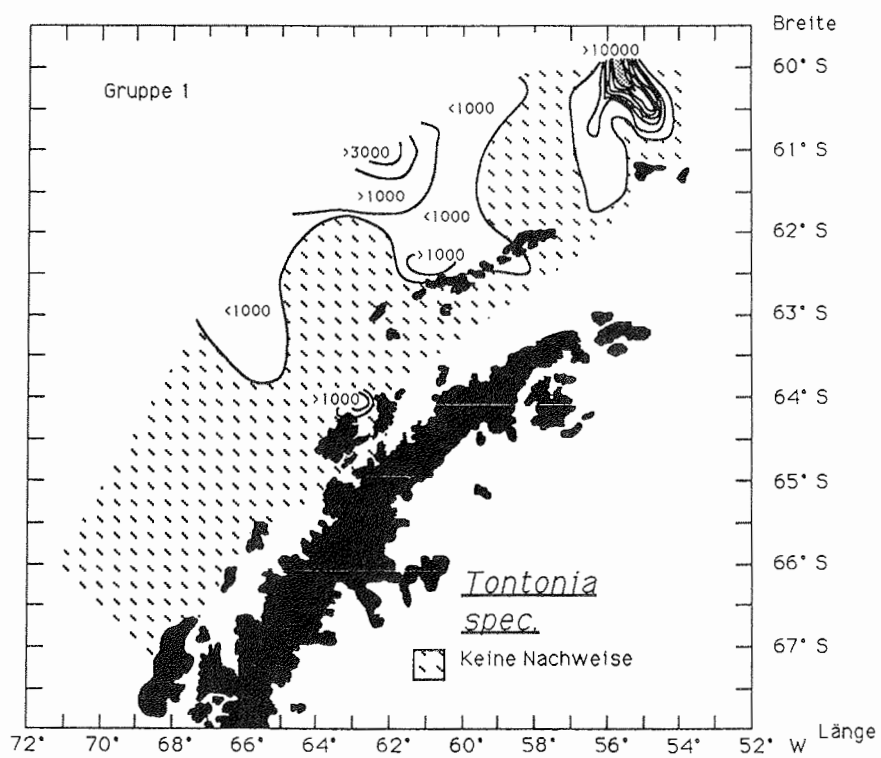


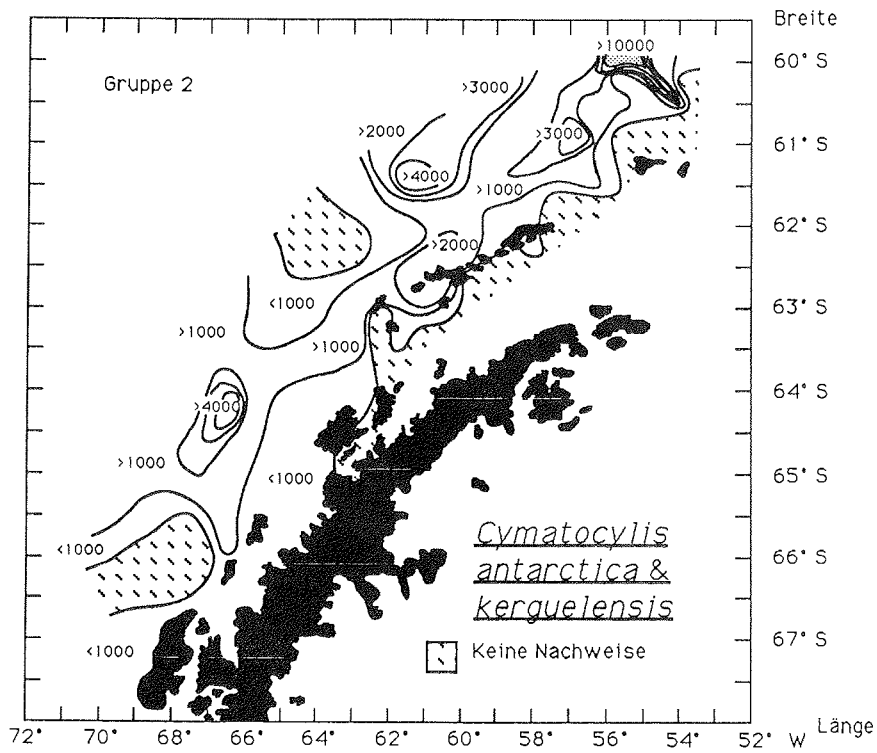
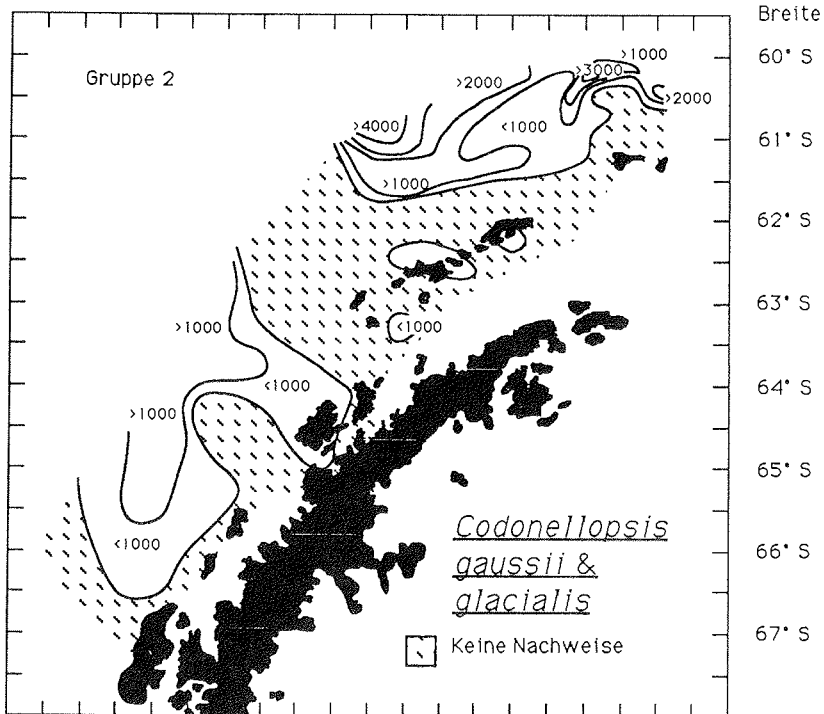


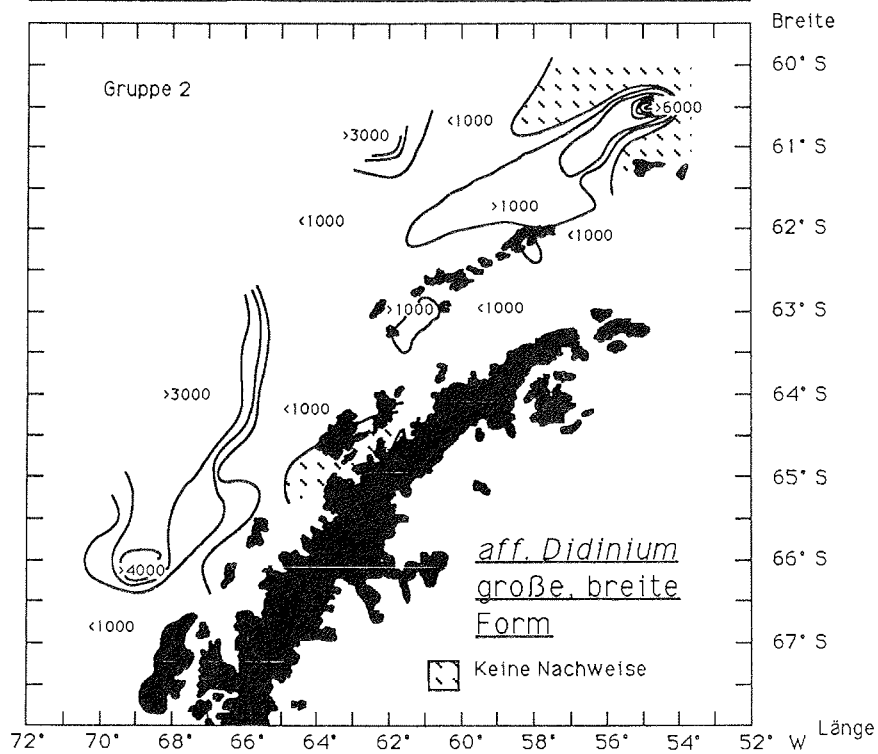
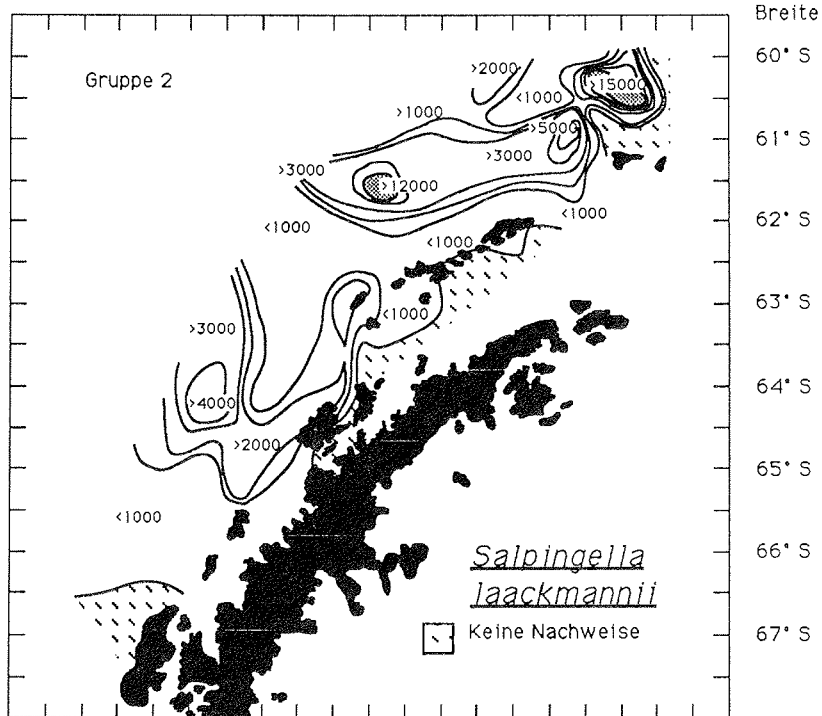


#### Anhang 4: Verbreitung der Ciliaten

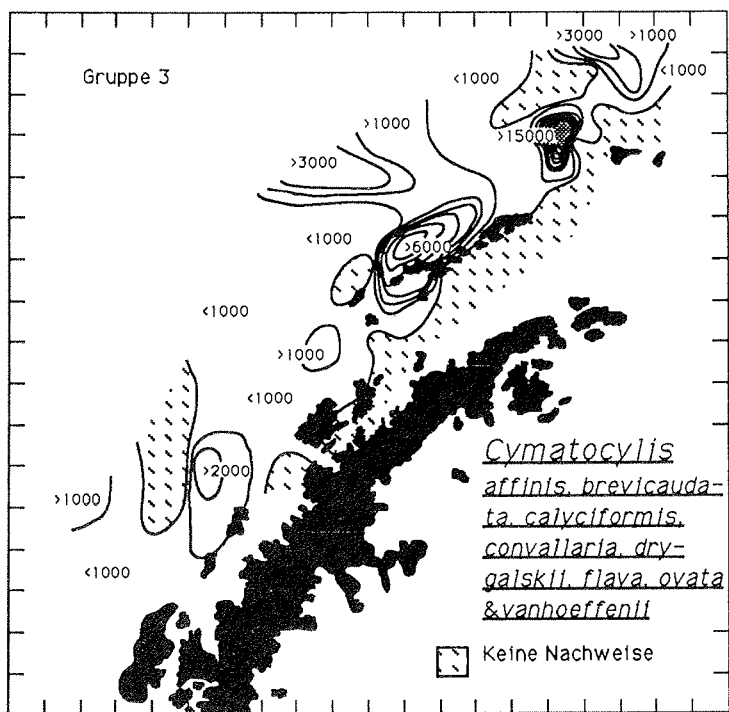
Anhang 4 enthält die Verbreitungskarten der Ciliaten. Die Karten sind in der gleichen Weise dargestellt wie die Verbreitungskarten der Diatomeen in Anhang 2.











Breite

60° S

61° S

62° S

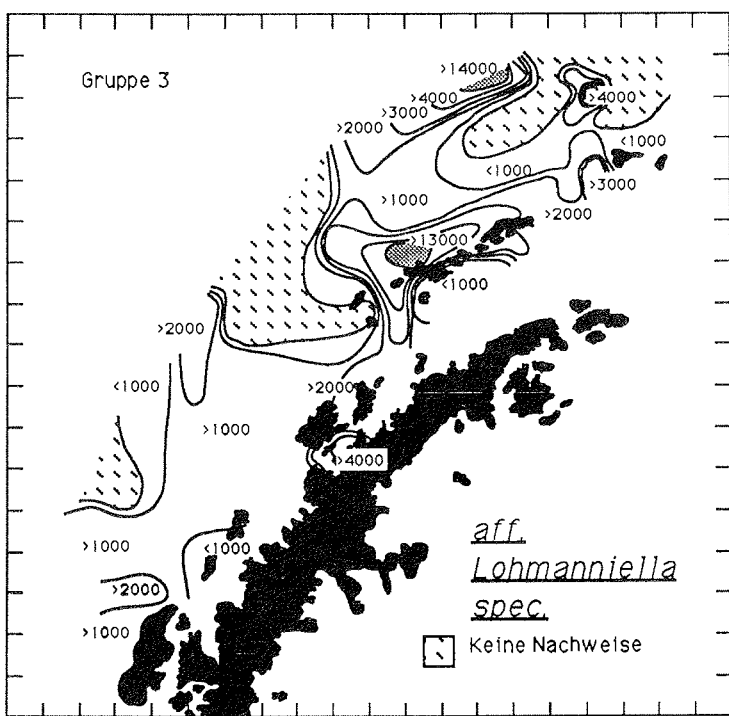
63° S

64° S

65° S

66° S

67° S



Breite

60° S

61° S

62° S

63° S

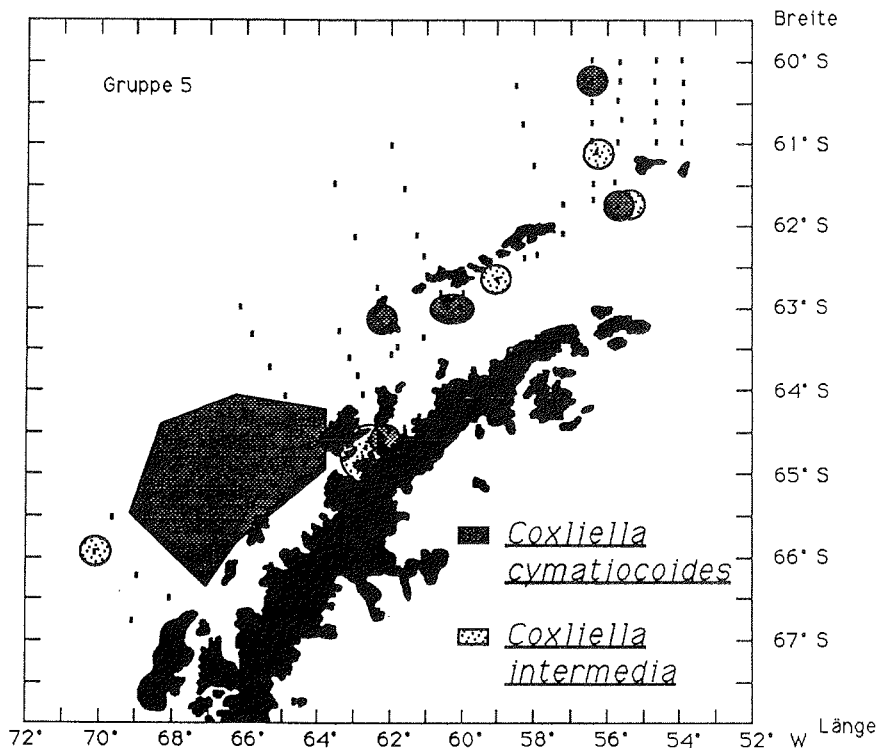
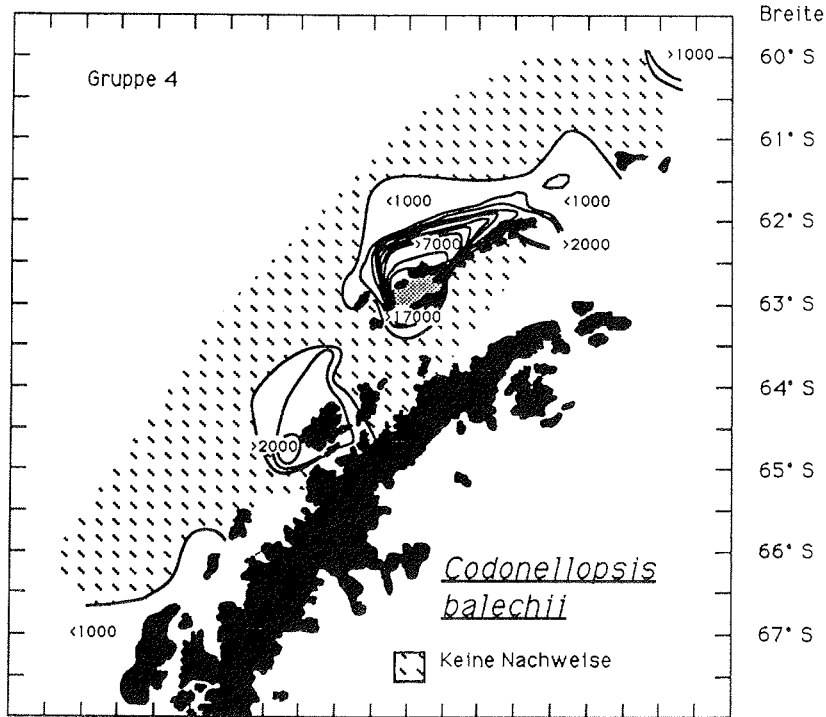
64° S

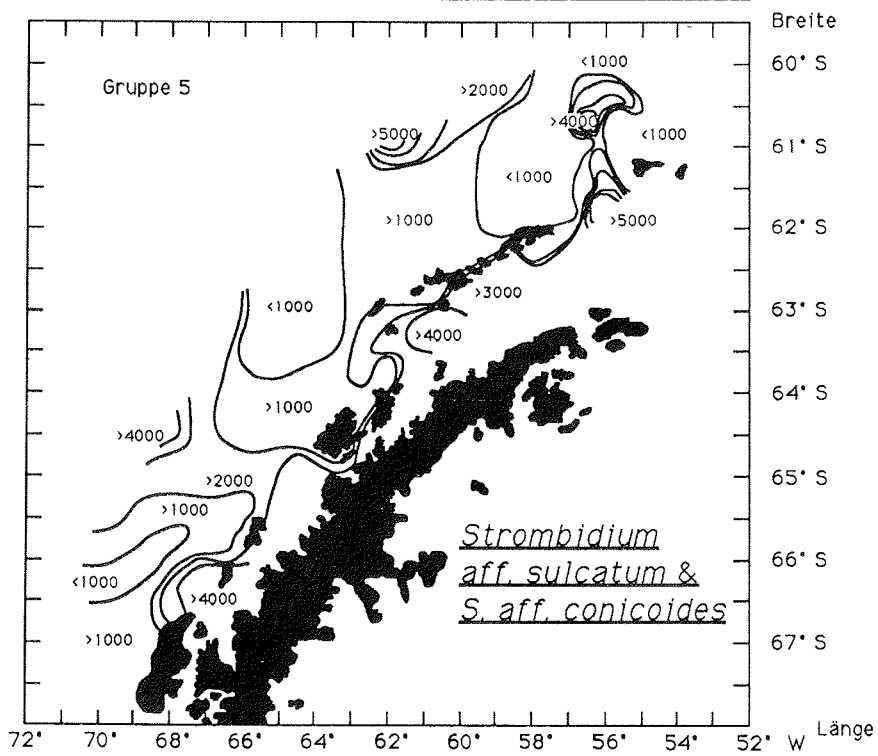
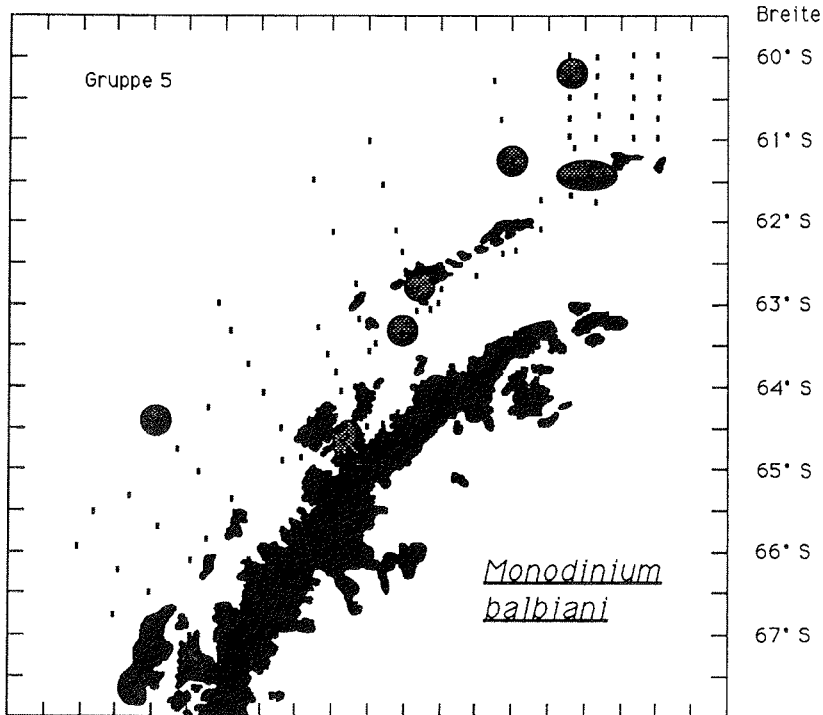
65° S

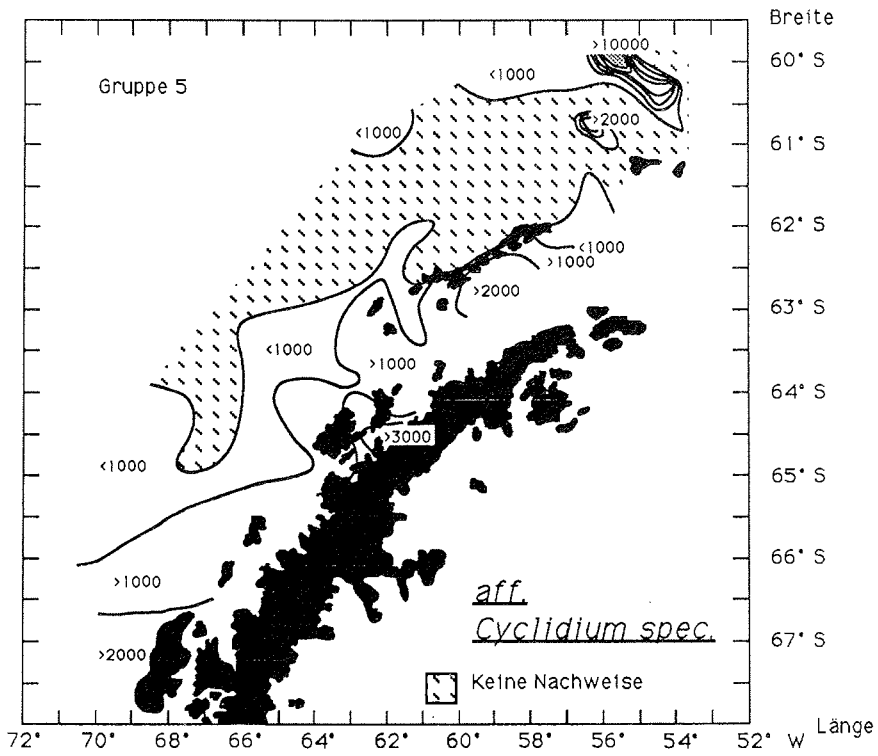
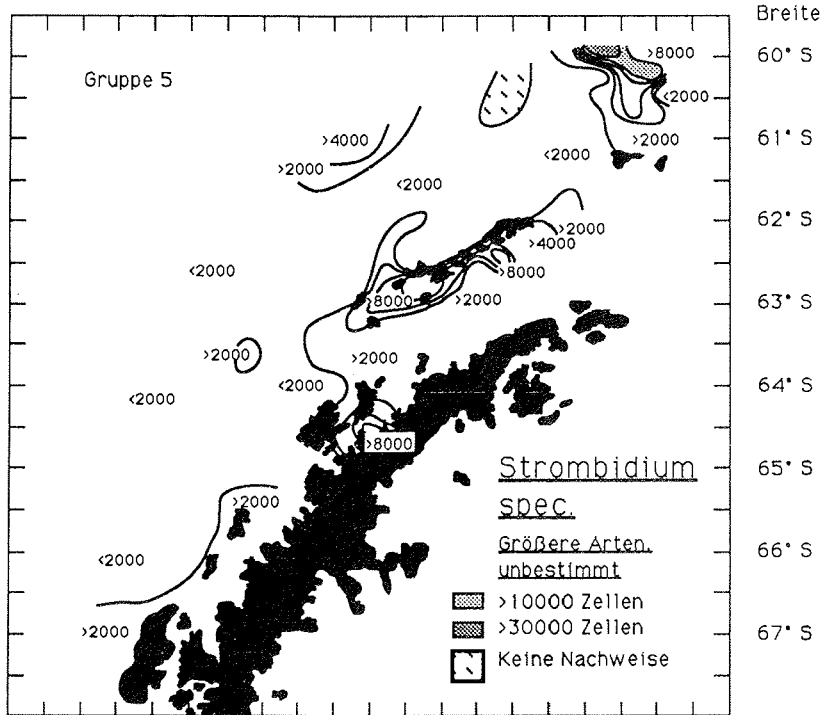
66° S

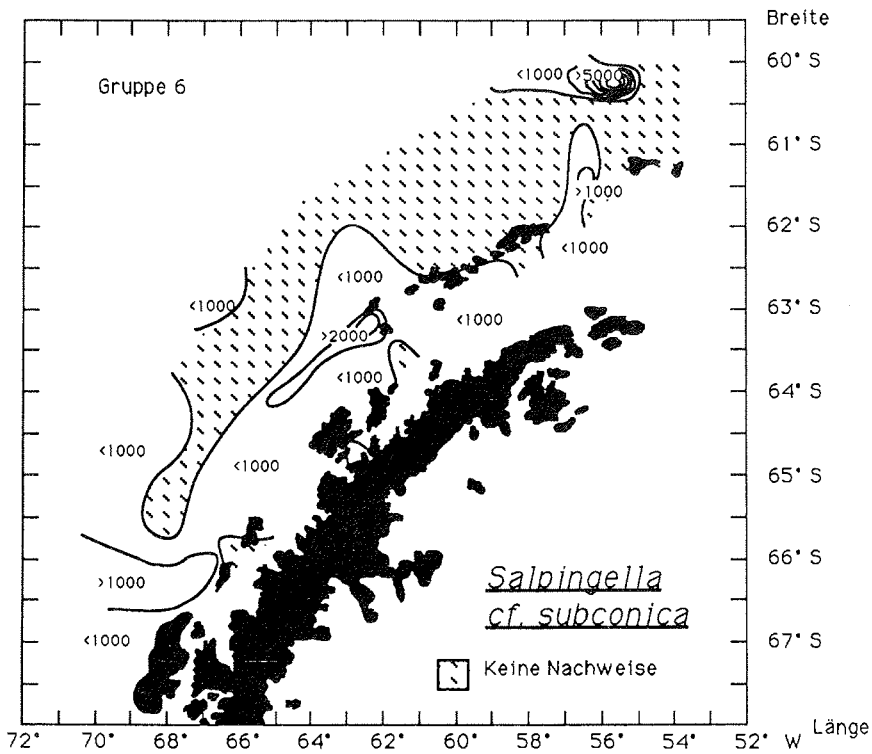
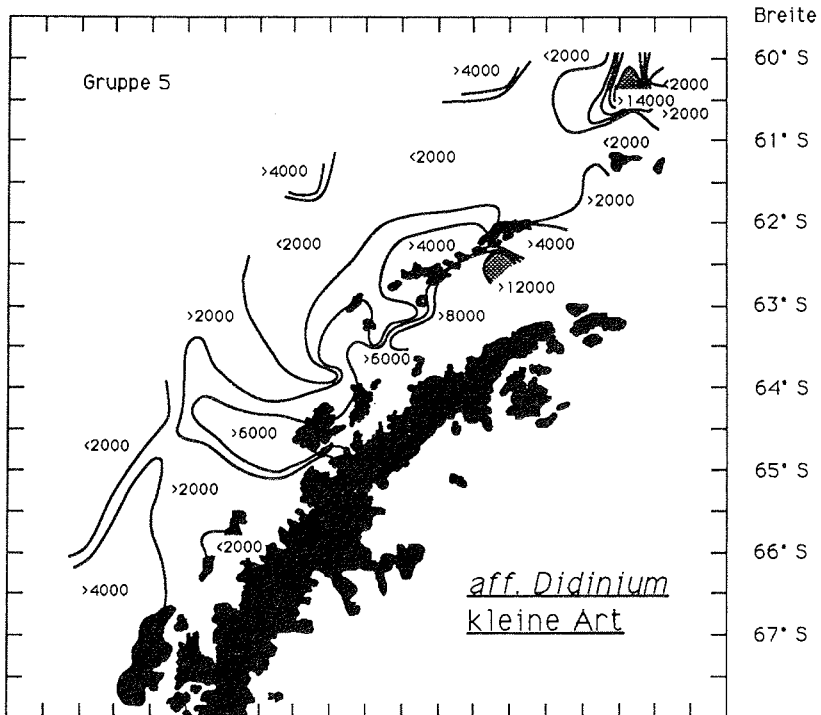
67° S

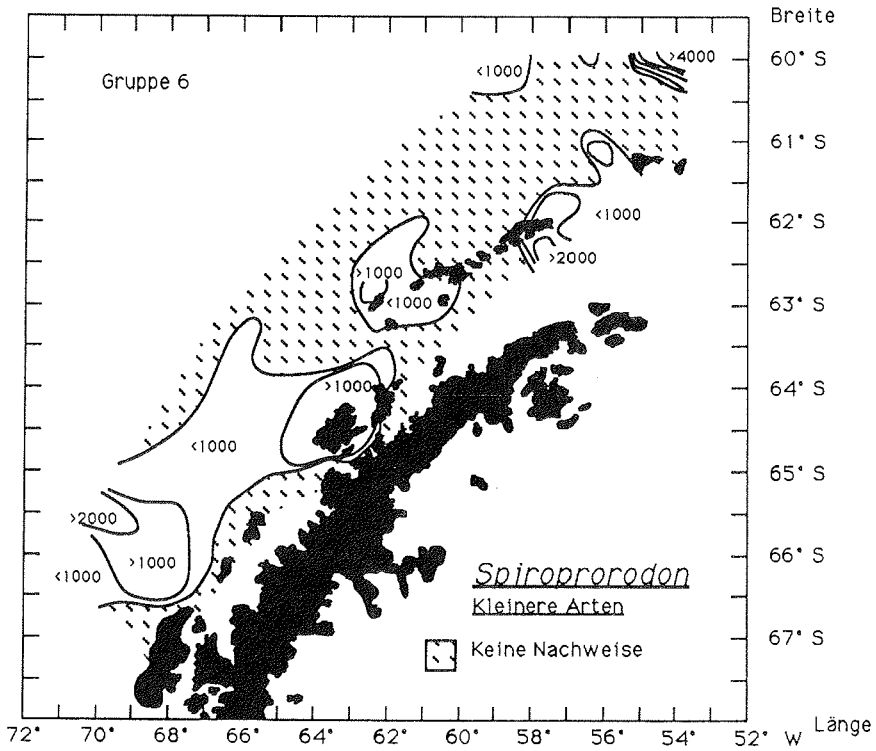
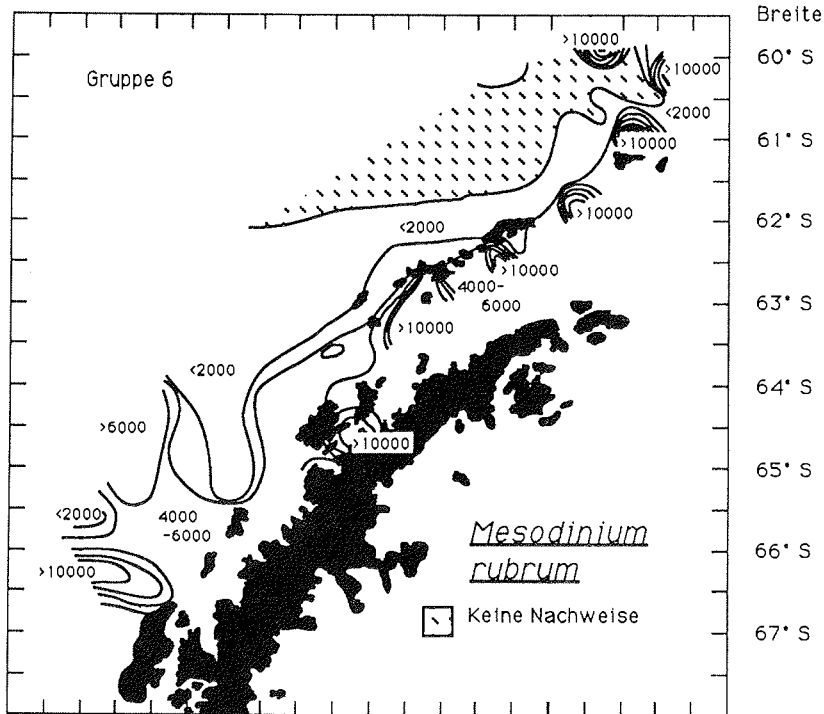
72° 70° 68° 66° 64° 62° 60° 58° 56° 54° 52° W Länge

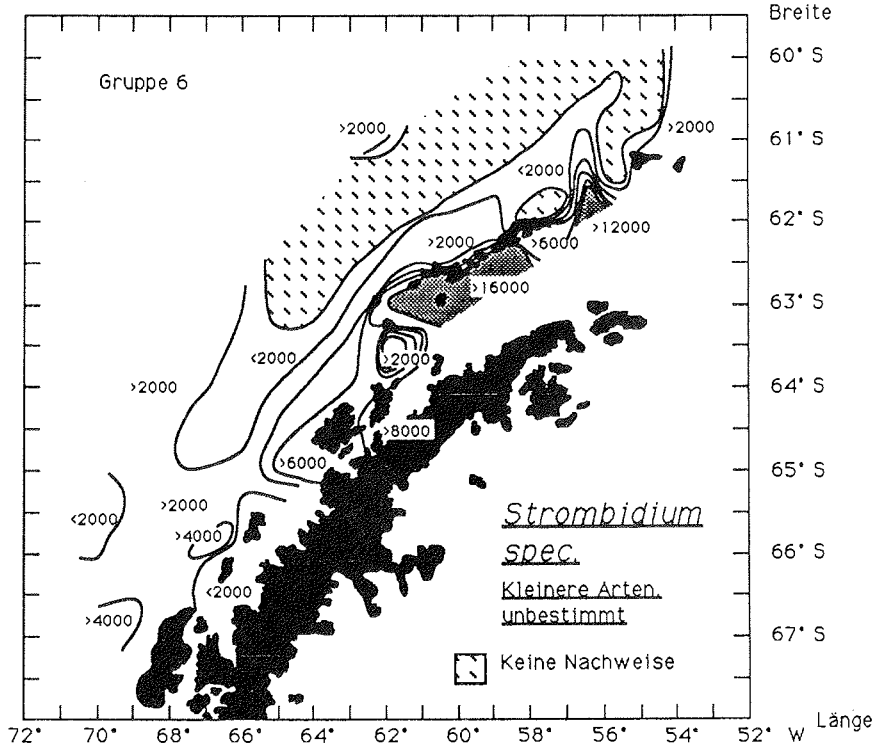
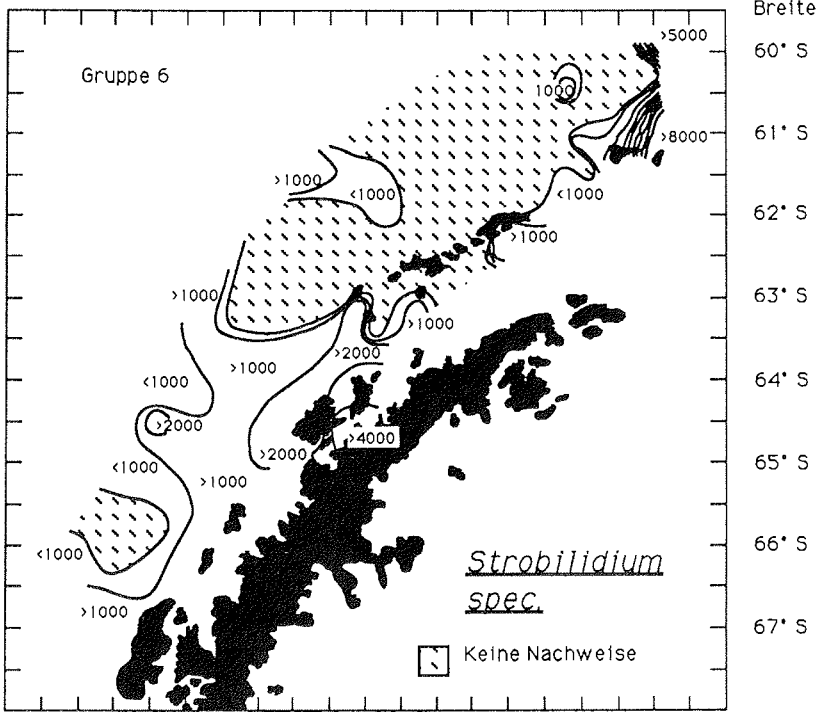


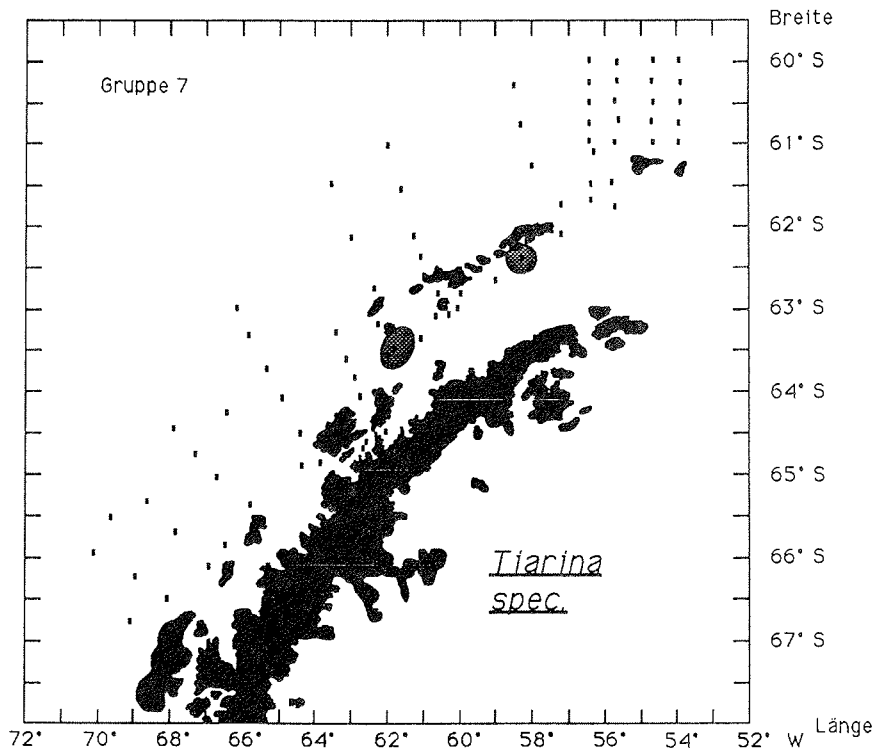
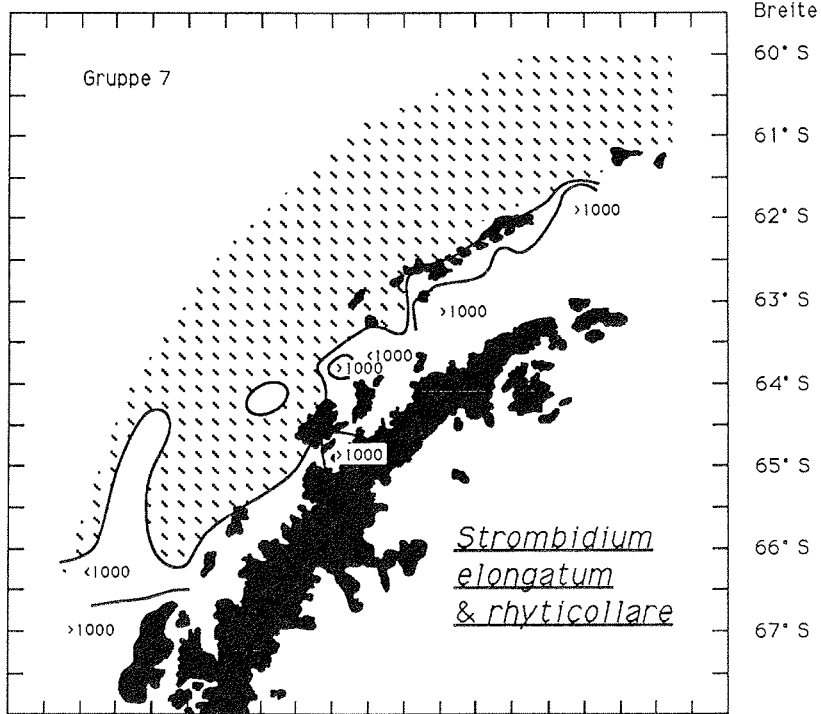




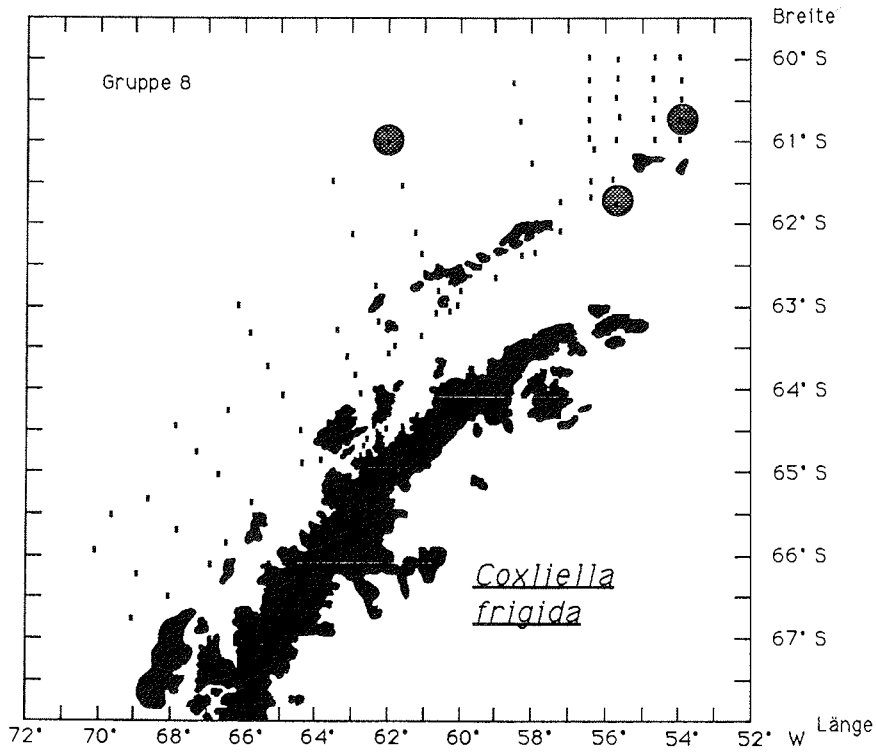
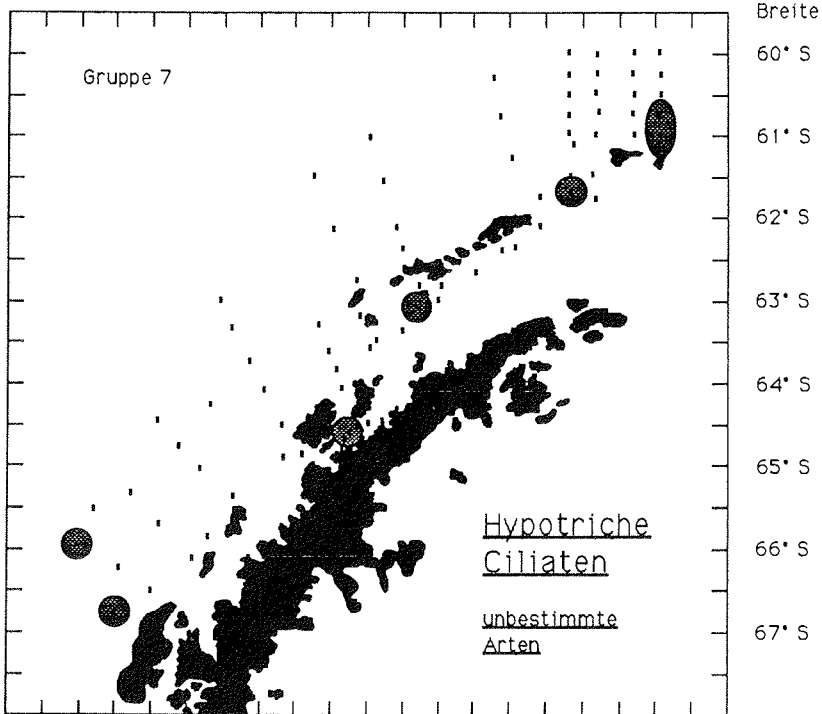


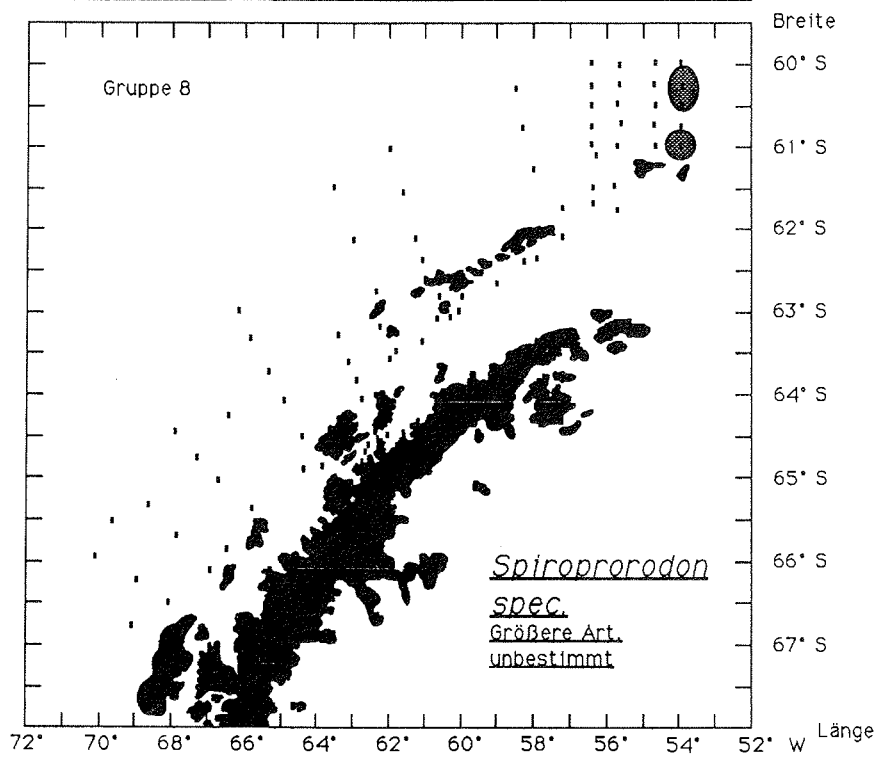
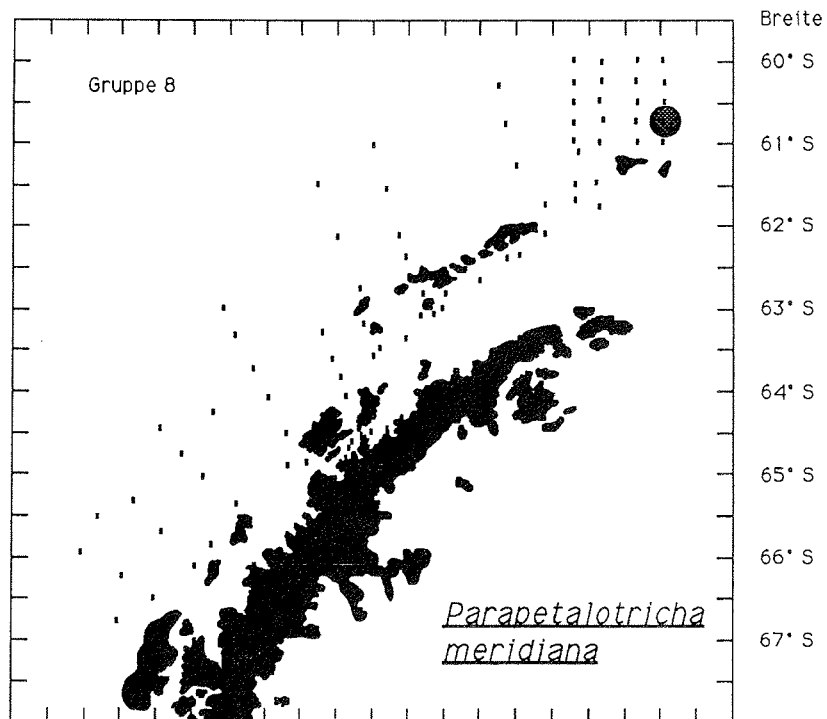


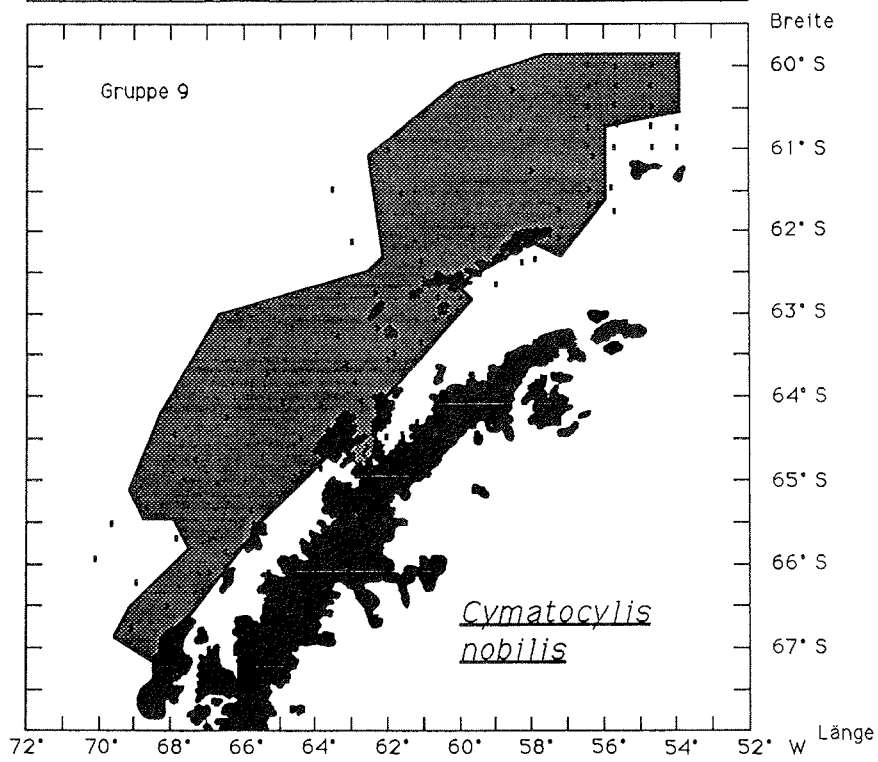
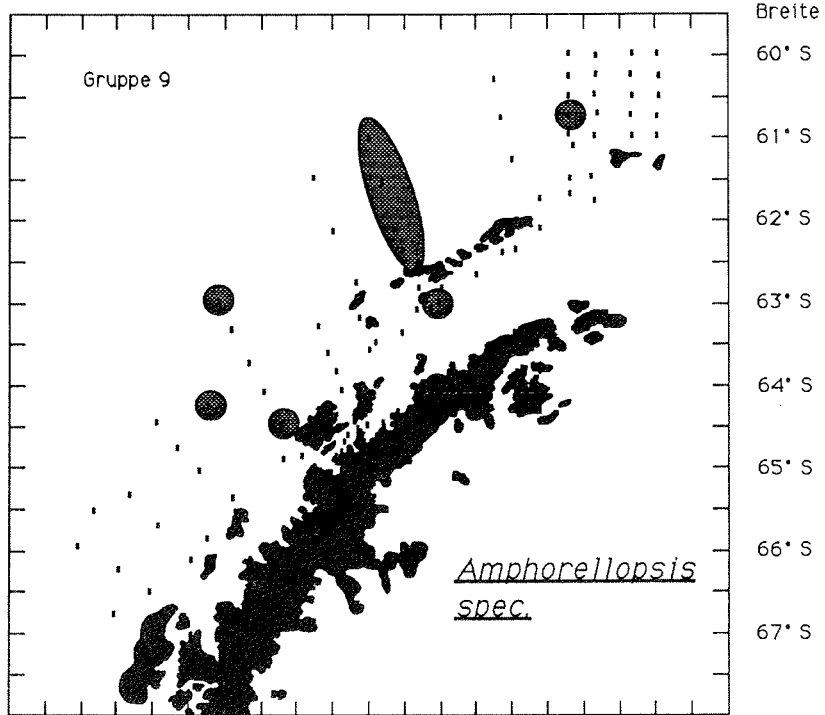


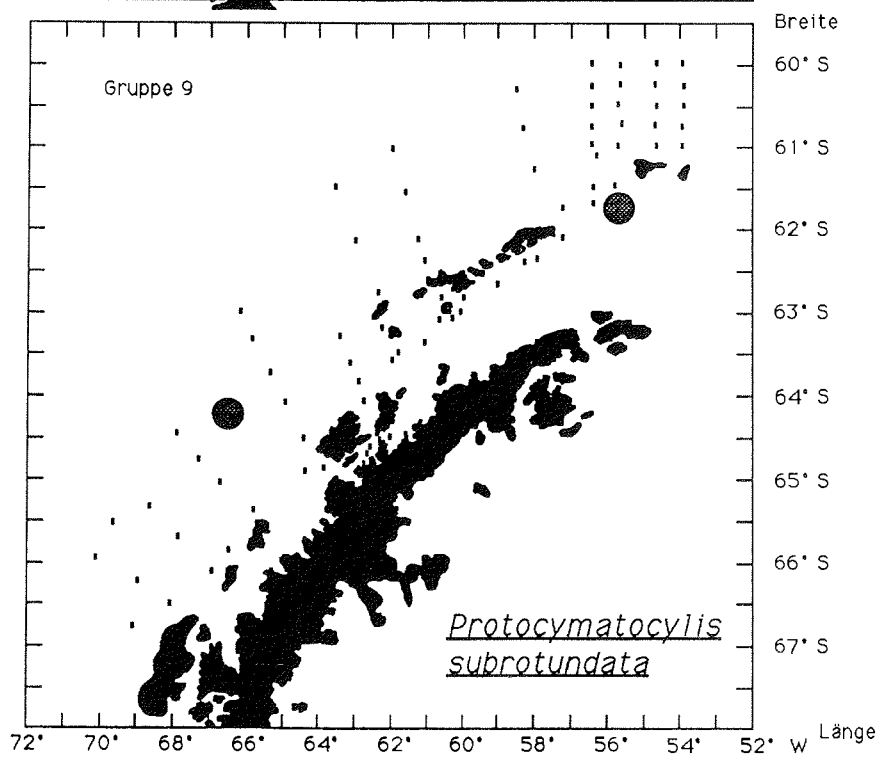
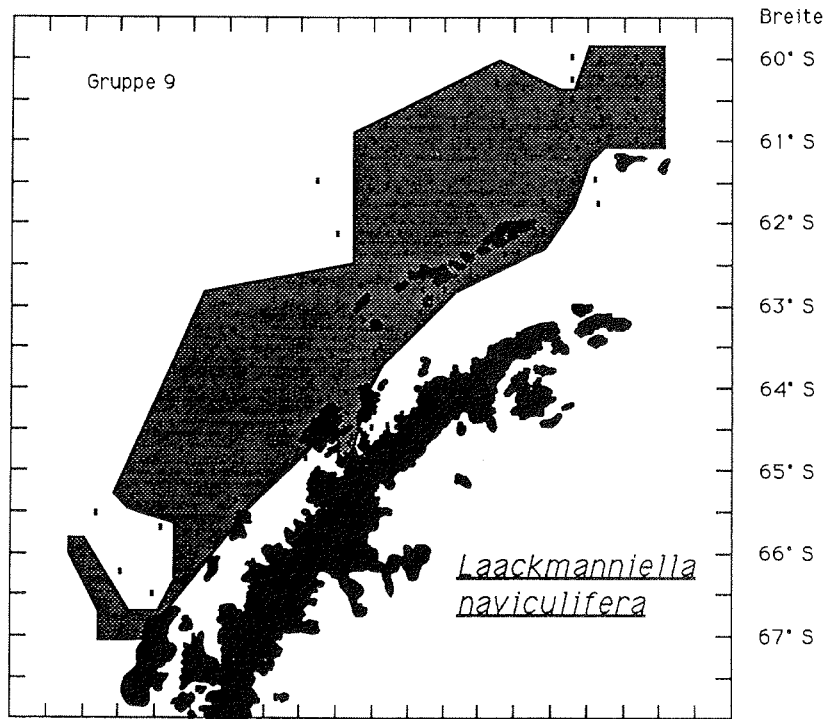






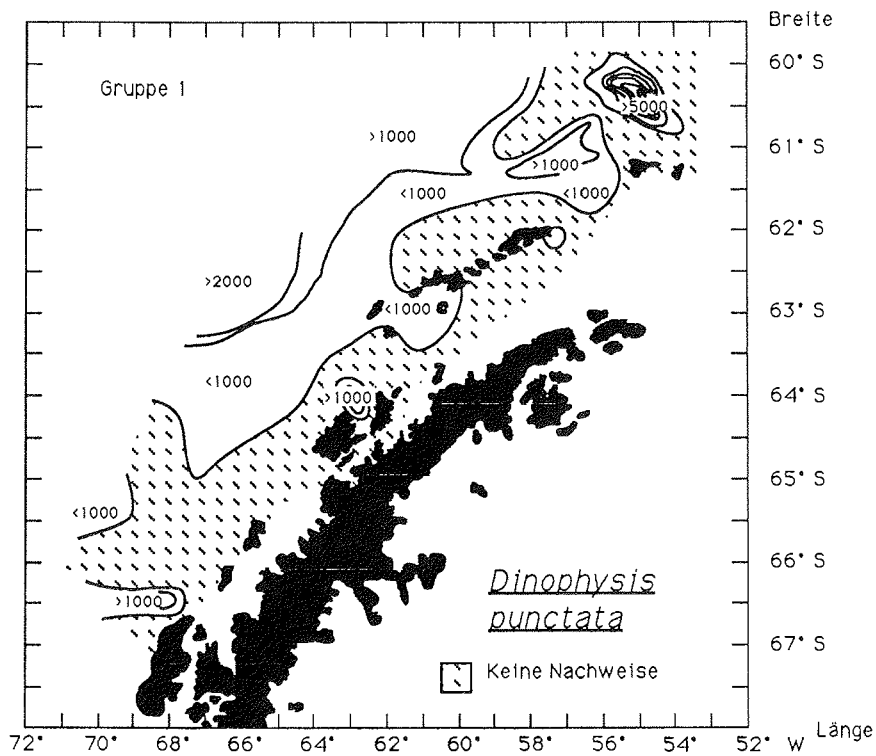


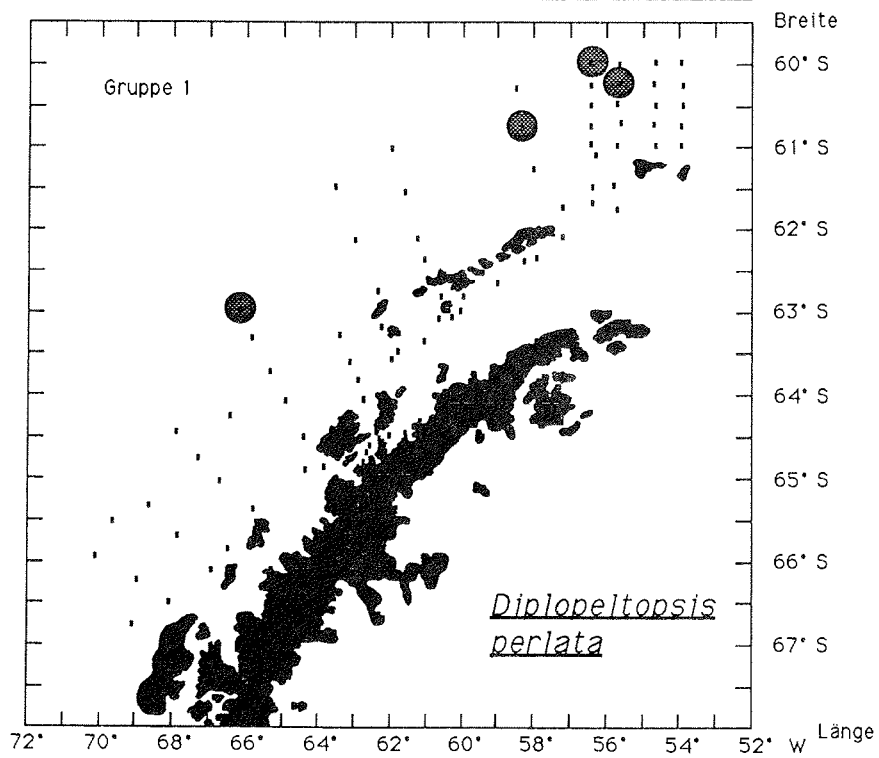
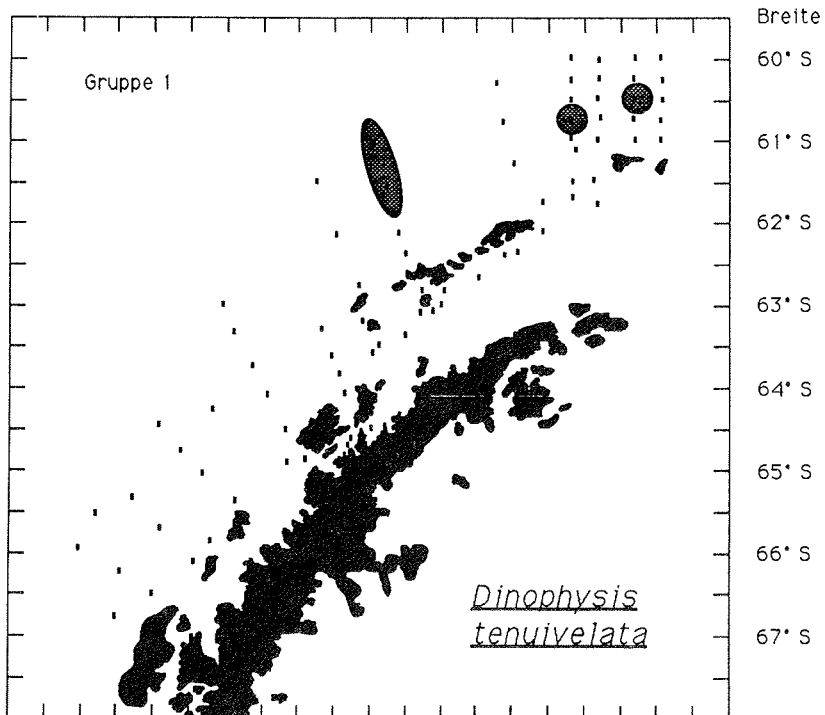


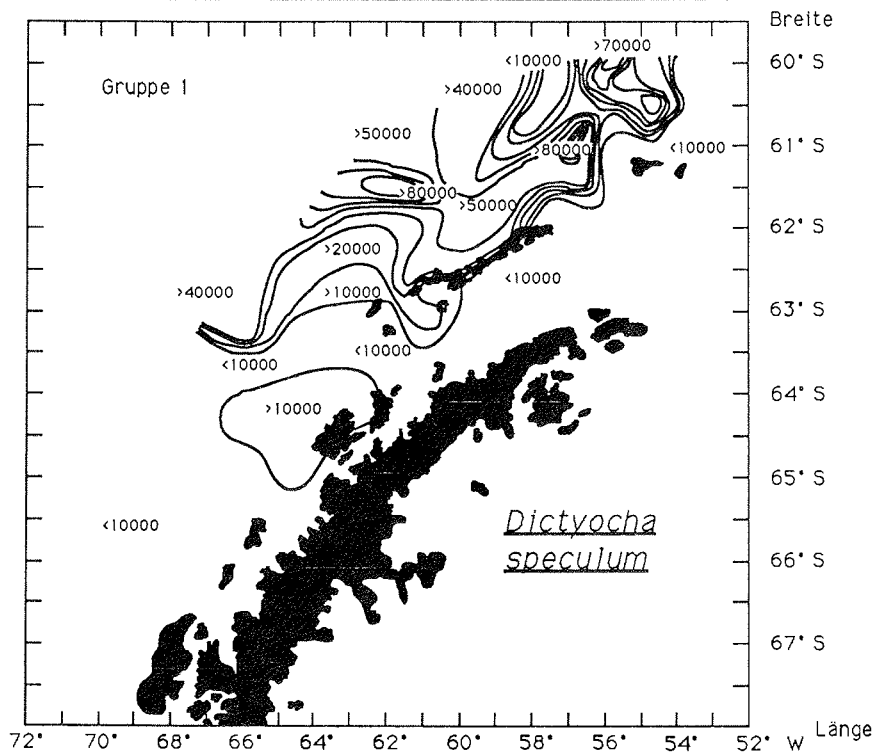
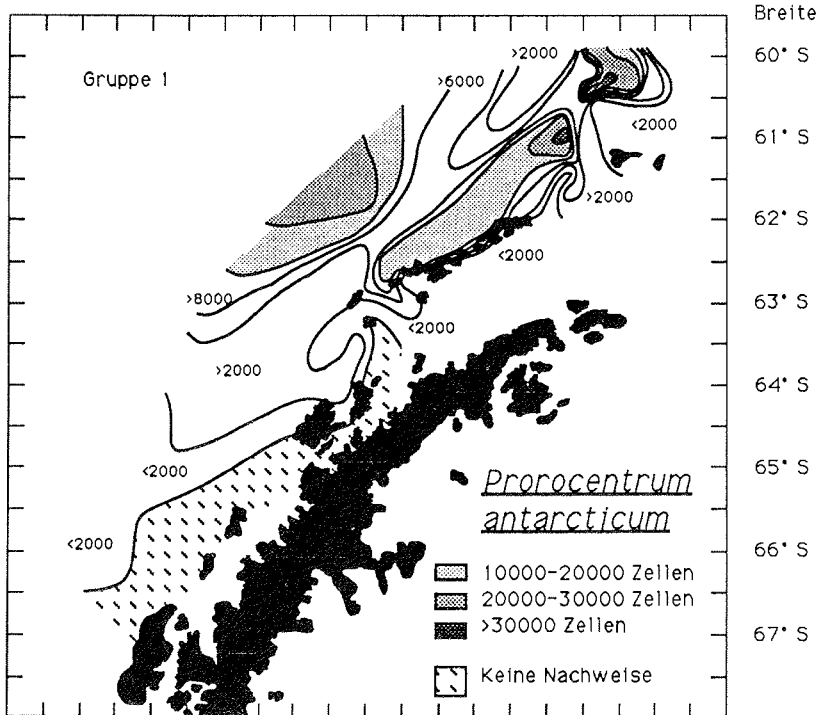


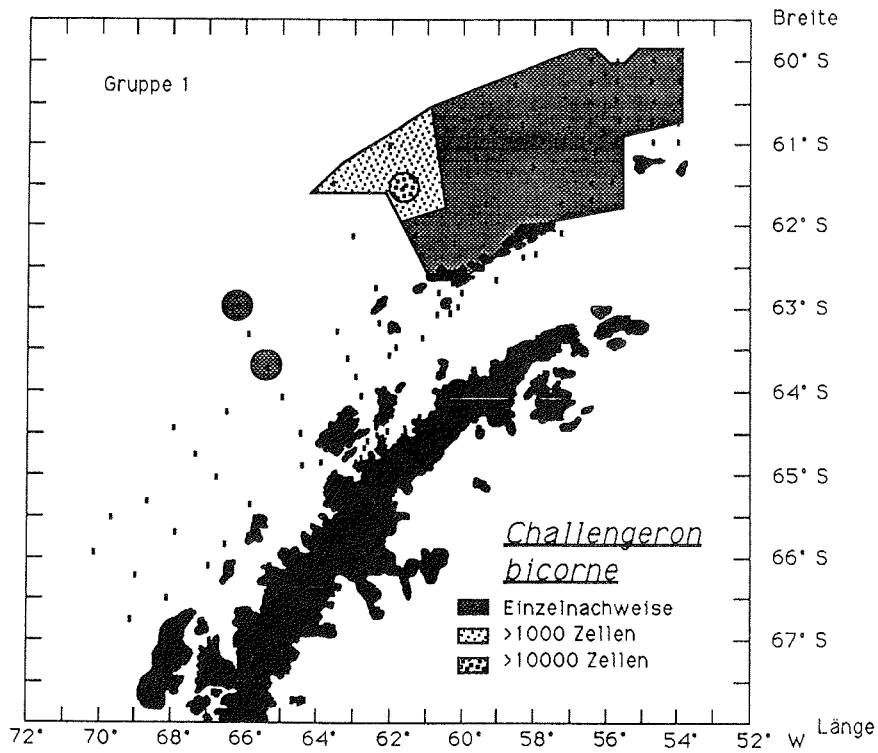
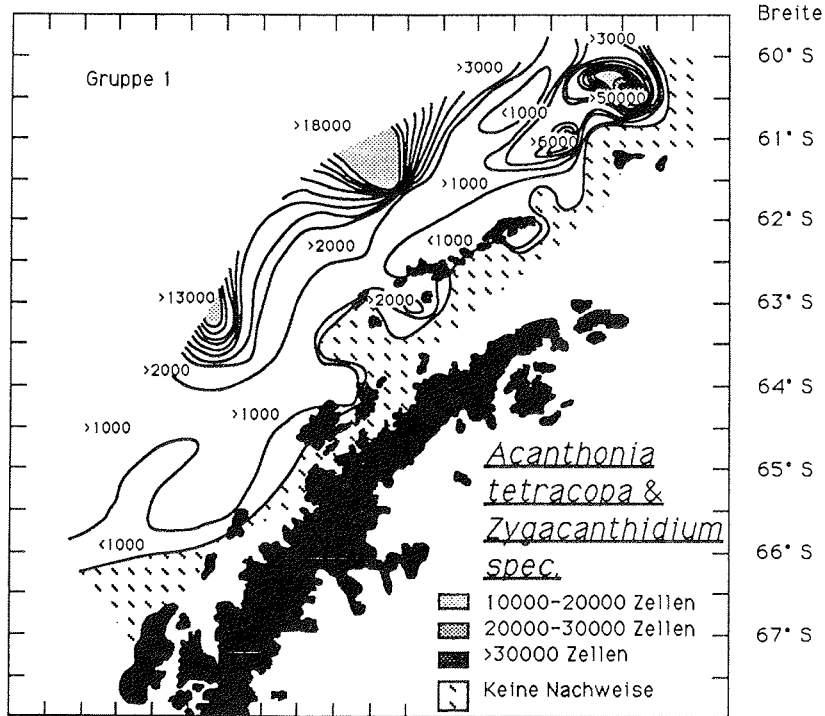
### Anhang 5: Verbreitung der übrigen Organismen

Anhang 5 enthält die Verbreitungskarten der Flagellaten, Amöben, Foraminiferen und Radiolarien. Die Karten sind in der gleichen Weise dargestellt wie die Verbreitungskarten der Diatomeen in Anhang 2 und die der Ciliaten in Anhang 4.

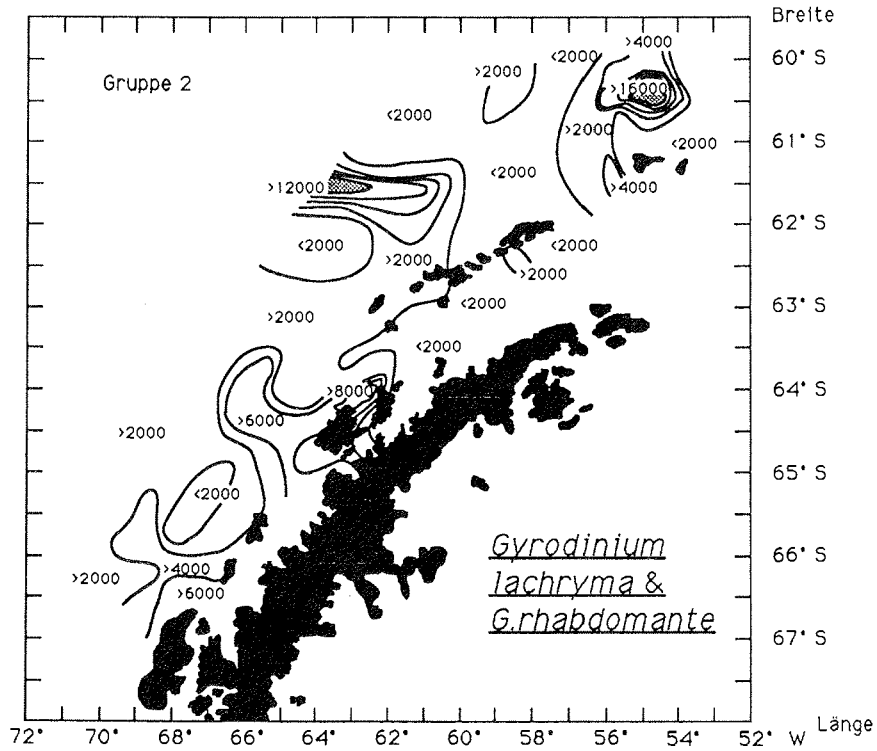
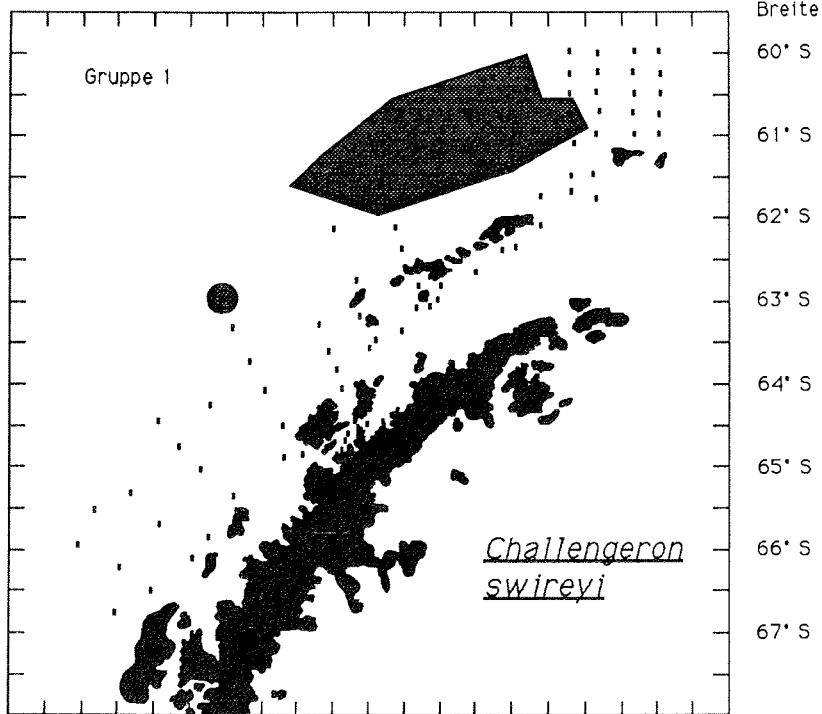


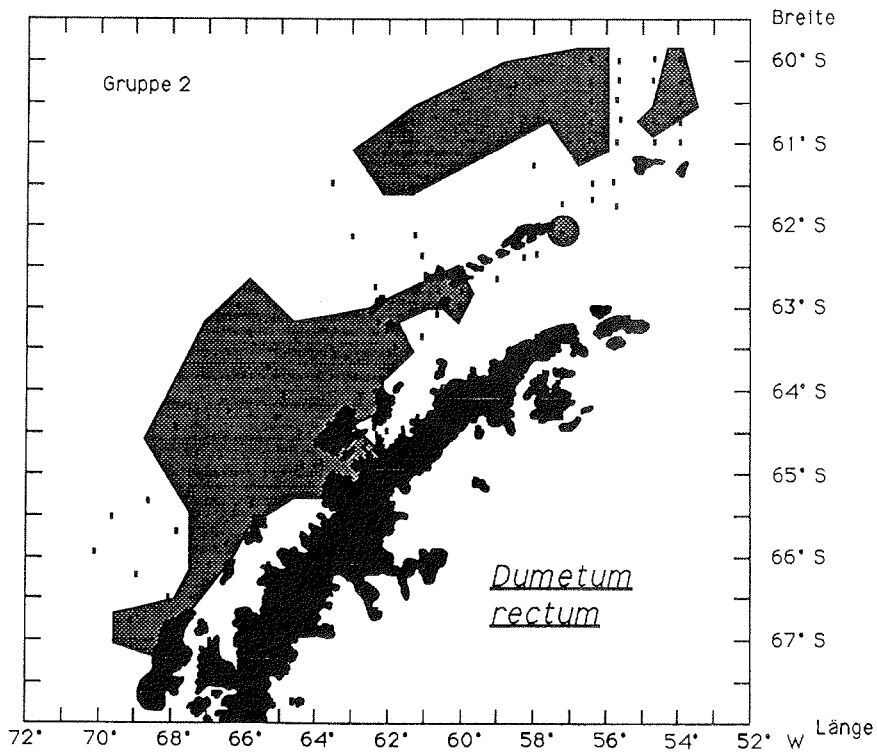
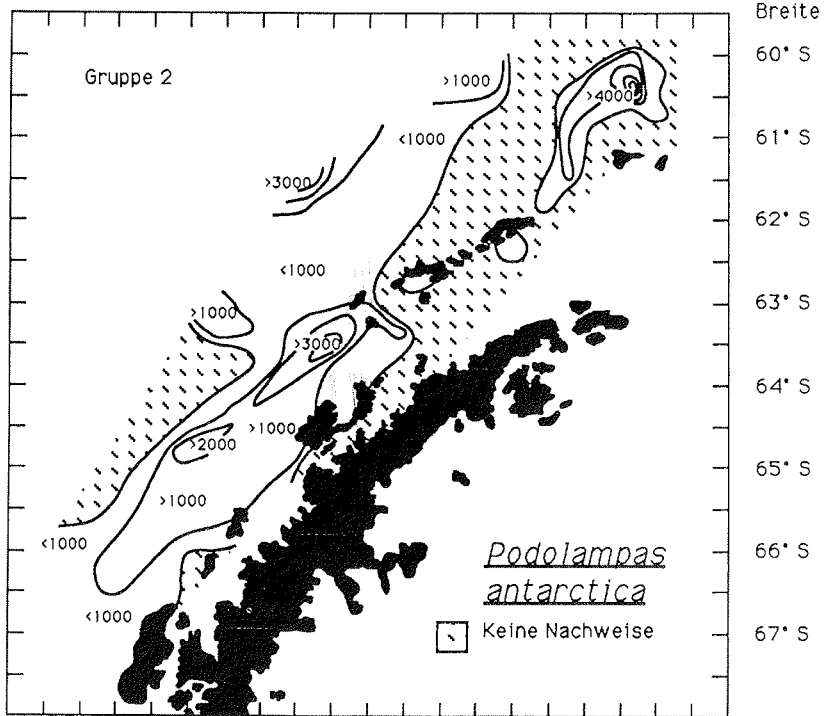


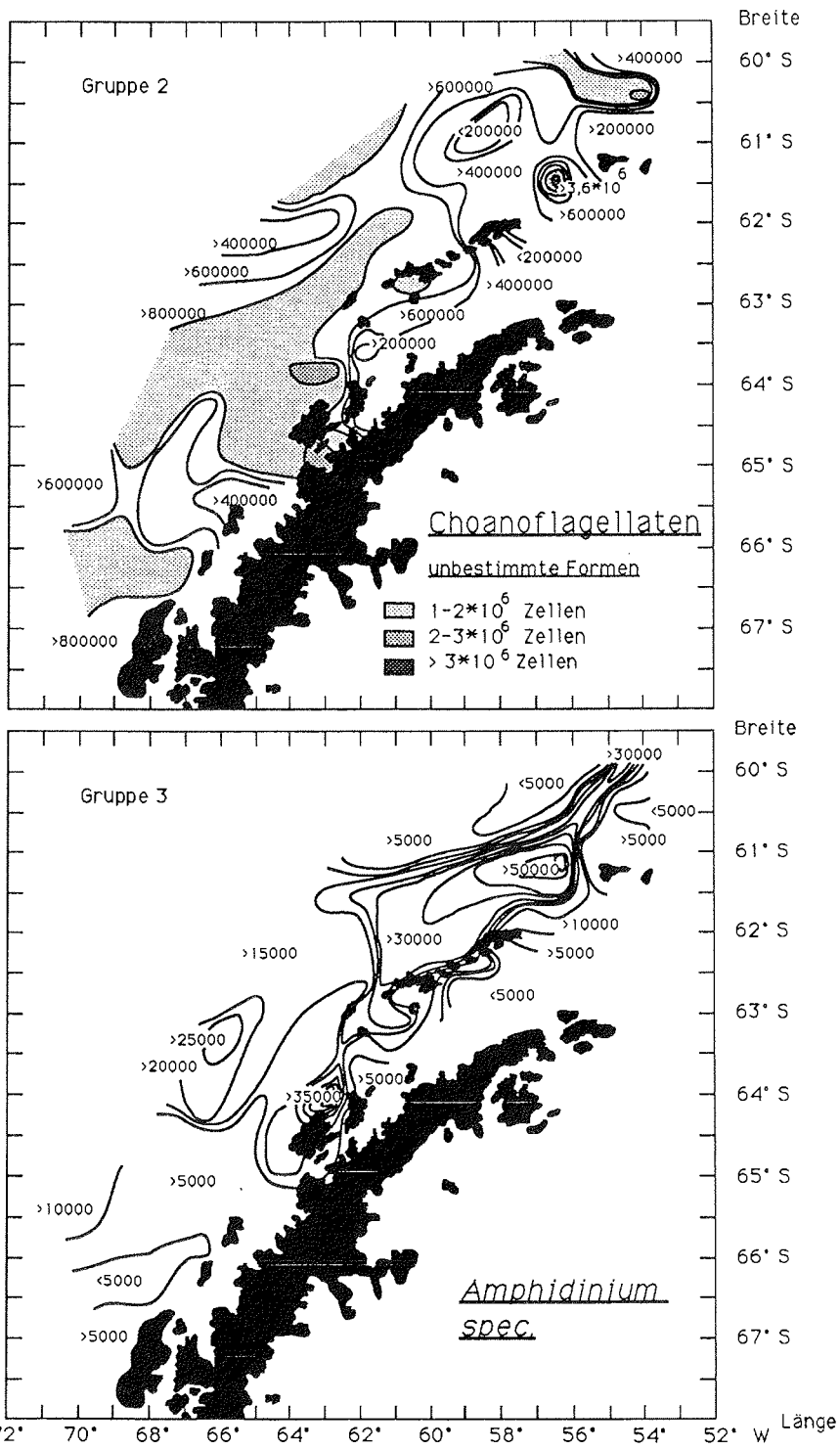


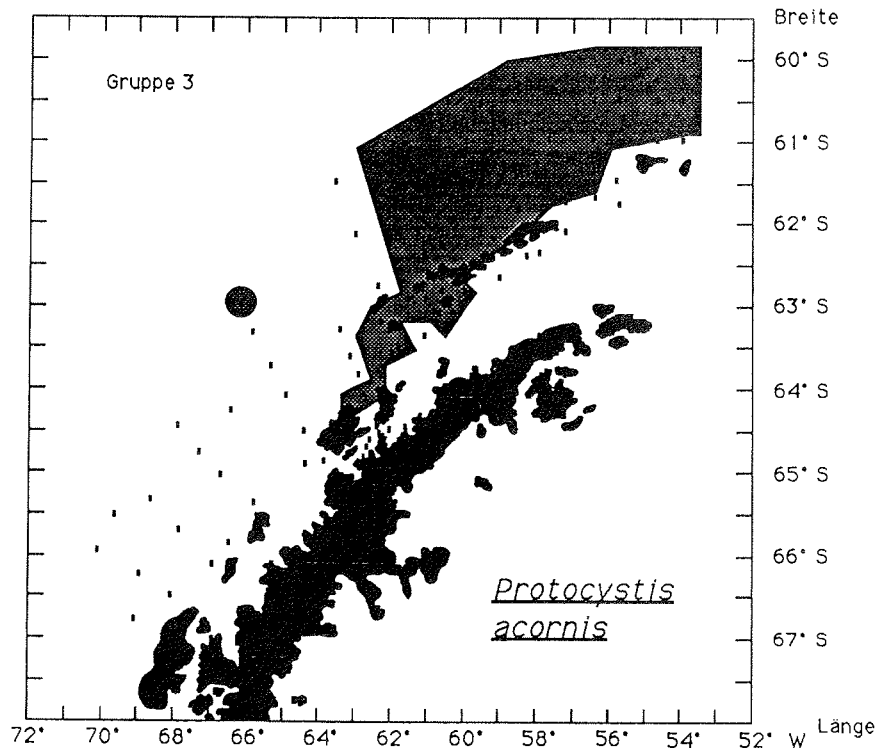
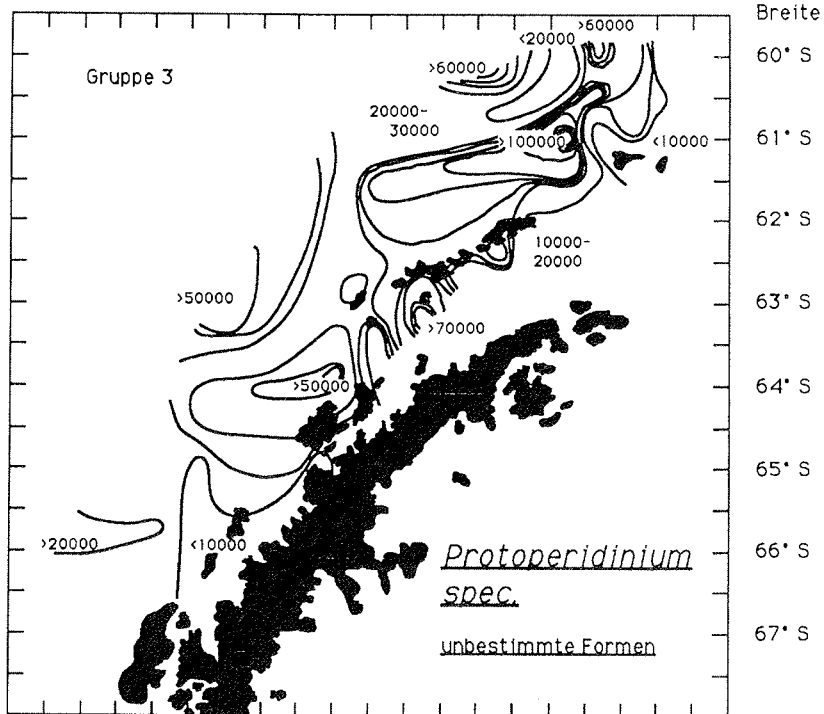


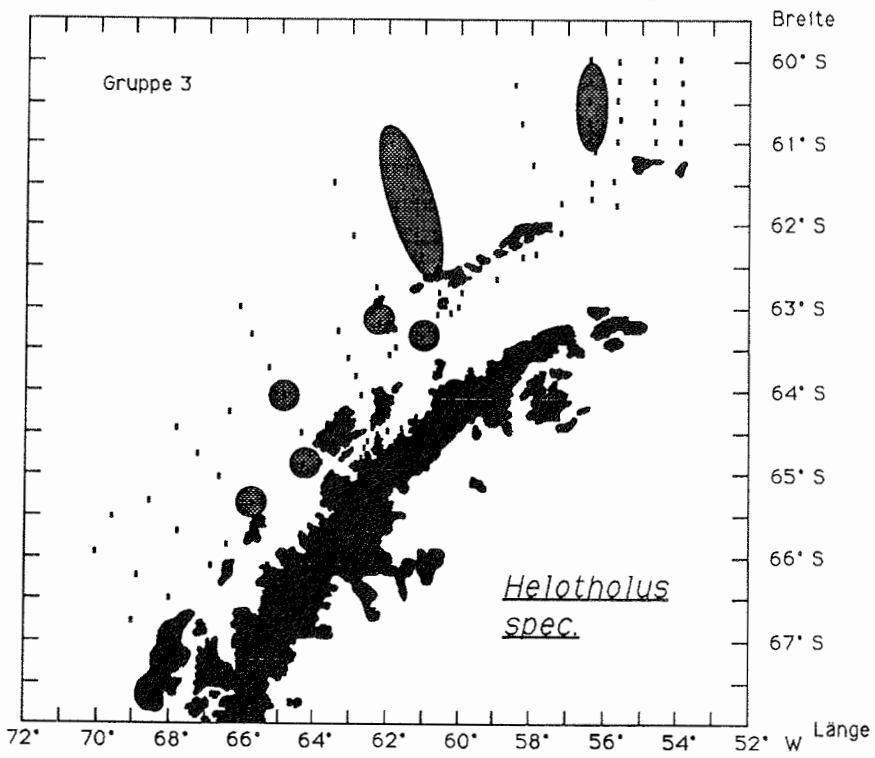
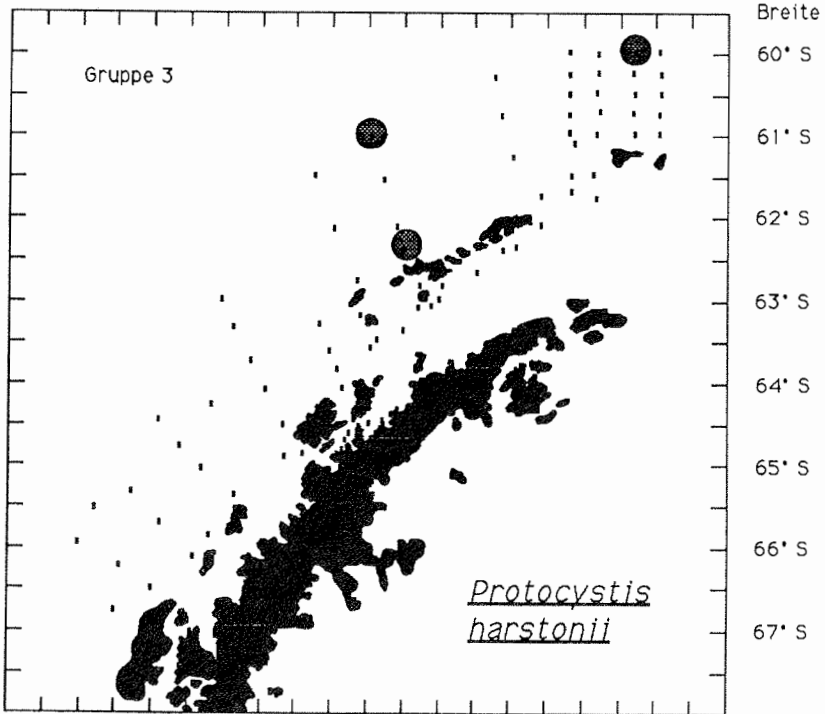


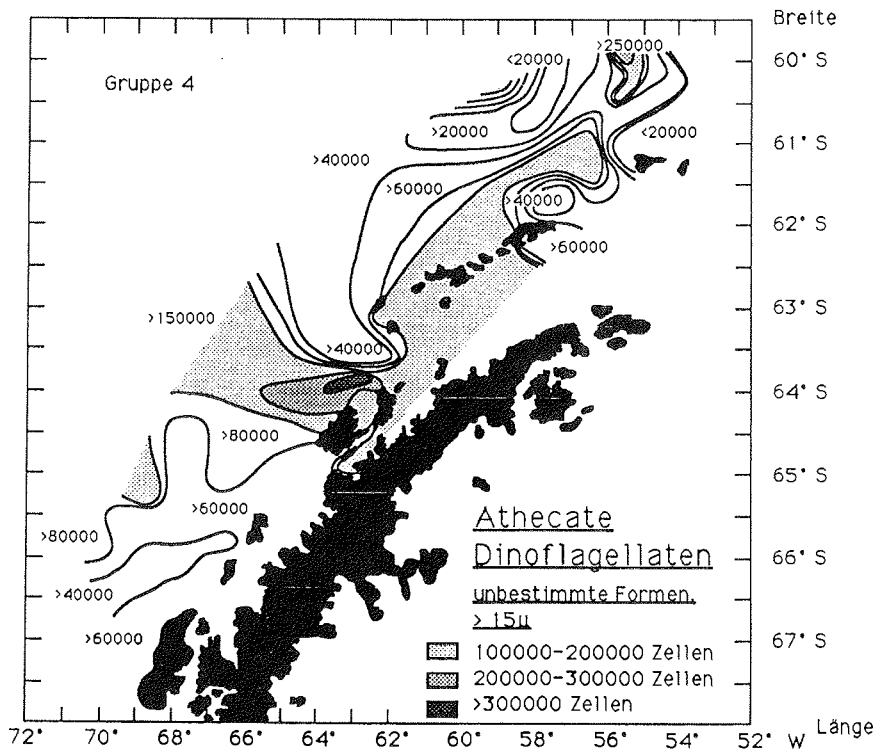
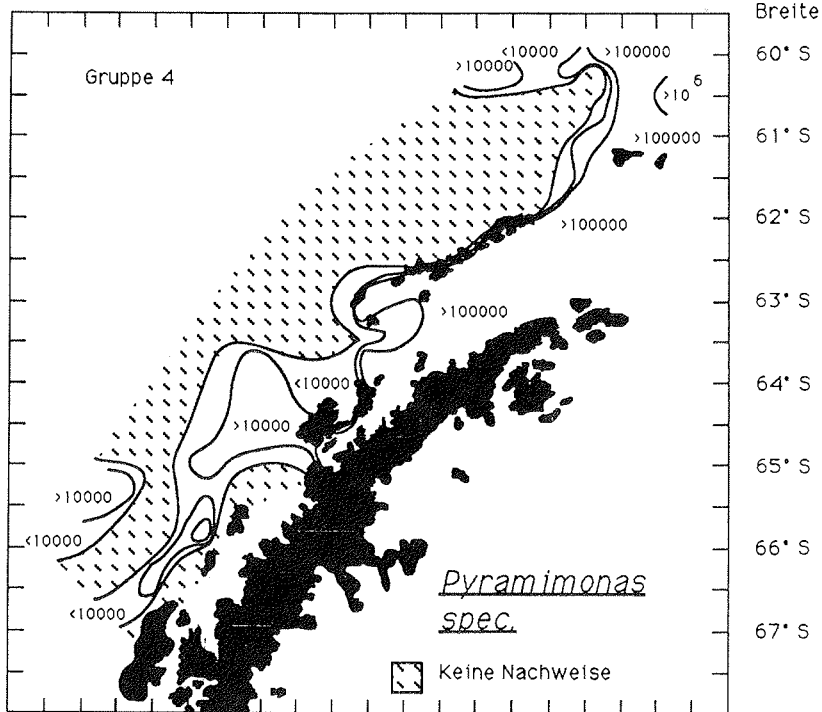


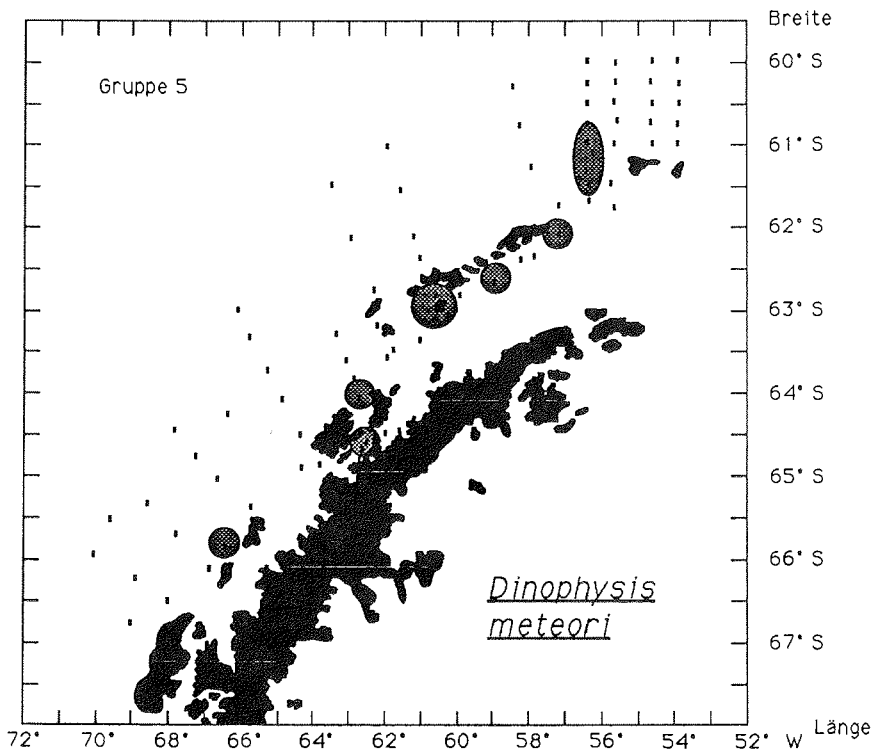
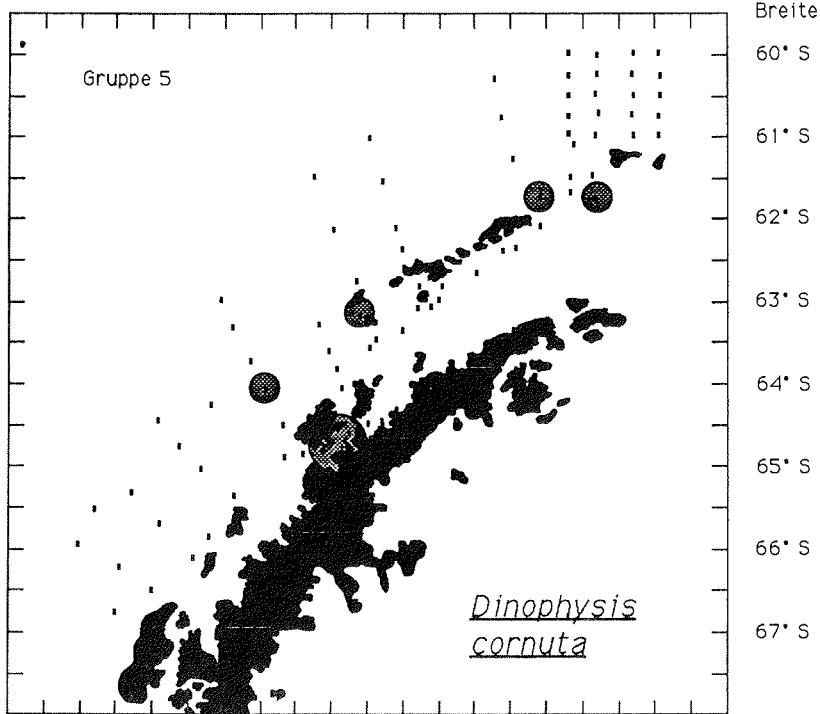


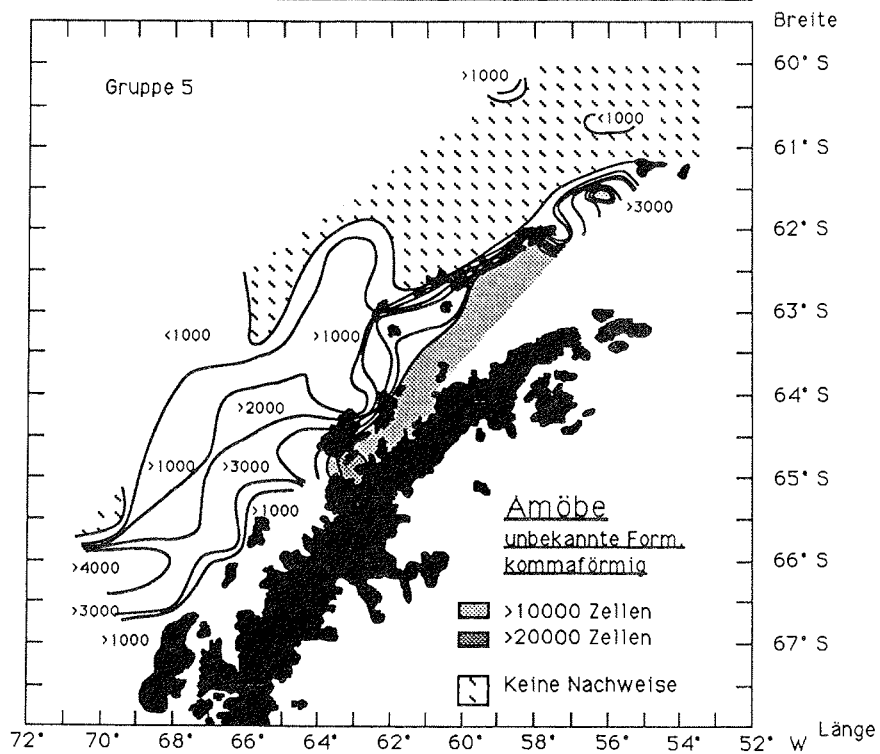
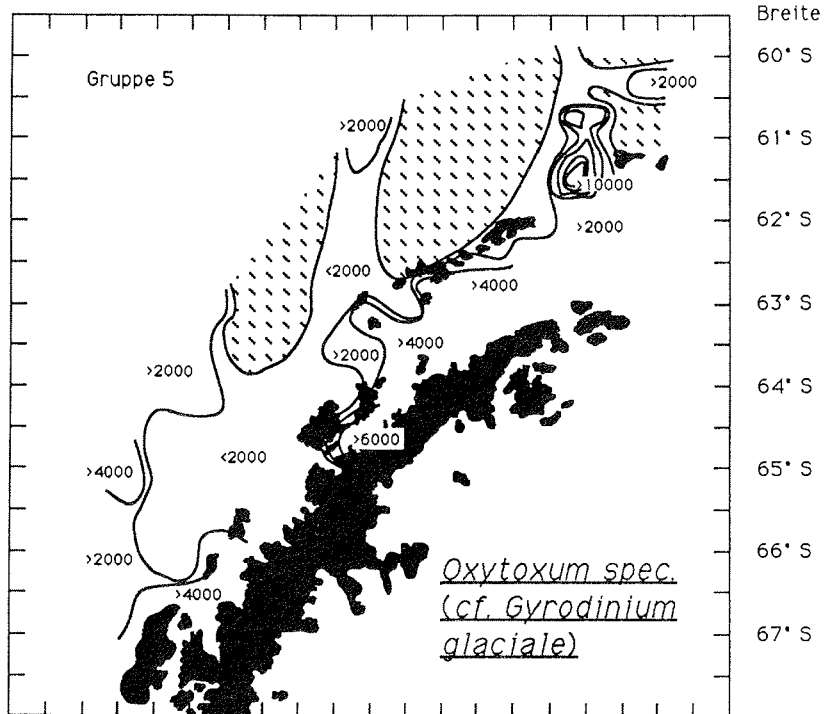




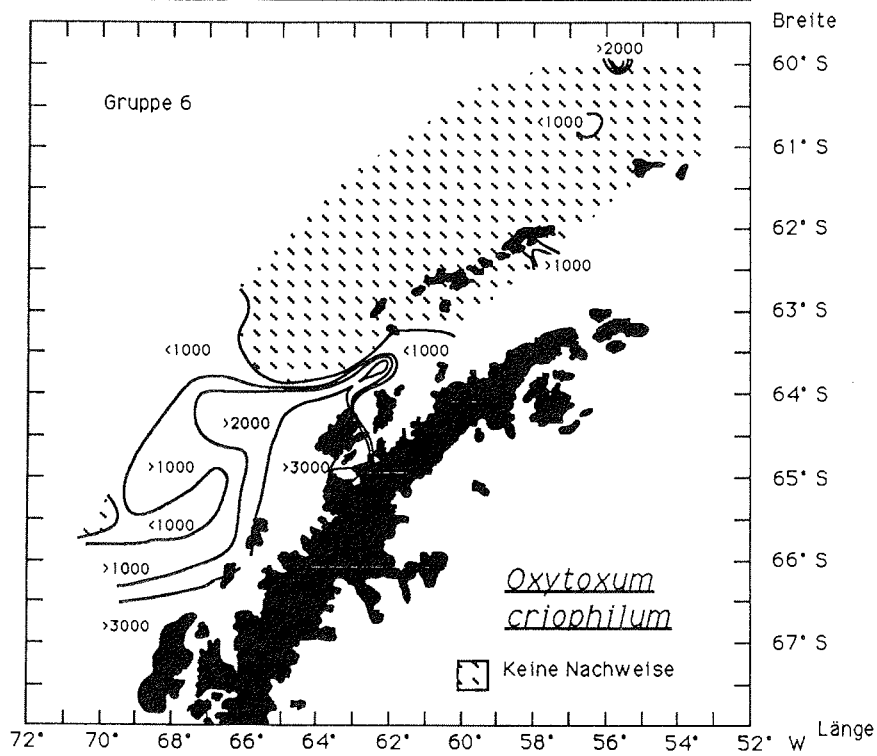
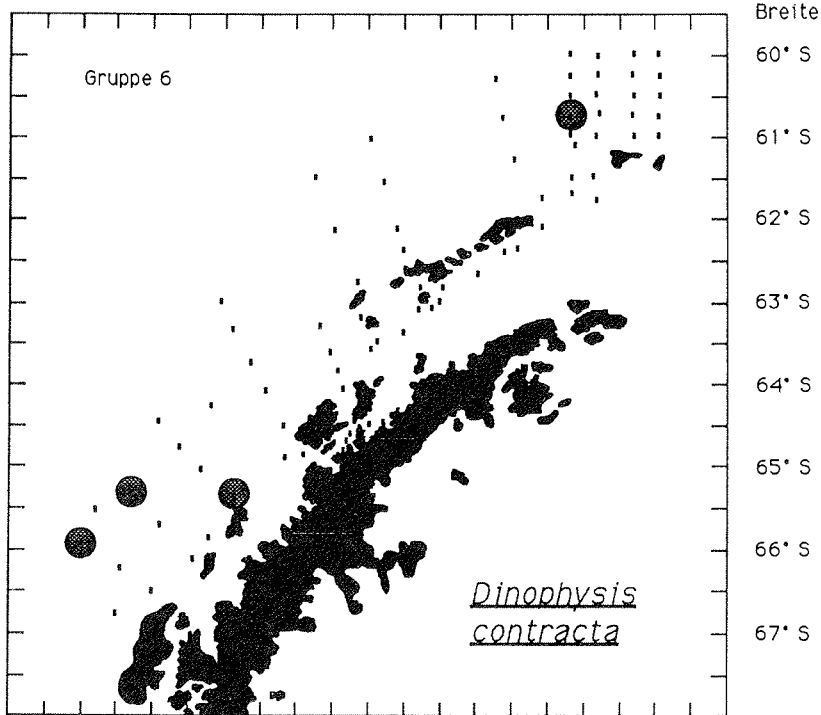


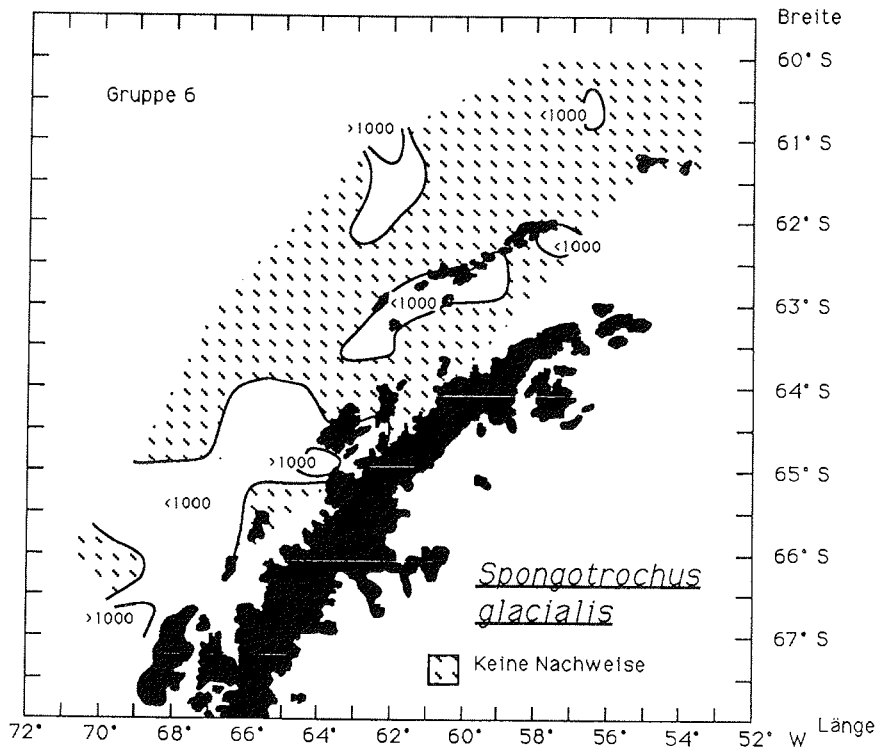
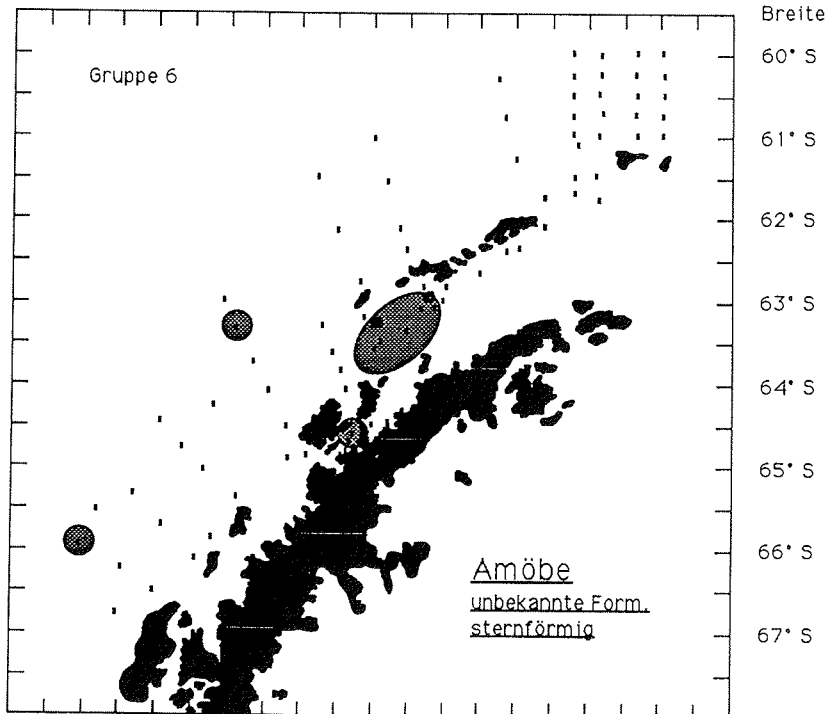


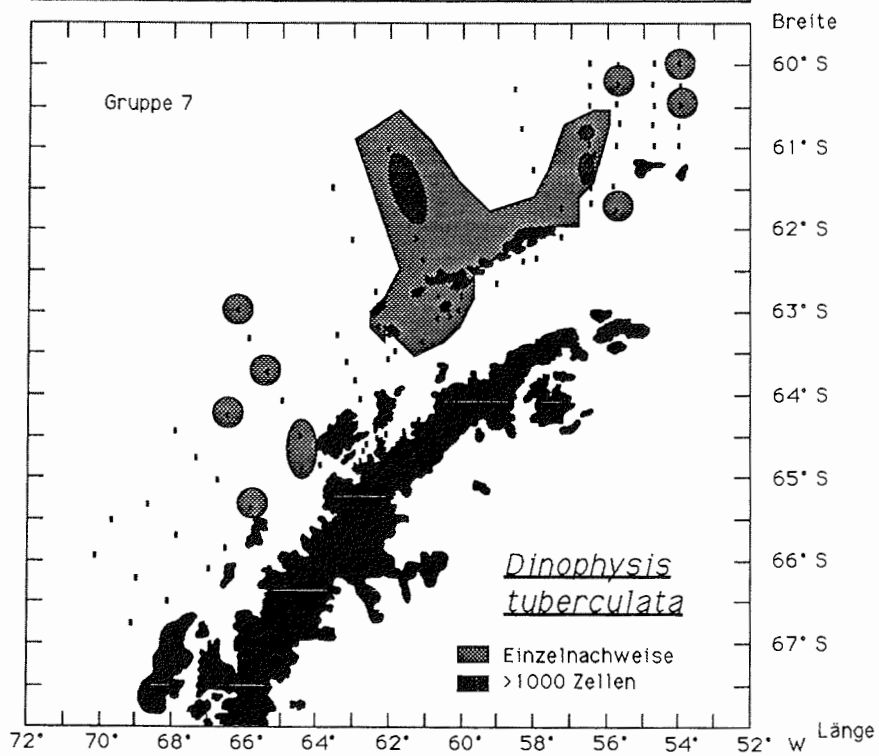
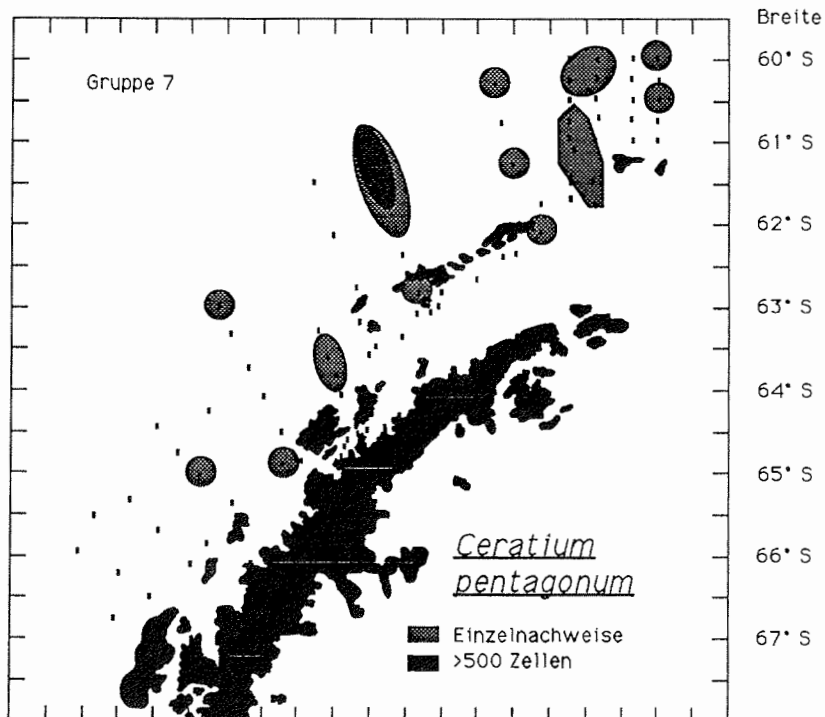


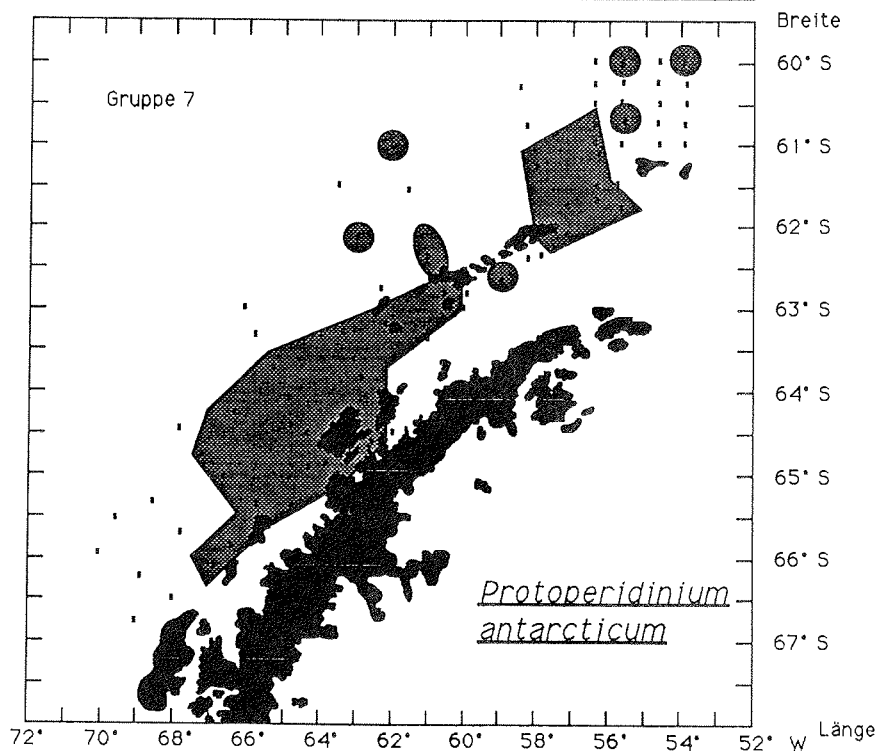
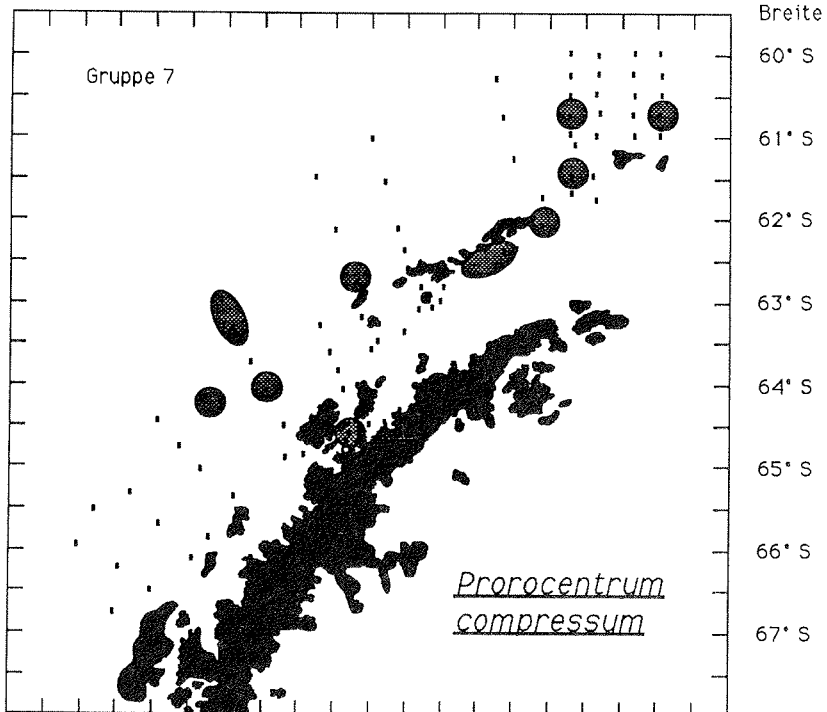


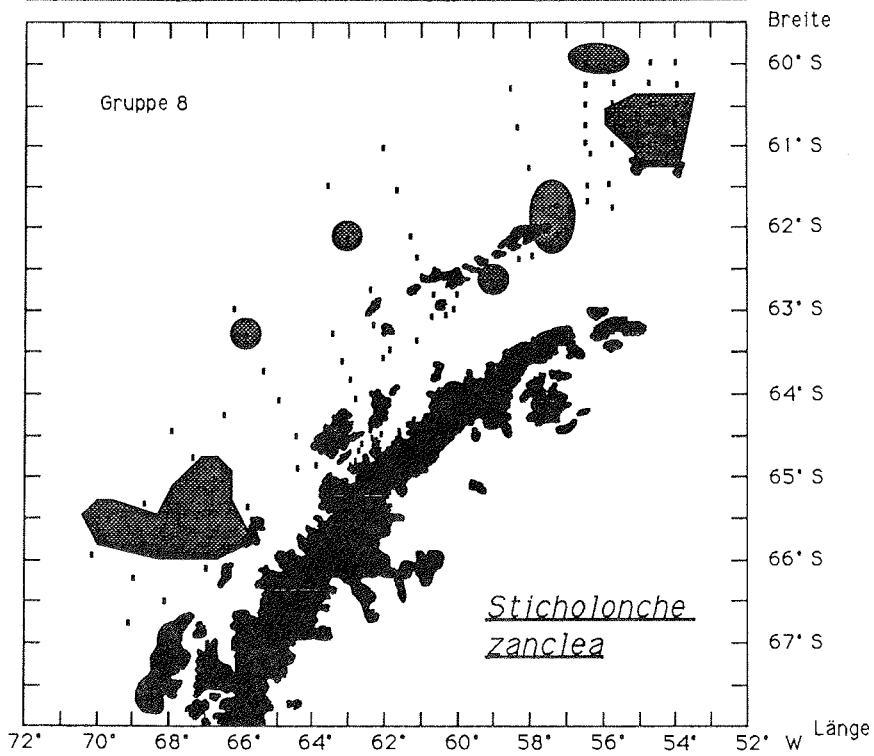
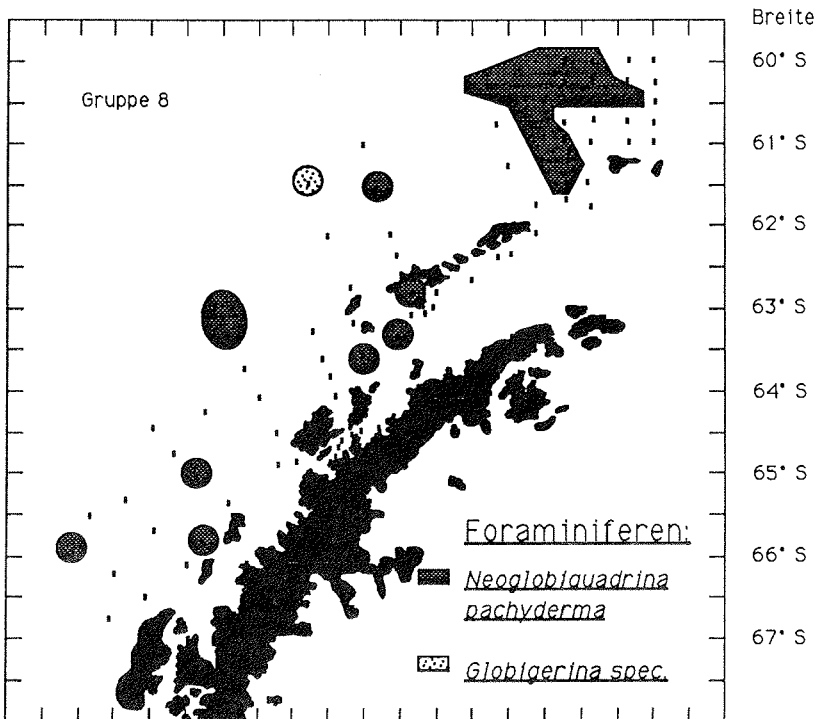


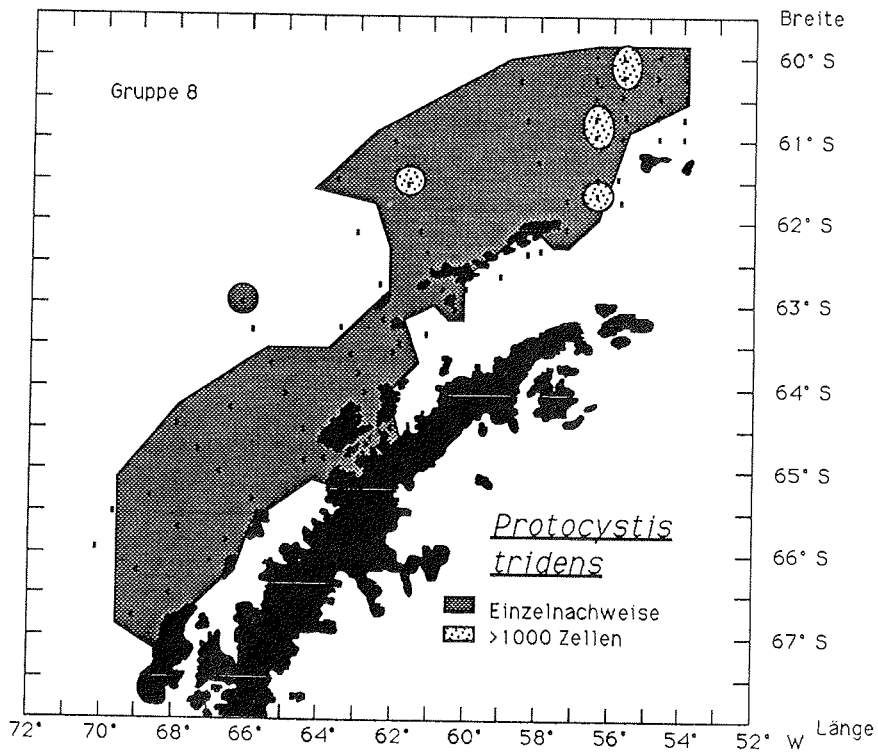
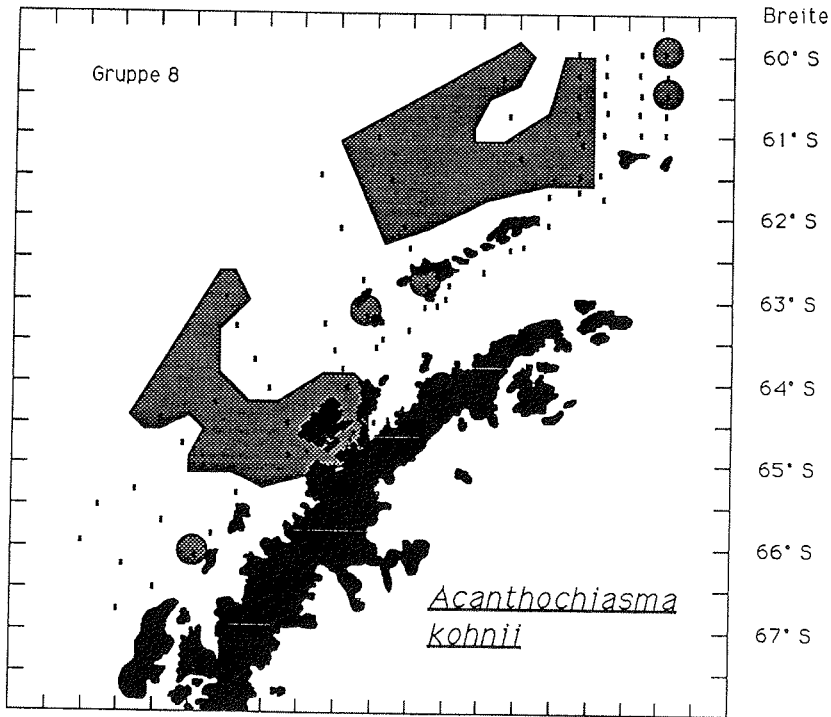


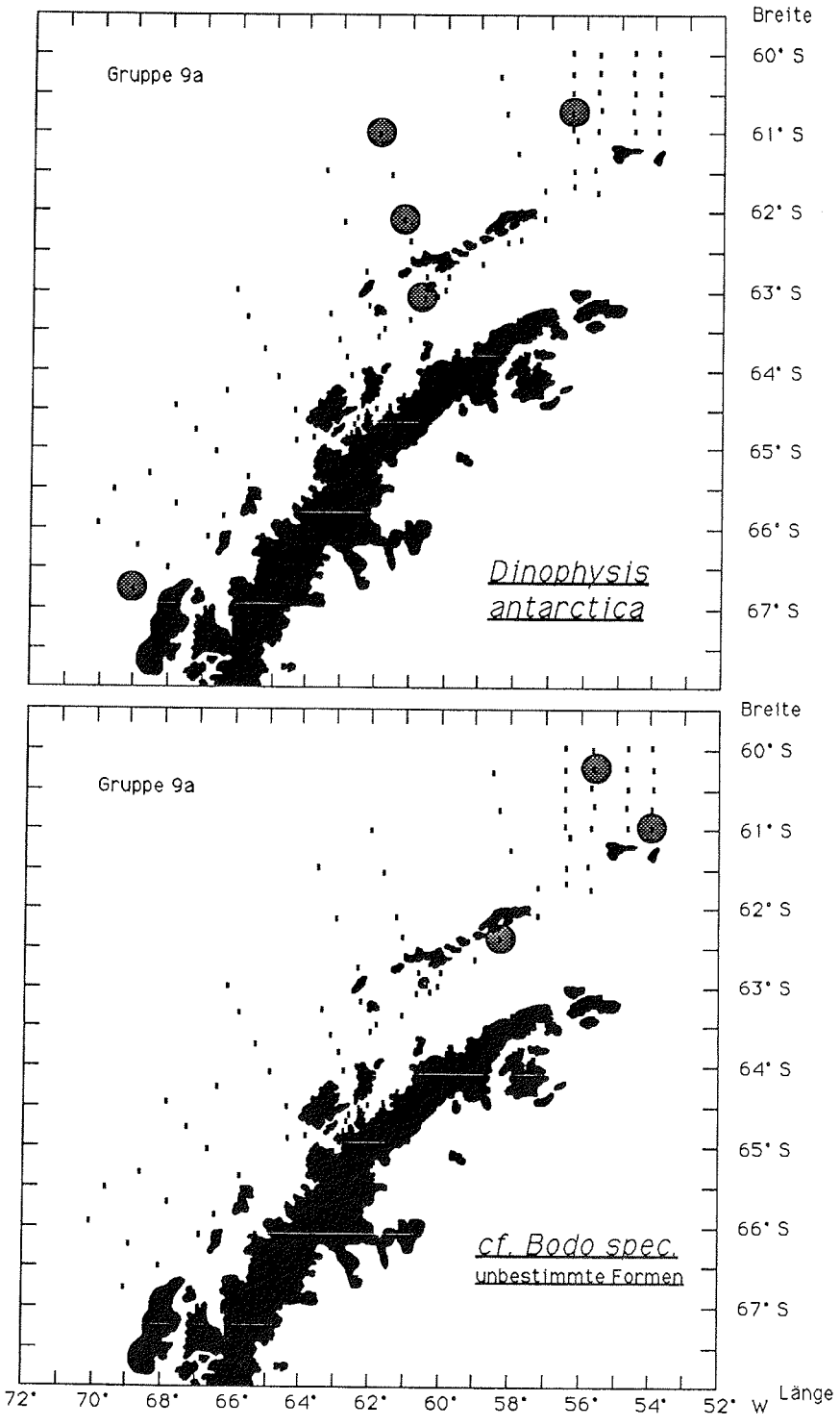


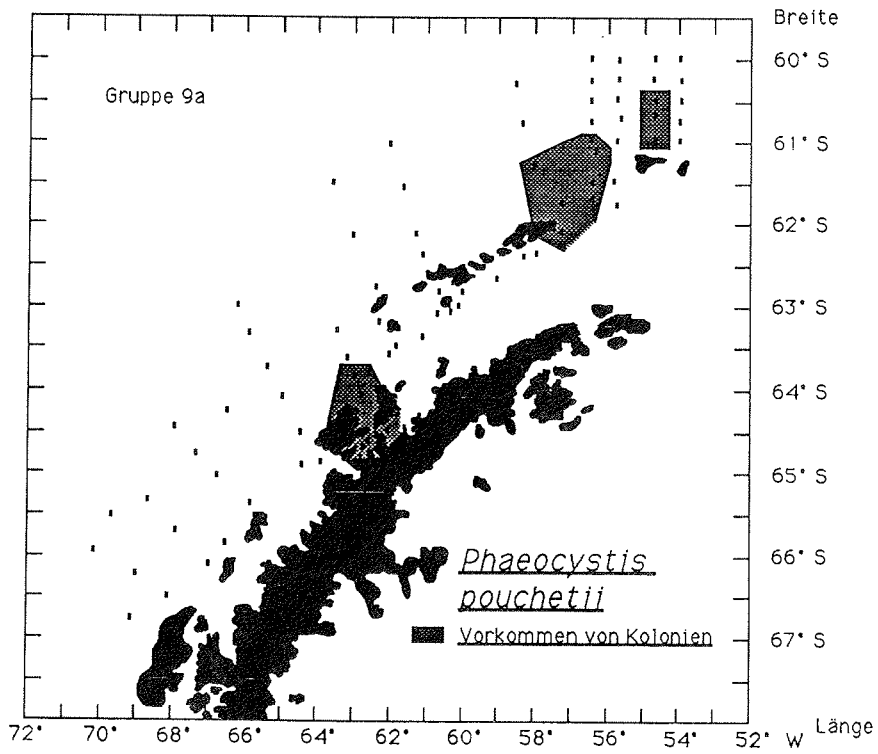
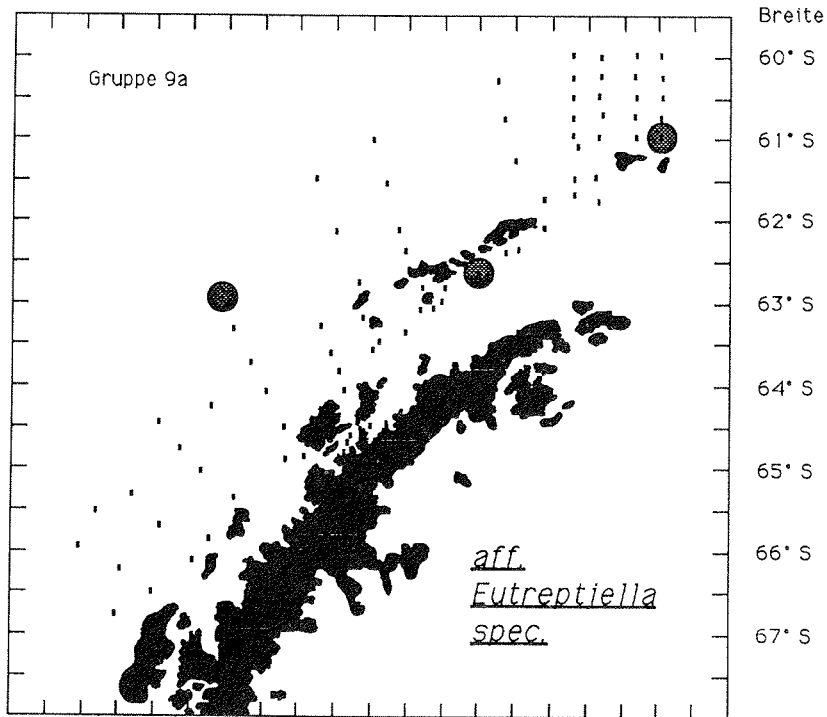




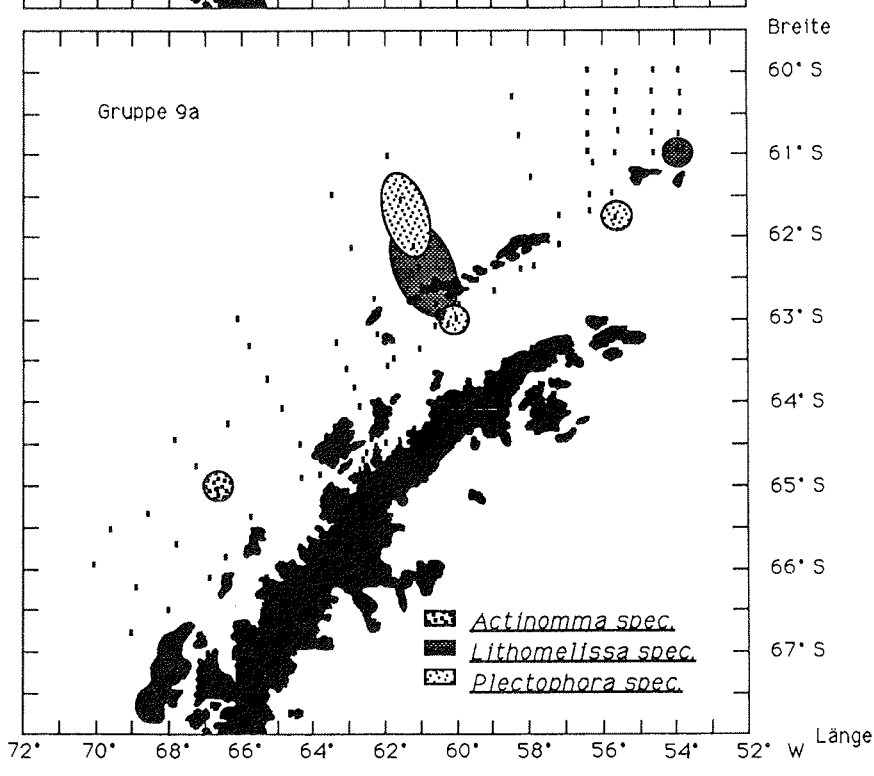
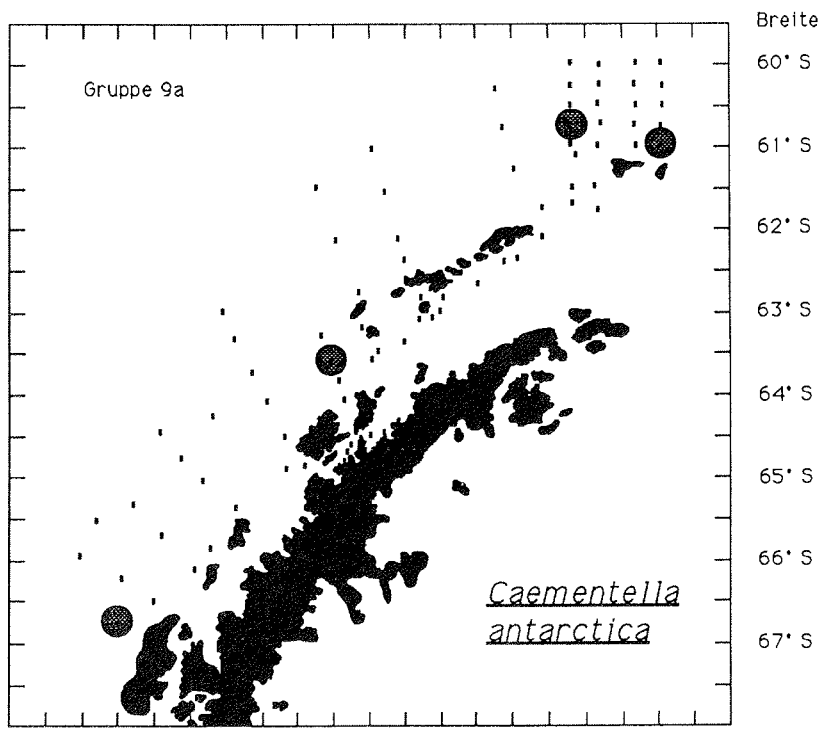


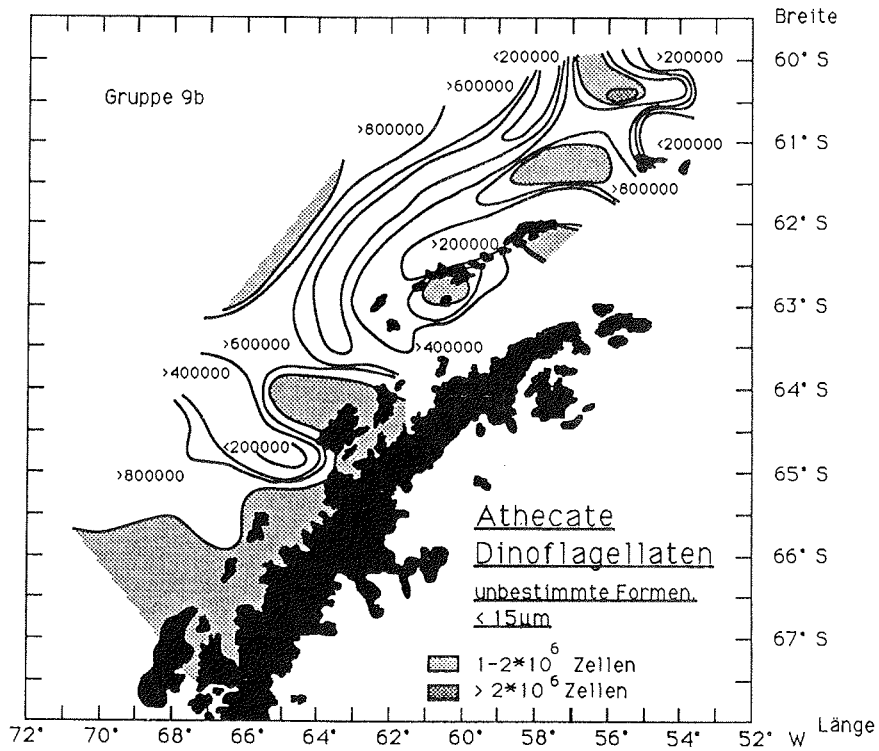
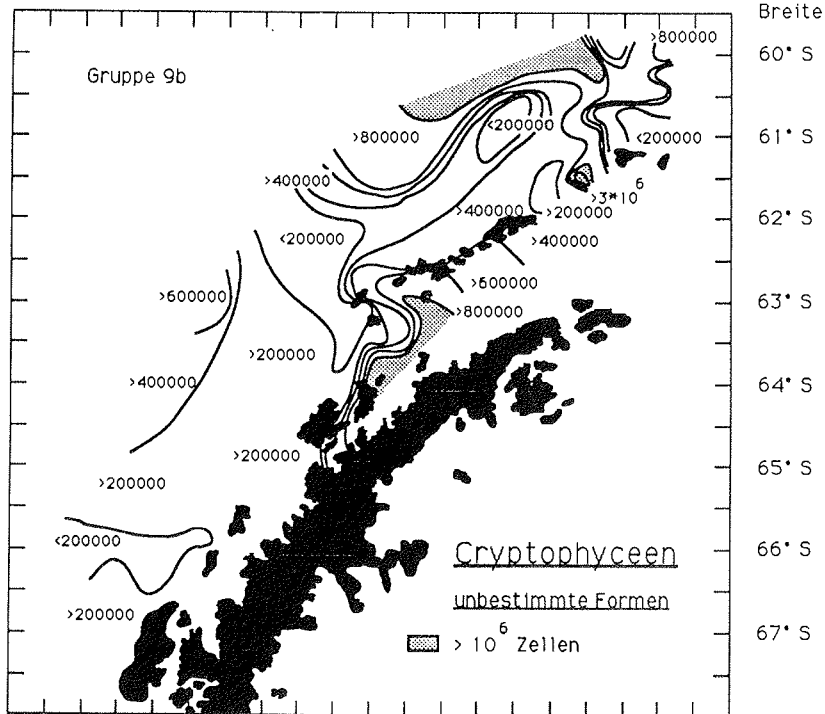


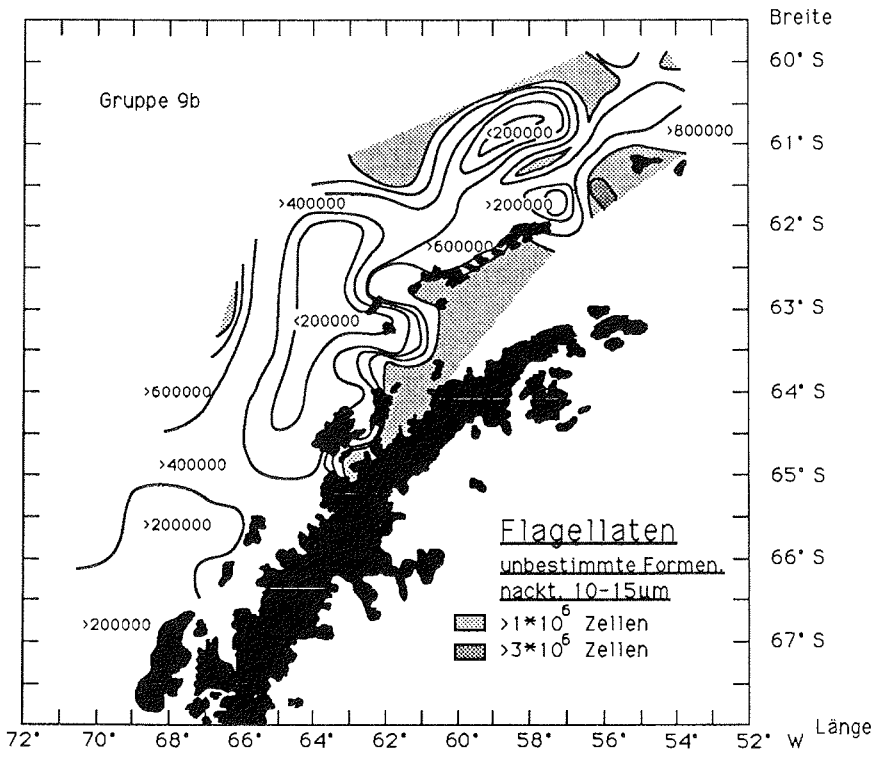
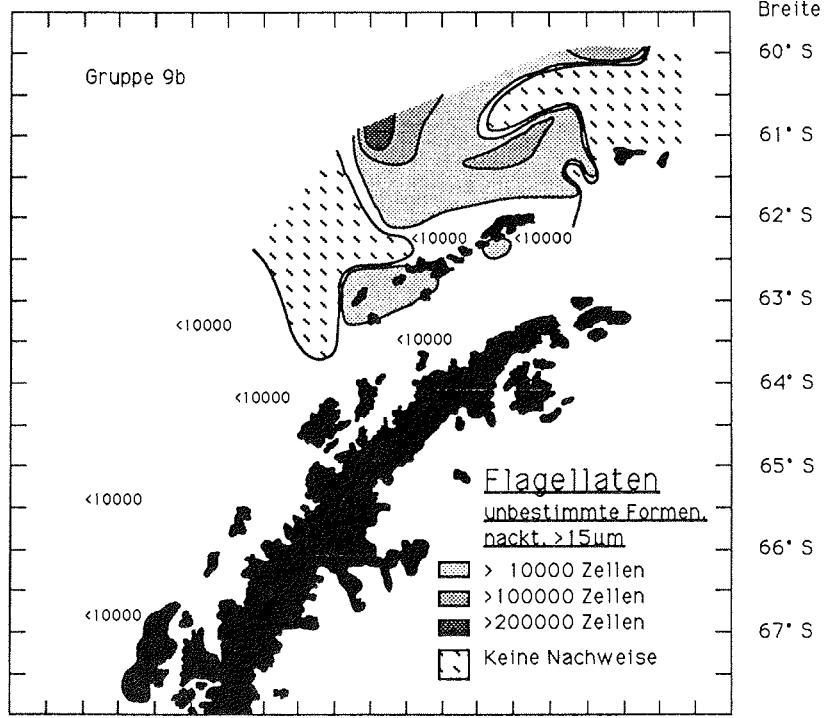


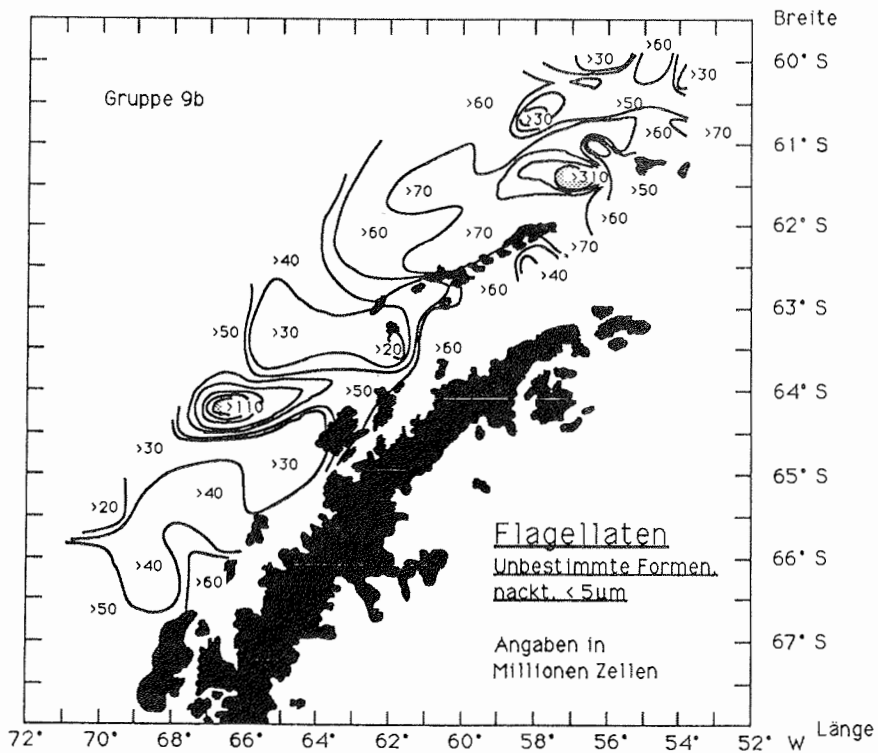
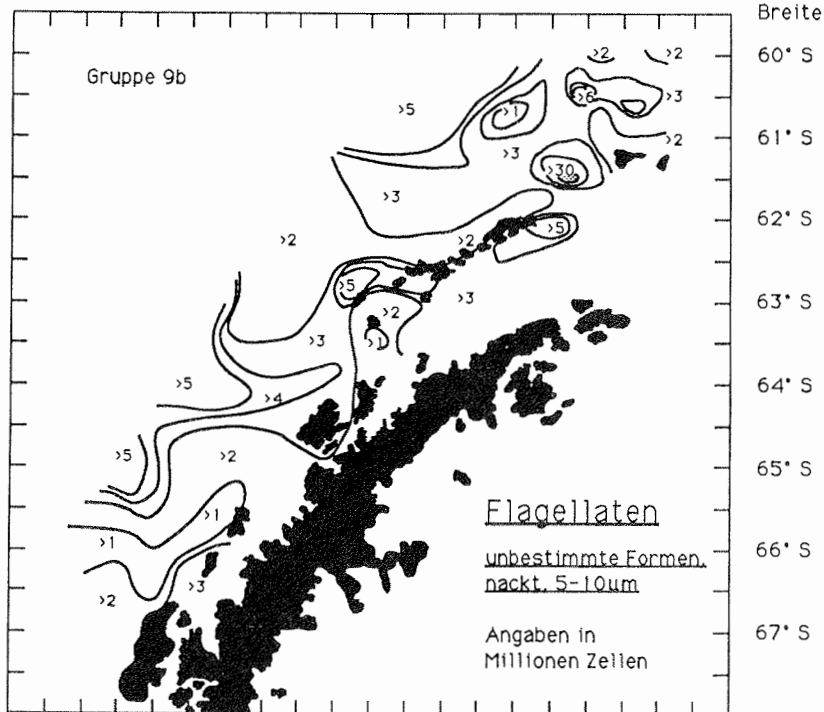












### Danksagung

Am Zustandekommen dieser Arbeit waren zahlreiche Personen beteiligt, für deren Interesse und Unterstützung ich mich herzlich und aufrichtig bedanke:

Prof. G. Hempel eröffnete mir die Möglichkeit, dieses reizvolle Thema zu bearbeiten und an der Expedition ANT V/1 teilzunehmen.

Prof. D. Sahrhage leitete die Expedition. Trotz des eng gesetzten Zeitrahmens dieser Expedition war er stets bemüht, meinen Wünschen entgegenzukommen.

Prof. V. Smetacek betreute die Arbeit. Ohne seine Anregungen und Kritiken hätte diese Arbeit nicht die Form angenommen, die nun vorliegt.

Dr. J. Vosjan nahm sich an Bord im Rahmen seiner eigenen Arbeiten auch einiger meiner Proben an und verhalf mir damit zu einer ersten Orientierung.

Dr. M. Stein überlies mir die hydrographischen Daten der Expedition und betreute die Auswertung dieser Daten, die zu einem wichtigen Bestandteil dieser Arbeit wurden.

Dr. R. Simonsen war stets bereit, schwierige Fälle in der Bestimmung von Diatomeenarten zu diskutieren; seine Assistentin Frau F. Hinz nahm mir die Mühe ab, die für eine zuverlässige Artbestimmung notwendigen Dauerpräparate anzufertigen.

Dr. S. Schnack-Schiel und Dr. V. Siegel überliessen mir unveröffentlichte Zooplanktondaten, ohne deren Kenntnis manche Befunde im Mikroplankton unverständlich geblieben wären.

Weitere wichtige Impulse gaben durch Diskussionen, Anmerkungen und Anregungen Dr. U. Bathmann, Dr. B. Biddandah, Dr. M. Elbrächter, H. Gonzalez, Prof. G. Høpner-Pedersen, S. Kipfstuhl, Prof. G. Kirst, Dr. E.M. Nöthig, U. Riebesell, I. Schloss, Dr. M. Schröder, Dr. M. Spindler, Dr. C. Wiencke.

Besonders beeindruckt haben mich die Angehörigen der Decks Mannschaft der "Polarstern", die, ohne daß ich zu fragen brauchte, bei den Probennahmen mitangepackt haben, wann immer es nötig war. Ihnen, sowie den übrigen Mitgliedern der Crew, mein herzlicher Dank.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die Finanzierung meiner Stelle im Rahmen des Projektes Sm 22/2-1.

Wie stets im Leben wurde auch diese Arbeit von besseren und schlechteren Zeiten begleitet. All jenen, die sich in den besseren Zeiten mit mir gefreut und mir in den schlechteren Mut gemacht haben, sei an dieser Stelle ganz besonders herzlich gedankt.

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

Verkaufspreis/

- \* **Sonderheft Nr. 1/1981** – „Die Antarktis und ihr Lebensraum“  
Eine Einführung für Besucher – Herausgegeben im Auftrag von SCAR
- Heft Nr. 1/1982** – „Die Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“  
zusammengestellt von Heinz Kohnen 11,-
- 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 10,-
- 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 19,-
- Heft Nr. 4/1982** – „Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“  
Liste der Planktonfänge und Lichtstärkemessungen  
zusammengestellt von Gerd Hubold und H. Eberhard Drescher 12,-
- \* **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 13,-
- 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 10,-
- 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 15,-
- Heft Nr. 10/1983** – „Fluor im antarktischen Ökosystem“ – DFG-Symposium November 1982  
zusammengestellt von Dieter Adelung 23,-
- Heft Nr. 11/1983** – „Joint Biological Expedition on RRS ‚John Biscoe‘, February 1982 (II)“  
Data of micronekton and zooplankton hauls, by Uwe Piatkowski 16,-
- Heft Nr. 12/1983** – „Das biologische Programm der ANTARKTIS-I-Expedition 1983 mit FS ‚Polarstern‘“  
Stationslisten der Plankton-, Benthos- und Grundschnepnetzfüge und Liste der Probenahme an Robben  
und Vögeln, von H. E. Drescher, G. Hubold, U. Piatkowski, J. Plötz und J. Voß 14,-
- \* **Heft Nr. 13/1983** – „Die Antarktis-Expedition von MS ‚Polarbjörn‘ 1982/83“ (Sommerkampagne zur  
Atka-Bucht und zu den Kraul-Bergen), zusammengestellt von Heinz Kohnen
- \* **Sonderheft Nr. 2/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition von FS ‚Polarstern‘ (Kapstadt, 20. Januar 1983 –  
Rio de Janeiro, 25. März 1983)“, Bericht des Fahrtleiters Prof. Dr. Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 3/1983** – „Sicherheit und Überleben bei Polarexpeditionen“  
zusammengestellt von Heinz Kohnen
- Heft Nr. 14/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition (ANTARKTIS I) von FS ‚Polarstern‘ 1982/83“  
herausgegeben von Gotthilf Hempel 40,-
- 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 75,-
- 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 22,-
- Sonderheft Nr. 5/1984** – „The observatories of the Georg von Neumayer Station“, by Ernst Augstein 8,-
- Heft Nr. 16/1984** – „FIBEX cruise zooplankton data“  
by U. Piatkowski, I. Hempel and S. Rakusa-Suszczewski 19,-
- Heft Nr. 17/1984** – „Fahrtbericht (cruise report) der ‚Polarstern‘-Reise ARKTIS I, 1983“  
von E. Augstein, G. Hempel und J. Thiede 29,-
- 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 25,-
- Heft Nr. 19/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,  
Bericht vom Fahrtabschnitt 4, Punta Arenas–Kapstadt (Ant-II/4), herausgegeben von H. Kohnen 41,-
- 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 42,-