

**Zur Ökologie des Phytoplanktons im arktischen
Laptevmeer - ein jahreszeitlicher Vergleich**

**Phytoplankton ecology in the arctic
Laptev Sea - a comparison of three seasons**

Kirsten Tuschling

**Ber. Polarforsch. 347 (2000)
ISSN 0176 - 5027**

Kirsten Tuschling

Institut für Polarökologie
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Wischhofstr. 1-3, Geb. 12
24148 Kiel, Germany

Die vorliegende Arbeit ist die inhaltlich unveränderte Fassung einer
Dissertation, die 1999 der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel vorgelegt wurde.

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	1
2 Summary	3
3 Einleitung	5
4 Das Untersuchungsgebiet	9
4.1 Topographie und Hydrographie	10
4.2 Eisverhältnisse	12
4.3 Probenahmestationen	13
5 Material und Methoden	17
5.1 Probenahme und –lagerung	18
5.2 Lichtmessung (Secchi-Scheibe und PAR-Sensor)	19
5.3 Seston	19
5.4 Partikulärer organischer Kohlenstoff (POC) und Stickstoff (PON)	19
5.5 Konzentration der Algenpigmente	20
5.6 Quantitative mikroskopische Analyse der Wasserproben	20
5.7 Berechnung der Biomasse	22
5.8 Bestimmung einzelner Taxa mittels der Rasterelektronen- mikroskopie	22
5.9 Messung der Primärproduktion <i>in situ</i>	22
5.10 Bakterienzählung mit der Fluoreszenzmethode	23
5.11 Gemeinschaftsanalyse	24
5.12 Faktorenanalyse	25
5.13 Parametervergleich für die zwei Cluster	25
5.14 Laborversuch zur Ökologie arktischer Phytoplankton- organismen	26
5.15 Signifikanztest	26

6 Ergebnisse	27
6.1 Hydrographie und Silikatgehalt im Sommer 1998	27
6.1.1 Hydrographie und Silikatgehalt an den südlichen Stationen	28
6.1.2 Hydrographie und Silikatgehalt an den nördlichen Stationen	30
6.2 Lichtmessung (Secchi-Scheibe und PAR-Sensor)	31
6.2.1 Transparenzmessungen mit der Secchischeibe	31
6.2.2 Lichtmessung mit dem PAR-Sensor	31
6.3 Seston	34
6.4 Partikulärer organischer Kohlenstoff (POC) und Stickstoff (PON)	35
6.5 Zusammensetzung und Konzentration der Phytoplanktonpigmente	37
6.5.1 Chlorophyll <i>a</i> – Verteilung	37
6.5.2 Pigmentbestimmung mit der Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatographie (HPLC)	39
6.6 Quantitative mikroskopische Analyse der Wasserproben	41
6.6.1 Vorkommende Mikroalgentaxa im Laptevmeer	41
6.6.2 Saisonale und regionale Verteilung der Phytoplankter nach Größenklassen	48
6.6.3 Saisonale und regionale Verteilung der Phytoplanktongroßtaxa	50
6.6.4 Abundanz ausgewählter Phytoplanktontaxa	55
6.7 Berechnete Biomasse des Phytoplanktons	62
6.7.1 Biomasseverteilung im Frühjahr	64
6.7.2 Biomasseverteilung im Sommer	64
6.7.3 Biomasseverteilung im Herbst	66
6.7.4 Saisonaler Vergleich der Biomassen im Laptevmeer	69
6.7.5 Vergleich zwischen errechneter Biomasse und den Chl <i>a</i> -Konzentrationen	70
6.8 Messung der Primärproduktion <i>in situ</i>	71
6.9 Bakterienzählung mittels der Fluoreszenzmikroskopie	73
6.9.1 Vergleiche zwischen der Biomasse der Bakterien und der Phytoplankter sowie der POC-Konzentrationen	75

6.10 Gemeinschaftsanalyse	76
6.10.1 Gemeinschaftsanalyse der Großtaxa im Frühjahr aus fünf Meter Tiefe	76
6.10.2 Gemeinschaftsanalyse der Großtaxa im Sommer für alle Tiefen	77
6.10.3 Gemeinschaftsanalyse der Großtaxa im Herbst für alle Tiefen	77
6.10.4 Gemeinschaftsanalyse der Phytoplanktontaxa im Frühjahr in fünf Meter Tiefe	78
6.10.5 Gemeinschaftsanalyse der Phytoplanktontaxa im Sommer in allen Tiefen	78
6.10.6 Gemeinschaftsanalyse der Phytoplanktontaxa im Herbst in allen Tiefen	80
6.10.7 Gemeinschaftsanalyse der Phytoplanktontaxa in Herbst an der Oberfläche	80
6.11 Parametervergleich der Stationsgruppen des Sommers	81
6.12 Faktorenanalyse	84
6.12.1 Korrelationsmatrix	84
6.12.2 Charakterisierung der Faktoren	86
6.12.3 Graphische Darstellung der Faktoren	87
6.13 Laborversuch zur Ökologie	89
6.14 Das Phytoplankton des Laptevmeeres während der Jahreszeiten	91
6.14.1 Die Phytoplanktongemeinschaften des Frühjahrs	91
6.14.2 Die Phytoplanktongemeinschaften des Sommers	93
6.14.3 Das Phytoplankton während des Herbstes	97
6.14.4 Vergleich des Phytoplanktons während der verschiedenen Jahreszeiten	98
7 Diskussion	101
7.1 Methodenkritik	101
7.1.1 Methodische Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Probenahme	101
7.1.2 Probleme bei der Algenpigmentbestimmung	103
7.1.3 Methodische Schwierigkeiten bei der Zählung der Phytoplankter	104
7.1.4 Fehler bei der Berechnung des Phytoplanktonkohlenstoffes	105
7.1.5 Methodische Probleme bei der Primärproduktionsmessung mit der ¹⁴ C-Methode	105
7.1.6 Methodische Probleme bei der Cluster- und Faktorenanalyse	106
7.1.7 Methodische Probleme während des Kulturexperimentes	107

7.2 Vergleich des Phytoplanktons des Laptevmeeres mit dem anderer arktischer Meeresgebiete	107
7.2.1 Partikulärer organischer Kohlenstoff in arktischen Meeresgebieten	111
7.2.2 Vergleich der Chlorophyll <i>a</i> -Konzentrationen arktischer Gebiete	112
7.2.3 Abundanzen und Biomassen des arktischen Phytoplanktons	113
7.2.4 Primärproduktion in arktischen Meeresgebieten	118
7.2.5 Bedeutung der Bakterien in arktischen Gebieten	120
7.2.6 Der Einfluß von Temperatur, Salinität und Silikatgehalt auf die Entwicklung des arktischen Phytoplanktons	121
7.2.7 Der Einfluß des Lichtregimes auf das arktische Phytoplankton	124
7.3 Bedeutung des Flußwassers für das Phytoplankton neritischer Gebiete	125
7.4 Zusammenfassende Bewertung des Phytoplanktons im Laptevmeer in den drei untersuchten Jahreszeiten	128
7.5 Ausblick	129
8 Literatur	131
9 Danksagung	143

1 Zusammenfassung

Die Phytoplanktongemeinschaften des Laptevmeeres wurden hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Ökologie untersucht. Das Probenmaterial stammt von drei Expeditionen, einer landgestützten im Frühjahr 1996 und zwei Schiffsexpeditionen im Sommer 1998 (FS "Polarstern") und Herbst 1995 (I/B "Kapitan Dranitsyn).

Die Abundanzen der Phytoplankter wurden mit Zellzählungen ermittelt. Die Biomasse wurde sowohl aus den Abundanzen errechnet als auch über Pigmentmessungen quantifiziert. *In situ*-Primärproduktionsmessungen wurden auf der Sommerexpedition durchgeführt. Mit den ermittelten Biomassen wurden über eine Clusteranalyse Phytoplanktongemeinschaften unterschieden. Zur Charakterisierung des Einflusses der abiotischen Parameter auf das Phytoplankton diente neben der Faktorenanalyse der Felddaten des Sommers auch ein Laborversuch zum Wachstum der Phytoplankter.

In dieser Untersuchung konnten deutliche Unterschiede zwischen den Phytoplanktongemeinschaften der drei Jahreszeiten herausgearbeitet werden. Im Frühjahr wurden auf den nördlichen Stationen Phytoplanktonblüten unter dem Eis beobachtet mit maximal 7,4 mg Chl *a* m⁻³, an den südlichen Stationen wurden Chl *a*-Konzentrationen von 0,1-1,3 mg Chl *a* m⁻³ gemessen. Im Sommer war die Biomasse generell höher (0,1-4,4 mg Chl *a* m⁻³) und zeigte ebenfalls vereinzelt Phytoplanktonblüten. Während des Herbstes war die Phytoplanktonbiomasse weit geringer (maximal 3,4 mg Chl *a* m⁻³, v. Juterzenka & Knickmeier 1999) als während der anderen Jahreszeiten.

Phytoplankter >15 µm kamen mit Abundanzen zwischen <1000 bis zu 2,5*10⁶ Zellen l⁻¹ vor, wobei die höchsten Abundanzen während des Sommers festgestellt wurden. Die Biomasse der Phytoplankter >15 µm war im Frühjahr und Sommer mit <0,1-88,4 bzw. 0,0-225,8 µg C l⁻¹ deutlich höher als im Herbst (0,0-5,7 µg C l⁻¹). Phytoplankter ≤15 µm erreichten im Sommer maximale Abundanzen von 1,9*10⁹ und maximale Biomassen von 212,7 µg C l⁻¹ und bildeten im Mittel 53 % der Phytoplanktonbiomasse. Zur Gesamtbiomasse der Phytoplankter und Bakterien trugen Bakterien im Mittel mehr als 50 % bei.

Im Sommer wurden Primärproduktionsraten von -0,3 bis 3,1 mg C m⁻³ h⁻¹ mit Maximalwerten an der südlichsten Station mit ermittelt.

Die meisten der identifizierten Phytoplanktonarten waren euryhaline Formen, die ein arktisch-boreales Verbreitungsgebiet haben. Während des Frühjahrs und Sommers waren Diatomeen hinsichtlich der Abundanz und Biomasse das bedeutendste Taxon der Phytoplankter >15 µm, im Herbst nahm die Bedeutung der Dinoflagellaten zu. Im Bereich des Lena-Deltas waren zu allen Jahreszeiten Chlorophyceen vorhanden.

Mit Hilfe der Clusteranalyse konnten im Frühjahr und Sommer Phytoplanktongemeinschaften im südlichen vom Flußwasser der Lena beeinflussten Teil des Laptevmeeres von denen im Norden abgegrenzt werden. Im Herbst ließen sich keine Gemeinschaften erkennen. Generell unterschied sich während des Sommers der südliche Teil des Untersuchungsgebietes hinsichtlich vieler abiotischer und biotischer Parameter vom nördlichen Teil. Die Faktorenanalyse wies deutliche Korrelationen zwischen der Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$, dem Chl *a*-Gehalt und der Primärproduktionsrate nach. Die Phytoplankter $>15 \mu\text{m}$ waren lediglich mit dem Seston Gehalt und dem Karbonatgehalt im Seston korreliert.

Mit einem Laborversuch konnte gezeigt werden, daß das Wachstum der Phytoplankter wesentlich von der Temperatur und nicht von der Salinität oder dem Silikatgehalt des Mediums abhing.

Die Entwicklung des Phytoplanktons im Laptevmeer wird ähnlich aus anderen arktischen Studien beschrieben. Die aus den Chl *a*-Konzentrationen bestimmten Biomassen waren im Vergleich zu den Maximalwerten anderer arktischer Untersuchungen eher gering, die maximal in dieser Untersuchung ermittelten POC-Gehalte hingegen hoch. Die über die Zellzählungen bestimmten Biomassen lassen sich für alle drei Jahreszeiten gut in die Ergebnisse aus anderen arktischen Gebieten einordnen. Die in der vorliegenden Studie ermittelten Primärproduktionsraten im August liegen unter den maximalen Raten anderer arktischer Gebiete, aber im Bereich von während des September im Laptevmeer bestimmten Werten. Für die Bakterien wurden in der vorliegenden Untersuchung relativ hohe Abundanzen im Sommer festgestellt, die auf den Einfluß der Lena zurückzuführen sind. Zudem wurde eine enge für Schelfgebiete häufig beobachtete Korrelation zwischen den Bakterien und der Algenbiomasse (Chl *a*) nachgewiesen.

Die Bedeutung des Einstroms der Lena in das Untersuchungsgebiet konnte mit der vorliegenden Untersuchung besonders im südlichen Bereich des Laptevmeeres beschrieben werden. Wie aus anderen Ästuargebieten berichtet machten hier allochthone Algen einen bedeutenden Teil des Phytoplanktons aus.

2 Summary

Phytoplankton communities in the Laptev Sea were investigated for their composition and ecology. Samples from three TRANSDRIFT-expeditions (TD) were compared. In spring 1996 an expedition (TD IV) was conducted with helicopters from a scientific station in the Lena-delta. The other expeditions were carried out with the research vessels "Kapitan Dranitsyn" in autumn 1995 (TD III) and "Polarstern" in summer 1998 (TD V).

Phytoplankton abundances were determined by cell countings, which gave the basis for biomass estimations. Additionally phytoplankton biomass was measured as pigment equivalents. In summer 1998 primary production was quantified using an *in situ* incubation system. In order to distinguish communities a cluster analysis was carried out on the base of the phytoplankton biomass. The influence of abiotic parameters on the phytoplankton was examined on behalf of a factor analysis using the summer data set and a growth experiment in the home lab.

The phytoplankton communities showed clear differences during the three seasons. In spring the phytoplankton at the northern stations developed blooms under the ice with a maximum of 7.4 mg Chl *a* m⁻³, whereas at the southern stations biomass in terms of chlorophyll *a* was considerably lower (0.3-1.3 mg Chl *a* m⁻³). In summer biomass was high (0.1-4.4 mg Chl *a* m⁻³) in a wide area, showing blooms in some regions. Phytoplankton biomass in autumn was considerably lower than during the other seasons.

Phytoplankton showed abundances between <1000 up to 2.5*10⁶ cells l⁻¹ for cells >15 µm in summer. Its biomass was clearly higher in spring (<0.1-88.4 µg C l⁻¹) and summer (0.0 -225.8 µg C l⁻¹) than in autumn (0.0-5.7 µg C l⁻¹). Phytoplankton ≤15 µm showed maximal abundances (max. 1.9*10⁹ cells l⁻¹) and biomasses (max. 212.7 µg C l⁻¹) in summer and was responsible for 53% of the phytoplankton biomass in average. Looking at the summer biomass of bacteria and phytoplankton together, bacteria made up more than 50% of the biomass in general.

In summer primary production was measured with activities from -0.3 up to 3.1 mg C m⁻³ h⁻¹ being highest on the southernmost station.

Most of the identified phytoplankton taxa were euryhalin species and have an arctic and boreal distribution pattern. In spring and summer diatoms prevailed the phytoplankton >15 µm in terms of abundance and biomass. In autumn the relevance of dinoflagellates increased. Chlorophyceae were common during all seasons close to the Lena delta.

By means of cluster analysis phytoplankton communities in the southern part of the sea, which is influenced by the instreaming freshwater of the siberian rivers, could be sepa-

reted from those in the northern part. In autumn no communities could be distinguished. During summer the Laptev Sea showed a clear geographic differentiation of the southern and northern stations in many abiotic and biotic parameters. A factor analysis showed a clear relationship between river water driven abiotic parameters and the distribution of phytoplankton $\leq 15 \mu\text{m}$, Chl *a* concentration and primary production.

An experiment in the home lab could prove, that mainly temperature, and not salinity or the silicate concentration, was influencing the growth of the phytoplankton.

The seasonal development of the phytoplankton in the Laptev Sea is described almost similar to that from other arctic regions. In comparison to other arctic regions the maximal Chl *a* concentrations were lower, and the concentrations of POC were higher in the Laptev Sea. The calculated biomasses in the Laptev Sea for all seasons fit well in the patterns of other arctic seas. The determined primary production rates for August 1998 were lower than those of other arctic seas at the same time, but in the same range as those from September in the Laptev Sea. The bacterial biomass in summer was high due to the influence of Lena river. Bacterial biomass and algal biomass (Chl *a*) were closely related as reported from other shelf areas.

The relevance of the watermasses delivered by the Lena river could be described especially for the southern part of the Laptev Sea. As in other estuarine areas allochthonous algae play an important role in the phytoplankton communities.

3 Einleitung

“Am 15. September kamen wir in gutes offenes aber seichtes Wasser von 12-13 Meter Tiefe. Wir hörten im Osten das Getöse der Wogen; in dieser Richtung mußte also offenes Wasser sein. Offenbar wirkte hier schon der Lena-Strom mit seiner mächtigen Masse warmen Wassers. Die See war bräunlich und augenscheinlich mit schlammigem Flußwasser vermischt; der Salzgehalt war gering.”(Nansen 1897, Seite 65.)

So sah Fridtjof Nansen auf der “Fram” im September 1893 das arktische Laptevmeer. Das Laptevmeer (Abb. 1) ist eines der Hauptbildungszentren für das arktische Meereis (Nürnberg *et al.* 1995), das mit der Transpolaren Drift (Nansen 1897) durch den Arktischen Ozean transportiert wird. Es ist für einen Großteil des Jahres eisbedeckt. Aufgrund der geographischen Isolation in der Mitte des sibirischen Kontinentalrandes ist es von allen sibirischen Schelfmeeren am wenigsten in seiner arktischen Charakteristik

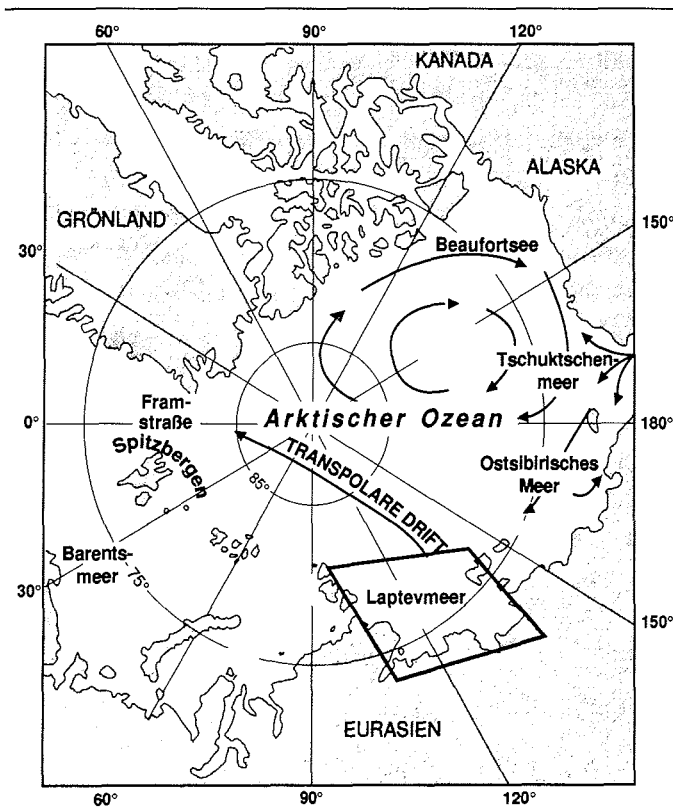


Abb. 1 Eisdriftmuster der Arktis und geographische Lage des Laptevmeeres.

durch pazifische und atlantische Wassermassen überprägt (Zenkevitch 1963). Neben den für alle sibirischen Schelfmeere typischen sehr niedrigen Wintertemperaturen zeichnet sich das Laptevmeer durch eine besonders ausgedehnte Schelfregion und einen starken Flußwassereintrag aus (Barnett 1991). Durch das Flußwasser der sibirischen Ströme, vor allem der Lena, ist das gesamte östliche Laptevmeer durch saisonal schwankende geringe Salinitäten und hohe Silikatgehalte gekennzeichnet (Pivovarov *et al.* 1997).

Grundsätzlich sind polare Meere durch niedrige aber relativ konstante Temperaturen, eine extreme Saisonalität der solaren Einstrahlung und des Produktionszyklus sowie eine fast ganzjährige Eisbedeckung charakterisiert (Hempel 1985). Neben der ausgeprägten Variabilität des Lichtregimes können auch starke Veränderungen anderer abiotischer Parameter wie Salinität und Nährstoffgehalt auftreten (Kirst & Wiencke 1995). Etwa ein Drittel des Arktischen Ozeans wird von flachen Schelfmeeren eingenommen (Gierloff-Emden 1982), wobei vor allem die sibirischen Schelfmeere aufgrund der hohen Meereisproduktion eine besondere Bedeutung für die Meereisbedeckung und -zirkulation im Arktischen Ozean aber auch für das globale Klima haben (Colony & Thorndike 1985).

Schelfmeere sind generell wesentlich (bis zu viermal) produktiver als der offene Ozean (Daly & Smith 1993). Die starke Saisonalität der hohen Breiten spiegelt sich auch in der Produktion des Phytoplanktons wider (Clarke *et al.* 1988, Sakshaug & Slagstad 1991). Jahreszeitliche Untersuchungen des Phytoplanktons arktischer Regionen sind bis zum heutigen Zeitpunkt jedoch rar. Lediglich für wenige Gebiete in der kanadischen Arktis (Hsiao 1988, 1992), das Barentsmeer (Hegseth 1997) und den spitzbergischen Hornsund (Weslawski *et al.* 1988) wurde das Phytoplankton bisher eingehend für verschiedene Jahreszeiten in seiner Saisonalität erfaßt.

Verschiedene Studien beschreiben den Beginn der jahreszeitlichen Entwicklung des arktischen Phytoplanktons im Frühjahr mit Blüten an der Eiskante (Eilertsen 1990, Hegseth 1992, Sakshaug 1989). Nach der Produktionsphase im kurzen arktischen Sommer nimmt die Phytoplanktonabundanz zum Herbst hin ab und bildet eine typische Wintergemeinschaft mit geringen Abundanzen (Hsiao 1992). In eisbedeckten Gebieten ist die pelagische Produktion normalerweise ganzjährig gering (z.B. Gosselin *et al.* 1997, Horner & Schrader 1982, Legendre *et al.* 1992).

Das Phytoplankton im Laptevmeer ist neben den starken saisonalen Veränderungen in den Lichtbedingungen auch dem Einfluß des einströmenden Flußwassers ausgesetzt. Dies trifft insbesondere für den südöstlichen Bereich zu, wo der stark gepulste Ausstrom der Lena zu starken Änderungen der abiotischen Parameter (Temperatur, Salinität,

Silikat- und Sestonkonzentrationen) in den oberen Wasserschichten führt. Der Flußwassereintrag und die durchschnittlich achtmonatige Meereisbedeckung haben nach Clark (1990) einen großen Einfluß auf die Organismengemeinschaften, deren Biologie, Produktion und Entwicklung.

Über das Phytoplankton des Laptevmeeres gibt es nur einige, teilweise ausschließlich taxonomische Studien aus dem Sommer (Gran 1904, Heiskanen & Keck 1996, Kiselev 1932, Sorokin & Sorokin 1996, Tuschling 1996) und Herbst (v. Juterzenka & Knickmeier 1999). Die Flora des Meereises wurde in einer taxonomischen Studie vergleichend für das Laptev-, das Ostsibirische und das Tschuktschenmeer von Okolodkov (1992) bearbeitet. Zudem beschrieben Cremer (1998) und Kunz-Pirrung (1998) die Diatomeen- bzw. Peridineen- (Dinoflagellaten) flora anhand der Analyse von Sedimentkernen, die auf dem Schelf des Laptevmeeres genommen wurden. Eine Studie, die die Entwicklung des Phytoplanktons in den verschiedenen Jahreszeiten untersucht, steht bislang aus.

Für ökologische Untersuchungen ist neben der taxonomischen Zusammensetzung des Phytoplanktons die Erfassung der Biomasse und der Produktionsleistung von Bedeutung. Anhand von Chlorophyll *a*-Konzentrationen kann die Biomasseverteilung in weiten Meeresgebieten erfaßt werden. Über die Bedeutung einzelner Phytoplanktongruppen für die Zusammensetzung der Biomasse kann dann mittels mikroskopischer Untersuchungen detailliert oder für größere taxonomische Einheiten mit der Analyse der Pigmentzusammensetzung Aufschluß erlangt werden. Um die Zusammenhänge zwischen den biologischen, chemischen und physikalischen Prozessen im Phytoplankton zu verstehen, ist es unabdingbar, neben der Biomasse auch die Primärproduktion in ihrer räumlichen und zeitlichen Variabilität zu erfassen (Falkowski & Kiefer 1985). Solche Messungen erlauben eine quantitative Aussage zum Kohlenstoff- und Energiefluß vom Phytoplankton zu den anderen Gliedern der Nahrungskette. Da die Primärproduktion im wesentlichen von abiotischen Faktoren wie z.B. Licht (Grainger 1979, Legendre *et al.* 1993), Temperatur (Harrison *et al.* 1982) und einströmendem Süßwasser, Gezeiten oder Wind (Hsiao 1988) beeinflusst wird, ist es für das Verständnis der ökologischen Zusammenhänge wichtig, diese Faktoren zu erfassen und ihren Einfluß abschätzen zu können.

Im deutsch-russischen Forschungsprojekt "Laptev See 2000" wird das komplexe Wirkungsgefüge verschiedener biotischer und abiotischer Faktoren und deren Einfluß auf die klimatische Situation der Nordpolarregion mit interdisziplinären Fragestellungen in einem flachen sibirischen Schelfmeer, dem Laptevmeer, untersucht.

In der vorliegenden Arbeit, die im Rahmen der durch das BMBF geförderten Projekte "Deutsch-Russische Untersuchungen zur Ökologie der Eurasischen Arktis" und "Laptev See 2000" entstand, wird die ökologische Bedeutung des Phytoplanktons im Laptevmeer unter Berücksichtigung des saisonalen Aspektes untersucht. Auf Grundlage der Meßergebnisse von drei Expeditionen im Frühjahr 1996, Sommer 1998 und Herbst 1995 soll die Sukzession des Phytoplanktons beschrieben werden. Ein Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Untersuchung der Strukturen der Phytoplanktongemeinschaften und den ihre Bildung maßgeblich beeinflussenden Faktoren. Zur Überprüfung der Felddaten wurde in einem Laborversuch der Einfluß verschiedener Temperaturen, Salinitäten und Silikatgehalte auf das Wachstum arktischer Phytoplankter aus dem Laptevmeer untersucht.

Im Vordergrund dieser Untersuchung stehen folgende Fragen:

- Gibt es saisonale Unterschiede in der Artenzusammensetzung des Phytoplanktons im Laptevmeer?
- Lassen sich in dem Untersuchungsgebiet Phytoplanktongemeinschaften abgrenzen?
- Wie hoch sind die Abundanzen und Biomassen des Phytoplanktons während der verschiedenen Jahreszeiten?
- Welchen Einfluß haben die abiotischen Umweltparameter (z.B. der Flußwassereintrag) auf die Zusammensetzung und Größe der Phytoplanktongemeinschaften?
- In welcher Höhe wird Kohlenstoff über die planktischen Primärproduzenten fixiert und steht den weiteren trophischen Stufen zur Verfügung?

4 Das Untersuchungsgebiet

Das Laptevmeer, ein eurasisches Randmeer des Arktischen Ozeans, erstreckt sich zwischen der Taymir-Halbinsel und den Neusibirischen Inseln von der sibirischen Küste nordwärts bis zum Kontinentalhang (Abb. 2). Seine Größe wird von Zenkevitch (1963) mit 650.000 km² angegeben. Bei ca. 77° N entlang der Schelfkante läßt sich eine Grenze zwischen dem äußeren Laptevmeer mit Wassertiefen bis zu 2980 m (Zenkevitch 1963) und dem inneren Laptevmeer ziehen. Der innere Teil von der Küste bis zum Schelfhang (max. Wassertiefe 200 m) nimmt 72 % der Gesamtfläche des Meeres ein (Timokhov 1994). In diesem Bereich liegen die Wassertiefen meist zwischen 15 und 25 m, südlich 76° N übersteigt die Tiefe nie die 25 m-Marke (Barnett 1991). Das Gefälle des Schelfes ist mit ca. 5 m km⁻¹ sehr gering, der Kontinentalhang mit einem mittleren Gefälle von 95 m km⁻¹ dagegen sehr steil (Holmes & Craeger 1974).

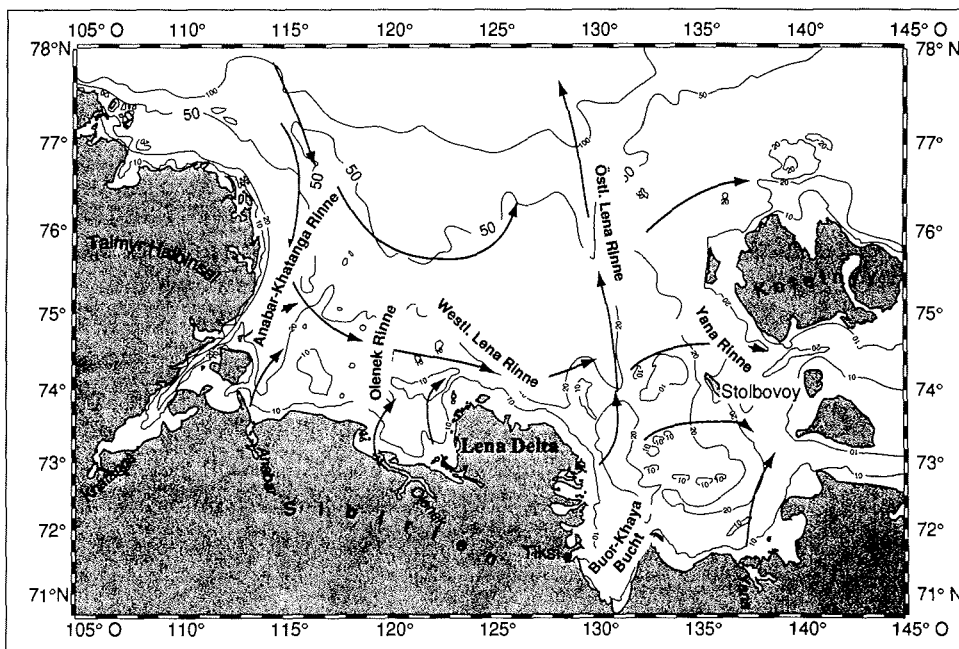


Abb. 2 Bathymetrie (m) und Oberflächenströmungen (Pfeile) des Laptevmeeres nach Suslov (1961)

4.1 Topographie und Hydrographie

Die Topographie des Schelfes ist im wesentlichen durch fünf submarine Rinnen charakterisiert, die in nördlicher bzw. nordwestlicher Richtung entlang tektonischer vorgeprägter Verwerfungen verlaufen (Drachev *et al.* 1995) (Abb. 2). Nach Holmes und Craeger (1974) sind diese Rinnen in Zeiten niedriger Meeresspiegelstände im letzten Glazial von den in das Laptevmeer mündenden Flüssen erodiert worden.

Die Flüsse Anabar, Khatanga, Olenek, Yana und besonders die Lena beeinflussen die Hydrographie des Laptevmeeres stark. Jährlich fließen ca. 700 km^3 Süßwasser aus den sibirischen Flüssen in das Laptevmeer (Treshnikov 1985, Gordeev & Sidorov 1993, Gordeev *et al.* 1996). Allein über das ausgedehnte Mündungsdelta der Lena strömen pro Jahr ca. 520 km^3 Süßwasser in das Laptevmeer (Treshnikov 1985); sie ist damit nach Gordeev *et al.* (1996) neben dem Jenissei und dem Ob der drittgrößte in die Arktis entwässernde Fluß. Von den Flüssen, die in das Laptevmeer münden, wird im sibirischen Hinterland eine Fläche von ca. $3,5 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ entwässert (Treshnikov 1985, Alabyan *et al.* 1995). Diese Fläche entspricht etwa einem Drittel der Landfläche des asiatischen Rußlands. Die Geologie des Hinterlandes beeinflusst über die im Flußwasser transportierten Sedimente die Sedimentcharakteristik des Laptevmeerschelfes. Die eingetragenen Flußwassermengen unterliegen starken jahreszeitlichen Schwankungen. In den Wintermonaten sind die Abflußraten aufgrund der niedrigen Temperaturen in ganz Sibirien sehr gering, während der Zeit des Flußaufbruchs im Frühsommer dagegen extrem hoch. Boisvert (1970) nimmt einen Eintrag von 532 km^3 aus allen Flüssen in das Laptevmeer nur für die Sommermonate an.

Der Einfluß des Süßwassers auf das Oberflächenwasser läßt sich in weiten Teilen des Meeresgebietes über die Temperatur-, Salinitäts- und Nährstoffverteilung nachweisen. Generell ist für die Hydrographie des Laptevmeeres charakteristisch, daß die Wassertemperatur an der Oberfläche zur Küste hin ansteigt, während der Salzgehalt sinkt. Im Bereich des äußeren Laptevmeeres ähneln die Temperaturen und Salinitäten denen polaren Oberflächenwassers (Lockermann 1968). Neben dem oben beschriebenen Süßwassereintrag strömt Wasser mit höherer Salinität aus dem Karameer durch die Inselgruppe Severnaja Semlja in das Laptevmeer mit Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu 20 cm s^{-1} in der Wilkitzkii-Straße (Boisvert 1970). Die Hauptrichtung der Oberflächenströmung im Laptevmeer (Abb. 2) verläuft nach Suslov (1961) entlang der Ostküste der Taimyr-Halbinsel von Norden nach Süden. Vor den Mündungen von Khatanga und Anabar vermischt sich das Wasser mit Flußwasser und strömt küstenparallel nach Osten. Der starke Ausstrom der Lena lenkt dann das Wasser nach Nordosten und teilt es in zwei Hauptströme. Der nach Norden gerichtete Teilstrom exportiert Wasser aus dem Laptevmeer in den Arktischen Ozean (Coachman & Aagaard 1974), der östliche Teilstrom führt durch die Neusibirischen Inseln in das Ostsibirische Meer (Timokhov 1994).

Durch seine Lage in der Mitte des nördlichen eurasischen Kontinentalrandes ist das Laptevmeer das von Atlantik und Pazifik am wenigsten beeinflusste sibirische Randmeer (Zenkevitch 1963). Wasser atlantischen Ursprungs läßt sich entlang der sibirischen Küste bis in das östlich des Laptevmeeres gelegene Tschuktschenmeer nachweisen (Lewis 1982). Der pazifische Einfluß auf die arktisch-sibirischen Randmeere wird aufgrund der geringen Tiefe und Breite der Beringstraße als deutlich geringer als der atlantische beschrieben (Lamb 1982). Nur ein Achtel bis ein Zehntel des aus dem Atlantik einströmenden Wasservolumens fließt aus dem Pazifik in den Arktischen Ozean (Roots 1982).

Für die drei Untersuchungszeiträume dieser Arbeit (Oktober 1995, Mai/Juni 1996 und August 1998) wurde die Wassermassenverteilung des Laptevmeeres hinsichtlich der Hydrographie und Nährstoffsituation wie folgt beschrieben:

Im Herbst 1995 wurden im Bereich des inneren Laptevmeeres an der Oberfläche Temperaturen nahe des Gefrierpunktes gemessen, wobei die Salinitäten Sommerwerten vergleichbar waren (Dmitrenko *et al.* 1997). Entlang eines Nord-Süd-Transektes bei $131^{\circ} 30' \text{ O}$ werden von Dmitrenko *et al.* (1997) für den Herbst Salinitäten von $12,5$ (74° N), $14,9$ ($74^{\circ} 30' \text{ N}$) und $16,0$ ($75^{\circ} 30' \text{ N}$) berichtet. Die Temperatur des Oberflächenwassers im gesamten Untersuchungsgebiet wird von den Autoren zwischen $1,23$ und $-1,50$ °C angegeben. In weiten Teilen des Laptevmeeres kam es zu dieser Zeit zur Neueisbildung. Im inneren Laptevmeer war deutlich eine nordostwärts gerichtete Flußwasserausbreitung der Lena und Yana zu beobachten, die saisonal auftretende Pycnocline war von den für den Herbst typischen Windereignissen nicht zerstört worden (Dmitrenko *et al.* 1997). Im Oberflächenwasser wurden hohe Silikatkonzentrationen bis zu $1500 \mu\text{g l}^{-1}$ gemessen (Pivovarov *et al.* 1997). Die Autoren berichten über eine große Übereinstimmung mit der Silikatverteilung im September 1993, wo ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen dem westlichen und östlichen Laptevmeer beobachtet wurden. Die nach Pivovarov (1994) bei einer Silikatkonzentration von $250 \mu\text{g l}^{-1}$ (ca. $1,79 \mu\text{mol l}^{-1}$) gezogene Grenze zum Nachweis von Flußwasser verlief während des Oktobers 1995 im westlichen Teil (bis ca. 130° O) im Bereich des $75.$ Grades nördlicher Breite. Im östlichen Teil des Meeres wurden selbst nördlich der Insel Kotelnyy bei $76^{\circ} 30' \text{ N}$ Werte über $500 \mu\text{g l}^{-1}$ gemessen. Für den Nährstoff Phosphat wurden dagegen im Oktober 1995 dreimal höhere Konzentrationen gemessen als im September 1993 (Pivovarov *et al.* 1997 – ohne Angabe der Konzentrationen).

Für das Frühjahr 1996 wurde von einem dramatischen Anstieg des Flußwassereinstroms durch die Lena über den Zeitraum eines Monats (18. Mai bis 11. Juni) berichtet, was eine typische Situation für den Lenaufbruch charakterisierte (Pivovarov *et al.* 1999). Dieses zunächst an Silikat sehr reiche, aber an Sauerstoff und gelösten organischen Material arme "Winterwasser" hatte die kontinuierliche Ausdehnung der Süßwasserlinse im

südöstlichen Laptevmeer zur Folge (ebd.). In der Zeit vor dem Flußaufbruch (18.-22.5.1996) wurden Wassertemperaturen in den oberen fünf Metern unter der noch geschlossenen Eisdecke zwischen $-0,8$ und $-0,4$ °C bei Salinitäten zwischen 7 und 13 und Silikatkonzentrationen bis zu $3400 \mu\text{g l}^{-1}$ berichtet (Pivovarov *et al.* 1999). Im Laufe des Flußaufbruchs (23.5.-11.6.1996) sank der Silikatgehalt der wachsenden Süßwasserlinse unter $2400 \mu\text{g l}^{-1}$ (ebd.). Bis in sieben Meter Tiefe unter dem Eis wurden Salinitäten unter 1 bei Temperaturen über $-0,1$ °C gemessen, wobei gleichzeitig die Trübung zunahm (ebd.).

Im östlichen Laptevmeer war auch im Sommer 1998 deutlich die Prägung der Wassermassen durch den Flußwassereintrag festzustellen. Die Ergebnisse der Messungen zur Silikatverteilung und hydrographischer Daten der beprobten Stationen wurden von S. Pivovarov zur Verfügung gestellt und finden sich im in Kapitel 6.1 (Hydrographie und Silikatgehalt im Sommer 1998) der vorliegenden Arbeit.

4.2 Eisverhältnisse

Ein wichtiges Charakteristikum des Laptevmeeres ist seine Eisbedeckung während der meisten Zeit des Jahres. Nur in den Sommermonaten (Juli-September) ist das Schelfgebiet in weiten Teilen eisfrei. Das Laptevmeer ist ebenso wie das Karameer aufgrund seiner Netto-Gefrierate (der Differenz zwischen der lokal gebildeten und lokal geschmolzenen Eismenge) eine Region, in der mehr Eis produziert wird als schmilzt (Harder 1996, Kolatschek *et al.* 1996). Etwa ein Drittel des Eisvolumens wird aus dem Laptevmeer in den Arktischen Ozean exportiert, während die verbleibenden zwei Drittel innerhalb des Laptevmeeres in den Sommermonaten abschmelzen. Das durch ablandige Winde in den Arktischen Ozean exportierte Meereis wird der Transpolardrift (Nansen 1897) (Abb. 1) zugeführt, die das Meereis von den sibirischen Schelfen über den Arktischen Ozean und die Framstraße in die Grönlandsee (Colbeck 1980) transportiert, wo es nach einer Driftzeit von etwa zwei bis sechs Jahren (Dietrich *et al.* 1975) schmilzt.

Ende September bzw. zu Beginn des Oktobers setzt die Eisbildung im Laptevmeer ein (Dethleff 1995, Eicken *et al.* 1997, Kassens *et al.* 1997). Schon nach ca. drei Wochen ist das gesamte Meeresgebiet von Neueis bedeckt (Eicken *et al.* 1997). Im Winter ist das Eisregime von Süden nach Norden mit einem Festeisgürtel im Süden, einer offenen Wasserfläche (Polynja) und einer Treibeiszone im Norden dreigeteilt. Von der Küste aus erstreckt sich ein weiter Festeisgürtel nach Norden, der in der Osthälfte des inneren Laptevmeeres mit bis zu 500 km seine größte Nord-Süd-Ausdehnung erreicht (Barnett 1991, Dethleff *et al.* 1993, Reimnitz *et al.* 1994, Timokhov 1994, Dethleff 1995). An diesen Festeisgürtel schließt sich eine Polynja an, die maximal 100 km breit (Barnett 1991) und 1800 km lang werden kann (Dethleff *et al.* 1993). Diese Polynja ist ein Gebiet intensiver Neueisbildung (Zakharov 1966, Reimnitz *et al.* 1994, Dethleff 1995). Aus der

nördlich der Polynja gelegenen Treibeiszone werden große Mengen Treibeis in den Arktischen Ozean exportiert (Barnett 1991, Timokhov 1994, Alexandrov *et al.* 1995, Eicken *et al.* 1997). Zeitgleich mit dem Aufbrechen der Flüsse (ca. Ende Mai, Anfang Juni) beginnt die Meereisdecke vor dem Lena-Delta (Barnett 1991, Namilov 1995, Brigham 1996, Eicken *et al.* 1997) und entlang der Festeisgrenze (Eicken *et al.* 1997) aufzubrechen und abzuschmelzen. Das Festeis schmilzt im Bereich des inneren Laptevmeeres (Gobunov *et al.* 1995, Eicken *et al.* 1997). Im September erreicht die Packeisgrenze die nördlichste Position und weite Bereiche des Laptevmeeres sind eisfrei, wobei die Lage des Eisrandes von Jahr zu Jahr stark schwankt (Timokhov 1994, Eicken *et al.* 1997).

Für die Stationen des Herbstes 1995 und Sommers 1998 ist die Eisbedeckung in den Stationstabellen (Tabellen 1 und 3, Kapitel 2.4) angegeben. Während der Frühjahrs-Expedition war die Eisdecke an allen Stationen geschlossen.

4.3 Probenahmestationen

Das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit war der Schelf des Laptevmeeres bis hin zum Kontinentalhang und reichte von der Bhuor Khaya Bucht im Süden (71°05' N) bis zum

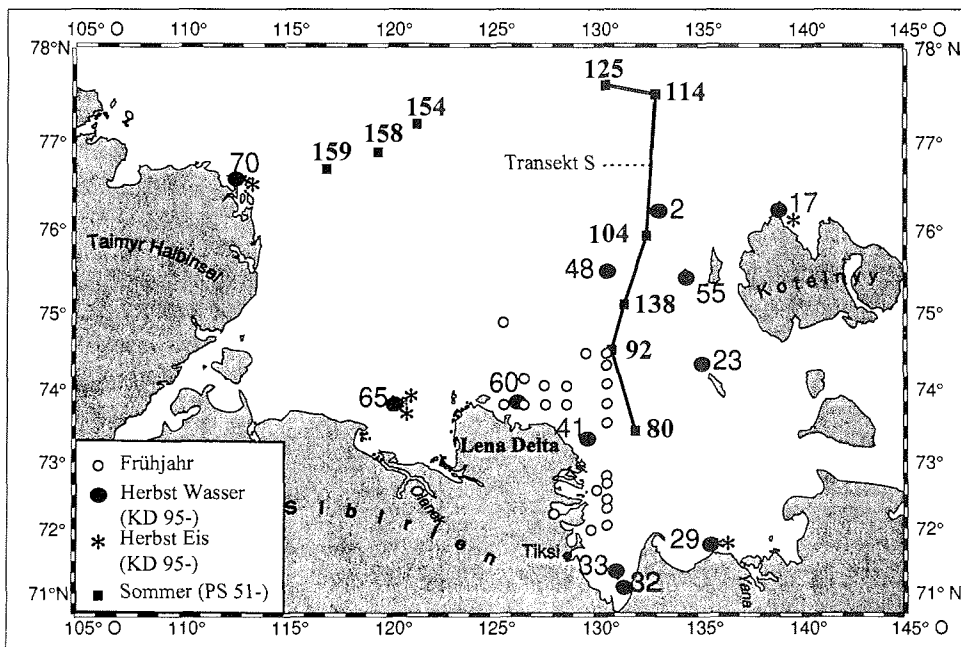


Abb. 3 Lage aller Stationen im Untersuchungsgebiet mit Angabe der Stationsnummern des Sommers 1998 (fett) und des Herbstes 1995, sowie des Transektes S der östlichen Sommerstation.

Kontinentalhang (77° 37' N) (Abb. 3). Die östlichste Station lag vor der Insel Kotelnyy (138° 50' O), die westlichste nordöstlich der Taimyr Halbinsel (113° 13' O). Das Material wurde während dreier Expeditionen im Frühjahr, Sommer und Herbst auf insgesamt 42 Stationen gesammelt (Abb. 3 und 4, Tabellen 1-3). Auf der Herbstexpedition standen die Prozesse während der Neueisbildung im Mittelpunkt des Interesses. Die Frühjahrs- und Sommerexpeditionen dienten dazu, den Einfluß des einströmenden

Süßwassers insbesondere aus der Lena auf die Phytoplanktongemeinschaften, speziell im Bereich des östlichen Laptevmeeres, zu untersuchen.

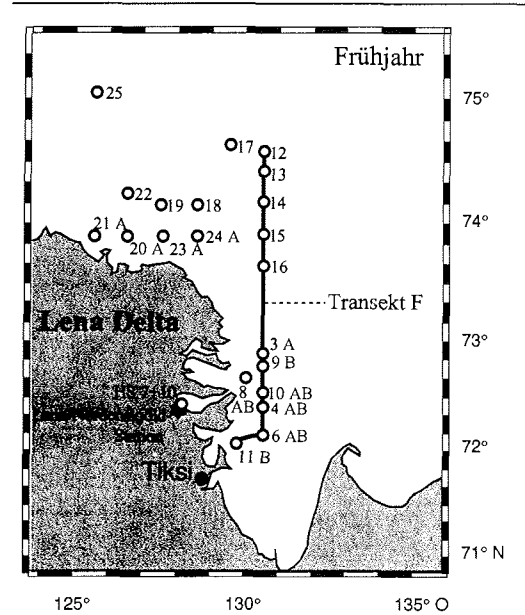


Abb. 4 Lage der Stationen des Frühjahres 1996, die zum Teil mehrfach beprobt wurden, unter Angabe der Stationsnummern und des Transektes F (A: 2. Probenahme, B: 3. Probenahme).

Tabelle 1: Probenahmestationen während der TRANSDRIFT III- Expedition im Oktober 1995.
* An St. 33 wurde das Wasser einer kleinen Polynja beprobt. n.d.: nicht bestimmt.

Station (KD95)	Datum 1995	Breite °N	Länge °O	Wassertiefe (m)	Lichteindringtiefe $Z_{1\%}$ (m)	rel. Sedimentfracht im Wasser	Eisbedeckung (n/10)	vorherrschender Eistyp	Region
02	8.10.	76°11.52'	133°06.99'	46	14,9	gering	0	-	westl. Kotelnyy
17	10.10.	76°14.29'	138°50.10'	18	n.d.	hoch	0	-	vor Kotelnyy
23	11.10.	74°18.46'	135°27.61'	32	12,1	mäßig	0	-	vor Stolbovoy
29	12.10.	71°54.15'	135°44.17'	15	9,0	hoch	8-9	Pfannkucheneis	vor Yana-Mündung
32	14.10.	71°05.20'	131°31.38'	14	n.d.	hoch	9	Nilas	Buor Khaya Bucht
33	14.10.	71°14.81'	131°14.86'	15	9,4	hoch	7-10	Polynja*	Buor Khaya Bucht
41	15.10.	73°18.42'	129°49.47'	22	5,4	hoch	1-10	Nilas	nördl. Lena Delta
48	16.10.	75°29.70'	130°41.22'	39	12,1	mäßig	9	Pfannkucheneis, Nilas	östl.-zentrales Laptevmeer
55	17.10.	75°33.22'	134°33.02'	36	14,9	mäßig	10	Nilas	Yana Rinne
60	18.10.	73°47.01'	126°19.09'	13	n.d.	hoch	9	junges Eis	nördl. Lena Delta
65	21.10.	73°50.72'	120°14.92'	23	n.d.	hoch	10	Nilas/junges Eis	Olenek Bucht
70	23.10.	76°36.52'	113°12.42'	22	n.d.	gering	9	junges Eis	nordöstl. Taimyr

Tabelle 2: Probenahmestationen während der TRANSDRIFT IV-Expedition im Mai und Juni 1996. (V. Churun, pers. Mittlg., n.d.: nicht bestimmt).

Station (LN96)	Datum 1996	Position		Wassertiefe (m)	Eisdicke (cm)
		Breite N	Länge O		
03A	03.06.	72°44.7'	130°29.7'	18	185
04	20.05.	72°14.2'	130°29.8'	14	182
04A	06.06.	72°14.2'	130°29.8'	14	182
04B	11.06.	72°14.2'	130°29.8'	14	189
06A	06.06.	72°00.2'	130°29.2'	16	180
06 B	11.06.	72°00.2'	130°29.2'	16	180
08	22.05.	72°30.9'	130°05.5'	7	170
08A	03.06.	72°30.9'	130°05.4'	7	170
08B	10.06.	72°30.9'	130°05.4'	6	170
09	22.05.	72°37.4'	130°29.5'	16	145
09B	10.06.	72°37.4'	130°29.6'	16	151
10	22.05.	72°22.6'	130°29.6'	12	175
10A	06.06.	72°22.5'	130°29.8'	12	166
10B	11.06.	72°22.5'	130°29.7'	12	166
11	22.05.	71°53.0'	129°51.6'	7	196
11B	06.06.	71°52.9'	129°51.6'	7	196
12	23.05.	74°30.5'	130°29.4'	26	159
13	23.05.	74°14.8'	130°30.7'	26	170
14	23.05.	74°00.1'	130°30.1'	25	162
15	23.05.	73°45.0'	130°30.4'	25	167
16	25.05.	73°30.4'	130°30.4'	19	140
17	25.05.	74°24.4'	129°29.1'	20	148
18	25.05.	74°07.0'	128°28.6'	26	207
19	25.05.	74°01.7'	127°30.1'	28	123
20	27.05.	73°44.9'	126°30.6'	13	144
20A	12.06.	73°45.0'	125°29.8'	10	144
21	27.05.	73°45.0'	125°29.7'	6	204
21A	12.06.	73°45.0'	125°29.8'	5	204
22	27.05.	74°32.7'	126°26.6'	34	134
23	29.05.	73°45.0'	127°30.6'	10	145
23A	12.06.	73°45.1'	127°30.5'	9	145
24	29.05.	73°44.7'	128°32.3'	22	159
24A	12.06.	73°44.6'	128°32.5'	21	159
25	29.05.	74°51.5'	125°29.3'	33	143
HS 7	26.05.	72°11.4'	128°03.2'	10	n.d.
HS 10	30.05.	72°11.4'	128°03.2'	10	n.d.

Im Herbst 1995 wurden während der Expedition TRANSDRIFT III mit dem russischen Eisbrecher "Kapitan Dranitsyn" an 12 Stationen die Wassersäule und das sich bildende Eis beprobt (Kassens *et al.* 1997). Die Stationen der Herbstexpedition wurden verschiedenen Regionen zugeordnet (Tabelle 1).

Von der landgestützten Expedition TRANSDRIFT IV im Frühjahr 1996 wurden Wasser- und Eisproben aus dem südlichen Laptevmeer von 21 zum Teil mehrfach beprobten Stationen durch die Teilnehmer der Expedition zur Verfügung gestellt (Kassens *et al.*, in Vorb.) (Tabelle 2). Um den Einfluß des Flußwassers beschreiben zu können, wurden die meisten der Stationen auf einem Süd-Nord-Transekt (Transekt F, Abb. 4) angeordnet. Alle anderen Stationen lagen westlich dieses Transektes.

Auf der Sommerexpedition TRANSDRIFT V/ARK 13-1b 1998 des deutschen Forschungsschiffes "Polarstern" konnte im östlichen und nördlichen Laptevmeer umfangreiches Probenmaterial auf insgesamt neun Stationen gesammelt werden (Tabelle 3). Hier wurden, um den Einfluß des Flußwassers beschreiben zu können, die sechs östlichen Stationen auf einem Süd-Nord-Transekt angeordnet (Transekt S, Abb. 3).

Tabelle 3: Probenahmestationen während der TRANSDRIFT V- Expedition im August 1998. n.d.: nicht bestimmt.

Station (PS 51-)	Datum 1998	Position		Wassertiefe (m)	Lichteindring- tiefe Z _{1%} (m)	rel. Sediment- fracht im Wasser	Eisbedeckung (n/10)
		Breite °N	Länge °O				
80	01.08.98	73°27.9	131°38.6	25	8,1	hoch	6
92	03.08.98	74°35.52	130°08.32	32	6,8	hoch	-
104	05.08.98	75°57.68	132°9.1	34	21,7	gering	7
114	07.08.98	77°35.91	132°29.03	66	37,9	gering	7
125	09.08.98	77°36.68	130°01.43	160	35,2	gering	8
138	13.08.98	75°09.11	130°50.05	42	19,0	hoch	8-9
154	16.08.98	77°16.42	120°36.32	267	35,2	gering	6
158	17.08.98	76°57.33	118°36.80	69	32,5	gering	7
159	17.08.98	76°45.96	116°02.19	60	35,2	n.d.	7-8

5 Material und Methoden

Das gesamte Probenmaterial dieser Arbeit wurde während dreier Expeditionen im Laptevmeer zu verschiedenen Jahreszeiten gesammelt (Kap. 4.4). Die umfangreichste Beprobung fand auf der Sommerexpedition statt, während der alle unter 5.1 bis 5.13 beschriebenen Methoden angewandt wurden. Im Verlauf der Herbst- und Frühjahrsexpeditionen wurden jeweils nur einzelne Methoden eingesetzt (Tabelle 4).

Tabelle 4: Eingesetzte Meß- und Auswerteverfahrenverfahren für Proben der drei Expeditionen. (x= Methode wurde eingesetzt)

Methode/Analyse	Frühjahr 1996	Sommer 1998	Herbst 1995
Lichtmessung (Secchi-Scheibe)		x	x
Lichtmessung (PAR-Sensor)		x	
Sestonbestimmung		x	
Bestimmung von partikulärem organischen Kohlenstoff (POC) und Stickstoff (PON)		x	
Untersuchung der Algenpigmente	x	x	
Quantitative mikroskopische Analyse der Wasserproben	x	x	x
Berechnung der Biomasse	x	x	x
Artenbestimmung mittels Rasterelektronenmikroskopie	x	x	x
Messung der <i>in situ</i> -Primärproduktion		x	
Bakterienzählung mit der Fluoreszenzmethode		x	
Gemeinschaftsanalyse	x	x	x
Faktorenanalyse		x	

Zunächst erfolgte neben der Probenahme für die biologischen Analysen die Bestimmung abiotischer Parameter. Die Einstrahlung photosynthetisch nutzbaren Lichtes (PAR), die Lichteindringtiefe, der Sestongehalt und der Gesamtgehalt an partikulär gebundenem organischen Kohlen- und Stickstoff (POC und PON) wurden zur Charakterisierung des Lebensraums untersucht. Für die Qualifizierung und Quantifizierung des Phytoplanktons im Untersuchungsgebiet dienten verschiedene Verfahren. Chlorophyll *a*- (Chl *a*-) Messungen dienten zur Abschätzung der Algenbiomasse. Ergänzend wurde in Zusammenarbeit mit K. Nachtigall (Institut für Meereskunde an der Universität Kiel) chromatographisch (HPLC) die Pigmentzusammensetzung untersucht. Mit der Bestimmung der Abundanz der Phytoplankter und Berechnung ihres Kohlenstoffgehaltes stand eine weitere Methode zur Biomassebestimmung zur Verfügung. Hierzu wurden Zellzählungen nach Utermöhl (1931, 1958) durchgeführt. Zur besseren Bestimmung einzelner Arten dienten Aufnahmen am

Rasterelektronenmikroskop (REM). Die Primärproduktion wurde während des Sommers *in situ* mit der ^{14}C -Methodik quantifiziert. Zusätzlich zu den Zählungen der Phytoplankter erfolgte die Zählung der Bakterien im Meerwasser während des Sommers mittels Fluoreszenzmikroskopie.

Zur Abgrenzung distinkter Phytoplanktongemeinschaften innerhalb des Untersuchungsgebietes wurden auf Grundlage der Abundanzen und Biomassen multivariate Analysetechniken eingesetzt. Für die Ergebnisse der Sommerexpedition erfolgte die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen abiotischen und biotischen Parametern mit einer Faktorenanalyse.

Diesen Felduntersuchungen schloß sich ein Laborversuch mit einer Phytoplanktonkultur im Heimatlabor an. Dieser Versuch diente dazu, das Wachstum der Phytoplankter bei kontrollierten Umweltbedingungen zu testen.

5.1 Probenahme und -lagerung

Die Wasserproben wurden mit Niskin-Wasserschöpfern (Fassungsvermögen 10 l) aus definierten Tiefen (Oberfläche, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 30 und 40 m) genommen. Auf der Sommerfahrt wurde die Probenahme mit einem Kranzwasserschöpfer, an dem 24 Niskinflaschen angebracht waren, durchgeführt. Die Probenahme erfolgte während des Frühjahrs und teilweise während des Herbstes durch in das Meereis gebohrte Löcher hindurch. Zudem wurden während des Herbstes Neueisproben mit Hilfe von Kellen, Sieben und Eiskernbohrern gewonnen. Die Proben wurden in filtriertem Seewasser bei ca. 4 °C im Dunkeln aufgetaut und im folgenden wie die Wasserproben behandelt.

Zur Erfassung seltener Phytoplankter wurde ein HYDRO-BIOS-Planktonnetz (20 µm Maschenweite, 40 cm Durchmesser) aus einer Tiefe von zehn Metern langsam an die Oberfläche gezogen.

Von den Wasserproben für die Phytoplanktonzählungen sowie den Proben aus den Netzfängen wurden jeweils 100 bis 250 ml in Braunglasflaschen gefüllt und mit Lugols Reagenz bis zu einer deutlichen Gelbfärbung oder mit Borax gepuffertem Formol (Endkonzentration 1%) fixiert. Die Lagerung bis zur mikroskopischen Analyse im Institut für Polarökologie erfolgte im Dunkeln bei ca. +4 °C. Für die anderen oben angeführten Messungen wurde das Probenwasser bis zur Filtration kühl und dunkel gelagert.

5.2 Lichtmessung (Secchi-Scheibe und PAR-Sensor)

Mit Hilfe der Secchi-Scheibe läßt sich sehr einfach die Transparenz des Wassers bestimmen. Mit der so ermittelten Sichttiefe Z_s kann die Tiefe der euphotischen Zone, in der noch mindestens 1% der Oberflächeneinstrahlung vorhanden ist, abgeschätzt werden (Sommer 1994). Die Tiefe der euphotischen Zone ($Z_{1\%}$) wurde nach folgender Formel berechnet (verändert nach Sommer 1994):

$$(Z_{1\%}) = 2,709 \times Z_s$$

Während der Herbstexpedition konnte diese Scheibe wegen starker Strömungen und Winde oder der dichten Eisbedeckung an einigen Stationen nicht eingesetzt werden.

Im Sommer erfolgte neben der Sichttiefenbestimmung die Messung des Lichtes im photosynthetisch aktiven Bereich (PAR) mit einem 2π - Sensor (LI 193), der an ein Radioquantenmeter (LI 1400 Datalogger) angeschlossen war. Der Sensor mißt die aus einer Halbkugel einfallende Strahlung als Lichtquantenfluß ($\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Die Meßapparatur wurde auf das oberste Deck des Forschungsschiffes montiert, um eine Beschattung zu vermeiden.

5.3 Seston

Zur Bestimmung des Sestongehaltes wurden Glasfaserfilter (Whatman GF/F) vor der Sommerexpedition bei 500 °C für 12 Stunden gegläht und nach anschließendem Spülen mit destilliertem Wasser und Trocknen (12 h bei 60 °C) gewogen. Auf diese Filter wurden jeweils 1-2 l Probenwasser mit leichtem Unterdruck (<0,2 bar) filtriert, wobei dreimal mit destilliertem Wasser nachgespült wurde. Die Filter wurden bis zur weiteren Verarbeitung in Kiel gefroren (-30 °C) und dunkel gelagert. Für die Bestimmung des Sestongehaltes wurden die Filter nach der Trocknung (12 h bei 60 °C) gewogen. Nach dem Ansäuern mit rauchender Salzsäure für 48 Stunden, das dem Austreiben des anorganischen Karbonats dient, wurden die Filter nach Trocknung erneut gewogen.

5.4 Partikulärer organischer Kohlenstoff (POC) und Stickstoff (PON)

Während der Sommerexpedition wurden jeweils 1-2 l Probenwasser mit leichtem Unterdruck (<0,2 bar) auf vorgeglühte (12 h bei 500 °C) Glasfaserfilter (Whatman GF/F) filtriert. Die Filter wurden bis zur weiteren Bearbeitung dunkel und gefroren (-30 °C) gelagert. Als Blindproben dienten analog vorbehandelte Filter, durch die destilliertes Wasser filtriert wurde.

Vor der Kohlenstoff- und Stickstoffbestimmung (C/N-Analyse) wurden die Filter 48 h mit rauchender Salzsäure begast, um den anorganischen Kalk zu entfernen. Nach einer mindestens 12-stündigen Trocknung (60 °C) wurden die Proben im C/N-Analyser

(CARLO ERBA NA-1500) des Geomars Kiel, nach Verardo *et al.* (1990) auf ihren Kohlen- und Stickstoffgehalt untersucht.

5.5 Konzentration der Algenpigmente

Diese Untersuchungen fanden nur an Proben aus dem Frühjahr und Sommer statt. Für die quantitative Analyse des Chl *a*-Gehaltes im Wasser verschiedener Tiefen wurde meistens ein Volumen von 1 l auf Glasfaserfilter (Whatman GF/F) mit geringem Unterdruck (< 0,2 bar) filtriert. Da während der Frühjahrsexpedition auf einigen Stationen die Filter bereits bei geringen Filtrationsvolumina verstopften, konnten hier nur Volumina von unter 500 ml verarbeitet werden. Bis zur Bearbeitung in Kiel erfolgte die Aufbewahrung der Filter dunkel und gefroren (-30 °C). Fünfminütiges Homogenisieren mit Glasperlen und 90 %igem Aceton diente dem Aufschluß der Zellen. Nach zweistündigem Extrahieren bei 4 °C im Dunkeln folgte die 10-minütige Zentrifugation der Proben bei 0 °C und 4000 U min⁻¹. Nach dem Angleichen auf Raumtemperatur (30 min) wurde die Fluoreszenz im Überstand mit einem Turner Designs Fluorometer (Model AU-10) vor und nach dem Ansäuern mit 0,1 N Salzsäure bestimmt. Für die Umrechnung der gemessenen Fluoreszenz auf Chl *a*- und Phaeophytin *a*- Gehalte wurden die Formeln von Arar & Collins (1992) verwandt.

Bei den Chl *a*-Gehalten des Sommers wurden die Werte über die Wassersäule integriert. Die Integration erfolgte an den einzelnen Stationen wegen der sehr unterschiedlichen Wassertiefen bis in verschiedene Tiefen:

an den Stationen PS 51-80, -92 und 104: 15 m, an Station PS 51-138: 20 m, an den Stationen PS 51-114, -154 und -158: 30 m und an den Stationen PS 51-125 und -159: 40 m.

Von den wie oben behandelten Proben auf Glasfaserfiltern (Whatman GF/F) des Frühjahrs (sechs) sowie des Sommers (18) wurden mit einem HPLC-Analyser (Pumpe Kontron 325 System; Autosampler Waters 717 plus, Waters Photodioden Array Detector 996, Waters Scanning Fluorescence Detector 474) im Institut für Meereskunde Kiel, in Zusammenarbeit mit K. Nachtigall auf ihren Algenpigmentgehalt hin untersucht. Nach der Extraktion (Jeffrey & Humphrey 1975) wurden die Proben nach Barlow *et al.* (1997) im HPLC-Analyser gemessen.

5.6 Quantitative mikroskopische Analyse der Wasserproben

Die Zählungen der Plankter erfolgten nach der von Utermöhl (1931, 1958) entwickelten Sedimentationsmethode an einem umgekehrten Zeiss-Mikroskop mit Phasenkontrasteinrichtung von Proben aller Jahreszeiten.

Zur Sedimentation wurden die Proben nach zehnmütigem Umwälzen der Flaschen, das der gleichmäßigen Verteilung der Partikel dient, in einer Verbundkammer angesetzt. Entsprechend Hasle (1978) wurden die Wasserproben zum Absetzen in 50 ml-Kammern gefüllt. Mit den Handnetzproben wurde nur die eigentliche Zählkammer (2,14 ml) befüllt. Die Sedimentationszeit an einem licht-, vibrations- und wärme geschützten Ort betrug bei den 50 ml-Proben mindestens 48, bei den Handnetzproben mindestens zwölf Stunden (Baltic Marine Environment Protection Commission 1989).

Nachdem die Fläche des Kammerbodens sowie einzelner Zählfelder und -streifen mit Hilfe eines Objektmikrometers bestimmt wurde, erfolgte die Durchsicht und Zählung des nun auf dem Kammerboden befindlichen Probenmaterials. Zumeist wurde bei einer 400fachen Vergrößerung gearbeitet.

Für die häufigsten Planktonorganismen der Wasserschöpferproben wurde normalerweise der halbe Kammerboden ausgezählt, so daß von den häufigen bis dominanten Arten > 20 µm jeweils mindestens 100, besser 200 Individuen erfaßt wurden. Die Zählung der kleineren oder sehr häufig vorkommenden Organismen wurde in Streifen oder Gesichtsfeldern durchgeführt. Dies diente dazu, den Zählfehler im Verhältnis zum Arbeitsaufwand möglichst gering zu halten (Venrick 1978). Für die spätere Berechnung der Biomasse wurde in folgenden Größenklassen gezählt: <3 µm, 3 - 7 µm, 7 - 10 µm, in 10 µm-Klassenbreiten bis 80 µm, dann in 20 µm-Klassenbreiten bis 200 µm, gefolgt von einer Klasse >200 µm. Die Erfassung der Phytoplankter in den Handnetzproben erfolgte qualitativ und diente der Vervollständigung des Arteninventars.

Da eine Unterscheidung der zentrischen Diatomeen *Thalassiosira gravida* und *T. rotula* nach Syvertsen (1977) problematisch ist, wurden sie gemeinsam als *T. cf. gravida* bezeichnet. Lichtmikroskopisch nicht zu bestimmende Arten wurden als cf.-Varianten, Gattungen oder Formengruppen gezählt. Hetero-, mixo- und autotrophe Dinoflagellaten konnten teilweise nicht ausreichend unterschieden werden, da während der Expeditionen nicht direkt mit Autofluoreszenz-Zählungen gearbeitet werden konnte. Erschwerend kam bei einigen Proben ein sehr hoher Bedeckungsgrad des Kammerbodens mit Sedimentpartikeln hinzu. Dies führte vermutlich zur Steigerung des Zählfehlers einiger Proben bzw. ließ die Quantifizierung einiger Proben nicht zu. Der Grad der Bedeckung des Kammerbodens mit Sedimentpartikeln bei der Untersuchung der Wasserproben wurde qualitativ beurteilt (gering, mäßig, hoch). Diese Ergebnisse finden sich in den Tabellen 1-3 (Kap. 2).

Zur Bestimmung der Taxa wurde folgende Literatur benutzt:

Dodge (1982), Drebes (1974), Gran (1908), Husted (1927-1966), Lebour (1925, 1930), Marshall (1985), Medlin & Priddle (1990), Pankow (1980), Paulsen (1908), Poulin & Cardinal (1982, 1983), Schiller (1933). Throndsen (1970, 1974) und Wiktor & Okolodkov (1995).

5.7 Berechnung der Biomasse

Für die einzelnen Proben (Station, Wassertiefe) wurden die Abundanzen (Zellzahl l^{-1}) und Biomassen (als Phytoplanktonkohlenstoff, PPC) für alle Taxa bestimmt.

Der Kohlenstoffgehalt der Phytoplankter (PPC, Biomasse) wurde auf der Basis der oben beschriebenen Zählungen nach den von Smetacek (1975) und der Baltic Marine Environment Protection Commission (1989) vorgeschlagenen Umrechnungsfaktoren ermittelt. Hierbei wird das Zellvolumen, bzw. bei Diatomeen das Plasmavolumen, der einzelnen Taxa in Zellkohlenstoff umgerechnet.

5.8 Bestimmung einzelner Taxa mittels Rasterelektronenmikroskopie

Mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie können einige Taxa, insbesondere Diatomeen, besser bestimmt werden. Von den fixierten Wasser- und Handnetzproben (s. Kap. 5.1.) wurden 50 bzw. 20 ml auf Cellulose-Acetat-Filter (Sartorius, Porendurchmesser $0,2 \mu m$) oder Glasfaserfilter (Whatman-GF/F) filtriert und mehrfach mit destilliertem Wasser gespült. Anschließend wurden Teile der Filter auf kleine Untersuchungsteller (stubs) geklebt und mit leitenden Brücken (Leit-C) mit diesem verbunden. Nach dem Überziehen der Oberfläche des gesamten Untersuchungstellers mit einer Gold-Palladium-Legierung in einem Sputter-Coater (Balzers Union, SCD 004) erfolgte die Betrachtung der Proben im Rasterelektronenmikroskop (Zeiss, DSM 940) am Institut für Meereskunde, Kiel. Die photographischen Aufnahmen wurden mit einer Contax-Kamera (Modell 167 MT) auf Ilford FP4- Filmen festgehalten.

5.9 Messung der Primärproduktion *in situ*

Die Primärproduktion wurde mit der ^{14}C -Inkubationsmethode (Steemann-Nielsen 1958) während der Sommerexpedition 1998 bestimmt. Hierzu wurden jeweils 275 ml Wasserprobe in transparente Polycarbonat-Flaschen (Nalgene) gefüllt und im Isotopenlabor des Schiffes mit 1 ml radioaktiv markiertem gelöstem $NaH^{14}CO_3$ (Aktivität $18,55 \mu Ci ml^{-1}$) versetzt. Als Kontrolle dienten eine Dunkelprobe in einer lichtundurchlässig beklebten Polycarbonat-Flasche und eine mit 1 ml gesättigter DCMU-Lösung (3-(3,4-Dichlorphenyl)-1,1-dimethylharnstoff) versetzte Blindprobe. DCMU hemmt den Elektronenflußtransport im Photosystem II und unterbindet so die Lichtreaktion der Photosynthese. Die Flaschen wurden dunkel und thermisch isoliert zum Inkubationsort gebracht. Da das Forschungsschiff wegen der teilweise starken Strömungen häufig durch das Meereis bewegt werden mußte, wurden die Proben, um Störungen zu vermeiden, mit einem Bojensystem in einiger Entfernung mit Hilfe eines Schlauchbootes ausgebracht. Die Proben wurden jeweils in ihrer Entnahmetiefe (bei den

Kontrollen die Oberfläche) für 5,8 bis 8,0 h inkubiert. Nach Ablauf der Inkubationszeit wurden die Proben dunkel und thermisch isoliert in das Isotopenlabor transportiert.

Hier wurde die Inkubationen mit 1 ml gesättigter DCMU-Lösung abgestoppt und auf Polycarbonatfilter (Sartorius, Porengrößen 0,2; 1,2 und 5 μm) mit leichtem Unterdruck ($<0,2$ bar) filtriert. Anschließend wurden die Filter für 10 Minuten mit rauchender Salzsäure begast, um das nicht fixierte ^{14}C als $^{14}\text{CO}_2$ auszutreiben. Die so behandelten Filter wurden in Plastikvials mit 5 ml Szintillationscocktail (Lumagel/ Baker) versetzt und erst nach einer und dann ein 2. Mal nach zwölf Stunden in einem Flüssigkeits-Szintillationszähler (Packard TriCarb) gemessen. Die Zählzählbeute wurde zur Quenchkorrektur mit der externen Standardmethode bestimmt. Bei dieser Methode (Ansäuern) werden neben dem partikulär gebundenem ^{14}C auch mit dem ^{14}C markierte Exudationsprodukte gemessen. Die Kohlenstoffproduktion wurde mit der Formel von Strickland & Parsons (1972) berechnet, unter der Annahme eines Isotopendiskriminierungsindex (^{12}C versus ^{14}C) von 1,05. Zur Berechnung der Gesamtalkalinität wurde der pH-Wert des Probenwassers bestimmt.

Da die Inkubation zwar im Polarsommer, aber aufgrund der Stationszeiten (morgens, mittags, nachts) bei stark unterschiedlichen Strahlungsintensitäten (s. Kap. 4.2) erfolgte, ist die Primärproduktion pro Tag (PP d^{-1}) als potentielle PP d^{-1} angegeben.

Die Werte der Primärproduktion wurden integriert, wobei die Berechnung wegen der zwischen den Stationen stark differierenden Wassertiefen bzw. wegen des Verlustes von Probenflaschen durch den Eisgang bis zu verschiedenen Tiefen erfolgte:

an Station PS 51-80: 5 m, an den Stationen PS 51-92 und -104: 15 m, an Station PS 51-138: 20 m und an den nördlichen Stationen (PS 51-114, -125, -154 und -158): 30 m Tiefe.

5.10 Bakterienzählung mit der Fluoreszenzmethode

Die Unterproben für die Bakterienzählungen während der Sommerfahrt wurden mit Formalin (Endkonzentration 1 %) fixiert. Jeweils 20–40 ml der so fixierten Wasserprobe wurden mit leichtem Unterdruck ($<0,2$ bar) auf schwarzgefärbte Polycarbonatfilter (Porendurchmesser 0,2 μm) filtriert und mit dem DNA-spezifischen Fluoreszenzfarbstoff 4',6-Diamidino-2-Phenyl-Indol (DAPI) gefärbt (Porter & Feig 1980). Um eine gleichmäßige Verteilung der Organismen auf der Filteroberfläche sicherzustellen, wurde ein Cellulose-Nitrat-Unterfilter mit größerer Porenweite (1,0 μm , Sartorius) benutzt. Die Polycarbonatfilter wurden mit fluoreszenzfreiem Immersionöl auf Deckgläschen montiert und bis zur mikroskopischen Auswertung dunkel und gefroren (-30 °C) gelagert.

Im Labor wurden die Bakterien auf den Polycarbonatfiltern an einem Zeissmikroskop (Axiovert 135 mit Epifluoreszenzeinrichtung) bei 1000facher Vergrößerung ausgewer-

tet. Es wurden mindestens 400 Zellen pro Filter gezählt. Anschließend wurden 100 Bakterien mit einem New Porton Grid (May 1965) vermessen und ihr Kohlenstoffgehalt pro Zelle (CC [fg]) nach der von Simon & Azam (1989) vorgeschlagenen Formel über das Zellvolumen [μm^3] berechnet:

$$\text{CC} = 88,6 \times \text{Vol}^{0,56} \times 1,042$$

5.11 Gemeinschaftsanalyse

Ein wichtiges Ziel mariner ökologischer Forschung besteht darin, Gemeinschaften von Organismen bzw. biologische Provinzen in Meeresgebieten abzugrenzen und zu charakterisieren (Piepenburg 1988).

Zur Untersuchung der Unterschiede in der Artenzusammensetzung an den Stationen und Tiefen wurde eine Gemeinschaftsanalyse durchgeführt. Mit multivariaten Analysetechniken kann die gesamte Komplexität einer Gemeinschaft ohne die extreme Datenreduktion univariater Methoden untersucht werden. Sie können Veränderungen in Gemeinschaften aufdecken, die bei Anwendung anderer Methoden verborgen bleiben (Warwick & Clarke 1991).

Die Daten (Abundanz und Biomasse der Taxa) wurde standardmäßig transformiert (vierte Quadratwurzel), da die Werte um einige Größenordnungen streuten (Field *et al.* 1982). Nach der Transformation wurde der "Bray-Curtis-Similarity-Index" berechnet (Bray & Curtis 1957). Dieser ist ein Maß für die Ähnlichkeit zwischen zwei Proben, der auch die quantitativen Unterschiede berücksichtigt.

Die Clusteranalyse ordnet die Proben in ein agglomerativ-hierarchisches System. Aus einer heterogenen Menge von Objekten (hier Proben verschiedener Stationen/Wassertiefen) werden homogene Teilmengen (Cluster) gebildet, wobei einmal gebildete Gruppen nicht mehr gelöst werden. Als Bezugsgröße für die Unterscheidung der Cluster dient der zuvor ermittelte Gruppendurchschnitt (group-average-linking) (Field *et al.* 1982). Die Darstellung der Ähnlichkeiten erfolgt in einem Dendrogramm.

Die Multidimensionale Skalierung (MDS) stellt die Lage der einzelnen Objekte (Proben) zueinander in einem multidimensionalen Raum dar. Die Distanzen zwischen den Proben entsprechen den "Unähnlichkeiten", d.h. je geringer die Distanz, desto größer die Ähnlichkeit. Das Ergebnis wird in einem zweidimensionalen MDS-Plot dargestellt, wobei allerdings Informationen verloren gehen. Ein Streßfaktor gibt die Güte der Darstellung nach diesem Verlust wieder. Dieser Streßfaktor sollte nach Kruskal & Wish (1978) den Wert 0.2 nicht übersteigen.

Die Clusteranalyse und die Multidimensionale Skalierung wurden mit dem PRIMER-Programm vom Plymouth Marine Laboratory durchgeführt (Carr 1995).

5.12 Faktorenanalyse

Mittels der Faktorenanalyse können die wesentlichen Strukturen eines komplexen empirischen Datensatzes erkannt und beschrieben werden. Schon mit einfachen Verfahren, wie z.B. der Berechnung einer Korrelationsmatrix, kann gezeigt werden, daß sich einige der Variablen ähnlich zueinander verhalten. Auch mit Regressionsanalysen kann eine Ähnlichkeit von oder ein Bezug zwischen Variablen beschrieben werden, wobei immer ein kausaler Zusammenhang zwischen der Variabilität einer Variablen als Funktion einer anderen vorausgesetzt wird. Die Faktorenanalyse beruht dagegen auf der Annahme, daß hinter den sich gemeinschaftlich verhaltenden (ähnlich variierenden) Variablen ein übergeordnetes Prinzip, der sogenannte Faktor, vorhanden ist. Diese Faktoren werden bei Anwendung der explorativen Faktorenanalyse durch die Bündelung und Verdichtung der korrelierten Variablen herausgearbeitet. Jeder Faktor wird von allen eingesetzten Variablen mit unterschiedlicher Intensität beeinflusst. Dieser Einfluß der Variablen auf den Faktor wird durch die Berechnung der Faktorladung deutlich und ermöglicht die Interpretation des analysierten Datensatzes (Backhaus et al. 1987).

Die Faktorenanalyse wurde mit allen vorhandenen Meßdaten der Sommerexpedition unter Verwendung des Programms StatView® 4.5 durchgeführt. Alle Rohdaten wurden zunächst mit der Varimax-Transformation und der vom Programm automatisch durchgeführten orthogonalen Transformation standardisiert, um den Einfluß von Extremwerten zu reduzieren. Mit dem so bearbeiteten Datensatz wurde zunächst eine Korrelationsmatrix aller Variablen berechnet. Die Zahl der zu extrahierenden Faktoren wurde mit der programmeeigenen Vorgabe-Methode bestimmt. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt nach einer Varimax-Rotation, die der optimalen Kontrastierung der zu extrahierenden Faktoren dient, als Schief-Faktoren-Diagramm. Es zeigt Punktecluster und durch sie bestimmte primäre Achsen. Sind diese Achsen korreliert, so stehen sie nicht rechtwinklig aufeinander.

5.13 Parametervergleich für die zwei Cluster

Für die durch die Clusteranalyse herausgebildeten Stationsgruppen der Sommerexpedition wurden die Meßwerte verschiedener abiotischer und biotischer Parameter des Oberflächenwassers untersucht, um die Unterschiede zwischen den Stationen bzw. Regionen herauszuarbeiten. Der Vergleich erfolgte für die abiotischen Parameter Salinität, Silikatgehalt und die Lichttiefe sowie für den Sestonengehalt, den Karbonatgehalt im Seston und die POC- und PON-Konzentrationen. Als rein biotische Parameter wurden die Chl *a*-Werte, die Primärproduktion sowie die errechneten Biomassen der Phytoplankter (> 15 µm, < 15µm und Diatomeen) und Bakterien betrachtet. Für die jeweiligen Stationsgruppen sind die Werte der Parameter dargestellt, um Unterschiede deutlich machen zu können.

5.14 Laborversuch zur Ökologie arktischer Phytoplanktonorganismen

Der Einfluß von Temperatur und Salinität auf die Entwicklung einer Phytoplanktonmischkultur aus dem Laptevmeer (Station PS 51-104) wurde unter kontrollierten Bedingungen im Institut für Polarökologie über einen Zeitraum von sechs Wochen untersucht. Das Algenwachstum wurde in insgesamt 32 Versuchsansätzen bei vier Temperaturen, vier Salinitäten und unterschiedlichen Silikatkonzentrationen mittels Chl *a*- und Phaeophytin *a*-Bestimmung gemessen (s. Kap. 5.6). Die Phytoplanktonmischkultur bestand im wesentlichen aus Diatomeen (z.B. *Chaetoceros* spp., *Achnanthes taeniata* und *Asterionella formosa*) und kleinen ($\leq 10 \mu\text{m}$) Flagellaten. Der Versuch wurde in Klimakammern (Heraeus Votsch, Typ YUPHO 1000) bei vier Temperaturen (0, 4, 8, 12 °C) mit Salinitäten von 15, 20, 25 und 30 durchgeführt. Die Kulturen wurden bei Dauerlicht ($171 \mu\text{mol Photonen s}^{-1} \text{m}^{-2}$) in 2 l Glasflaschen mit Standardmedien für marine Algen bzw. Diatomeen (f/2 Medium und f/2 Medium mit Silikat (ca. $140 \mu\text{mol Silikat l}^{-1}$, Tompkins *et al.* 1995) gehältert. Einmal pro Woche wurden 500 ml jeder Versuchskultur abgefüllt und durch das entsprechende Medium ersetzt. Von der abgenommenen Kultur wurden 20 bis 40 ml auf Glasfaserfilter (Whatman GF/F) mit geringem Unterdruck ($<0,2 \text{ bar}$) filtriert und wie unter 3.6 beschrieben weiterbehandelt. Die Chl *a*- und Phaeophytin *a*-Gehalte der "Stammkultur" wurden zu Beginn des Versuches gemessen.

Die Nettowachstumsrate (r) wurde über folgende Formel (aus Sommer 1998) bestimmt:

$$N_2 = N_1 * e^{r(t_2 - t_1)}$$

Dabei war N_1 die Biomasse [$\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$] zu Beginn des Versuchs (t_1), N_2 am Ende der log-Phase nach vier Wochen (t_2) und e die Euler'sche Zahl.

5.15 Signifikanztest

Neben den unter 5.11 und 5.12 beschriebenen statistischen Verfahren wurde zur Überprüfung von Aussagen bezüglich ihrer Signifikanz der U-Test von Mann & Whitney (1947) verwandt. Die Analyse wurde mit dem Programm StatView®, (SAS Institute Inc. 1988) durchgeführt.

6 Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in der Reihenfolge der Vorstellung der Methoden angeordnet. Auf die Darstellung der abiotischen Parameter folgt die der Ergebnisse der biologischen Messungen. Soweit vorhanden, werden die Untersuchungsergebnisse jeweils in jahreszeitlicher Reihenfolge (Frühjahr, Sommer, Herbst) vorgestellt, um den saisonalen Vergleich der einzelnen Parameter zu erleichtern. Im allgemeinen werden die Sommerstationen entlang des Transektes S (Abb. 3) angeordnet, wobei die südlichen und nördlichen Stationen durch eine Linie getrennt sind. Die Phytoplanktonprobe der Frühjahrs-Station LN 22 ist mit "W" gekennzeichnet, um sie von der Eisprobe LN 22 E, die mit in der Gemeinschaftsanalyse bearbeitet wurde, abgrenzen zu können, die Proben "A" zeigen die zweite, die Proben "B" die Probenahme an der Station an. Abschließend werden die Ergebnisse der Expedition zusammengefaßt und die Situation des Phytoplanktons in den verschiedenen Jahreszeiten vergleichend dargestellt.

6.1 Hydrographie und Silikatgehalt im Sommer 1998

Die von S. Pivovarov zur Verfügung gestellten Daten ermöglichten die Darstellung der hydrographischen Parameter und der Verteilung des Nährstoffes Silikat an den Stationen der Sommerexpedition. Generell unterschieden sich die Stationen untereinander wie die Werte-bereiche für die verschiedenen Parameter zeigen (Abb. 5). Es wurden Temperaturen von $-1,6$ bis $+4$ °C, Salinitäten von 5,3 bis 34,8 und Silikatkonzentrationen von 17 bis $1155 \mu\text{g l}^{-1}$ gemessen. Die Darstellung der Vertikalverteilung an den einzelnen Stationen erfolgt für die südlichen und nördlichen Stationen getrennt. Dabei ist zu beachten, daß die Achsenskalierungen zwischen den Graphiken variieren, da sich sowohl die Wassertiefen als auch die gemessenen Werte unterschieden.

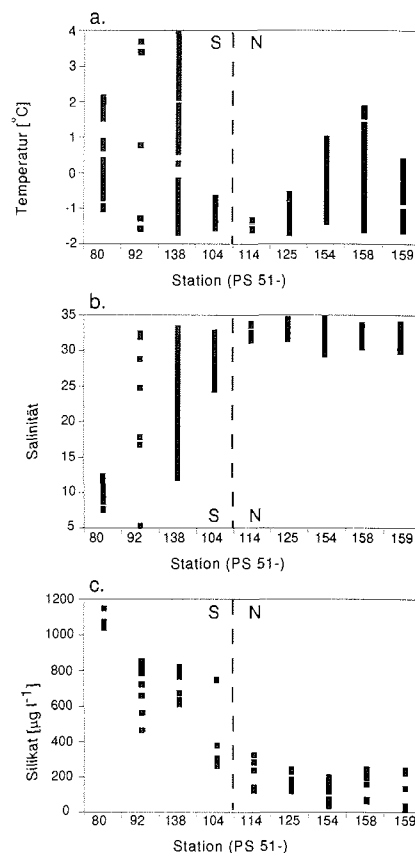


Abb. 5 Wertebereiche in Standardtiefen für a. Temperatur, b. Salinität und c. Silikatkonzentration an den Stationen im Sommer 98. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

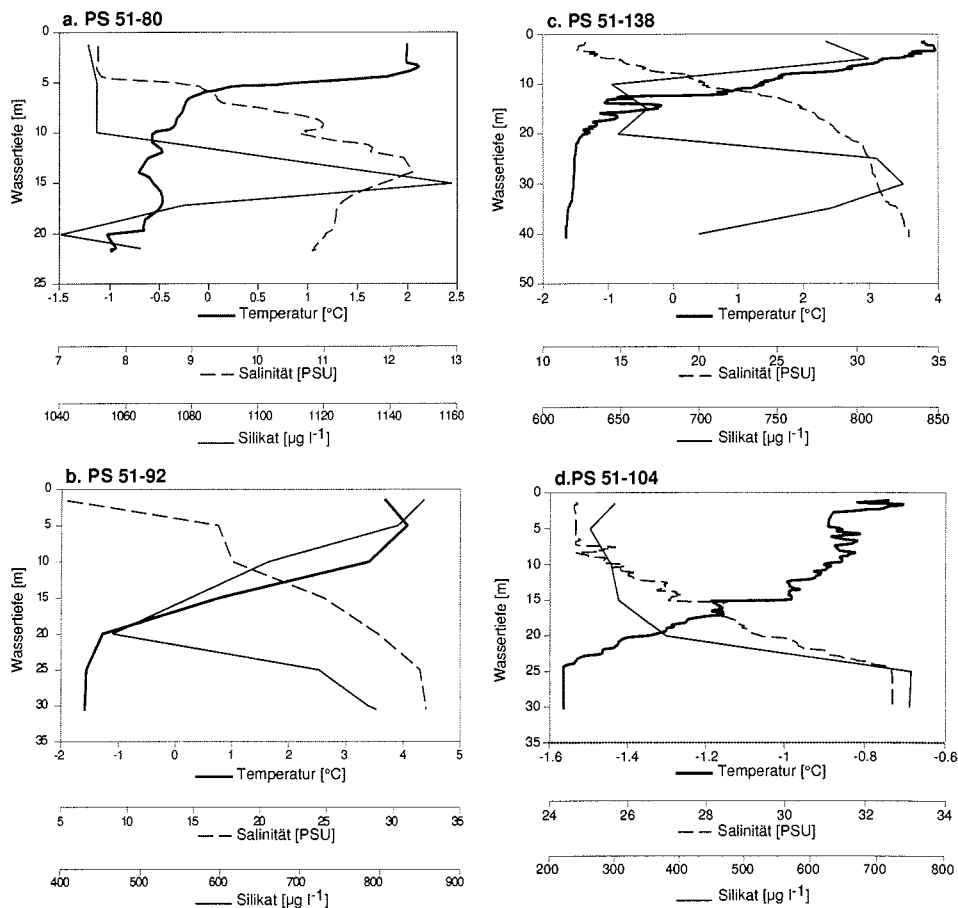


Abb. 6 Hydrographie und Silikatverteilung an den Sommerstationen (a. bis i.). Wegen der stark differierenden Wassertiefen, Temperaturen, Salinitäten und Silikat-konzentrationen sind die Achsen unterschiedlich skaliert.

6.1.1 Hydrographie und Silikatgehalt an den südlichen Stationen

Die südlichen Stationen mit einer maximalen Wassertiefe von 42 m waren durch eine bis zu 15 m dicke Deckschicht aus warmem (bis 4,1 °C), gering salinen (max. 22,4) Wasser gekennzeichnet (Abb. 6 a.-d.). Der Silikatgehalt in der Deckschicht verringerte sich von der südlichsten, nahe am Lena-Delta gelegenen Station von maximal 1040 $\mu\text{g l}^{-1}$ bis auf 263 $\mu\text{g l}^{-1}$ im Norden.

An Station PS 51-80 war in den obersten 6 m eine Schicht mit Temperaturen bis 2,1 °C warmen, gering salinen Wassers (minimal 7,7) zu beobachten (Abb. 6 a.). Darunter nahm die Temperatur mit der Tiefe zunächst sehr stark, später langsamer, ab bis sie -1,0

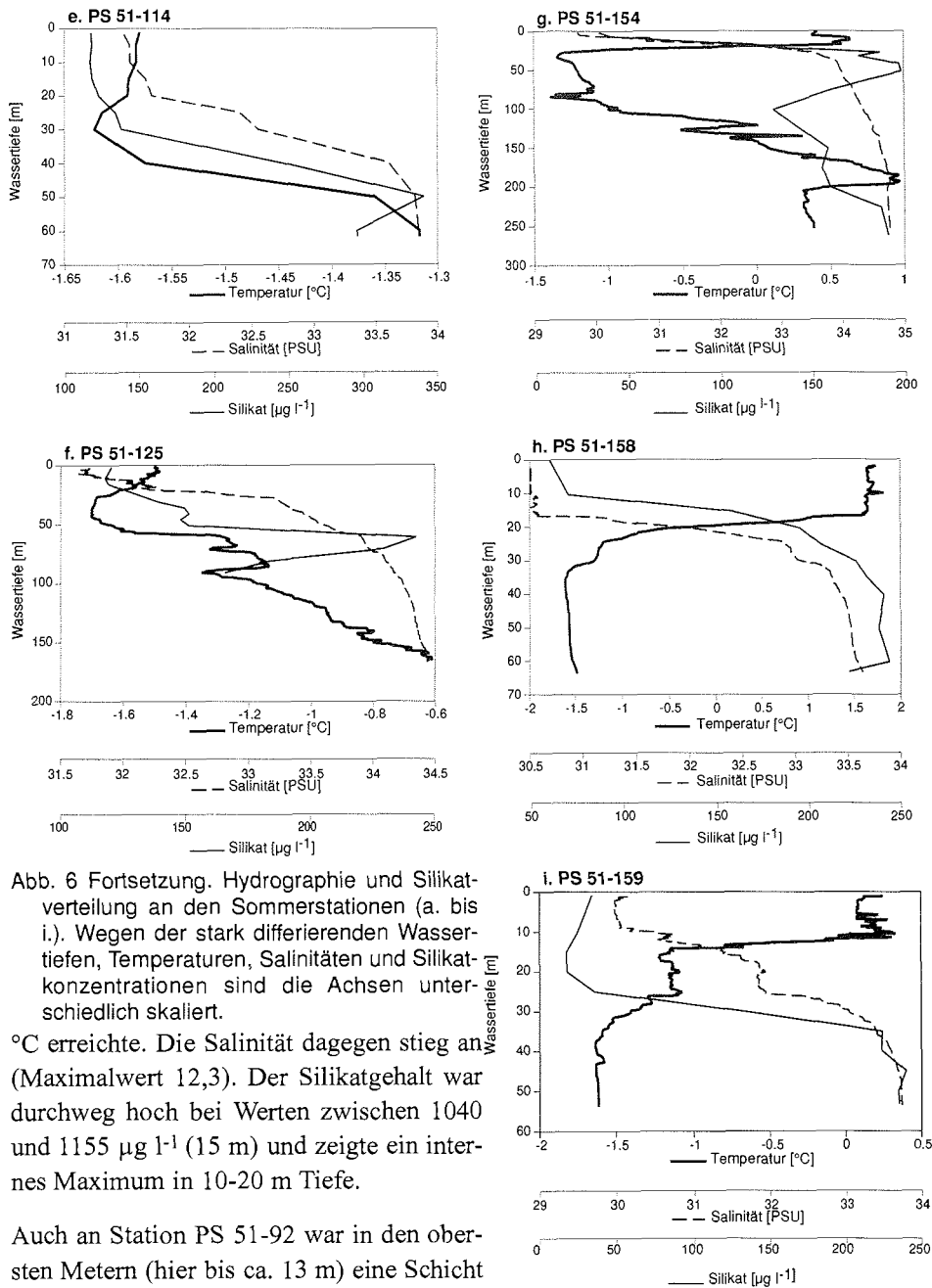


Abb. 6 Fortsetzung. Hydrographie und Silikatverteilung an den Sommerstationen (a. bis i.). Wegen der stark differierenden Wassertiefen, Temperaturen, Salinitäten und Silikatkonzentrationen sind die Achsen unterschiedlich skaliert.

°C erreichte. Die Salinität dagegen stieg an (Maximalwert 12,3). Der Silikatgehalt war durchweg hoch bei Werten zwischen 1040 und 1155 $\mu\text{g l}^{-1}$ (15 m) und zeigte ein internes Maximum in 10-20 m Tiefe.

Auch an Station PS 51-92 war in den obersten Metern (hier bis ca. 13 m) eine Schicht wärmeren (3,6 bis 4,1 °C), gering salinen (5,3 bis 17,8) Wassers auszumachen (Abb. 6 b.). Mit der Tiefe nahm die Temperatur

auf $-1,6\text{ °C}$ ab, die Salinität bis 32,4 zu. Silikat wurde mit Konzentrationen zwischen 464 und $854\ \mu\text{g l}^{-1}$ gemessen. Von dem Maximalwert an der Oberfläche nahm der Silikatgehalt kontinuierlich bis zum Minimalwert in ca. 20 m Tiefe ab, unterhalb dieser Tiefe stieg der Silikatgehalt wieder an.

An Station PS 51-138 war eine warme ($0,9$ bis $4,0\text{ °C}$) Schicht mit Salinitäten von 12,3 bis 22,4 bis zu einer Tiefe von 12 m vorhanden (Abb. 6 c.). Unter der Sprungschicht wurden Temperaturen zwischen $-0,4$ und $-1,6\text{ °C}$ und Salinitäten zwischen 24,1 und 33,3 gemessen. Der Silikatgehalt lag zwischen 637 und $826\ \mu\text{g l}^{-1}$, wobei höchste Werten in 5 ($796\ \mu\text{g l}^{-1}$) sowie 25 ($801\ \mu\text{g l}^{-1}$) und 30 ($820\ \mu\text{g l}^{-1}$) m Tiefe ermittelt wurden.

An Station PS 51-104 zeigten die Meßwerte sowohl für die Temperatur als auch für die Salinität einen relativ kontinuierlichen Vertikalgradienten (Abb. 6 d.). Die Temperatur nahm von $-0,7\text{ °C}$ an der Oberfläche auf $-1,6\text{ °C}$ in 25 m Tiefe ab. Die Salinität dagegen stieg von 24,6 auf 32,7 in 25 m Tiefe an. Auch für den Silikatgehalt war ein stetiger Anstieg mit der Tiefe zu beobachten. Nach $263\ \mu\text{g l}^{-1}$ Silikat in 5 m Tiefe erreichten die Konzentrationen in 25 m Tiefe einen Wert von $752\ \mu\text{g l}^{-1}$.

6.1.2 Hydrographie und Silikatgehalt an den nördlichen Stationen

Auch im nordwestlichen Laptevmeer war eine warme Deckschicht, aber mit deutlich geringeren Temperaturen zu beobachten (Abb. 6 e., f.). Im Nordosten hingegen war die Hydrographie stark vom Schmelzwasser der schwindenden Meereisdecke geprägt (Abb. 6 g.-i.). An Station PS 51-114, der flacheren der nordöstlichen Stationen, stiegen die Temperatur, die Salinität und der Silikatgehalt nach niedrigen Anfangswerten ab einer Tiefe von ca. 20 m gleichmäßig an (Abb. 6 e.). Die Temperaturen lagen im Bereich von $-1,6$ (25 m) und $-1,3\text{ °C}$ (60 m). Salinitäten wurden zwischen 31,5 (Oberfläche) und 33,8 (ab 50 m Tiefe), Silikatgehalte zwischen 129 (Oberfläche) und maximal $328\ \mu\text{g l}^{-1}$ (50 m) gemessen. An Station PS 51-125, der nördlichsten dieser Expedition, war in den oberen 20 m eine Schicht mit Temperaturen von $-1,5$ bis $-1,6\text{ °C}$ und Salinitäten von 31,7 bis 32,3 zu beobachten (Abb. 6 f.). Unterhalb dieser Schicht nahm die Temperatur zunächst ab, bis sie in 35 m Tiefe $-1,7\text{ °C}$ erreichte, stieg dann aber ab ca. 50 m Tiefe wieder an, bis sie in 165 m Tiefe $-0,6\text{ °C}$ erreichte. Die Salinität stieg dagegen von der Oberfläche bis in die Tiefe, wo sie maximal Werte von 34,4 (ab 135 m Tiefe) erlangte, kontinuierlich an. Der Silikatgehalt nahm beginnend von $120\ \mu\text{g l}^{-1}$ an der Oberfläche mit der Tiefe zu, bis in 60 m Tiefe maximal $243\ \mu\text{g l}^{-1}$ erreicht wurden. Mit weiterer Tiefe verringerte sich die Silikatkonzentration stetig bis auf $166\ \mu\text{g l}^{-1}$ in 90 m Tiefe.

In den obersten 25 m der tiefsten Station PS 51-154 am nordwestlichen Kontinentalhang konnte eine Schicht relativ warmen (ca. $0,4\text{ °C}$) Wassers mit Salinitäten von 29,7 bis 33,4 beobachtet werden (Abb. 6 g.). Mit der Tiefe nahm die Temperatur ab, bis sie zwischen 35 und 95 m Tiefe im Bereich von $-1,0$ und $-1,3\text{ °C}$ schwankte. Zwischen 95 und 200 m

Tiefe nahm sie dann auf Werte bis 1,0 °C zu und sank mit größerer Tiefe bis zu 0,4 °C. Die Salinität hatte einen gleichmäßigen Verlauf. Von der Oberfläche in die Tiefe stieg sie beständig an und erreichte ab 150 m Tiefe 34,8. Nach niedrigen Konzentrationen (< 50 µg l⁻¹) an der Oberfläche zeigte der Silikatgehalt in ca. 50 m Tiefe einen Maximalwert von 199 µg l⁻¹. Mit weiterer Tiefe sank er bis auf 129 µg l⁻¹ in 100 m Tiefe und stieg dann wieder bis 191 µg l⁻¹ in 260 m Tiefe an.

An Station PS 51-158 war in den oberen 15 m eine Schicht relativ warmen (ca. 1,6 bis 1,7 °C) Wassers mit einer Salinität von 31,5 bis 31,6 zu beobachten (Abb. 6 h.). Im Bereich bis ca. 32 m Tiefe war ein starker Abfall der Temperatur auf -1,6 °C und ein Anstieg der Salinität auf 33,3 zu beobachten. Die Silikatkonzentration nahm von 61 µg l⁻¹ an der Oberfläche mit der Tiefe bis zum Maximalwert von 244 µg l⁻¹ (60 m) stetig zu. Bereits bei 15 m Tiefe erreichte sie 158 µg l⁻¹. Die flachste Station im Nordwesten (PS 51-159) zeigte in den oberen zehn Metern eine Schicht relativ warmen (> 0,1 °C) Wassers mit einer Salinität von 30,0 (Abb. 6 i.). Nach einer deutlichen Sprungschicht von ca. 5 m Tiefe sank die Temperatur kontinuierlich bis auf -1,6 °C (34 m). Die Salinität nahm mit der Tiefe bis auf 33,7 (53 m) zu. In den oberen 28 m lag der Silikatgehalt unter 40 µg l⁻¹ mit Minimalwerten von 17 µg l⁻¹ in 15 und 20 m Tiefe. Darunter nahm die Konzentration dann aber beständig zu und erreichte in 45 m Tiefe maximal 239 µg l⁻¹.

6.2 Lichtmessung (Secchi-Scheibe und PAR-Sensor)

Mit Hilfe der Secchi-Scheibe wurde im Sommer und im Herbst die Transparenz des Wassers bestimmt. Während des Sommers wurde zusätzlich die Einstrahlung der für die Photosynthese nutzbaren Strahlung (PAR) bestimmt.

6.2.1 Transparenzmessungen mit der Secchi-Scheibe

Mit der Secchi-Scheibe wurde während des Sommers an allen Stationen, während des Herbstes an sieben der 12 Stationen die Tiefe der euphotischen Zone ($Z_{1\%}$) bestimmt. Die Einzelergebnisse finden sich in den Stationstabellen (Tabellen 1-3). Im Sommer wurden Lichttiefen ($Z_{1\%}$) von 6,8 (PS 51-92) bis 37,9 m (PS 51-114) ermittelt. Auf den südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) war die Lichttiefe ($Z_{1\%}$) geringer als 22 m, an den nördlichen Stationen war sie dagegen stets größer als 32 m. An den Herbststationen wurden Lichttiefen ($Z_{1\%}$) von 5,4 bis 14,9 m bestimmt. Die geringste Lichttiefe ($Z_{1\%}$) wurde an Station KD 95-41 vor dem Lena-Delta, die maximale an den Stationen KD 95-02 und -55 im nordöstlichen Bereich des Untersuchungsgebietes festgestellt.

6.2.2 Lichtmessungen mit dem PAR-Sensor

Im August 1998 wurden im Laptevmeer trotz der ganztägigen Helligkeit des polaren

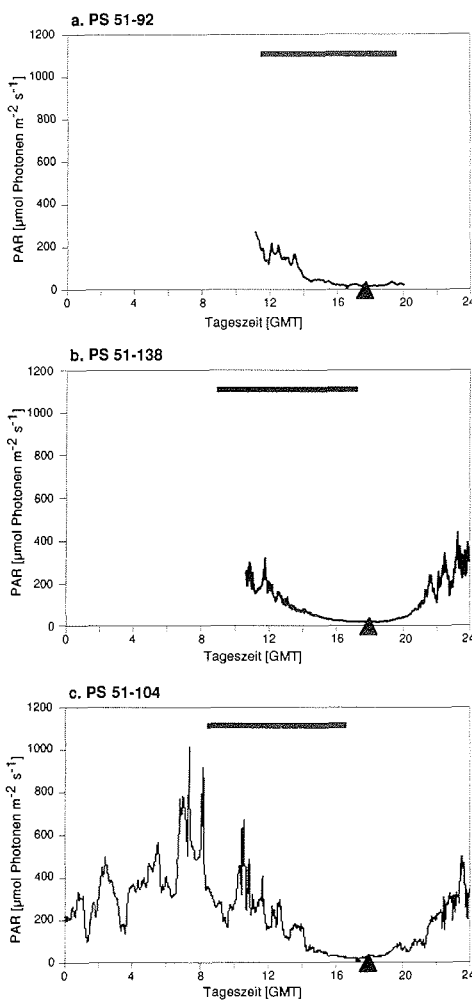


Abb. 7 Tagesgänge des für die Photosynthese nutzbaren Lichtes (PAR) an den Sommerstationen (a. bis h.). Das Dreieck zeigt die Mitternacht zur Ortszeit, der Balken den Zeitraum der Inkubation der *in situ*-Primärproduktionsmessung.

Sommers deutliche Schwankungen in der Einstrahlung photosynthetisch nutzbarer Strahlung (PAR) festgestellt. An acht der neun Stationen wurden PAR-Tagesgänge an Bord von Polarstern gemessen (Abb. 7), wobei das Schiff nur während der eigentlichen Stationszeit (ca. 8 h) auf der Position der Station lag. Die Darstellung erfolgt für fünf Stationen über 24 h, beginnend um 0.00 Uhr (GMT) und endend um 24.00 Uhr. Die Mitternacht zur Ortszeit ist mit einem Dreieck in den Abbildungen angegeben. An drei Stationen wurde die Einstrahlung nur für einen Teil des Tages gemessen. Der Zeitraum der *in situ*-Primärproduktionsmessung ist als Balken im oberen Teil der Diagramme eingetragen.

An allen Stationen konnte eine deutliche Änderung der PAR über den Tag beobachtet werden. Maximalwerte von über 1000 µmol Photonen m⁻² s⁻¹ wurden kurzfristig an drei Stationen (PS 51-104, -114 und -125) erreicht. Die hohe zeitliche Variabilität im Kurvenverlauf beruht auf schnellen und starken Änderungen der Lichtverhältnisse aufgrund der Wolkenbedeckung.

An der südlichen Station PS 51-92 wurde während der ca. neunstündigen Messung eine maximale Einstrahlung von 265 µmol Photonen m⁻² s⁻¹ erreicht (Abb. 7 a.). Während der ersten drei Stunden (bis 14.05 Uhr) lagen alle Werte über 50 µmol Photonen m⁻² s⁻¹, später waren sie stets geringer. Die Messung der Primärproduktion erfolgte in diesem Zeitraum abnehmenden Lichtes von 11.50

bis 19.30 Uhr. Auch an Station PS 51-138 wurde die Primärproduktion während der örtlichen Abendstunden gemessen (9.00 bis 17.00 Uhr) (Abb. 7 b.). Die Lichtverhältnisse

sind hier von 10.39 bis 24:00 Uhr dargestellt. Der höchste Wert von $428 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$ wurde um 23.15 Uhr gemessen, zwischen 14.33 und 20.30 Uhr war die PAR geringer als $50 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$. An Station PS 51-104 (Abb. 7 c.) wurde maximale PAR zwischen 800 und $1014 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$ zwischen 7.20 und 8.12 Uhr erreicht, minimale Werte ($<50 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$) zwischen 15.16 und 19.11 Uhr. Die Primärproduktion wurde auf dieser Station zwischen 8.40 Uhr bis 16.30 Uhr gemessen.

An der nördlichen Station PS 51-114 erfolgte die Lichtmessung ebenfalls über 24 Stunden (Abb. 7 d.). Ab 1.09 Uhr stieg die Strahlung über $200 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$

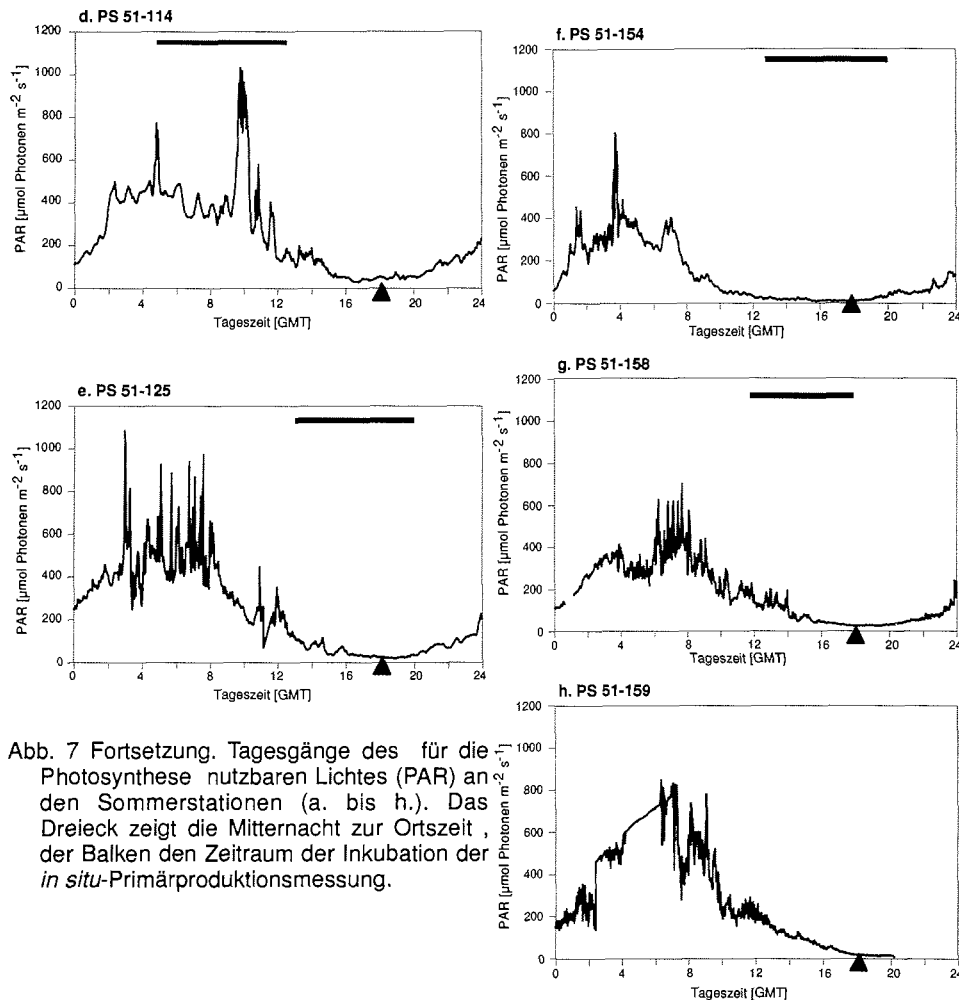


Abb. 7 Fortsetzung. Tagesgänge des für die Photosynthese nutzbaren Lichtes (PAR) an den Sommerstationen (a. bis h.). Das Dreieck zeigt die Mitternacht zur Ortszeit, der Balken den Zeitraum der Inkubation der *in situ*-Primärproduktionsmessung.

und erreichte zwischen 9.40 und 10.10 Uhr Maximalwerte von 800-1019 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Ab 11.52 Uhr wurden bis 23.43 Uhr stets Werte unter 200 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ermittelt. Minimalwerte unter 50 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ waren zwischen 16.13 und 17.51 Uhr meßbar. Der Meßzeitraum für die Primärproduktion umfaßte die örtlichen Mittagsstunden (4.50 –12.30 Uhr). An Station PS 51-125 (Abb. 7 e.) lagen die Werte für die PAR von Tagesbeginn bis 10.10 Uhr stets über 200 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ mit einem Maximalwert von 1088 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ um 2.59 Uhr. Die Primärproduktion wurde an diesem Tag in den örtlichen Abend- und Nachtstunden (13.20 bis 20.00 Uhr) gemessen.

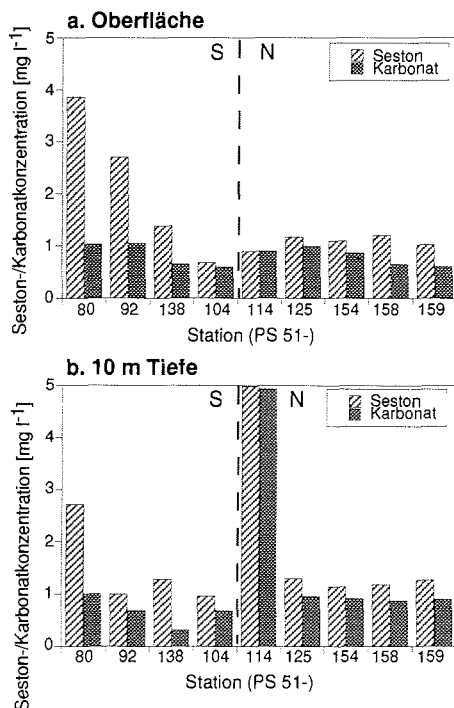
An Station PS 51-154 wurde während der 24-stündigen Messung um 3.44 Uhr eine maximale PAR von 797 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ gemessen (Abb. 7 f.). Zwischen 0.57 und 7.42 Uhr betrug die PAR zumeist mehr als 200 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, sank danach für den Rest des Tages unter diesen Wert. Zwischen 11.03 Uhr und 20.19 Uhr war die PAR geringer als 50 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Die Primärproduktion wurde zwischen 13.10 und 19.50 Uhr, also während der örtlichen Nachtstunden, gemessen. An Station PS 51-158 stieg die PAR ab 0.00 Uhr an und erreichte zwischen 1.36 und 9.40 Uhr stets Werte über 200 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Abb. 7 g.). Zwischen 6.14 und 7.40 Uhr wurden kurzzeitig Werte über 600 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ gemessen (max. 691 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ um 7:40 h). Ab 9.40 Uhr sank die PAR von 200 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ bis sie um 15.17 Uhr stabile Werte unter 50 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ erreichte. Erst nach 22.05 Uhr überschritt die PAR diesen Wert wieder. Die Messung der Primärproduktion erfolgte von 12.10 Uhr bis 18.00 Uhr in den örtlichen Abend- und Nachtstunden. An Station PS 51-159 wurde zwischen 0.00 Uhr und 20.10 Uhr die PAR festgestellt (Abb. 7 h.). Ab 0.33 Uhr stieg die PAR über 200 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, mit maximalen Werten über 800 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (6.29 -7.18 Uhr) und sank erst ab 12.12 Uhr beständig unter diese Marke. Ab diesem Zeitpunkt sanken die Werte und lagen ab 16.33 Uhr bis zum Ende der Messung unter 50 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Die Primärproduktion wurde an dieser Station nicht gemessen.

6.3 Seston

Für die Stationen des Sommers wurde der Seston- und Karbonatgehalt im Pelagial an der Oberfläche und in 10 m Tiefe gemessen (Abb. 8). An der Oberfläche wurden Sestonkonzentrationen zwischen 0,7 und 3,9 mg l^{-1} bei Karbonatgehalten zwischen 0,6 und 1,0 mg l^{-1} festgestellt. Höchste Konzentrationen an Seston wurden an den südlichsten Stationen mit Werten von 3,9 (PS 51-80) und 2,7 mg l^{-1} (PS 51-92) zusammen mit den Maximalwerten für den Karbonatgehalt im Seston (1,0 mg l^{-1}) bestimmt. Der niedrigste Sestongehalt (0,7 mg l^{-1}) und der niedrigste Karbonatgehalt (0,6 mg l^{-1}) wurde an der Station PS 51-104 gemessen. Ähnlich niedrige Karbonatwerte traten an den nordwestlichen Stationen PS 51-158 und-159 auf.

In 10 m Tiefe wurden Konzentrationen für das Seston zwischen 1,0 und 5,0 mg l⁻¹ und für Karbonat zwischen 0,3 und 4,9 mg l⁻¹ gemessen. An der nördlichen Station PS 51-114 wurden die Maximalwerte beider Parameter (5,0 bzw. 4,9 mg l⁻¹) gemessen. Der niedrigste Seston Gehalt (1,0 mg l⁻¹) war an den südlichen Stationen PS 51-92 und -104 feststellbar. An der südlichen Station PS 51-138 war der Karbonatgehalt am geringsten (0,3 mg l⁻¹).

Im Vergleich zwischen der Oberfläche und 10 m Tiefe war auffällig, daß an den südlichen und damit näher am Land gelegenen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) die Sestonkonzentration an der Oberfläche stets höher war als in 10 m Tiefe, beim statistischen Test aller Werte war dieser Unterschied jedoch nicht signifikant (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,5637$). An den nördlichen, landferneren Stationen war mit Ausnahme der Station PS 51-158 dagegen der Seston Gehalt an der Oberfläche immer geringer als der in 10 m Tiefe. Der gleiche Trend ließ sich für den Karbonatgehalt des Sestons beobachten. Auch



hier waren die Oberflächenwerte mit Ausnahme der Station PS 51-104 höher als in 10 m Tiefe. An den nördlichen Stationen war dies umgekehrt.

6.4 Partikulärer organischer Kohlenstoff (POC) und Stickstoff (PON)

Der während der Sommerexpedition gemessene Gehalt an POC und PON wird zunächst für die Oberfläche und eine Tiefe von 10 m dargestellt (Abb. 9 a., und b.). Darauf folgt die Darstellung des Verhältnisses der beiden Parameter als C:N-Verhältnis für die Oberfläche und 10 m Tiefe (Abb. 9 c.).

An der Oberfläche wurden Konzentrationen von 0,04 bis 0,41 mg POC m⁻³ und 0,01 bis 0,05 mg PON m⁻³ gemessen. Der höchste Wert für POC (0,41 mg m⁻³) wurde ebenso wie für PON (0,31 mg m⁻³) an der südlichen Station PS 51-92 bestimmt. An der nördlichen Station PS 51-154 wurden mit 0,04 mg m⁻³ der niedrigste POC-Gehalt und der niedrigste PON-Gehalt (0,01 mg m⁻³) gemessen. Bei der Verteilung der POC-Gehalte zeigten

Abb. 8 Seston Gehalt und Karbonatgehalt im Seston an den Sommerstationen an der a. Oberfläche und in b. 10 m Tiefe. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

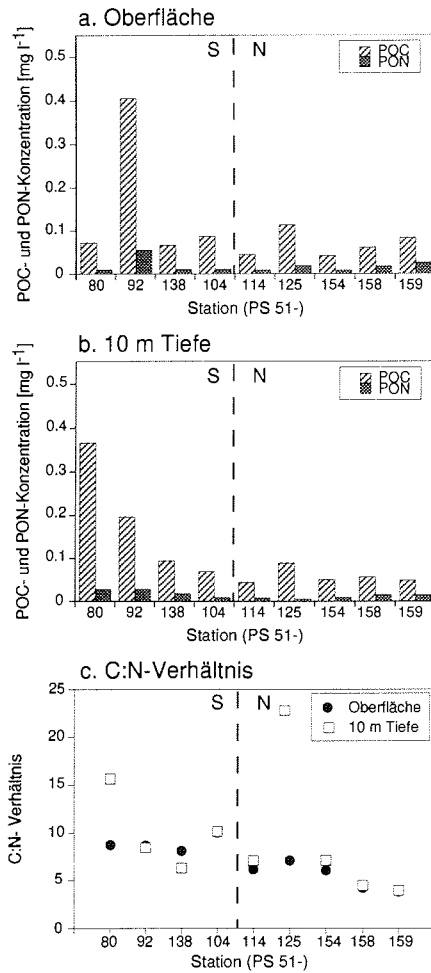


Abb. 9 Gehalt an partikulärem organischen Kohlen- und Stickstoff (POC und PON) an den Sommerstationen an der a. Oberfläche und in b. 10 m Tiefe. Das c. C:N-Verhaltis ist für die Oberfläche und eine Tiefe von 10 m dargestellt. Die südlichen Stationen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

sich keine regionalen Unterschiede, die Konzentrationen an PON waren an den nördlichen Stationen leicht, aber nicht signifikant (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0864$) höher als an den südlichen.

In 10 m Tiefe erreichten die POC-Konzentrationen Werte zwischen 0,04 und 0,36 mg m^{-3} , die PON-Konzentrationen Werte zwischen $<0,01$ und 0,03 mg m^{-3} . Der höchste POC-Wert wurde an der südlichsten Station (PS 51-80; 0,36 mg m^{-3}), der niedrigste an der nördlichen Station (PS 51-114; 0,04 mg m^{-3}) ermittelt. Für PON wurde der Maximalwert an der südlichsten Station (PS 51-80; 0,03 mg m^{-3}) bestimmt. Die geringste PON-Konzentration wurde an der nördlichen Station PS 51-125 ($<0,01 \text{ mg m}^{-3}$) bestimmt. Die POC-Konzentration war an den südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) signifikant höher (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0433$) als an den nördlichen.

Vergleicht man die POC- und PON-Konzentrationen an der Oberfläche mit denen in 10 m Tiefe der jeweiligen Station, zeigten sich keine deutlichen Unterschiede (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,7527$ und $p=0,4268$). Sowohl für POC als für PON

gab es Stationen mit höheren oder niedrigeren Konzentrationen an der Oberfläche im Verhaltis zu denen in 10 m Tiefe.

Die C:N-Verhaltis (Abb. 9 c.) lagen an der Oberfläche zwischen 4 (PS 51-159) und 10 (PS 51-104), in 10 m Tiefe wurden Verhaltis zwischen 4 (PS 51-159) und 23 (PS 51-125) berechnet. An der Oberfläche war das C:N-Verhaltis an den südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104)

stets höher als an den nördlichen Stationen. In 10 m Tiefe war dies nicht zu beobachten. An allen nördlichen Stationen war das C:N-Verhältnis in 10 m Tiefe höher als an der Oberfläche. An den südlichen Stationen traf das für zwei (PS 51-80 und -104) der vier Stationen zu.

6. 5 Zusammensetzung und Konzentration der Phytoplanktonpigmente

Zunächst werden die Ergebnisse der fluorometrischen Chl *a*-Messungen, dann die der HPLC-Analysen vorgestellt und abschließend die mit verschiedenen Methoden bestimmten Chlorophyllkonzentrationen während des Sommers verglichen.

6.5.1 Chlorophyll *a* -Verteilung

Im Frühjahr 1996 wurden Chl *a*-Gehalte von 0,1 (Station LN 13) bis 7,4 mg m⁻³ (LN 22) gemessen (Abb. 10 a. und b.). Die höchsten Werte (> 1,0 mg m⁻³) wurden auf der südlichen Station LN 3 sowie an den weiter nördlich gelegenen Stationen LN 12, LN 16, LN 19, LN 22 und LN 25 ermittelt. An den südlichen Stationen (LN 4 bis LN 11), die mehrfach beprobt wurden, ließ sich über die Zeit (zwischen den einzelnen Probenahmen lagen ein bis zwei Wochen) eine Zunahme um 69 bis 643% des Chl *a*-Gehaltes beobachten. Auf den nördlichen Stationen (LN 20 bis LN 24) war die Entwicklung dagegen nicht eindeutig. An zwei Stationen gab es eine erhebliche (+200 und +143%, LN 20 und LN 23) und an einer Station eine geringe (+29%, LN 21) Erhöhung des Chl *a*-Gehaltes. An Station LN 24 sank die Konzentration um 81%.

Während des Sommers wurden im Untersuchungsgebiet Chl *a*-Gehalte von 0,1 (Station PS 51-138, 20 m) bis 4,4 mg m⁻³ (Station PS 51-80, 5 m) ermittelt (Abb. 10 c.). Die

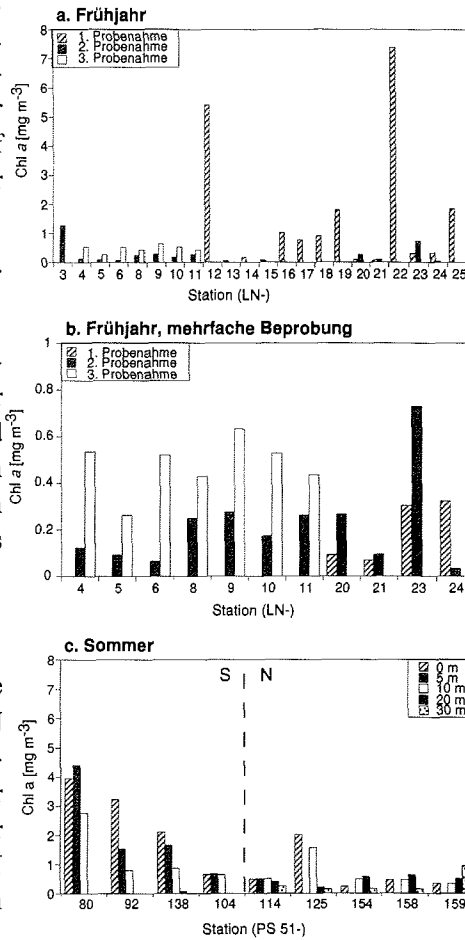


Abb. 10 Chl *a*-Konzentrationen an Stationen a. des Frühjahrs (alle Stationen, 2 -7 m Tiefe), b. an mehrfach beprobten Stationen während des Frühjahrs (andere Skalierung) und c. Sommerstationen über die Tiefen. Die südlichen (S) und nördlichen (N) während des Sommers sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

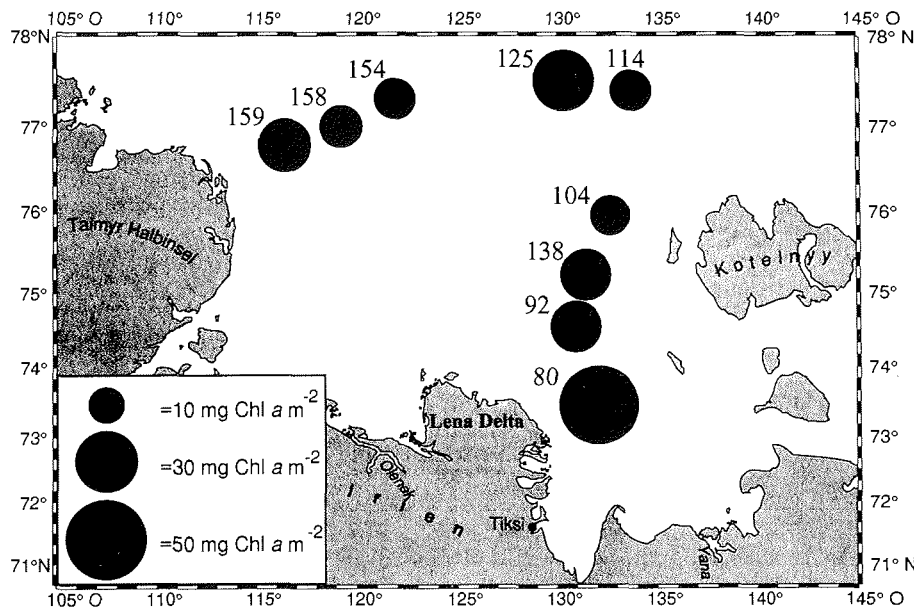


Abb. 11 Integrierte Chl *a*-Konzentrationen an den Sommerstationen. An den Stationen wurde über unterschiedliche Tiefen integriert (s. Text).

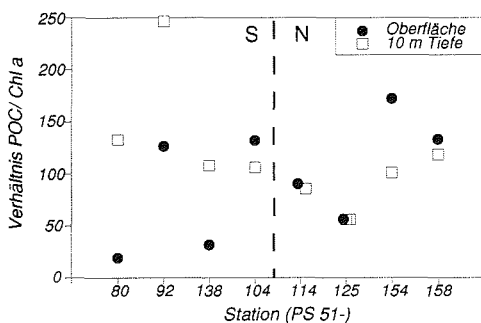


Abb. 12 Verhältnis der Konzentrationen von partikulärem organischen Kohlenstoff (POC) und Chl *a* an der Oberfläche und in 10 m Tiefe im Sommer. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

Konzentrationen waren, obwohl die Maximalwerte im Frühjahr gemessen wurden, insgesamt signifikant höher (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0051$). Werte über $1,0 \text{ mg m}^{-3}$ Chl *a* wurden in unterschiedlichen Tiefen der Stationen PS 51-80, -92, -138 und -125 gemessen. An diesen Stationen wurde mit Ausnahme der Station PS 51-80 die höchste Chl *a*-Konzentration an der Oberfläche beobachtet. An den Stationen PS 51-104 und -114 nahm der Chl *a*-Gehalt mit der Tiefe ab, an den nördlichen Stationen PS 51-154, -158 und -159 waren dagegen sogar bis in 30 m Tiefe höhere Chl *a*-Gehalte als an der Oberfläche zu finden. In 20 m Tiefe wurden die Stationsmaxima der Stationen PS 51-154 und -158 (beide $0,6 \text{ mg m}^{-3}$) gemessen, an Station PS 51-159 sogar in 30 m Tiefe ($1,0 \text{ mg m}^{-3}$).

Zur flächenbezogenen Darstellung wurden die Chl *a*-Werte ($\text{mg Chl } a \text{ m}^{-2}$) integriert (Abb. 11). Bei dieser Darstellung ist zu beachten, daß die Integration stets von der Oberfläche bis zur maximalen Probenahmetiefe, die von der Wassertiefe abhängig war, erfolgte und somit an den Stationen stark variierte. Im Süden wurde der Chl *a*-Gehalt bis zu einer Tiefe von 15 m (PS 51-80, -92 und -104), bzw. 20 m (PS 51-138), im Norden bis zu einer Tiefe von 30 m (PS 51-114, -154 und -158) oder 40 m (PS 51-125 und -159) bestimmt. Im Untersuchungsgebiet wurden an den neun Stationen integrierte Chl *a*-Gehalte von 12,2 (PS 51-104) bis 48,6 mg m^{-2} (PS 51-80) gefunden. Chl *a*-Gehalte über 20 mg m^{-2} kamen an fünf Stationen, drei südlichen (PS 51-80, -92 und -138) und zwei nördlichen (PS 51-125 und -159) vor.

In Abbildung 12 sind die POC/Chl *a*-Verhältnisse für die Proben von der Oberfläche und 10 m Wassertiefe wiedergegeben. An der Oberfläche wurden POC/Chl *a*-Verhältnisse zwischen 19 (PS 51-80) und 172 (PS 51-154), in 10 m Tiefe zwischen 56 (PS 51-125) und 246 (PS 51-92) berechnet. An fünf Stationen war das Verhältnis an der Oberfläche größer als in 10 m Tiefe, an vier Stationen kleiner.

6.5.2 Pigmentbestimmung mit der Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatographie (HPLC)

In den sechs Proben des Frühjahrs wurden mit Hilfe der HPLC sechs Pigmente nachgewiesen (Tabelle 5). Fucoxanthin, Zeaxanthin und Chl *a* kamen in allen Proben, Chl *c* und *c2* in zwei der Proben (LN HS 7 und 10), *b*-Carotene nur in einer der Proben (LN HS

Tab. 5: Pigmentzusammensetzung des Phytoplanktons im Frühjahr (mg m^{-3}). Chl: Chlorophyll, Fuco.: Fucoxanthin, Zeax: Zeaxanthin.

Station (LN-)	Chl <i>a</i>	Chl <i>c</i> + <i>c2</i>	Fuco	Zeax	β -Karotin
HS 7, 5 m	0.135	0.010	0.041	0.003	0.000
HS 10, Oberfl.	0.047	0.003	0.013	0.003	0.004
4 B, 9 m	0.337	0.000	0.048	0.068	0.000
6 B, 9 m	0.042	0.000	0.013	0.011	0.000
9 B, 10 m	0.031	0.000	0.006	0.004	0.000
10 B, 5 m	0.178	0.000	0.044	0.041	0.000

10) vor. Für Chl *a* waren mit 0,337 mg m^{-3} die höchsten Konzentrationen an Station LN 4B festzustellen. Chl *a*-Gehalte über 0,100 mg m^{-3} wurden nur an dieser und den Stationen LN HS 7 und LN 10B gemessen. Für Chl *c* und *c2* wurde eine maximale Konzentrationen von 0,010 an Station LN HS 7 ermittelt. An Station LN 4B erreichten Fucoxanthin (0,048 mg m^{-3}) und Zeaxanthin (0,068 mg m^{-3}) maximale Konzentrationen. An Station LN HS 10 wurden β -Karotin mit einer Konzentration von 0,004 mg m^{-3} bestimmt.

In den Sommerproben wurden insgesamt 13 Pigmente nachgewiesen. Es wurden Chlorophyll *a*, *b*, und *c*, Peridinin, 19'-Butanoyloxyfucoxanthin, Fucoxanthin, Prasinolaxanthin, Violaxanthin, 9'-cis-Neoxanthin, Diadinoxanthin, Alloxanthin, Zeaxanthin und Lutein mit ihren jeweiligen Konzentrationen bestimmt (Tabelle 6). Die Chlorophyll *a*, *b* und *c* waren in allen Proben zu finden. Die höchsten Gesamtchlorophyllkonzentrationen waren an den südlichen Stationen PS 51-80 und -92 mit maximal 3,698 mg m⁻³ festzustellen. Der Hauptanteil des Chlorophylls fiel in allen Proben auf das Chl *a*, in einer Probe (PS 51-158, Oberfläche) erreichte Chl *b* jedoch einen Anteil von 38,3% am Gesamtchlorophyll. Peridinin wurde an vier Stationen (PS 51-125, -138, -154 und -158) mit Konzentrationen bis zu 0,355 mg m⁻³ gefunden. 19'-Butanoyloxyfucoxanthin konnte nur an Station PS 51-114 mit einer maximalen Konzentration (0,022 mg m⁻³) in 10 m Tiefe bestimmt werden. Fucoxanthin wurde an allen Stationen und mit höchsten Konzentrationen an den südlichen Stationen PS 51-80 und -92 gefunden. Maximal wurden 0,546 mg m⁻³ an der Oberfläche der Station PS 51-92 gemessen. Prasinolaxanthin war nur an der Station PS 51-114 mit maximal 0,044 mg m⁻³ zu finden. Violaxanthin dagegen wurde auf fünf Stationen im östlichen Untersuchungsgebiet (PS 51-80, -92, -114, -125 und 138) mit maximal 0,067 mg m⁻³ (PS 51-

Tab. 6: Pigmentzusammensetzung des Phytoplanktons im Sommer(mg m⁻³)

Chl: Chlorophyll, 19-But: 19'-Butanoyloxyfucoxanthin, Pras: Prasinolaxanthin, Viol: Violaxanthin, Neox: 9'-cis-Neoxanthin, Diad: Diadinoxanthin, Allox: Alloxanthin, Zex: Zeaxanthin.

Station (PS 51-)	Tiefe	Chl a	Chl b	Chl c+c2	Peridinin	19-But	Fuco	Pras	Viol	Neox	Diad	Allox	Zeax	Lutein
80	0	2.701	0.676	0.321	0.000	0.000	0.310	0.000	0.053	0.054	0.061	0.071	0.018	0.099
80	5	2.673	0.607	0.351	0.000	0.000	0.414	0.000	0.067	0.066	0.086	0.086	0.024	0.108
92	0	2.197	0.187	0.257	0.000	0.000	0.546	0.000	0.056	0.019	0.078	0.055	0.017	0.048
92	5	1.226	0.115	0.133	0.000	0.000	0.309	0.000	0.034	0.014	0.039	0.018	0.010	0.023
104	0	0.203	0.000	0.030	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000
104	5	0.247	0.000	0.037	0.000	0.000	0.110	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000
114	0	0.243	0.101	0.019	0.000	0.018	0.012	0.044	0.010	0.015	0.000	0.000	0.005	0.002
114	5	0.258	0.096	0.018	0.000	0.022	0.020	0.044	0.011	0.016	0.000	0.000	0.006	0.001
125	0	0.842	0.055	0.183	0.355	0.000	0.067	0.000	0.017	0.000	0.098	0.005	0.002	0.002
125	10	0.490	0.027	0.103	0.175	0.000	0.058	0.000	0.009	0.000	0.057	0.003	0.000	0.000
138	0	0.637	0.079	0.067	0.042	0.000	0.095	0.000	0.018	0.000	0.020	0.013	0.000	0.011
138	5	0.641	0.074	0.065	0.047	0.000	0.093	0.000	0.018	0.000	0.022	0.013	0.000	0.010
154	0	0.109	0.026	0.007	0.010	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.002
154	10	0.232	0.059	0.023	0.011	0.000	0.066	0.000	0.000	0.000	0.008	0.003	0.000	0.003
158	0	0.092	0.067	0.010	0.015	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.003
158	10	0.243	0.085	0.018	0.012	0.000	0.040	0.000	0.000	0.000	0.009	0.002	0.000	0.004
159	0	0.103	0.015	0.020	0.000	0.000	0.041	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.002
159	10	0.031	0.000	0.004	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000

80, 5 m) gemessen. Das Pigment 9'-cis-Neoxanthin war auf drei Stationen (PS 51-80, -92 und -114) mit maximal 0,066 mg m⁻³ vorhanden. Diadinoxanthin wurde auf allen Stationen mit Ausnahme der Station PS 51-114 gemessen. Eine maximale Konzentration von 0,098 mg m⁻³ wurde an der Oberfläche von PS 51-125 festgestellt. Für Alloxanthin, das an sechs Stationen (PS 51-80, -92, -125, -138, -154 und -158) vorkam, wurde eine maximale Konzentration von 0,086 mg m⁻³ (PS 51-80, 5 m) ermittelt. Zeaxanthin wurde in sieben Proben der Stationen PS 51-80, -92, -114 und -125 mit maximal 0,024 mg m⁻³

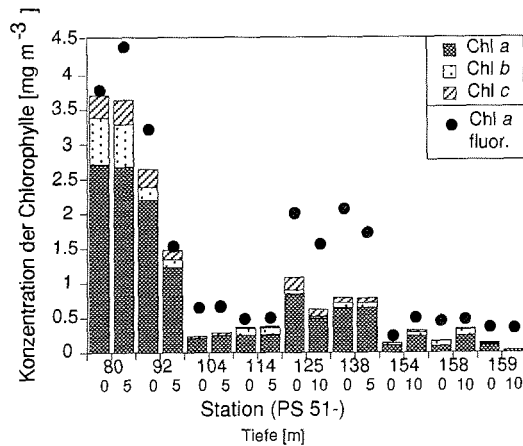


Abb. 13 Zusammensetzung des mit der HPLC-Analyse bestimmten Chlorophylls (Säulen) während des Sommers. Zum Vergleich sind die fluorometrisch bestimmten Chl *a*-Konzentrationen (Punkte) eingetragen.

³ bestimmt. Lutein war in fast allen Proben vorhanden und fehlte lediglich in den Proben der Station PS 51-104 sowie in 10 m Tiefe an der Station PS 51-125.

Die Verteilung der Chlorophylle *a*, *b* und *c* ist für die Sommerproben in Abbildung 13 wiedergegeben, die fluorometrisch bestimmten Chl *a*-Konzentrationen sind zusätzlich eingetragen. Generell waren die fluorometrisch bestimmten Chl *a*-Konzentrationen höher als die Gesamtmenge der mittels HPLC bestimmten Chlorophylle. Durchschnittlich wurden 117% mehr Chlorophyll mit der fluorometrischen Methode gemessen, im Extremfall 874%. Die Zusammensetzung der Chlorophylle zeigt deutlich die Dominanz von Chl *a*. An einigen Stationen wurden jedoch auch hohe Anteile an Chl *b* und *c* gemessen.

6.6 Quantitative mikroskopische Analyse der Wasserproben

Zunächst werden alle während der drei Jahreszeiten identifizierten Phytoplanktonarten und -taxa, sowie die in einigen Neueisproben des Herbstes qualitativ erfassten Eisalgen vorgestellt. Daran schließt sich die Darstellung der Verteilung einzelner Diatomeen, Dinoflagellaten und Chrysophyceen im Untersuchungsgebiet während der drei Jahreszeiten an. Abschließend werden die Abundanzen der Phytoplankter in Größenklassen, bzw. als Großtaxa präsentiert.

6.6.1 Vorkommende Mikroalgentaxa im Laptevmeer

Bei der lichtmikroskopischen Analyse der Wasser- und Handnetzproben sowie der ergänzenden Identifikation am Rasterelektronenmikroskop wurden insgesamt 94 Phytoplankton- und Eisalgentaxa unterschieden (Tabelle 7).

Bei Diatomeen konnten 59 Taxa unterschieden werden. Dinoflagellaten wurden mit 24

Tabelle 7: Vorkommen und ökologische Einstufung der Phytoplanktontaxa zu den verschiedenen Jahreszeiten. E: euryhaline Art, M: marine Art, N: neritische Art, S: Süßwasserart; A: arktische Art, B-boreale Art, P: Bipolare Art, K: kosmopolitische Art, T: tropische Art, X: intakte Zellen, O: häufig vorkommende leere Diatomeenschalen.

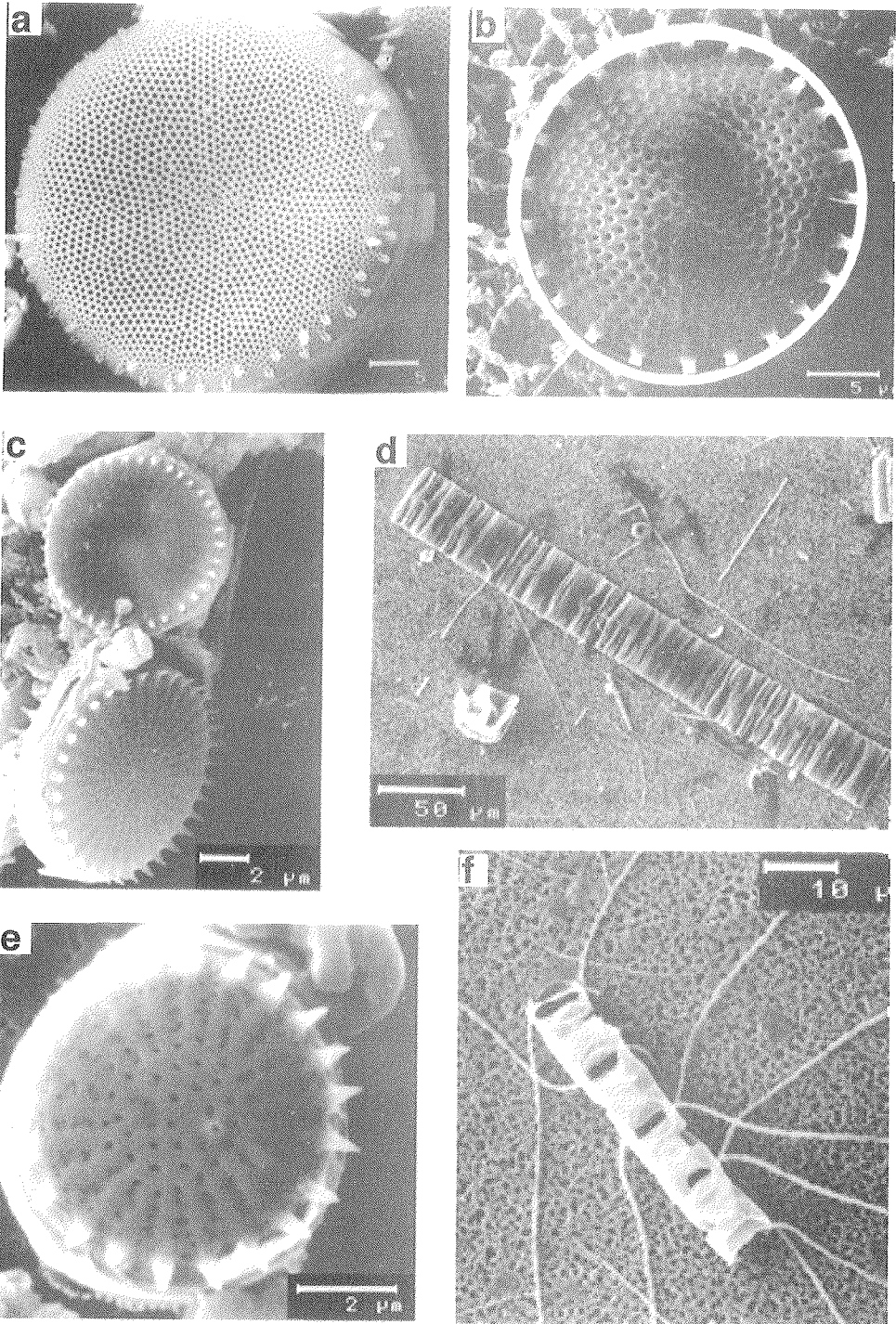
Art/Taxon	Ökologie	Verbreitung	Frühjahr	Sommer	Herbst (Wasser)	Herbst (Eis)
Bacillariophyceae						
<i>Achnanthes taeniata</i> Grun. in Cl. et Grun.	E, M-N	A-B	x	x	x	
<i>Amphora laevis</i> Greg. var. <i>laevis</i> (Greg.) Cl.	E, M-N	A-B				x
<i>Asterionella formosa</i> Hass.	S	K	x	x	x	O
<i>Attheya septentrionalis</i> (Oestr.) Crawford	E, N	A-B	x	x	x	x
<i>Aulacosira</i> spp.	S	-	x	x	x	O
<i>Bacterosira fragilis</i> Gran	N	A-B		x		
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cl.) Hendeby	N	T-B			x	
<i>Chaetoceros concavicornis</i> Mangin	M	A-B		x	x	
<i>C. convolutus</i> Castracane	M-N	K		x		
<i>C. diadema</i> (Ehr.) Gran	E, N	A-B			x	
<i>C. diadema</i> - Sporen	-	-			x	
<i>C. furcellatus</i> - Sporen	N	A-B		x		x
<i>C. holsaticus</i> Schütt	E, N	A-B	x	x	x	
<i>C. c.f. holsaticus</i> - Sporen	N	A-B			x	
<i>C. mitra</i> (Bailey) Cl.	-	-		x		
<i>C. socialis</i> Lauder	E, N	K		x		
<i>C. wighamii</i> Bright.	E, N	A-B			x	x
<i>Chaetoceros</i> spp.	-	-	x	x	x	
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> Ehr.	M	K	x	x	x	
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reimann et Lewin	E, N	K	x		x	x
<i>Cymbella</i> sp.	S	-	x			
<i>Detonula confervacea</i> (Cl.) Gran	N	A-B		x		
<i>Diploneis</i> sp.	-	-				O
<i>Entomoneis kjellmanii</i> Cl. in Cl. et Grun.	M	A-B	x	x		x
<i>E. kryophila</i> (Cl.) Okol.	-	A-B				x
<i>Eucampia groenlandica</i> Cl.	N	A-B			x	
<i>Fallacia forcipata</i> (Grev.) A.J. Strickle et D.G. Mann in Round et al. var. <i>densestriata</i> A.S.	M	K			x	
<i>Fragilariopsis cylindrus</i> (Grun.) Krieger	(E),M	P	x	x	x	
<i>Gyrosigma concilians</i> (Cl.) Okol. var. <i>constricta</i> Okol.	N	A-B	x		x	
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cl.	E, N	K	x	x		
<i>Melosira arctica</i> (Ehr.) Dickie	E, N	A-B	x	x		x
<i>Melosira varians</i> C. A. Ag	S	-	x			
<i>Navicula directa</i> (W.Sm.) Ralfs in Pritchard var. <i>directa</i>	M	B	x	x		x
<i>N. pelagica</i> Cl.	E, N	A-B	x		x	x / O
<i>N. septentrionalis</i> (Grun.) Gran	E, N	A-B				x
<i>N. superba</i> Cl. var. <i>superba</i>	M	A-B	x		x	
<i>N. valida</i> Cl. et Grun. var. <i>minuta</i> Cl.	M	A-B			x	
<i>N. vanhoeffenii</i> Gran	E, M-N	A-B		x		
<i>Navicula</i> spp.	-	-	x	x		O
<i>Nitzschia frigida</i> Grun. in Cl. et Grun.	E, N	A-B	x	x	x	x/O
<i>N. laevis</i> (Grun. in Cl. et Möller) Grun.	M	A-B	x			x
<i>N. neofrigida</i> Medlin in Medlin et Hasle	N	A-B	x		x	
<i>N. scabra</i> Cl.	M	A-B				x
<i>Pseudo-nitzschia cf. delicatissima</i> (Cl.) Heiden in Heiden et Kolbe	M	A-B			x	
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cl.) H. Perag. In H. et M. Perag.	E, N	A-B	x	x	x	
<i>Nitzschia</i> spp.	-	-	x	x	x	
<i>Pinnularia quadratarea</i> (A.S.) Cl.	M	A-B	x			O
<i>Porosira c.f. glacialis</i> (Grun.) Jörg.	N	K			x	
<i>Pseudogomphonema arcticum</i> (Grun.) Medlin	Epiphyt	A-B	x		x	x
<i>P. groenlandicum</i> (Oestr.) Medlin	Epiphyt	A-B	x			x
<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey	M	A-B			x	
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cl.	N	K			x	
<i>Synedropsis hyperborea</i> (Grun.) Hasle et al. var. <i>rostellata</i> Grun.	-	-				x
<i>Thalassionema</i> spp.	-	-	x	x	x	
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (Schmidt) Fryxell et Hasle	N	A-B		x		
<i>T. gravida</i> Cl./ <i>antarctica</i> Comber	M-N	K		x	x	
<i>T. c.f. hyperborea</i> (Grun.) Hasle	E, N	A-B			x	
<i>T. nordenskiöldii</i> Cl.	E, N	A-B		x	x	
<i>Thalassiosira</i> spp.	-	-	x	x	x	O
<i>Thalassiosira</i> spp.-Sporen	-	-			x	
zentrische Diatomeen, unident.	-	-	x	x	x	
pennate Diatomeen, unident.	-	-	x	x	x	O

Tab. 7: Fortsetzung

Art/Taxon	Ökologie	Ver- breitung	Frühjahr	Sommer	Herbst (Wasser)	Herbst (Eis)
Dinophyceae						
<i>Amylax triacantha</i> (Jörg.) Sournia	N	A-B			x	
theKate Dinoflagellaten	-	-		x	x	x
atheKate Dinoflagellaten	-	-	x	x		x
<i>Dinophysis acuta</i> Ehr.	M	P			x	
<i>D. rotundata</i> Clap. et Lachmann	M	K	x	x	x	
<i>Dinophysis</i> spp.	-	-	x			x
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>wulffii</i> Schiller	N	A-B-T	x	x	x	
<i>Gymnodinium</i> spp.	-	-				x
<i>Gyrodinium</i> cf. <i>greenlandicum</i> Braarud	-	A-B		x		
<i>Gyrodinium</i> spp.	-	-	x		x	
<i>Helgolandinium subglobosum</i> von Stosch	-	A-B			x	x
<i>Peridiniella catenata</i> (Levander) Balech	N	A-B	x	x	x	
<i>P. danica</i> (Paulsen) Okolodkov et Dodge	-	A-B		x		
<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen) Balech	N	A-B		x	x	
<i>P. brevipes</i> (Paulsen) Balech	N	K		x	x	
<i>P. curvipes</i> (Ostenfeld) Balech	N	A-B	x	x	x	
<i>P. depressum</i> (Bailey) Balech	M	K			x	
<i>P. granii</i> (Ostenfeld) Balech	N	K			x	
<i>P. leonis</i> (Pavillard) Balech	N	K	x	x	x	
<i>P. pallidum</i> (Ostenfeld) Balech	M-N	K				x
<i>P. pellucidum</i> Bergh	N	K	x		x	
<i>P. steinii</i> (Jørgensen) Balech	N	K	x	x	x	
<i>Protoperidinium</i> spp.	-	-	x		x	
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Steidinger et Balech	N	A-B			x	
Chrysophyceae						
<i>Dinobryon balticum</i> (Schött) Lemmermann	M	A-B	x	x	x	
<i>Dityocha speculum</i> (Ehr.) Haeckel	E, N	K		x	x	
Chrysophyceen-Zyste, unident.	-	-	x	x	x	
Ebriaceae						
<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemm.	M	A-B	x	x		
Prymnesiophyceae						
<i>Phaeocystis pouchetii</i>	M	K		x	x	
Prasinophyceae						
<i>Pyramimonas</i> sp.	-	-			x	
Chlorophyceae						
<i>Chlamydomonas</i> spp.	S	-				x
<i>Monoraphidium</i> spp.	S	-	x	x	x	
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>longicorne</i> Reinsch	S	A-B	x	x		
<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen	S	A-B	x	x	x	
<i>S. quadricauda</i> (Turpin) Bréb. et Goday	S	A-B	x	x	x	
unident. Flagellaten ≤15 µm			x	x	x	x
unident. Zellen			x	x		x
Cyanophyceen	S- (M)	-	x	x		

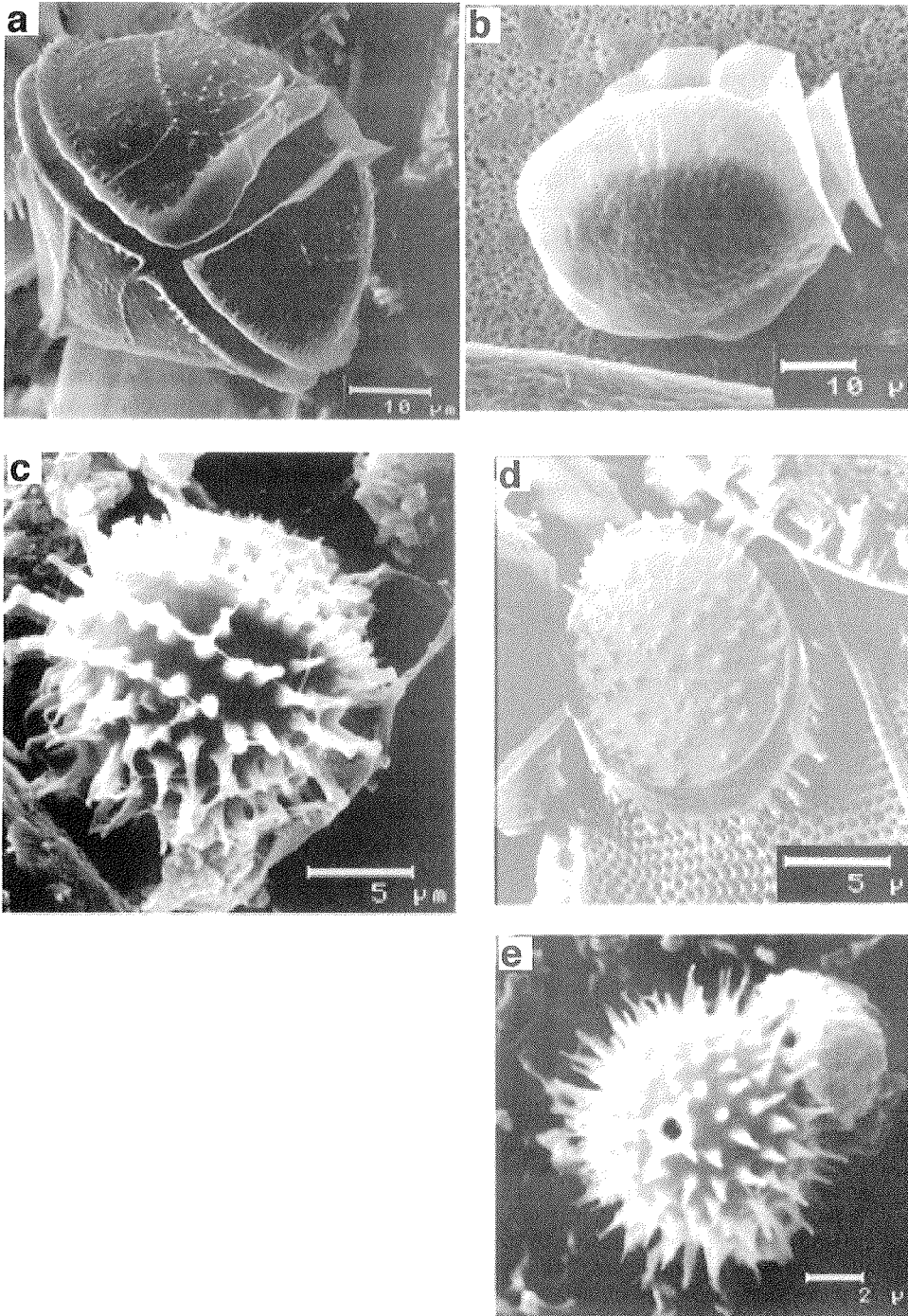
Phototafel I: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Diatomeen aus dem Laptevmeer.

- a. *Thalassiosira gravida*
- b. *Thalassiosira hyperborea*
- c. *Thalassiosira nordenskiöldii*
- d. *Achnanthes taeniata*
- e. *Detonula confervacea*
- f. *Chaetoceros* sp.



Phototafel II: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Dinoflagellaten und Diatomeen- und Chrysophyceendauerstadien aus dem Laptevmeer.

- a. *Protoperidinium pellucidum*
- b. *Dinophysis* sp.
- c. Diatomeen-Spore
- d. Diatomeen-Spore
- e. Chrysophyceen-Zyste



Taxa im Untersuchungsgebiet gefunden. Zusätzlich wurden 5 Chloro- und 3 Chrysophyceentaxa, sowie die Ebriophyce *Ebria tripartita*, die Prasinophycee *Pyramimonas* sp. und die Prymnesiophyce *Phaeocystis pouchetii* identifiziert. Die Gruppe der kleineren Flagellaten ($\leq 15 \mu\text{m}$) wurde taxonomisch nicht behandelt und wird in dieser Tabelle nur als Gesamtgruppe aufgeführt. Die meisten (46%) der identifizierten Taxa sind als neritisch beschrieben und haben ein arktisch-boreales (49%) Verbreitungsgebiet. Insgesamt wurden acht (9%) Süßwassertaxa (Chlorophyceen und Diatomeen) nachgewiesen. Bei den Dinoflagellaten waren deutlich mehr Kosmopoliten

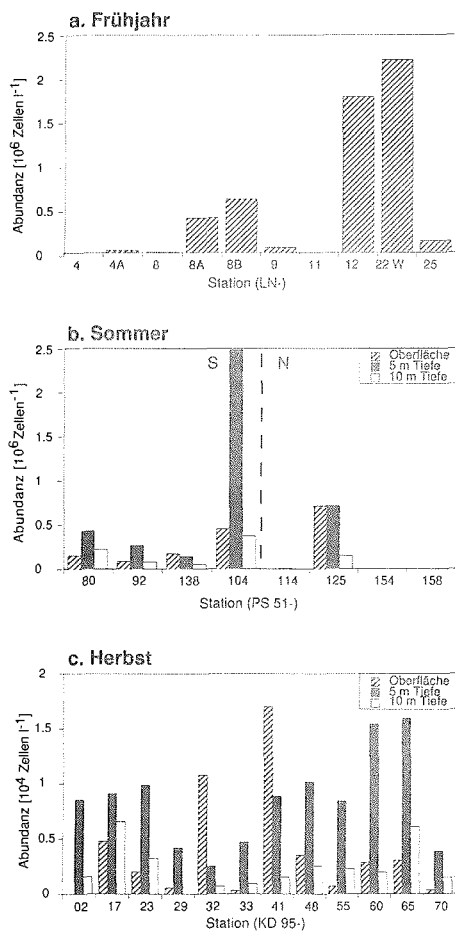


Abb. 14 Abundanz aller Phytoplankter $>15 \mu\text{m}$ an den Stationen im a. Frühjahr, und für die Tiefen im b. Sommer und c. Herbst. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) des Sommers sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

(36% der Dinophyceentaxa) als bei den anderen Taxa zu finden (19%). Die Rasterelektronenmikroskopie wurde eingesetzt, um einzelne dominante Arten, deren Bestimmungsmerkmale lichtmikroskopisch nicht sichtbar sind, bestimmen zu können. Zur Dokumentation sind zwei Phototafeln (I und II) mit zentrischen und pennaten Diatomeen sowie Dinoflagellaten und Mikroalgendauerstadien beigelegt.

6.6.2 Saisonale und regionale Verteilung der Phytoplankter nach Größenklassen

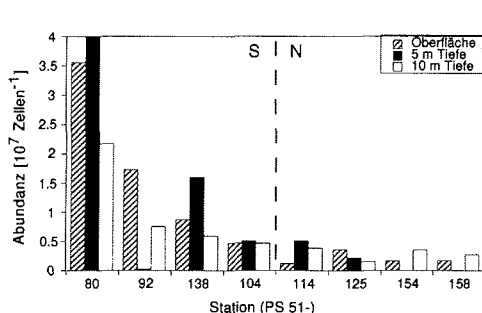
Die Abundanzen der größeren ($>15 \mu\text{m}$) Phytoplankter sind für die Stationen der drei Expeditionen dargestellt (Abb. 14). Die Verteilung der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ ist nur für die Sommerstationen abgebildet (Abb. 15), da in den Frühjahrs- und in vielen der Herbstproben eine Zählung wegen der vielen Sedimentpartikel nicht möglich war. Die Frühjahrsproben stammten aus einer Wassertiefe von drei bis 5 m unter dem Eis, für den Sommer und Herbst sind die Ergebnisse der meisten Stationen für drei Tiefen (Oberfläche, 5 m und 10 m) dargestellt. An den Sommerstationen PS 51-154 und -158 erfolgte in 5 m Tiefe keine Probenahme. Im Herbst konnte an Station

KD 95-02 die Oberfläche nicht beprobt werden.

Phytoplankter >15 µm

Im Untersuchungsgebiet kamen Phytoplankter >15 µm während der drei Expeditionen mit Abundanzen bis zu $2,5 \cdot 10^6$ Zellen l^{-1} (PS 51-104, 5 m) vor (Abb. 14). An einigen Stationen waren diese Phytoplankter rar (< 1000 Zellen l^{-1}) oder wurden gar nicht beobachtet. Abundanzen über 10^4 Zellen l^{-1} kamen zu allen Jahreszeiten vor, wobei die höchsten Zellzahlen während des Sommers beobachtet wurden. Im Sommer wurden auf den östlichen Stationen PS 51-104 auf dem Schelf und -125 an der Schelfkante Phytoplanktonblüten beobachtet, an der Schelfstation durch die Diatomeen *Pseudo-nitzschia seriata* und *Fragilariopsis cylindrus*, begleitet von hohen Zellzahlen der Prymnesiophyceae *Phaeocystis pouchetii*, die in den fixierten Proben als Einzelzellen, aber bei Lebendbeobachtungen an Bord als Kolonien vorkamen. An der Schelfkante kam es zum Massenaufreten athekater photoautotropher Dinoflagellaten, vorwiegend *Gyrodinium cf. grenlandicum* und anderer nicht weiter identifizierter Arten.

Im Frühjahr traten die Phytoplankter >15 µm in Abundanzen von 80 (LN 11) bis $1,6 \cdot 10^6$ Zellen l^{-1} (LN 22W) auf (Abb. 14 a.). An den drei nördlichen Stationen (LN 12, LN 22W und LN 25) und an Station LN 8 während der zweiten und dritten Beprobung kamen Abundanzen über 10^5 Zellen l^{-1} vor. Im Sommer wurden Abundanzen von 312 (PS 51-114, Oberfläche) bis $2,5 \cdot 10^6$ Zellen l^{-1} (PS 51-104, 5 m) gefunden (Abb. 14 b.). In allen Proben der südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) sowie der nördlichen Station PS 51-125 wurden mehr als 10^5 Zellen l^{-1} gezählt, mit höchsten Werten an der Oberfläche und in 5 m Tiefe. In 10 m Tiefe waren stets weniger Zellen als in 5 m Tiefe zu finden. An den drei verbleibenden nördlichen Stationen wurden bis zu $1,5 \cdot 10^4$ Zellen l^{-1} (PS 51-158, Oberfläche) beobachtet. In den Herbstproben kamen größere Phytoplankter mit Abundanzen bis zu $1,7 \cdot 10^4$ Zellen l^{-1} (KD 95-41, Oberfläche) vor (Abb. 14 c.). In einer Probe (KD 95-29, 10 m) wurden keine größeren Zellen gezählt und waren in der Handnetzprobe dieser Station ebenfalls rar. An 83% der Stationen wurden die höchsten Abundanzen jeweils in 5 m Tiefe gefunden. Nur an zwei südlichen Stationen (KD 95-32 und -41) waren an der Oberfläche die meisten Zellen zu finden.

Phytoplankter ≤ 15 µm

Während des Sommers kamen kleinere Phytoplankter (≤ 15 µm) mit bis zu $1,9 \cdot 10^9$ Zellen l^{-1} (PS 51-80, 5 m) im Untersuchungsgebiet vor (Abb. 15). Die Abundanzen in allen Tiefen der südlichsten

Abb. 15 Abundanz der Phytoplankter ≤ 15 µm im Sommer. Die südlichen Stationen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

Station (PS 51-80) waren weit höher als an den übrigen Stationen. Minimal wurden $2,6 \cdot 10^5$ Zellen l^{-1} (PS 51-92, 5 m) gefunden. An den südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) lagen mit Ausnahme der 5 m-Probe der Station PS 51-92 die Abundanz mit Werten $> 4 \cdot 10^6$ Zellen l^{-1} deutlich höher als an den nördlichen Stationen. Hier wurden nur an der Station PS 51-114 in 5 m Tiefe mehr als $4 \cdot 10^6$ Zellen l^{-1} ermittelt.

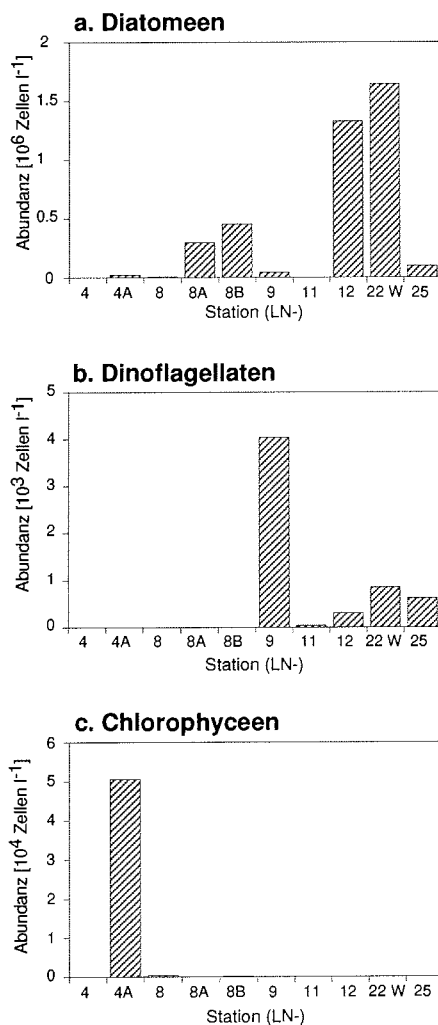


Abb. 16 Abundanz der a. Diatomeen, b. Dinoflagellaten und c. Chlorophyceen an zwei nördlichen Stationen (LN 4 und LN 8) während des Frühjahrs. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten.

6.6.3 Saisonale und regionale Verteilung der Phytoplanktongroßtaxa

Diatomeen und Dinoflagellaten

Zu allen Jahreszeiten wurden Diatomeen und Dinoflagellaten in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes gefunden (Abb. 16 bis 18). Diatomeen wurden mit Abundanz bis zu $2,5 \cdot 10^6$ Zellen l^{-1} (PS 51-104, 5 m), Dinoflagellaten mit bis zu $7,2 \cdot 10^5$ Zellen l^{-1} (PS 51-125, Oberfläche) bestimmt. Während Diatomeen auf allen Stationen der drei Expeditionen präsent waren, kamen Dinoflagellaten im Frühjahr an den Stationen LN 4 und LN 8 nicht vor. Für Diatomeen wurden die höchsten Abundanz im Frühjahr und Sommer bestimmt, im Herbst waren die Abundanz um mindestens zwei Größenordnungen niedriger als das Maximum während des Sommers. Dinoflagellaten erreichten zwar während einer Blüte im Sommer die höchste Abundanz, waren im allgemeinen aber während des Herbstes genauso abundant (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,6404$). Im Frühjahr waren sie im Vergleich zu den anderen Jahreszeiten nur wenig abundant.

Im Frühjahr wurden für die Diatomeen Abundanz bis zu $1,6 \cdot 10^6$ Zellen l^{-1} (LN 22W) ermittelt (Abb. 16 a.). An zwei nördlichen Stationen (LN 12 und LN 22W) und der Station LN 8 (zweite und dritte Beprobung) wurden mit Abundanz $> 3,0 \cdot 10^5$ Zellen l^{-1} die meisten Diatomeen

gezählt. Dinoflagellaten kamen mit weit geringeren Zellzahlen in fünf der zehn Proben (LN 9, LN 11, LN 12, LN 22W und LN 25) mit bis zu 4040 Zellen l^{-1} (LN 9) vor (Abb. 16 b.).

Während des Sommers waren Diatomeen vor allem auf den südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) mit bis zu $2,5 \cdot 10^6$ Zellen l^{-1} (PS 104, 5 m) präsent (Abb. 17 a.-c.). An den nördlichen Stationen wurden maximal $1,0 \cdot 10^4$ Zellen l^{-1} (PS 51-114, 10 m) ermittelt. Dinoflagellaten dagegen waren während des Sommers mit Abundanzen >1000

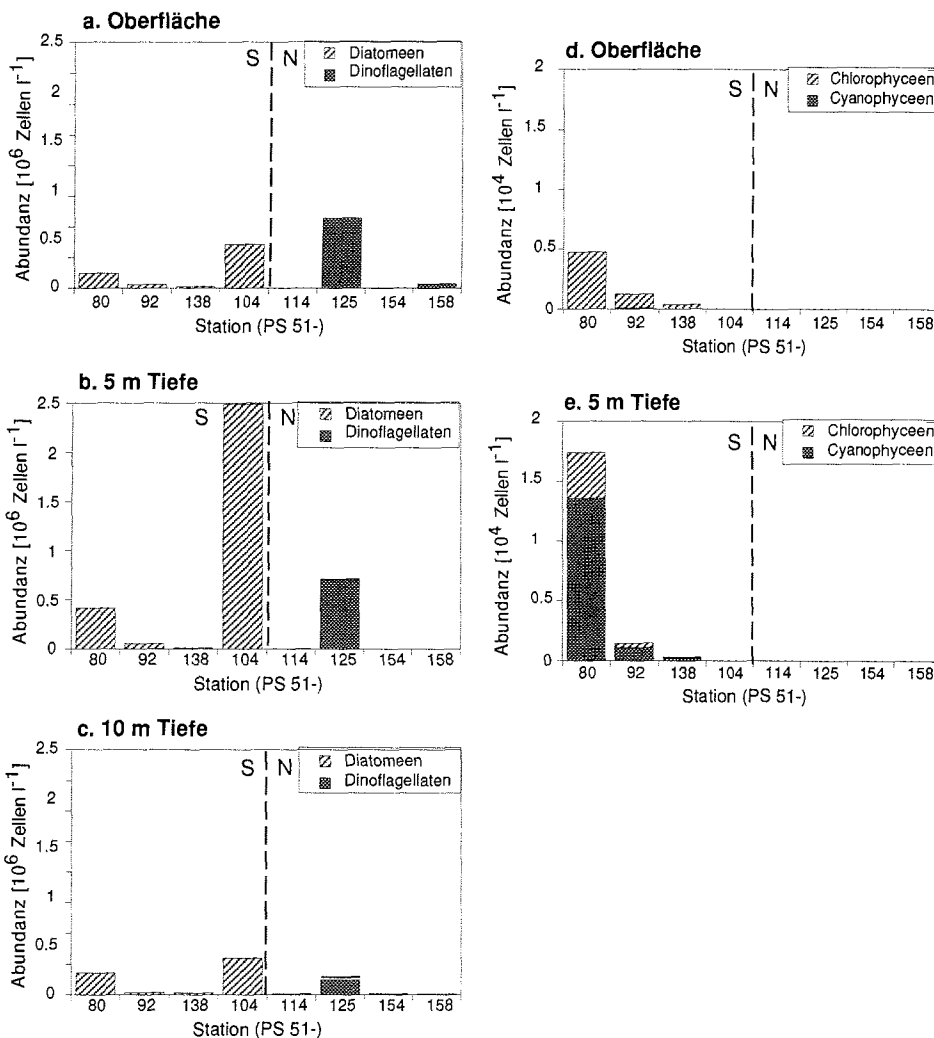
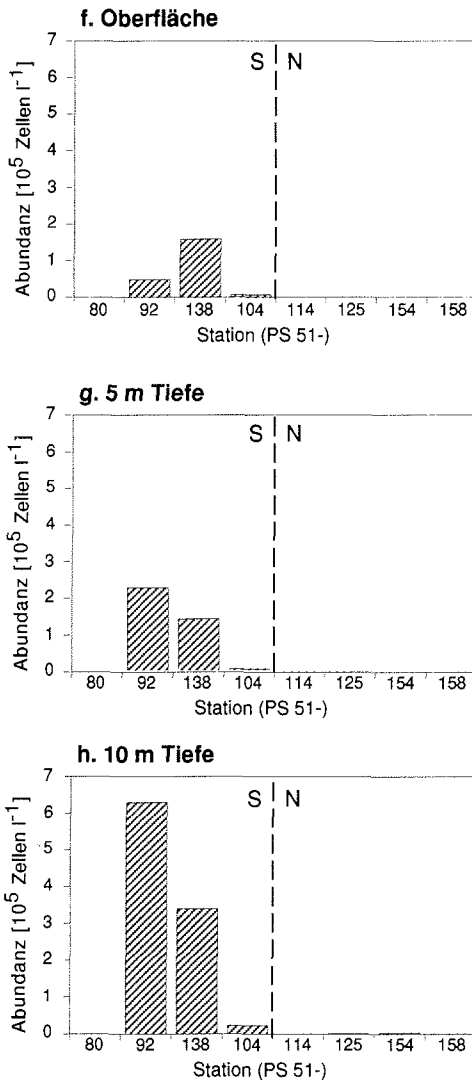


Abb. 17 Abundanz der a.-c. Diatomeen und Dinoflagellaten, d.-e. Chloro- und Cyanophyceen an der Oberfläche und in 5 und 10 m Tiefe während des Sommers. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.



Zellen l^{-1} nur auf den nördlichen Stationen PS 51-125 und -158 bis in 10 m Tiefe und an der südlichen Station PS 51-92 (Oberfläche und 5 m) zu finden. Auf der Station PS 51-125 wurden in allen Tiefen hohe Abundanzen beobachtet, maximal wurden hier $7,2 \cdot 10^5$ Dinoflagellaten l^{-1} an der Oberfläche festgestellt. Im Herbst kamen sowohl Diatomeen als auch Dinoflagellaten an allen Stationen vor (Abb. 18 a.-c.). Diatomeen erreichten an der Oberfläche zweier südlicher Stationen (KD 95-32 und -41) hohe Abundanzen ($>1,0 \cdot 10^4$ Zellen l^{-1}) mit einem Maximalwert von $1,4 \cdot 10^4$ Zellen l^{-1} (KD 95-41). In allen anderen Proben waren stets weniger als 5000 Diatomeen l^{-1} vorhanden. An allen Stationen erreichten Dinoflagellaten in 5 m Tiefe die höchsten Abundanzen. Die meisten Dinoflagellaten wurden in dieser Tiefe an Station KD 95-60 nördlich des Lena-Deltas mit $1,4 \cdot 10^4$ Zellen l^{-1} ermittelt. In sieben der zwölf Proben aus 5 m Tiefe wurden Abundanzen >5000 Zellen l^{-1} beobachtet. An der Oberfläche wurden maximal 3278 Zellen l^{-1} (KD 95-41), in 10 m Tiefe maximal 3354 Zellen l^{-1} (KD 95-17) gefunden.

Chloro- und Cyanophyceen

Abb. 17 Fortsetzung. Abundanz der a.-c. Chlorophyceen wurden auf allen Diatomeen und Dinoflagellaten, d.-e. Chloro- und Cyanophyceen sowie f.-h. Chrysophyceen an der Oberfläche und in 5 und 10 m Tiefe während des Sommers. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten. Die südlichen Stationen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

Chlorophyceen wurden auf allen Expeditionen, kettenbildende Cyanophyceen nur während der Sommerexpedition an mehreren Stationen beobachtet (Abb. 16 c., 17 d.-h. und 18 d.-i.). Chlorophyceen kamen an zwei Frühjahrs-, drei Sommer- und sechs Herbststationen jeweils im Mündungsbereich der Flüsse mit Abundanzen bis zu $5,1 \cdot 10^4$ Zellen l^{-1} (LN 4A) vor. Im Frühjahr wurden sie nur

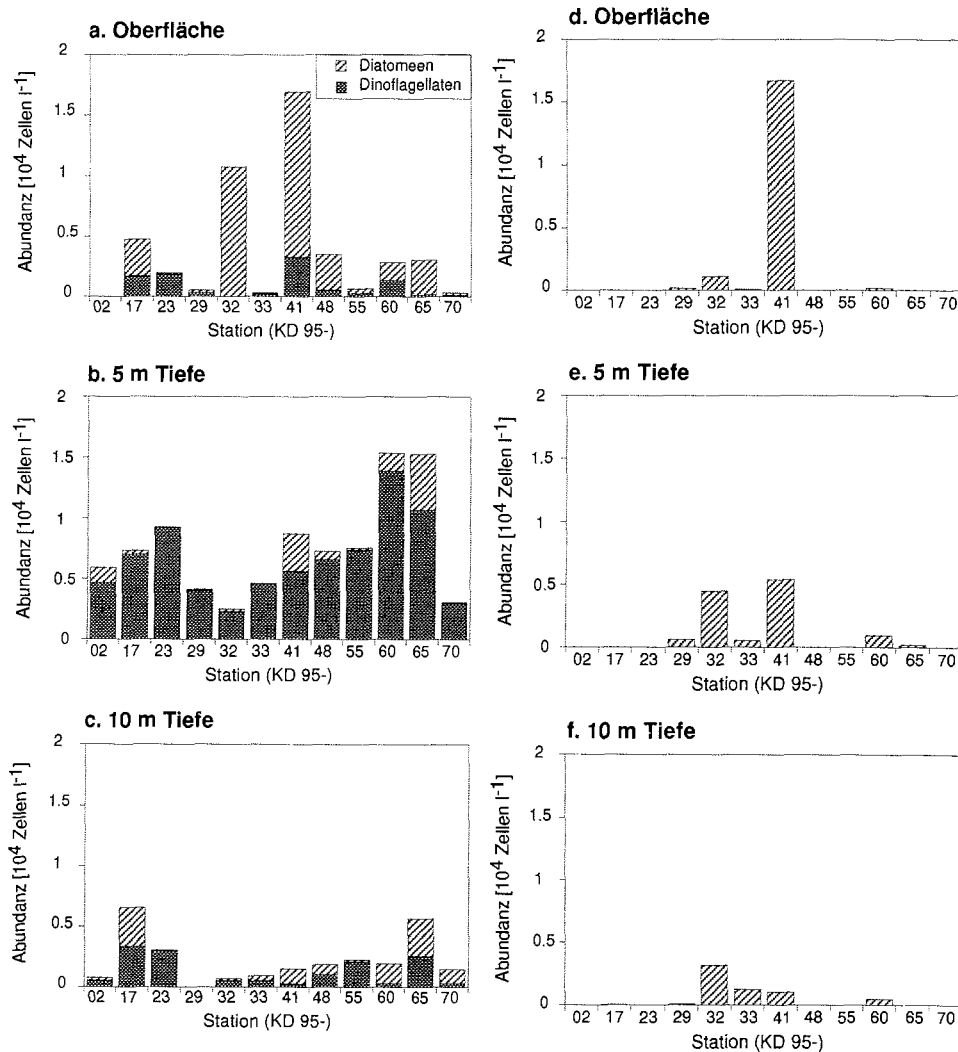
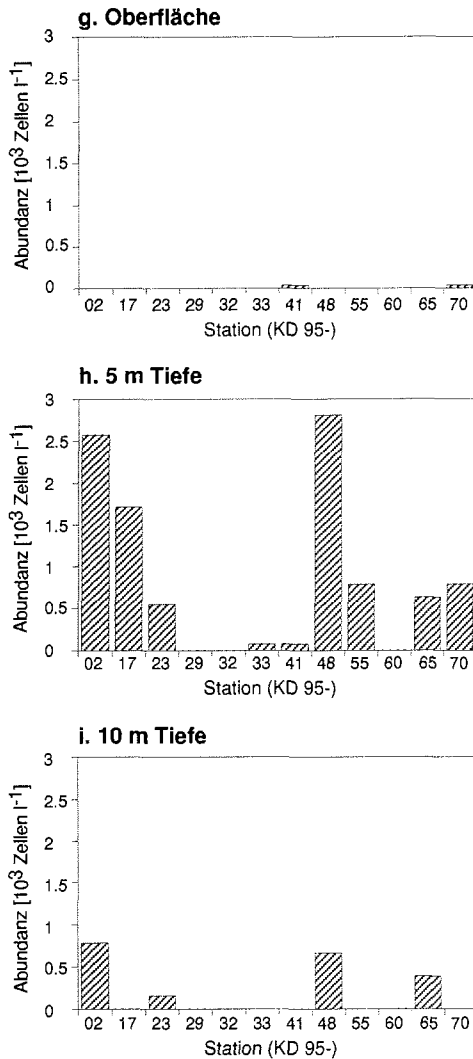


Abb. 18 Abundanz der a.-c. Diatomeen und Dinoflagellaten, d.-f. Chlorophyceen sowie g.-i. Chrysophyceen an der Oberfläche und in 5 und 10 m Tiefe während des Herbstes. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten.

in drei Proben der südlichen Stationen LN 4 (2. Probenahme) und LN 8 (1. und 3. Probenahme) im direkten Austrombereich der Lena gefunden (Abb. 16 c.). Auch im Sommer kamen Chlorophyceen nur an den drei südlichsten Stationen (PS 51-80, -92 und -138) mit Abundanz bis zu 4680 Zellen l⁻¹ (PS 51-80, Oberfläche) vor (Abb. 17 d.-e.). An der Oberfläche wurden an allen drei Stationen die höchsten Zellzahlen, in 10 m Tiefe die niedrigsten beobachtet. Während des Herbstes wurden an Stationen um das Lena-Delta (KD 95-32, -33, -41 und -60), der südlichen Station KD 95-29 sowie Station KD 95-65 bis zu 1,7*10⁴ Chlorophyceen l⁻¹ (KD 95-41, Oberfläche) ermittelt (Abb. 18 d.-f.). Eine



Tiefenpräferenz konnte hier nicht beobachtet werden. Cyanophyceen erreichten während des Sommers, wo sie an den drei südlichsten Stationen (PS 51-80, -92 und -138) präsent waren, Abundanzen bis zu $1,4 \cdot 10^4$ Zellen l^{-1} (PS 51-80, 5 m) (Abb. 17 d.-e.). An der Oberfläche wurden sie nur an Station PS 51-92, in 10 m Tiefe gar nicht beobachtet. Während des Frühjahrs wurden an Station LN 22W nur einzelne Cyanophyceen gezählt.

Chrysophyceen

Auf allen drei Expeditionen wurden Chrysophyceen mit höchsten Abundanzen im Sommer gefunden. Während des Sommers kamen Chrysophyceen nur im südlichen Gebiet vor, im Herbst hingegen fast im gesamten Untersuchungsgebiet. Eine maximale Abundanz von $2,1 \cdot 10^5$ Zellen l^{-1} war an der Sommerstation PS 51-138 (Oberfläche) zu beobachten. Im Frühjahr kamen Chrysophyceen nur an einer Station (LN 4) mit geringer Abundanz (40 Zellen l^{-1}) vor. Während des Sommers waren sie an drei der südlichen Stationen (PS 51-92, -138 und -104) in allen Tiefen anzutreffen (Abb. 17 f.-h.). An den Stationen PS 51-92 und -138 wurden stets mehr als $4 \cdot 10^4$ Zellen l^{-1} gezählt, die Werte der Station PS 51-104 blieben für alle

Abb. 18 Fortsetzung. Abundanz der a.-c. Diatomeen und Dinoflagellaten, d.-f. Tiefen darunter. Im Herbst kamen Chlorophyceen sowie g.-i. Chrysophyceen an der Oberfläche und in 5 und 10 m Tiefe während des Herbstes. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten.

Chrysophyceen an 75% der Stationen mit höchsten Abundanzen in 5 m Tiefe (maximal 2810 Zellen l^{-1} , KD 95-48, 5m) vor (Abb. 18 g.-i.). An der Oberfläche wurden sie nur auf zwei Stationen (KD 95-41 und -70) mit Abundanzen unter 100 Zellen l^{-1} gefunden. In 5 m Tiefe dagegen erreichten die Chrysophyceen an sieben der Stationen (KD 95-02, -17, -23, -48, -55, -65 und -70) Abundanzen über 500 Zellen l^{-1} . In 10 m Tiefe konnte diese Abundanz nur an zwei der Stationen im Norden (KD 95-02 und -48) beobachtet werden.

6.6.4 Abundanz ausgewählter Phytoplanktontaxa

Die Verbreitung einzelner Taxa in geographischer und saisonaler Hinsicht wird am Beispiel ausgewählter Diatomeen (7 Taxa), Dinoflagellaten (*Dinophysis rotundata*) und Chrysophyceen (*Dinobryon balticum*) dargestellt (Abb. 19 bis 27), die an mehreren Stationen während mindestens einer Jahreszeit in den Wasserproben gefunden wurden. Das Vorkommen in den Handnetzproben wurde hier nicht berücksichtigt.

Asterionella formosa

A. formosa wurde während des Frühjahres in vier Proben (LN 8, LN 8A, LN 8B, LN 22W) mit Abundanzen von 40 bis 42400 Zellen l⁻¹ gefunden (Abb. 19). Im Sommer war die Süßwasserart nur an den drei südlichen Stationen jeweils in allen Tiefen zu finden. Hier wurden Abundanzen bis maximal 1,1*10⁴ Zellen l⁻¹ (Station PS 51-92, 5 m) gefunden. An zwei der drei Sommerstationen wurden in 10 m Tiefe deutlich weniger Zellen von *A. formosa* als an der Oberfläche und in 5 m Tiefe gezählt. Generell wurde die Art zumeist an Stationen, die nahe des Lena-Deltas lagen, gefunden.

Attheya septentrionalis

A. septentrionalis wurde zu allen Jahreszeiten mit höchsten Abundanzen während des Sommers gefunden (Abb. 20). Im Frühjahr kam die Art auf drei nördlichen Stationen mit Zellzahlen von maximal 200 Zellen l⁻¹ (LN 9) vor. Während des Sommers wurde *A. septentrionalis* vor allem an den südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104), aber auch an einer nördlichen Station mit bis zu 6200 Zellen l⁻¹ (PS 51-104, 5 m) gezählt. Im Herbst kam *A. septentrionalis* nur an drei Stationen (KD 95-02, -41 und -60) mit Abundanzen von maximal 1010 Zellen l⁻¹ (KD 95-41, Oberfläche) vor. Eine deutliche geographische Präferenz konnte für diese Art nicht nachgewiesen werden.

Aulacosira spp.

Auf allen drei Expeditionen wurden Zellen der Gattung *Aulacosira* mit einer maximalen Abundanz (638130 Zellen l⁻¹) an der Frühjahrsstation LN 22 gezählt (Abb. 21). Während der Frühjahrsexpedition wurde *Aulacosira* spp. an allen Stationen, mit Ausnahme der südlichen Station LN 11 mit Zellzahlen von 160 bis 638130 Zellen l⁻¹ gefunden. Im Sommer kam die Gattung auf den südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) und der nördlichen Station PS 51-114 mit weit geringeren Zellzahlen vor. Zu dieser Jahreszeit wurden maximal 11080 Zellen l⁻¹ (PS 51-80, 5 m) gezählt. Im Herbst wurde *Aulacosira* spp. nur auf zwei Stationen am Lena-Delta (KD 95-41 und -60) mit einer maximalen Abundanz von 1010 Zellen l⁻¹ (KD 95-41, Oberfläche) gefunden. Insgesamt waren Zellen dieser aus dem Süßwasser stammenden Gattung vor allem im südlichen Untersuchungsgebiet der jeweiligen Stationen zu finden.

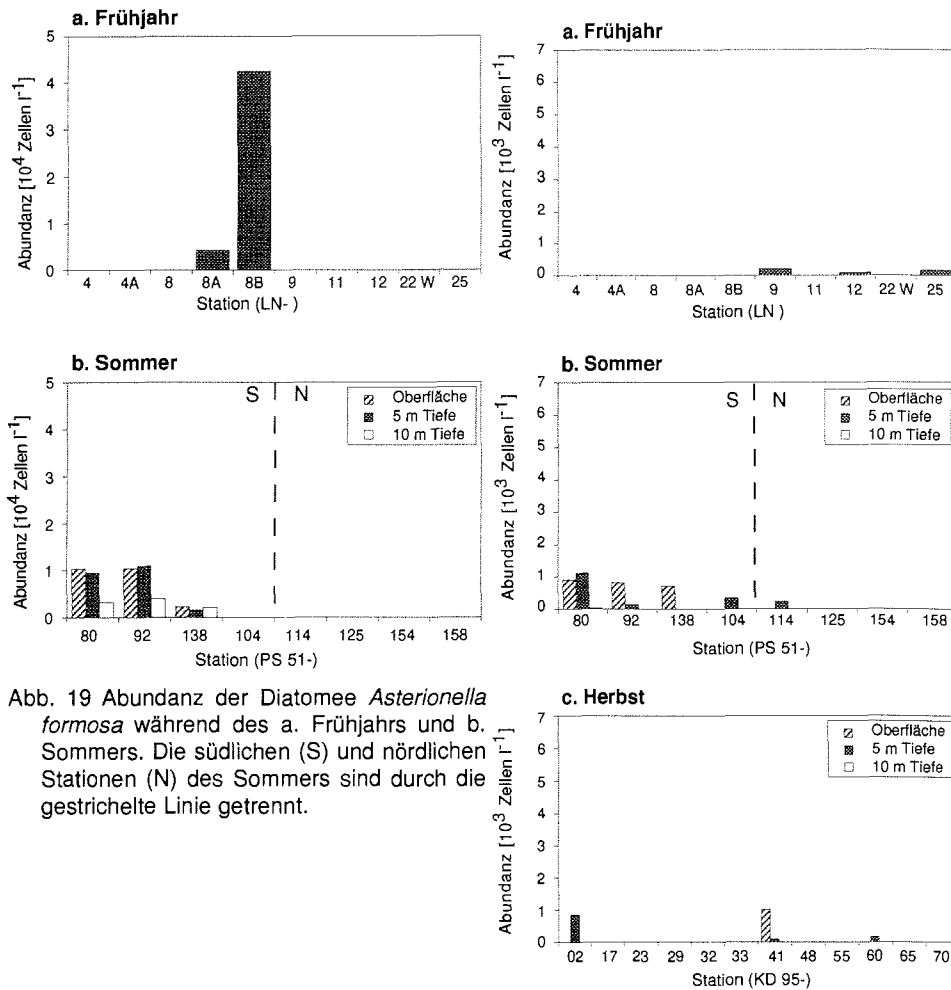


Abb. 19 Abundanz der Diatomee *Asterionella formosa* während des a. Frühljahrs und b. Sommers. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) des Sommers sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

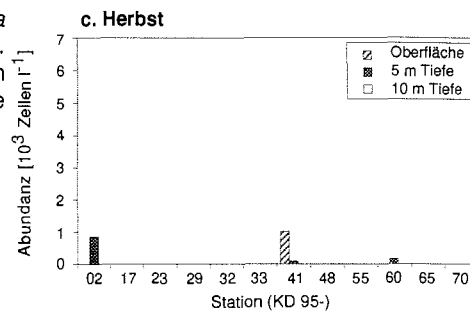


Abb. 20 Abundanz der Diatomee *Attheya septentrionalis* während des a. Frühljahrs, b. Sommers und c. Herbstes. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) des Sommers sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

Chaetoceros spp.

Die Gattung *Chaetoceros* wurde während aller Expeditionen im Untersuchungsgebiet gefunden (Abb. 22). Im Frühjahr wurden an drei Stationen Zellzahlen bis zu 2180 Zellen l^{-1} ermittelt. Im Sommer kam die Gattung nur an den südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) mit bis zu $6,8 \cdot 10^4$ Zellen l^{-1} vor. Im Herbst wurde *Chaetoceros* spp. nur in einer Probe im Süden des Untersuchungsgebietes (KD 95-32, Oberfläche) mit 8580 Zellen l^{-1} gezählt. Insgesamt war die Gattung während aller Expeditionen eher im Süden des jeweiligen Untersuchungsgebietes zu finden.

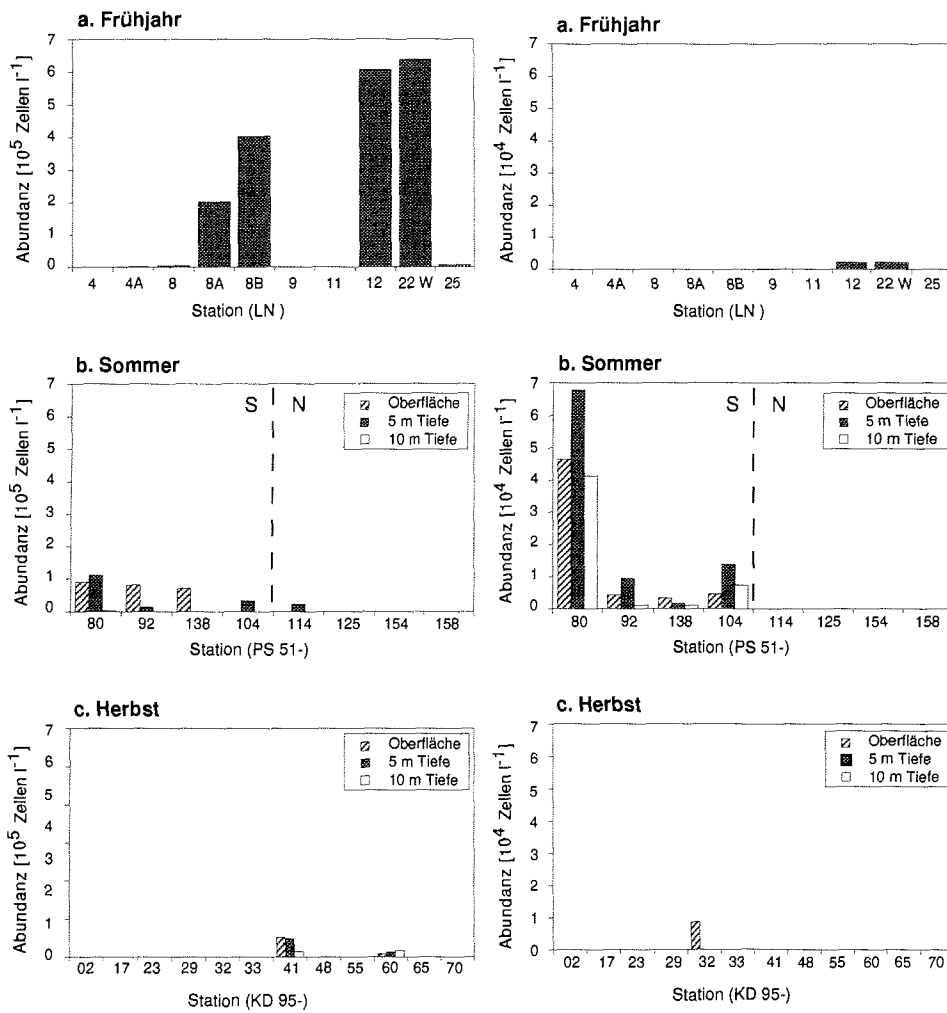


Abb. 21 Abundanz der Diatomeengattung *Aulacosira* während des a. Frühjahrs, b. Sommers und c. Herbstes. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) des Sommers sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

Abb. 22 Abundanz der Diatomeengattung *Chaetoceros* während des a. Frühjahrs, b. Sommers und c. Herbstes. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) des Sommers sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

Cylindrotheca closterium

C. closterium war während aller Jahreszeiten mit bis zu 1870 Zellen l⁻¹ zu finden (Abb. 23). Im Frühjahr kam die Art an den drei nördlichen Stationen mit maximal 1870 Zellen l⁻¹ vor. Im Sommer war sie in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes präsent. Nur an zwei nördlichen Stationen (PS 51-154 und -158) fehlte sie. In dieser Jahreszeit wurden an Station PS 51-104 in 10 m Tiefe eine Abundanz von 1790 Zellen l⁻¹ ermittelt. Auch im Herbst war *C. closterium* mit Ausnahme zweier Stationen (KD 95-29 und -55) fast überall im Untersuchungsgebiet zu finden. Die maximale Zellzahl (1870 Zellen l⁻¹) wurde an der Oberfläche der Station KD 95-41 am Lena-Delta erreicht. Die kosmopolitische Art war während aller Jahreszeiten mit etwa gleichen Zellzahlen in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes zu finden. Nur ganz im Süden fehlte sie während des Frühjahrs.

Nitzschia frigida

Während aller Expeditionen wurde *N. frigida* nachgewiesen (Abb. 24). Maximale Abundanzen bis zu 3,3 · 10⁴ Zellen l⁻¹ (LN 25) wurden im Frühjahr unter dem Eis ermittelt, wo die auch an das Eis assoziierte Art an vier nördlichen Stationen gefunden wurde. Im Sommer kam die Art an den südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) mit bis zu 3590 Zellen l⁻¹ (PS 51 -92, 5 m) vor. Im Herbst war *N. frigida* nur an zwei Stationen am Lena-Delta mit einer maximalen Abundanz von 1090 Zellen l⁻¹ (KD 95-41, Oberfläche) präsent.

Thalassiosira spp.

Der Vergleich der Arten bzw. Artengruppen der Gattung *Thalassiosira* wird nur für die Sommerexpedition dargestellt. Im Frühjahr wurde die Gattung *Thalassiosira* lediglich an der Station LN 22W mit 2420 Zellen l⁻¹ bestimmt, im Herbst wurde die Gattung nur an drei Stationen mit geringen Abundanzen (<1000 Zellen l⁻¹) gefunden. Für den Sommer zeigt Abb. 25 die Verteilung von *T. gravida/antarctica*, *T. nordenskiöldii* und *T. anguste-lineata*, die alle nur an den südlichen Stationen des Untersuchungsgebietes vorkamen. *T. gravida/antarctica* kam an den südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) mit maximal 4520 Zellen l⁻¹ (PS 51-92, Oberfläche) vor. *T. nordenskiöldii* war nur an drei südlichen Stationen (PS 51-92, -138 und -104) aber mit weit höheren Abundanzen als *T. gravida/antarctica* präsent. Es wurden 2570 (PS 51-138, Oberfläche) bis 2,7 · 10⁴ Zellen l⁻¹ (PS 51-104, Oberfläche) gezählt. Auch *T. anguste-lineata* war nur an den südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) mit bis zu 1010 Zellen l⁻¹ (PS 51-92, 10 m) zu finden.

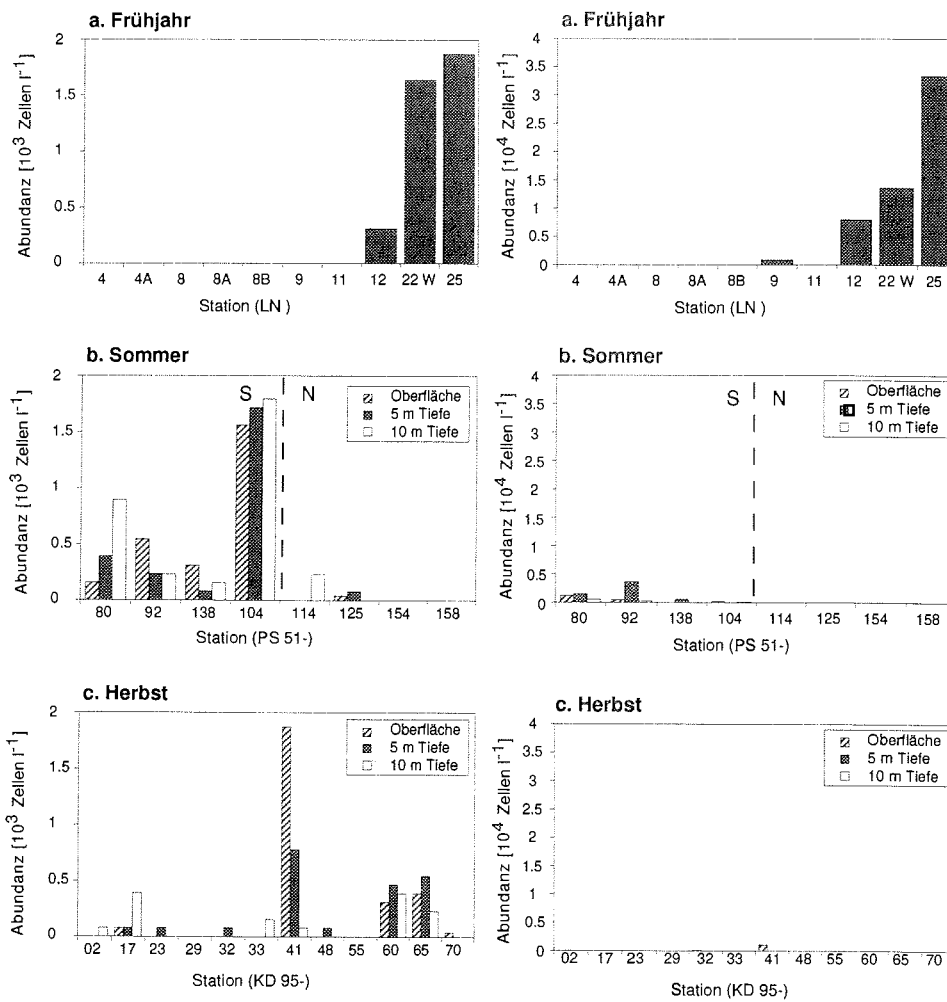


Abb. 23 Abundanz der Diatomee *Cylindrotheca closterium* während des a. Frühljahrs, b. Sommers und c. Herbstes. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) des Sommers sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

Abb. 24 Abundanz der Diatomee *Nitzschia frigida* während des a. Frühljahrs, b. Sommers und c. Herbstes. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) des Sommers sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

Dinophysis rotundata

Der Dinoflagellat *D. rotundata* wurde nur während des Sommers und Herbstes mit bis zu 820 Zellen l^{-1} identifiziert (Abb. 26). Im Sommer kam *D. rotundata* an drei südlichen Stationen (PS 51-92, -138, und -104) mit einer maximalen Abundanz von 390 Zellen l^{-1} an der Oberfläche der Station PS 51-92 vor. Auf der Herbstexpedition wurde *D. rotundata* an sieben (KD 95-02, -17, -23, -29, -33, -48, -55) der zwölf Stationen in verschiedenen Regionen gefunden. An der Oberfläche der Station KD 95-23 im östlichen Laptevmeer wurde die höchste Abundanz mit 820 Zellen l^{-1} festgestellt.

Dinobryon balticum

Die Chrysophyceen *D. balticum* war nur während des Sommers und Herbstes im Untersuchungsgebiet zu finden (Abb. 27). Maximale Zellzahlen wurden mit $2,1 \cdot 10^5$ Zellen l^{-1} im Sommer (PS 51-92, 5 m) gefunden. Während des Sommers wurde *D. balticum* an drei Stationen (PS 51-92, -138 und -104) im Süden des Untersuchungsgebietes mit Abundanzen von 2262 (PS 51-104, 10 m) bis $2,1 \cdot 10^5$ Zellen l^{-1} (PS 51-92, 5 m) gefunden. Im Herbst kam *D. balticum* an fünf nördlich gelegenen Stationen (KD 95-02, -48, -55, -65 und -70) nur in 5 m Tiefe vor. Hier wurden Zellzahlen von 160 (KD 95-02) bis 2810 Zellen l^{-1} (KD 95-48) ermittelt. Insgesamt zeigte die als neritisch beschriebene Art besonders während des Sommers höchste Abundanzen an Stationen, deren Salinität im Oberflächenwasser 25 nie überschritt.

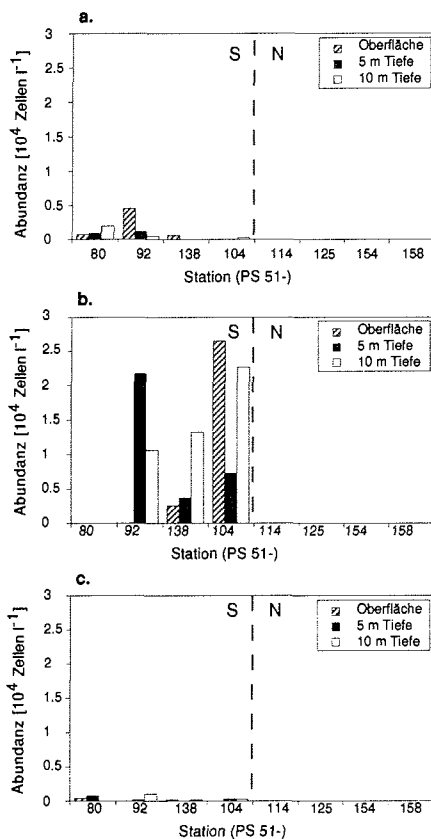


Abb. 25 Abundanz der Diatomeen a. *Thalassiosira gravida/antarctica*, b. *T. nordenskiöldii* und c. *T. anguste-lineata* während des Sommers. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die

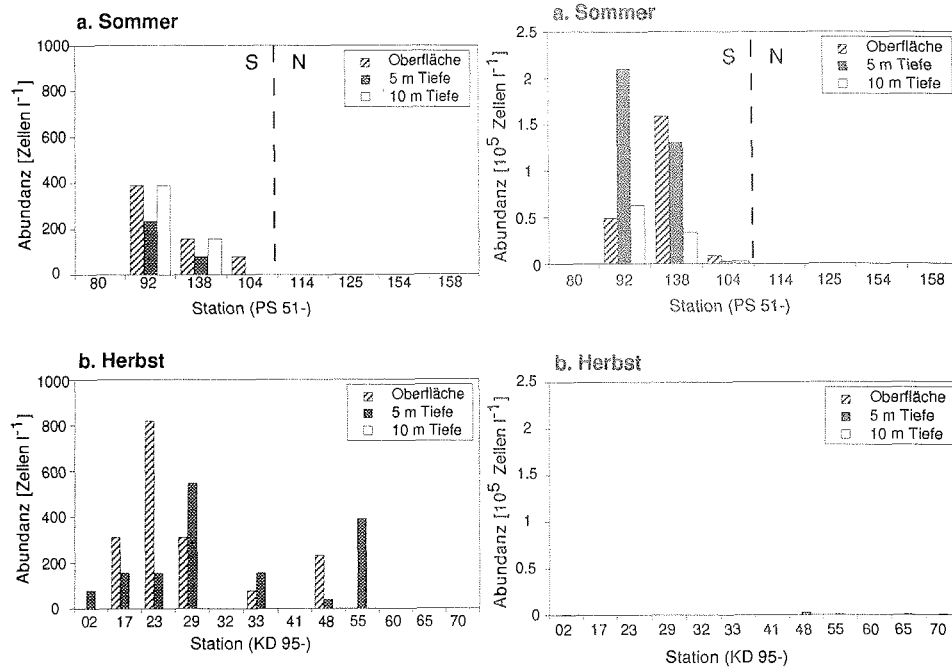


Abb. 26 Abundanz des Dinoflagellaten *Dinophysis rotundata* während des a. Sommers und b. Herbstes. Die südlichen Stationen (S) und nördlichen Stationen (N) des Sommers sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

Abb. 27 Abundanz der Chysophycee *Dinobryon balticum* während des a. Sommers und b. Herbstes. Die südlichen (S) und nördlichen (N) des Sommers sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

6.7 Berechnete Biomassen des Phytoplanktons

Zunächst wird die Verteilung der Gesamtbiomassen des Phytoplanktons $>15 \mu\text{m}$ im Untersuchungsgebiet (Abb. 28 und 29) und an den Stationen (Abb. 30), während der Jahreszeiten vergleichend betrachtet, für die Sommerexpedition auch die der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ (Abb. 31). Darauf wird die Verteilung der Großtaxa für die drei Expeditionen dargestellt (Abb. 32 bis 34).

Bei den in die Stationskarten eingetragenen Biomassen (Abb. 28 und 29) zeigt sich deutlich, daß die höchsten Biomassen während der Frühjahrs- und Sommerexpedition ermittelt wurden. Im Herbst waren die Biomassen deutlich geringer. Im Frühjahr und Sommer konnten die höchsten Biomassen an den nördlichen bzw. nordöstlichen Stationen des Untersuchungsgebietes ermittelt werden. Im Herbst hingegen waren die höchsten Biomassen im Süden am Lena-Delta zu finden.

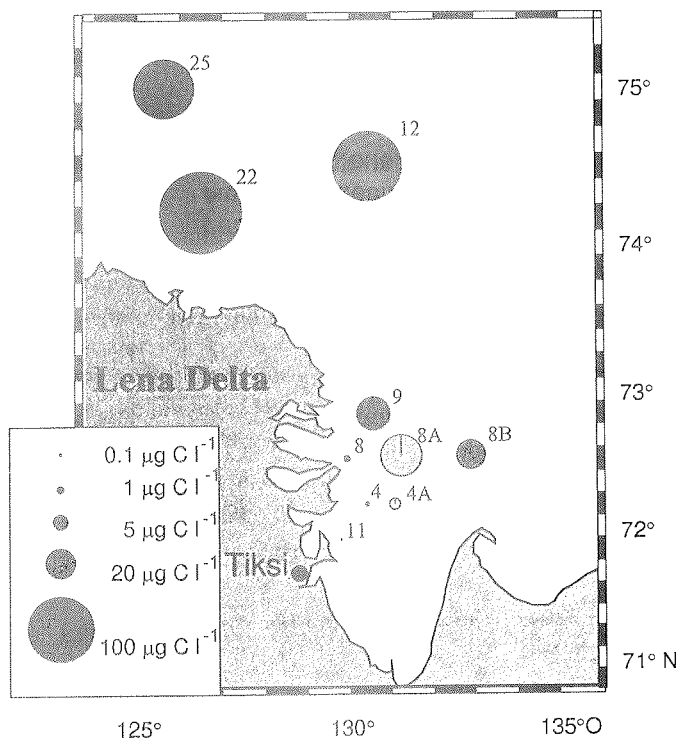


Abb. 28 Verteilung der Biomasse der Phytoplankter $>15 \mu\text{m}$ im Untersuchungsgebiet in 5 m Tiefe während des Frühjahrs. Für die mehrfach beprobten Stationen (LN 4 und LN 8) sind die unterschiedlichen Probenahmen in Graustufen dargestellt.

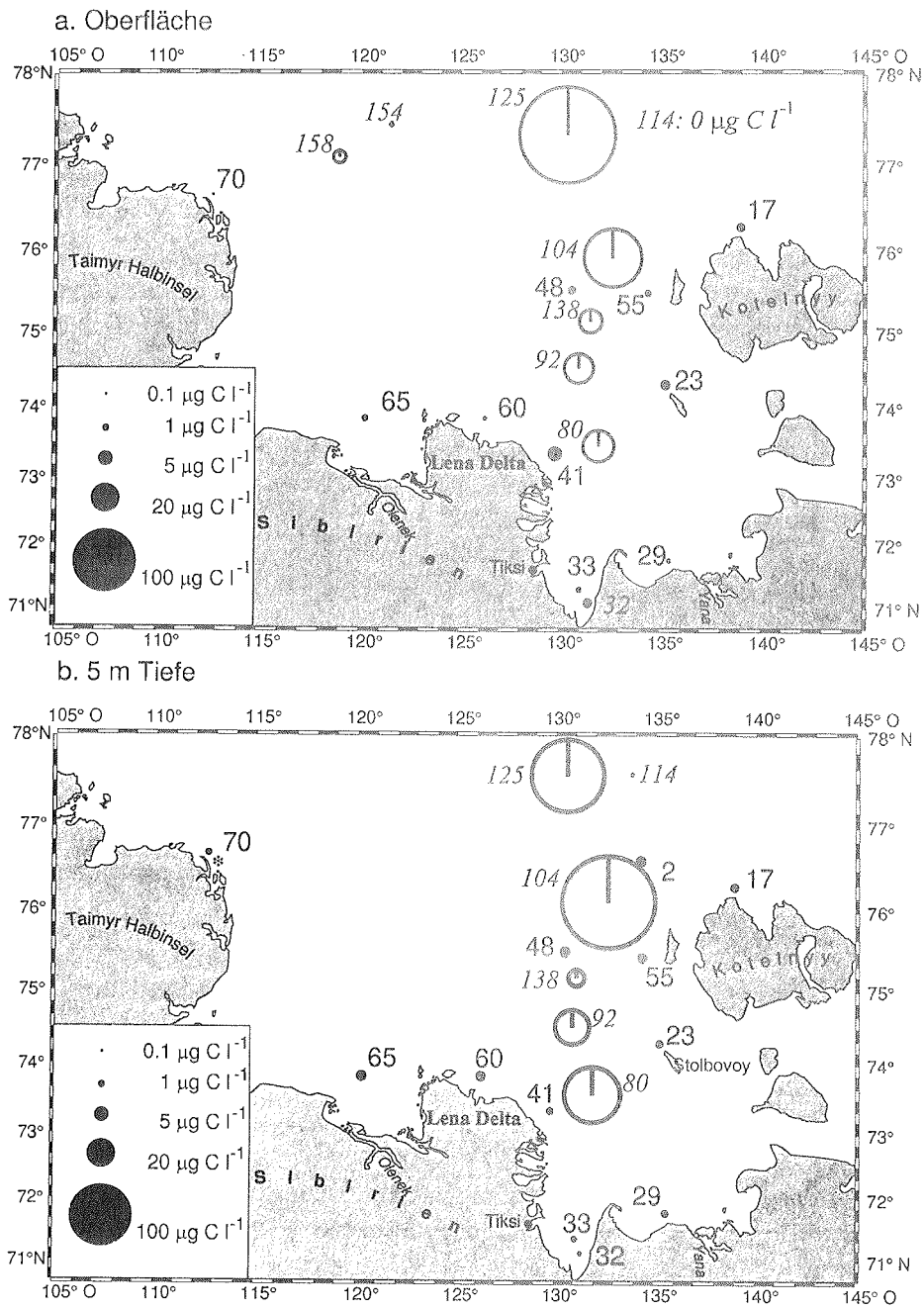


Abb. 29 Verteilung der Biomasse der Phytoplankter $>15 \mu\text{m}$ im Untersuchungsgebiet an der a. Oberfläche und in b. 5 m Tiefe während des Sommers (weiße Kreise) und Herbstes (schwarze Kreise).

6.7.1 Biomasseverteilung im Frühjahr

Auf die Darstellung der Biomasse der Phytoplankter $>15 \mu\text{m}$ folgt die Darstellung der Biomassen für Diatomeen, Dinoflagellaten, Chloro- und Chrysophyceen an den Stationen. Die Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ konnte wegen des hohen Sediment- und Detritusanteils in vielen Proben nicht quantifiziert werden.

Die Biomasse der Phytoplankter $>15 \mu\text{m}$ lag im Bereich von $< 0,1$ (LN 11) und $88,4 \mu\text{gC l}^{-1}$ (LN 22) (Abb. 30 a.). Die drei höchsten Werte ($> 40 \mu\text{gC l}^{-1}$) wurden an den nördlichsten Stationen (LN 12, LN 22 und LN 25) gemessen. An den südlichen Stationen LN 4 und LN 11 erreichten die Biomassen nie Werte über $0,8 \mu\text{gC l}^{-1}$. An den zwei Stationen, die wiederholt beprobt wurden, war keine eindeutige Entwicklung in der Biomasse über die Zeit zu beobachten.

Die Verteilung der Biomasse der Diatomeen gleicht der Biomasseverteilung aller Phytoplankter, da Diatomeen das vorherrschende Taxon in fast allen Proben während des Frühjahrs waren und im Mittel 88% der Biomasse der Phytoplankter $>15 \mu\text{m}$ ausmachten (Abb. 32 a.). Höchste Werte wurden an den drei nördlichen Stationen (LN 12, LN 22 und LN 25) mit einem Maximalwert von $87,9 \mu\text{gC l}^{-1}$ an Station LN 22. An den südlichen Stationen (LN 4 und LN 11) blieb die Diatomeenbiomasse stets unter $0,8 \mu\text{gC l}^{-1}$. Dinoflagellaten wurden an fünf Stationen mit Biomassen unter $0,1$ (LN 11) und $3,0 \mu\text{gC l}^{-1}$ (LN 25) beobachtet (Abb. 32 b.). An den vier nördlichsten Stationen (LN 9, LN 12, LN 22W und LN 25) wurden stets Biomassen über $0,5 \mu\text{gC l}^{-1}$ gemessen. An den südlichen Stationen (LN 4 und LN 8) wurden keine Dinoflagellaten angetroffen.

Chloro- und Chrysophyceen wurden nur an den südlichen Stationen LN 4 und LN 8 beobachtet. Maximale Biomassen für Chlorophyceen wurden mit $1,0 \mu\text{gC l}^{-1}$ an Station LN 4A (Abb. 32 c.), für Chrysophyceen an Station LN 4 mit ca. $0,01 \mu\text{gC l}^{-1}$ erreicht.

6.7.2 Biomasseverteilung im Sommer

Die Biomassen aller Phytoplankter $>15 \mu\text{m}$ lagen im Sommer zwischen $0,0$ und $225,8 \mu\text{gC l}^{-1}$ (Abb. 30 b.). Der höchste Wert wurde an Station PS 51-104 in 5 m Wassertiefe, der niedrigste im Oberflächenwasser der Station PS 51-114 ermittelt. An den vier südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) sowie der nördlichen Station PS 51-125 lagen die Werte in allen Tiefen über $5,0 \mu\text{gC l}^{-1}$. Werte über $50 \mu\text{gC l}^{-1}$ wurden an der Oberfläche der Stationen PS 51-104 ($51,1 \mu\text{gC l}^{-1}$) und -125 ($139,6 \mu\text{gC l}^{-1}$) und in 5 m Tiefe an den Stationen PS 51-80 ($81,9 \mu\text{gC l}^{-1}$), PS 51-104 ($225,8 \mu\text{gC l}^{-1}$) und -125 ($138,7 \mu\text{gC l}^{-1}$) gemessen. An den nördlichen Stationen PS 51-114, -154 und -158 waren die Biomassen der größeren Phytoplankter in allen Tiefen geringer als $1,0 \mu\text{gC l}^{-1}$. Generell waren die Biomassen über die Tiefen sehr uneinheitlich verteilt. An drei Stationen (PS 51-138, -125 und -158) war die Biomasse an der Oberfläche am höchsten, an vier Stationen wurden die höchsten Biomassen in 5 m Tiefe und an der Station PS 51-158 in 10 m Tiefe gemessen.

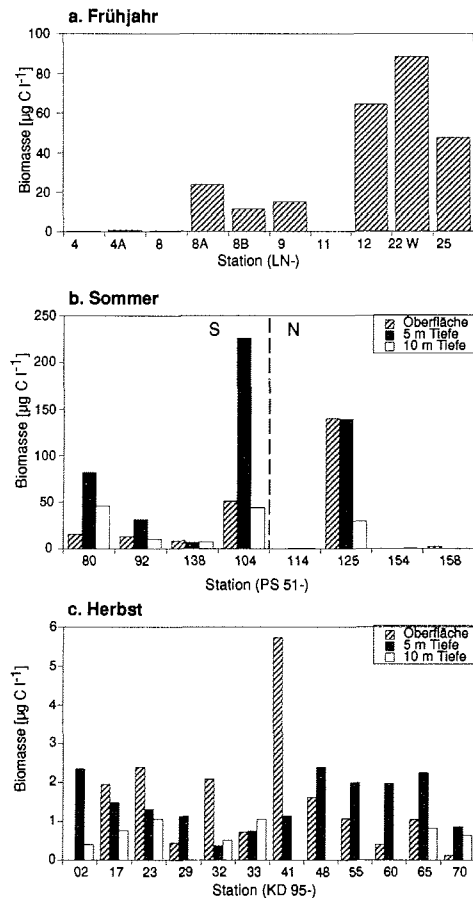


Abb. 30 Biomasse aller Phytoplankter $>15 \mu\text{m}$ $\mu\text{gC l}^{-1}$, Oberfläche und 138,7 $\mu\text{gC l}^{-1}$, 5 m) an den Stationen im a. Frühjahr, und für die Tiefen im b. Sommer und c. Herbst. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) des Sommers sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

Für die Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ wurden Werte zwischen 0,5 (PS 51-92, 5 m) und 212,7 $\mu\text{gC l}^{-1}$ (PS 51-80, 5 m) ermittelt (Abb. 31). Biomassen über 50 $\mu\text{gC l}^{-1}$ wurden an der Station PS 51-80 in allen Tiefen ermittelt. An den südlichen Stationen (PS 51-80, -92, -138 und -104) lagen die Biomassen des Oberflächenwassers stets über 10,0 $\mu\text{gC l}^{-1}$. Eine Biomasse in dieser Größenordnung wurde an den nördlichen Stationen nur im Oberflächenwasser der Station PS 51-125 (11,0 $\mu\text{gC l}^{-1}$) erreicht.

Bei der Verteilung der Biomassen der Diatomeen und Dinoflagellaten zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Stationen (Abb. 33 a.-c.). An den südlichen Stationen waren Diatomeen mit Biomassen zwischen 2,2 (PS 51-138, 5 m) und 222,1 $\mu\text{gC l}^{-1}$ (PS 51-104, 5 m) zu finden, an den nördlichen Stationen waren ihre Biomassen gering ($<1,0 \mu\text{gC l}^{-1}$). Dinoflagellaten wurden mit Biomassen über 10,0 $\mu\text{gC l}^{-1}$ nur an der nördlichen Station PS 51-125 (alle Tiefen) und an der südlichen Station PS 51-92 in 5 m Tiefe (13,3 $\mu\text{gC l}^{-1}$) gefunden. Die höchsten Biomassen der Dinoflagellaten wurden an der Station PS 51-125 (139,6 $\mu\text{gC l}^{-1}$, Oberfläche und 138,7 $\mu\text{gC l}^{-1}$, 5 m) gemessen. Beim Vergleich der Tiefen zeigte sich, daß die höchsten Biomassen der Diatomeen und Dinoflagellaten mit Ausnahme der Stationen PS 51-138 und -158 in 5 m Tiefe auftraten.

Chloro- und Cyanophyceen waren nur an den drei südlichen Stationen (PS 51-80, -92 und -138) mit höchsten Biomassen an Station PS 51-80 vertreten (Abb. 33 d.-f.). Für Chlorophyceen wurden hier an der Oberfläche eine maximale Biomasse von 0,1 $\mu\text{gC l}^{-1}$, für Cyanophyceen in 5 m Tiefe eine Biomasse von unter 0,1 $\mu\text{gC l}^{-1}$ ermittelt. Die Biomasse der Chlorophyceen verringerte sich an allen Stationen mit der Tiefe. Cyanophyceen kamen in 5 m Tiefe jeweils mit höheren Biomassen als an der Oberfläche vor, in 10 m Tiefe wurden sie nicht beobachtet.

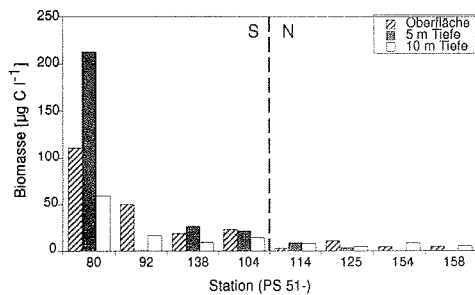


Abb. 31 Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ im Sommer. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

Chrysophyceen wurden an sechs der Stationen Biomassen zwischen $< 0,1$ (PS 51-104, 10 m) und $3,6 \mu\text{gC l}^{-1}$ (PS 51-92, 5 m) ermittelt (Abb. 33 g.-i.). Die Werte an den beiden südlichen Stationen PS 51-92 und -138 lagen deutlich ($> 0,5 \mu\text{gC l}^{-1}$) über denen der anderen Stationen. Ein Unterschied in der Biomasseverteilung in den Tiefen konnte nicht beobachtet werden.

6.7.3 Biomasseverteilung im Herbst

Insgesamt wurden während des Herbstes Phytoplankton ($> 15 \mu\text{m}$)-biomassen von $< 0,1$ (KD 95-29, 10m) bis zu $5,7 \mu\text{gC l}^{-1}$ (KD 95-41, Oberfläche) ermittelt (Abb. 30 c.). Werte über $2,0 \mu\text{gC l}^{-1}$ wurden in sechs Einzelproben von der Oberfläche und aus 5 m Tiefe an sechs verschiedenen Stationen (KD 95-02, -23, -32, -41, -48 und -65) gemessen. Biomassen zwischen $1,0$ und $2,0 \mu\text{gC l}^{-1}$ traten in 12 Proben von neun Stationen (KD 95-17, -23, -29, -33, -41, -48, -55, -60 und -65) auf. Für 13 der insgesamt 31 untersuchten Proben wurden Biomassen unter $1,0 \mu\text{gC l}^{-1}$ festgestellt. An Station KD 95-70 lagen die Werte aller Tiefen unter $1,0 \mu\text{gC l}^{-1}$.

Beim Vergleich der Biomassen der Diatomeen und Dinoflagellaten zeigte sich, daß Diatomeen in 55%, Dinoflagellaten in 45% der Oberflächenproben dominierten (Abb. 34 a.-c.). In 5 m Tiefe dominierten Dinoflagellaten in elf, Diatomeen in einer Probe. In 10 m Tiefe herrschten Dinoflagellaten in fünf Proben, Diatomeen in einer Probe vor. Höchste Biomassen wurden bei den Diatomeen in den Oberflächenproben der Stationen KD 95-41 mit $4,7 \mu\text{gC l}^{-1}$ und KD 95-32 mit $2,1 \mu\text{gC l}^{-1}$ erreicht. Für Dinoflagellaten wurde der Maximalwert von $2,3 \mu\text{gC l}^{-1}$ an der Oberfläche der Station KD 95-23 gemessen. Die Biomassen beider Taxa waren in 10 m Tiefe am geringsten, an sechs der acht untersuchten Stationen wurden Werte unter $1,0 \mu\text{gC l}^{-1}$ ermittelt. In 5 m Tiefe lagen nur drei der 12 untersuchten Proben, an der Oberfläche vier der 11 Proben unter diesem Wert.

Chrysophyceen traten in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes, Chlorophyceen nur an fünf südlichen Stationen (KD 95-29, -32, -33, -41 und -60) auf (Abb. 34 d.-f.). Die Biomasse der Chrysophyceen erreichte an Station KD 95-48 (10 m) mit $0,4 \mu\text{gC l}^{-1}$ ihren Maximalwert. Der höchste Wert für die Biomasse der Chlorophyceen wurde an der

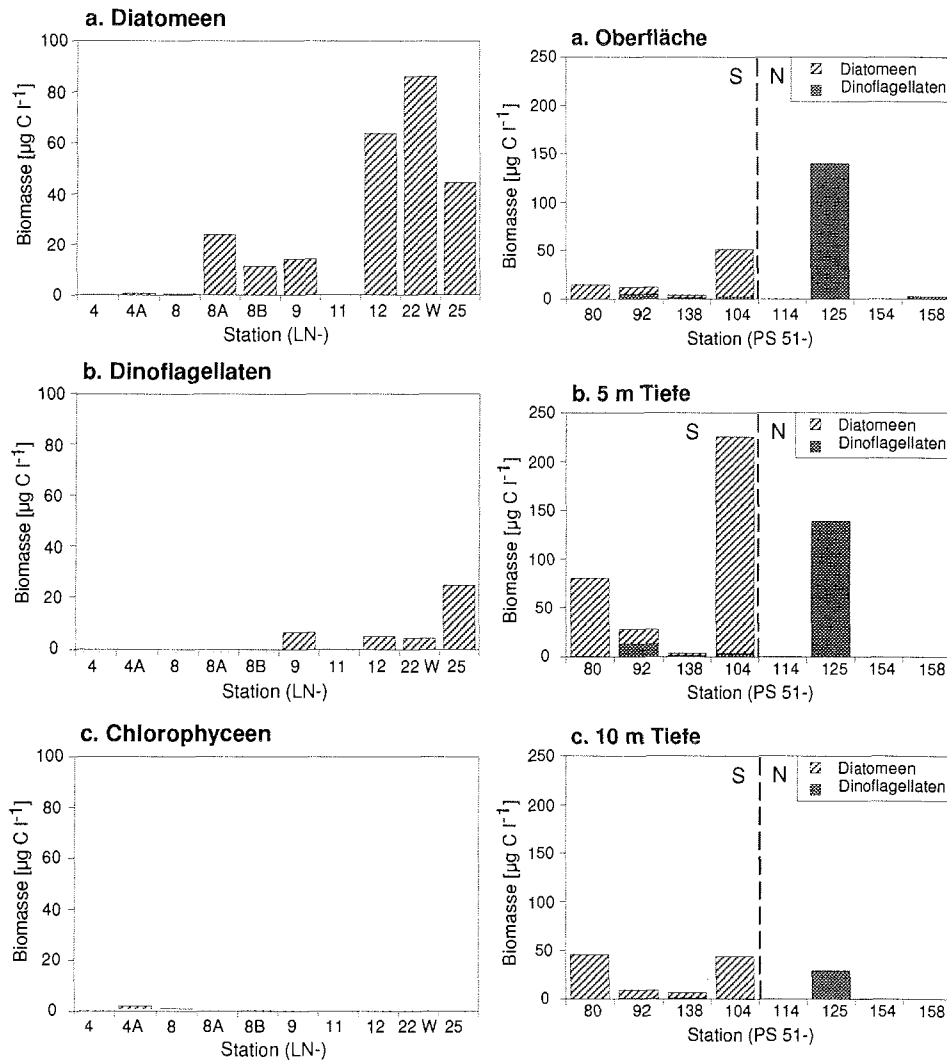


Abb. 32 Biomasse der a. Diatomeen, b. Dinoflagellaten und c. Chlorophyceen während des Frühjahrs.

Abb. 33 Biomasse der a.-c. Diatomeen und Dinoflagellaten, d.-f. Chloro- und Cyanophyceen sowie g.-i. Chrysophyceen an der Oberfläche und in 5 und 10 m Tiefe während des Sommers. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

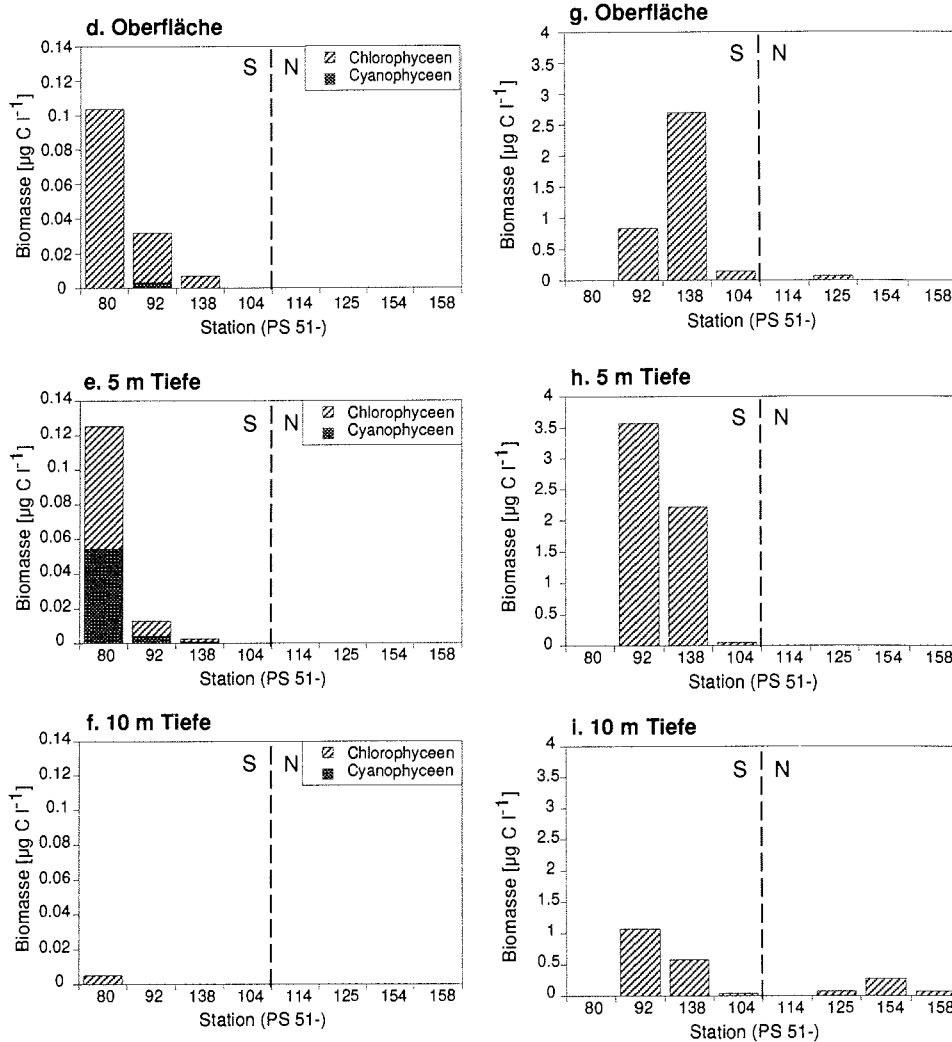


Abb. 33 Fortsetzung. Biomasse der a.-c. Diatomeen und Dinoflagellaten, d.-f. Chloro- und Cyanophyceen sowie g.-i. Chrysophyceen an der Oberfläche und in 5 und 10 m Tiefe während des Sommers. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

Oberfläche der Station KD 95-41 ($0,4 \mu\text{g C l}^{-1}$) gemessen. Chrysophyceen kamen in 5 m Tiefe deutlich häufiger vor als in den anderen Tiefen. In 5 m Tiefe waren sie an neun der 12 Stationen vertreten und erreichten an sechs Stationen (KD 95-02, -17, -48, -55, -65 und -70) Biomassen über $0,1 \mu\text{g C l}^{-1}$. An der Oberfläche kamen sie nur an einer Station (KD 41), in 10 m Tiefe an drei Stationen (KD 02, KD 23 und KD 65) vor, eine Biomasse über $1,0 \mu\text{g C l}^{-1}$ wurde nur an Station KD 95-02 (10 m) erlangt.

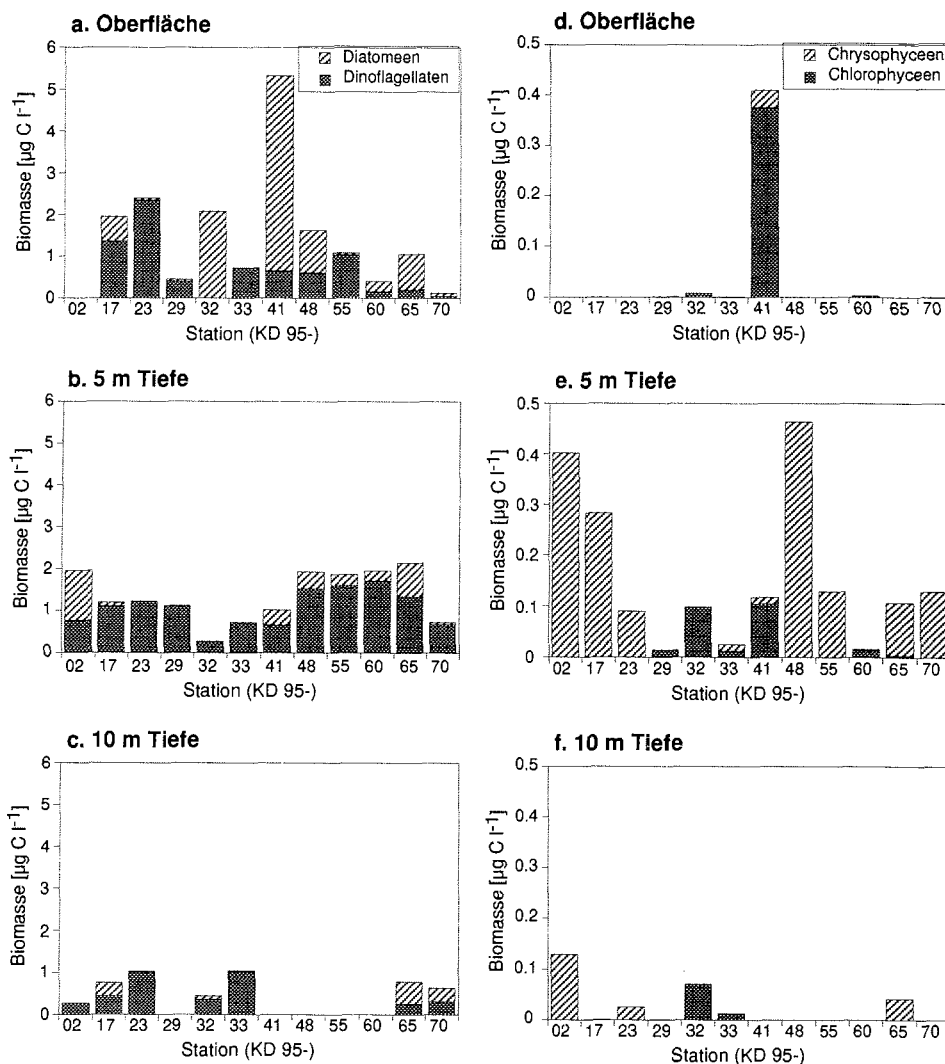


Abb. 34 Biomasse der a.-c. Diatomeen und Dinoflagellaten, d.-f. Chloro- und Chrysophyceen an der Oberfläche und in 5 und 10 m Tiefe während des Herbstes. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinaten.

6.7.4 Saisonaler Vergleich der Biomassen im Laptevmeer

Es wurden die Biomassen der Phytoplankter $>15 \mu\text{m}$ an der Oberfläche für den Sommer und Herbst, sowie in 5 m Tiefe für die drei Jahreszeiten verglichen (Abb. 28-30).

Beim Vergleich der Oberflächenproben (Abb. 29 und 30 b. und c.) zeigte sich deutlich, daß die Phytoplanktonbiomassen des Sommers in den meisten Gebieten über denen des Herbstes lagen (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0402$). Eine Biomasse über $5,0 \mu\text{g C l}^{-1}$

wurde im Sommer an fünf der acht Stationen, im Herbst nur an einer der 11 Stationen erreicht. Im Sommer wurde die höchste Biomasse an der nördlichsten Station (PS 51-125, $139,6 \mu\text{gC l}^{-1}$) gemessen, wobei die Biomasse der anderen nördlichen Stationen deutlich geringer ($< 5 \mu\text{gC l}^{-1}$) war. Im Herbst wurde die höchste Biomasse an Station KD 95-41 ($5,7 \mu\text{gC l}^{-1}$) vor dem Lena-Delta ermittelt. Die Biomassewerte wiesen im Sommer eine große Schwankungsbreite auf ($< 0,1$ bis $139,6 \mu\text{gC l}^{-1}$), lagen dagegen im Herbst eng auf niedrigerem Niveau ($0,1$ bis $5,7 \mu\text{gC l}^{-1}$) beieinander.

Der Vergleich der Phytoplanktonbiomassen in 5 m Tiefe (Abb. 30 a.-c.) macht deutlich, daß die Biomasse im Herbst signifikant geringer (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0192$) war als während des Sommers. Im Vergleich zu den im Frühjahr ermittelten Biomassen zeigte sich kein signifikanter Unterschied (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,3226$). Im Herbst wurde der Wert von $5,0 \mu\text{gC l}^{-1}$ an keiner der Stationen erreicht, wogegen er an fünf der sechs Sommerstationen und in sechs der zehn Frühjahrsproben überschritten wurde. Die Maximalwerte betragen $88,4 \mu\text{gC l}^{-1}$ für das Frühjahr (LN 22), $212,7 \mu\text{gC l}^{-1}$ für den Sommer (PS51-104) und $2,4 \mu\text{gC l}^{-1}$ im Herbst (KD 95-02 und -48). Im Frühjahr und Sommer wurden höhere Biomassen an den nördlicheren Stationen beobachtet. Für die Herbstproben war dies nicht ersichtlich, jedoch zeigten die südlichen Proben in unmittelbarer Nähe zum Land (KD 95-29, -32, -33 und -41) die geringsten Biomassen.

6.7.5 Vergleich zwischen errechneter Biomasse und den Chl *a*-Konzentrationen

Der über die Abundanzen der Phytoplanktontaxa bestimmten Zellkohlenstoff (PPC) wurde mit den fluorometrisch bestimmten Chl *a*-Konzentrationen in Frühjahrs- und Sommerproben verglichen (Abb. 35). In beiden Jahreszeiten nahmen die PPC/Chl *a*-Verhältnisse einen weiten Bereich ein. Während des Frühjahrs schwankten sie zwischen 6 (LN 4A) und 95 (LN 8A), während des Sommers an der Oberfläche zwischen 6 (PS 51-114) und 112 (PS 51-104) und in 10 m Tiefe zwischen 13 (PS 51-158) und 91 (PS 51-104). An sechs Stationen der Sommerexpedition wurde an der Oberfläche ein größeres, an drei der Stationen ein kleineres PPC/ Chl *a*-Verhältnis beobachtet.

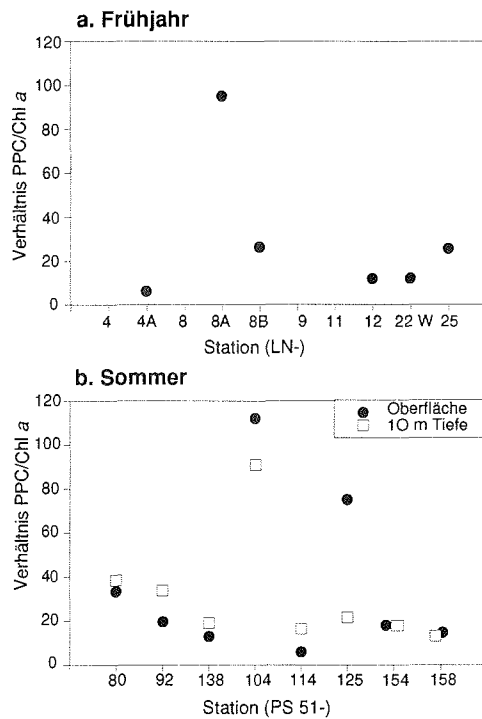


Abb. 35 Verhältnis der Konzentrationen von Phytoplanktonbiomasse (PPC) und Chl *a* im a. Frühjahr und im b. Sommer für die Oberfläche und für eine Tiefe von 10 m.

6. 8 Messung der Primärproduktion *in situ*

Die während des Sommers 1998 an acht Stationen über mehrere Stunden gemessene *in situ*-Primärproduktion variierte stark im Gebiet und mit der Tiefe (Abb. 36 und 37). Für die potentielle tägliche Primärproduktion sind die integrierten Werte in die Stationskarte eingetragen (Abb. 36). Hierbei ist zu beachten, daß an den Stationen über verschiedene Tiefen integriert wurde: an den südlichen Stationen wurde über die oberen 15 m (PS 51-92 und -104), 20 m (PS 51-138), sowie an Station PS 51-80 wegen eines Fehlers bei der Probenahme nur über die oberen 5 m integriert, an allen anderen (nördlichen) Stationen wurden dagegen stets die Werte bis in 30 m Tiefe für die Integration zugrunde gelegt. Es zeigte sich eine positive Primärproduktion an sechs der untersuchten Stationen von 32,7 (PS 51-154) bis 333,3 $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (PS 51-80). An den Stationen PS 51-114 und -138 wurden negative Primärproduktionen berechnet.

Bei der Primärproduktion pro Stunde in den verschiedenen Tiefenstufen (Abb. 37) wurden höchste Primärproduktionsraten an der südlichen Station PS 51-80 ($2,5 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$, Oberfläche und $3,1 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$, 5 m) und der nördlichen Station PS 51-125 ($0,6 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ Oberfläche) ermittelt. Geringe Produktionsraten ($< 0,5 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) wurden in allen anderen Proben bestimmt. An zwei Stationen (PS 51-138 und -114) wurden aufgrund der hohen ^{14}C -Aufnahme in der Dunkelflasche negative Meßergebnisse erzielt. Die höchsten negativen Werte wurden an der Oberfläche der Station PS 51-114 ($-0,3 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) gemessen.

Die auf die Biomasse [$\text{mg C (mg Chl } a)^{-1} \text{ h}^{-1}$] bezogene Primärproduktionsrate (Abb. 38) zeigte Werte zwischen $-0,6$ und $0,6$. Das maximale Primärproduktions zu Chl a -Verhältnis war an der südlichsten Station (PS 51-80), an der die höchsten Chl a -Konzentrationen im Sommer gemessen wurden, das geringste an der nordöstlichen Station PS 51-114, an der die höchsten negativen Werte für die Primärproduktion bestimmt wurden, zu finden.

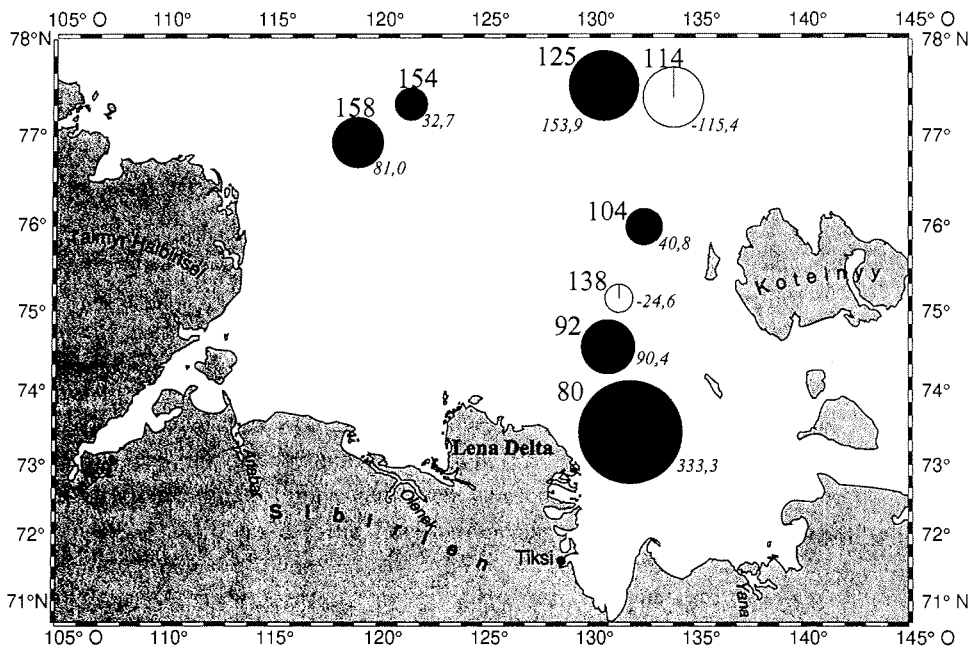


Abb. 36 Integrierte tägliche Primärproduktion [$\text{mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$] während des Sommers. An den Stationen wurde über unterschiedliche Tiefen integriert (s. Text). Positive Produktionsraten sind mit schwarzen, negative mit weißen Kreisen dargestellt.

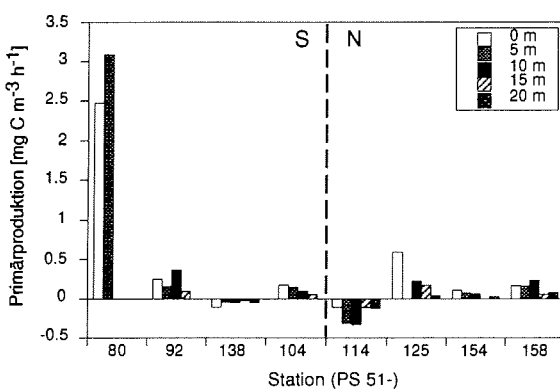


Abb. 37 Verteilung der stündlichen Primärproduktionsraten auf den Sommerstationen über die Tiefen. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

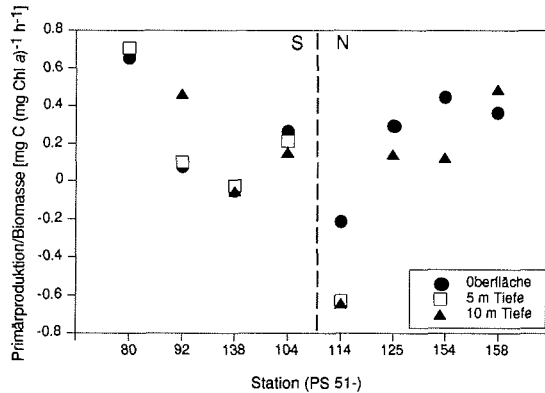


Abb. 38 Auf die Algenbiomasse (Chl a) bezogene stündliche Primärproduktion [mg C (mg Chl a)⁻¹ h⁻¹] während des Sommers. Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

6.9 Bakterienzählung mittels der Fluoreszenzmikroskopie

An der Oberfläche wurden Bakterienabundanz zwischen $2,8 \cdot 10^8$ und $42,5 \cdot 10^8$ Zellen l⁻¹ (im Mittel $13,6 \cdot 10^8$ Zellen l⁻¹ gefunden, was zu berechneten bakteriellen Biomassen zwischen 11,3 und 73,4 µg C l⁻¹ führte (Abb. 39). Die höchste Biomasse wurde an der südlichsten Station (PS 51-80), die geringste an der nördlichen Station PS 51-159 ermittelt (Abb. 39 a.). Die südliche Station PS 51-92 zeigte mit 66,4 µg C l⁻¹ den zweithöchsten Wert, an allen anderen Stationen wurden Biomassen unter 35,0 µg C l⁻¹ gemessen. Der Unterschied zwischen den südlichen und nördlichen Stationen war jedoch statistisch nicht signifikant (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0832$)

In 10 m Tiefe erreichte die Biomasse der Bakterien 12,1 bis 65,0 µg C l⁻¹ (Abb. 39 b.). Wie an der Oberfläche wurden die höchsten Werte an den südlichsten Stationen ermittelt mit den Maximalwerten von 65,0 µg C l⁻¹ an Station PS 51-92 und 44,6 µg C l⁻¹ an Station PS 51-80. An allen anderen Stationen wurden Biomassen < 30 µg C l⁻¹ gefunden. Die bakterielle Biomasse war im Süden signifikant höher (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0433$) als im Norden. Die geringste bakterielle Biomasse wurde an Station PS 51-159 festgestellt, wo ebenfalls die geringste Biomasse an der Oberfläche ermittelt wurde.

Beim Vergleich der Meßergebnisse an der Oberfläche und in 10 m Tiefe zeigte sich, daß die Bakterienbiomasse an sieben der neun Stationen (78%) an der Oberfläche höher war als in 10 m Tiefe. An den zwei verbleibenden Stationen (PS 51-92 und -125) war die Bakterienbiomasse in 10 m Tiefe geringfügig höher als an der Oberfläche.

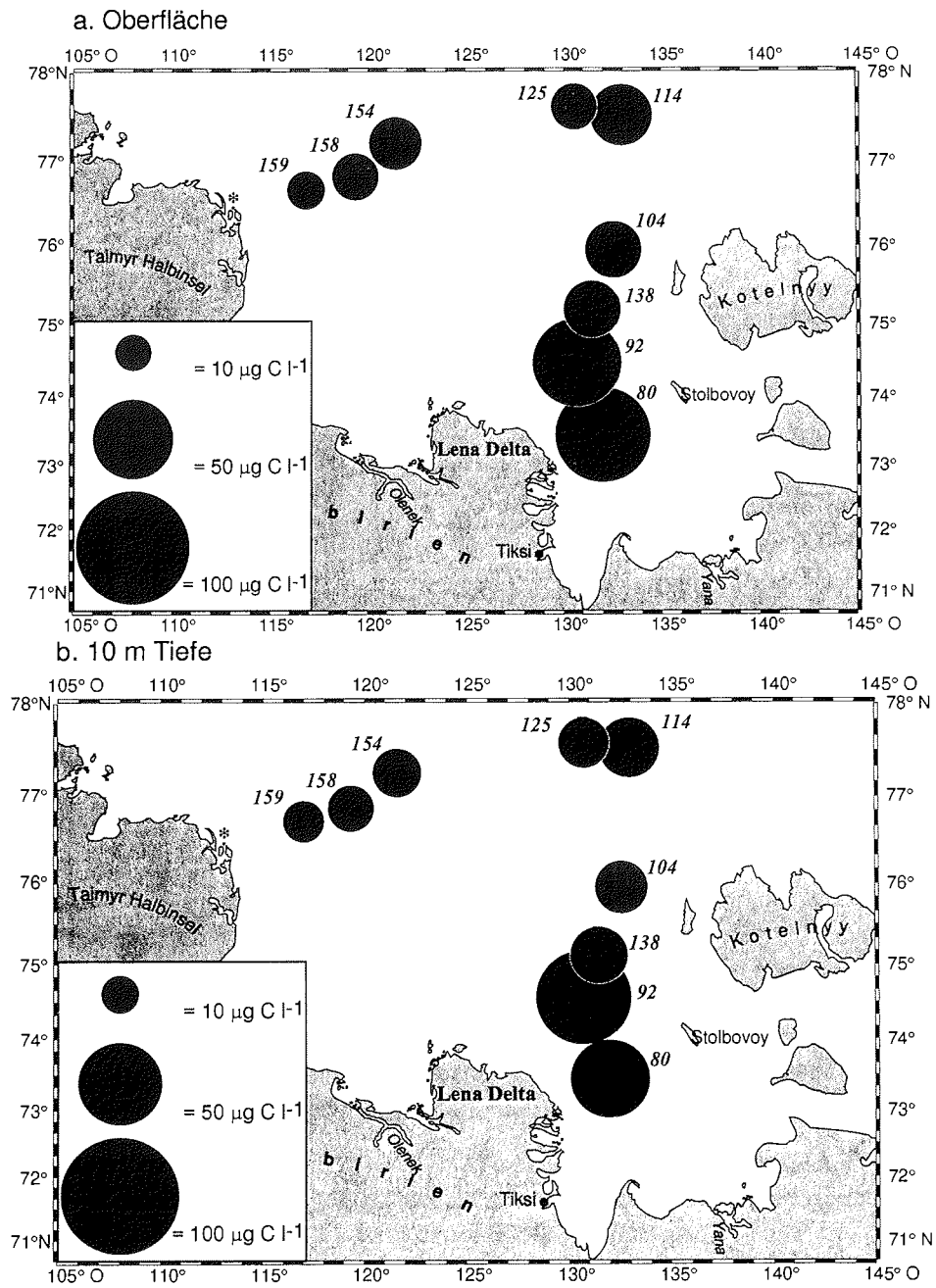


Abb. 39 Bakterielle Biomasse an der a. Oberfläche und in b. 10 m Tiefe während des Sommers.

6.9.1 Vergleiche zwischen der Biomasse der Bakterien und der Phytoplankter sowie der POC-Konzentration

Für die Proben des Sommers wurde der Beitrag der Bakterien und Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ und $>15 \mu\text{m}$ zur gesamten aus den Abundanzen errechneten Biomasse (im folgenden Biomasse genannt) bestimmt und mit den Konzentrationen an partikulärem organischen Kohlenstoff (POC) verglichen (Abb. 40). An der Oberfläche wurden im Mittel 53% der Biomasse von Bakterien, 25% von Phytoplanktern $\leq 15 \mu\text{m}$ und 22% von Phytoplanktern $>15 \mu\text{m}$ gebildet. In 10 m Tiefe waren ähnliche Verhältnisse mit 54, 24 und 22% zu finden. Die POC-Konzentration war durchschnittlich 45% höher an der Oberfläche bzw. 88% höher in 10 m Tiefe als die Biomasse.

Beim Vergleich der südlichen und nördlichen Stationen zeigten sich deutliche Unterschiede. An der Oberfläche war der Anteil der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ an der Biomasse im Süden mit 38% deutlich höher als im Norden (13%) (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0209$). In 10 m Tiefe war der Beitrag der Phytoplankter $>15 \mu\text{m}$ im Süden (29%) höher als im Norden (15%), dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,1489$). Die Bakterien waren im Norden mit 64% (Oberfläche) bzw. 62% (10 m) stärker an der Biomasse beteiligt als im Süden (41%, Oberfläche; 46%, 10 m). Auch diese Unterschiede waren nicht signifikant (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,2094$ und $p=0,1489$).

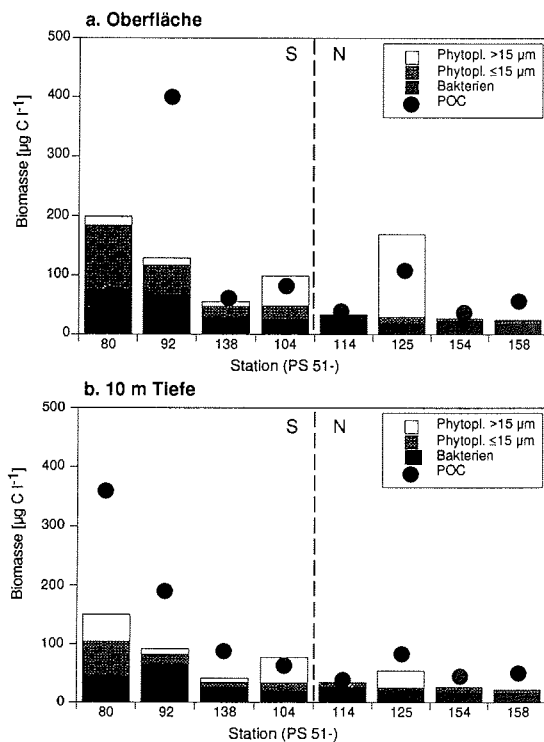


Abb. 40 Zusammensetzung der Biomasse [$\mu\text{g C l}^{-1}$] aus Phytoplanktern ($>15 \mu\text{m}$ und $\leq 15 \mu\text{m}$) und Bakterien) an der a. Oberfläche und in b. 10 m Tiefe. Zum Vergleich sind die Konzentrationen an partikulärem organischen Kohlenstoff (POC) eingetragen (Kreise). Die südlichen (S) und nördlichen Stationen (N) sind durch die gestrichelte Linie getrennt.

6.10 Gemeinschaftsanalyse

Zunächst werden die Ergebnisse des Vergleiches für die Biomasse der Phytoplanktongroßtaxa (z.B. Diatomeen, Dinoflagellaten) der drei Expeditionen dargestellt (Abb. 41 bis 43). Darauf folgen die Ergebnisse für die Analysen auf Basis der Biomasse aller Arten, bzw. höherer Taxa für die Expeditionen (Abb. 44 bis 47).

6.10.1 Gemeinschaftsanalyse der Großtaxa im Frühjahr aus 5 m Tiefe

Mit der Clusteranalyse der Biomassen für die Großtaxa im Frühjahr wurden die Stationen in zwei Cluster getrennt (Abb. 41). Drei Stationen aus dem südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes (LN 4, LN 4A, LN 8) bildeten mit einer Bray-Curtis-Ähnlichkeit (BCS) von 54% das Cluster 1. Die anderen Stationen mit Ausnahme der südlichsten Station LN 11 fügten sich zum Cluster 2 zusammen, das eine BCS von 53% aufwies. Die Darstellung des MDS-Plots trennte die beiden Cluster ebenfalls deutlich bei einem sehr geringen Streß (0,004).

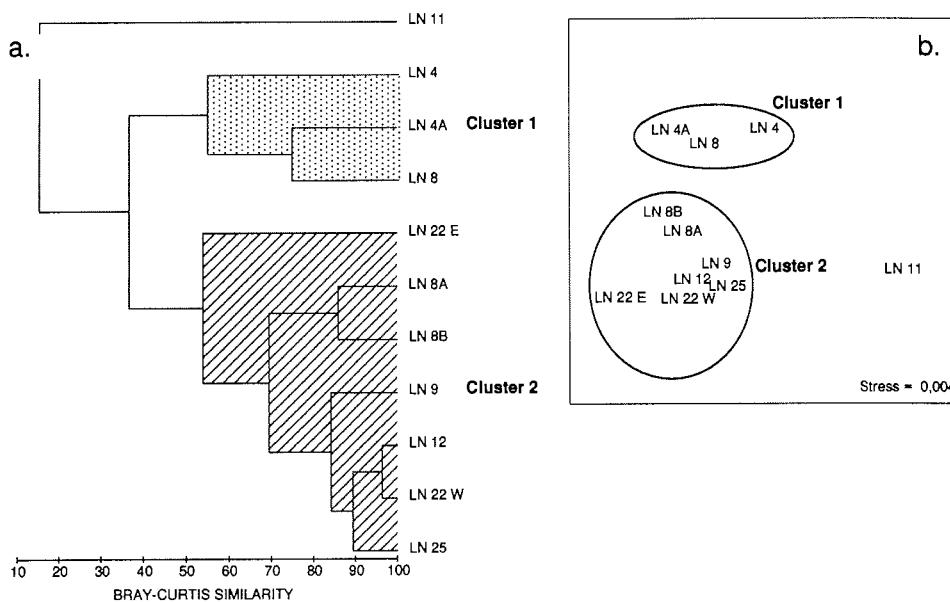


Abb. 41 Gemeinschaftsanalyse für die Großtaxa während des Frühjahrs, a. Dendrogramm und b. MDS-Plot.

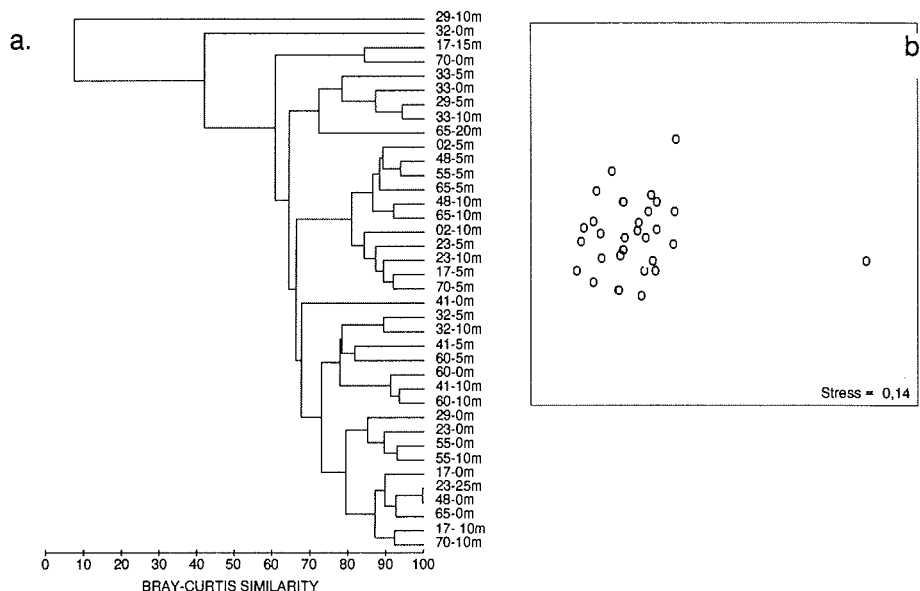


Abb. 43 Gemeinschaftsanalyse für die Großtaxa während des Herbstes für alle Tiefen, a. Dendrogramm und b. MDS-Plot.

6.10.4 Gemeinschaftsanalyse der Phytoplanktontaxa im Frühjahr in 5 m Tiefe

Durch die Clusteranalyse konnten aus den Biomassen der einzelnen Taxa des Frühjahres zwei Gruppen unterschieden werden (Abb. 44). Zwei Stationen aus dem südlichen Untersuchungsgebiet des Frühjahres mit Proben dreier Zeitpunkte (LN 4, LN 4A, LN 4B, LN 8, LN 8A und LN 8B) fügten sich mit einer BCS von 27% zum Cluster 1 zusammen. Das Cluster 2 wurde von vier Stationen aus verschiedenen Bereichen des Untersuchungsgebietes (LN 11, LN 12, LN 22W und LN 25) mit einer BCS von 31% gebildet. Der MDS-Plot bildete die analysierten Cluster mit einem sehr geringen Streß (0,08) ab.

6.10.5 Gemeinschaftsanalyse der Phytoplanktontaxa im Sommer in allen Tiefen

Mit Hilfe der Clusteranalyse ließen sich aus den Biomassen der einzelnen Taxa der Sommerproben zwei deutliche Gruppen unterscheiden (Abb. 45). Zu dem Cluster 1 fügten sich alle Proben der südlich gelegenen Stationen (PS51-80, -92, -104 und -138) mit einer BCS von 44% zusammen. Alle anderen Proben bildeten mit einer BCS von 52% das Cluster 2. Eine deutliche Untergruppierung in westliche und östliche Stationen kann hier nicht nachgewiesen werden. Der MDS-Plot unterstützte die Cluster 1 und 2 mit einem Streß von 0,1.

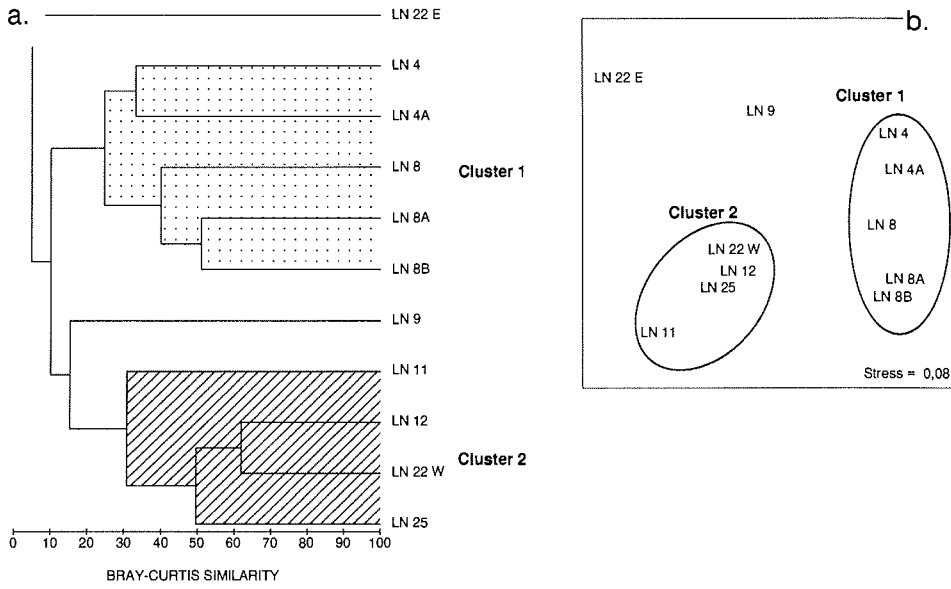


Abb. 44 Gemeinschaftsanalyse für die Arten und taxonomischen Gruppen während des Frühjahrs, a. Dendrogramm und b. MDS-Plot.

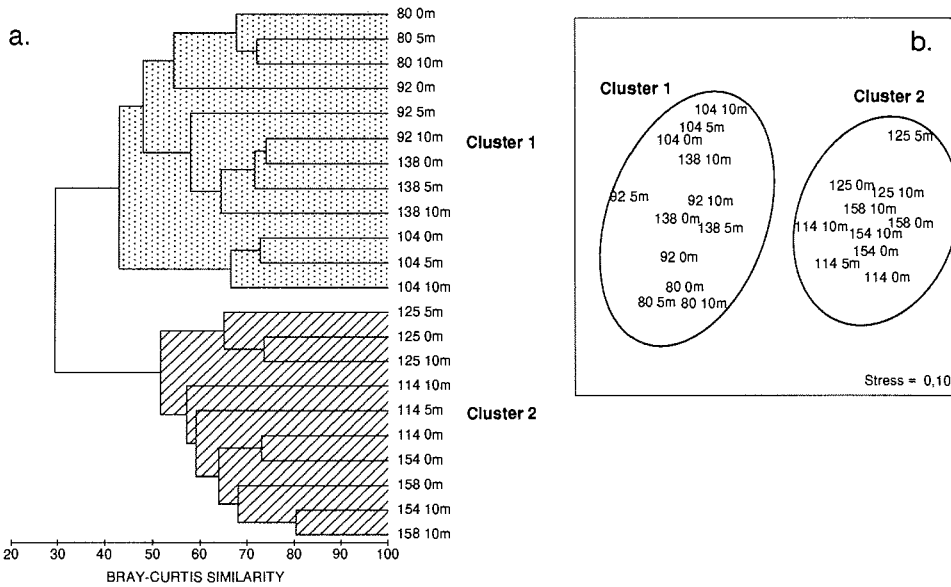


Abb. 45 Gemeinschaftsanalyse für die Arten und taxonomischen Gruppen während des Sommers für alle Tiefen (Dendrogramm und MDS-Plot).

6.10.6 Gemeinschaftsanalyse der Phytoplanktontaxa im Herbst in allen Tiefen

Mittels der Clusteranalyse der Herbstproben konnten auch für die Biomassen der einzelnen Taxa keine eindeutigen Gruppierungen unterschieden werden (Abb. 46). Weder eine regionale Auftrennung noch eine Aufgliederung nach Probenahmetiefe war mit dem Verfahren möglich. Die aus dem Dendrogramm ableitbaren Cluster waren durch die MDS-Darstellung nicht gedeckt. Zudem zeigt der MDS-Plot die Analyseergebnisse mit einem hohen Streß (0,2).

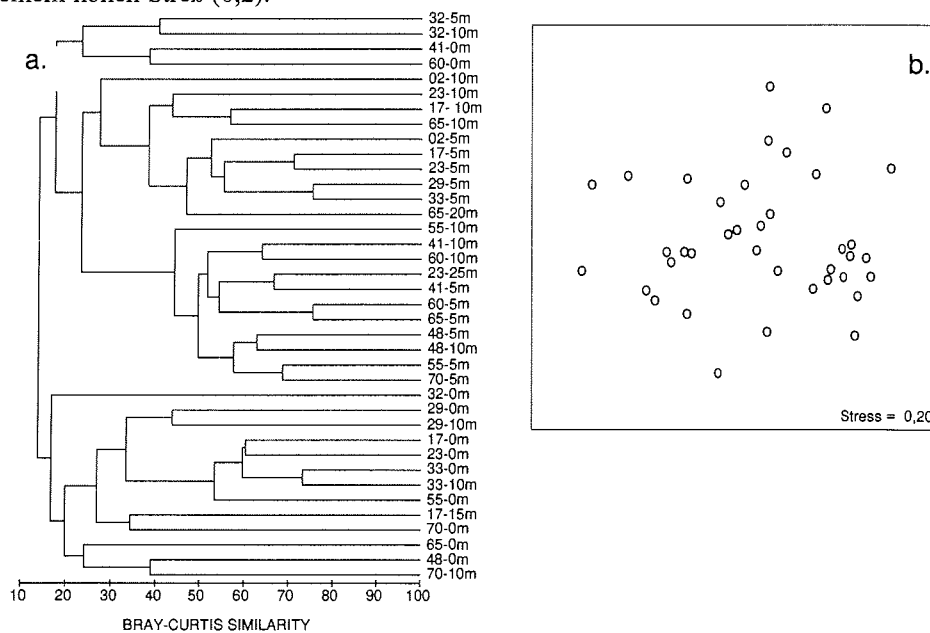


Abb. 46 Gemeinschaftsanalyse für die Arten und taxonomischen Gruppen während des Herbstes für alle Tiefen, a. Dendrogramm und b. MDS-Plot.

6.10.7 Gemeinschaftsanalyse der Phytoplanktontaxa im Herbst an der Oberfläche

Wurden die Biomassen der einzelnen Taxa des Herbstes nur aus dem Oberflächenwasser untersucht, so ließen sich drei Gruppen unterscheiden, wobei zwei der so ermittelten Cluster nur aus je zwei Stationen bestanden (Abb. 47). Cluster 1 beinhaltete die im Bereich des Lena-Deltas gelegenen Stationen KD95- 41 und -60 mit einer BCS von 40%. Sechs Stationen (KD95-17, -23, -29, -33, -48 und -55) aus verschiedenen Bereichen des Untersuchungsgebietes fügten sich zu dem Cluster 2 mit einer BCS von 32%. Das Cluster 3 mit einer BCS von 28% wurde von den Stationen KD95- 32 und -70 gebildet. Der MDS-Plot bestätigt die drei Cluster bei einem Streß von 0,12.

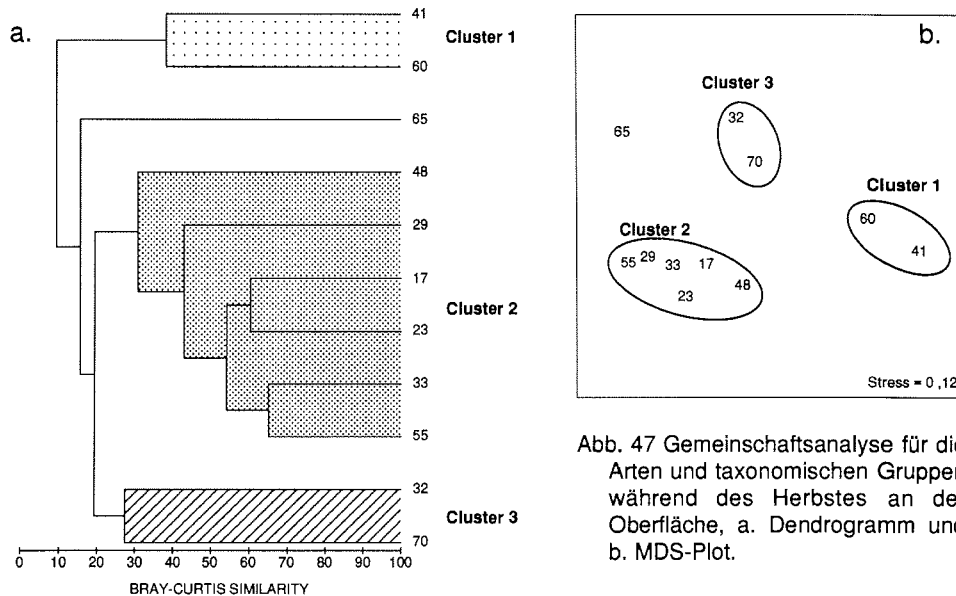


Abb. 47 Gemeinschaftsanalyse für die Arten und taxonomischen Gruppen während des Herbstes an der Oberfläche, a. Dendrogramm und b. MDS-Plot.

6.11 Parametervergleich der Stationsgruppen des Sommers

Abiotische und biotische Parameter der Oberfläche werden für die Regionen des Laptevmeeres auf Grundlage der Daten der Sommerexpedition vergleichend dargestellt (Abb. 48). Die in der Abbildung 45 (Clusterergebnisse, TDV) als Cluster 1 und Cluster 2 bezeichneten Stationsgruppen wurden als die Süd- (PS 51-80, -92, -138 und -104) bzw. Nord-Stationen (PS 51-114, -125, -154, -158 und -159) bezeichnet. Bei dem Vergleich der Primärproduktion und der Algenbiomasse wurden nur vier Nord-Stationen für den Vergleich zugrunde gelegt.

Beim Vergleich der Salinitäten, des Silikatgehaltes und der Lichttiefe ($Z_{1\%}$) beider Regionen zeigten sich deutliche Unterschiede (Abb. 48), wie sie auf Grund der geographischen Gegebenheiten, wie Entfernung von der Küste etc., zu erwarten waren. Auf den Stationen des Südens lagen die Salinitäten mit 5,3 bis 24,6 (Mittelwert 14,2) signifikant (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0290$) unter denen des Nordens mit Werten zwischen 29,7 und 31,7 (Mittelwert 30,7). Der Silikatgehalt der südlichen Stationen nahm Werte von 300 bis 1076 $\mu\text{g l}^{-1}$ (Mittelwert 736 $\mu\text{g l}^{-1}$) an, wogegen die nördlichen Stationen einen deutlich geringeren (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0143$) Silikatgehalt zwischen 34 und 132 $\mu\text{g l}^{-1}$ (Mittelwert 78 $\mu\text{g l}^{-1}$) aufwiesen. Die Lichttiefen ($Z_{1\%}$) im Süden schwankten zwischen 6,8 und 21,7 m (Mittelwert 16,3 m), im Norden waren sie mit Werten zwischen 32,5 und 37,9 m (Mittelwert 35,2 m) erheblich (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0290$) größer.

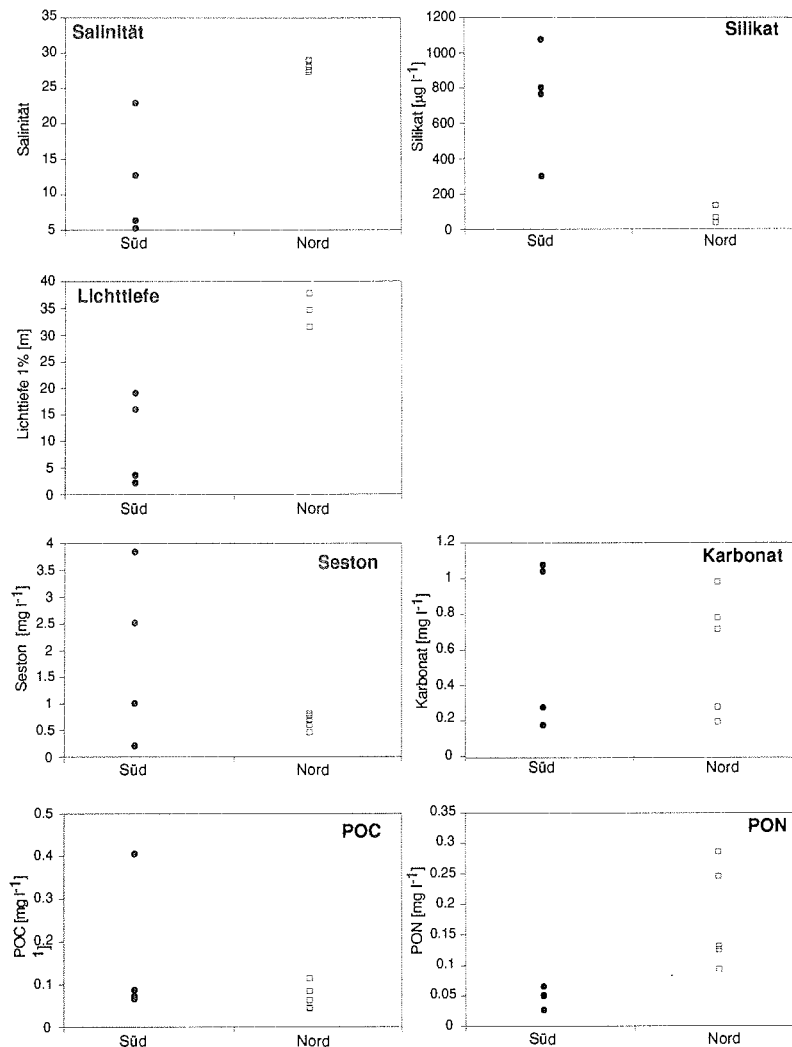


Abb. 48 Vergleich abiotischer und biotischer Parameter an der Oberfläche der südlichen (Süd) und nördlichen Stationen (Nord) des Sommers.

Die Gehalte an Seston, POC und PON zeigten ebenfalls Unterschiede zwischen den Süd- und Nord-Stationen. Der Karbonatgehalt im Seston dagegen war für beide Regionen ähnlich. Der Sestonengehalt war im Süden mit Werten zwischen 0,7 und 3,9 mg l^{-1} (Mittelwert 2,2 mg l^{-1}) leicht, aber nicht signifikant (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,1797$), höher als der im Norden, wo alle Werte in der Nähe des Mittelwertes von 1,1 mg l^{-1} lagen. Der Karbonatgehalt im Seston lag im Süden wie im Norden zwischen 0,6 und 1,0 mg l^{-1} (Mittelwert 0,8 mg l^{-1}). Der POC-Gehalt zeigte im Süden den höchsten Wert (0,07 bis 0,41 $\mu\text{g l}^{-1}$, Mittelwert 0,09 $\mu\text{g l}^{-1}$) und war generell leicht, aber nicht signifikant

(Mann-Whitney, U-Test: $p=0,1480$), höher als im Norden, wo die Werte zwischen $0,04$ und $0,11 \mu\text{g l}^{-1}$ (Mittelwert $0,07 \mu\text{g l}^{-1}$) lagen. Dagegen wurden im Norden leicht höhere Gehalte an PON ($0,17$ bis $0,31 \mu\text{g l}^{-1}$, Mittelwert $0,23 \mu\text{g l}^{-1}$) als im Süden ($0,12$ - $0,14 \mu\text{g l}^{-1}$, Mittelwert $0,13 \mu\text{g l}^{-1}$) gemessen.

Aus dem Süd-Nord-Vergleich der Chl *a*-Gehalte, anders als aus dem der Primärproduktionsraten, lassen sich deutliche regionale Unterschiede erkennen. Die Chl *a*-Gehalte der südlichen Stationen lagen zwischen $0,7$ und $3,8 \mu\text{g l}^{-1}$ (Mittelwert $2,4 \mu\text{g l}^{-1}$), die der nördlichen Stationen dagegen deutlich (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0275$) darunter (Mittelwert $0,7 \mu\text{g l}^{-1}$). Für die Primärproduktion wurde im Süden ein weiter Wertebereich gefunden ($-0,2$ bis $2,5 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$), im Norden lagen die Werte dagegen dicht beisammen ($-0,2$ bis $0,6 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$). Diese regionalen Unterschiede waren jedoch nicht signifikant (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,4705$).

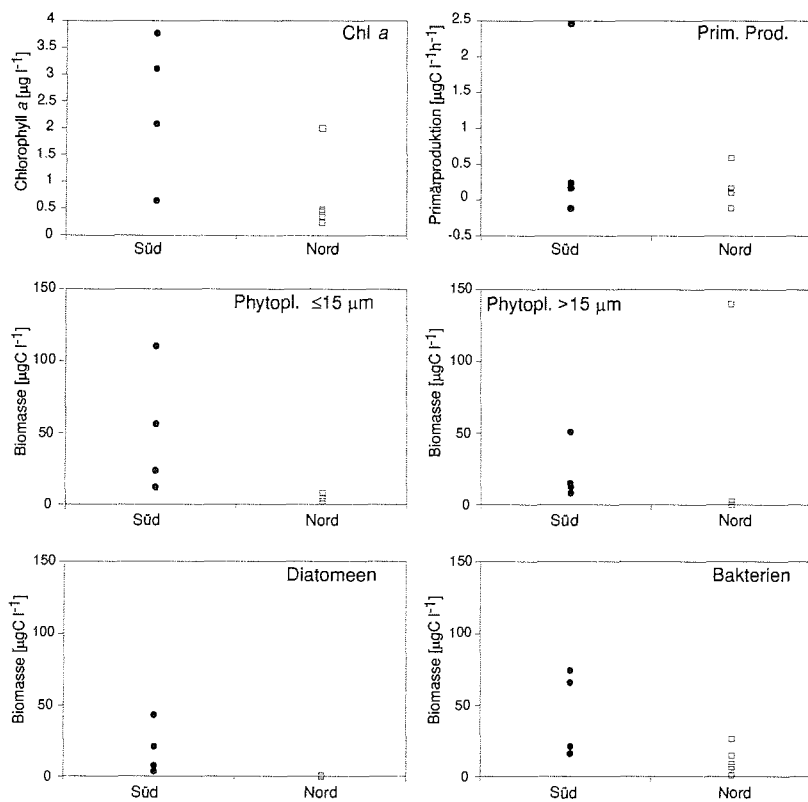


Abb. 48 Fortsetzung

Bei den Biomassen sowohl der Phytoplankter ($> 15 \mu\text{m}$, $\leq 15\mu\text{m}$ und Diatomeen) als auch der Bakterien zeigten sich teilweise deutliche Unterschiede zwischen den Regionen. Die Südstationen wiesen hier für die ermittelten Biomassen der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ und die Bakterien signifikant (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,0209$ und $p=0,0433$) höhere Werte auf. Die Gesamtbiomasse und die der Phytoplankter $> 15\mu\text{m}$ war hingegen nicht signifikant (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,2482$, beide Analysen). Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ waren im Süden mit Biomassen zwischen $18,8$ und $110,4 \mu\text{g C l}^{-1}$ (Mittelwert $51,2 \mu\text{g C l}^{-1}$) weit häufiger als im Norden ($2,9$ bis $11,0 \mu\text{g C l}^{-1}$, Mittelwert $5,8 \mu\text{g C l}^{-1}$). Die Biomassen der Phytoplankter $> 15 \mu\text{m}$ zeigten im Süden einen Mittelwert von $22,0 \mu\text{g C l}^{-1}$ (Werte zwischen $8,5$ und $51,1 \mu\text{g C l}^{-1}$), im Norden nahmen die Werte einen weiten Bereich an, so war an einer Station die Biomasse wegen des Massenaufretens autotropher athekater Dinoflagellaten (u.a. *Gyrodinium cf. greenlandicum*) mit $139,6 \mu\text{g C l}^{-1}$ stark erhöht. Bei den Diatomeen, die den wesentlichen Anteil an den größeren Algen haben, war der regionale Unterschied signifikant (Mann-Whitney, U-Test: $p=0,029$). Im Süden wurden Biomassen der Diatomeen zwischen $7,1$ und $48,5 \mu\text{g C l}^{-1}$ (Mittelwert $23,2 \mu\text{g C l}^{-1}$), im Norden nie über $0,3 \mu\text{g C l}^{-1}$ ermittelt. Auch die Biomassen der Bakterien waren im Süden mit Werten zwischen $25,1$ und $73,4 \mu\text{g C l}^{-1}$ (Mittelwert $48,0 \mu\text{g C l}^{-1}$) weit höher als im Norden, wo Biomassen zwischen $11,3$ und $30,5 \mu\text{g C l}^{-1}$ (Mittelwert $19,8 \mu\text{g C l}^{-1}$) gemessen wurden.

6.12 Faktorenanalyse

Mit Hilfe der Faktorenanalyse sollten die Zusammenhänge zwischen verschiedenen abiotischen und biotischen Parametern (Tabelle 8) für das Laptevmeer anhand der Daten der Sommerexpedition aufgezeigt werden.

6.12.1 Korrelationsmatrix

Die zunächst errechnete Korrelationsmatrix stellt die Beziehungen der 14 Parameter (Tabelle 8) untereinander dar (Tabelle 9). Je höher der Korrelationskoeffizient ist, desto enger ist die Beziehung zwischen den Parametern. Ein negativer Wert zeigt eine negative Korrelation an.

Die Primärproduktion zeigte die größte positive Korrelation ($0,798$) mit der Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ und war eng positiv mit dem Chl *a*-Gehalt ($0,747$), dem POC-Gehalt ($0,675$) und der Bakterienbiomasse ($0,638$), sowie negativ mit dem Grad nördlicher Breite ($-0,569$) korreliert. Auch der Chl *a*-Gehalt war am stärksten mit den Phytoplanktern $\leq 15 \mu\text{m}$ ($0,840$) korreliert und zeigte Korrelationen positiver Art mit der Primärproduktion ($0,747$), der Bakterienbiomasse ($0,711$) und negativer Art mit der Salinität ($-0,736$) und der Lichttiefe ($-0,565$).

Der POC-Gehalt war mit insgesamt acht der anderen 13 Faktoren korreliert, wogegen für den PON-Gehalt keine Korrelation nachgewiesen werden konnte. Am engsten war der POC-Gehalt mit der Bakterienbiomasse (0,910) korreliert. Weitere positive Korrelationen konnten mit dem Chl *a*-Gehalt (0,820), der Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ (0,747), der Primärproduktion (0,675) und dem Silikatgehalt (0,650) sowie negative Korrelationen mit der Salinität (-0,759), der Lichttiefe (-0,758) und dem Grad nördlicher Breite (-0,725) gezeigt werden.

Der Seston Gehalt und der Karbonatgehalt waren eng untereinander (0,895) und mit der Biomasse der Phytoplankter $> 15 \mu\text{m}$ korreliert. Für den Seston Gehalt wurde hier ein Korrelationskoeffizient von 0,529, für den Karbonatgehalt des Sestons ein Korrelationskoeffizient von 0,518 berechnet.

Die Bakterienbiomasse war mit acht anderen Faktoren korreliert, wobei die engste Korrelation mit dem POC-Gehalt (0,910) festgestellt wurde. Weitere positive Korrelationen wurden für die Primärproduktion (0,738), die Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ (0,713), den Chl *a*-Gehalt (0,711) und den Silikatgehalt (0,633) nachgewiesen.

Tabelle 8: Verwendete Abkürzungen für die Faktorenanalyse

Primprod	Primärproduktion [$\mu\text{gC/l}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$]
Chl <i>a</i>	Chlorophyll <i>a</i> [$\mu\text{g/l}^{-1}$]
$^{\circ}\text{N}$	Grad nördlicher Breite [ϕN]
WT	Wassertiefe[m]
S	Salzgehalt
Si	Silikatgehalt [$\mu\text{g/l}^{-1}$]
POC	Partikulärer organischer Kohlenstoff [$\mu\text{g/l}^{-1}$]
PON	Partikulärer organischer Stickstoff [$\mu\text{g/l}^{-1}$]
Seston	Seston Gehalt [mg/l]
Karb.Sest.	Karbonatgehalt im Seston [mg/l $^{-1}$]
Bakt.	Bakterienbiomasse [$\mu\text{gC/l}^{-1}$]
Licht	Lichttiefe $Z_{1\%}$ [m]
PP < 15	Phytoplankton ($< 15 \mu\text{m}$)-biomasse [$\mu\text{gC/l}^{-1}$]
PP > 15	Phytoplankton ($> 15 \mu\text{m}$)-biomasse [$\mu\text{gC/l}^{-1}$]

Tabelle 9: Korrelationsmatrix der Faktorenanalyse. Die Abkürzungen sind in Tabelle 8 erklärt. Beträge $> 0,5$ sind hervorgehoben, der höchste Betrag jeweils unterstrichen.

	Primprod	Chl <i>a</i>	$^{\circ}\text{N}$	WT	S	Si	POC	PON	Seston	Karb.Sest.	Bakt.	Licht	PP ≤ 15	PP > 15
Primprod	1	0.747	-0.569	-0.105	-0.411	-0.041	0.675	-0.156	0.237	-0.074	0.638	-0.403	0.798	0.309
Chl <i>a</i>	0.747	1	-0.361	-0.219	-0.736	0.255	0.82	-0.337	0.246	-0.141	0.711	-0.565	<u>0.84</u>	0.194
$^{\circ}\text{N}$	-0.569	-0.361	1	0.294	0.346	-0.56	-0.725	0.206	-0.245	-0.103	-0.673	0.559	-0.5	-0.279
WT	-0.105	-0.219	0.294	1	0.522	-0.265	-0.326	0.09	-0.233	-0.074	-0.381	0.588	-0.369	-0.048
S	-0.411	-0.736	0.346	0.522	1	-0.473	-0.759	0.269	-0.19	0.194	-0.755	<u>0.901</u>	-0.726	0.007
Si	-0.041	0.255	-0.56	-0.265	-0.473	1	0.65	-0.158	-0.027	-0.118	0.633	-0.6	0.096	-0.141
POC	0.675	0.82	<u>0.725</u>	-0.326	-0.759	0.65	1	-0.224	0.215	-0.139	0.91	-0.758	0.747	0.086
PON	-0.156	-0.337	0.206	0.09	0.269	-0.158	-0.224	1	-0.277	-0.224	-0.203	0.308	-0.318	-0.426
Seston	0.237	0.246	-0.245	-0.233	-0.19	-0.027	0.215	-0.277	1	0.895	0.17	-0.137	0.397	<u>0.529</u>
Karb.Sest.	-0.074	-0.141	-0.103	-0.074	0.194	-0.118	-0.139	-0.224	0.895	1	-0.151	0.182	0.022	0.518
Bakt.	0.638	0.711	-0.673	-0.381	-0.755	0.633	0.91	-0.203	0.17	-0.151	1	-0.755	0.713	-0.078
Licht	-0.403	-0.565	0.559	0.588	<u>0.901</u>	-0.6	-0.758	0.308	-0.137	0.182	-0.755	1	-0.586	-0.107
PP < 15	0.798	0.84	-0.5	-0.369	-0.726	0.096	0.747	-0.318	0.397	0.022	0.713	-0.586	1	0.246
PP > 15	0.309	0.194	-0.279	-0.048	0.007	-0.141	0.086	-0.426	0.529	0.518	-0.078	-0.107	0.246	1

Negativ korreliert war die Bakterienbiomasse mit der Salinität (-0,755), der Licht- (-0,755) und Wassertiefe (-0,673).

Die Lichttiefe war ebenfalls mit acht der Faktoren korreliert. Die engste positive Korrelation trat mit der Salinität (0,910) auf, weitere positive Korrelationen waren mit der Wassertiefe (0,588) und dem Grad nördlicher Breite (0,559) feststellbar. Mit folgenden Parametern war die Lichttiefe negativ korreliert: dem POC-Gehalt (-0,758), der Biomasse der Bakterien (-0,755), dem Silikatgehalt (-0,600), der Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ (-0,586) und dem Chl *a*-Gehalt (-0,565).

Die Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ war mit insgesamt sieben Parametern korreliert. Die engste Korrelation war mit dem Chl *a*-Gehalt (0,840) feststellbar. Weiterhin war sie positiv mit der Primärproduktion (0,798), dem POC-Gehalt (0,747) und der bakteriellen Biomasse (0,713) korreliert. Negative Korrelationen konnten mit der Salinität (-0,726) und der Lichttiefe (-0,586) beobachtet werden. Die Biomasse der Phytoplankter $> 15 \mu\text{m}$ war lediglich mit dem Sestonengehalt (0,529) und dem Karbonatgehalt des Sestons (0,518) korreliert.

6.12.2 Charakterisierung der Faktoren

Mittels der Faktorenanalyse (Tabelle 10) wurden aus den vorliegenden Komponenten bei einer geschätzten Faktorenzahl von sieben vier Faktoren extrahiert, die gemeinsam die Varianz der Proben zu 82,3% erklärten (Tabelle 11). Aus der Schieflösungs-Referenzstruktur-Korrelationsmatrix (Tabelle 12) läßt sich ersehen, wie stark die Faktoren mit den Eingangsparametern korreliert waren.

Faktor 1, der 45,9% der Probenvarianz erklärte (Tabelle 11), ist eng positiv mit der Primärproduktion (0,865), dem Chl *a*-Gehalt (0,748) und der Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ (0,731) korreliert (Tabelle 12). Faktor 2, mit dem 18,4% der

Tabelle 10: Zusammenfassung der Tabelle 11: Eigenwerte der Faktorenanalyse
Faktorenanalyse

Anzahl Variablen	14				
Geschätzte Faktorenanzahl	7				
Faktorenanzahl	4	Wert 1	6.424	0.459	45.9
Anzahl der Fälle	18	Wert 2	2.575	0.184	64.3
Anzahl fehlender Werte	4	Wert 3	1.484	0.106	74.9
Freiheitsgrade	104	Wert 4	1.037	0.074	82.3
Bartlett's Chiquadrat	454.318	Wert 5	0.942	0.067	
P-Wert	<,0001	Wert 6	0.668	0.048	
		Wert 7	0.398	0.028	

Faktorenextraktions-Methode:
Hauptkomponenten
Extraktionsregel: Vorgabe-Methode
Transformationsmethode:
Orthotran/Varimax

	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
Primprod	0.865	0.081	0.00	0.249
Chl a	0.748	-0.003	-0.057	-0.106
°N	-0.176	-0.248	-0.692	-0.249
WT	0.143	-0.127	0.1	0.767
S	-0.341	0.101	0.007	0.566
Si	-0.297	-0.093	0.798	-0.088
POC	0.463	-0.02	0.429	-0.032
PON	-0.111	-0.434	-0.057	0.091
Seston	0.016	0.878	-0.047	-0.149
Karb.Seston	-0.287	0.936	0.025	-0.003
Bakt.	0.398	-0.089	0.403	-0.115
Licht	-0.174	0.032	-0.244	0.47
PP<15	0.731	0.156	-0.131	-0.182
PP>15	0.174	0.755	-0.01	0.169

Tabelle 12: Schieflösungs-Referenzstruktur-Korrelationsmatrix der Faktorenanalyse. (Werte >0,5 sind hervorgehoben)

Varianz erklärt werden konnten, zeigte eine enge Korrelation mit dem Karbonatgehalt des Sestons (0,936), dem Sestongehalt (0,878) und der Biomasse der Phytoplankter >15 μm (0,755). Für Faktor 3, der 10,6% der Varianz erklärte, konnte eine positive Korrelation mit dem Silikatgehalt (0,798) und eine negative Korrelation mit dem Grad nördlicher Breite (-0,692) nachgewiesen werden. Der noch 7,4% der Varianz erklärende Faktor 4 war mit der Wassertiefe (0,767) und der Salinität (0,566) korreliert.

6.12.3 Graphische Darstellung der Faktoren

Der Vergleich der Faktoren miteinander erfolgt in Schief-Faktoren-Diagrammen (Abb. 49), wobei die Lage der Parameter in der von je zwei Faktoren aufgespannten Matrix ihre Zusammenhänge untereinander zeigt.

Im Diagramm der Faktoren 1 und 2 (Abb. 49 a.) waren die Parameter "Primärproduktion", "Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ " und "Bakterien", "Chl a-Gehalt" und "POC-Gehalt" nah bei einander lokalisiert. Der Parameter "Silikatgehalt" fand sich in der Nähe dieser Gruppe. Die Parameter "Karbonatgehalt des Sestons", "Sestongehalt" und "Biomasse der Phytoplankter >15 μm " fanden sich zu einer zweiten Gruppe. Alle anderen Parameter ("Salinität", "Lichttiefe" und "Wassertiefe", "Grad nördlicher Breite" und "PON-Gehalt") waren entfernt von diesen Gruppen zu einer dritten, nicht so eng zusammenliegenden Gruppe angeordnet. Die schiefwinkligen Achsen standen in einem Winkel von 65° zueinander.

Das Diagramm der Faktoren 1 und 3 (Abb. 49 b.) zeigt ebenso wie Abb. 49 a. die Gruppenbildung der Parameter "Primärproduktion", "Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ " und "Bakterien", "Chl a-Gehalt" und "POC-Gehalt". Die Parameter der zweiten und dritten Gruppen fanden sich wieder zusammen. Der Parameter Silikatgehalt, der in Abb. 49 a. in relativer Nähe zur ersten Gruppe plazierte, rückte näher an die zweite Gruppe der Parameter heran. Die beiden schiefwinkligen Achsen standen in einem Winkel von 35° zueinander.

Im Diagramm der Faktoren 2 und 3 (Abb. 49 d.) waren nur die Parameter der zweiten Gruppe deutlich zueinander angeordnet. Die Parameter, die sich in den vorangegangenen Abbildungen (49 a.-c.) zu Gruppierungen zusammenfanden, ließen kein deutliches Ordnungsschema erkennen. Der Parameter "Silikatgehalt" stand separat im Diagramm. Die schiefwinkligen Achsen standen in einem Winkel von 52° zueinander.

Das Diagramm der Faktoren 2 und 4 (Abb. 49 e.) ähnelt der vorhergehenden Abbildung (49 d.). Auch hier waren nur die Parameter der zweiten Gruppe deutlich beieinander angeordnet. Die anderen Parameter lagen in der Mitte des Diagramms. Nur der Parameter "Grad nördlicher Breite" stand abseits. Die schiefwinkligen Achsen standen in einem relativ großen Winkel von 63° zueinander. Bei dem Diagramm der Faktoren 3 und 4 (Abb. 49 f.) lassen sich keine klaren Gruppierungen erkennen. Die schiefwinkligen Achsen stehen mit 72° zueinander.

6.13 Laborversuch zur Ökologie

Um das Wachstum einer Phytoplanktonmischkultur aus dem Laptevmeer bei verschiedenen Temperaturen, Salinitäten und Silikatkonzentrationen zu testen, wurde diese sechs Wochen bei definierten Temperaturen (0, 4, 8 und 12°C) in Medien mit Salinitäten von 15, 20, 25 und 30 sowie einfacher (f/2-Medium) und erhöhter Silikatgabe (f/2-Medium + Silikat) gehältert. Zunächst werden die wöchentlich gemessenen Chl *a*-Konzentrationen für die vier Salinitäten im Verlauf des Versuches gezeigt (Abb. 50).

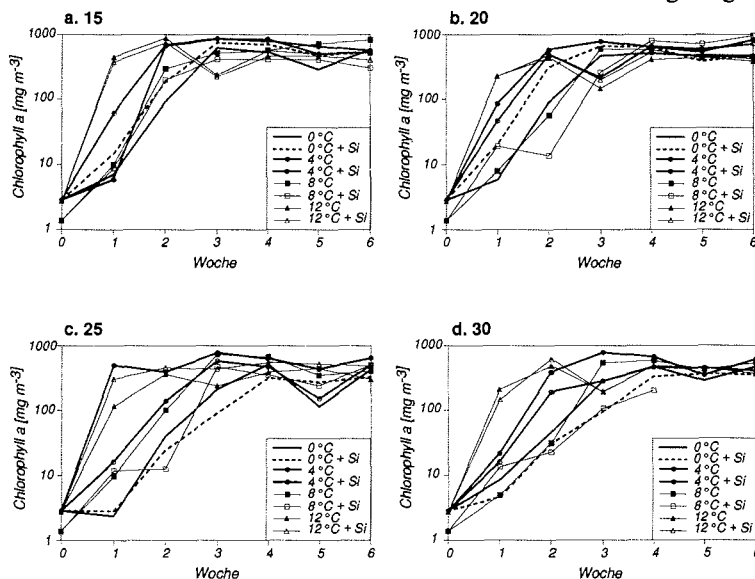


Abb. 50 Wachstumsverlauf der Kulturen, angegeben als Änderung der Chl *a*-Konzentration, während des sechswöchigen Versuches für Salinitäten von a. 15, b. 20, c. 25 und d. 30.

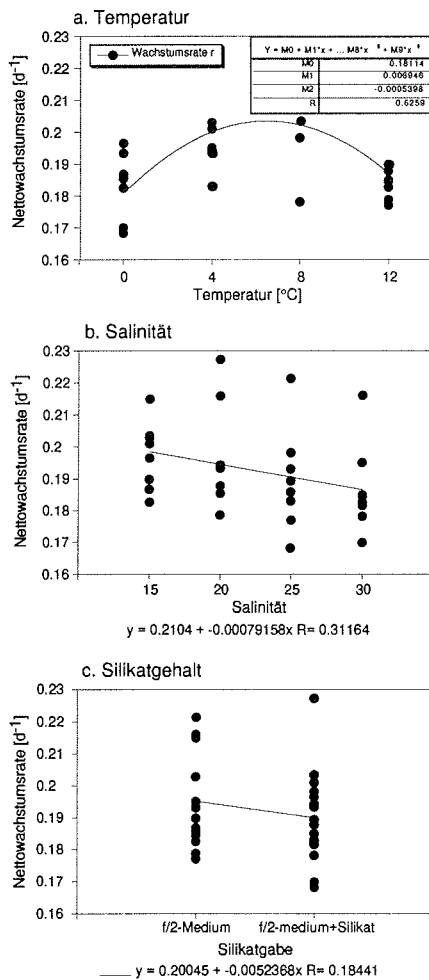


Abb. 51 Nettowachstumsraten für die ersten vier Versuchswochen für die verschiedenen a. Temperaturen, b. Salinitäten und c. Silikatgehalte. Die Regression ist angegeben.

Darauf folgt die Darstellung der Nettowachstumsraten der Kulturen über die vier ersten Versuchswochen für die verschiedenen Temperaturen, Salinitäten und den Silikatgehalte (Abb. 51).

In allen Versuchsansätzen konnte ein deutlicher Anstieg des Chl *a*-Gehaltes über den Versuchszeitraum beobachtet werden (Abb. 50). Maximal wurden am Ende des Versuchs Chl *a*-Gehalte von 963,8 mg m⁻³ (8 °C, S=20 +Si) gemessen. Bei den meisten Kulturen wurde das Ende der logarithmischen Wachstumsphase nach drei Wochen erreicht.

Beim Vergleich der Nettowachstumsraten (Abb. 51) zeigte sich nur für die verschiedenen Temperaturen ein deutlicher Einfluß auf das Wachstum der Algen. Hier konnte eine Kurve angepaßt werden (R=0,6259), die deutlich die höchsten Nettowachstumsraten zwischen 4 und 8 °C zeigte. Für die verschiedenen Salinitäten (R=0,31164) und den Silikatgehalt (R=0,18441, Mann-Whitney, U-Test: p=0,6482) konnte kein Einfluß auf das Wachstum der Phytoplanktonkulturen gezeigt werden.

6.14 Das Phytoplankton des Laptevmeeres während der Jahreszeiten

In diesem Kapitel werden die Phytoplanktongemeinschaften des Laptevmeeres für die einzelnen Jahreszeiten charakterisiert. Zunächst erfolgt eine Darstellung der abiotischen Umwelt basierend auf publizierten Daten bzw. Kapitel 6.1-6.3. Dem schließt sich auf Grundlage der Einzelergebnisse der abiotischen Parameter (6.4-6.13) die Beurteilung der Gemeinschaften in den einzelnen Jahreszeiten an (Tabelle 13). Abschließend werden die charakteristischen Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Phytoplanktons im Laptevmeer während der drei untersuchten Jahreszeiten vergleichend erörtert.

Tabelle 13: Vergleich abiotischer und biotischer Parameter im Laptevmeer während der drei Jahreszeiten (n.d.: nicht determiniert)

Parameter	Frühjahr 1996 (unter dem Eis)	Sommer 1998	Herbst 1995
Oberflächentemperatur [°C]	-0,8 bis -0,1 (Pivovarov et al. 1999)	-0,6-4,1	-1,5-1,2 (Dmitrenko et al. 1997)
Oberflächensalinität	0-13 (Pivovarov et al. 1999)	5,3 -31,7	8,7-28,4 (Dmitrenko et al. 1997)
Silikat [$\mu\text{g l}^{-1}$]	max. 3400 (Pivovarov et al. 1999)	120-1040	max. 1500 (Pivovarov et al. 1997)
Seston [mg l^{-1}]	<1 - >20 (Pivovarov et al. 1999)	0,7-3,9	max. 8 (Lindemann 1998)
POC [mg m^{-3}]	n.d.	40-410	n.d.
Chlorophyll a [mg m^{-3}]	0,1-7,4	0,1-4,4	max. 3,2 (Juterzenka & Knickmeier 1999)
Primärproduktion [$\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$]	n.d.	max. 3,1	n.d.
Phytoplankton(>15 μm)- abundanz [Zellen l^{-1}]	80-1,6*10 ⁶	312-2,5*10 ⁶	0-1,7*10 ⁴
Diatomeenabundanz [Zellen l^{-1}]	max. 1,6*10 ⁶	max. 2,5*10 ⁶	max. 1,4*10 ⁴
Phytoplankton(>15 μm)- biomasse [$\mu\text{g C l}^{-1}$]	max. 88,4	max. 225,8	max. 5,7
Anzahl distinkter Gemeinschaften	2	2	Klassifizierung nicht möglich
regionaler Einfluß der Lena	stark um das Lena- Delta	im südöstlichen Laptevmeer	um das Lena-Delta

6.14.1 Die Phytoplanktongemeinschaften des Frühjahres

Im Verlaufe der Frühjahrsexpedition stieg die Menge des aus der Lena ausströmenden Flußwassers dramatisch an, gleichzeitig brach das Flußeis auf. Im Frühjahr kann im Extremfall 500mal mehr Wasser aus der Lena in das Laptevmeer strömen als im Winter (Pivovarov *et al.* 1999). Das nur in geringen Mengen während des Winters ausströmende Lenawasser besitzt hohe Silikatgehalte, aber wegen der geringen Strömungsgeschwindigkeiten nur geringe Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff und Seston (Pivovarov *et al.* 1999). Mit dem Aufbrechen der Lena strömt Wasser mit jetzt geringe-

rem Silikatgehalt in das südöstliche Laptevmeer und bildet zwischen dem Eis und dem durch eine Dichtesprungschicht separierten unterliegenden brackigen Wasser eine stetig wachsende Süßwasserlinse (ebd.). Die Autoren vermuten, daß der Transport suspendierten Materials während des Flußaufbruchs hauptsächlich entlang dieser Sprungschicht bis weit in das südöstliche Laptevmeer hinein erfolgt.

Die während des Frühjahrs gemessenen Chl *a*-Gehalte (maximal 7,4 mg m⁻³) deuten auf ein beginnendes Phytoplanktonwachstum unter dem Eis hin. Besonders an den nördlichen Stationen waren Biomassen zu finden, die denen der weit nördlich gelegenen Sommerstationen mit Werten von maximal 4,4 mg m⁻³ vergleichbar waren. An zwei Frühjahrsstationen wurden sogar die höchsten Chl *a*-Konzentrationen für alle Jahreszeiten dieser Untersuchung gefunden. Trotz der bis zu 2,07 Meter dicken Eisdecke gelangte genug Licht in das Wasser, um dort das Algenwachstum zu ermöglichen. Die Zunahme der Chl *a*-Konzentrationen an den südlichen Stationen über die Zeit bestätigt die Hypothese des beginnenden Phytoplanktonwachstums unter dem Eis.

Die fünf Pigmente, die über die HPLC identifiziert wurden, ließen sich über den chemotaxonomischen Ansatz (Jeffrey 1980, van den Hoek *et al.* 1993) im wesentlichen den Diatomeen und Cyanophyceen zuordnen. Das an allen Stationen festgestellte Fucoxanthin kam stets mit Chl *a* und in zwei der sechs Proben mit Chl *c* + *c*₂ zusammen vor und zeigt das Vorkommen von Diatomeen im Gebiet an. Zeaxanthin, das ebenfalls in allen Proben gemessen wurde, weist auf Cyanophyceen hin. Das Vorkommen von Prochlorophyten, die ebenfalls dieses Pigment besitzen, wurde wegen des fehlenden Nachweises von Chl *b* ausgeschlossen. Da nach Chisholm *et al.* (1992) Prochlorophyten bisher nur für temperierte und gemäßigte Breiten beschrieben wurden, ist ihr Vorkommen im polaren Laptevmeer zudem nicht wahrscheinlich. Auch Chlorophyceen und Prasinophyceen konnten mit der HPLC in den Proben nicht nachgewiesen werden, da das für sie typische Chl *b* nicht bestimmt wurde.

Mit insgesamt 52 Phytoplanktontaxa (davon 31 Diatomeen) war das Phytoplankton im Frühjahr artenreich und bestand im wesentlichen aus Süßwasserarten und euryhalinen (Brackwasser-) Arten. Die Zellzählungen und die berechneten Biomassen zeigten dasselbe Muster wie das durch die Pigmentmessungen festgestellte. An den nördlichen Stationen wurden höhere Abundanzen und Biomassen als an den südlichen bestimmt. Dies geht einher mit den höheren Chl *a*-Gehalten an diesen Stationen. Diatomeen waren hinsichtlich der Abundanzen und Biomassen das vorherrschende Taxon an allen Stationen, was durch die Verteilung der typischen Pigmente bei der HPLC bestätigt wurde. Das Vorkommen weniger Dinoflagellaten, die bei der Mikroskopie gezählt wurden, konnte über die Pigmentzusammensetzung nicht bestätigt werden. Auch die in Probe LN 4B mikroskopisch bestimmten Chlorophyceen (*Scenedesmus quadricauda*) waren über das Pigmentsignal der HPLC nicht auszumachen. Stattdessen wurden an der

in einer größeren Tiefe genommenen Probe (9 m gegenüber 3 m) das Pigment Zeaxanthin gemessen, was einen Hinweis auf das Vorkommen von Cyanophyceen liefert. Entweder kamen die Cyanophyceen nur in größeren Wassertiefen vor, was aber bei sechs Meter Unterschied in der Probenahmetiefe nicht anzunehmen ist, oder sie wurden in der Probe unter dem Mikroskop übersehen. Vermutlich handelte es sich um solitäre Cyanophyceen, die durch den hohen Sedimentgehalt in den Proben verdeckt waren.

Das Vorkommen der einzelnen Taxa spiegelt gut die Verteilung der Gesamtbiomasse gemessen als PPC (Phytoplanktonkohlenstoff) und Chl *a* wider, mit deutlich an Biomasse ärmeren Stationen im Süden des Untersuchungsgebietes. Die Clusteranalyse bildete diese deutlichen Unterschiede zwischen den nördlichen und südlichen Stationen in der Bildung zweier Gemeinschaften ab.

Über diesen deutlichen Unterschied zwischen den südlichen und nördlichen Stationen hinsichtlich der Biomasse kann hier nur spekuliert werden. Dadurch, daß sich an den nördlichen Stationen ein Wasserkörper mit weniger Trübstoffen befand (Pivovarov *et al.* 1999), standen den Algen hier durch die größere Lichtverfügbarkeit bessere Lebensbedingungen zur Verfügung. Zusätzlich sind die geringeren Salinitäten an den südlichen Stationen ein Hinweis auf einen stärkeren Einstrom von Flußwasser, das zu dieser Zeit, anders als im Sommer, vermutlich nur wenige Süßwasseralgen transportierte. An den nördlichen Stationen war der Wasserkörper stabiler, so daß sich hier das Phytoplankton unter dem Eis entwickeln konnte.

Insgesamt wurde das Phytoplankton im südlichen Laptevmeer während der Frühjahrsexpedition im Übergang zwischen der für den arktischen Winter typischen Phytoplanktongemeinschaft unter dem Eis mit geringen Biomassen ($<0,5 \text{ mg m}^{-3}$) und der blühenden Frühjahrgemeinschaft angetroffen. Der Lena, die während dieser Zeit vermehrt Süßwasser in das südöstliche Laptevmeer einträgt, kommt besondere Bedeutung für die Artenzusammensetzung und Ausdehnung der Gemeinschaften zu.

6.14.2 Die Phytoplanktongemeinschaften des Sommers

Während des Sommers waren deutliche Unterschiede zwischen den abiotischen Bedingungen im Süden und Norden des Untersuchungsgebietes festzustellen. Im Süden, dem direkten Ausstrombereich der Lena, war die Deckschicht mit warmem gering salinem Wasser bis zu 15 m mächtig. An der Oberfläche der drei südlichsten Stationen wurden durchweg positive Temperaturen ($>0^\circ \text{ C}$) festgestellt. Die Silikatgehalte in diesem Bereich erreichten Konzentrationen von bis zu $1040 \mu\text{g l}^{-1}$, dieser Nährstoff war für das Wachstum des Phytoplanktons nicht limitierend. Zudem waren die Sestonergehalte auf den südlichen küstennahen Stationen hoch, ein deutliches Anzeichen für die mit dem Flußwasser einströmenden Sedimentpartikel, aber auch für vom Boden aufwirbelndes

Material in diesem Bereich geringer Wassertiefen. Die euphotische Zone zeigte hier wegen der großen Menge an Sediment- aber auch biologischen Partikeln eine geringe Tiefe.

Im Nordosten dagegen herrschte in den obersten 30 bis 50 m eine Schicht kalten, gering salinen und Silikat-ärmeren Wassers vor, das Tauwasser des schmelzenden Meereises. Erst mit der Tiefe wurden höhere Temperaturen, Salinitäten und Silikatgehalte erreicht. Der Nährstoff Silikat war in der oberen Schicht in geringerem Maße als in der Tiefe vorhanden. Dies kann als typisches Signal einer Nachblütensituation interpretiert werden. Nach Sakshaug (1989) folgt das Phytoplankton beim Zurückweichen des Meereises im Sommer einer typischen Sukzession: Mit dem Zurückweichen des Meereises nach Norden wird der Wasserkörper durch den Schmelzprozeß stabilisiert und es gelangt mehr Licht in das Wasser, in dem neben aus dem Eis freigesetzten Nährsalzen auch die während des Winters nicht verbrauchten Nährstoffe vorhanden sind. Unter diesen Bedingungen kommt es an der Eiskante zur Blüte im Phytoplankton, die eine Massenentwicklung der Zooplankter, aber auch das Aufbrauchen der Nährstoffe nach sich zieht.

Die Sestonergehalte an der Oberfläche waren im Nordosten meist gering. Im Nordwesten war an allen Stationen eine ca. 15 bis 20 Meter starke stabile Deckschicht wärmeren Wassers mit geringerer Salinität und reduziertem Silikatgehalt gegenüber dem unterliegenden Wasser zu finden. Die Sestonergehalte in diesem Bereich waren ebenfalls gering.

Die über den Chl *a*-Gehalt abgeschätzte Biomasse (maximal $4,4 \text{ mg m}^{-3}$) war im Süden höher als im Norden (maximal $2,1 \text{ mg m}^{-3}$), mit Ausnahme der nordöstlichen Station PS 51-125, wo aufgrund des Massenvorkommens autotropher Dinoflagellaten hohe Biomassen bestimmt wurden. Die Meßwerte im Süden erreichten fast die Maximalwerte ($7,4 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$) des Frühjahrs. Bei den integrierten Chl *a*-Konzentrationen waren die Unterschiede zwischen den nördlichen und südlichen Sommerstationen reduziert, da aufgrund der größeren Wassertiefe der nördlichen Stationen über einen weiteren Bereich integriert wurde. Die Lichteindringtiefe hatte auf die Chl *a*-Verteilung keinen Einfluß. So wurden z.B. an den südlichen Stationen, wo die euphotischen Zone ($Z_{1\%}$) teilweise weniger als 10 m tief war, auch in 10 m Tiefe höhere Chl *a*-Gehalte als in der entsprechenden Tiefe der meisten nördlichen Stationen ermittelt.

Die über die HPLC analysierten Pigmente ließen sich verschiedenen Phytoplanktonklassen zuordnen. An allen Stationen kamen Chl *c* + *c*2, Fucoxanthin, Diadinoxanthin und Chl *a* gemeinsam vor, was das Vorhandensein von Diatomeen im gesamten Gebiet charakterisierte. Dinoflagellatenpigmente, besonders Peridinin, waren an den südlichen Stationen (PS 51-80, -92 und -104) sowie den Stationen PS 51-114 und -159 nicht nachweisbar, an allen anderen Stationen, mit besonders hohen Peridiningehalten an der Dinoflagellatenblüten-Station (PS 51-125), kamen

Dinoflagellaten vor. An den südlichen Stationen (PS 51-80 und -92) ließ sich über Chl *b* und Lutein bzw. Zeaxanthin das Vorkommen von Chloro- und Cyanophyceen nachweisen. Geringe Mengen von Chl *b* und damit von Chlorophyceen ließen sich an allen Stationen nachweisen, ein Indiz dafür, daß in der Gruppe der kleineren ($\leq 15 \mu\text{m}$), nicht näher bestimmten, Phytoplankter Chlorophyceen vorhanden waren. Die nur an Station PS 51-114 identifizierten Pigmente 19'-Butanoyloxyfucoxanthin und Prasinoxanthin geben einen Hinweis auf das Vorhandensein von Chrysophyceen und Prasinophyceen, die bei den mikroskopischen Zählungen allerdings nicht beobachtet wurden. Beim Vergleich der über die verschiedenen Methoden gemessenen Chlorophyllgehalte war ein deutlicher Unterschied zwischen den Ergebnissen feststellbar. Wie in der Literatur berichtet (s. Fehlerbetrachtung der Methoden, Kapitel 5.1.2) wurde auch in dieser Untersuchung der Chlorophyll *a*-Gehalt bei der fluorometrischen Messung teilweise deutlich ($\leq 50 \%$) überschätzt.

Im Sommer wurden insgesamt 55 Taxa in den Wasser- und Netzproben identifiziert. Die meisten dieser Taxa gehörten zu den Diatomeen (30) und Dinoflagellaten (12) und waren Süß- oder Brackwasserformen. Mit zunehmender Entfernung vom Lena-Delta nahmen die Abundanzen und Biomassen der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ ab, was neben dem Schluß, daß es sich um Brackwasserarten handelte, auch als Zeichen gewertet werden kann, daß diese Zellen mit dem Flußwasser in das Meer gelangt sind und mit wachsender Entfernung von der Mündung immer weniger hinreichende Lebensbedingungen fanden. Die größeren Zellen dagegen zeigten zwar auch auf den südlichen Stationen höhere Biomassen als auf den meisten nördlichen, bei den größeren Zellen war aber dieser Trend, d.h. die Abnahme der Biomasse mit Entfernung vom Delta, wie er bei den kleineren Phytoplanktern auftrat, nicht ersichtlich. Hinsichtlich der Verteilung der Großtaxa im Sommer war auffallend, daß das Phytoplankton der südlichen Stationen fast gänzlich von Diatomeen beherrscht war, wogegen im gesamten Norden Dinoflagellaten dominierten. Diese Verteilung wurde auch im Sommer 1993, allerdings nicht so ausgeprägt, festgestellt (Tuschling 1996). An einer Station (PS 51-125) wurde eine Blüte von autotrophen Dinoflagellaten, u.a. *Gyrodinium cf. greenlandicum* und *Peridiniella danica*, einer Art mit weltweiter Verbreitung vorwiegend in kälteren Gewässern (Okolodkov & Dodge 1995), angetroffen, die auch über die HPLC-Analyse bestätigt wurde. Das Vorkommen der Chloro- und Cyanophyceen an den südlichen Stationen wurde über Zellzählungen, wie schon für die Pigmentzusammensetzung gezeigt, bestätigt. Erwartungsgemäß kamen Chloro- und Cyanophyceen im direkten Ausstrombereich der Lena am häufigsten vor und wurden mit wachsender Entfernung vom Delta seltener. Die identifizierten Chlorophyceentaxa stammten aus der Lena und sind mit dem Flußwasser in das Gebiet eingetragen worden. Bei den Cyanophyceen ist dies ebenfalls zu vermuten.

Die Produktion des Phytoplanktons war insgesamt sehr variabel und zeigte an zwei Stationen direkt vor dem Lena-Delta und im Nordosten, die auch höchste

Phytoplanktonbiomassen (maximal $225,8 \text{ mg C m}^{-3}$) aufwiesen, die höchsten Primärproduktionsraten (maximal $3,1 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$). Im Süden des Untersuchungsgebietes wurde auch unterhalb der euphotischen Zone ($Z_{1\%}$) Primärproduktion gemessen, ein Zeichen für die gute Anpassung der Algen an schlechte Lichtverhältnisse. Die stark schwankenden C:Chl *a*-Verhältnisse im Gebiet, die einen Maximalwert von 246 aufwiesen, sind ein Indiz für den sehr unterschiedlichen physiologischen Zustand des Phytoplanktons. Zeigen niedrige Werte zwischen 30 und 50 eher eine Blütensituation an (Parsons *et al.* 1984), so sind die teilweise recht hohen Verhältnisse als Zeichen für eine absterbende Blüte bzw. absterbende Süßwasseralgen aus der Lena zu werten. Bakterien waren besonders an den südlichsten Stationen im direkten Ausstrombereich der Lena bedeutend.

Generell läßt sich die Verteilung des Phytoplanktons im Sommer als stark von der Lena beeinflusst beschreiben. Das in großen Mengen einströmende Flußwasser prägt den gesamten südöstlichen Bereich des Laptevmeeres, was sich in den geringen Salinitäten bei gleichzeitig hohen Temperaturen, Silikat- und Sestongehalten im Oberflächenwasser widerspiegelt. Die Clusteranalyse wies für den Sommer deutlich zwei Phytoplanktongemeinschaften im Süden und Norden aus. Die im Süden ausgebildete Phytoplanktongemeinschaft reflektierte diese Umweltbedingungen mit dem Vorhandensein offensichtlich aus dem Fluß stammender sowie euryhaliner Phytoplankter. Hier zeichnete sich das Phytoplankton durch eine hohe Biomasse (Chl *a* und Phytoplanktonkohlenstoff) sowie hohe Primärproduktionsraten aus. Die Gemeinschaft des nördlichen Laptevmeeres ließ sich zwar deutlich von der des Südens abgrenzen, war aber in sich deutlich diverser. Im Norden, wo die Eisschmelze viel später als im Süden einsetzte, waren die abiotischen Gegebenheiten unterschiedlich. Nur im Nordwesten war eine stabile Deckschicht ausgebildet. Die Phytoplanktonverteilung war im gesamten Norden hinsichtlich der Artenzusammensetzung, trotz der allgemeinen Dominanz der Dinoflagellaten, und der Biomasse sehr uneinheitlich.

Mit der Faktorenanalyse konnten Zusammenhänge zwischen den biotischen Parametern untereinander aber auch mit den abiotischen Meßgrößen aufgezeigt werden. So waren die Primärproduktion und die Chlorophyllkonzentration stark an das Vorkommen der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$, die vorwiegend gemeinsam mit hohen Bakterienzahlen in gering salinem Wasser gefunden wurden, gebunden. Die Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ zeigten gemeinsam mit den Bakterien hohe Anteile am Gesamtkohlenstoff (Phytoplankter und Bakterien). Die größeren Phytoplankter ($>15 \mu\text{m}$) wiesen nur eine Beziehung zu dem Seston Gehalt auf. Da ein großer Teil des Sestons vermutlich aus der Lena stammte, ist anzunehmen, daß auch ein Teil der größeren Phytoplankter seinen Ursprung in der Lena hatte, was durch die Artenzusammensetzung der vorwiegend Süßwasser- und Brackwasserarten bestätigt wurde.

6.14.3 Das Phytoplankton während des Herbstes

Auf der Herbst-Expedition sollten neben den biologischen auch geologische, physikalische und chemische Veränderungen bei der herbstlichen Neueisbildung im Laptevmeer untersucht werden (Kassens *et al.* 1997). Die Umwelt der untersuchten Stationen während des Herbstes war durch die stattfindende Eisbildung, die das in dieser Jahreszeit ohnehin schwindende Lichtangebot weiter reduzierte, charakterisiert, da stets an Stationen mit einsetzender Eisbildung gearbeitet wurde.

Die Eisbildung im Laptevmeer erfolgte im Herbst 1995 später als in den vorangegangenen Jahren (Eicken *et al.* 1997). Im Bereich des Lena-Deltas war der Einfluß des aus der Lena einströmenden Wassers an den geringen Salinitäten und hohen Silikatkonzentrationen im Oberflächenwasser deutlich zu erkennen (Pivovarov *et al.* 1997, Dmitrenko *et al.* 1997). Der Seston Gehalt war mit maximal $8,4 \text{ mg l}^{-1}$ auf vielen Stationen dieser Expedition hoch (Lindemann *et al.* 1999). Dies spiegelte sich in der sehr unterschiedlichen Transparenz des Wassers, charakterisiert über die Lichteindringtiefe, an den Stationen wider. Die geringsten Transparenzen waren im Bereich des Lena-Deltas, vor den Flußmündungen von Yana und Olenek sowie nahe der Küste Kotelnys festzustellen. Die Verteilung der über Chlorophyll *a* gemessenen Biomasse folgte in dieser Zeit keinem deutlichen Muster (v. Juterzenka, pers. Mittlg.) und erreichte Werte, die auch für den Spätsommer aus dem Laptevmeer berichtet wurden (Heiskanen & Keck 1996, v. Juterzenka & Knickmeier 1999). Im Herbst 1995 wurden Chl *a*-Konzentrationen von $<0,1 \text{ mg m}^{-3}$ im nördlichen bis $3,2 \text{ mg m}^{-3}$ im südlichen Laptevmeer (Station KD 95-32) gemessen (v. Juterzenka, pers. Mittlg.).

Das herbstliche Phytoplankton im Laptevmeer bestand im wesentlichen aus kleinen Flagellaten, Diatomeen und Dinoflagellaten sowie Chryso- und Chlorophyceen und zeigte auf den Stationen unterschiedliche Zusammensetzungen. Insgesamt wurden 56 Taxa gezählt. Die meisten Arten waren wie auch im Frühjahr und Sommer Brack- und Süßwasserformen. Im Oberflächenwasser, wo die Zellzahlen an den meisten Stationen geringer als in 5 m Tiefe waren, herrschten zumeist Diatomeen vor. Dinoflagellaten waren dagegen in 5 m Tiefe das vorherrschende Taxa. Die aus den Flüssen stammenden Chlorophyceen kamen erwartungsgemäß nur an den südlichen Stationen, die deutlich von Lena und Yana beeinflusst waren, vor, wogegen Chrysophyceen vorwiegend im zentralöstlichen Laptevmeer und nordöstlich der Taimyr-Halbinsel verbreitet waren. Cyanophyceen wurden nur im Eis beobachtet.

Diese Unterschiede im Vorkommen der einzelnen Taxa machte, neben der ausschließlichen Probenahme an Stationen mit Neueisbildung, die Abgrenzung distinkter Gemeinschaften über die Clusteranalyse im Herbst unmöglich.

Das Phytoplankton während des Herbstes kann bei allen Unterschieden zwischen den untersuchten Regionen auch trotz der teilweise hohen Chl *a*-Konzentrationen (v. Juterzenka & Knickmeier 1999) generell als typisch zum Ende der Wachstumsperiode

betrachtet werden. Die Anzahl der Phytoplankter war insgesamt geringer als während des Sommers und Dinoflagellaten mit photoauto-, mixo- und heterotrophen Arten (z.B. *Dinophysis rotundata*, Jacobson & Andersen 1994) gewannen an Bedeutung.

Bei den mikroskopischen Untersuchungen des neugebildeten Meereises fanden sich 26 Taxa. Diese unterschieden sich durch die Artenzusammensetzung deutlich von dem Phytoplankton, so daß bereits direkt nach der Eisbildung eine eigene Eisalgen-Gemeinschaft im Laptevmeer identifiziert werden konnte. Algen, wie andere biologische Partikel, werden während des Gefrierens ebenso wie suspendierte Sedimentpartikel in das Eis eingetragen (Reimnitz *et al.* 1993, Spindler 1994, Gradinger & Ikävalko 1998). Da in dieser Untersuchung nur wenige Taxa in beiden Habitaten vorkamen und zudem zwei Drittel der im Eis vorkommenden Taxa nicht im Wasser gefunden wurden, ist ein selektiver Mechanismus bei der Inkorporation in das Eis anzunehmen. Einige Arten benthischen Ursprungs (z.B. *Diploneis* sp.) wurden wegen des bei den geringen Tiefen schnellen und kurzen Transportes nicht in den Wasserproben beobachtet und waren wahrscheinlich nur kurzfristig dort anzutreffen. Dasselbe gilt für die vielen leeren Diatomeenschalen, besonders der Süßwassergattung *Aulacosira* und pennater Formen, die im Eis vorhanden waren.

6.14.4 Vergleich des Phytoplanktons während der verschiedenen Jahreszeiten

Das Laptevmeer als Randmeer des Arktischen Ozeans ist durch die typischen, polare Gebiete charakterisierenden Änderungen in der solaren Einstrahlung sowie großen Schwankungen in der Lufttemperatur und Eisbedeckung gekennzeichnet und zeichnet sich durch einen über das Jahr variablen, in seiner Gesamtheit immensen Einstrom von Flußwasser aus. Diese Variabilität der Umweltbedingungen wirkt sich vermutlich auch auf die Phytoplanktongemeinschaften aus. Im folgenden wird die saisonale Veränderlichkeit des Phytoplanktons anhand der Ergebnisse der Untersuchungen im Frühjahr, Sommer und Herbst dargestellt. Zunächst werden kurz die Veränderungen der abiotischen Parameter vorgestellt, darauf folgt der Vergleich des Phytoplanktons zu den Jahreszeiten. Abschließend wird hier die saisonale Verteilung einiger Charakterarten des Phytoplanktons beschrieben.

Beginnend von dem Aufbruch der sibirischen Ströme im Frühjahr und dem nachfolgenden Einstrom von großen Flußwassermengen, die 40fach (Aagaard & Carmack 1989) oder gar 500fach (Lena, Pivovarov *et al.* 1999) über den während des Winters einströmenden Mengen liegen, über den Sommer, in dem das Meer durch wärmere Oberflächentemperaturen in den eisfreien und teilweise eisbedeckten Gebieten gekennzeichnet war, bis zum Herbst mit der sich neu formierenden Eisdecke änderte sich die Umwelt des Phytoplanktons im Laptevmeer gravierend (Tabelle 13). So wurden die höchsten Temperaturen und Salinitäten während der Sommerexpedition festgestellt, höchste Konzentrationen des Nährstoffs Silikat und des Sestons wurden dagegen während des Frühjahrs direkt vor dem Lena-Delta bestimmt.

Den abiotischen Bedingungen während der drei Jahreszeiten sind die Ergebnisse der biologischen Parameter gegenüber gestellt (Tabelle 13). Mit dem Biomasseparameter Chlorophyll *a* konnte eine Entwicklung über die Zeit gezeigt werden. Während des Frühjahrs wurden vor der Lena zunächst sehr geringe Chl *a*-Konzentrationen gemessen, in weiterer Entfernung von dem Delta wurden jedoch die höchsten Chl *a*-Gehalte (maximal 7,4 mg m⁻³) aller Jahreszeiten bestimmt. Generell waren die Chl *a*-Konzentrationen jedoch im Sommer am höchsten (maximal 4,4 mg m⁻³) und im Herbst am geringsten (maximal 3,2 mg m⁻³, v. Juterzenka & Knickmeier 1999). Bei den Abundanz- und Biomasseverteilungen war eine sukzessive Entwicklung des Phytoplanktons zu beobachten. Während des Frühjahrs wurden für die größeren Phytoplankter bis zu 1,6*10⁶ Zellen l⁻¹ gezählt, im Sommer wurden die höchsten Abundanzen mit bis zu 2,5*10⁶ Zellen l⁻¹ festgestellt, und im Herbst waren die Phytoplankter mit maximal 1,7*10⁴ Zellen l⁻¹ vergleichsweise rar. Dies spiegelt sich auch in der Entwicklung der errechneten Phytoplanktonbiomasse (PPC) über die Zeit wider (Frühjahr: maximal 88,4 , Sommer: maximal 225,8 µg C l⁻¹, Herbst mit 5,7 µg C l⁻¹). Die Zusammensetzung des Phytoplanktons variierte über die Jahreszeiten stark. Waren die zwei Gemeinschaften des Frühjahrs in der Nähe des Lena-Deltas stark durch Süßwasser- sowie Brackwasser-Diatomeen gekennzeichnet, so zeigten in der im Sommer für den Süden des Gebietes ausgewiesenen Gemeinschaft neben den weiter abundanten Brackwasser-Diatomeen auch offensichtlich aus der Lena stammende Chloro- und Cyanophyceen wachsende Bedeutung. Im Norden des Untersuchungsgebietes waren Dinoflagellaten während des Sommers das bestimmende Taxon der Gemeinschaft. Die Bedeutung der Dinoflagellaten für das Phytoplankton im Herbst zum Ende der Wachstumsperiode nahm zu, sie erreichten in vielen Proben höhere Abundanzen als Diatomeen.

Anhand des Vorkommens einzelner Arten, bzw. Gattungen, in dem Gebiet kann die oben beschriebene Entwicklung des Phytoplanktons nachvollzogen werden. Die dem Fluß entstammenden Diatomeen der Gattung *Aulacosira* waren im Frühjahr, als am meisten Wasser aus der Lena strömte, mit den höchsten Zellzahlen zu finden, ihre Abundanz nahm über den Sommer deutlich ab und im Herbst waren sie nur noch an zwei Stationen direkt am Delta vorhanden. Auch die halophile Süßwasserdiatomee *Asterionella formosa* folgte in ihrem Vorkommen dem Muster des Flußwasserausstroms. Sie war nur im Frühjahr und im Sommer zu finden, und wurde während des Herbstes, als wenig Wasser aus der Lena strömte, lediglich im Eis angetroffen. Hingegen war *Cylindrotheca closterium*, eine kosmopolitische Diatomee, im Sommer und Herbst in einem weiteren Bereich des Untersuchungsgebietes zu finden als während des Frühjahrs, wo sie auf die landfernten Bereiche beschränkt blieb. Der thekate Dinoflagellat *Dinophysis rotundata* zeigte nur bedingt das generelle Vorkommen der Dinoflagellaten dieser Untersuchung, da im Sommer vor allem athekate Dinoflagellaten dominierten. Im Frühjahr wurde *Dinophysis rotundata* nicht gefunden, war auf einigen Stationen während des Sommers

präsent und zeigte die größte Abundanz im Herbst. Für die drei Expeditionen wurde also eine jahreszeitliche Entwicklung im Phytoplankton beobachtet.

Der Einfluß der Lena war zu allen Jahreszeiten im Südosten des Laptevmeeres deutlich zu beobachten, im Frühjahr nahm er über die Zeit zu, während des Sommers wirkte das Flußwasser bis weit nach Norden in das östliche Laptevmeer und auch im Herbst, als die aus dem Fluß strömende Wassermenge weit geringer als während des Frühjahrs und Sommers war, zeigten sich die Bereiche um das Lena-Delta vom Flußwasser geprägt. Dieser Einfluß wurde sowohl in der taxonomischen Zusammensetzung des Phytoplanktons als auch in den deutlich erhöhten Biomassen in den vom Lenawasser geprägten Bereichen des Laptevmeeres deutlich.

7 Diskussion

Der Diskussion der Ergebnisse vorangestellt ist eine kritische Betrachtung der Probenahme und -aufbereitung. Anhand der gewonnenen Daten werden dann die Phytoplanktongemeinschaften auf dem Schelf des Laptevmeeres im Frühling, Sommer und Herbst mit den Ergebnissen diverser Untersuchungen aus dem Laptevmeer und anderen arktischen Meeresgebieten verglichen. Die Bedeutung abiotischer Parameter für das Wachstum arktischer Phytoplankter, wie sie in dem Kulturversuch untersucht wurde, wird gesondert diskutiert. Abschließend wird der Bedeutung des einströmenden Flußwassers für die Phytoplanktongemeinschaften in einem eigenen Kapitel Aufmerksamkeit gewidmet, hierzu wird auch auf Untersuchungen im Mündungsbereich nicht-arktischer Flüsse zurückgegriffen.

7.1 Methodenkritik

7.1.1 Methodische Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Probenahme

Idealerweise sollten Untersuchungen zur jahreszeitlichen Entwicklung des Phytoplanktons innerhalb eines Jahres durchgeführt werden. Für diese Arbeit war es jedoch nur möglich, auf Expeditionen in drei verschiedenen Jahren (1995, 1996 und 1998) die Entwicklung des Phytoplanktons im Laptevmeer zu untersuchen. Diese Untersuchung geht davon aus, daß die grundsätzlichen Strukturen in dem Ökosystem über die Jahre vergleichbar bleiben. Beurteilt allein nach der stark variierenden interannuellen Eisausdehnung trifft dies so vermutlich für das Laptevmeer nicht zu. Die Probenahme erfolgte während der Expeditionen vorwiegend einmalig an wenigen teilweise weit auseinanderliegenden Stationen. Da Plankton im Meer meist nicht gleichförmig sondern fleckenhaft verteilt ist (Parsons *et al.* 1988) und somit solche "patchiness"-Erscheinungen auch im Laptevmeer zu erwarten sind, kann diese Art der Probenahme nie die gesamte Diversität erfassen. Es wurden mit dieser Untersuchung mesoskalige "patchiness"-Phänomene auf einer Raumskala von vielen Seemeilen erfaßt. Die Proben wurden zu den verschiedenen Jahreszeiten über einen Zeitraum von zwei bis vier Wochen genommen, nur während der Frühjahrsexpedition erfolgte die Beprobung mehrfach an denselben Lokationen. Innerhalb der Expeditionszeiträume konnten sich die Gemeinschaften stark verändern und die Algen und ihre Konsumenten wachsen oder durch Strömungen verdriftet werden. Besonders im Frühjahr und auch im Herbst sind starke Änderungen des Lichtangebotes typisch, da dieses in hohen Breiten stark über das Jahr variiert. Andererseits berichteten Gilstad & Sakshaug (1990) bei Tageslängen von 19 bis 24 h von nur einem geringen Einfluß des Lichtangebots auf das Wachstum polarer Algen, vorausgesetzt, daß diese an die Lichtbedingungen akklimatisiert sind. Folglich

wurden die Proben der einzelnen Expeditionen dieser Arbeit für die Charakterisierung der Gemeinschaften so behandelt, als stellte die jeweilige Untersuchung eine synoptische Momentaufnahme dar.

Als Hauptproblem der Probenahme für den jahreszeitlichen Vergleich ist die geographische Verteilung der Stationen zu betrachten. Für einen wirklichen jahreszeitlichen Vergleich, d.h. einen Vergleich, bei dem der Einfluß anderer Faktoren als die Saisonalität weitestgehend ausgeschlossen wird, hätten stets die selben Stationen oder Wassermassen aufgesucht werden müssen. Die Stationen des Frühjahres waren alle in der Nähe des Lena-Deltas lokalisiert, die des Herbstes befanden sich zumeist in Küstennähe, und während des Sommers wurden ein weiter Bereich des östlichen Laptevmeeres und drei Stationen im Nordwesten beprobt. Nur in wenigen Bereichen wie etwa östlich des Lena-Deltas gibt es Überlappungen der Untersuchungsgebiete der verschiedenen Expeditionen. Diese Unterschiede in der Auswahl der Stationen sind in den übergeordneten Fragestellungen der Expeditionen sowie den logistischen Gegebenheiten begründet. Der jahreszeitliche Vergleich ist also hinsichtlich der möglichen Überlagerung durch geographische Aspekte beeinträchtigt. Im Herbst wurden zudem stets nur Regionen für die Probenahme ausgewählt, an denen gerade die Eisbildung einsetzte, da der Einfluß der Neueisbildung auf biologische, geologische und hydrochemische Prozesse im Laptevmeer das Leitthema der Expedition war. Um die Gesamtsituation des Phytoplanktons in dieser Jahreszeit beurteilen zu können, wäre es dagegen wichtig gewesen, auch eisfreie Stationen und solche, an denen die Eisbildung bereits fortgeschritten war, zu untersuchen.

Trotz der oben benannten Schwierigkeiten erlaubt diese Arbeit erstmals, das Phytoplankton des Laptevmeeres für verschiedene Jahreszeiten hinsichtlich der Biomasse und Artenzusammensetzung zu charakterisieren.

Die Verwendung von Wasserschöpfern zur Beprobung des Phytoplanktons hat den Nachteil, daß bei der Entnahme eines sehr kleinen Probenvolumens seltene Arten nicht erfaßt werden. Die Beprobung mit dem 20 µm-Handnetz ist nicht quantitativ, da kleinere Plankter, die einen erheblichen Anteil am Plankton bilden, nicht erfaßt werden. Sie bietet jedoch den Vorteil, daß ein großes Wasservolumen beprobt wird und so auch seltene Arten >20 µm gefangen werden. Die eingesetzte Kombination von Wasserschöpfer und Handnetz für die Beprobung stellte eine möglichst komplette taxonomische Erfassung des Phytoplanktons sicher.

Die Fixierung und Lagerung der Proben sind eine mögliche Fehlerquelle bei der Untersuchung an gelagertem Material. Utermöhl (1958) sah die bei konservierten Planktern auftretenden Gestaltsänderungen als nicht gravierend an, da sie trotzdem erkennbar blieben. Die Empfehlung der Baltic Marine Environment Protection Commission (1989) legt dagegen nahe, die Wasserproben so bald wie möglich, günsti-

gerweise innerhalb eines halben Jahres zu bearbeiten, da Veränderungen in der Zellgröße und -gestalt dann bereits nachgewiesen wurden. Netzfangproben, die in Glasflaschen mit Formol fixiert wurden, sind im Dunkeln bei Raumtemperatur einige Jahre lagerbar (ebd.). Hällfors *et al.* (1979) konnten nachweisen, daß sowohl Formalin als auch Lugol's Reagenz einen deutlichen Einfluß auf das Phytoplankton während der Lagerung haben. So zerstört Formalin einige fragile Pico- und Nanoflagellaten und Diatomeen mit schwach verkieselten Wänden. Bei Untersuchungen von Booth (1987) wurden die meisten Nanoplankter durch Formalin zerstört. Lugol's Reagenz war ein geeigneteres Fixativ, auch wenn es ebenfalls die schwach verkieselten Diatomeen angriff (Hällfors *et al.* 1979). Ein Schrumpfen von Algenzellen, welches zur Unterschätzung der Biomasse führen würde, konnte bei der Fixierung nicht beobachtet werden (Booth 1987). Durch die bei dieser Untersuchung zumeist mit Formalin erfolgte Fixierung der Proben wurde der Anteil der Nanoflagellaten vermutlich unterschätzt. Zudem war die Bestimmung einiger Taxa wie z.B. athekater Dinoflagellaten nicht mehr möglich.

7.1.2 Probleme bei der Algenpigmentbestimmung

Chlorophyll *a*, das primäre Photosynthesepigment aller Pflanzen (Libbert 1993), wird in pelagischen Systemen zur Abschätzung der Algenbiomasse herangezogen. Die Zusammensetzung und Konzentration der Pigmente variiert jedoch je nach Artenzusammensetzung und physiologischem Zustand (z. B. durch Photoakklimatisation) des Phytoplanktons deutlich (Falkowski & Kiefer 1985). Zur Messung eignen sich spektrophotometrische, fluorometrische und chromatische (Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatographie, HPLC) Verfahren. Beim Vergleich der Verfahren werden deutliche Unterschiede zwischen den ermittelten Meßergebnissen berichtet. Es wird eine Überschätzung der fluorometrisch gemessenen Chl *a*-Konzentrationen von 15-40 % gegenüber den mit der HPLC bestimmten Konzentrationen gefunden (Peeken 1997, Murray *et al.* 1986). In der vorliegenden Untersuchung wurde ein Überschätzung von durchschnittlich 58 % ermittelt. Bei spektrophotometrischen Methoden wird der Chl *a*-Gehalt gegenüber der mittels HPLC gemessenen Konzentration sogar bis zu 75 % überschätzt (Mantoura & Llewellyn 1983). Da im Meerwasser ein Gemisch vieler Pigmente vorhanden ist und sich beispielsweise die Absorptions- und Emissionsspektren der Chlorophylle *b* und *c* mit denen des Chl *a* überlappen (ko-eluierten), kann Chl *a* durch das HPLC-Verfahren nicht eindeutig quantifiziert werden (Mantoura & Llewellyn 1983). Das Ko-eluierten der Pigmente Lutein und Zeaxanthin wird bei dem in der vorliegenden Untersuchung angewandten Verfahren nach Barlow *et al.* (1997) verhindert.

Generell ist Photooxidation bei der Messung von Pigmenten eine wesentliche Fehlerquelle. Pigmente können sowohl in der Wassersäule als auch bei der Probennahme und weiteren Bearbeitung durch Licht zerstört werden. Da diese Zerstörung stark tem-

peraturabhängig ist (SooHoo & Kiefer 1982a und b), muß bei der Bearbeitung der Proben nicht nur auf geringe Beleuchtungsstärken sondern auch auf niedrige Temperaturen geachtet werden. Ebenfalls kann durch die Filtration, besonders beim Vorhandensein von Diatomeen, ein Teil des Chlorophyll *a* durch die Aktivierung der Chlorophyllase zu Chlorophyllid *a* umgewandelt werden (Jeffrey & Hallegraeff 1987). Auf die fluorometrischen Messungen hat diese Umwandlung keinen Einfluß, bei der HPLC kann sie jedoch zu einer deutlichen Unterschätzung des Chl *a* führen (ebd.).

Mit Hilfe der Pigmentzusammensetzung kann die taxonomische Zusammensetzung der Proben grundsätzlich gut charakterisiert werden (Jeffrey 1980, van den Hoek *et al.* 1993). Einzelne Arten können jedoch Pigmentmuster aufweisen, die nicht mit dem für ihre Klasse typischen übereinstimmen, und zudem können sie auch Markerpigmente anderer Algenklassen besitzen (Stauber & Jeffrey 1988, Peeken 1997). In Dinoflagellaten, die normalerweise Peridinin als charakteristisches Pigment besitzen, konnte ein für Prymnesiophyceen typisches Pigment (19'-Hexanoyloxyfucoxanthin) nachgewiesen werden (Tangen & Bjørnland 1981). Das Prymnesiophyceen-Pigment war dagegen bei der Prymnesiophycee *Phaeocystis pouchetii* im Barentsmeer gegen Fucoxanthin ausgetauscht (Wassmann *et al.* 1990). Nach Peeken (1997) erlauben die über die HPLC gemessenen Pigmente eine schnelle Charakterisierung der Phytoplanktongemeinschaften, sollten jedoch stichprobenartig von anderen Bestimmungsverfahren (z.B. Utermöhl-, Autofluoreszenzmikroskopie) begleitet werden.

7.1.3 Methodische Schwierigkeiten bei der Zählung der Phytoplankter

Bei dem Kammverfahren nach Utermöhl (1958) zur qualitativen und quantitativen Ermittlung der Phytoplanktonzusammensetzung treten bei der Bestimmung genauer Zellzahlen Zählfehler auf. Besonders bei koloniebildenden Arten sind große statistische Unsicherheiten zu erwarten (Hasle 1978), da diese Arten zur Verklumpung neigen und somit nicht zufällig verteilt sind. Von den häufig vorkommenden Arten konnten in der vorliegenden Arbeit fast immer mehr als 100 Zellen gezählt werden, wie dies von der Baltic Marine Environment Commission (1989) vorgeschlagen wird. Edler (1979) gibt

für solche Zählungen einem Zählfehler in der Größenordnung von <20 % an (Tabelle 14).
 Tabelle 14: Fehlerabschätzung für Zellzählungen in Abhängigkeit von der Anzahl gezählter Zellen (Edler 1979).

Gezählte Zellen	Zählfehler
4	±100 %
50	±28 %
100	±20 %
4000	±1 %

Erschwerend kam bei den Zählungen der Proben des Frühjahrs und Herbstes hinzu, daß wegen des hohen Sedimentgehaltes Phytoplankter teilweise durch die Partikel ver-

deckt wurden. Eine Verdünnung der Proben erzielte kein besseres Zählergebnis, da dann die Anzahl der erkennbaren Zellen so stark abnahm, daß der oben angeführte Zählfehler stieg.

Zudem sind der Utermöhl-Technik durch die Vergrößerungs- und Auflösungsmöglichkeiten Grenzen bei der Identifizierung einer Reihe von Planktonarten gesetzt (Baltic Marine Environment Commission 1989). Viele Taxa, z.B. Diatomeen- und Flagellatenarten, lassen sich nur elektronenmikroskopisch sicher bestimmen. Einige der häufigen Taxa konnten mit dem Raster-Elektronenmikroskop spezifiziert werden, andere nicht eindeutig zu bestimmende Taxa wurden als c.f.-Varianten oder in Organismengruppen gezählt.

Bei den Zählungen wurden nur solche Zellen berücksichtigt, die deutlich einen Zellinhalt aufwiesen. Im Ausstrombereich von Flüssen sind nicht nur Phytoplankter, die dem Gebiet entstammen (autochthon), sondern auch solche, die durch die Flüsse in das Gebiet eingeströmt werden, vorhanden (Perkins 1974). Diese allochthonen Algen haben im Meer ein nur geringes Überlebenspotential, wurden aber bei der Utermöhltechnik mitgezählt, ohne daß ihr physiologischer Zustand überprüft werden konnte (z.B. über Chlorophyllautofluoreszenz). Insgesamt ist trotzdem die Utermöhl-Methode neben der Epifluoreszenz-Mikroskopie die beste Methode zur Zählung auch kleinerer (hier $<20 \mu\text{m}$) Protisten (Karlson & Kuylenstierna, subm.).

7.1.4 Fehler bei der Berechnung des Phytoplanktonkohlenstoffes

Bei der Einschätzung der Phytoplanktonkohlenstoffwerte muß neben dem sich linear fortsetzenden Zählfehler beachtet werden, daß die Umrechnung auf sehr allgemeinen Faktoren von Smetacek (1975) und der Baltic Marine Environment Commission (1989) beruhte. Die Biomasse stellt jedoch, trotz der auftretenden Fehler bei ihrer Bestimmung, neben der Abundanz einen wichtigen Parameter zur Einschätzung der Phytoplanktonverteilung dar (Smayda 1978).

7.1.5 Methodische Probleme der Primärproduktionsmessung mit der ^{14}C -Methode

Mit der *in situ*-Inkubation ist es möglich, Phytoplankton bei Temperatur- und Lichtbedingungen, die ihrer natürlichen Umwelt entsprechen, produzieren zu lassen. Für andere die Primärproduktion beeinflussenden Parameter stellt diese Inkubation aber nicht die *in situ*-Bedingungen dar. Im Gegensatz zur Primärproduktion in der freien Wassersäule unterbindet die Inkubation in Flaschen z.B. den Austausch von Nährstoffen und gelösten organischen Substanzen, was sich bedeutend auf die Primärproduktion auswirken kann (Pomeroy *et al.* 1990, Gradinger *et al.* 1992). Ein weiterer wichtiger Umweltparameter wird bei der *in situ*-Technik ausgeschlossen: Phytoplankton zirkuliert in seinem natürlichen Habitat zwar passiv, aber frei entlang des Lichtgradienten durch turbulente

Prozesse im Pelagial, während es in den Flaschen künstlich auf einer Tiefe mit den entsprechenden konstanten Lichtverhältnissen gehalten wird. Mit einem die Vertikalbewegungen des Phytoplanktons simulierenden Versuchsansatz in der kanadischen Arktis wurde allerdings nur ein geringer quantitativer Effekt der vertikalen Durchmischung auf die Primärproduktion nachgewiesen (Gallegos & Platt 1982). Zusätzlich können in den Inkubationsflaschen eingeschlossene heterotrophe Protisten durch Wegfraß des Phytoplanktons oder auch Bakterien durch Umsetzen des bereits partikulär fixierten ^{14}C die Messungen beeinflussen. Um die Photoinhibition für die aus der Tiefe an die Oberfläche verbrachten Phytoplankter so gering wie möglich zu halten, wurden diese lichtgeschützt transportiert. Die Vorbereitung der Proben zur Inkubation erfolgte im gering beleuchteten Isotopenlabor.

Kritisch zu betrachten ist zudem, daß die Primärproduktionsmessungen bei unterschiedlichen Tageszeiten und Lichtverhältnissen durchgeführt wurden. Da tageszeitabhängige Schwankungen in der Primärproduktionsrate häufig beschrieben wurden (z.B. Prézelin & Ley 1980, Harding *et al.* 1982), sind die auf den Tag berechneten Primärproduktionsraten nur bedingt vergleichbar. Diese tageszeitabhängigen Schwankungen treten jedoch im wesentlichen bei großen, langsam wachsenden Zellen und kaum bei kleinen, sich schnell teilenden Phytoplanktern auf (Harding *et al.* 1981). Bei den Primärproduktionsmessungen dieser Untersuchung wurden aufgrund der hohen Rate von partikulär gebundenem ^{14}C in einigen Dunkelflaschen auch negative Primärproduktionsraten ermittelt. Diese hohen "Dunkelwerte" kommen in Gewässern mit hohen Bakterienabundanz, die das ^{14}C schnell in hohen Quantitäten fixieren können, vor (Stemann-Nielsen 1958). Trotz aller Unsicherheiten bieten die aus den stündlichen Primärproduktionsraten berechneten Tagesprimärproduktionsraten eine wichtige Vergleichsmöglichkeit mit Untersuchungen anderer Gebiete und Jahreszeiten, da in der Literatur oft nur täglichen Primärproduktionsraten angegeben sind.

7.1.6 Methodische Probleme bei der Cluster- und Faktorenanalyse

Clusteranalysen und multidimensionales Skalieren (MDS) werden in der Benthosforschung häufig angewendet, halten aber auch in der Planktonforschung verstärkt Einzug (Gradinger & Baumann 1991, Lara *et al.* 1994). Mit diesen Gruppenanalysen erlangt man detailliertere Ergebnisse als bei univariaten Verfahren. Allerdings können je nach gewählten Vorgaben bei der Clusteranalyse und der MDS verschiedene Ergebnisse erhalten werden (Jackson 1993). Die vorliegende Arbeit richtet sich bei der Wahl der Vorgaben nach internationalen Standards (Field *et al.* 1982), um sie mit anderen Forschungsergebnissen vergleichbar zu machen. Da Klassifikationsverfahren wie die Clusteranalyse den Nachteil haben, Diskontinuitäten zu stark zu betonen, sollten die Ergebnisse mit weiteren Methoden verifiziert werden (Field *et al.* 1982). In dieser Untersuchung wurde hierzu das Ordinationsverfahren der multidimensionalen Skalierung verwandt.

Die Transformation aller Ergebnisse über die vierte Quadratwurzel bedeutet eine massive Umformung, die die qualitativen Unterschiede zwischen den Proben stärker wertet als die quantitativen. Seltene Arten werden so stärker (Clarke & Green 1988), Massenvorkommen oder hohe Biomassen einzelner Arten schwächer gewichtet. Die Berechnung des Bray-Curtis-Ähnlichkeitskoeffizienten (Bray & Curtis 1957) nach der Transformation über die vierte Quadratwurzel hat im Gegensatz zur einfachen logarithmischen Umformung den Vorteil, Ähnlichkeitswerte zu liefern, die von der Änderung der Größenskala unabhängig sind. Der Vergleich mit Probenahmen anderer Untersuchungen wird so erleichtert. Die Faktorenanalyse bietet die Möglichkeit, die Vielzahl der Parameter in einer Untersuchung zu strukturieren. Hierzu werden wie bei der Clusteranalyse die Daten zunächst transformiert, was eine massive Umformung bedeutet. Die schiefwinklige Darstellung hingegen dient nur der Auftrennung der Faktorenladungen der einzelnen Variablen und hat keinen Einfluß auf die eigentliche Analyse.

7.1.7 Methodische Probleme während des Kulturexperimentes

Für den Wachstumsversuch wurde eine Phytoplankton-Mischkultur aus dem südöstlichen Laptevmeer genutzt. Diese Kultur wurde bis zum Beginn des Versuchs vier Wochen gehältert. In diesem Zeitraum hatte sich eine Kultur aus Organismen etabliert, die unter den angebotenen Umweltbedingungen gut wachsen konnten. Seltene Arten oder solche, die mit den Inkubationsbedingungen nicht zurecht kamen, waren zu Beginn des Versuchs bereits verschwunden. So konnten die Versuche nicht das gesamte Anpassungs-, bzw. Wachstumspotential der Phytoplankter dieser Station austesten sondern nur das einer kleinen "anpassungsfähigen" Teilkultur.

Auf die langsame Anpassung der Algenkulturen an die neuen Umweltbedingungen wurde in dieser Untersuchung bewußt verzichtet, da sich die Organismen gerade im Ausstrombereich der Lena schnell an wechselnde Umweltbedingungen, besonders bezüglich der Wassertemperatur und Salinität, anpassen müssen.

5.2. Vergleich des Phytoplanktons des Laptevmeeres mit dem anderer arktischer Meeresgebiete

Hier soll die ermittelte saisonale Entwicklung des Phytoplanktons mit Ergebnissen aus anderen arktischen Meeresgebieten verglichen werden (Tabelle 15). Dabei wird wenn möglich zunächst auf Studien aus dem Laptevmeer zurückgegriffen. Weitergehend werden Arbeiten aus der europäischen, amerikanischen und asiatischen Arktis sowie dem

Tabelle 15: Vergleich der gemessenen abiotischen und biotischen Parameter mit denen aus anderen arktischen Gebieten/Untersuchungen. PrimProd: Primärproduktionsrate, MIZ: Eisrandzone, u. Eis: im Pelagial unter dem Eis.

Meeresgebiet	Zeit	Chl a [$\mu\text{g m}^{-3}$]	Chl a [$\mu\text{g m}^{-3}$]	PrimProd [$\mu\text{gC m}^{-3} \text{h}^{-1}$]	PrimProd [$\mu\text{g C m}^{-3} \text{d}^{-1}$]	PrimProd [$\mu\text{g C m}^{-3} \text{d}^{-1}$]	PrimProd [$\mu\text{g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$]	PPC [$\mu\text{g C m}^{-3}$]	POC [$\mu\text{g m}^{-3}$]	Quelle
Laptevmeer	Frühjahr Sommer Herbst Sommer Herbst	0,1-7,4 0,1-4,4 max. 3,2	48,6	max. 3,1	max. 74,4	max. 333,3	max. 88,4 max. 225,8 max. 5,7 max. 201,2	40-410	diese Studie Tuschling (1996) v. Juterzenka & Kinickmeier (1999) Heiskanen & Keck (1996) Sorokin & Sorokin (1996) Hegseth (1992)	
Laptevmeer	September	0,1-3,0								
Laptevmeer	September						nur Feucht- gewicht			
Barentsmeer	März (u. Eis) April (u. Eis) -eisfrei -Eisanten- blüte Mai (u.Eis) -Eisanten- blüte März/Apr. Frühling Sommer Sept./Okt.	0,032-0,057 0,25-0,37 0,73-1,09 19,0-22,1 0,25-0,96 20,3 1,0-2,3 10-15 0,2-20 2,4 (Oberfl.) max. 3,8			max. 600 10-60	1800			300-600 mittel 125	Zeller (1996) Sakshaug (1991) Hegseth (1997) Rey (1981) Peinert (1986) Peinert (1986) Haupt (1995) Haupt (1995) Weslawski <i>et al.</i> (1988)
Barentsmeer	Frühjahr	max. 6								
Norwegischer Schelf	Frühjahr									
Lofotensshelf, Norwegen	Sommer									
Lofotensshelf, Norwegen	Mai/Juni									
Norwegen See	August									
Norwegen See	Jan.-März	<0,2			max. 143 mittel 20	24-48 96-144 48				
Hornsund, Spitzbergen	Apr./Mai Juni/Juli Aug.-Dez.	max. 2,5 max. 1 <0,1								
Westl. Spitzbergen	Juli	bis >4							max. 320	Andreassen <i>et al.</i> (1996) Heimdal (1983) Smith <i>et al.</i> (1991)
Nordwestl. Spitzbergen Fram Straße	Sept./Okt. März-April	max. 2,2 mittel 0,02		max. 2,5						

Tabelle 15 Fortsetzung: Vergleich der gemessenen abiotischen und biotischen Parameter mit denen aus anderen arktischen Gebieten/Untersuchungen. PrimProd: Primärproduktionsrate, MIZ: Eisrandzone, u. Eis: im Pelagial unter dem Eis.

Meeresgebiet	Zeit	Chl <i>a</i> [mg m ⁻³]	Chl <i>a</i> [mg m ⁻²]	PrimProd [mg C m ⁻³ h ⁻¹]	PrimProd [mg C m ⁻³ d ⁻¹]	PrimProd [mg C m ⁻² d ⁻¹]	PPC [mg C m ⁻³]	POC [mg m ⁻³]	Quelle
Fram Straße	Juni/Juli	max. >2,0 (u. Eis) max. >25 (MIZ)	2,5-19,1 (u. Eis) 8.9-94,3 (MIZ) ca. 8-93				max. >1 (u. Eis) max. >20 (MIZ)		Gradinger & Baumann (1991)
Fram Straße	Juni/Juli					59-794			Hirche <i>et al.</i> (1991) Lara <i>et al.</i> (1994)
Grönlandsee (NEW Polynja)	Juni	ca. 2,0					max. 40		
Grönlandsee (NEW Polynja)	Sommer	1,2 (Oberfl.)	52,4					211 (Oberfl.) max. 600	Smith <i>et al.</i> (1995) Smith <i>et al.</i> (1987)
Fram Straße (MIZ)	Sommer	max. 10 (Eiskante) max. 4 (eisfern)				max. 425,6 (Eiskante)			
Grönlandsee	Juni	max. 2,0	8,1-55,2			350-962			Legendre <i>et al.</i> (1993)
Grönlandsee	Juni/Juli		max. 60				max. 53,7	max. 150	Barthel (1988)
Grönlandsee	Aug./Sept.				max. 8				v. Bodungen <i>et al.</i> (1995)
Grönlandsee	Sept. /Okt.	0,2-0,5							Gradinger & Ikävalko (1998)
Östl. kanad. Arktis	Sommer	max. 8,3			max. 5,7-25,1				Harrison <i>et al.</i> (1982)
Östl. kanad. Arktis	Sommer		49,2			298			Harrison & Cota (1991)
Östl. kanad. Arktis	August	0,1-18	69						Borstad & Grower (1984) Hsiao (1985)
Frobisher Bay (Kanad. Arktis)	Juli/Aug. Aug./Sept.	max. 9,5 max. 7,5							Hsiao (1992)
Frobisher Bay (Kanad. Arktis)	Sommer	>3,0							Hsiao (1988)
Frobisher Bay (Kanad. Arktis)	Winter Sommer			0,1 max. 2,4 max. 2,0 (u. Eis)					
Sund (östl. kanad. Aktis)	Juni	max. 7,53 (außerhalb des Sundes) max. 21,1 (innerhalb des Sundes)			max. 3,09 (außerhalb des Sundes) max. 18,65 (innerhalb des Sundes)				Longhurst & Head (1989)
Hudson Bay (kanad. Arktis)	April Mai	max. 5,0 max. 2,0							Gosselin <i>et al.</i> (1990)

Meeresgebiet	Zeit	Chl <i>a</i> [mg m ⁻³]	Chl <i>a</i> [mg m ⁻²]	PrimProd [mg C m ⁻³ h ⁻¹]	PrimProd [mg C m ⁻³ d ⁻¹]	PrimProd [mg C m ⁻² d ⁻¹]	PPC [mg C m ⁻³]	POC [mg m ⁻³]	Quelle
Davis Straße	vor Früh. Frühling Aug.	0,19-24,76 0,4-10,35				max. 210 max. 2256 max. 54			Booth (1984)
Beaufort-Meer (Mackenzie) Beaufort-Meer	Juli/Aug.	>5 (vor dem Fluß)			max. 10	ca. 10 bis 2800			Parsons <i>et al.</i> (1989) Grainger & Evans (1982)
Tschukschenmeer	Juli-Sept.		max. >200			mittel 4700			Springer & McRoy (1993)
Tschukschenmeer Tschukschenmeer (MIZ)	Sommer Sommer	max. 8,8 (u. Eis) 0,4-17,8 max. 4		max. 20 (u. Eis) max. 44,2	max. 476 (u.Eis) max. 800	14,4 (24*0,6)			Booth (1984) Hameedi (1978)
Tschukschenmeer (strandnah) Beringmeer	Sommer Juli-Sept.		max. >800			mittel 3800			Hillman (1984) Springer & McRoy (1993)
Arktischer Ozean Arktischer Ozean	Juli/Sept.	0,37	max. 21 max. 500		max. 24	max. 3000	0,3-8,2 (PP>5 µm)		Apollonio (1959) Booth & Horner (1997)
Arktischer Ozean	Juli/Aug.		1,2-445			max. 2570	1,9-647		Gosselin <i>et al.</i> (1997)
Arktischer Ozean	Sommer			00,2-14,01		225 (Schelf) 20-260			Subba Rao & Platt (1984)
Nördl. Ostsee (eisbedeckt)	Spätwinter/ Frühling	0-5					max. ca. 96		Haecky <i>et al.</i> (1998)

Tabelle 15 Fortsetzung: Vergleich der gemessenen abiotischen und biotischen Parameter mit denen aus anderen arktischen Gebieten/ Untersuchungen. PrimProd: Primärproduktionsrate, MIZ: Eisrandzone, u. Eis: im Palagial unter dem Eis.

zentralen Arktischen Ozean zum Vergleich herangezogen. Von besonderem Interesse sind hier Beobachtungen aus der kanadischen Arktis, da in dem zerklüfteten arktischen Archipel die Landnähe und relativ geringen Salinitäten sowie hohen Sestongehalten den Lebensbedingungen im Laptevmeer ähneln. Allerdings unterscheidet sich diese Region bezüglich der hauptsächlich lokalen, landgebundenen Eisbildung und des geringen Eisexportes (Aagaard & Carmack 1989) wesentlich vom Laptevmeer. Die anderen arktischen Meere wie das Barentsmeer oder die Grönlandsee weisen eine wesentlich größere Tiefe und deutlich ozeanischere Bedingungen auf als das Laptevmeer. Da die meisten bisher publizierten Untersuchungen während des Sommers stattfanden, sind Vergleichsdaten für das Frühjahr und den Herbst selten. Die Bedeutung der saisonalen Änderung von Temperatur, Salinität und Silikatkonzentration für die Phytoplanktonentwicklung in arktischen Meeresgebieten wird hier nur kurz behandelt werden, da sie detailliert im folgenden Kapitel (7.3. Bedeutung des Flußwassers für das Phytoplankton neritischer Gebiete) diskutiert wird.

7.2.1 Partikulärer organischer Kohlenstoff in arktischen Meeresgebieten

Die Konzentration des partikulären organischen Kohlenstoffs (POC) wird in marin-biologischen Arbeiten häufig als Basisparameter ermittelt, um Stoff- und Energieflüsse zu charakterisieren. Der POC-Pool in der euphotischen Zone der Meere wird durch die Photosynthese und bakterielle Aufnahme gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC) gefüllt (Sommer 1998). Aus den Verhältnissen von POC zu Chl *a* oder zu partikulärem organischem Stickstoff (PON) ergeben sich Anhaltspunkte für den physiologischen Zustand des Phytoplanktons. Parsons *et al.* (1984) beschreiben das C:N-Verhältnis unter ozeanischen Bedingungen mit ca. 6,6 entsprechend dem Redfield-Verhältnis (C:N:P, 106:16:1, Redfield 1958) als stabil in Gebieten mit ausreichender Nährstoffversorgung. Seneszenz oder absterbende Phytoplanktonblüten mit erhöhten Bakterien- und Detrituskonzentrationen führen zur Erhöhung des C:N-Verhältnisses (Alldredge 1979, Gordon 1970). Allerdings zeigten Feldmessungen die hohe Variabilität dieser Parameter (Antia *et al.* 1963). Das C zu Chl *a*-Verhältnis variiert abhängig von den Licht- und Nährstoffverhältnissen (vor allem Stickstoff) sowie dem physiologischen Zustand der Algen stark (Descy & Métens 1996, Goericke & Montoya 1998). Für Blütensituationen werden POC:Chl *a*-Verhältnisse [g:g] von <30 bis 50 als typisch beschrieben (Parsons *et al.* 1984). Zum vertikalen POC-Fluß tragen verschiedene Phytoplankter durchaus unterschiedlich bei. Diatomeen haben häufig aufgrund ihrer größeren Sinkgeschwindigkeiten, resultierend aus ihrem höheren Silikatgehalt und ihres Aggregationspotentials, einen deutlich größeren Einfluß auf den vertikalen POC-Fluß als Dinoflagellaten (Boyd & Newton 1999).

Die in dieser Untersuchung für den Sommer ermittelten POC-Konzentrationen schwankten von 40 bis 410 mg m⁻³. Die Maximalwerte im Laptevmeeres sind hoch im Vergleich

zu denen anderer arktischer Gebiete und nur vergleichbar mit ähnlich hohen Sommerwerten ($> 400 \text{ mg m}^{-3}$) vom norwegischen Lofotenschelf im Sommer (Peinert 1986). In der Grönlandsee wurden im Sommer dagegen nur maximal $150 \text{ mg POC m}^{-3}$ (Barthel 1988) und nahe Spitzbergen bis zu $320 \text{ mg POC m}^{-3}$ (Andreassen *et al.* 1996) gemessen. Für den Herbst berichtet Hegseth (1997) aus dem Barentsmeer mittlere Konzentrationen von $125 \text{ mg POC m}^{-3}$.

Die im Sommer für das Laptevmeer ermittelten C:N-Verhältnisse von 4 bis 23 erreichten im Nordwesten niedrige Werte, wie sie zur selben Jahreszeit auch auf dem Lofotenschelf mit 6,9 bis 8,3 (Peinert 1986) und im April und Mai im zentralen Arktischen Ozean mit maximal ca. 16 (Gosselin *et al.* 1997) auftraten. Die höchsten Verhältnisse der vorliegenden Untersuchung kamen an der nordöstlichen Station, die durch eine Dinoflagellatenblüte gekennzeichnet war, vor. An dieser Station und der südlichsten, ebenfalls durch hohe Phytoplanktonbiomassen gekennzeichneten Station am Lena-Delta wurden die niedrigsten POC:Chl *a*-Verhältnisse gemessen, die nach Parsons *et al.* (1984) typische Algenblütenwerte sind. Das größte Verhältnis (246) war an einer südlichen Station in 10 m Tiefe zu finden, vermutlich bedingt durch eine senescente Süßwasser-algenblüte sowie einen hohen Anteil an terrigenem POC und Detritus in der Flußwasserfahne.

7.2.2 Vergleich der Chlorophyll *a*-Konzentrationen arktischer Gebiete

Chlorophyll *a* wird in vielen marinbiologischen Untersuchungen als Maß für die im Gebiet vorhandene Phytoplanktonbiomasse verwandt. Zudem werden Chl *a*-Konzentrationen oftmals dazu genutzt, großflächig die Primärproduktion eines Gebietes grob abzuschätzen, da mit ihnen allein ca. 40 bis 80 % der Änderungen in der Primärproduktionen erklärt werden können (Lorenzen 1970).

In dieser Arbeit wurden maximale Konzentrationen im Frühjahr von $7,4 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ unter dem Eis und während des Sommers von $4,4 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ für das Laptevmeer ermittelt. Für den Spätwinter und das Frühjahr werden aus dem Barentsmeer Werte bis zu $3,7 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ (Hegseth 1992) sowie aus dem ebenfalls eisbedeckten Hornsund (Spitzbergen) maximal $2,5 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ (Weslawski *et al.* 1988) berichtet. In eisfreien Gebieten wurden häufig deutlich höhere Konzentrationen gemessen, so etwa im Barentsmeer mit $10\text{-}15 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ (Sakshaug 1991) und in der Davis Straße (Kanad. Arktis) mit bis zu $24,8 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ (Booth 1984). Im Bereich der Eiskante im Barentsmeer konnte Hegseth (1992) im April maximal $22,1 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ feststellen. Die im Laptevmeer während des Frühjahrs unter dem Eis gemessenen Chl *a*-Konzentrationen sind höher als die von Hegseth (1992) und Weslawski *et al.* (1988) für Phytoplanktonblüten unter dem Eis im Frühjahr berichteten Werte und überstiegen auch

die unter dem Eis in der nördlichen Ostsee gemessenen Konzentrationen im Spätwinter/Frühjahr von maximal $5 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ (Haecky *et al.* 1998). Sie erreichten aber bei weitem nicht die aus eisfreien arktischen Gebieten berichteten Frühjahrs-Konzentrationen sowie die während einer Blüte unter dem Eis während des Sommers im Tschuktschenmeer ermittelten Werte von maximal $8,8 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ (Hameedi 1978).

Im Sommer wurden in verschiedenen arktischen Gebieten Chl *a*-Konzentrationen in einem weiten Wertebereich gemessen. In der Grönlandsee nahe Spitzbergen wurden Chl *a*-Gehalte von mehr als 4 mg m^{-3} (Andreassen *et al.* 1996), in der in der Grönlandsee gelegenen North-East-Water (NEW)-Polynja $1,2 \text{ mg m}^{-3}$ (Smith *et al.* 1995) und im Eisrandgebiet (MIZ) maximal 10 mg m^{-3} an der Eiskante und eisfern 4 mg m^{-3} (Smith *et al.* 1987) ermittelt. Für die östliche kanadische Arktis werden von Harrison *et al.* (1982) maximal $8,3 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$, von Borstad & Grower (1984) sogar bis $18 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ angegeben. Im Tschuktschenmeer wurden unter dem Eis maximal $8,8$ und in der MIZ bis zu $17,8 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ (Hameedi 1978), in Küstennähe nur bis zu $4 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ (Hillman 1984) gefunden. Für den Arktischen Ozean gab Apollonio (1959) nur $0,37 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ an. Geringe Konzentrationen im Sommer, wie sie beispielsweise im Barentsmeer mit nur $0,2 \text{ mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ vorkamen, wurden häufig mit der geringen Verfügbarkeit der bereits während der Frühjahrsblüte aufgezehrten Nährstoffe erklärt (Sakshaug 1991). Die in der vorliegenden Studie während des Sommers gemessenen Chl *a*-Konzentrationen sind somit im Vergleich zu den maximalen Konzentrationen anderer arktischer Gebiete eher im unteren Bereich angesiedelt, jedoch durchaus mit den in Küstennähe gefundenen Konzentrationen in der Grönlandsee (Andreassen *et al.* 1996) und im Tschuktschenmeer (Hillman 1984) vergleichbar.

7.2.3 Abundanzen und Biomassen des arktischen Phytoplanktons

Hier soll zunächst kurz die Verteilung der Phytoplankter bezüglich ihrer Zellgrößen und dann in einem größeren Rahmen die Dominanz bestimmter Großtaxa (Diatomeen, Dinoflagellaten) diskutiert werden. Ebenfalls werden in diesem Kapitel saisonale Aspekte in der Entwicklung des arktischen Phytoplanktons behandelt.

Kleine Zellen, deren Größendefinition in der Literatur nicht einheitlich ist, überwiegen häufig im Phytoplankton (Gradinger & Ikävalko 1998, Legendre *et al.* 1993) und tragen oftmals mehr als 50 % zur Chl *a*-Biomasse bei (Legendre & Le Fèvre 1995). Allerdings fanden Legendre *et al.* (1993) trotz der deutlichen Vorherrschaft kleiner ($<5 \mu\text{m}$) Zellen im Phytoplankton (Grönlandsee/Sommer) die Primärproduktion im arktischen Bereich von größeren Zellen dominiert. Gosselin *et al.* (1997) beschrieben ebenso die Dominanz größerer ($>5 \mu\text{m}$) Phytoplankter im zentralen Arktischen Ozean in Gebieten höherer Primärproduktion. Die Dominanz kleinerer Phytoplankter wird zumeist mit höherem Fraßdruck und größeren Sedimentationsraten für die Phytoplankter $>5 \mu\text{m}$ im Vergleich zu kleineren Zellen erklärt, zudem tritt generell bei kleineren Zellen eine

Nährstofflimitierung erst später ein. In der vorliegenden Arbeit überwog der Anteil kleinerer Zellen im Sommer bzgl. der Abundanz und häufig auch Biomasse gegenüber dem Anteil größerer Zellen. Im September war das Phytoplankton in weiten Teilen des östlichen Laptevmeeres bei insgesamt geringen Biomassen ebenfalls von kleinen (<10 µm) Phytoplanktern dominiert (Heiskanen & Keck 1996).

Viele Arbeiten berichten die Dominanz von Diatomeen im Phytoplankton der Arktis (z.B. Barthel 1988, Guillard & Kilham 1977, Heimdal 1983, Medlin & Priddle 1990). Auch in der vorliegenden Untersuchung wiesen im Frühjahr und im Sommer im südlichen Bereich Diatomeen die höchsten Zellzahlen und Biomassen im Phytoplankton >15 µm auf. Während des Herbstes und des Sommers im nördlichen Bereich dominierten allerdings in weiten Bereichen Dinoflagellaten. Viele der in der vorliegenden Arbeit identifizierten Taxa wurden bereits in den Arbeiten zu Beginn (Gran 1904) und in der Mitte dieses Jahrhunderts (Kiselev 1932) für die Sommersituation des Laptevmeeres beschrieben, wobei beide Autoren ebenfalls von einer deutlichen Dominanz der Diatomeen berichten. Im September wurden Diatomeen, Dinoflagellaten und Cryptophyceen für weite Bereiche des südöstlichen Laptevmeeres als dominante Taxa beschrieben, wobei in den Bereichen mit hohen Chl *a*-Gehalten stets Diatomeen vorherrschten (Heiskanen & Keck 1996). So wurde auf dem äußeren Schelf des östlichen Laptevmeeres in 30 m Tiefe eine Blüte von *Chaetoceros socialis* und im Unterlauf der Lena ein Massenvorkommen von Süßwasserdiatomeen beobachtet (Heiskanen & Keck 1996).

Als typisch beschrieb Legendre *et al.* (1993) das gehäufte Auftreten von Diatomeen in Wassermassen mit höheren Silikatgehalten in der Grönlandsee. Barthel (1988) berichtete aus der sommerlichen Grönlandsee eine Dominanz der Diatomeen z.B. von *Chaetoceros* spp. bzw. *Fragilaria* spp. unter dem Packeis sowie in der Polynja und von *Rhizosolenia* spp. gemeinsam mit *Thalassiosira gravida* an der Eiskante und im offenen Wasser. Gradinger & Baumann (1991) fanden ebenfalls in der Grönlandsee während des Sommers im wesentlichen Ketten bildende Diatomeen als dominante Taxa in einer Polynja. Unter dem Eis und in der Eisrandzone waren jedoch andere Phytoplanktongruppen wie kleine Flagellaten oder Dinoflagellaten vorherrschend. Die Bedeutung von autotrophen und heterotrophen Flagellaten neben den dominanten Diatomeen wird auch aus der NEW-Polynja im Sommer berichtet (Smith *et al.* 1995). Dinoflagellaten dagegen waren in der gesamten NEW-Polynja von untergeordneter Bedeutung (Smith *et al.* 1995). Indizien für eine typische Zunahme von Dinoflagellaten über die Wachstumsperiode wurden aus dem südlichen Barents- und Karameer beschrieben, wo während des Sommers der Anteil der Dinoflagellaten (vorwiegend heterotrophe Arten der Gattungen *Dinophysis* und *Protoberidinium*) zunahm (Druzhkov & Makarevich 1999). Für das Laptevmeer wurden in einem taxonomischen Vergleich zu den einem stärkeren atlantischen Einfluß unterliegenden Kara- und Barentsmeer nur wenige Dinoflagellatenarten beschrieben (Okolodkov & Dodge 1996).

Die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Phytoplanktontaxa waren im wesentlichen Süßwasser- und Brackwasserarten bzw. neritische Arten neben einigen marinen Arten. Die meisten haben ein arktisch-boreales Verbreitungsgebiet oder sind im weiteren Sinne als Kosmopoliten zu bezeichnen. Arktisch-endemische Arten wurden nicht beschrieben. Auch Okolodkov & Dodge (1996) konnten in ihrer Bestandsaufnahme arktischer Dinoflagellaten keine arktisch-endemische Arten beschreiben und führen dies auf die Einheitlichkeit der arktisch-borealen Zone zurück. Im Laptevmeer haben Süßwasser- und Brackwasserarten wegen des starken Flußwassereintrages eine größere Bedeutung als beispielsweise im südöstlichen Barents- und südwestlichen Karameer, wo in einer zusammenfassenden phytogeographischen Analyse der Diatomeen- und Dinoflagellatenflora die Dominanz vorwiegend neritischer Arten bei einem geringen Anteil aus dem Süßwasser stammender pennater Diatomeen beobachtet wurde (Druzhkov & Makarevich 1999).

Erste Klassifizierungen unterschiedlicher Phytoplanktongemeinschaften für das Laptevmeer stammen von Kiselev (1932). Er konnte bei sommerlichen Netzplankton-Untersuchungen im südöstlichen Laptevmeer (südlich 73°30' N) zwei typische Phytoplanktongemeinschaften unterscheiden. Eine war vorwiegend aus Süßwasserarten vor der Küste gebildet, während eine weiter nördlich lokalisierte Gemeinschaft von "marinen Formen" dominiert wurde. Für das Phytoplankton im September in der Lena und im östlichen Laptevmeer wurden von Heiskanen & Keck (1996) ebenfalls zwei Gemeinschaften beschrieben. Die im Unterlauf der Lena vorkommende Gemeinschaft bestand im wesentlichen aus langen kolonie- und kettenbildenden Süßwasserdiatomeen, wogegen kleine (<10 µm) Phytoplankter die Brackwassergemeinschaft dominierten, die in der Ausstromfahne der Lena zu finden war und weite Teile des östlichen Laptevmeeres einnahm. Cremer (1998) unterschied aufgrund der Untersuchung von Oberflächensedimenten vier Diatomeenprovinzen für das Laptevmeer in nicht-saisonalen Clustern, die (1) vor dem Lena-Delta und den Flußmündungen, (2) auf dem südlichen und südöstlichen Schelf, (3) im zentralen und nordöstlichen Bereich des Schelfs sowie (4) am Kontinentalhang lokalisiert waren. Die in der vorliegenden Untersuchung analysierten Gemeinschaften während des Frühjahrs und Sommers zeigen ebenfalls die typische geographische Verteilung in jeweils eine südliche stärker von der Lena beeinflusste Gemeinschaft und eine nördlich davon gelegene, die weniger vom Flußwassereintrag geprägt ist.

Nach dem Winter beginnt die jahreszeitliche Entwicklung des arktischen Phytoplanktons zumeist mit bereits in Kapitel 4.14.2 (Die Phytoplanktongemeinschaften des Sommers) beschriebenen Eiskantenblüten (Sakshaug 1989). Diese Blüten werden aus vielen Gebieten beschrieben, so werden z. B. *Thalassiosira gravida* und *T. nordenskioeldii* gemeinsam mit *Phaeocystis* sp. als dominante Arten einer solchen Frühjahrsblüte im Barentsmeer benannt (Eilertsen 1990). Auch Hegseth (1992) identifizierte im wesentli-

chen zentrische Diatomeen und Prymnesiophyceen als Bildner der Blüten am Rande des zurückweichenden Meereises im Frühjahr, wobei sie von einer begleitenden Blüte pennater Diatomeen (vorwiegend *Nitzschia frigida*) berichtete. Aus der NEW-Polynja wurde für den Juni eine Phytoplanktongemeinschaft, die vorwiegend aus Diatomeen und Flagellaten bestand, beschrieben (Lara *et al.* 1994). Aus dem selben Gebiet wird ebenfalls für den Juni und Juli eine Vorherrschaft der Diatomeen (Blüte von *Chaetoceros socialis* und *Nitzschia grunowii*, einem Synonym von *Fragilariopsis oceanica*) im Phytoplankton der Polynja berichtet, unter dem Packeis sowie in der MIZ waren Dinoflagellaten, gefolgt von Pico- und Nanoflagellaten das dominierende Taxon (Hirche *et al.* 1991). Aber auch Diatomeen, Dinoflagellaten und *Phaeocystis pouchetii* wurden als die dominanten Taxa in der MIZ der Grönlandsee in diesen Monaten (Juni/Juli) ermittelt (Gradinger & Baumann 1991). Der ersten Phytoplanktonblüte folgt meist eine mehrheitlich aus Diatomeen (s.o.) bestehende Phytoplanktongemeinschaft, die zum Winter hin immer geringere Abundanzen aufweist. Die Abundanz der Dinoflagellaten nimmt hingegen zum Herbst, wie oben berichtet, teilweise zu. Während des Winters werden in den wenigen arktischen Untersuchungen stets geringe Zellzahlen berichtet. Im Hornsund (Spitzbergen) wurden neben wenigen Diatomeen (z.B. *Thalassiosira* sp.) im wesentlichen zwei Dinoflagellaten (*Ceratium arcticum*, *Protoperidinium depressum*) bestimmt mit maximalen Konzentrationen von 50 Zellen l^{-1} (Weslawski *et al.* 1991). Es werden neben dem obigen Sukzessionsmuster aber auch andere jahreszeitliche Entwicklungen des arktischen Phytoplanktons, beispielsweise für die kanadische Frobisher Bay beschrieben (Hsiao 1992). Die Entwicklung des Phytoplanktons ist dort zunächst gekennzeichnet durch ein rapides Wachstum zentrischer Diatomeen (*Chaetoceros* spp., *Thalassiosira* sp.) unter dem Eis im Frühjahr, die dann gemeinsam mit zwei anderen *Chaetoceros*-Arten die Phytoplanktonblüte nach dem Schmelzen des Eises bilden. Bis zum Herbstbeginn können Blüten beobachtet werden, erst spät im Herbst (Mitte Oktober) dünnt die Phytoplanktonflora aus und bildet eine typische Wintergemeinschaft (Hsiao 1992).

Im Laptevmeer beschrieben Heiskanen & Keck (1996) für den September die Planktongemeinschaft am Ende der saisonalen Entwicklung, die im wesentlichen aus kleinen autotrophen Planktern sowie, anders als beispielsweise für die Grönlandsee (s.o.) beschrieben, alternden, vermutlich aus der Lena stammenden Diatomeen bestand. Diese waren nicht mehr in der Lage, die hohen von der Lena gelieferten Silikatkonzentrationen zu nutzen. Die vorliegende Untersuchung ermittelte während des Frühjahrs eine Blütensituation des Phytoplanktons mit maximal 88,4 mg PPC m^{-3} , deren Biomasse mit den PPC-Konzentration unter dem Eis der nördlichen Ostsee im Frühjahr (Haecky *et al.* 1998: maximal 96 mg PPC m^{-3}) vergleichbar ist. Die während des Sommers beobachteten Blüten erreichten maximale Biomassen von 225,8 mg PPC m^{-3} . Diese Biomassen liegen über den für den Sommer berichteten Konzentrationen aus der Grönlandsee von

maximal 40 (Lara *et al.* 1994) bzw. 53,7 mg PPC m⁻³ (Barthel 1988), aber noch deutlich unter den von Sakshaug (1991) für Eiskantenblüten im Barentsmeer beschriebenen Werten von 300 bis 600 mg PPC m⁻³ sowie der im Tschuktschenmeer ermittelten Biomasse von maximal 647 mg PPC m⁻³ (Gosselin *et al.* 1997). Im Sommer waren hohe Biomassen an Stationen mit und ohne Eisbedeckung zu finden, anders als in der NEW-Polynja, wo während des Sommers (Juli/August) höchste Phytoplanktonkohlenstoffgehalte an Stationen mit geringer Eisbedeckung festgestellt wurden (Smith *et al.* 1995). Da Phytoplanktonblüten im Sommer im Laptevmeer sowohl im Norden, wo das Meereis zurückwich, als auch im Süden, wo vornehmlich Festeis von der Strömung der Lena nordwärts getrieben wurde, auftraten, läßt sich das Modell von Sakshaug (1989) nur bedingt auf das Laptevmeer übertragen. In den südlichen Bereich des Laptevmeeres werden durch die Lena ständig neue Nährstoffe und limnische Algen eingetragen. Da diese allochthonen Formen hier vermutlich einen bedeutenden Anteil an der Biomasse und somit an der Bildung der Blüten hatten, beeinflußt die Lena, ähnlich dem schmelzenden Meereis während des Sommers, die Bildung von Phytoplanktonblüten im östlichen Laptevmeer. Während der Herbstexpedition dieser Untersuchung wurden mit maximal 5,7 mg PPC m⁻³ nur noch geringe Phytoplanktonbiomassen bei einer Dominanz von Dinoflagellaten beobachtet, beides deutliche Zeichen für Gemeinschaften am Ende der Wachstumsperiode. Die mit maximal 17*10³ Zellen l⁻¹ im Vergleich zu den anderen Jahreszeiten geringen Abundanzen waren deutlich geringer als die bei einer zeitgleich stattfindenden Untersuchung in der Grönlandsee im Oberflächenwasser festgestellten Protistenabundanzen mit 12-27*10⁵ Zellen l⁻¹, gebildet zumeist von Pico- und Nanoflagellaten sowie Picocyanophyceen (Gradinger & Ikävalko 1998).

Waterbury *et al.* (1986) konnten bei Temperaturen unterhalb von 6° C kein Wachstum bei Picocyanobakterien feststellen. Vermutlich können Picocyanophyceen aufgrund der geringen Wassertemperaturen in arktischen Gebieten nicht wachsen. Andererseits wird das Auftreten von Cyanophyceen aus einigen Untersuchungen beschrieben (z.B. Gradinger & Ikävalko 1998, Legendre *et al.* 1993). Im zentralen arktischen Ozean und der Grönlandsee wurden Cyanophyceen zu Beginn des Sommers mit Abundanzen bis zu 547*10⁴ Zellen l⁻¹ in Wasser atlantischen Ursprungs gefunden, kamen aber in polarem Wasser fast gar nicht vor (Gradinger & Lenz 1995). Während des Sommers hatten sie nur einen kleinen Anteil an der Biomasse des Picoplanktons, konnten aber im Spätherbst, als die Abundanz der eukaryotischen Algen deutlich abnahm, beträchtlich zur Biomasse beitragen (Gradinger & Lenz 1995). Die in der vorliegenden Untersuchung identifizierten Cyanophyceen im Süden des Untersuchungsgebietes im Frühjahr und Sommer waren kettenbildende Formen und kamen durchaus häufig vor. Picocyanophyceen konnten bei den Utermöhlzählungen dagegen nicht identifiziert werden. Vorangegangene Arbeiten fanden ebenfalls kettenbildende Cyanophyceen in der Nähe des Lena-Deltas (Heiskanen & Keck 1996) und im direkten Einstrombereich der Lena, wo Kiselev (1932) 24 Cyanophyceenarten identifizierte.

Die von Sorokin & Sorokin (1996) beschriebenen Massenvorkommen des photoautotrophen Ciliaten *Mesodinium rubrum* im südlichen Laptevmeer (Bhuorkaya Bucht) während des Septembers wurden in der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen.

Insgesamt lassen sich die in der vorliegenden Arbeit für das Laptevmeer ermittelten Abundanzen und Biomassen der drei Jahreszeiten gut in die aus anderen arktischen Gebieten berichtete saisonale Entwicklung des Phytoplanktons einordnen. Die im Frühjahr und Sommer berechneten Biomassen der Phytoplanktonblüten sind denen anderer arktischer Blüten vergleichbar, liegen aber deutlich unter den Sommerwerten in der Eisrandzone des Barentsmeeres (Sakshaug 1991) sowie im eisfreien Tschuktschenmeer (Gosselin *et al.* 1997). Die Abundanzen der Phytoplankter im Laptevmeer während des Herbstes sind sehr gering. Die Dominanz von Diatomeen, die in der vorliegenden Untersuchung im Frühjahr und Sommer ermittelt wurde, ist typisch für die Zusammensetzung arktischen Phytoplanktons in diesen Jahreszeiten. Die im Herbst beobachtete zunehmende Bedeutung der Dinoflagellaten wird aus anderen arktischen Gebieten ebenfalls berichtet. Das Vorkommen von Chlorophyceen und kettenbildenden Cyanophyceen vor der Lena ist auch in anderen arktischen Gebieten in Landnähe beobachtet worden.

7.2.4. Primärproduktion in arktischen Meeresgebieten

Zum Verständnis der Stoff- und Energieflüsse mariner Systeme ist es unabdingbar, den Beitrag der Fixierung des anorganischen Kohlenstoffs durch die Algen zu quantifizieren. Chlorophyllmessungen und Zellzählungen als Biomasseparameter repräsentieren nur den statischen Zustand des Phytoplanktons zum Probenahmezeitpunkt. Mit der Quantifizierung der Primärproduktion wird eine Abschätzung des durch das Phytoplankton bereitgestellten Kohlenstoffs für die weiteren trophischen Stufen im marinen Nahrungsnetz ermöglicht. In der Arktis wird die jährliche Primärproduktion stark durch die extreme Saisonalität (Polartag-Polarnacht) im Lichtangebot, die geringe Gesamtmenge der Lichteinstrahlung und die zusätzliche Lichtminderung durch die teilweise permanente Eisbedeckung bestimmt. Bis heute ist die Höhe der marinen Primärproduktion für die gesamte Arktis nicht quantifiziert (Wheeler *et al.* 1996). Legendre *et al.* (1992) versuchten eine Abschätzung, die sich auf die pelagische und die Produktion in ein- und mehrjährigem Eis bezog, jedoch Neueis nicht mit einschloß. Für den arktischen Ozean wurde beobachtet, daß die Produktion des Phytoplanktons beginnend vom späten Juni bis Mitte Juli mit dem Schmelzen des Schnees auf der Eisoberfläche erfolgte, da erst dann das Lichtangebot unter dem Eis für die Produktion ausreichte (Apollonio 1959, English 1961). Dies führt zu niedrigen jährlichen Primärproduktionsraten für den permanent eisbedeckten Arktischen Ozean (Apollonio 1959, English 1961). Die jährliche Primärproduktion des arktischen Ozeans, zumindest im Bereich des Beaufort Wirbels auf der kanadischen und alaskischen Seite wird von

Apollonio (1980) als sehr gering mit unter $1 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ angenommen. Selbst im Juni konnte in zwei Gebieten unter dem Pack- bzw. Festeis der kanadischen Arktis keine Primärproduktion gemessen werden (Pomeroy *et al.* 1990). Andererseits wurden hohe Raten von maximal $2571 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ bzw. $521 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ im Tschuktschenmeer und im zentralen Arktischen Ozean während des Sommers bestimmt (Gosselin *et al.* 1997). Zudem werden für arktische Regionen auch deutlich höhere jährliche Primärproduktionsraten berichtet, so etwa aus dem Barentsmeer, wo ein deutlicher Unterschied zwischen dem von arktischen Wassermassen bestimmten Norden ($40 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$) und dem atlantisch beeinflussten Süden ($90 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$) festzustellen war (Sakshaug & Slagstad 1992).

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Primärproduktion nur an wenigen Stationen während des Sommers mit maximal $3,1 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ($74,4 \text{ mg C m}^{-3} \text{ d}^{-1}$) bzw. $333,3 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ gemessen. Aufgrund des geringen Datensatzes ist nur ein Vergleich mit auf Stunde und Tag bezogenen Literaturwerten möglich. Die maximalen Primärproduktionsraten dieser Arbeit liegen im Bereich anderer Untersuchungen während des Spätsommers. Im südlichen Laptevmeer wurden im September höhere tägliche Primärproduktionsraten von $75\text{-}640 \text{ mg C m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ ermittelt (Sorokin & Sorokin 1996). In der Grönlandsee nordwestlich Spitzbergens (Heimdal 1983) und in der kanadischen Frobisher Bay (Hsiao 1988) wurden Raten von maximal $2,5 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$, in der östlichen kanadischen Arktis von $298 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Harrison & Cota 1991) und für arktische Schelfgebiete von $225 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Subba Rao & Platt 1984) ermittelt. Weit geringere Primärproduktionsraten wurden für die Grönlandsee (maximal $8 \text{ mg C m}^{-3} \text{ d}^{-1}$; v. Bodungen *et al.* 1995), die Davis Straße (maximal $54 \text{ mg C m}^{-3} \text{ d}^{-1}$; Booth 1984), das Tschuktschenmeer (maximal $14,4 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; Booth 1984) sowie den Arktischen Ozean (maximal $24 \text{ mg C m}^{-3} \text{ d}^{-1}$; Apollonio 1959) berichtet. Deutlich höhere Primärproduktionsraten werden hingegen vor allem für das Frühjahr im Barentsmeer an der Eiskante (maximal $600 \text{ mg C m}^{-3} \text{ d}^{-1}$; Sakshaug 1991), in der Grönlandsee (maximal $962 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; Legendre *et al.* 1993) und im Tschuktschenmeer ($2571 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, Gosselin *et al.* 1997) angegeben. Ebenfalls im Tschuktschenmeer wurde sogar über den gesamten Sommer im Bereich des Anadyr-Stroms, eines Stroms nährstoffreichen "ozeanischen" Wassers entlang des Kontinentalhangs, hohe Primärproduktionsraten von durchschnittlich $4,7 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ gemessen (Springer & McRoy 1993).

Die Primärproduktionsraten der vorliegenden Untersuchung entsprechen den bereits im Spätsommer im Laptevmeer beschriebenen. Da sie jedoch auch an durch Phytoplanktonblüten gekennzeichneten Stationen deutlich unter den maximalen Raten aus anderen arktischen Meeresgebieten lagen, muß das Phytoplankton während des Sommers im Laptevmeer als nicht sehr produktiv eingeschätzt werden. Vermutlich waren viele der mit dem Flußwasser in das Gebiet eingetragenen Phytoplankter in einem schlechten physiologischen Zustand.

7.2.5 Bedeutung der Bakterien in arktischen Gebieten

Neben der Primärproduktion des klassischen Nahrungsnetzes ist das mikrobielle Nahrungsnetz, der "microbial loop" (Azam *et al.* 1983, Pomeroy 1974), der zweite Transportweg zur partikulären Kohlenstofffixierung in marinen Systemen. In dem mikrobiellen Nahrungsnetz werden u.a. gelöster organischer Kohlenstoff (DOC), der vor allem von Algen exudiert wird (Larsson & Hagström 1979), sowie gelöste organische Substanzen, die von außen besonders im Bereich von Flußmündungen in das System gelangen (Sommer 1998), von Bakterien assimiliert. Der so in partikulärer Form vorliegende Kohlenstoff kann nun über heterotrophe Pico- und Nanoflagellaten und Ciliaten in das klassische Nahrungsnetz gelangen (Azam *et al.* 1983, Sherr & Sherr 1994).

Die relative Bedeutung der Bakterien gegenüber den Phytoplanktern wird von Pomeroy & Deibel (1986) für polare Gebiete als gering eingestuft, vor allem, weil ihre Aktivität stärker von den niedrigen Temperaturen beeinflusst wird als die Photosynthese des Phytoplanktons. Hingegen fanden viele arktische Untersuchungen hohe Bakterienabundanzen (Dahlbäck *et al.* 1982, Parsons *et al.* 1989, Pomeroy *et al.* 1990, Rich *et al.* 1997). Generell werden für arktische und nicht-arktische Küstengewässer Bakterienbiomassen von 5-200 $\mu\text{g C l}^{-1}$ und -abundanzen von $10\text{-}50 \cdot 10^8$ Zellen l^{-1} , für küstenferne Regionen 1-5 $\mu\text{g C l}^{-1}$ bzw. $0,5\text{-}10 \cdot 10^8$ Zellen l^{-1} , angegeben (Azam *et al.* 1983).

Die in der vorliegenden Untersuchung während des Sommers ermittelten Bakterienbiomassen zwischen 11,3 und 73,4 $\mu\text{g C l}^{-1}$ und Abundanzen zwischen 4,4 und $39,6 \cdot 10^8$ Zellen l^{-1} liegen also im Bereich der von Azam *et al.* (1983) beschriebenen Werte für Küstengewässer. Aus anderen arktischen Gebieten sind oftmals geringere Bakterienabundanzen als die maximalen Zahlen aus dem südlichen Laptevmeer berichtet worden. In der NEW-Polynja wurden während des Sommers (Juli/August) Bakterienzahlen von durchschnittlich $9,14 \cdot 10^7$ Zellen l^{-1} in den oberen fünf Metern gezählt (Smith *et al.* 1995). Ebenfalls in der Grönlandsee werden für den Herbst im Oberflächenwasser Bakterienabundanzen von 2,4 bis $5,6 \cdot 10^8$ Zellen l^{-1} berichtet (Gradinger & Ikävalko 1998). In der kanadischen Arktis wurden im Juni unter Pack- bzw. Festeis niedrige Bakterienabundanzen von maximal $5 \cdot 10^8 \text{ l}^{-1}$ auf dem Schelf und maximal $2,4 \cdot 10^8 \text{ l}^{-1}$ in der Resolute Passage gefunden (Pomeroy *et al.* 1990). Im zentralen Arktischen Ozean kamen Bakterien mit Abundanzen von $0,4\text{-}4,4 \cdot 10^8 \text{ l}^{-1}$ vor (Dahlbäck *et al.* 1982). Andererseits wurden auch deutlich höhere Zellzahlen aus dem zentralen Arktischen Ozean ($0,4\text{-}1,4 \cdot 10^9 \text{ l}^{-1}$, Rich *et al.* 1997) und dem Beaufort-Meer vor der Mündung des Mackenzie ($0,4\text{-}1,4 \cdot 10^9 \text{ l}^{-1}$, Parsons *et al.* 1989) gefunden. Die relativ hohen Bakterienzahlen im Laptevmeer sind vor dem Hintergrund des starken Flußwassereinstroms in das Gebiet zu betrachten. In der Faktorenanalyse zeigte sich deutlich, daß hohe Bakterienbiomassen mit zwei für das einströmende Süßwasser cha-

rakteristische Größen, dem hohen Silikatgehalt und der geringen Salinität, korreliert waren. Die aus Studien in (nicht-arktischen) Schelfgebieten berichtete Korrelation zwischen dem Vorkommen von Bakterien und der Algenbiomasse (Chl *a*) (Fuhrman *et al.* 1980, Linley *et al.* 1983) wurde ebenso für das sommerliche Laptevmeer beobachtet.

7.2.6 Der Einfluß von Temperatur, Salinität und Silikatgehalt auf die Entwicklung des arktischen Phytoplanktons

Da die Temperatur, die Salinität und der Silikatgehalt im Laptevmeer stark variieren, sollen deren mögliche Auswirkungen auf das Phytoplankton im Laptevmeer bzw. anderer arktischer Gebiete dargestellt werden. Da sich die oben genannten Umweltfaktoren in Ästuaren zumeist gemeinsam ändern, wird ihre Bedeutung für das Phytoplankton zusammen diskutiert unter Nutzung der Ergebnisse des Kulturexperimentes. Der besondere Aspekt des einströmenden Flußwassers wird separat im folgenden Kapitel (5.4 Bedeutung des Flußwassers für das Phytoplankton neritischer Gebiete) behandelt. Mit Hilfe einer Phytoplanktonmischkultur aus dem Sommer wurde im Labor die Anpassungsfähigkeit des Phytoplanktons aus dem südöstlichen Laptevmeer untersucht. Die Kulturen zeigten zwar bei allen angebotenen Temperaturen, Salinitäten und Silikatgehalten ein gutes Wachstum, es kristallisierte sich jedoch bei der Temperatur ein deutliches Optimum heraus.

Für Organismen der kalten Meere liegt das physiologische Temperaturoptimum oftmals höher als das ökologische Optimum (Sommer 1998). Arktische Algen können ihre Stoffwechsellage besser an steigende Temperaturen anpassen als tropische Arten (Kirst & Wiencke 1995, Li *et al.* 1984, Smith & Platt 1985) und gelten unter polaren Bedingungen als temperaturlimitiert (Harrison *et al.* 1982). Durbin (1974) belegte beispielsweise für die auch im Laptevmeer vorkommende Diatomee *Thalassiosira nordenskiöldii* ein höheres Wachstum bei steigenden Temperaturen. Bei Temperaturen von 4 und 8 °C, d.h. im Maximalbereich der im südlichen Laptevmeer gemessenen Oberflächentemperaturen, wuchs die in der vorliegenden Untersuchung verwandte Kultur am besten, was sich mit den beobachteten höheren Biomassen im südlichen Untersuchungsgebiet deckt. Bei der deutlich oberhalb des Bereichs der *in situ*-Temperaturen während des Sommers liegenden Temperatur von 12 °C wurde keine weiter erhöhten Wachstumsraten der Phytoplankter beobachtet. Dieses Ergebnis stützt nicht die von Subba Rao & Platt (1984) gemachte Annahme, daß die Phytoplanktonproduktion in polaren Gewässern von den kalten Temperaturen limitiert ist. Einige andere Studien bestätigen dagegen die Hypothese von Subba Rao & Platt (1984). In einem alaskischen Flußsystem und angrenzendem Delta wurde beispielsweise eine enge Korrelation zwischen der Phytoplanktonbiomasse und der Wassertemperatur festgestellt (Alexander *et al.* 1975). Auch der generelle Trend abnehmender Phytoplanktonbiomasse und Primärproduktion bei zunehmender Entfernung von der Mündung des Mackenzie im

südlichen Beaufort-Meer wurde u.a. auf höhere Temperaturen im küstennahen Bereich zurückgeführt (Hsiao *et al.* 1977). Andere Autoren wie Falk-Petersen *et al.* (1992) stellten die Annahme von Subba Rao & Platt (1984) jedoch ebenfalls in Frage, da kalte Temperaturen (<5 °C) der normale Zustand für Phytoplankter im Ozean sind und somit der Einfluß niedriger Temperaturen als gering einzuschätzen ist. Zudem zeigten Tilzer & Dubinsky (1987) bei Untersuchungen an antarktischem Phytoplankton, daß die täglichen Primärproduktionsraten während der langen Sommertage kaum von den geringen Temperaturen beeinflusst wurden. Sakshaug (1989) führt als Gegenargument auch die in polaren Wassern häufigen Blüten an, die trotz der herabgesetzten Wachstumsraten auftreten. Bei jahreszeitlichen Untersuchungen zur Photosynthese im Barentsmeer konnte Rey (1991) allerdings zeigen, daß die maximale Photosyntheserate [$\text{mgC} (\text{mg Chl } a)^{-1} \text{h}^{-1}$] im Winter zunächst negativ mit der Temperatur korreliert, im Laufe des Sommers dann aber positiv korreliert war.

In der Nähe der Mündungen der sibirischen Ströme wird die Salinität als bestimmender Faktor für die Änderungen in der Phytoplanktonbiomasse angesehen (Bogarov 1945, nach Okolodkov pers. Mittl.) Auch in der vorliegenden Untersuchung konnte dies zumindest für den Sommer bestätigt werden. Bei der Faktorenanalyse ergab sich eine deutliche Korrelation zwischen der Salinität und z.B. dem Chl *a*-Gehalt und der Biomasse der kleineren Phytoplankter ($\leq 15 \mu\text{m}$). Auch die hohen Phytoplanktonbiomassen unter dem Eis im Frühjahr traten in Regionen mit relativ geringen Salinitäten im Einstrombereich auf. Der Kulturversuch ergab jedoch nicht eindeutig das im Freiland beobachtete größere Biomassevorkommen bei geringeren Salinitäten. Da die Phytoplankter von einer der südlichen Stationen mit geringer Salinität stammten, waren die vorwiegend euryhalinen Algenarten an Salinitätsänderungen angepaßt. Die Vermutung, daß viele der aus dem Fluß stammenden oder im sich bildenden Brackwasser befindlichen Algen bei der Verdriftung nach Norden im Bereich höherer Salinität zugrunde gehen (Seliger *et al.* 1981), ließ sich mit dem Laborversuch nicht bestätigen.

Hsiao *et al.* (1977) führen den generellen Trend abnehmender Phytoplanktonbiomasse und Primärproduktion mit zunehmender Entfernung von der Mündung des Mackenzie im südlichen Beaufort-Meer auf höhere Nährstoffkonzentrationen sowie höhere Temperaturen im küstennahen Bereich zurück. Ähnlich wie in der vorliegenden Untersuchung für das Frühjahr wurde an der Küste des Beaufort-Meeress eine erste Frühjahrsblüte in einer Wasserschicht unter dem Eis ("under-ice epontic layer") mit minimalen Salinitäten beobachtet, die durch das nach dem Flußaufbruch einströmende Süßwasser entstanden war (Horner & Schrader 1982).

Die Verteilung des Silikats kann wegen der stark erhöhten Konzentrationen in den sibirischen Flüssen gegenüber denen des Oberflächenwassers im Arktischen Ozean zur

Identifikation des Flußwassereintrags in die arktischen Schelfregionen genutzt werden (Rusanov 1974). Pivovarov *et al.* (1999) vermuten, daß die räumliche Ausdehnung des Süßwassers in der oberen Wasserschicht im Winter ebenso ausgeprägt ist wie im Sommer, sich aber wesentlich durch etwa zweimal so hohe Silikatkonzentrationen unterscheidet. Dieser Unterschied wurde mit dem Ausströmen von vorwiegend stark mit Silikat angereichertem Lenawasser bei gleichzeitigem Fehlen der Silikat nutzenden Algen im Winter erklärt (Buynevich *et al.* 1980). Die in der vorliegenden Untersuchung für den Sommer gefundenen höheren Biomassen im Süden des Untersuchungsgebietes, wo aufgrund des Lenaeinstromes generell hohe Silikatgehalte vorherrschten, sind deutliche Zeichen für den die Phytoplanktongemeinschaften strukturierenden Einfluß des Silikats. Der Kulturversuch zeigte jedoch keinen Einfluß der Silikatgabe auf die Wachstumsraten. Eine limitierend wirkende Verminderung der Silikatkonzentrationen durch die aktive Aufnahme vorwiegend durch Diatomeen, wie sie aus anderen arktischen Regionen berichtet wird (Wassmann *et al.* 1990), kommt wegen des Überangebots dieses Nährstoffes im östlichen Laptevmeer vermutlich nicht zum Tragen. Im südlichen Laptevmeer sind die Silikatkonzentrationen (oft $>20 \mu\text{mol l}^{-1}$, z.B. Dmitrenko *et al.* 1997, Pivovarov *et al.* 1999) wie auch in den meist landnahen Untersuchungsgebieten in der kanadischen Arktis deutlich höher ($7\text{-}15 \mu\text{mol l}^{-1}$ Hudson Bay; Gosselin *et al.* 1985 und $25\text{-}35 \mu\text{mol l}^{-1}$ Barrow Straße; Cota *et al.* 1987) als beispielsweise im Barentsmeer (max. $5\text{-}6,5 \mu\text{mol l}^{-1}$; Hegseth 1992). Dies kann zu höheren Phytoplanktonbiomassen bei höheren Silikatkonzentrationen führen (z.B. Egge & Aksnes 1992, Dugale *et al.* 1995). Für die Grönlandsee berichteten Legendre *et al.* (1993) von höheren Diatomeenabundanz bei höheren Silikatkonzentrationen und Nielsen & Hansen (1995) nehmen an, daß Silikat wegen der langsamen Regeneration im Verhältnis zu den anderen Nährstoffen als limitierender Faktor einer Diatomeenblüte in der Grönlandsee wirkte. Harrison & Cota (1991) vermuten generell eine leichte Nährstofflimitierung des Phytoplanktons der Arktis besonders während des Sommers, und auch Sakshaug (1991) führt die geringen Phytoplanktonbiomassen ($0,2\text{-}1,0 \text{ mg C m}^{-3}$) nach der Frühjahrsblüte im Barentsmeer auf die Erschöpfung der Nährstoffe zurück.

Einige Studien bezweifeln jedoch den strukturierenden Charakter der Nährstoffverfügbarkeit im arktischen Phytoplankton. So berichtete Rey (1991), daß während des Frühjahres die Nährstoffe, während des Sommers aber der Fraßdruck für die Höhe der Primärproduktionsrate wichtiger waren. In der Norwegischen See verzögert der hohe Fraßdruck schon im Frühling die Akkumulation des Phytoplanktons und damit auch das Aufbrauchen der Nährstoffe (v. Bodungen *et al.* 1995). Auch Harrison *et al.* (1982) bezweifelten nach Inkubationsversuchen, daß die arktische Primärproduktion so stark von der Nährstoffverfügbarkeit abhängig ist, wie bisher angenommen wurde. In der Frobisher Bay (kanad. Arktis) waren weder Temperatur, Salinität noch Nährstoffe limitierend für das Phytoplanktonwachstum während des Sommers (Hsiao 1985).

In der vorliegenden Untersuchung wurde mit einem Kulturversuch lediglich ein Temperatureinfluß auf die Wachstumsraten festgestellt. Änderungen der Salinität oder der Silikatkonzentration wirkten sich jedoch nicht aus. Im Vergleich zu den Felddaten ist besonders der fehlende Einfluß der Salinität auffällig, da die Faktorenanalyse eine deutliche Korrelation zwischen der Salinität und der Chl *a*-Konzentration sowie der Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ ermittelte. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß in der Kultur im wesentlichen euryhaline Arten überlebten.

7.2.7 Der Einfluß des Lichtregimes auf das arktische Phytoplankton

Nicht nur während der winterlichen Polarnacht ist das arktische Phytoplankton lichtlimitiert, sondern auch im Sommer wird Licht als limitierender Faktor für das Wachstum beschrieben (Harrison *et al.* 1982). Bei Untersuchungen im Barentsmeer wirkte eine Strahlung von unter $20 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$ limitierend, zwischen 75 und $500 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$ war sie optimal für die Primärproduktion und zwischen 500 und $1000 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$ wurde eine leichte Photoinhibition beobachtet (Sakshaug & Slagstad 1992). Im Laptevmeer mindern nicht nur das aufliegende Meereis und die Phytoplankter selbst das Lichtangebot, sondern besonders im Süden ist der hohe Gehalt an suspendiertem Material für das reduzierte Lichtangebot verantwortlich. Der Gehalt an suspendiertem Material im Laptevmeer war zu allen Jahreszeiten deutlich höher (eigene Daten und Pivovarov *et al.* 1999) als die im Sommer in der NEW-Polynja an der Oberfläche bestimmten Sestonengehalte von durchschnittlich $0,3 \text{ g m}^{-3}$ (Smith *et al.* 1995). Hsiao (1985) macht Licht als limitierenden Faktor für das Phytoplanktonwachstum in der Frobisher-Bay im Sommer aus, und auch Legendre *et al.* (1993) vermuteten eine Lichtlimitierung in dem unteren Teil der euphotischen Zone in der Grönlandsee, da trotz relativ hoher Chl *a*-Gehalte die Primärproduktion gering war.

Einige Arten nutzen ihre Fähigkeit, mit einem geringen oder stark schwankenden Lichtangebot auskommen zu können, gegenüber konkurrierenden Planktern. *Nitzschia frigida* kann bei geringem Lichtangebot ebenso wie bei sehr hohen Lichtintensitäten wachsen und hat daher den Vorteil, sich am Ende des Winters schnell den neuen Lichtbedingungen anpassen zu können (Hegseth 1992). Wassmann *et al.* (1990) berichten von einer *Phaeocystis pouchetii*-Blüte im Barentsmeer, bei der sich mehr als die Hälfte der Biomasse unterhalb der euphotischen Zone befand, was als Indiz für die Fähigkeit dieser Art gewertet wurde, sich an ein geringes Lichtangebot z.B. nach der Überschichtung von Wassermassen anzupassen.

In der vorliegenden Untersuchung war Licht vermutlich nicht der limitierende Faktor für das Wachstum der Algen, da selbst unter der mehr als 2 m dicken Eisdecke während des Frühjahrs Phytoplanktonblüten beobachtet wurden.

7.3 Bedeutung des Flußwassers für das Phytoplankton neritischer Gebiete

Die Bedeutung des Flußwassers als strukturierende Größe für das Phytoplankton im Laptevmeer zeigte sich in der deutlichen Ausbildung von jeweils zwei getrennten Phytoplanktongemeinschaften während des Frühjahrs und Sommers. Für beide Jahreszeiten wurde eine südliche, der Lena nahe, und eine seewärtige, flußferne unterschieden. Die Ergebnisse des Laborversuchs zeigen, daß sich erhöhte Temperaturen, wie sie im Flußwasser vorkamen, auf das Wachstum des Phytoplanktons im Laptevmeer auswirken. Neben den drei untersuchten Parametern (Temperatur, Salinität und Silikatgehalt) wird das Phytoplankton in Mündungsbereichen jedoch auch von anderen Faktoren, die im folgenden diskutiert werden sollen, beeinflusst. Bei dem Vergleich der Bedeutung des Flußwassereinstromes auf das Phytoplankton in arktischen und nicht-arktischen Regionen muß jedoch beachtet werden, daß im Vergleich zu den meisten arktischen Flüssen viele Flüsse nicht-arktischer Gebiete stärker anthropogen überprägt sind.

Für Flüsse und ihre Ästuarie während des Sommers werden zumeist die höchsten Chl *a*-Konzentrationen im Flußwasser gemessen, mit stärkerem marinen Einfluß sinkt der Chl *a*-Gehalt (Kies 1997, Parsons *et al.* 1989, Pitkänen *et al.* 1993, Pitkänen & Tamminen 1995, Smetacek 1986, Schuchhard & Schirmer 1991). Ebenso war im Mündungsgebiet der Neva (Rußland) eine höhere Primärproduktionsrate in der Mündung ($10\text{-}20\text{ mg C m}^{-3}\text{ d}^{-1}$) zu messen als im vorgelagerten Finnischen Meerbusen ($2\text{-}6\text{ mg C m}^{-3}\text{ d}^{-1}$, Pitkänen *et al.* 1993). Auch während des Winters zeigte sich die qualitative und quantitative Verteilung des Phytoplanktons in der Deutschen Bucht wesentlich vom Flußwassereintrag aus der Elbe bestimmt (Hesse *et al.* 1989). Für das sommerliche Laptevmeer wurden in dieser Untersuchung ebenfalls höhere Biomassen im flußnahen Bereich gefunden. Die unterschiedliche Verteilung der Biomasse wird oftmals auf den Einfluß von drei Parametern, die sich im Einstrombereich stark ändern, zurückgeführt: Salinität, Nährstoffkonzentrationen und Licht.

Entgegen dem Muster sinkender Biomasse bei steigender Salinität in Mündungsbereichen werden auch höhere Biomassen bei steigender Salinität beispielsweise vor dem Yangtse (China) berichtet, der durch hohe Sestongehalte gekennzeichnet ist. Dort treten geringste Biomassen und Primärproduktionsraten im wenig salinen (<10) Bereich auf, und mit zunehmender Salinität (max. 30) steigen sowohl die Biomasse als auch die Primärproduktionsrate stetig (Ning *et al.* 1988). Auch für die San Francisco-Bucht (USA), die durch den Einstrom vieler kleiner Flüsse gekennzeichnet ist, konnte keine Übereinstimmung der Verteilungsmuster der Biomasse und Primärproduktion mit der Salinitätsverteilung beobachtet werden (Powell *et al.* 1989).

Die starke Nährstofffracht aus den Flüssen führt teilweise zur Eutrophierung der gesamten dem Fluß vorgelagerten Region (Pitkänen *et al.* 1993). Da sich der

Flußwasserausstrom saisonal stark verändern kann (Kies 1997), variiert teilweise auch der Eutrophierungseffekt (Pitkänen *et al.* 1993). Zusätzlich kann ein Großteil der Nährstoffe bereits innerhalb der Flüsse umgesetzt werden, wie es beispielsweise in der Ostsee im Neva-Ausstrom (Russland) beobachtet wurde (Pitkänen & Tamminen 1995). Auch für die amerikanische Chesapeake-Bucht wurde ein zeitversetztes und in der Intensität sehr unterschiedliches Auftreten einer Frühjahrsphytoplanktonblüte vom Mündungsgebiet flußaufwärts u.a. mit der Nährstoffverfügbarkeit erklärt (Glibert *et al.* 1995). Die Lena bringt kaum eine anthropogen bedingte Nährstofffracht, da ihr gesamtes Einzugsgebiet nur gering besiedelt ist. Dennoch trägt sie hohe Silikatkonzentrationen in das Laptevmeer ein, so daß dieser Nährstoff nicht limitierend beispielsweise auf das Wachstum der Diatomeen wirken kann.

Nicht nur die erhöhten Biomassen der Plankter reduzieren das Lichtangebot in Mündungsgebieten, sondern auch das von den Flüssen in großen Mengen transportierte suspendierte Material (Small *et al.* 1990). Der Gehalt des mit dem Flußwasser transportierten suspendierten Materials in das Meer ist je nach Entwässerungsgebiet des Flußes sehr unterschiedlich. Vergleicht man den Seston Gehalt im vorgelagerten Meeresgebiet bei einer Salinität von 10, so zeigen der Amazonas (1 mg l^{-1} , Milliman & Boyle 1975) und der Zaire (Westafrika, 15 mg l^{-1} , Eisma *et al.* 1978) geringe, der Yangtse ($> 50 \text{ mg l}^{-1}$, Ning *et al.* 1988) hingegen höchste Seston Gehalte. Der maximale Seston Gehalt vor der Lena ist mit ca. $3,9 \text{ mg l}^{-1}$ bei einer Salinität von 5 an der Oberfläche während des Sommers vergleichsweise gering, andererseits bewirkt er eine Verringerung der Eindringtiefe des Lichtes und damit die Fähigkeit der Phytoplankter zu produzieren. In turbulenten Zonen der Mündungsgebiete von Elbe (Fast 1993) und Delaware (USA, Pennock & Sharp 1994) war die geringe Lichtverfügbarkeit vornehmlich verantwortlich für die geringe Primärproduktion. Vor dem Svartå (Finnland) war nur direkt nach der Eisschmelze im Frühjahr das Lichtangebot für das Wachstum des Phytoplanktons limitierend (Niemi 1982).

Zu den oben benannten werden auch andere Faktoren als Ursache für die Unterschiede in der Phytoplanktonbiomasse und -produktivität in Mündungsbereichen diskutiert. Hesse *et al.* (1996) erklärten die Phytoplanktonverteilung in der Deutschen Bucht beispielsweise weder mit der Nährstoff- noch mit der Lichtlimitierung sondern mit dem direkten Einfluß der Turbulenz, der sich vor allem negativ auf das Vorkommen der Dinoflagellaten auswirkte. Auch der Fraßdruck des Zooplanktons, für den in dieser Untersuchung keine Aussage getroffen werden kann, wird als mögliches strukturierendes Element angeführt. So limitierte der Fraß der Zooplankter in der Fräsermündung (Kanada) die Frühjahrsblüte des Phytoplanktons (Yan *et al.* 1996). Für das Hudson-Ästuar (USA) wird der Fraßdruck hingegen als von untergeordneter Bedeutung angesehen (Lonsdale *et al.* 1996).

Nicht nur in quantitativer Hinsicht weisen die Mündungsbereiche Unterschiede im Phytoplankton auf, auch hinsichtlich der Größenfraktionen und des Artenspektrums differieren Flüsse und die vorgelagerte Küstenregionen. Im Yangtse (China) und im angrenzenden östlichen Chinesischen Meer wurde die Biomasse vorwiegend von kleinen ($<10 \mu\text{m}$) Phytoplanktern gebildet, wobei im Winter höhere Konzentrationen im Flußwasser als im ozeanischen Bereich auftraten, während des Sommers waren aber keine Unterschiede festzustellen (Ning *et al.* 1988). Vor der Mündung des Vistula (Polen) wurde hingegen die (Chl *a*-) Biomasse ganzjährig wesentlich von kleineren Phytoplanktern ($< 20 \mu\text{m}$) bestimmt (Witek *et al.* 1997). Für das sommerliche Phytoplankton im Laptevmeer konnte in dieser Untersuchung ebenfalls eine deutlich höhere Biomasse der Phytoplankter $\leq 15 \mu\text{m}$ an den südlichen Stationen im Ausstrombereich der Lena festgestellt werden, die wesentlich die Gesamtbiomasse und -produktion des Phytoplanktons bestimmten.

Oftmals werden Diatomeen, zumeist Süßwasserformen (Small *et al.* 1990), als dominierendes Taxon der größeren Phytoplankter ($\geq 5 \mu\text{m}$, Hobson & McQuoid 1997; $>10 \mu\text{m}$, Small *et al.* 1990) in Mündungsbereichen beschrieben. Dabei können einzelne Taxa eine deutliche Änderung in ihrer Abundanz aufweisen. Für die auch im Laptevmeer vorkommende Süßwasserdiatomee *Asterionella formosa* wurde z.B. eine stark abnehmende Abundanz vom oberen Bereich der Unterweser (>1600 Zellen l^{-1}) bis zum äußeren Mündungsbereich (20 Zellen l^{-1}) beobachtet (Schuchard & Schirmer 1991). Neben Diatomeen werden aber auch Chlorophyceen und Cyanophyceen mit teilweise hohen Abundanzen aus Mündungsgebieten berichtet. In der belgischen Meuse wurden beispielsweise zwischen März und September vor allem hohe Biomassen an Diatomeen und Chlorophyceen beobachtet (Descy & Métens 1996). Cyanophyceen wiederum machten im Mündungsbereich der Neva bis zu 80 % der Algenbiomasse aus (Pitkänen *et al.* 1993). In der vorliegenden Untersuchung wurden im Ausstrombereich der Lena vorwiegend Diatomeen gefundenen. Chloro- und Cyanophyceen kamen ebenfalls vor, waren aber hinsichtlich der Gesamtbiomasse wenig relevant.

In der vorliegenden Untersuchung stammten neben den eindeutig zu identifizierenden Süßwasserarten, wie *Aulacosira* spp. oder den Chlorophyceen wahrscheinlich viele der kleineren Phytoplankter ($\leq 15 \mu\text{m}$), die für die hohen Biomassen vor der Lena sorgten, ebenfalls aus dem Fluß. Für das Ästuar des US-amerikanischen Columbia wird angenommen, daß mehr als die Hälfte der im Fluß produzierten Phytoplanktonbiomasse in den Pazifik exportiert wird (Small *et al.* 1990). Die Autoren vermuten weiterhin wegen des hohen Anteils detritaler Biomasse im Flußunterlauf einen starken Export toter Zellen in den Ozean (ebd.). In der finnischen Pojo Bucht werden höhere Sedimentationsraten des Phytoplanktons bei gleichzeitig geringerer Primärproduktion als in den angrenzenden Gebieten mit dem deutlichen Eintrag allochthoner Phytoplankter aus dem Svartå vor

allem während des Frühjahrs erklärt (Tallberg & Heiskanen 1998). Im Laptevmeer war dieser Effekt nicht zu beobachten. Die höchsten Primärproduktionsraten wurden vor der Lena, dem Gebiet mit dem vermutlich größten Eintrag allochthoner Algen, gemessen.

Zusätzlich zu dem Eintrag allochthoner Phytoplankter aus dem Fluß werden teilweise Algen aus dem Benthos des Flußes sowie des Mündungsgebietes durch Turbulenzen in das Pelagial eingetragen. Im küstennahen Mischwasser vor der Elbe beispielsweise wurde eine Dominanz von tychopelagischer (aus dem Benthos aufgewirbelter) Diatomeen festgestellt, während im salineren Nordseewasser holoplanktische Diatomeen vorherrschten (Hesse *et al.* 1989). Vor der Elbmündung wurde wegen des hohen Anteils tychopelagischer Diatomeen im küstennahen Bereich vor allem vor der Salzgehaltsfront eine passive Akkumulation der Phytoplanktonbiomasse angenommen (Hesse *et al.* 1989, 1996). Die bedeutenden Vorkommen tychopelagischer Diatomeen, die aus dem Fluß und dem vorgelagerten Mündungsbereich stammten, nutzten Huault *et al.* (1994) neben limnischen Planktern vor der Seinemündung (Frankreich) in einer Modellstudie, um den passiven Partikeltransport aus der Seine in den angrenzenden Englischen Kanal zu quantifizieren. In der vorliegenden Untersuchung wurden hingegen nur wenige benthische Algen im Pelagial gefunden, nur in den Eisproben aus dem Herbst waren benthische Diatomeen bzw. leere Schalen vorhanden, der wesentliche Anteil allochthoner Algen wurde im Laptevmeer von den Süßwasseralgen aus dem Fluß gebildet.

7.4. Zusammenfassende Bewertung des Phytoplanktons im Laptevmeer in den drei untersuchten Jahreszeiten

Mit der vorliegenden Untersuchung konnte die Entwicklung des Phytoplanktons im Laptevmeer für die drei Jahreszeiten gezeigt werden, wie sie ähnlich aus anderen arktischen Studien beschrieben wird. Mit der beginnenden Entwicklung im Frühjahr wurden Blüten unter dem Eis ausgebildet, wie sie Hegseth (1992) im Barentsmeer beobachtete. Im Sommer wurden die höchsten Biomassen (PPC) für die drei Jahreszeiten ermittelt, wobei zwei Phytoplanktonblüten im Lena-Austrom und in der Eisrandregion auftraten. Im Herbst hingegen waren die Biomassen generell niedrig und die Artenzusammensetzung zeigte mit dem verstärkten Vorkommen der Dinoflagellaten, wie es auch aus dem Barents- und Karameer (Druzhkov & Makarevich 1999) für diese Jahreszeit beschrieben wurde, ein anderes Muster als im Frühjahr und Sommer. Während dieser Jahreszeiten waren Diatomeen vorherrschend, wie dies häufig für arktische Meeresgebiete (z.B. Heimdal 1983, Medlin & Priddle 1990) berichtet wird.

Die aus den Chlorophyll *a*-Konzentrationen bestimmten Biomassen waren im Vergleich zu den Maximalwerten anderer Untersuchungen (s. Tabelle 15) eher gering, die maximal

in dieser Untersuchung ermittelten POC-Gehalte hingegen hoch. Die über die Zellzählungen bestimmten Biomassen lassen sich für alle drei Jahreszeiten gut in die Ergebnisse aus anderen arktischen Gebieten einordnen. Die in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Biomassen für die Phytoplanktonblüten lagen jedoch deutlich unter denen anderer arktischer Sommerblüten (Sakshaug 1991, Gosselin *et al.* 1997). Die in der vorliegenden Arbeit bestimmten Primärproduktionsraten im August liegen unter den maximalen Raten anderer arktischer Gebiete aber im Bereich von während des September im Laptevmeer bestimmten Werten (Sorokin & Sorokin 1996). Für die Bakterien wurden in der vorliegenden Untersuchung relativ hohe Abundanzen im Sommer festgestellt, die auf den Einfluß der Lena zurückzuführen sind. Zudem wurde eine enge Korrelation zwischen den Bakterien und der Algenbiomasse (Chl *a*) beobachtet, wie sie auch in anderen Schelfgebieten vorkommt (Fuhrman *et al.* 1980, Linley *et al.* 1983).

Die Bedeutung des Eintroms der Lena in das Untersuchungsgebiet konnte mit der vorliegenden Untersuchung besonders im südlichen Bereich des Laptevmeeres nachgewiesen werden. Wie aus anderen Ästuargebieten berichtet machten hier vermutlich allochtone Algen einen Teil des Phytoplanktons aus.

7.5 Ausblick

Die vorliegende Studie stellt eine erste qualitative und quantitative Einschätzung der jahreszeitlichen Entwicklung im Phytoplankton des Laptevmeeres dar. Bei zukünftigen jahreszeitlichen Phytoplankton-Untersuchungen im Laptevmeer sollte, um dem kritikwürdigsten methodischen Problem dieser Arbeit entgegenzuwirken, versucht werden, stets die selben Stationen bzw. Wassermassen zu beproben. Nur die Stetigkeit in der Wahl des Probenahmeortes ermöglicht einen wirklichen saisonalen Vergleich.

Mit dieser Untersuchung konnte gezeigt werden, daß der Beitrag der kleineren Phytoplankter ($\leq 15 \mu\text{m}$) zumindest während des Sommers für die Biomasse und Primärproduktion des Phytoplanktons im Laptevmeer bedeutend ist. Da diese kleinen Zellen in Proben mit vielen Partikeln oder Aggregaten bei der Utermöhl-Mikroskopie leicht übersehen werden und zudem ihre Zellstrukturen aufgrund der Fixierung häufig nicht mehr erkennbar sind, sollte ihnen mit anderen Methoden (z.B. Lebendbeobachtungen, Anreicherungskulturen, Fluoreszenzmikroskopie) zukünftig mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Für ein besseres Verständnis über die Bedeutung des aus der Lena stammenden Süßwasser-planktons für die Phytoplanktongemeinschaften des Laptevmeeres, sollte deren Überlebensfähigkeit in dem sich ständig wandelnden Habitat der Ausstromfahne untersucht werden. Hier wären Lebendbeobachtungen sowie Versuche zur Ökologie der Arten einfache aber wichtige Werkzeuge zum Verständnis.

Da die Hauptprimärproduktion in hohen Breiten während der kurzen Frühjahrsblüte des Phytoplanktons erfolgt, sollte trotz aller logistischer Schwierigkeiten versucht werden, diese Blüten in ihrer saisonalen Entwicklung beginnend zur Zeit des Lenaaufbruchs bis zum Spätsommer, wo die Eiskante im Norden noch zurückweicht, zu untersuchen. Zusätzlich ist es für eine Gesamtbilanzierung des durch die Primärproduktion gebundenen Kohlenstoffs im Laptevmeer dringend notwendig, auch die Produktion der im Eis lebenden Organismen und die Produktivität der winterlichen Polynja zu quantifizieren.

Aufgrund der teilweise sehr hohen bakteriellen Biomasse im Laptevmeer während des Sommers sollte zudem in weitergehenden Studien die Bedeutung des mikrobiellen Nahrungsnetzes im System Laptevmeer untersucht werden.

Auch die Bedeutung des Fraßdrucks von Mikro- und Mesozooplanktern auf die Phytoplanktonbestände und die Primärproduktion sollte in einer zukünftigen Studie abgeschätzt werden.

8 Literatur

- AAGAARD, K. & CARMACK, E.C. (1989): The role of sea ice and other fresh water in the Arctic circulation. *J. Geophys. Res.*, 94: 14485-14498.
- ALABYAN, A.M.; CHALOV, R.S.; KOROTAEV, V.N.; SIDORCHUK, A.Y. & ZAITSEV, A.A. (1995): Natural and technogenic water and sediment supply to the Laptev Sea. *Ber. Polarforsch.*, 176: 265-271.
- ALEXANDER, V.; COULON, C. & CHANG, J. (1975): Studies of primary productivity and phytoplankton organisms in the Colville River System. In: Schallock, E.W. (Ed.): *Environmental studies of an arctic estuarine system*-final report. U.S. Govern. Print. Off., Washington: 1-336.
- ALEXANDROV, V.Y.; EICKEN, H. & KOLATSCHEK, J. (1995): Satellite radar monitoring of ice drift in the Laptev Sea. *Ber. Polarforsch.*, 176: 17-19.
- ALLDREDGE, A.L. (1979): The chemical composition of macroscopic aggregates in two neritic seas. *Limnol. Oceanogr.*, 24: 855-866.
- ANDREASSEN, I.; NÖTHIG, E.-M. & WASSMANN, P. (1996): Vertical particle flux on the shelf off northern Spitsbergen, Norway. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 137: 215-228.
- ANTIA, N.J.; MCALLISTER, C.D.; PARSONS, R.R.; STEPHENS, K. & STRICKLAND, J.D.H. (1963): Further measurements of primary production using a large-volume plastic sphere. *Limnol. Oceanogr.*, 8: 166-183.
- APOLLONIO, S. (1959): Hydrobiological measurements on IGY drifting station Bravo. *Am. Geophys. Union Trans.*, 40: 316-319 & *IGY Bull.*, 27: 316-319.
- APOLLONIO, S. (1980): Primary production in Dumbell Bay in the Arctic Ocean. *Mar. Biol.*, 61: 41-51.
- ARAR, E.J. & COLLINS, G.B. (1992): Method 445.0. In vitro determination of chlorophyll *a* and phaeophytin *a* in marine and freshwater phytoplankton by fluorescence. Methods for the determination of chemical substances in marine and estuarine samples. U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, OH: 1-14.
- AZAM, F.; FENCHEL, T.; FIELD, J.G.; GRAY, J.S.; MEYER-REIL, L.A. & THINGSTAD, F. (1983): The ecological role of water-column microbes in the sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 10: 257-263.
- BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, W.; SCHUCHARD, R.; FISCHER, C. & WEIBER, R. (1987): *Multivariate Analyseverfahren*. Springer-Verlag, Berlin: 1-404.
- BALTIC Marine Environment Protection Commission (1989): Guidelines for the Baltic Monitoring Programme for the third stage; part D. Biological Determinands. *Baltic Sea Environment Proc.*, 27 D. Helsinki: 1-161.
- BARLOW, R.G.; CUMMINGS, D.G. & GIBB, S.W. (1997): Improved resolution of mono- and divinyl chlorophylls *a* and *b* and zeaxanthin and lutein in phytoplankton extracts using reverse phase C-8 HPLC. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 161: 303-307.
- BARNETT, D. (1991): Sea ice distribution in the Soviet. In: Brigham, L.W. (Ed.): *The soviet maritime arctic polar research series.*, Belhaven Press, London: 47-62.
- BARTHEL, K.-G. (1988): Feeding of three *Calanus* species on different phytoplankton assemblages in the Greenland Sea. *Meeresforsch.*, 32: 92-106.
- V. BODUNGEN, B.; ANTIA, A.; BAUERFEIND, E.; HAUPT, O.; KOEVE, W.; MACHADO, E.; PEEKEN, I.; PEINERT, R.; REITMEIER, S.; THOMSEN, C.; VOSS, M.; WUNSCH, M.; ZELLER, U. & ZEITZSCHEL, B. (1995): Pelagic processes and vertical flux of particles: an overview of a long-term comparative study in the Norwegian Sea and Greenland Sea. *Geol. Rundsch.*, 84: 11-27.
- BOGOROV, W.G. (1945): Biomassa planktona i preustewych raionach sibirskich rek. (russ., pers. Mittlg. Okolodkov, Y.B.). *Problemi Arktiki*, 3C: 65-71.

- BOISVERT, W.E. (1970): Major currents along the coasts of Norway and the USSR to the Kurils. TR-222, U.S. Naval Oceanogr. Off. Washington: 1-26.
- BOOTH, B.C. (1987): The use of autofluorescence for analyzing oceanic phytoplankton communities. *Bot. Marina*, 30: 101-108.
- BOOTH, B.C. & HORNER, R.A. (1997): Microalgae on the Arctic Ocean Section, 1994: species abundance and biomass. *Deep-Sea Res.*, 44: 1607-1622.
- BOOTH, J.A. (1984): The epontic algal community of the ice edge zone and its significance to the Davis Strait ecosystem. *Arctic*, 37: 234-243.
- BORSTAD, G.A. & GROWER, J.F.R. (1984): Phytoplankton chlorophyll distribution in the eastern Canadian Arctic. *Arctic*, 37: 224-233.
- BOYD, P.W. & NEWTON, P.P. (1999): Does planktonic community structure determine downward particulate carbon flux in different oceanic provinces? *Deep-Sea Res.*, 46: 63-91.
- BRAY, J.R. & CURTIS, J.T. (1957): An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27: 325-349.
- BRIGHAM, L.W. (1996): Sea ice and ocean processes in the Laptev Sea. Unveröff. Diplomarbeit, SPRI University of Cambridge: 1-93.
- BUYNEVICH, A.G.; RUSANOV, V.P. & SMAGIN, V.M. (1980): Spreading of river water in the Laptev Sea by the hydrochemical elements. (russ.). *Tr. AANII*, 358: 116-125.
- CARR, M. R. (1995): PRIMER User Manual. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth: 1-26.
- CHISHOLM, S.W.; FRANKEL, S.L.; GOERICKE, R.; OLSON, R.J.; PALENIK, R.J.; WATERBURY, J.B.; WEST-JOHNSTON, L. & ZETTLER, E.R. (1992): *Prochlorococcus marinus* nov. gen. nov. sp.: An oxyphytotropic marine prokaryote containing divinyl chlorophyll *a* and *b*. *Arch. Microbiol.*, 157: 297-300.
- CLARK, D.L. (1990): Arctic Ocean ice cover; geologic history and climatic significance. In: Grantz, A.; Johnson, L.; Sweeney, J.F. (Ed.): *The Arctic Ocean region. The geological Society of North America*, Boulder: 53-62.
- CLARKE, A.; QUETIN, L.B. & ROSS, R.M. (1988): Laboratory and field estimates of the rate of faecal pellet production by Antarctic krill, *Euphausia superba*. *Mar. Biol.*, 98: 557-563.
- CLARKE, K.R. & GREEN, R.H. (1988): Statistical design for a "biological effects" study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 46: 213-226.
- COACHMAN, L.K. & AAGAARD, K. (1974): Physical oceanography of Arctic and subarctic seas. In: Herman, Y. (Ed.): *Marine geology and oceanography of the Arctic seas*. Springer-Verlag, Berlin: 1-72.
- COLBECK, S. (Ed.) (1980): *Dynamics of snow and ice masses*. Academic Press, New York: 1-209.
- COLONY, R. & THORNDIKE, A.S. (1985): Sea ice motion as a drunkard's walk. *J. Geophys. Res.*, 90: 10623-10629.
- COTA, G.F.; PRINSEBERG, S.J.; BENNET, E.B.; LODER, J.W.; LEWIS, M.R.; ANNING, J.L. & WATSON, N.H.F. (1987): Nutrient fluxes during extended blooms of Arctic ice algae. *J. Geophys. Res.*, 92: 1951-1962.
- CREMER, H. (1998): Die Diatomeen der Laptevsee (Arktischer Ozean): Taxonomie und biogeographische Verbreitung. *Ber. Polarforsch.*, 260: 1-205.
- DAHLBÄCK, B.; GUNNARSON, L.Å.H.; HERMANSSON, M. & KJELLEBERG, S. (1982): Microbial investigations of surface microlayers, water column, ice and sediment in the Arctic Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 9: 101-109.
- DALY, K.L. & SMITH, W.O. (1993): Physical-biological interactions influencing marine phytoplankton production. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 24: 555-585.
- DESCY, J.P. & MÉTENS, A. (1996): Biomass-pigment relationships in potamoplankton. *J. Plankton Res.*, 18: 1557-1566.
- DETHLEFF, D. (1995): Die Laptevsee-eine Schlüsselregion für den Fremdstoffeintrag in das arktische Meeresis. Unveröff. Diss., Univ. Kiel: 1-111.
- DETHLEFF, D.; NÜRNBERG, D.; REIMNITZ, E.; SAARSO, M. & SAVCHENKO, Y.P. (1993): East Siberia Arctic Region Expedition '92: The Laptev Sea- its significance for arctic sea-ice formation and transpolar sediment flux. *Ber. Polarforsch.*, 120: 1-74.
- DIETRICH, G.; KALLE, K.; KRAUS, W. & SIEDLER, G. (1975): *Allgemeine Meereskunde*. 3. Aufl. Borntraeger, Berlin: 1-595.
- DMITRENKO, I.; TIMOKHOV, L.; GOLOVIN, P. & DMITRIEV, N. (1997): Oceanographic processes in the Laptev Sea during autumn. *Ber. Polarforsch.*, 248: 44-61.

- DODGE, J.D. (1982): Marine Dinoflagellates of the British Isles. Her Majesties Stat. Office, London: 1-87.
- DRACHEV, S.S.; SAVOSTIN, L.A. & BRUNI, I.E. (1995): Structural pattern and tectonic history of the Laptev Sea region. *Ber. Polarforsch.*, 176: 348-366.
- DREBES, G. (1974): *Marines Phytoplankton*. Thieme Verlag, Stuttgart: 1-186.
- DRUZHKOVA, N.V. & MAKAREVICH, P.R. (1999): Comparison of the phytoplankton assemblages of the south-eastern Barents Sea and south-western Kara Sea: Phytogeographical status of the region. *Bot. Marina*, 42: 103-115.
- DUGALE, R.C.; WILKERSON, F.P. & MINAS, H.J. (1995): The role of a silicate pump in driving new production. *Deep-Sea Res.*, 42: 697-719.
- DURBIN, E.G. (1978): Aspects on the biology of resting spores of *Thalassiosira nordenskiöldii* and *Detonula confervaceae*. *Mar. Biol.*, 45: 31-37.
- EDLER, L. (1979): Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea: Phytoplankton and chlorophyll. *The Baltic Mar. Biol. Publ.*, 5: 1-38.
- EGGE, J. K. & AKSNES, D.L. (1992): Silicate as regulating nutrient in phytoplankton competition. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 83: 281-289.
- EICKEN, H.; REIMNITZ, E.; ALEXANDROV, V.Y.; MARTIN, T.; KASSENS, H. & VIEHOFF, T. (1997): Sea-ice processes in the Laptev Sea and their importance for sediment export. *Cont. Shelf Res.*, 17: 205-233.
- EILERTSEN, H.C. (1990): Photosynthesis-irradiance response of phytoplankton in the Barents Sea. Dynamic action of blooms and coupling to zooplankton (Abstr.). *PRO MARE Symp. Mar. Arct. Ecol.* (May 12-16 1990), Trondheim, Norway.
- EISMA, D.; KALF, J. & GAAST, S.J. (1978): Suspended matter in the Zaire estuary and the adjacent Atlantic Ocean. *Neth. J. Sea Res.*, 12: 382-406.
- ENGLISH, T.S. (1961): Some biological oceanographic observations in the central North Polar Sea, Drift Station Alpha, 1957-1958. *Arctic Inst. North America. Sci. Rep. No. 15. Res. Paper No. 13*: 1-79.
- FALKOWSKI, P. & KIEFER, D.A. (1985): Chlorophyll *a* fluorescence in phytoplankton: relationship to photosynthesis and biomass. *J. Plankt. Res.*, 7: 715-731.
- FALK-PETERSEN, I.B.; FALK-PETERSEN, S.; SAVINOVA, T.; WASSMANN, P.; GABRIELSEN, G. & MATISOV, G. (1992): Marine ecosystem dynamics and the state of the environment in arctic waters. In: Tikkanen, E.; Varmola, M. & Katern, T. (eds): *Symposium on the state of the environmental monitoring in northern Fennoscandia and the Kola Peninsula. Arctic Centre Publ. 4*: 107-122.
- FAST, T. (1993): *Zur Dynamik von Biomasse und Primärproduktion des Phytoplanktons im Elbe-Ästuar*. Unveröff. Diss., Univ. Hamburg: 1-134.
- FIELD, J.G.; CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. (1982): A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 8: 37-52.
- FUHRMAN, J.A.; AMMERMAN, J.W. & AZAM, F. (1980): Bacterioplankton in the coastal euphotic zone: distribution, activity and possible relationships with phytoplankton. *Mar. Biol.*, 60: 201-207.
- GALLEGOS, C.L. & PLATT, T. (1982): Phytoplankton production and water motion in surface mixed layers. *Deep-Sea Res.*, 29: 65-76.
- GIERLOFF-EMDEN, H.G. (Ed.) (1982): *Das Eis des Meeres*. Walter de Gruyter, Berlin: 1-951.
- GIESKES, W.W. & KRAAY, G.W. (1983): Dominance of cryptophyceae during the phytoplankton spring bloom in the central North Sea detected by HPLC analysis of pigments. *Mar. Biol.*, 75: 179-185.
- GILSTAD, M. & SAKSHAUG, E. (1990): Growth rates of ten diatom species from the Barents Sea at different irradiances and day lengths. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 64: 169-173.
- GLIBERT, P.M.; CONLEY, D.J.; FISHER, T.R.; HARDING, L.W. & MALONE, T.C. (1995): Dynamics of the 1990 winter/spring bloom in Chesapeake Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 122: 27-43.
- GOBUNOV, Y.; GUDKOVICH, Z. & LOSEV, S. (1995): Full-scale field experiment carried out by the AARI in the south-eastern Laptev Sea (1976) and its main results. *Ber. Polarforsch.*, 176: 25-27.
- GOERICKE, R. & MONTOYA, J.P. (1998): Estimating the contribution of microalgal taxa to chlorophyll *a* in the field- variations of pigment rati-

- os under nutrient- and light limited growth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 169: 97-112.
- GORDEEV, V.V. & SIDOROV, I.S. (1993): Concentrations of major elements and their outflow into the Laptev Sea by the Lena river. *Mar. Chem.*, 43: 33-45.
- GORDEEV, V.V.; MARIN, J.M.; SIDOROV, I.S. & SIDOROVA, M.V. (1996): A reassessment of the eurasian river input of water, sediment, major elements, and nutrients to the Arctic Ocean. *Am. J. Sci.*, 296: 664-691.
- GORDON, D.C. (1970): Some studies on the distribution and composition of particulate organic carbon in the North Atlantic Ocean. *Deep-Sea Res.*, 17: 233-243.
- GOSSELIN, M.; LEGENDRE, L.; DEMERS, S. & INGRAM, R.G. (1985): Responses of sea ice microalgae to climatic and fortnightly tidal energy inputs (Manitounuk Sound, Hudson Bay). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 999-1006.
- GOSSELIN, M.; LEGENDRE, L.; THERRIault, J.-C. & DEMERS, S. (1990): Light and nutrient limitation of sea-ice microalgae (Hudson Bay, Canadian Arctic). *J. Phycol.*, 26: 220-232.
- GOSSELIN, M.; LEVASSEUR, M., WHEELER, P.A.; HORNER, R.A. & BOOTH, B.C. (1997): New measurements of phytoplankton and ice algal production in the Arctic Ocean. *Deep-Sea Res.*, 44: 1623-1644.
- GRADINGER, R. & Baumann, M.E.M. (1991): Distribution of phytoplankton communities in relation to the large-scale hydrographical regime in the Fram Strait. *Mar. Biol.*, 111: 311-321.
- GRADINGER, R. & Ikävalko, J. (1998): Organism incorporation into newly forming Arctic sea ice in the Greenland Sea. *J. Plankton Res.*, 20: 871-886.
- GRADINGER, R. & LENZ, J. (1989): Picocyanobacteria in the high Arctic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 52: 99-101.
- GRADINGER, R. & LENZ, J. (1995): Seasonal occurrence of picocyanobacteria in the Greenland Sea and central Arctic Ocean. *Polar Biol.*, 15: 447-452.
- GRADINGER, R.; SPINDLER, M. & WEISSENBERGER, J. (1992): On the structure and development of Arctic pack ice communities in Fram Strait: a multivariate approach. *Polar Biol.*, 12: 727-733.
- GRAINGER, E.H. (1979): Primary production in Frobisher Bay, Arctic Canada. In: Dunbar, M.J. (Ed.): *Int. Biol. Programme 20-marine production mechanisms*. Cambridge: 9-30.
- GRAINGER, E.H. & EVANS, M.S. (1982): Seasonal variations in chlorophyll and nutrients in a canadian arctic estuary. *Estuaries*, 5: 294-301.
- GRAN, H.H. (1904): Diatomaceae from the ice-floes and plankton of the Arctic Ocean. XI. In: Nansen, F. (Ed.): *The Norwegian North Polar Expedition 1893-1896. Scientific Results*, 4: 1-85.
- GRAN, H.H. (1908): Diatomeen. *Nordisches Plankton, botanischer Teil*. Lipsius & Tischer, Kiel: 1-146.
- GUILLARD, R.R.L. & Kilham, P. (1977): The ecology of marine planktonic diatoms. In: Werner, D. (Ed.): *The biology of diatoms*. Blackwell Sci. Publ., Oxford: 372-469.
- HAECKY, P.; JONSSON, S. & ANDERSSON, A. (1998): Influence of sea ice on the composition of the spring phytoplankton bloom in the northern Baltic Sea. *Polar Biol.*, 20: 1-8.
- HÄLLFORS, G.; MELVASALO, T.; NIEMI, Å. & VILJAMAA, H. (1979): Effect of different fixatives and preservatives on phytoplankton counts. *Eripainos*, 34: 25-34.
- HAMEEDI, M.J. (1978): Aspect of water column primary productivity in the Chukchi Sea during summer. *Mar. Biol.*, 48: 37-46.
- HARDER, M. (1996): Dynamik, Rauigkeit und Alter des Meereises in der Arktis- Numerische Untersuchungen mit einem großskaligen Modell. *Ber. Polarforsch.*, 203: 1-126.
- HARDING, L.W.; MEESON, B.W.; PREZELIN, B.B. & SWEENEY, B.M. (1981): Diel periodicity of photosynthesis in marine phytoplankton. *Mar. Biol.*, 61: 95-105.
- HARDING, L.W.; PREZELIN, B.B.; SWEENEY, B.M. & COX, J.L. (1982): Diel oscillations of the photosynthesis-irradiance (P-I) relationship in natural assemblages of phytoplankton. *Mar. Biol.*, 67: 167-178.
- HARRISON, W.G. & COTA, G.F. (1991): Primary production in polar waters: Relation to nutrient availability. In: Sakshaug, E.; Hopkins, C.C.E. & Oeritsland, N.A. (Ed.): *Proceedings of the PROMARE Symposium on polar marine ecology*, Trondheim, Norway, 12.-16. Mai 1990. *Polar Res.*, 10: 87-104.
- HARRISON, W.G.; PLATT, T. & IRWIN, B. (1982): Primary production and nutrient assimilation by natural phytoplankton populations of the

- eastern Canadian Arctic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 335-345.
- HASLE, G.R. (1978): The inverted-microscope method. 6. In: Sournia, A. (Ed.): *Phytoplankton manual*. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol.: 167-180.
- HEGSETH, E.N. (1992): Sub-ice algal assemblages of the Barents Sea: Species composition, chemical composition, and growth rates. *Polar Biol.*, 12: 485-496.
- HEGSETH, E.N. (1997): Phytoplankton of the Barents Sea-the end of a growth season. *Polar Biol.*, 17: 235-241.
- HEIMDAL, B.R. (1983): Phytoplankton and nutrients in the waters north-west of Spitsbergen in the autumn of 1979. *J. Plankton Res.*, 5: 901-918.
- HEISKANEN, A.-S. & KECK, A. (1996): Distribution and sinking rates of phytoplankton, detritus, and particulate biogenic silica in the Laptev Sea and Lena River (Arctic Siberia). *Mar. Chem.*, 53: 229-245.
- HEMPEL, G. (1985): On the biology of polar seas, particularly the Southern Ocean. In: Gray, J.S. & Christiansen, M.E. (Ed.): *Marine biology of polar regions and effects of stress on marine organisms*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester: 3-33.
- HESSE, K.J.; LIU, Z.L. & SCHAUMANN, K. (1989): Phytoplankton and fronts in the German Bight. In: *Topics in marine biology. Proc. of the 22nd EMB Symp.*, 53: 187-196.
- HESSE, K.J.; TILLMANN, U.; NEHRING, S. & BROCKMANN, U. (1996): Factors controlling phytoplankton distribution in coastal waters of the German bight (North Sea). In: *Biology and ecology of shallow coastal waters. Proc. of the 28th EMB Symp.*, 59: 11-21.
- HILLMAN, S.R. (1984): Near-shore chlorophyll concentrations in the Chukchi Sea. *Polar Res.*, 22: 182-186.
- HIRCHE, H.-J.; BAUMANN, M.E.M.; KATTNER, G. & GRADINGER, R. (1991): Plankton distribution and the impact of copepod grazing on primary production in Fram Strait, Greenland Sea. *J. Mar. Syst.*, 2: 477-494.
- HOBSON, L.A. & MCQUOID, M.R. (1997): Temporal variations among planktonic diatom assemblages in a turbulent environment of the southern Strait of Georgia, British Columbia, Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 150: 263-274.
- HOLMES, M.L. & CREAGER, J.S. (1974): Holocene history of the Laptev Sea continental shelf. In: Herman, Y. (Ed.): *Marine geology and oceanography of the Arctic Seas*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg: 211-229.
- HORNER, R. & SCHRADER, G.C. (1982): Relative contributions of ice algae, phytoplankton and benthic microalgae to primary production in nearshore regions of the Beaufort Sea. *Arctic*, 35: 485-503.
- HSIAO, S.I. (1988): Spatial and seasonal variations in primary production of sea ice microalgae and phytoplankton in Frobisher Bay, Arctic Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 44: 275-285.
- HSIAO, S.I.C. (1985): The growth of arctic marine phytoplankton in Frobisher Bay. *Arctic*, 38: 31-38.
- HSIAO, S.I.C. (1992): Diel, tidal and vertical variations of phytoplankton and its environment in Frobisher Bay. *Arctic*, 45: 327-337.
- HSIAO, S.I.C.; FOY, M.G. & KITTLE, D.W. (1977): Standing stock, community structure, species composition, distribution, and primary production of natural populations of phytoplankton in the southern Beaufort Sea. *Can. J. Bot.*, 55: 685-694.
- HUAULT, M.F.; LAFIBER, R. & DUPONT, J.P. (1994): Diatoms as particle tracers in the water column in the eastern English Channel. *Neth. J. Sea Res.*, 23: 47-56.
- HUSTEDT, F. (1927-1966): *Die Kieselalgen. Rabenhorsts Kryptogamenflora Band 7*. Akad. Verlag Leipzig. Teil I: 1-920, Teil II: 1-845, Teil III: 1-816.
- JACKSON, D.A. (1993): Multivariate analysis of benthic invertebrate communities: the implication of choosing particular data standardisations, measures of association, and ordination methods. *Hydrobiologia*, 268: 9-26.
- JACOBSON, D.M. & ANDERSEN, R.A. (1994): The discovery of mixotrophy in photosynthetic species of *Dinophysis* (Dinophyceae): light and electron microscopical observations of food vacuoles in *Dinophysis acuminata*, *D. norvegica* and two heterotrophic dinophysoid dinoflagellates. *Phycologia*, 33: 97-110.
- JEFFREY, S.W. (1980): An improved thin-layer chromatographic technique for marine phytoplankton pigments. In: Falkowski, P.G. (Ed.): *Primary productivity in the sea*. Plenum Press, New York: 33-58.
- JEFFREY, S.W. & HALLEGRAEFF, G.M. (1987): Chlo-

- rophyllase distribution in ten classes of phytoplankton: a problem for chlorophyll analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 35: 293-304.
- JEFFREY, S.W. & HUMPHREY, G.F. (1975): New spectrometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c1* and *c2* in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP)*, 167: 191-194.
- V. JUTERZENKA, K. & KNICKMEIER, K. (1999): Chlorophyll *a* distribution in water column and sea ice during the Laptev Sea Freeze-Up Study in autumn 1995. In: Kassens, H.; Bauch, H. A.; Dmitrenko, I.; Eicken, H.; Hubberten, H.-W.; Melles, M.; Thiede, J. & Timokhov, L. (Ed.): *Land-ocean systems in the Siberian Arctic: Dynamics and history*. Springer-Verlag, Berlin: 153-160.
- KARLSON, B. & KUYLENSTIERNA, M. (subm.) How should small marine planktonic protists be quantified? *J. Plankton Res.*
- KASSENS, H.; DMITRENKO, I.; TIMOKHOV, L. & THIEDE, J. (Ed.) (1997): *The Transdrift III Expedition: Freeze-up studies in the Laptev Sea*. *Ber. Polarforsch.*, 248: 1-190.
- KASSENS, H.; DMITRENKO, I.; RACHOLD, V.; THIEDE, J. & TIMOKHOV, L. (1998): Russian and German scientists explore the Arctic's Laptev Sea and its climate system. *EOS*, 79: 317, 322-323.
- KIES, L. (1997): Distribution, biomass and production of planktonic and benthic algae in the Elbe Estuary. *Limnologica*, 27: 55-64.
- KIRST, G.O. & WIENCKE, C. (1995): Ecophysiology of polar algae. *J. Phycol.*, 31: 181-199.
- KISELEV, I.A. (1932): *Material po mikroflora go-vostoshi shasti more laptevish-* Beiträge zur Mikroflora des süd-östlichen Teiles des Laptevmeeres. *Studies of the USSR Seas*. State Hydrology Institute Publications, Leningrad: 67-103. (russ., mit deutscher Kurzfassung).
- KOLATSCHEK, J.; EICKEN, H.; ALEXANDROV, V.Y. & KREYSCHER, M. (1996): The sea-ice cover of the Arctic Ocean and the eurasian marginal seas: a brief overview of present day patterns and variability. *Ber. Polarforsch.*, 212: 2-18.
- KRUSKAL, J.B. & WISH, M. (1978): *Multidimensional scaling*. Sage Publications, Beverly Hills. zitiert nach: Hartung, J. & Elpelt, B. (1986): *Multivariate Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*. R. Oldenbourg Verlag, München: 1-815.
- KUNZ-PIRRUNG, M. (1998): Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän anhand von aquatischen Palynomorphen. *Ber. Polarforsch.*, 281: 1-116.
- LAMB, H.H. (1982): The climatic environment of the Arctic Ocean. In: Rey, L. (Ed.): *The Arctic Ocean. The hydrographic environment and the fate of pollutants*. Wiley & Sons, New York: 135-161.
- LARA, R.J.; KATTNER, G.; TILLMANN, U. & HIRCHE, H.-J. (1994): The north east water polynya (Greenland Sea). 2. Mechanisms of nutrient supply and influence on phytoplankton distribution. *Polar Biol.*, 14: 483-490.
- LARSSON, U. & HAGSTRÖM, A. (1979): Phytoplankton exudate release as an energy source for the growth of pelagic bacteria. *Mar. Biol.*, 52: 199-206.
- LEBOUR, M. V. (1925): The dinoflagellates of the northern seas. *Mar. Biol. Ass. U.K.*, Plymouth: 1-250.
- LEBOUR, M. V. (1930): *Planktonic diatoms of the northern seas*. Royal Soc., London: 1-244.
- LEGENDRE, L. & LE FEVRE, J. (1995): Microbial food webs and the export of biogenic carbon in the oceans. *Aquat. Microb. Ecol.*, 9: 69-77.
- LEGENDRE, L.; ACKLEY, S.F.; DIECKMANN, G.S.; GULLIKSEN, B.; HORNER, R.; HOSHIAI, T.; MELNIKOV, I.A.; REEBURGH, W.S.; SPINDLER, M. & SULLIVAN, C.W. (1992): Ecology of sea ice biota. 2. Global significance. *Polar Biol.*, 12: 429-444.
- LEGENDRE, L.; GOSSELIN, M.; HIRCHE, H.-J.; KATTNER, G. & ROSENBERG, G. (1993): Environmental control and potential fate of size-fractionated phytoplankton production in the Greenland Sea (75° N). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 98: 297-313.
- LEWIS, E.L. (1982): The Arctic Ocean: Water masses and energy exchanges. In: Rey, L. (Ed.): *The Arctic Ocean. The hydrographic environment and the fate of pollutants*. Wiley & Sons, New York: 43-68.
- LI, W.K.W.; SMITH, J.C. & PLATT, T. (1984): Temperature response of photosynthetic capacity and carboxylase activity in Arctic marine phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 17: 237-243.
- LIBBERT, E. (1993): *Lehrbuch der Pflanzenphysiologie*. Gustav Fischer Verlag, Jena: 1-434.
- LINDEMANN, F. (1998): Sedimente im arktischen Meereis - Eintrag, Charakterisierung und Quantifizierung. *Ber. Polarforsch.*, 283: 1-124.

- LINDEMANN, F.; HÖLEMANN, J.A.; KORABLEV, A. & ZACHEK, A. (1999): Particle entrainment into newly forming sea ice-freeze up studies in October 1995. In: Kassens, H.; Bauch, H. A.; Dmitrenko, I.; Eicken, H.; Hubberten, H.-W.; Melles, M.; Thiede, J. & Timokhov, L. (Ed.): Land-ocean systems in the Siberian Arctic: Dynamics and history. Springer-Verlag, Berlin: 113-124.
- LINLEY, E.A.S.; NEWELL, R.C. & LUCAS, M.I. (1983): Quantitative relationship between phytoplankton, bacteria and heterotrophic microflagellates in shelf waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 12: 77-89.
- LOCKERMAN, R.C. (1968): Some summer oceanographic features of the Laptev and East Siberian Seas. TR-200, U.S. Naval Oceanogr. Off., Washington: 1-50.
- LONSDALE, D.J.; COSPER, E.M. & DOALL, M. (1996): Effect of zooplankton grazing on phytoplankton size-structure and biomass in the lower Hudson River estuary. *Estuaries*, 19: 874-889.
- LORENZEN, C.J. (1970): Surface chlorophyll as an index of the depth, chlorophyll content, and primary productivity of the euphotic layer. *Limnol. Oceanogr.*, 15: 479-480.
- MANN, H.B. & WHITNEY, D.R. (1947): On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Ann. Math. Stat.*, 18: 50-60.
- MANTOURA, R.F.C. & LEWELLYN, C.A. (1983): The rapid determination of algal chlorophyll and carotenoid pigments and their breakdown products in natural waters by reverse-phase high-performance liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 151: 297-314.
- MARSHALL, H.G. (1985): Comparison of phytoplankton concentrations and cell volume measurements from the continental shelf off Cape Cod, Massachusetts, U.S.A.. *Hydrobiologia*, 120: 171-179.
- MAY, K.R. (1965): A new graticule for particle counting and sizing. *J. Scient. Instr.*, 42: 500-501.
- MEDLIN, L.K. & PRIDDLE, J. (1990): Polar marine diatoms. British Antarctic Survey, Cambridge: 1-214.
- MILLIMAN, J.D. & BOYLE, E. (1975): Biological uptake of dissolved silica in the Amazon river. *Science*, 189: 995-997.
- MONTRESOR, M. (1992): Life histories in diatoms and dinoflagellates and their relevance in phytoplankton ecology. *Oebalia*, 17: 241-257.
- MURRAY, A.P.; GIBBS, C.F.; LONGMORE, A.R. & FLETT, D.J. (1986): Determination of chlorophyll in marine waters: Intercomparison of a rapid HPLC method with full HPLC, spectrophotometric and fluorometric methods. *Mar. Chem.*, 19: 211-227.
- NAMILOV, Y.V. (1995): The ice-thermal regime at front deltas of rivers of the Laptev Sea. *Ber. Polarforsch.*, 176: 55-61.
- NANSEN, F. (1897): In Nacht und Eis. Die Norwegische Polarexpedition 1893-1896. Brockhaus, Leipzig, Bd. I: 1-527, Bd. II: 1-507. Zitiert nach der Ausgabe des H. Albert Verlags, Wiesbaden. 1995.
- NIELSEN, T.G. & HANSEN, B. (1995): Plankton community structure and carbon cycling on the west coast of Greenland during and after sedimentation of a diatom bloom. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 125: 239-257.
- NIEMI, A. (1982): Dynamics of phytoplankton in the brackish-water inlet Pojoviken, southern coast of Finland. *Hydrobiologia*, 86: 33-39.
- NING, X.; SHI, J.; LIU, Z.; CHEN, Z. & LIU, ZH. (1986): Chlorophyll and ATP in Changjiang estuary and off Zhejiang. *Acta Oceanologica Sinica*, 8: 603-610.
- NÜRNBERG, D.; FÜTTERER, D.K.; NIESSEN, F.; NØRGAARD-PEDERSEN, N.; SCHUBERT, C.J.; SPIELHAGEN, R.F. & WAHSNER, M. (1995): The depositional environment of the Laptev Sea continental margin: Preliminary results from the R/V POLARSTERN ARK IX-4 cruise. *Polar Res.*, 14: 43-53.
- OKOLODKOV, Y.B. (1992): Cryopelagic flora of the Chukchi-East Siberian and Laptev Seas. *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.*, 5: 28-43.
- OKOLODKOV, Y.B. & DODGE, J.D. (1995): Redescription of the planktonic dinoflagellate *Peridietta danica* (Paulsen) comb. nov. and its distribution in the N. E. Atlantic. *Eur. J. Phycol.*, 30: 299-306.
- OKOLODKOV, Y.B. & DODGE, J.D. (1996): Biodiversity and biogeography of planktonic dinoflagellates in the Arctic Ocean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 202: 19-27.
- PANKOW, H. (1980): Ostsee-Algenflora, Fischer-Verlag, Jena: 1-648.

- PARSONS, T.R.; TAKAHASHI, M. & HARGRAVE, B. (Ed.) (1988): Biological Oceanographic Processes. 3d ed. Pergamon Press, Oxford: 1-330.
- PARSONS, T.R.; Webb, D.G.; ROKEBY, B.E.; LAWRENCE, M.; HOPKY, G.E. & CHIPERZAK, D.B. (1989): Autotrophic and heterotrophic production in the Mackenzie River/Beaufort Sea Estuary. *Polar Biol.*, 9: 261-266.
- PAULSEN, O. (1908): Peridinales. In: Brandt, K. (Ed.): Nordisches Plankton, Bot. Teil. Lipsius & Tischler, Kiel, Leipzig: 1-124.
- PEEKEN, I. (1997): Pigmentmarker als Indikatoren pelagischer Prozesse in polaren Regionen. *Ber. Sonderforsch. 313, Univ. Kiel*, 72: 1-239.
- PEINERT, R. (1986): Saisonale und regionale Aspekte der Produktion und Sedimentation von Partikeln im Meer. *Ber. Sonderforsch. 313, Univ. Kiel*, 2: 1-108.
- PENNOCK, J.R. & SHARP, J.H. (1994): Temporal alternation between light- and nutrient-limitation of phytoplankton production in a coastal plain estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 111: 275-288.
- PERKINS, E.J. (1974): The biology of estuaries and coastal waters. Acad. Press, London, New York: 1-678.
- PIEPENBURG, D. (1988): Zur Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße. *Ber. Polarforsch.*, 52: 1-118.
- PITKÄNEN, H. & TAMMINEN, T. (1995): Nitrogen and phosphorus as production limiting factors in the estuarine waters of the eastern Gulf of Finland. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 129: 283-294.
- PITKÄNEN, H.; TAMMINEN, T.; KANGAS, P.; HUTTULA, T.; KIVI, K.; KUOSA, H.; SARKKULA, J.; ELOHEIMO, K.; KAUPPILA, P. & SKAKALSKY, B. (1993): Late summer trophic conditions in the north-east Gulf of Finland and the River Neva Estuary, Baltic Sea. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 37: 453-474.
- PIVOVAROV, S. (1994): Hydrochemical structure of the Laptev Sea. *Ber. Polarforsch.*, 151: 48-51.
- PIVOVAROV, S.; ROSSAK, B.T.; SHERBAKOV, I. & SVIRIDOV, V. (1997): Hydrochemical Observations. (Cruise report of the expedition Transdrift III to the Laptev Sea in autumn 1995). *Ber. Polarforsch.*, 248: 68-69.
- PIVOVAROV, S.V.; HÖLEMANN, J.; KASSENS, H.; ANTONOW, M. & DMITRENKO, I. (1999): Dissolved oxygen, silicon, phosphorus and suspended matter concentrations during the spring breakup of the Lena River. In: Kassens, H.; Bauch, H. A.; Dmitrenko, I.; Eicken, H.; Hubberten, H.-W.; Melles, M.; Thiede, J. & Timokhov, L. (eds): Land-ocean systems in the Siberian Arctic: Dynamics and history. Springer-Verlag, Berlin: 251-264.
- POMEROY, L.R. (1974): The ocean's food web: a changing paradigm. *BioScience*, 24: 499-504.
- POMEROY, L.R. & DEIBEL, D. (1986): Temperature regulation of bacterial activity during the spring bloom in Newfoundland coastal waters. *Science*, 233: 359-361.
- POMEROY, L.R.; MACKO, S.A.; OSTROM, P.H. & DUNPHY, J. (1990): The microbial food web in Arctic seawater: concentration of dissolved free amino acids and bacterial abundance and activity in the Arctic Ocean and in Resolute Passage. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 61: 31-40.
- PORTER, K.G. & FEIG, Y.S. (1980): The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.*, 25: 943-948.
- POULIN, M. & CARDINAL, A. (1982): Sea ice diatoms from Manitounuk Sound, southeastern Hudson Bay (Quebec, Canada). I. family Naviculaceae and II. Naviculaceae, genus *Navicula*. *Can. J. Bot.*, 60: 1263-1278.
- POULIN, M. & CARDINAL, A. (1983): Sea ice diatoms from Manitounuk Sound, southeastern Hudson Bay (Quebec, Canada). III. Cymbellaceae, Entomoneidaceae, Gomphonemataceae, and Nitzschaceae. *Can. J. Bot.*, 61: 107-118.
- POWELL, T.M.; CLOERN, J.E. & HUZZEY, L.M. (1989): Spatial and temporal variability in South San Francisco Bay (USA). I. Horizontal distributions of salinity, suspended sediments, and phytoplankton biomass and productivity. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 28: 583-597.
- PRÉZELIN, B.B. & LEY, A.C. (1980): Photosynthesis and chlorophyll fluorescence rhythms of marine phytoplankton. *Mar. Biol.*, 55: 295-307.
- REDFIELD, A.C. (1958): The biological control of chemical factors in the environment. *Am. Sci.*, 46: 205-221.
- REIMNITZ, E.; MCCORMICK, M.; MCDUGALL, K. & BROUWERS, E. (1993): Sediment export by ice rafting from a coastal polynya, Arctic Alaska, U.S.A. *Arctic Alp. Res.*, 25: 83-98.
- REIMNITZ, E.; DETHLEFF, D. & NÜRNBERG, D. (1994): Contrasts in arctic shelf sea-ice regimes and some implications: Beaufort Sea versus Laptev Sea. *Mar. Geol.*, 119: 215-225.

- REY, F. (1991): Photosynthesis irradiance relationships in natural phytoplankton populations of the Barents Sea. In: Sakshaug, E.; Hopkins, C.C.E.; Oeritsland, N.A. (Ed.): Proceedings of the PROMARE Symposium on polar marine ecology, Trondheim, Norway, 12-16 May 1990, *Polar Res.*, 10: 105-116.
- RICH, J.; KIRCHMAN, D.L.; GOSSELIN, M.; SHERR, E. & SHERR, B. (1997): High bacterial production, uptake and concentrations of dissolved organic matter in the Central Arctic Ocean. *Deep-Sea Res.*, 44: 1645-1664.
- ROOTS, E.F. (1982): The changing Arctic marine environment: some basic considerations. In: Rey, L. (Ed.): *The Arctic Ocean - The hydrographic environment and the fate of its pollutants*. Wiley & Sons, New York: 215-232.
- RUSANOV, V.P. (1974): Silicon distribution in surface waters of the Arctic Basin in winter. (russ.). *Okeanologiya*, 14: 823-829.
- SAKSHAUG, E. (1989): The physiological ecology of polar phytoplankton. In: Rey, L. & Alexander, V. (Ed.): *Proceedings of the Sixth Conference of the Comité Arctique International*, 13-15 May 1985. E.J. Brill, Leiden, New York, København, Köln: 61-89.
- SAKSHAUG, E. (1991): Food webs and primary production in the Barents Sea. *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.*, 4: 1-8.
- SAKSHAUG, E. & SLAGSTAD, D. (1991): Light and productivity of phytoplankton in polar marine ecosystems: a physiological view. *Polar Res.*, 10: 69-85.
- SAKSHAUG, E. & SLAGSTAD, D. (1992): Sea ice and wind: Effects on primary productivity in the Barents Sea. *Atmosphere Ocean*, 30: 579-591.
- SCHILLER, J. (1933): *Dinoflagellatae (Peridiniaceae)*. Rabenhorsts Kryptogamen-Flora Deutschland, Österreich und Schweiz, Teil 2, Bd. 10, Abt. 3, Acad. Leipzig: 1-617.
- SCHUCHHARDT, B. & SCHIRMER, M. (1991): Phytoplankton maxima in the tidal freshwater reaches of two coastal plain estuaries. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 32: 187-206.
- SELIGER, H.H.; MCKINLEY, K.R.; BIGGLEY, W.H.; RIVKIN, R.B. & ASPDEN, K.R.H. (1981): Phytoplankton patchiness and frontal regions. *Mar. Biol.*, 61: 119-131.
- SHERR, E.B. & SHERR B.F. (1994): Bacterivory and herbivory: Key roles of phagotrophic protists in pelagic food webs. *Microb. Ecol.*, 28: 223-235.
- SIMON, M. & AZAM, F. (1989): Protein content and protein synthesis rates of planktonic marine bacteria. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 51: 201-213.
- SMALL, L.F.; MCINTIRE, C.D.; MACDONALD, K.B.; LARA-LARA, J.R.; FREY, B.E.; AMSPOKER, M.C. & WINFIELD, T. (1990): Primary production, plant and detrital biomass, and particle transport in the Columbia River estuary. *Prog. Oceanogr.*, 25: 175-210.
- SMAYDA, T.J. (1978): From phytoplankton to biomass. In: Sournia, A. (Ed.): *Phytoplankton manual*. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol., 6: 273-279.
- SMETACEK, V. (1975): Die Sukzession des Phytoplanktons in der westlichen Kieler Bucht. Unveröff. Dissertation, Univ. Kiel: 1-151.
- SMETACEK, V.S. (1985): Role of sinking in diatom life-history cycles: ecological, evolutionary and geological significance. *Mar. Biol.*, 84: 239-251.
- SMETACAK, V.S. (1986): Impact of freshwater discharge on production and transfer of materials in the marine environment. In: Skreslet, S. (Ed.): *The role of freshwater outflow in coastal marine ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin: 85-106.
- SMITH, J.C. & PLATT, T. (1985): Temperature responses of ribulose biphosphate carboxylase and photosynthetic capacity in arctic and tropical phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 25: 31-37.
- SMITH, W.O.; BAUMANN, M.E.M.; WILSON, D.L. & ALETSEE, L. (1987): Phytoplankton biomass and productivity in the marginal ice zone of the Fram Strait during summer 1984. *J. Geophys. Res.*, 92: 6777-6786.
- SMITH, W.O.; WALSH, I.D.; BOOTH, B.C. & DEMING, J. (1995): Particulate matter and phytoplankton and bacterial biomass distribution in the Northeast Water Polynya during summer 1992. *J. Geophys. Res.*, 100: 4341-4356.
- SOMMER, U. (1994): *Planktologie*. Springer-Verlag, Berlin: 1-274.
- SOMMER, U. (1998): *Biologische Meereskunde*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg: 1-475.
- SOOHOO, J.B. & KIEFER, D.A. (1982a): Vertical distribution of phaeopigments-I. A simple grazing and photooxidative scheme for small particles. *Deep-Sea Res.*, 29: 1539-1551.

- SOOHOO, J.B. & KIEFER, D.A. (1982b): Vertical distribution of phaeopigments-II. Rates of production and kinetics of photooxidation. *Deep-Sea Res.*, 29: 1553-1563.
- SOROKIN, Y.I. & SOROKIN, P.Y. (1996): Plankton and primary production in the Lena River Estuary and in the South-eastern Laptev Sea. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 43: 399-418.
- SPINDLER, M. (1994): Notes on the biology of sea ice in the Arctic and Antarctic. *Polar Biol.*, 14: 319-324.
- SPRINGER, A.M. & MCRROY, C.P. (1993): The paradox of pelagic food webs in the northern Bering Sea — 3. Patterns of primary production. *Cont. Shelf Res.*, 13: 575-599.
- STAUBER, J.L. & Jeffrey, S.W. (1988): Photosynthetic pigments in fifty-one species of marine diatoms. *J. Phycol.*, 24: 158-172.
- STEEMANN-NIELSEN, E. (1958): Experimental methods for measuring organic production in the sea. *Rapp. Proc. Verb. Cons. Int. Explor. Mer.*, 144: 38-46.
- STRICKLAND, J.H.D. & PARSONS, T.R. (1972): A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Bd. Canada Bull.*, 167: 1-311.
- SUBBA RAO, D.V. & PLATT, T. (1984): Primary production of Arctic waters. *Polar Biol.*, 3: 191-201.
- SUSLOV, S.P. (1961): Physical oceanography of Asiatic Russia. Freeman & Co, San Francisco: 1-594.
- SYVERTSEN, E.E. (1977): *Thalassiosira rotula* and *T. gravida*: Ecology and morphology. *Nov. Hedwiga, Beiheft* 54: 99-112.
- TALLBERG, P. & HEISKANEN, A.-S. (1998): Species specific phytoplankton sedimentation in relation to primary production along an inshore-offshore gradient in the Baltic Sea. *J. Plankton Res.*, 20: 2053-2070.
- TANGEN, K. & BJÖRNLAND, T. (1981): Observations on pigments and morphology of *Gyrodinium aureolum* Hulbert, a marine dinoflagellate containing 19¹-hexanoyloxyfucoxanthin as the main carotenoid. *J. Plankton Res.*, 3: 389-401.
- THRONDSSEN, J. (1970): Marine planktonic Acant-hoecaceans (Craspedophyceae) from Arctic waters. *Nytt. Mag. Bot.*, 17: 103-111.
- THRONDSSEN, J. (1974): Planktonic choanoflagellates from North Atlantic waters. *Sarsia*, 56: 95-122.
- THRONDSSEN, J. & CHRISTIANSEN, S. (1991): *Micro-monas pusilla* (Prasinophyceae) as part of pico- and nanoplankton communities of the Barents Sea. *Polar Res.*, 10: 201-207.
- TILZER, M.M. & DUBINSKY Z. (1987): Effects of temperature and day length on the mass balance of Antarctic phytoplankton. *Polar Biol.*, 7: 35-42.
- TIMOKHOV, L.A. (1994): Regional characteristics of the Laptev and East Siberian Seas: climate, topography, ice phases, thermohaline regime, circulation. *Ber. Polarforsch.*, 144: 15-31.
- TRESHNIKOV, A.F. (1985): Atlas Arktiki Sov. Minist. SSSR, Gl. Upr. Geod. i. Kartogr. Moscow USSR: 1-204.
- TUSCHLING, K. (1996): Die neritischen Phytoplanktongemeinschaften des Laptevmeeres. Unveröff. Diplomarbeit, Univ. Göttingen: 1-77.
- UTERMÖHL, H. (1931): Über das umgekehrte Mikroskop. *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 5: 567-596.
- UTERMÖHL, H. (1958): Zur Vervollkommnung der qualitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. u. Angew. Limnol.*, 9: 1-38.
- VAN DEN HOEK, C.; JAHNS, H.M. & MANN, D.G. (1993): Algen. Thieme Verlag, Stuttgart: 1-411.
- VENRICK, E.L. (1978): How many cells to count? In: Sournia, A. (Ed.): *Phytoplankton Manual*. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol., 6: 167-180.
- VERARDO, D.J.; FROELICH, P.N. & MCINTYRE, A. (1990): Determination of organic carbon and nitrogen in marine sediments using the Carlo Erba Na-1500 analyzer. *Deep-Sea Res.*, 37: 157-167.
- Warwick, R.M. & CLARKE, K.R. (1991): A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 71: 225-244.
- Wassmann, P.; VERNET, M.; MITCHELL, B.G. & REY, F. (1990): Mass sedimentation of *Phaeocystis pouchetii* in the Barents Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 66: 183-195.
- WATERBURY, J.W.; WATSON, S.W.; VALOIS, F.W. & FRANKS, D.G. (1986): Biological and ecological characterization of the marine unicellular cyanobacterium *Synechococcus*. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.*, 214: 71-120.

- WESLAWSKI, J.M.; ZAJACZKOWSKI, M.; KWASNIEWSKI, S.; JEZIERSKI, J. & MOSKAL, W. (1988): Seasonality in an Arctic fjord ecosystem: Hornsund, Spitsbergen. *Polar Res.*, 6: 185-189.
- WESLAWSKI, J.M.; KWASNIEWSKI, S. & WIKTOR, J. (1991): Winter in a Svalbard fjord ecosystem. *Arctic*, 44: 115-123.
- WHEELER, P.A.; GOSSELIN, M., SHERR, E.; THIBAUT, D.; KIRCHMAN, D.L.; BENNER, R. & WHITLEDGE, T.E. (1996): Active cycling of organic carbon in the central Arctic Ocean. *Nature*, 380: 697-699.
- WIKTOR, J.M. & OKOLODKOV, Y.B. (1995): Phytoplankton. In: Klekowski, R.Z. & Weslawski, J.M. (Ed.): Atlas of the marine flora of southern Spitsbergen. Ossolineum, Gdansk: 1-295.
- WITEK, Z.; OCHOCKI, S.; MACIEJOWSKA, M.; PASTUSZAK, M.; NAKONIECZNY, J.; PODGORSKA, B.; KOWNACKA, J.M.; MACKIEWICZ, T. & WRZESINSKA-KWIECIEN, M. (1997): Phytoplankton primary production and its utilization by the pelagic community in the coastal zone of the Gulf of Gdansk (southern Baltic). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 148: 169-186.
- YIN, K.; HARRISON, P.J.; GOLDBLATT, R.H. & BEAMISH, R.J. (1996): Spring bloom in the central Straits of Georgia: interactions of river discharge, winds and grazing. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 138: 255-263.
- ZAKHAROV, V.F. (1966): The role of flaw leads off the edge of the fast ice in the hydrological and ice regime of the Laptev Sea. *Oceanology*, 6: 815-821.
- ZELLER, U. (1996): Saisonale Entwicklung des Mesozooplanktons und die Auswirkung auf den vertikalen Partikelfluß am Kontinentalhang der Barentssee. *Ber. Sonderforsch.* 313, Univ. Kiel, 64. 1-106.
- ZENKEVITCH, L. (1963): Biology of the seas of the U.S.S.R. Allen & Unwin Ltd. London: 1-955.

9 Danksagung

Diese Arbeit entstand im Rahmen der deutsch-russischen Forschungsvorhaben "Deutsch-Russische Untersuchungen zur Ökologie der Randmeere der Eurasischen Arktis" und "System Laptev See 2000", gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen 03PL009A und 03G0534E) und dem russischen Forschungsministerium.

Herrn Prof. Dr. Lenz vom Institut für Meereskunde, Kiel danke ich sehr herzlich für die Überlassung des Themas und die Freiheit, die er mir bei der Bearbeitung der Fragestellungen gewährte, ebenso wie für seine Unterstützung und die anregenden Diskussionen.

Bei Herrn Prof. Dr. Spindler möchte ich mich für die Möglichkeit, in den Laptevmeer-Forschungsprojekten am Institut für Polarökologie mitarbeiten und an den Expeditionen in das Laptevmeer teilnehmen zu können, bedanken. Und natürlich gebührt Ihm auch ein Teil des Danks für den "Guten Geist", der im Institut schwebt.

Mein "seemännischer" Dank gilt den Kapitänen des "IB Kapitan Dranytsin" und des "FS Polarstern" Herrn Agafonov und Herrn Greve und ihren Mannschaften, die die Arbeiten auf See ermöglichten und sehr erleichterten. Auch Euch wissenschaftlichen Fahrtteilnehmern, angeführt von H. Kassens und I. Dmitrenko, sei gedankt für Eure Hilfestellungen beim Netze ziehen, Wasserschöpfer kurbeln, Kisten schleppen, etc.. Besonders Sergej Pivovarov, ohne den meine Algen nie wüßten wovon sie sich ernähren sollten, Kostja Tyshko, der die Eisgruppe im Herbst auf dem dünnen Eis behütete, und dem Hobby-Biologen Martin Antonow möchte ich danken. Der Crew der Landexpedition "Lena 96", die sich im Frühjahr beim Wasserproben nehmen die Finger für mich abfror, ein herzliches Dankeschön. Vor allem Heidi Kassens, Martin Antonow und Jens Hölemann ein dickes Danke für das stundenlange Filtrieren sedimentbeladener Wasserproben. Heidi, Du als schwer ausgelasteter "Motor mit Steuerfunktion" hast einen Extra-Dank verdient. Prima, das Du uns trotz all dem Kleinkram, der von allen Seiten an Dich rangetragen wird, das große freie Forschen auf flacher See ermöglichst. Ich werde mich nur schwer an eine Fahrtleitung ohne weiblichen Charme gewöhnen können. Den Kollegen der Projekte in Moskau, St. Petersburg, Tiksi, Freiberg, Bremerhaven und Kiel danke ich nicht nur für die logistische Hilfe, sondern auch für Eure prompten und kompetenten Antworten auf Fragen zu allem Nicht-Biologischem im, um und unterm Laptevmeer.

Yuri B. Okolodkov vom Botanischen Institut der Russischen Akademie der Wissenschaften, St. Petersburg, danke ich für den geduldigen Unterricht in Algentaxonomie und seine Hilfestellungen bei schwierigen taxonomischen Fragen.

Kerstin Nachtigall aus dem Institut für Meereskunde gilt mein besonderer Dank. Ohne Dich, liebe Kerstin, hätte ich niemals etwas über die Pigmente "meines" Phytoplanktons herausfinden können. Herrn Rabsch und Frau Krischker vom Institut für Meereskunde danke ich herzlich für die vielen Hilfestellungen beim Umgang mit der Radioaktivität und ihren manchmal verzwickten Meßergebnissen. Rolf Schmaljohann vom Institut für Meereskunde, Kiel und Karen v. Juterzenka waren die helfenden und schärfenden Hände bei den photographischen Aufnahmen am "Raster". Ein fettes Lob und ein dickes Danke für die schönen Bilder.

Meinen KollegInnen im Institut für Polarökologie danke ich ganz herzlich für all die

wissenschaftliche und nicht-wissenschaftliche Unterstützung. Ohne Euern norddeutschen Charme, immer frischen Kaffee und die Blondinnenwitze wäre mir die Arbeit nicht so leicht von der Hand, bzw. aus dem Kopf, gegangen. Für den Grips, den Langmut und die netten Kommentare, die mit in diese Arbeit geflossen sind, möchte ich mich ganz doll bei Karen v. Juterzenka und Rolf Gradinger bedanken. Ist prima, wenn zwei richtige Meeresbiologen den Output einer Botanikerin hinterfragen. Tusen takk! Meinem Lieblings-Post-doc des biologischen Teilprojektes, Michael K. Schmid danke ich für die vielen Aufmunterungen, spitzen Bemerkungen, technischen Hilfestellungen und den Spaß, die Du beim Ackern für das Projekt verbreitet hast. Nix geht über Deine leckeren Brote in arktischer Kälte, Scha...! Klaus Meiners danke ich für seine Hilfe beim Zählen der "Leuchtkrümel", die mal Bakterien waren, und die staubigen Arbeiten in der Bibliothek; Annette Scheltz für den Spaß den wir im Labor, trotz der manchmal öden Filtriererei, und auf der Kammer hatten. Der technischen Koryphäe F.-P. Rapp meinen herzlichen Dank für Hirnschmalz und Fingerspitzengefühl, wann immer etwas zu bauen oder reparieren war. Die paar Prozente sollten immer übrig sein. Und ein ganz dickes Dankeschön an das "Team der letzten Tage": Katrin Knickmeier, Iris Werner, Karen v. Juterzenka, Rolf Gradinger, Klaus Meiners & Michael K. Schmid. Ohne Eure Hilfe und die vielen Aufmunterungen wär es schwer geworden.

So, nun bleiben noch all die Freunde, deren Aufmunterungen wesentlich zu meiner guten Verfassung am Ende dieser Arbeit beigetragen haben. Was wäre aus mir geworden ohne die gemeinsamen sportlichen Aktivitäten, die Ausflüge ins sprießende Grün, das mittägliche Eis, das leckere Abendessen, die spannenden Diskussionen, die kleinen Ablenkungen, wie Bäder in der Ostsee, und besonders ohne die Spiele, die ihr mich gewinnen ließt? Dank Euch allen.

Meinen Eltern danke ich für die ideelle und materielle Unterstützung auf meinem langen Ausbildungsweg. Danke auch für die Interessen, die Ihr früh in mir geweckt habt. Liebe Lina, liebe Laura, Ihr seid tolle Kinder und ich werde in Zukunft auch wieder über andere Themen als die Ökologie sibirischer Algen reden, versprochen!

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

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

- Heft Nr. 24/1985** – „Untersuchungen zum Periglazial auf der König-Georg-Insel Südshetlandinseln/ Antarktika. Deutsche physiogeographische Forschungen in der Antarktis. – Bericht über die Kampagne 1983/84“ von Dietrich Barsch, Wolf-Dieter Blümel, Wolfgang Flügel, Roland Mäusbacher, Gerhard Stäblein, Wolfgang Zick
- * **Heft Nr. 25/1985** – „Die Expedition ANTARKTIS III mit FS ‚Polarstern‘ 1984/1985“ herausgegeben von Gotthilf Hempel.
 - * **Heft Nr. 26/1985** – “The Southern Ocean”; A survey of oceanographic and marine meteorological research work by Hellmer et al.
Heft Nr. 27/1986 – „Spätpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, östliche Weddell-See“ von Hannes Grobe
Heft Nr. 28/1986 – „Die Expedition ARKTIS III mit ‚Polarstern‘ 1985 mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Rainer Gersonde
 - * **Heft Nr. 29/1986** – „5 Jahre Schwerpunktprogramm ‚Antarktisforschung‘ der Deutschen Forschungsgemeinschaft.“ Rückblick und Ausblick. Zusammengestellt von Gotthilf Hempel, Sprecher des Schwerpunktprogramms
Heft Nr. 30/1986 – “The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station for 1981 and 1982“ by Marianne Gube and Friedrich Obleitner
Heft Nr. 31/1986 – „Zur Biologie der Jugendstadien der Notothenioidei (Pisces) an der Antarktischen Halbinsel“ von A. Kellermann
Heft Nr. 32/1986 – „Die Expedition ANTARKTIS IV mit FS ‚Polarstern‘ 1985/86“ mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Dieter Fütterer
Heft Nr. 33/1987 – „Die Expedition ANTARKTIS-IV mit FS ‚Polarstern‘ 1985/86 – Bericht zu den Fahrtabschnitten ANT-IV/3-4“ von Dieter Karl Fütterer
Heft Nr. 34/1987 – „Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischen Makroplankton“ von U. Piatkowski
Heft Nr. 35/1987 – „Zur Verbreitung des Meso- und Makrozooplanktons in Oberflächenwasser der Weddell See (Antarktis)“ von E. Boysen-Ennen
Heft Nr. 36/1987 – „Zur Nahrungs- und Bewegungsphysiologie von *Salpa thompsoni* und *Salpa fusiformis*“ von M. Reinke
Heft Nr. 37/1987 – “The Eastern Weddell Sea Drifting Buoy Data Set of the Winter Weddell Sea Project (WWSP)” 1986 by Heinrich Hoerber und Marianne Gube-Lehnhardt
Heft Nr. 38/1987 – “The Meteorological Data of the Georg von Neumayer Station for 1983 and 1984“ by M. Gube-Lehnhardt
Heft Nr. 39/1987 – „Die Winter-Expedition mit FS ‚Polarstern‘ in die Antarktis (ANT V/1-3)“ herausgegeben von Sigrid Schnack-Schiel
Heft Nr. 40/1987 – “Weather and Synoptic Situation during Winter Weddell Sea Project 1986 (ANT V/2) July 16 - September 10, 1986“ by Werner Rabe
Heft Nr. 41/1988 – „Zur Verbreitung und Ökologie der Seegurken im Weddellmeer (Antarktis)“ von Julian Gutt
Heft Nr. 42/1988 – “The zooplankton community in the deep bathyal and abyssal zones of the eastern North Atlantic“ by Werner Beckmann
Heft Nr. 43/1988 – “Scientific cruise report of Arctic Expedition ARK IV/3“ Wissenschaftlicher Fahrtbericht der Arktis-Expedition ARK IV/3, compiled by Jörn Thiede
Heft Nr. 44/1988 – “Data Report for FV ‚Polarstern‘ Cruise ARK IV/1, 1987 to the Arctic and Polar Fronts“ by Hans-Jürgen Hirche
Heft Nr. 45/1988 – „Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis)“ von Joachim Voß
Heft Nr. 46/1988 – “Meteorological and Oceanographic Data of the Winter-Weddell-Sea Project 1986 (ANT V/3)“ by Eberhard Fahrbach
Heft Nr. 47/1988 – „Verteilung und Herkunft glazial-mariner Gerölle am Antarktischen Kontinentalrand des östlichen Weddellmeeres“ von Wolfgang Oskierski
Heft Nr. 48/1988 – „Variationen des Erdmagnetfeldes an der GvN-Station“ von Arnold Brodscholl
 - * **Heft Nr. 49/1988** – „Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton“ von Wilhelm Hagen
Heft Nr. 50/1988 – „Die gezeitenbedingte Dynamik des Ekström-Schelfeises, Antarktis“ von Wolfgang Kobarg
Heft Nr. 51/1988 – „Ökomorphologie nototheniider Fische aus dem Weddellmeer, Antarktis“ von Werner Ekau
Heft Nr. 52/1988 – „Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße“ von Dieter Piepenburg
 - * **Heft Nr. 53/1988** – „Untersuchungen zur Ökologie des Phytoplanktons im südöstlichen Weddellmeer (Antarktis) im Jan./Febr. 1985“ von Eva-Maria Nöthig
Heft Nr. 54/1988 – „Die Fischfauna des östlichen und südlichen Weddellmeeres: geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten“ von Wiebke Schwarzbach
Heft Nr. 55/1988 – “Weight and length data of zooplankton in the Weddell Sea in austral spring 1986 (Ant. V/3)“ by Elke Mizdalski
Heft Nr. 56/1989 – “Scientific cruise report of Arctic expeditions ARK IV/1, 2 & 3“ by G. Krause, J. Meinke und J. Thiede

- Heft Nr. 57/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS V mit FS ‚Polarstern‘ 1986/87“
Bericht von den Fahrtabschnitten ANT V/4-5 von H. Miller und H. Oerter
- **Heft Nr. 58/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS VI mit FS ‚Polarstern‘ 1987/88“
von D. K. Fütterer
 - Heft Nr. 59/1989** – „Die Expedition ARKTIS V/1a, 1b und 2 mit FS ‚Polarstern‘ 1988“
von M. Spindler
 - Heft Nr. 60/1989** – „Ein zweidimensionales Modell zur thermohalinen Zirkulation unter dem Schelfeis“
von H. H. Hellmer
 - Heft Nr. 61/1989** – „Die Vulkanite im westlichen und mittleren Neuschwabenland,
Vestfjella und Ahlmannryggen, Antarktika“ von M. Peters
 - * **Heft Nr. 62/1989** – „The Expedition ANTARKTIS VII/1 and 2 (EPOS I) of RV ‚Polarstern‘
in 1988/89“, by I. Hempel
 - Heft Nr. 63/1989** – „Die Eisalgenflora des Weddellmeeres (Antarktis): Artenzusammensetzung und Biomasse
sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten“ von Annette Bartsch
 - Heft Nr. 64/1989** – „Meteorological Data of the G.-v.-Neumayer-Station (Antarctica)“ by L. Helmes
 - Heft Nr. 65/1989** – „Expedition Antarktis VII/3 in 1988/89“ by I. Hempel, P. H. Schalk, V. Smetacek
 - Heft Nr. 66/1989** – „Geomorphologisch-glaziologische Detailkartierung
des arid-hochpolaren Borgmassivet, Neuschwabenland, Antarktika“ von Karsten Brunk
 - Heft Nr. 67/1990** – „Identification key and catalogue of larval Antarctic fishes“,
edited by Adolf Kellermann
 - Heft Nr. 68/1990** – „The Expedition Antarktis VII/4 (Epos leg 3) and VII/5 of RV ‚Polarstern‘ in 1989“,
edited by W. Arntz, W. Ernst, I. Hempel
 - Heft Nr. 69/1990** – „Abhängigkeiten elastischer und rheologischer Eigenschaften des Meereises vom
Eisgefüge“, von Harald Hellmann
 - Heft Nr. 70/1990** – „Die beschalten benthischen Mollusken (Gastropoda und Bivalvia) des
Weddellmeeres, Antarktis“, von Stefan Hain
 - Heft Nr. 71/1990** – „Sedimentologie und Paläomagnetik an Sedimenten der Maudkuppe (Nordöstliches
Weddellmeer)“, von Dieter Cordes
 - Heft Nr. 72/1990** – „Distribution and abundance of planktonic copepods (Crustacea) in the Weddell Sea
in summer 1980/81“, by F. Kurbjewit and S. Ali-Khan
 - Heft Nr. 73/1990** – „Zur Frühdiagenese von organischem Kohlenstoff und Opal in Sedimenten des südlichen
und östlichen Weddellmeeres“, von M. Schlüter
 - Heft Nr. 74/1990** – „Expeditionen ANTARKTIS-VIII/3 und VIII/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1989“
von Rainer Gersonde und Gotthilf Hempel
 - Heft Nr. 75/1991** – „Quartäre Sedimentationsprozesse am Kontinentalhang des Süd-Orkey-Plateaus im
nordwestlichen Weddellmeer (Antarktis)“, von Sigrun Grünig
 - Heft Nr. 76/1990** – „Ergebnisse der faunistischen Arbeiten im Benthal von King George Island
(Südshetlandinseln, Antarktis)“, von Martin Rauschert
 - Heft Nr. 77/1990** – „Verteilung von Mikroplankton-Organismen nordwestlich der Antarktischen Halbinsel
unter dem Einfluß sich ändernder Umweltbedingungen im Herbst“, von Heinz Klöser
 - Heft Nr. 78/1991** – „Hochauflösende Magnetostratigraphie spätquartärer Sedimente arktischer
Meeresgebiete“, von Norbert R. Nowaczyk
 - Heft Nr. 79/1991** – „Ökophysiologische Untersuchungen zur Salinitäts- und Temperaturtoleranz
antarktischer Grünalgen unter besonderer Berücksichtigung des β -Dimethylsulfoniumpropionat
(DMSP) - Stoffwechsels“, von Ulf Karsten
 - Heft Nr. 80/1991** – „Die Expedition ARKTIS VII/1 mit FS ‚Polarstern‘ 1990“,
herausgegeben von Jörn Thiede und Gotthilf Hempel
 - Heft Nr. 81/1991** – „Paläoglazologie und Paläozeanographie im Spätquartär am Kontinentalrand des
südlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Martin Melles
 - Heft Nr. 82/1991** – „Quantifizierung von Meeresseigenschaften: Automatische Bildanalyse von
Dünnschnitten und Parametrisierung von Chlorophyll- und Salzgehaltsverteilungen“, von Hajo Eicken
 - Heft Nr. 83/1991** – „Das Fließen von Schelfeis - numerische Simulationen
mit der Methode der finiten Differenzen“, von Jürgen Determann
 - Heft Nr. 84/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII/1-2, 1989 mit der Winter Weddell Gyre Study
der Forschungsschiffe ‚Polarstern‘ und ‚Akademik Fedorov“, von Ernst Augstein,
Nikolai Bagriantsev und Hans Werner Schenke
 - Heft Nr. 85/1991** – „Zur Entstehung von Unterwassereis und das Wachstum und die Energiebilanz
des Meereises in der Atka Bucht, Antarktis“, von Josef Kipfstuhl
 - Heft Nr. 86/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS ‚Polarstern‘ 1989/90. Bericht vom
Fahrtabschnitt ANT-VIII/5“, von Heinz Miller und Hans Oerter
 - Heft Nr. 87/1991** – „Scientific cruise reports of Arctic expeditions ARK VI/1-4 of RV ‚Polarstern‘
in 1989“, edited by G. Krause, J. Meincke & H. J. Schwarz
 - Heft Nr. 88/1991** – „Zur Lebensgeschichte dominanter Copepodenarten (*Calanus finmarchicus*,
C. glacialis, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in der Framstraße“, von Sabine Diel

- Heft Nr. 89/1991** – „Detaillierte seismische Untersuchungen am östlichen Kontinentalrand des Weddell-Meereres vor Kapp Norvegia, Antarktis“, von Norbert E. Kaul
- Heft Nr. 90/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS ‚Polarstern‘ 1989/90. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT-VIII/6-7“, herausgegeben von Dieter Karl Fütterer und Otto Schrems
- Heft Nr. 91/1991** – „Blood physiology and ecological consequences in Weddell Sea fishes (Antarctica)“, by Andreas Kunzmann
- Heft Nr. 92/1991** – „Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeer“, von Nicolai Mumm
- Heft Nr. 93/1991** – „Die Expedition ARKTIS VII mit FS ‚Polarstern‘, 1990. Bericht vom Fahrtabschnitt ARK VII/2“, herausgegeben von Gunther Krause
- Heft Nr. 94/1991** – „Die Entwicklung des Phytoplanktons im östlichen Weddellmeer (Antarktis) beim Übergang vom Spätwinter zum Frühjahr“, von Renate Scharek
- Heft Nr. 95/1991** – „Radioisotopenstratigraphie, Sedimentologie und Geochemie jungquartärer Sedimente des östlichen Arktischen Ozeans“, von Horst Bohrmann
- Heft Nr. 96/1991** – „Holozäne Sedimentationsentwicklung im Scoresby Sund, Ost-Grönland“, von Peter Marienfeld
- Heft Nr. 97/1991** – „Strukturelle Entwicklung und Abkühlungsgeschichte von Heimefrontfjella (Westliches Dronning Maud Land/Antarktika)“, von Joachim Jacobs
- Heft Nr. 98/1991** – „Zur Besiedlungsgeschichte des antarktischen Schelfes am Beispiel der Isopoda (Crustacea, Malacostraca)“, von Angelika Brandt
- Heft Nr. 99/1992** – „The Antarctic ice sheet and environmental change: a three-dimensional modelling study“, by Philippe Huybrechts
- * **Heft Nr. 100/1992** – „Die Expeditionen ANTARKTIS IX/1-4 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1990/91“ herausgegeben von Ulrich Bathmann, Meinhard Schulz-Baldes, Eberhard Fahrbach, Victor Smetacek und Hans-Wolfgang Hubberten
- Heft Nr. 101/1992** – „Wechselbeziehungen zwischen Schwermetallkonzentrationen (Cd, Cu, Pb, Zn) im Meerwasser und in Zooplanktonorganismen (Copepoda) der Arktis und des Atlantiks“, von Christa Pohl
- Heft Nr. 102/1992** – „Physiologie und Ultrastruktur der antarktischen Grünalge *Prasiola crispa* ssp. *antarctica* unter osmotischem Streß und Austrocknung“, von Andreas Jacob
- Heft Nr. 103/1992** – „Zur Ökologie der Fische im Weddellmeer“, von Gerd Hubold
- Heft Nr. 104/1992** – „Mehrkanalige adaptive Filter für die Unterdrückung von multiplen Reflexionen in Verbindung mit der freien Oberfläche in marinen Seismogrammen“, von Andreas Rosenberger
- Heft Nr. 105/1992** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1991 (REFLEX I)“, von Jörg Hartmann, Christoph Kottmeier und Christian Wamser
- Heft Nr. 106/1992** – „Ostracoden im Epipelagial vor der Antarktischen Halbinsel - ein Beitrag zur Systematik sowie zur Verbreitung und Populationsstruktur unter Berücksichtigung der Saisonalität“, von Rüdiger Kock
- Heft Nr. 107/1992** – „ARCTIC '91: Die Expedition ARK-VIII/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1991“, von Dieter K. Fütterer
- Heft Nr. 108/1992** – „Dehnungsbeben an einer Störungszone im Ekström-Schelfeis nördlich der Georg-von-Neumayer-Station, Antarktis. – Eine Untersuchung mit seismologischen und geodätischen Methoden“, von Uwe Nixdorf.
- Heft Nr. 109/1992** – „Spätquartäre Sedimentation am Kontinentalrand des südöstlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Michael Weber.
- Heft Nr. 110/1992** – „Sedimentfazies und Bodenwasserstrom am Kontinentalhang des norwestlichen Weddellmeeres“, von Isa Brehme.
- Heft Nr. 111/1992** – „Die Lebensbedingungen in den Solekanälchen des antarktischen Meereises“, von Jürgen Weissenberger.
- Heft Nr. 112/1992** – „Zur Taxonomie von rezenten benthischen Foraminiferen aus dem Nansen Becken, Arktischer Ozean“, von Jutta Wollenburg.
- Heft Nr. 113/1992** – „Die Expedition ARKTIS VIII/1 mit FS ‚Polarstern‘ 1991“, herausgegeben von Gerhard Kattner.
- * **Heft Nr. 114/1992** – „Die Gründungsphase deutscher Polarforschung, 1865 - 1875“, von Reinhard A. Krause.
- Heft Nr. 115/1992** – „Scientific Cruise Report of the 1991 Arctic Expedition ARK VIII/2 of RV ‚Polarstern‘ (EPOS II)“, by Eike Rachor.
- Heft Nr. 116/1992** – „The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station (Antarctica) for 1988, 1989, 1990 and 1991“, by Gert König-Langlo.
- Heft Nr. 117/1992** – „Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der zentralen Heimefrontfjella (westliches Dronning Maud Land / Antarktis)“, von Peter Schulze.
- Heft Nr. 118/1993** – „Die mafischen Gänge der Shackleton Range / Antarktika: Petrographie, Geochemie, Isotopengeochemie und Paläomagnetik“, von Rüdiger Hotten.
- * **Heft Nr. 119/1993** – „Gefrierschutz bei Fischen der Polarmeere“, von Andreas P. A. Wöhrmann.
- * **Heft Nr. 120/1993** – „East Siberian Arctic Region Expedition '92: The Laptev Sea - its Significance for Arctic Sea-Ice Formation and Transpolar Sediment Flux“, by D. Dethleff, D. Nürnberg, E. Reimnitz, M. Saarso and Y. P. Sacchenko. – „Expedition to Novaja Zemlja and Franz Josef Land with RV ‚Dalnie Zelentsy‘“, by D. Nürnberg and E. Groth.

- **Heft Nr. 121/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1992“, herausgegeben von Michael Spindler, Gerhard Dieckmann und David Thomas
- Heft Nr. 122/1993** – „Die Beschreibung der Korngestalt mit Hilfe der Fourier-Analyse: Parametrisierung der morphologischen Eigenschaften von Sedimentpartikeln“, von Michael Diepenbroek.
- * **Heft Nr. 123/1993** – „Zerstörungsfreie hochauflösende Dichteuntersuchungen mariner Sedimente“, von Sebastian Gerland.
- Heft Nr. 124/1993** – „Umsatz und Verteilung von Lipiden in arktischen marinen Organismen unter besonderer Berücksichtigung unterer trophischer Stufen“, von Martin Graeve.
- Heft Nr. 125/1993** – „Ökologie und Respiration ausgewählter arktischer Bodenfischarten“, von Christian F. von Dorrien.
- Heft Nr. 126/1993** – „Quantitative Bestimmung von Paläoumweltparametern des Antarktischen Oberflächenwassers im Spätquartier anhand von Transferfunktionen mit Diatomeen“, von Ulrich Zielinski
- Heft Nr. 127/1993** – „Sedimenttransport durch das arktische Meereis: Die rezente lithogene und biogene Materialfracht“, von Ingo Wollenburg.
- Heft Nr. 128/1993** – „Cruise ANTARKTIS X/3 of RV ‚Polarstern‘: CTD-Report“, von Marek Zwierz.
- Heft Nr. 129/1993** – „Reproduktion und Lebenszyklen dominanter Copepodenarten aus dem Weddellmeer, Antarktis“, von Frank Kurbjeweit
- Heft Nr. 130/1993** – „Untersuchungen zu Temperaturregime und Massenhaushalt des Filchner-Ronne-Schelfeises, Antarktis, unter besonderer Berücksichtigung von Anfrier- und Abschmelzprozessen“, von Klaus Grosfeld
- Heft Nr. 131/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/5 mit FS ‚Polarstern‘ 1992“, herausgegeben von Rainer Gersonde
- Heft Nr. 132/1993** – „Bildung und Abgabe kurzkettiger halogener Kohlenwasserstoffe durch Makroalgen der Polarregionen“, von Frank Laternus
- Heft Nr. 133/1994** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1993 (REFLEX II)“, by Christoph Kottmeier, Jörg Hartmann, Christian Wamser, Axel Bochert, Christof Lüpkes, Dietmar Freese and Wolfgang Cohrs
- * **Heft Nr. 134/1994** – „The Expedition ARKTIS-IX/1“, edited by Hajo Eicken and Jens Meincke
- Heft Nr. 135/1994** – „Die Expeditionen ANTARKTIS X/6-8“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Victor Smetacek, Hein de Baar, Eberhard Fahrbach und Gunter Krause
- Heft Nr. 136/1994** – „Untersuchungen zur Ernährungsökologie von Kaiserpinguinen (*Aptenodytes forsteri*) und Königspinguinen (*Aptenodytes patagonicus*)“, von Klemens Pütz
- **Heft Nr. 137/1994** – „Die kanozoische Vereisungsgeschichte der Antarktis“, von Werner U. Ehrmann
- Heft Nr. 138/1994** – „Untersuchungen stratosphärischer Aerosole vulkanischen Ursprungs und polarer stratosphärischer Wolken mit einem Mehrwellenlängen-Lidar auf Spitzbergen (79° N, 12° E)“, von Georg Beyerle
- Heft Nr. 139/1994** – „Charakterisierung der Isopodenfauna (Crustacea, Malacostraca) des Scotia-Bogens aus biogeographischer Sicht: Ein multivariater Ansatz“, von Holger Winkler.
- Heft Nr. 140/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS X/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1992“, herausgegeben von Peter Lemke
- Heft Nr. 141/1994** – „Satellitenaltimetrie über Eis – Anwendung des GEOSAT-Altimeters über dem Ekströmisen, Antarktis“, von Clemens Heidland
- Heft Nr. 142/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Scientific cruise report of RV ‚Polarstern‘ Arctic cruises ARK IX/2 and 3, USCG ‚Polar Bear‘ cruise NEWP and the NEWLAND expedition“, edited by Hans-Jürgen Hirche and Gerhard Kattner
- Heft Nr. 143/1994** – „Detaillierte refraktionsseismische Untersuchungen im inneren Scoresby Sund Ost-Grönland“, von Notker Fechner
- Heft Nr. 144/1994** – „Russian-German Cooperation in the Siberian Shelf Seas: Geo-System Laptev Sea“, edited by Heidemarie Kassens, Hans-Wolfgang Hubberten, Sergey M. Pryamikov and Rüdiger Stein
- **Heft Nr. 145/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report of RV ‚Polarstern‘ Arctic Cruises IX/2 and 3“, edited by Gerhard Kattner and Hans-Jürgen Hirche.
- Heft Nr. 146/1994** – „Radiation Measurements at the German Antarctic Station Neumayer 1982 - 1992“, by Torsten Schmidt and Gerd König-Langlo.
- Heft Nr. 147/1994** – „Krustenstrukturen und Verlauf des Kontinentalrandes im Weddell-See / Antarktis“, von Christian Hübscher.
- Heft Nr. 148/1994** – „The expeditions NORILSK/TAYMYR 1993 and BUNGER OASIS 1993/94 of the AWI Research Unit Potsdam“, edited by Martin Melles.
- ** **Heft Nr. 149/1994** – „Die Expedition ARCTIC '93. Der Fahrtabschnitt ARK-IX/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1993“, herausgegeben von Dieter K. Fütterer.
- Heft Nr. 150/1994** – „Der Energiebedarf der Pygoscelis-Pinguine: eine Synopse“, von Boris M. Culik.
- Heft Nr. 151/1994** – „Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea“, edited by Heidemarie Kassens and Valeriy Y. Karpiy.
- Heft Nr. 152/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS-X mit FS ‚Polarstern‘ 1992. Bericht von den Fahrtabschnitten / ANT-X / 1a und 2“, herausgegeben von Heinz Miller.
- Heft Nr. 153/1994** – „Aminosäuren und Huminstoffe im Stickstoffkreislauf polarer Meere“, von Ulrike Hubberten.
- Heft Nr. 154/1994** – „Regional and seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea“, by Claudio Richter.

- Heft Nr. 155/1995** – „Benthos in polaren Gewässern“, herausgegeben von Christian Wiencke und Wolf Arntz.
- Heft Nr. 156/1995** – „An adjoint model for the determination of the mean oceanic circulation, air-sea fluxes and mixing coefficients“, by Reiner Schlitzer.
- Heft Nr. 157/1995** – „Biochemische Untersuchungen zum Lipidstoffwechsel antarktischer Copepoden“, von Kirsten Fahl.
- **Heft Nr. 158/1995** – „Die Deutsche Polarforschung seit der Jahrhundertwende und der Einfluß Erich von Drygalskis“, von Cornelia Lüdecke.
- Heft Nr. 159/1995** – „The distribution of $\delta^{18}\text{O}$ in the Arctic Ocean: Implications for the freshwater balance of the halocline and the sources of deep and bottom waters“, by Dorothea Bauch.
- **Heft Nr. 160/1995** – „Rekonstruktion der spätquartären Tiefenwasserzirkulation und Produktivität im östlichen Südatlantik anhand von benthischen Foraminiferenvergesellschaftungen“, von Gerhard Schmiedl.
- Heft Nr. 161/1995** – „Der Einfluß von Salinität und Lichtintensität auf die Osmolytkonzentrationen, die Zellvolumina und die Wachstumsraten der antarktischen Eisdiatomeen *Chaetoceros sp.* und *Navicula sp.* unter besonderer Berücksichtigung der Aminosäure Prolin“, von Jürgen Nothnagel.
- Heft Nr. 162/1995** – „Meereistransportiertes lithogenes Feinmaterial in spätquartären Tiefseesedimenten des zentralen östlichen Arktischen Ozeans und der Framstraße“, von Thomas Letzig.
- Heft Nr. 163/1995** – „Die Expedition ANTARKTIS-XI/2 mit FS ‚Polarstern‘ 1993/94“, herausgegeben von Rainer Gersonde.
- Heft Nr. 164/1995** – „Regionale und altersabhängige Variation gesteinsmagnetischer Parameter in marinen Sedimenten der Arktis“, von Thomas Frederichs.
- Heft Nr. 165/1995** – „Vorkommen, Verteilung und Umsatz biogener organischer Spurenstoffe: Sterole in antarktischen Gewässern“, von Georg Hanke.
- Heft Nr. 166/1995** – „Vergleichende Untersuchungen eines optimierten dynamisch-thermodynamischen Meereismodells mit Beobachtungen im Weddellmeer“, von Holger Fischer.
- Heft Nr. 167/1995** – „Rekonstruktionen von Paläo-Umweltparametern anhand von stabilen Isotopen und Faunen-Vergesellschaftungen planktischer Foraminiferen im Südatlantik“, von Hans-Stefan Niebler.
- Heft Nr. 168/1995** – „Die Expedition ANTARKTIS XII mit FS ‚Polarstern‘ 1993/94. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT XII/1 und 2“, herausgegeben von Gerhard Kattner und Dieter Karl Fütterer.
- Heft Nr. 169/1995** – „Medizinische Untersuchung zur Circadianrhythmik und zum Verhalten bei Überwinterern auf einer antarktischen Forschungsstation“, von Hans Wortmann.
- Heft-Nr. 170/1995** – DFG-Kolloquium: Terrestrische Geowissenschaften – Geologie und Geophysik der Antarktis.
- Heft Nr. 171/1995** – „Strukturentwicklung und Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der nördlichen Heimfrontjella (westliches Dronning Maud Land/Antarktika)“, von Wilfried Bauer.
- Heft Nr. 172/1995** – „Die Struktur der Erdkruste im Bereich des Scoresby Sund, Ostgrönland: Ergebnisse refraktionsseismischer und gravimetrischer Untersuchungen“, von Holger Mandler.
- Heft Nr. 173/1995** – „Paläozoische Akkretion am paläopazifischen Kontinentalrand der Antarktis in Nordvictorialand – P-T-D-Geschichte und Deformationsmechanismen im Bowers Terrane“, von Stefan Matzer.
- Heft Nr. 174/1995** – „The Expedition ARKTIS-X/2 of RV ‚Polarstern‘ in 1994“, edited by Hans-W. Hubberten.
- Heft Nr. 175/1995** – „Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1994“, edited by Christine Siebert and Gmitry Bolshiyarov.
- Heft Nr. 176/1995** – „Russian-German Cooperation: Laptev Sea System“, edited by Heidemarie Kassens, Dieter Piepenburg, Jörn Thiede, Leonid Timokhov, Hans-Wolfgang Hubberten and Sergey M. Priamikov.
- Heft Nr. 177/1995** – „Organischer Kohlenstoff in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans: Terrigener Eintrag und marine Produktivität“, von Carsten J. Schubert.
- Heft Nr. 178/1995** – „Cruise ANTARKTIS XII/4 of RV ‚Polarstern‘ in 1995: CTD-Report“, by Jüri Sildam.
- Heft Nr. 179/1995** – „Benthische Foraminiferenfaunen als Wassermassen-, Produktions- und Eisdriftanzeiger im Arktischen Ozean“, von Jutta Wollenburg.
- Heft Nr. 180/1995** – „Biogenopal und biogenes Barium als Indikatoren für spätquartäre Produktivitätsänderungen am antarktischen Kontinentalhang, atlantischer Sektor“, von Wolfgang J. Bonn.
- Heft Nr. 181/1995** – „Die Expedition ARKTIS X/1 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1994“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
- Heft Nr. 182/1995** – „Laptev Sea System: Expeditions in 1994“, edited by Heidemarie Kassens.
- Heft Nr. 183/1996** – „Interpretation digitaler Parasound Echolotaufzeichnungen im östlichen Arktischen Ozean auf der Grundlage physikalischer Sedimenteigenschaften“, von Uwe Bergmann.
- Heft Nr. 184/1996** – „Distribution and dynamics of inorganic nitrogen compounds in the troposphere of continental, coastal, marine and Arctic areas“, by Maria Dolores Andrés Hernández.
- Heft Nr. 185/1996** – „Verbreitung und Lebensweise der Aphroditen und Polynoiden (Polychaeta) im östlichen Weddellmeer und im Lazarevmeer (Antarktis)“, von Michael Stiller.
- Heft Nr. 186/1996** – „Reconstruction of Late Quaternary environmental conditions applying the natural radionuclides ^{230}Th , ^{10}Be , ^{231}Pa and ^{238}U : A study of deep-sea sediments from the eastern sector of the Antarctic Circumpolar Current System“, by Martin Frank.
- Heft Nr. 187/1996** – „The Meteorological Data of the Neumayer Station (Antarctica) for 1992, 1993 and 1994“, by Gert König-Langlo and Andreas Herber.
- Heft Nr. 188/1996** – „Die Expedition ANTARKTIS-XI/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1994“, herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe.
- Heft Nr. 189/1996** – „Die Expedition ARKTIS-VII/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1990“, herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe.

- Heft Nr. 190/1996** – "Cruise report of the Joint Chilean-German-Italian Magellan 'Victor Hensen' Campaign in 1994", edited by Wolf Arntz and Matthias Gorny.
- Heft Nr. 191/1996** – „Leitfähigkeits- und Dichtemessung an Eisbohrkernen“, von Frank Wilhelms.
- Heft Nr. 192/1996** – „Photosynthese-Charakteristika und Lebensstrategie antarktischer Makroalgen“, von Gabriele Weykam.
- Heft Nr. 193/1996** – „Heterogene Reaktionen von N₂O₅ und Hbr und ihr Einfluß auf den Ozonabbau in der polaren Stratosphäre“, von Sabine Seisel.
- Heft Nr. 194/1996** – „Ökologie und Populationsdynamik antarktischer Ophiuroiden (Echinodermata)“, von Corinna Dahm.
- Heft Nr. 195/1996** – „Die planktische Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) im Weddellmeer, Antarktis“, von Doris Berberich.
- Heft Nr. 196/1996** – „Untersuchungen zum Beitrag chemischer und dynamischer Prozesse zur Variabilität des stratosphärischen Ozons über der Arktis“, von Birgit Heese
- Heft Nr. 197/1996** – "The Expedition ARKTIS-XI/2 of 'Polarstern' in 1995", edited by Gunther Krause.
- Heft Nr. 198/1996** – „Geodynamik des Westantarktischen Riftsystems basierend auf Apatit-Spaltspuranalysen“, von Frank Lisker.
- Heft Nr. 199/1996** – "The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report on CTD Measurements of RV 'Polarstern' Cruises ARKTIS IX/2 and 3", by Gerion Budéus and Wolfgang Schneider.
- Heft Nr. 200/1996** – "Stability of the Thermohaline Circulation in analytical and numerical models", by Gerrit Lohmann.
- Heft Nr. 201/1996** – „Trophische Beziehungen zwischen Makroalgen und Herbivoren in der Potter Cove (King George-Insel, Antarktis)“, von Katrin Iken.
- Heft Nr. 202/1996** – „Zur Verbreitung und Respiration ökologisch wichtiger Bodentiere in den Gewässern um Svalbard (Arktis)“, von Michael K. Schmid.
- Heft Nr. 203/1996** – „Dynamik, Rauigkeit und Alter des Meereises in der Arktis – Numerische Untersuchungen mit einem großskaligen Modell“, von Markus Harder.
- Heft Nr. 204/1996** – „Zur Parametrisierung der stabilen atmosphärischen Grenzschicht über einem antarktischen Schelfeis“, von Dörthe Handorf.
- Heft Nr. 205/1996** – "Textures and fabrics in the GRIP ice core, in relation to climate history and ice deformation", by Thorsteinn Thorsteinsson.
- Heft Nr. 206/1996** – „Der Ozean als Teil des gekoppelten Klimasystems: Versuch der Rekonstruktion der glazialen Zirkulation mit verschiedenen komplexen Atmosphärenkomponenten“, von Kerstin Fieg.
- Heft Nr. 207/1996** – „Lebensstrategien dominanter antarktischer Oithonidae (Cyclopoida, Copepoda) und Oncaeidae (Poecilostomatoida, Copepoda) im Bellingshausenmeer“, von Cornelia Metz.
- Heft Nr. 208/1996** – „Atmosphäreneinfluß bei der Fernerkundung von Meereis mit passiven Mikrowellenradiometern“, von Christoph Oelke.
- Heft Nr. 209/1996** – „Klassifikation von Radarsatellitendaten zur Meereiserkennung mit Hilfe von Line-Scanner-Messungen“, von Axel Bochert.
- Heft Nr. 210/1996** – „Die mit ausgewählten Schwämmen (Hexactinellida und Demospongiae) aus dem Weddellmeer, Antarktis, vergesellschaftete Fauna“, von Kathrin Kunzmann.
- Heft Nr. 211/1996** – "Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1995 and the Expedition KOLYMA 1995", by Dima Yu. Bolshiyarov and Hans-W. Hubberten.
- Heft Nr. 212/1996** – "Surface-sediment composition and sedimentary processes in the central Arctic Ocean and along the Eurasian Continental Margin", by Ruediger Stein, Gennadij I. Ivanov, Michael A. Levitan, and Kirsten Fahl.
- Heft Nr. 213/1996** – „Gonadenentwicklung und Eiproduktion dreier *Calanus*-Arten (Copepoda): Freilandbeobachtungen, Histologie und Experimente“, von Barbara Niehoff
- Heft Nr. 214/1996** – „Numerische Modellierung der Übergangszone zwischen Eisschild und Eisschelf“, von Christoph Mayer.
- Heft Nr. 215/1996** – „Arbeiten der AWI-Forschungsstelle Potsdam in Antarktika, 1994/95“, herausgegeben von Ulrich Wand.
- Heft Nr. 216/1996** – „Rekonstruktion quartärer Klimaänderungen im atlantischen Sektor des Südpolarmeeres anhand von Radiolarien“, von Uta Brathauer.
- Heft Nr. 217/1996** – „Adaptive Semi-Lagrange-Finite-Elemente-Methode zur Lösung der Flachwassergleichungen: Implementierung und Parallelisierung“, von Jörn Behrens.
- Heft Nr. 218/1997** – "Radiation and Eddy Flux Experiment 1995 (REFLEX III)", by Jörg Hartmann, Axel Bochert, Dietmar Freese, Christoph Kottmeier, Dagmar Nagel and Andreas Reuter.
- Heft Nr. 219/1997** – „Die Expedition ANTARKTIS-XII mit FS 'Polarstern' 1995. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-XII/3, herausgegeben von Wilfried Jokat und Hans Oerter.
- Heft Nr. 220/1997** – „Ein Beitrag zum Schwerfeld im Bereich des Weddellmeeres, Antarktis. Nutzung von Altimetermessungen des GEOSAT und ERS-1“, von Tilo Schöne.
- Heft Nr. 221/1997** – „Die Expeditionen ANTARKTIS-XIII/1-2 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1995/96“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Mike Lukas und Victor Smetacek.
- Heft Nr. 222/1997** – "Tectonic Structures and Glaciomarine Sedimentation in the South-Eastern Weddell Sea from Seismic Reflection Data", by László Oszkó.

- Heft Nr. 223/1997** – „Bestimmung der Meereisdicke mit seismischen und elektromagnetisch-induktiven Verfahren“, von Christian Haas.
- Heft Nr. 224/1997** – „Troposphärische Ozonvariationen in Polarregionen“, von Silke Wessel.
- Heft Nr. 225/1997** – „Biologische und ökologische Untersuchungen zur kryopelagischen Amphipodenfauna des arktischen Meereises“, von Michael Poltermann.
- Heft Nr. 226/1997** – „Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XI/1 of RV 'Polarstern' in 1995“, edited by Eike Rachor.
- Heft Nr. 227/1997** – „Der Einfluß kompatibler Substanzen und Kryoprotektoren auf die Enzyme Malatdehydrogenase (MDH) und Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6P-DH) aus *Acrosiphonia arcta* (Chlorophyta) der Arktis“, von Katharina Kück.
- Heft Nr. 228/1997** – „Die Verbreitung epibenthischer Mollusken im chilenischen Beagle-Kanal“, von Katrin Linse.
- Heft Nr. 229/1997** – „Das Mesozooplankton im Laptevmeer und östlichen Nansen-Becken - Verteilung und Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer“, von Hinrich Hanssen.
- Heft Nr. 230/1997** – „Modell eines adaptierbaren, rechnergestützten, wissenschaftlichen Arbeitsplatzes am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung“, von Lutz-Peter Kurdelski
- Heft Nr. 231/1997** – „Zur Ökologie arktischer und antarktischer Fische: Aktivität, Sinnesleistungen und Verhalten“, von Christopher Zimmermann
- Heft Nr. 232/1997** – „Persistente chlororganische Verbindungen in hochantarktischen Fischen“, von Stephan Zimmermann
- Heft Nr. 233/1997** – „Zur Ökologie des Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP)-Gehaltes temperierter und polarer Phytoplanktongemeinschaften im Vergleich mit Laborkulturen der Coccolithophoride *Emiliania huxleyi* und der antarktischen Diatomee *Nitzschia lecontei*“, von Doris Meyerdierks.
- Heft Nr. 234/1997** – „Die Expedition ARCTIC '96 des FS ‚Polarstern‘ (ARK XIII) mit der Arctic Climate System Study (ACSYS)“, von Ernst Augstein und den Fahrtteilnehmern.
- Heft Nr. 235/1997** – „Polonium-210 und Blei-210 im Südpolarmeer: Natürliche Tracer für biologische und hydrographische Prozesse im Oberflächenwasser des Antarktischen Zirkumpolarstroms und des Weddellmeeres“, von Jana Friedrich
- Heft Nr. 236/1997** – „Determination of atmospheric trace gas amounts and corresponding natural isotopic ratios by means of ground-based FTIR spectroscopy in the high Arctic“, by Arndt Meier.
- Heft Nr. 237/1997** – „Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR/SEVERNAYA ZEMLYA 1996“, edited by Martin Melles, Birgit Hagedorn and Dmitri Yu. Bolshiyarov
- Heft Nr. 238/1997** – „Life strategy and ecophysiology of Antarctic macroalgae“, by Iván M. Gómez.
- Heft Nr. 239/1997** – „Die Expedition ANTARKTIS XIII/4-5 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1996“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach und Dieter Gerdes.
- Heft Nr. 240/1997** – „Untersuchungen zur Chrom-Speziation in Meerwasser, Meereis und Schnee aus ausgewählten Gebieten der Arktis“, von Heide Giese.
- Heft Nr. 241/1997** – „Late Quaternary glacial history and paleoceanographic reconstructions along the East Greenland continental margin: Evidence from high-resolution records of stable isotopes and ice-rafted debris“, by Seung-II Nam.
- Heft Nr. 242/1997** – „Thermal, hydrological and geochemical dynamics of the active layer at a continuous permafrost site, Taymyr Peninsula, Siberia“, by Julia Boike.
- Heft Nr. 243/1997** – „Zur Paläoozeanographie hoher Breiten: Stellvertreterdaten aus Foraminiferen“, von Andreas Mackensen.
- Heft Nr. 244/1997** – „The Geophysical Observatory at Neumayer Station, Antarctica, Geomagnetic and seismological observations in 1995 and 1996“, by Alfons Eckstaller, Thomas Schmidt, Viola Graw, Christian Müller and Johannes Rogenhagen.
- Heft Nr. 245/1997** – „Temperaturbedarf und Biogeographie mariner Makroalgen - Anpassung mariner Makroalgen an tiefe Temperaturen, von Bettina Bischoff-Bäsmann.
- Heft Nr. 246/1997** – „Ökologische Untersuchungen zur Fauna des arktischen Meereises“, von Christine Friedrich.
- Heft Nr. 247/1997** – „Entstehung und Modifizierung von marinen gelösten organischen Substanzen“, von Berit Kirchoff.
- Heft Nr. 248/1997** – „Laptev Sea System: Expeditions in 1995“, edited by Heidemarie Kassens.
- Heft Nr. 249/1997** – „The Expedition ANTARKTIS XIII/3 (EASIZ I) of RV 'Polarstern' to the eastern Weddell Sea in 1996“, edited by Wolf Arntz and Julian Gutt.
- Heft Nr. 250/1997** – „Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie und Biodiversität des Mega-Epibenthos der Arktis und Antarktis“, von Andreas Starmans.
- Heft Nr. 251/1997** – „Zeitliche und räumliche Verteilung von Mineralvergesellschaftungen in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans und ihre Nützlichkeit als Klimaindikatoren während der Glazial/Interglazial-Wechsel“, von Christoph Vogt.
- Heft Nr. 252/1997** – „Solitäre Ascidien in der Potter Cove (King George Island, Antarktis). Ihre ökologische Bedeutung und Populationsdynamik“, von Stephan Kühne.
- Heft Nr. 253/1997** – „Distribution and role of microprotozoa in the Southern Ocean“, by Christine Klaas.
- Heft Nr. 254/1997** – „Die spätquartäre Klima- und Umweltgeschichte der Bunger-Oase, Ostantarktis“, von Thomas Kulbe

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

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

- Heft-Nr. 319/1999** – “The Ecology of Arctic Deep-Sea Copepods (Euchaetidae and Aetideidae). Aspects of their Distribution, Trophodynamics and Effect on the Carbon Flux”, by Holger Auel.
- Heft-Nr. 320/1999** – “Modellstudien zur arktischen stratosphärischen Chemie im Vergleich mit Meßdaten”, von Veronika Eyring.
- Heft-Nr. 321/1999** – “Analyse der optischen Eigenschaften des arktischen Aerosols”, von Dagmar Nagel.
- Heft-Nr. 322/1999** – “Messungen des arktischen stratosphärischen Ozons: Vergleich der Ozonmessungen in Ny-Ålesund, Spitzbergen, 1997 und 1998”, von Jens Langer.
- Heft-Nr. 323/1999** – “Untersuchung struktureller Elemente des südöstlichen Weddellmeeres / Antarktis auf der Basis mariner Potentialfelddaten”, von Uwe F. Meyer.
- Heft-Nr. 324/1999** – “Geochemische Verwitterungstrends eines basaltischen Ausgangsgesteins nach dem spätpleistozänen Gletscherrückzug auf der Taimyrhalbinsel (Zentralsibirien) - Rekonstruktion an einer sedimentären Abfolge des Lama Sees”, von Stefanie K. Harwart.
- Heft-Nr. 325/1999** – “Untersuchungen zur Hydrologie des arktischen Meereises - Konsequenzen für den kleinskaligen Stofftransport”, von Johannes Freitag.
- Heft-Nr. 326/1999** – “Die Expedition ANTARKTIS XIV/2 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1998”, herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
- Heft-Nr. 327/1999** – “Gemeinschaftsanalytische Untersuchungen der Harpacticoidenfauna der Magellanregion, sowie erste similaritätsanalytische Vergleiche mit Assoziationen aus der Antarktis”, von Kai Horst George.
- Heft-Nr. 328/1999** – “Rekonstruktion der Paläo-Umweltbedingungen am Laptev-See-Kontinentalrand während der beiden letzten Glazial/Interglazial-Zyklen anhand sedimentologischer und mineralogischer Untersuchungen”, von Claudia Müller.
- Heft-Nr. 329/1999** – “Räumliche und zeitliche Variationen atmosphärischer Spurengase aus bodengebundenen Messungen mit Hilfe eines Michelson interferometers”, von Justus Notholt.
- Heft-Nr. 330/1999** – “The 1998 Danish-German Excursion to Disko Island, West Greenland”, edited by Angelika Brandt, Helge A. Thomsen, Henning Heide-Jørgensen, Reinhard M. Kristensen and Hilke Ruhberg.
- Heft-Nr. 331/1999** – “Poseidon” Cruise No. 243 (Reykjavik - Greenland - Reykjavik, 24 August - 11 September 1998): Climate change and the Viking-age fjord environment of the Eastern Settlement, sw Greenland”, by Gerd Hoffmann, Antoon Kuijpers, and Jörn Thiede.
- Heft-Nr. 332/1999** – “Modeling of marine biogeochemical cycles with an emphasis on vertical particle fluxes”, by Regina Usbeck.
- Heft-Nr. 333/1999** – “Die Tanaidaceenfauna des Beagle-Kanals und ihre Beziehungen zur Fauna des antarktischen Festlandssockels”, von Anja Schmidt.
- Heft-Nr. 334/1999** – “D-Aminosäuren als Tracer für biogeochemische Prozesse im Fluß-Schelf-Ozean-System der Arktis”, von Hans Peter Fitznar.
- Heft-Nr. 335/1999** – “Ökophysiologische Ursachen der limitierten Verbreitung reptanter decapoder Krebse in der Antarktis”, von Markus Frederich.
- Heft-Nr. 336/1999** – “Ergebnisse der Untersuchung des grönländischen Inlandeises mit dem elektromagnetischen Reflexionsverfahren in der Umgebung von NGRIP”, von Fidan Göktas.
- Heft-Nr. 337/1999** – “Paleozoic and mesozoic tectono-thermal history of central Dronning Maud Land, East Antarctica, - evidence from fission-track thermochronology”, by Stefanie Meier.
- Heft-Nr. 338/1999** – “Probleme hoher Stoffwechselraten bei Cephalopoden aus verschiedenen geographischen Breiten”, von Susanne Zielinski.
- Heft-Nr. 339/1999** – “The Expedition ARKTIS XV/1”, edited by Gunther Krause.
- Heft-Nr. 340/1999** – “Microbial Properties and Habitats of Permafrost Soils on Taimyr Peninsula, Central Siberia”, by Nicolé Schmidt.
- Heft-Nr. 341/1999** – “Photoacclimation of phytoplankton in different biogeochemical provinces of the Southern Ocean and its significance for estimating primary production”, by Astrid Bracher.
- Heft-Nr. 342/1999** – “Modern and Late Quaternary Depositional Environment of the St. Anna Trough Area, Northern Kara Sea”, edited by Ruediger Stein, Kirsten Fahl, Gennadij I. Ivanov, Michael A. Levitan, and Gennady Tarasov.
- Heft-Nr. 343/1999** – “ESF-IMPACT Workshop/Oceanic impacts: mechanisms and environmental perturbations, 15-17 April 1999 in Bremerhaven”, edited by Rainer Gersonde and Alexander Deutsch.
- Heft-Nr. 344/1999** – “Die Klimageschichte der hohen nördlichen Breiten seit dem mittleren Miozän: Hinweise aus sedimentologischen-tonmineralogischen Analysen (ODP Leg 151, zentrale Framstraße)”, von Amelie Winkler.
- Heft-Nr. 345/1999** – “Kurzfristige Klimaschwankungen im Scotiameer und Ergebnisse zur Kalbungsgeschichte der Antarktis während der letzten 200000 Jahre”, von Annette Hofmann.
- Heft-Nr. 346/2000** – “Glazialmarine Sedimentationsentwicklung am westantarktischen Kontinentalrand im Amundsen- und Bellingshausenmeer - Hinweise auf Paläoumweltveränderungen während der quartären Klimazyklen”, von Claus-Dieter Hillenbrand.
- Heft-Nr. 347/2000** – “Zur Ökologie des Phytoplanktons im arktischen Laptevmeer - ein jahreszeitlicher Vergleich”, von Kirsten Tuschling.

* vergriffen / out of print.

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

