

Meereswissenschaftliche Berichte

MARINE SCIENCE REPORTS

No. 60

Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2003

von

Norbert Wasmund, Falk Pollehne, Lutz Postel, Herbert Siegel
und Michael L. Zettler

Baltic Sea Research Institute (IOW), Seestraße 15, D-18119 Rostock-Warnemünde, Germany

Corresponding author: norbert.wasmund@io-warnemuende.de

Institut für Ostseeforschung
Warnemünde
2004

	Seite
Abstract	3
Kurzfassung	4
1. Einleitung	5
2. Material und Methoden	5
2.1 Beprobungs-Strategie	5
2.2 Phytoplankton	8
2.3 Algenpigmente	9
2.4 Mesozooplankton	9
2.4.1 Probenentnahme und Statistik	9
2.4.2 Analyse	11
2.5 Makrozoobenthos	12
2.6 Sedimentation	12
2.7 Fernerkundung	13
2.8 Qualitätssicherung	13
3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2003	14
4. Ergebnisse	14
4.1 Phytoplankton	14
4.1.1 Die Phytoplanktonentwicklung anhand von Satellitendaten	14
4.1.2 Jahresgang von Artenzusammensetzung und Biomasse	17
4.1.2.1 Mecklenburger Bucht (einschl. Lübecker Bucht)	19
4.1.2.2 Arkonasee	24
4.1.2.3 Pommersche Bucht	26
4.1.2.4 Bornholmsee	26
4.1.2.5 Gotlandsee	27
4.1.3 Sedimentation	33
4.1.4 Jahresgang der Chlorophyll a – Konzentration	39
4.1.5 Langzeittrend der Artenzusammensetzung	43
4.1.6 Langzeittrend der Chlorophyll a – Konzentration	45
4.1.7 Räumliche Phytoplanktonverteilung	54
4.2 Mesozooplankton	54
4.2.1 Abundanz	54
4.2.2 Artenspektrum	62
4.3 Makrozoobenthos	63
5. Diskussion	72
5.1 Die Tendenz zu einer früheren Frühjahrsblüte	72
5.2 Makrozoobenthos	73
Zusammenfassung	76
Summary	80
Danksagung	83
Literaturverzeichnis	84

Abstract

The time series on species composition and biomass or abundance of phyto- and zooplankton as well as macrozoobenthos in the Belt Sea and the Baltic proper, existing since 1979, was continued in 2003.

The phytoplankton (*Skeletonema costatum*) spring bloom developed exceptionally early (in February 2003) in Mecklenburg Bight and the Arkona Sea, perhaps owing to the inflow of saline bottom water which raised the pycnocline. In the Bornholm Sea and in the southern Gotland Sea it occurred only in the second half of March. The summer bloom of large diatoms was dominated by *Guinardia flaccida* and *Dactyliosolen fragilissimus* in Mecklenburg Bight. The typical cyanobacterial blooms (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp.) spread in the first half of July from the northern Gotland Sea towards the southern Arkona Sea and drifted into the Mecklenburg Bight by early August. The autumn bloom in Mecklenburg Bight is characterised by the coexistence of dinoflagellates (*Ceratium tripos*) and diatoms (*Proboscia alata*).

Whereas the share of diatoms in the spring blooms was very low in the 1990s in the southern Baltic proper, it increases since the year 2000 again. On the other hand, dinoflagellates and *Mesodinium rubrum* reduced their share in the spring bloom in this area.

In March, late summer and autumn 2003 the number of mesozooplankton taxonomic groups slightly increased in comparison to the last four years due to previous saltwater inflows. Some species like *Oithona similis* indicated the spreading of saline water in the basins of the central Baltic Sea. Polychaet and bivalve larvae reached highest concentration in March and October respectively. The average total abundance in 2003 significantly remained below the long-term mean at analysed stations in the central Arkona Sea and the eastern Gotland Sea caused by missing mass development of rotifers and cladocerans. Calanoid copepods never changed in total abundance in the last years but relative shifts occurred within taxa as usual.

The quick recovery of macrozoobenthos after the oxygen depletions in 2002 in the western Baltic and the re-colonisation of the Bornholm Sea after 5 years are remarkable. Since the beginning of the macrozoobenthos monitoring in 1991, 156 taxa were proved. Three species (*Halicryptus spinulosus*, *Bylgides sarsi*, *Diastylis rathkei*) showed high presence during all the years. The long-term tendencies in species number and Shannon-Wiener-Index since 1980 are displayed at one station in the Arkona Basin. The development of the abundance of *Pygospio elegans* and *Macoma balthica* in the south-eastern Arkona Sea from 1991 to 2003 is shown.

Kurzfassung

Die 1979 begonnene HELCOM-Datenreihe der Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos wurde im Jahre 2003 in der Beltsee und der eigentlichen Ostsee fortgesetzt.

Die Phytoplankton (*Skeletonema costatum*)-Frühjahrsblüte entwickelte sich in der Mecklenburger Bucht und der Arkonasee extrem früh (im Februar 2003), wahrscheinlich wegen des eingeströmten salzreichen Bodenwassers, das die Pycnocline angehoben hat. In der Bornholmsee und der südlichen Gotlandsee fand die Frühjahrsblüte erst in der zweiten Märzhälfte statt. Die von großen Kieselalgen gebildete Sommerblüte wurde in der Mecklenburger Bucht von *Guinardia flaccida* und *Dactyliosolen fragilissimus* dominiert. Die typische Cyanobakterienblüte (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp.) breitete sich in der ersten Julihälfte von der nördlichen Gotlandsee in südliche Richtung bis in die südliche Arkonasee aus und drang Anfang August in die Mecklenburger Bucht vor. Die Herbstblüte ist in der Mecklenburger Bucht durch die Koexistenz von Dinoflagellaten (*Ceratium* spp.) und Kieselalgen (*Proboscia alata*) gekennzeichnet.

Während der Anteil der Kieselalgen an der Frühjahrsblüte in der 1990er Jahren in der südlichen Ostsee sehr gering war, nimmt er seit dem Jahr 2000 wieder zu. Andererseits reduzierte sich der Anteil der Dinoflagellaten und des Ciliaten *Mesodinium rubrum* in diesen Gebieten.

Im März, späten Sommer und Herbst 2003 stieg die Anzahl taxonomischer Gruppen des Mesozooplanktons im Vergleich der letzten 5 Jahre leicht an, infolge der vorangegangenen Salzwassereintrübe. Einige Arten, beispielsweise *Oithona similis*, indizierten die Ausbreitung des salzreichen Wassers bis in die Tiefen der Gotlandsee. Bei Polychaeten- und Muschellarven wurden im März bzw. Oktober in höchsten Abundanzen seit 1991 beobachtet. Die Gesamt – Abundanz blieb gegenüber den Vorjahren deutlich unter deren Niveau durch das Ausbleiben typischer Massenentwicklungen von Rotatorien bzw. Cladoceren auf den untersuchten Stationen. Die Abundanz calanoider Copepoden blieb erwartungsgemäß gleich, trotz relativer Verschiebungen innerhalb der Gruppe.

Die schnelle Erholung des Makrozoobenthos nach den Sauerstoffmangelereignissen im Jahre 2002 in der westlichen Ostsee und die nach 5 Jahren erstmalige Besiedlung der Bornholmsee sind bemerkenswert. Seit Beginn des Benthos-Monitorings im Jahre 1991 konnten an den 6 Stationen insgesamt 156 Taxa nachgewiesen werden. 3 Arten (*Halicryptus spinulosus*, *Bylgides sarsi*, *Diastylis rathkei*) zeigten über die Jahre an allen Stationen eine hohe Präsenz. Die Langzeitentwicklungen der Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index seit 1980 werden für eine Station im Arkonabecken dargestellt. Für *Pygospio elegans* und *Macoma balthica* wird die Entwicklung der Abundanz in der südöstlichen Arkonasee von 1991 bis 2003 gezeigt.

1. Einleitung

Die Einschätzung des biologischen Zustandes der Ostsee ist Teil des im Auftrag des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) am Institut für Ostseeforschung Warnemünde durchgeführten Ostsee-Überwachungsprogramms. Im Rahmen einer Verwaltungsvereinbarung wurde dem IOW der Auftrag übertragen, die Bearbeitung der offenen Ostsee im Rahmen des deutschen Beitrages für das Monitoringprogramm (COMBINE) der Helsinki-Kommission (HELCOM) zu übernehmen. Dieses Programm richtet sich unter anderem auf die Erforschung der Stoff- und Energieflüsse im Ökosystem Ostsee, auf die Fragen zu Herkunft, Ausbreitung, Wirkung und Verbleib von anorganischen und organischen Einleitungen sowie auf die Erfassung längerfristiger Veränderungen abiotischer und biotischer Variablen.

Darüber hinaus gehen die Daten auch in das Bund-Länder-Meßprogramm (BLMP) der deutschen Küstenländer ein, dessen Sekretariat im BSH angesiedelt ist.

Die gewonnenen Daten werden über nationale Datenbanken (in Deutschland die Meeresumwelt-Datenbank MUDAB am BSH) jährlich an HELCOM gemeldet (zusammen mit einem nationalen Kommentar). Im Abstand von 5 Jahren wurden die Ergebnisse in Periodischen Assessments zusammengefaßt und wissenschaftlich ausgewertet (HELCOM 1987, 1990, 1996, 2002). Aktuelle Auswertungen für HELCOM liegen als „HELCOM Indicator Reports“ vor. Detailliertere Auswertungen der eigenen Daten werden in den Jahresberichten für das BSH vorgenommen. Diese erfolgen wegen unterschiedlicher Berichtstermine für die hydrographisch-chemischen und die biologischen Daten separat. Die hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung für das Jahr 2003 ist bereits erschienen (NAUSCH et al. 2004). Die Ergebnisse des biologischen Teils des Ostsee-Überwachungsprogramms des Jahres 2003 sollen mit diesem Bericht vorgelegt werden.

Für rückblickende Betrachtungen wird das Studium vorjähriger Berichte (SCHULZ et al. 1992; BREUEL et al. 1993, 1994, 1995; v. BODUNGEN et al. 1996; WASMUND et al. 1998a, 1999, 2000a, 2001, 2002, 2003) empfohlen.

2. Material und Methoden

2.1 Beprobungs-Strategie

Die Aufgabenstellung für das wissenschaftliche Programm orientiert sich an den Vorschriften der HELCOM. Im Einzelnen umfasst das biologische Monitoring am IOW die Bestimmung der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Phytoplanktons, Mesozooplanktons und Makrozoobenthos, die Bestimmung des Chlorophyll-a und Phaeopigment-a-Gehalts von Wasserproben und die Auswertung von Sinkstoff-Fallen.

Die Phytoplanktonentwicklung wird auch anhand von Satellitenbildern verfolgt. Die Methoden sind in einem Manual (HELCOM 2001) verbindlich vorgeschrieben. Für die Auswertung der Sinkstoff-Fallen und der Satellitenbilder gibt es noch keine verbindlichen HELCOM-Methodenvorschriften.

Die traditionellen fünf Terminfahrten wurden im Februar, März, Mai, Juli/August und Oktober mit den Forschungsschiffen „Gauss“ und „Alexander v. Humboldt“ durchgeführt. Die Stationen für die biologischen Untersuchungen entsprechend der Vorgaben durch HELCOM und BLMP sind in Abb. 1 dargestellt. Die IOW-interne Bezeichnung der Terminfahrt-Stationen beginnt mit „TF“; wir verzichten im folgenden auf diesen redundanten Präfix und geben die Stationen nur mit 3 Ziffern an. Nach der offiziellen BLMP-Nomenklatur beginnt der Stationsname mit „OM“ und es schließt sich die Stationsbezeichnung des traditionellen „Baltic Monitoring Programme“ (BMP) an. Die Entsprechungen der Stationsbezeichnungen sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

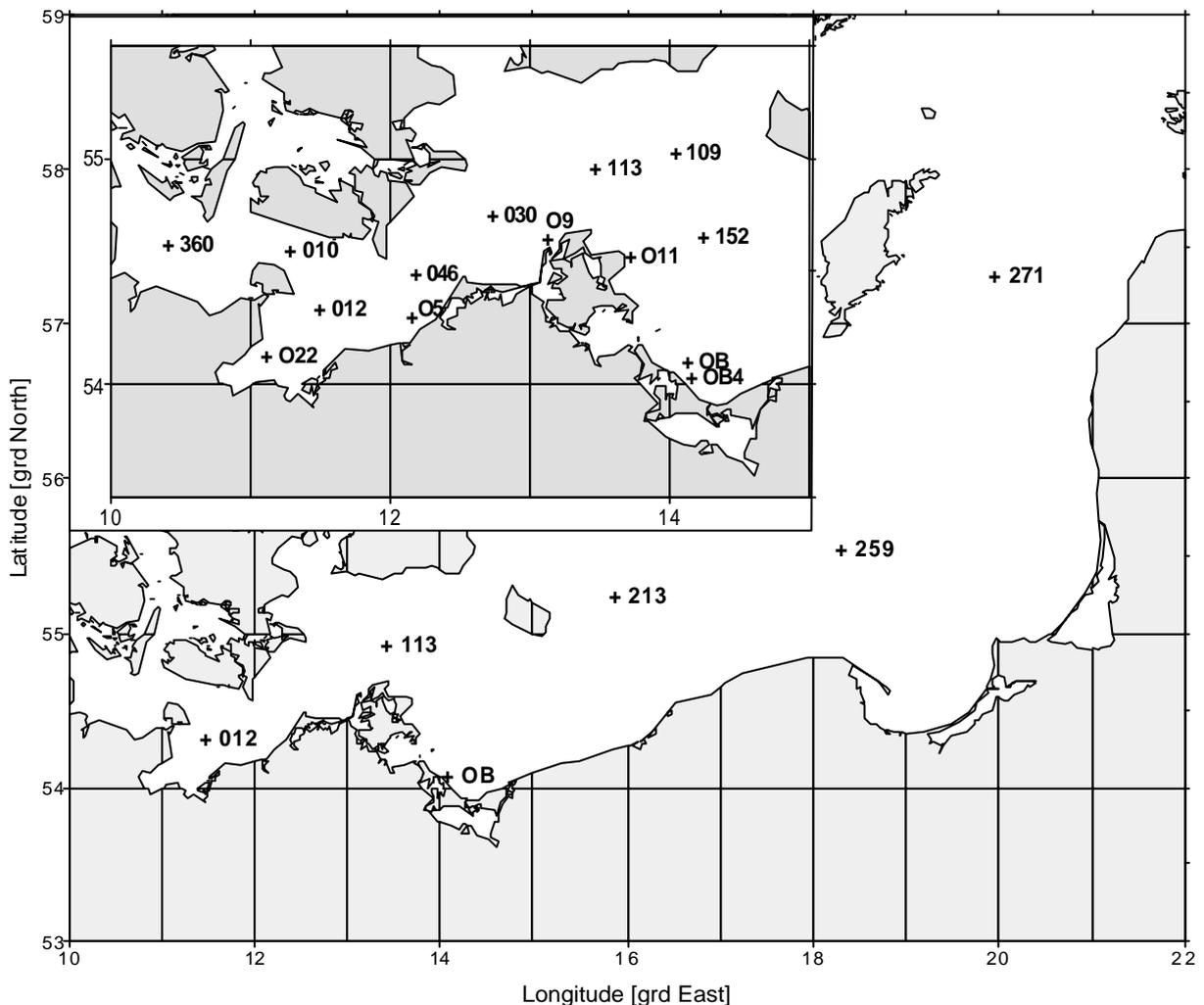


Abb. 1

Die Lage der beprobten Stationen in der Ostsee. Kieler und Mecklenburger Bucht sowie Arkonasee siehe Nebenkarte. Die Zentralstationen der einzelnen Seegebiete sind Stat. 012 = Mecklenburger Bucht, Stat. 113 = Arkonasee, Stat. 213 = Bornholmsee, Stat. 271 = östliche Gotlandsee

Fig. 1

The station grid for biological sampling in the Baltic Sea. Stations in the main map represent Mecklenburg Bight (Stat. 012), Arkona Sea (Stat. 113), Bornholm Sea (Stat. 213), eastern Gotland Sea (Stat. 271), and Pomeranian Bight (Stat. OB)

Tab. 1

Häufigkeit der Probenahme (= Anzahl der Probentermine) zur Gewinnung der biologischen Daten des IOW im Jahre 2003 (für Sinkstoff-Fallen: 2002). Angaben in Klammern kennzeichnen 0 m-Proben für das LUNG M-V.

)¹ einschl. 10 Proben vom LANU S-H,

)² einschl. 2 Proben aus dem EU-Projekt SIBER

Table 1

Sampling statistics for different parameters specified for sampling stations in 2003 (for sedimentation traps from year 2002). International station number inserted in column 2. Numbers in brackets indicate samples from 0 m only, delivered to Environmental Agency Mecklenburg-Vorpommern (LUNG)

)¹ incl. 10 samples from the Environmental Agency Schleswig-Holstein (LANU S-H),

)² incl. 2 samples taken in the frame of the EU project "SIBER"

IOW- Stationsnummer	Stations- nummer	Chlorophyll u. Phaeopigment	Phyto- plankton	Zoo- plankton	Zoo- benthos	Sinkstoff- Fallen (2002)
Beltsee						
360	OM BMP N3	5	-	5	-	-
010	OM BMP N1	-	-	-	1	-
012	OM BMP M2	10	20) ¹	10	1	-
O22		5	14) ¹	-	-	-
O5		(5)	(5)	-	-	-
046	OM BMP M1	10	12) ²	9	-	-
Arkonasee						
030	OM BMP K8	10	10	10	1	-
109	OM BMP K4	5	6	-	1	-
113	OM BMP K5	10	12) ²	9	-	-
O9		(5)	(5)	-	-	-
O11		(4)	(4)	-	-	-
152	OM BMP K3	-	-	-	1	-
Pommernbucht						
OB	OM OB	5	5	5	-	-
OB4		(5)	(5)	-	-	-
Bornholmsee						
213	OM BMP K2	10	12) ²	9	1	-
Östl. Gotlandsee						
259	OM BMP K1	5	5	5	-	-
271	OM BMP J1	5	5	5	-	58

Da Planktonproben in der westlichen und südlichen Ostsee sowohl auf den Hin- als auch Rückreisen genommen wurden, können von unseren 5 Fahrten maximal 10 Proben pro Station und Jahr gewonnen werden.

Die seit 1998 praktizierte Übergabe von Phytoplanktonproben vom Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU) an das IOW zum Zwecke der Erhöhung der

Probenfrequenz für die Stationen 012 und O22 konnte im Jahre 2003 fortgesetzt werden. Im Gegenzug wurden dem LANU Proben der Station 360 zur Verfügung gestellt.

Die vom IOW genommenen Phytoplanktonproben sowie die Chlorophyll a – und Phaeopigment a-Werte der Küstenstationen O22, O5, O9, O11 und OB4 (jeweils nur von der Oberfläche) wurden dem Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) übergeben. Diese sind auch in Tabelle 1 erfasst. Trotz der Zuständigkeit des LUNG für das Küsten-Monitoring in Mecklenburg-Vorpommern bleibt das IOW auch weiterhin in der Lübecker Bucht (Station O22) und der Pommerschen Bucht (Station OB) engagiert.

Die Auswertung der Sinkstoff-Fallen ist sehr aufwändig, so dass noch nicht der komplette Datensatz des Jahres 2003 vorliegt. Stattdessen werden hier die Daten der Sinkstoff-Fallen des Jahres 2002 gezeigt, die im vorigen Bericht noch nicht vorgestellt werden konnten.

Zu den Zooplanktonproben gibt es in Tabelle 2 (S. 10) noch eine gesonderte Statistik.

Makrozoobenthos-Proben werden nur einmal im Jahr (im Oktober) an 6 Stationen genommen. Zusätzlich zu den Greifer-Proben kam eine Dredge zum Einsatz, um die selteneren und vagilen Arten zu erfassen, sowie eine Videokamera, um v.a. epibenthische Arten nachzuweisen sowie die Sediment- und Habitateigenschaften zu charakterisieren.

2.2 Phytoplankton

Im allgemeinen wurden an jeder Station 2 Phytoplanktonproben genommen: eine Oberflächen-Mischprobe, für die Wasser von 1 m, 2,5 m, 5 m, 7,5 m und 10 m Tiefe zu gleichen Teilen gemischt wurde sowie eine Probe von unterhalb der obersten Sprungschicht (meistens aus 15 oder 20 m Tiefe). Bei Vorliegen interessanter Strukturen (z.B. markante Fluoreszenzmaxima im Tiefenprofil) wurden auch diese Wassertiefen zusätzlich beprobt. Die Proben (250 ml) wurden mit 1 ml saurer Lugolscher Lösung fixiert und so bis zur Auswertung gelagert (max. 6 Monate).

Die Biomasse der einzelnen Phytoplanktonarten wurde mikroskopisch entsprechend der traditionellen Methode nach UTERMÖHL (1958) bestimmt. Arten mit starker Variabilität der Größe wurden nach Größenklassen gezählt. Um eine statistisch akzeptable Abschätzung zu erhalten, wurden von den häufigsten Arten mindestens 50 Individuen gezählt, so dass ein statistischer Zählfehler für die häufigsten Einzelarten von etwa 28 % angenommen werden kann. Insgesamt kommt man pro Probe auf mindestens 500 gezählte Individuen. Damit wird der Fehler für die Gesamtbiomasse deutlich geringer (< 10 %). Jeder Art bzw. Größenklasse entspricht ein charakteristisches Individuenvolumen (Berechnung nach HELCOM, 2001). Dieses wird mit der Anzahl der gezählten Individuen multipliziert, um auf das Biovolumen der jeweiligen Art zu kommen. Bei Annahme einer Dichte von 1 g cm^{-3} entspricht das Biovolumen zahlenmäßig der Biomasse (Frischmasse). Die Berechnung und Datenausgabe erfolgten mit Hilfe des von HELCOM empfohlenen Programms der Softwarefirma Kahma Ky (Helsinki). Auf eine weitere Umrechnung in Kohlenstoff-Einheiten wurde verzichtet, da der dazu empfohlene konstante Umrechnungsfaktor ($F=0,11$) sehr fragwürdig ist.

2.3 Algenpigmente

Im Gegensatz zu den Vorjahren wurde die Anzahl der Entnahmetiefen entsprechend der HELCOM-Empfehlung (HELCOM 2001) reduziert auf 1 m, 5 m, 10 m, 15 m und 20 m. Nur im Februar und Mai 2003 wurde das Probenwasser zur Bestimmung der Algenpigmente noch aus 1 m, 2,5 m, 5 m, 10 m, 15 m und 20 m entnommen. Etwa 200-500 ml wurden durch Glasfaserfilter (Whatman GF/F) filtriert. Die Filter wurden dann, im Gegensatz zu den Vorjahren, in flüssigem Stickstoff (-196 °C) schock-gefrostet. Im Institut wurden sie für maximal 3 Monate bei -80 °C gelagert. Die Extraktion erfolgte anstelle von 90 %igem Aceton nun mit 96 %igem Ethanol, wie es von HELCOM vorgeschrieben ist. Dadurch konnte auf Homogenisation und Zentrifugation verzichtet werden. Die fluorometrische Messung erfolgte am Fluorometer (TURNER 10-AU) nach der Ansäuerungs-Methodik von LORENZEN (1967). Zur Berechnung der Chlorophyll a – und Phaeopigment a –Konzentrationen wurden Formeln von EDLER (1979) und JGOFS (1993) benutzt. Die methodischen Änderungen wurden erst nach umfangreichen Voruntersuchungen vorgenommen (vgl. Kap. 2.8).

2.4 Mesozooplankton

2.4.1 Probenentnahme und Statistik

Im Jahre 2003 wurden die in der Regel seit 1979 bestehenden Zooplankton-Zeitreihen auf neun Stationen von der Kieler Bucht bis in die östliche Gotlandsee fortgeführt. Fünf Stationen wurden dabei auf Hin- und Rückfahrt angelaufen. Auf den Terminfahrten im Februar, März, Mai, Juli/August und Oktober erfolgte die Probenentnahme gemäß der derzeit gültigen Empfehlung der HELCOM (2001). Demzufolge wurde ein WP-2 Netz mit 100µm Maschenweite benutzt, um die Wassersäule möglichst in drei Tiefenstufen, von der Oberfläche bis zur Thermoklinen, von dort bis zur Haloklinen und darunter bis zum Boden zu beproben. In Zeiten einer fehlenden Thermokline, wurde der Wasserkörper oberhalb der Haloklinen bei 25 m zusätzlich in zwei Schichten getrennt beprobt. Abweichungen von der Regel waren besonders im Mai infolge ungünstiger Wetterbedingungen häufig. Drei Stationen fielen 2003 aus diesen Grund total aus, je eine im Mai, im August und im Oktober. Auf der Station östlich von Gotland wurden im März und Oktober zusätzliche Tiefenstufen berücksichtigt, entsprechend der komplexen Struktur des erneuerten Tiefenwassers nach dem Salzwasserzustrom vom Sommer 2002 (FEISTEL et al. 2003) und Frühjahr 2003 (NAUSCH et al. 2004). Zur Berechnung der filtrierten Wassermenge diente die Trossenlänge. Drahtwinkel wurden trigonometrisch korrigiert. Hols mit Medusen von *Aurelia aurita* (Makrozooplankton) wurden solange wiederholt, bis eine quallenfreie Probe erzielt wurde. Insgesamt beruht die Einschätzung auf 148 Netzproben (Tab. 2).

Tintinnida, Nauplienstadien von Kleinkrebsen und Rotatoria sind gemäß des Maschenweiterevergleichs von WP-2-Netzen (ICES 1997) nur semi-quantitativ im 100 µm-Netz enthalten (vgl. WASMUND et al. 2001).

Die Fixierung des Materials erfolgte entsprechend den COMBINE- Richtlinien in einer mit Borax gepufferten, 4%-igen Formalinlösung.

Tab. 2

Statistik der Probenentnahmen in den jeweiligen Tiefenstufen [m] auf den in Abb. 1 verzeichneten Stationen vom Februar bis Oktober 2003

Table 2

Sample statistic of zooplankton hauls (cf. Fig. 1) and sampling depth intervals [m] on cruises between February and October 2003

Stationsbezeichnung		08.02.2003 - 19.02.2003	21.03.2003 - 31.03.2003	02.05.2003 - 12.05.2003	24.07.2003 - 02.08.2003	14.10.2003 - 25.10.2003
BMP	IOW	Netz – Hol – Tiefe (von bis) [m]				
BMPN3	TF0360	15 - 0	7 - 0	5 - 0	5 - 0	15 - 0
BMPN3	TF0360		12 - 7	13 - 5	15 - 5	
BMPM2	TF0012	6 - 0	12 - 0	20 - 0	12 - 0	7 - 0
BMPM2	TF0012	21 - 6	19 - 12		20 - 12	21 - 7
BMPM1	TF0046	6 - 0	7 - 0	10 - 0	7 - 0	5 - 0
BMPM1	TF0046	19 - 6	12 - 7	18 - 10	13 - 7	15 - 5
BMPM1	TF0046		19 - 12		20 - 13	18 - 15
BMPM1	TF0046					22 - 18
BMPK8	TF0030	19 - 0	16 - 0	10 - 0	12 - 0	15 - 0
BMPK8	TF0030			17 - 10	18 - 12	20 - 15
BMPK5	TF0113	20 - 0	22 - 0		10 - 0	15 - 0
BMPK5	TF0113	44 - 20	41 - 22		30 - 10	43 - 15
BMPK5	TF0113				42 - 30	
BMPK2	TF0213	25 - 0	25 - 0	35 - 0	10 - 0	35 - 0
BMPK2	TF0213	40 - 25	40 - 25	82 - 35	36 - 10	88 - 35
BMPK2	TF0213	85 - 40	80 - 40		92 - 36	
BMPK1	TF0259	25 - 0	25 - 0	75 - 0	20 - 0	30 - 0
BMPK1	TF0259	55 - 25	70 - 25	85 - 75	58 - 20	50 - 30
BMPK1	TF0259	80 - 55	81 - 70		85 - 58	84 - 50
BMPJ1	TF0271	25 - 0	25 - 0	70 - 0	20 - 0	35 - 0
BMPJ1	TF0271	68 - 25	50 - 25	160 - 70	65 - 20	60 - 35
BMPJ1	TF0271	120 - 68	115 - 50		136 - 65	100 - 60
BMPJ1	TF0271		228 - 200		231 - 148	120 - 100
BMPJ1	TF0271					225 - 120
BMPK2	TF0213	25 - 0	25 - 0	40 - 0		40 - 0
BMPK2	TF0213	45 - 25	40 - 25	80 - 40		88 - 40
BMPK2	TF0213	88 - 45	84 - 40			
OB	OB Boje	11 - 0	7 - 0	12 - 0	8 - 0	12 - 0
OB	OB Boje		10 - 7		12 - 8	
BMPK5	TF0113	20 - 0	20 - 0	25 - 0	9 - 0	25 - 0
BMPK5	TF0113	44 - 20	40 - 20	40 - 25	35 - 9	40 - 25
BMPK5	TF0113				43 - 35	
BMPK8	TF0030	17 - 0	0 - 8		9 - 0	15 - 0
BMPK8	TF0030	20 - 17	18 - 8		16 - 9	18 - 0
BMPK8	TF0030	20 - 0		20 - 0		

BMPM1	TF0046	6 - 0	12 - 0	20 - 0	5 - 0	
BMPM1	TF0046	25 - 6	20 - 12		15 - 5	
BMPM1	TF0046				21 - 15	
BMPM2	TF0012	11 - 0	15 - 0	20 - 0	7 - 0	11 - 0
BMPM2	TF0012	21 - 11	21 - 15		20 - 7	20 - 11

2.4.2 Analyse

Die Analyse des Planktons erfolgte seit 1992 mit einem Umkehrmikroskop (Leica, Labovert), meist mit 50facher Vergrößerung (maximal 125fach), unter Verwendung einer nach ARNDT (1985) modifizierten Mini-Bogorov-Kammer (POSTEL et al. 2000). Um gesundheitliche Schäden zu vermeiden, wurde zunächst das Formalin durch ein Sieb mit 55 µm Maschenweite entfernt und durch destilliertes Wasser ersetzt. Anschließend wurde aus einem Gesamtvolumen meist eine Teilprobe analysiert, die mit einer 1 ml fassenden Eppendorfpipette (Öffnungsdurchmesser 5 mm) angefertigt wurde. Diese Technik ist 5 bis 8 mal schneller als die gleichfalls von HELCOM empfohlene Teilungstechnik (Kott-Teiler) und erzeugt Fehler von ca. 7 – 9% (VAN GUELPEL et al. 1982). Traditionellerweise wurden ca. 500 Individuen pro Probe analysiert. Dazu wurden zwischen 1/5 und 1/1000, im Durchschnitt $2/100 \pm 3/100$, der Proben durchgemustert. Statistisch gesehen gilt für eine Anzahl von 400 Individuen ein 10%iger Zählfehler (z.B. LUND et al. 1958). Er nimmt für alle seltenen Vertreter drastisch zu (50% bei 16 Organismen, 100 % bei 4). In den 2003er Analysen wurden pro taxonomischer Gruppe zwischen 1 und 1453 Individuen gezählt, im Mittel 34 ± 94 . Das Maximum betraf eine Zählung von *Synchaeta* spp.

Auf eine Umrechnung der Abundanzergebnisse auf Biomassekonzentration wird noch verzichtet, denn die derzeit im Rahmen der HELCOM noch benutzten Biomassefaktoren für Individuen einzelner Arten und Entwicklungsstadien entsprechen nicht den wirklichen Verhältnissen. Zur Schaffung solcher Faktoren unter Anwendung eines digitalen, morphometrischen Verfahrens und der Mikrokohlenstoffanalyse wurde im Jahr 2002 eine Diplomarbeit vergeben. Inzwischen liegen für 10 von 23 regelmäßig in der südlichen Ostsee vorkommenden Taxa die Längen- zu Kohlenstoffbeziehungen vor, unter Berücksichtigung der vom Formalin verursachten Schrumpfung der Individuen (KÖSTER 2003). Gegenwärtig wird an der Publikation der Ergebnisse gearbeitet (KÖSTER und POSTEL) und die Vervollständigung des Projektes beim Umweltbundesamt, Berlin, vorbereitet.

Die seit dem Jahre 2000 angesprochenen Zweifel bei der Bestimmung von *Pseudocalanus*- und *Bosmina*-Arten sind noch nicht völlig ausgeräumt. Daher werden hier in beiden Fällen nur die Gattungsnamen benutzt. Gegenwärtig wurden *Pseudocalanus*-Proben aus der Mecklenburger Bucht und der nördlichen Gotlandsee zur Bestimmung der genetischen Information an die Universität von New Hampshire (USA) geschickt. Im Verbund mit taxonomischen Analysen soll geklärt werden, ob es sich um die gleiche oder zwei verschiedene Arten handelt. Von Proben aus der Arkonasee wurde inzwischen ermittelt, dass es sich bei diesen um *Pseudocalanus acuspes* gehandelt hat (BUCKLIN et al. 2003). Die Autoren weisen darauf hin, dass das Auftreten von *P. elongatus* in der Ostsee damit nicht ausgeschlossen ist.

2.5 Makrozoobenthos

Beginnend vom Fehmarnbelt wurden bis zur Bornholmsee im Oktober 2003 an 6 Stationen Benthosuntersuchungen durchgeführt. Je nach Sedimenttyp wurden zwei verschiedene van-Veen-Greifer (980 cm² und 1060 cm²) mit unterschiedlichen Gewichten (38 kg bzw. 70 kg sowie 23 kg) eingesetzt. Pro Station wurden 3 Parallelproben (Hol) entnommen. Die einzelnen Hols wurden über ein Sieb mit 1 mm Maschenweite mit Seewasser gespült, der Siebrückstand in Gefäße überführt und mit 4%igem Formalin fixiert (HELCOM 2001). An allen Stationen wurde eine Dredge ("Kieler Kinderwagen") mit einer Spannweite von 1,5 m und einer Maschenweite von 5 mm eingesetzt. Die Dredge erbrachte insbesondere bei den vagilen und selteneren Arten Nachweise, die mit Hilfe des Greifers übersehen worden wären. Aus gleichem Grund und zur besseren Beurteilung der Sediment- und Habitateigenschaften wurden mit einer Videokamera (Fa. Mariscope) Aufnahmen von der Sedimentoberfläche gemacht. Gegenüber der in den Vorjahren verwandten Videoschlittenmethode hatte die handgeführte Kamera den Vorteil der schnellen und unkomplizierten Einsatzweise. Allerdings wurde auf einige Vorteile der Videoschlittenkamera verzichtet (z.B. Schwenk-Neige, Zoom, Laserskalierung). Da es aber hauptsächlich darum ging die Oberflächenstruktur und epibenthische Arten zu erfassen und wir die Stationen seit 1998 regelmäßig mit Video überwachen, war der Einsatz des vereinfachten Systems völlig ausreichend.

Die weitere Bearbeitung der Proben erfolgte im Labor. Nach dem Waschen der einzelnen Hols wurden die Taxa mit Hilfe eines Binokulares bei 10-20 facher Vergrößerung ausgesammelt und bis auf wenige Gruppen bis zur Art bestimmt. Außerdem wurden die Abundanzen und Biomassen (Aschefreies Trockengewicht, AFTG) erfaßt. Für eine vergleichbare Gewichtsbestimmung wurde der HELCOM-Richtlinie (HELCOM 2001) gefolgt und die Proben vor der Bearbeitung für 3 Monate gelagert.

2.6 Sedimentation

Die Raten des vertikalen Partikelflusses (Sedimentation) wurden auf der Station 271 im zentralen Tief der östlichen Gotlandsee gemessen. Hier wurden zur Erfassung der Menge und Qualität des aus der Deckschicht absinkenden Materials eine automatische Sinkstofffalle des Typs SM 234 mit einer Fangfläche von 0,5 m² verankert, die 21 in programmierbaren Zeitschritten auswechselbare Fanggläser besitzt. Die Verankerung wurde bei einer Wassertiefe von 249 m ohne Oberflächenmarkierung ausgelegt und mit Hilfe von akustischen Auslösern nach 3 - 6 Monaten wieder aufgenommen. Die einzelnen Fangintervalle betragen zwischen 5 und 7 Tagen. In der Verankerung befand sich die Falle unter der Halokline und der Redoxgrenze in 180 m Tiefe im sauerstofffreien Tiefenwasser. Am aufgefangenen Material wurden Elementanalysen, Bestimmungen der natürlichen Isotopenzusammensetzung, Pigmentuntersuchungen sowie mikroskopisch-taxonomische Analysen durchgeführt. Aufgrund einer Verschiebung des Aufnahmeterrains der Verankerung wurden zwischen dem 16. April und dem 9. Mai keine Daten gesammelt. Davon abgesehen gab es keine technischen Probleme.

2.7 Fernerkundung

Für die Untersuchung der Temperatur- und Planktonentwicklung in der Ostsee wurden Satellitendaten im sichtbaren und infraroten Spektralbereich verwendet. Karten der Wasseroberflächentemperatur (SST) wurden aus den Infrarotkanälen des Advanced Very High Resolution Radiometers an Bord der Wettersatelliten der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) der USA abgeleitet und vom BSH Hamburg übernommen. Das BSH betreibt eine *SeaSpace*-HRPT (High Resolution Picture Transmission) Empfangsstation. Die Standardprozedur einschließlich der SST-Algorithmen sind bei SIEGEL et al. (1994) beschrieben.

Daten der Wasserfarbe der Ostsee standen im Jahr 2003 vom Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) zur Verfügung, die durch die National Aeronautics and Space Administration (NASA) bereitgestellt wurden. Die Ableitung der Chlorophyllkonzentrationen erfolgte unter Nutzung des IOW Algorithmus. Dabei wurden die SST-Daten für die physikalisch-chemischen Untersuchungen und die Charakterisierung der Bedingungen für die Planktonentwicklung verwendet, wobei Einzelszenen und Monatsmittel zur Anwendung kamen. Die Auswertung der SeaWiFS-Daten konzentrierte sich auf die Entwicklung der Frühjahrsblüte und der Cyanobakterien im Sommer in der Ostsee in Beziehung zur SST und den meteorologischen Bedingungen.

2.8 Qualitätssicherung

Die Zusammenarbeit verschiedener Institute und Labors im nationalen (Bund-Länder-Messprogramm) und internationalen (HELCOM) Rahmen macht eine Abstimmung der Methoden erforderlich, um die Vergleichbarkeit der Messdaten zu gewährleisten. Die Arbeit nach einem gemeinsamen Methodenhandbuch (HELCOM 2001) ist erste Voraussetzung für die Gewinnung vergleichbarer Daten. Darüber hinaus sind Interkalibrierungen zwischen den beteiligten Instituten erforderlich.

Gerade die Artbestimmung der Organismen ist subjektiv beeinflusst und wesentlich vom Kenntnisstand des Bearbeiters abhängig. Aus diesem Grunde gab es bereits in der Vergangenheit regelmäßige Weiterbildungsveranstaltungen, die auch in den Jahresberichten (WASMUND et al. 1998 a und folgende Jahre) erwähnt wurden. Im Jahre 2003 fand der jährlichen Phytoplanktonkurs und –workshop der HELCOM vom 12. bis 16. Oktober 2003 in Riga statt. Zwei Mitarbeiterinnen nahmen auch an dem Ringtest der HELCOM-Phytoplankton-Expertengruppe mit gutem Erfolg teil. Es schlossen sich Versuche zur Optimierung der Zählmethode an, die uns zu einer künftigen Meidung der 10 ml-Zählkammern veranlassten.

Wir beteiligten uns im Juni 2003 an den Chlorophyll-Vergleichen im Rahmen von QUASIMEME (Runde 33). Unsere Analysenergebnisse lagen stets im zulässigen Bereich. Trotzdem wurden aufgrund eigener methodischer Untersuchungen in den Jahren 1995, 1996 und 2002 sowie dem 1.Chlorophyll a-Ringversuch der Qualitätssicherungsstelle des BLMP (UMWELTBUNDESAMT, 2002) ab 2003 Veränderungen zur Optimierung der Methode vorgenommen, wobei sich stärker an dem neuen HELCOM-Manual (HELCOM 2001) orientiert wurde:

- Extraktionsmittel: 96% Ethanol anstelle von 90% Aceton,

- Verzicht auf Homogenisation und Zentrifugation (dadurch Reduktion der Manipulationen, die zu Acetonverlust, unnötiger Lichtexposition und Verschleppung von Pigment führen könnten)
- Einfrostern der Filter in flüssigem Stickstoff. Im Institut Umlagerung in -80 °C -Truhe. (Februar-Fahrt 2003: Sofortige fluorometrische Messung an Bord).

Im Dezember 2003 wurden weitere methodische Untersuchungen zur Optimierung der fluorometrischen Messung durchgeführt, die zu weiteren leichten Abwandlungen der Chlorophyll-Bestimmungsmethode im Jahre 2004 führen werden. Über die Versuche wurde auf dem Qualitätssicherungs-Workshop auf Vilm (10.-13.5.2004) berichtet (WASMUND und TOPP 2004).

3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2003

Die klimatologischen und hydrographischen Verhältnisse beeinflussen die Entwicklung der Organismen und sollen deshalb in diesem Kapitel kurz dargestellt werden. Diese Darstellung beruht auf dem Bericht von NAUSCH et al. (2004), aus dem detailliertere Daten zu entnehmen sind. Der Winter 2002/2003 war nach fünf aufeinanderfolgenden milden Wintern ein mittelkalter Winter, der schwerste nach 1995/96. Aufgrund des sehr kalten Dezembers 2002 erfolgte die Abkühlung des Wassers sehr rasch, so dass die langjährigen Mittelwerte der Wassertemperatur in der zentralen und nördlichen Ostsee schon im Januar deutlich unterschritten wurden. Das führte zu extremer Eisbildung in der nördlichen Ostsee. Durch die folgenden milden Monate in der westlichen Ostsee endete die Eissaison in deutschen Gewässern aber schon Anfang Februar (BSH 2003). Frühjahr und Sommer waren deutlich wärmer als die Langzeitmittel. Der Sommer 2003 war nach 1997 und 2002 zumindest im Bereich der südlichen Ostsee der drittwärmste seit 1890. Spezifische meteorologische und hydrographische Erscheinungen werden im Zusammenhang mit der Phytoplanktonentwicklung in Kap. 4.1.1. diskutiert.

Das herausragende Ereignis für die Ostsee war der intensive, kalte und sauerstoffreiche Einstrom von Kattegat-Wasser im Januar. Der Einstrom hatte bereits Anfang Februar das gesamte Bornholmbecken erfasst, wo er das Wasser des Warmwassereinstroms vom Sommer 2002 verdrängte. Kleinere Einströme im März und Mai konnten sich schnell in die zentralen Becken der Ostsee ausbreiten, da Arkona- und Bornholmbecken schon mit dichtem Wasser gefüllt waren. Im Mai 2003 wurde im Gotlandbecken in Bodennähe bereits $3,96\text{ ml/l}$ Sauerstoff gemessen. Noch zwischen Juni und August 2003 kam es zu bodennahem Einstrom von warmem, salzigem Wasser aus dem Kattegat an der Darßer Schwelle.

4. Ergebnisse

4.1 Phytoplankton

4.1.1 Die Phytoplanktonentwicklung (Chlorophyll) anhand von Satellitendaten

Die raum-zeitliche Planktonentwicklung im Jahre 2003 wurde anhand von Chlorophyllkarten erarbeitet, die aus SeaWiFS Daten abgeleitet worden sind. Erste Anzeichen erhöhter Chlorophyllkonzentrationen waren bereits vom 22.-26. Februar in einer Schwachwindphase (um 5 m/s)

südlicher Winde in der westliche Ostsee mit täglich wolkenfreien Himmel zu verzeichnen. Zu diesem Zeitpunkt reichte das durch die Oder gespeiste Pommernbuchtwasser bis in die Arkona See.

Am 10.3.2003 war die westliche Ostsee bis Bornholm beeinflusst. In einer Schwachwindphase mit 5-8 m/s vom 14.-20.3.2003 verstärkte sich die Phytoplanktonentwicklung. Bei nordöstlichen Winden vom 14.-15.3. waren erhöhte Konzentrationen im Bereich Darßer Schwelle bis Arkona See vorhanden. Im Verlauf des 15.03. drehte der Wind auf Nordwest und blieb stabil bis zum 20. März. Vom 16.-18.3. lag das Maximum in der Arkona See. Vom 18.-20.3. war auch die Bornholmsee beeinflusst. Am 21.03. wurden mit Windwechsel die Konzentrationen geringer und ab 25.3. war die Blüte auf den Satellitenbildern nicht mehr sichtbar.

Ab 31.3. begann eine verstärkte Entwicklung an der Küste der Baltischen Staaten und am 7.4. war die Aland See einbezogen. Danach konnte der weitere Verlauf bis 14.4. wegen der Wolkenbedeckung nicht verfolgt werden. Am 14.4. waren die nördliche Gotlandsee, die Aland See und die Bottensee erfasst. Durch eine Ausdehnung nach Süden war am 16.4. auch das Gebiet um Gotland beeinflusst. Am 18.4. war ein Rückgang in den zentralen Bereichen der Gotlandsee zu beobachten. In der gesamten Zeit vom 25.3. bis 23.4. waren die Chlorophyll-Konzentrationen in der westlichen Ostsee gering. Nur in der Pommerschen Bucht traten erhöhte Konzentrationen auf, die nach langer Ostwindphase am 22.4. wieder bis in die zentrale Arkonasee reichten. Zu diesem Zeitpunkt waren auch wieder erhöhte Chlorophyllkonzentrationen an der Außenküste von Hiddensee und Darß vorhanden, was durch den Transport von Greifswalder Boddenwasser durch den Strelasund begründet sein kann.

In der folgenden wechselhaften und wolkenreichen Phase liegen Informationen nur vom 10.5. und 17.5. vor, wo nur geringe Konzentrationen in der gesamten eigentlichen Ostsee zu beobachten waren. Ab 18.5. wurde eine Planktonentwicklung in der nördlichen Gotlandsee mit ähnlicher Verteilung bis 25.5. sichtbar. Ab 27.5. breitete sie sich vor allem in der östlichen Gotlandsee nach Süden aus. Im Zeitraum vom 29.5.-3.6. reduzierten sich die Konzentrationen in der gesamten Ostsee. Nach kurzer Unterbrechung waren ab 6.6. wieder erhöhte Chlorophyllwerte in der Gotlandsee zu beobachten, die am 12.6. besonders das Gebiet nordwestlich und südöstlich von Gotland erfassten. In der westlichen Ostsee wiesen die Pommernbucht und die Südküste von Darßer Schwelle bis Hiddensee erhöhte Konzentrationen auf. Vom 14.6./17.6. bis zum 23.6. erfolgte die Ausbreitung von der nördlichen Gotlandsee über die östliche Gotlandsee nach Süden.

Hohe Konzentrationen in der nördlichen Gotlandsee am 30.6. deuten auf Cyanobakterien hin, die bis 5.7. wegen der hohen Wolkenbedeckung nicht weiter verfolgt werden konnten. Am 5.7. konnten verstärkte Oberflächenakkumulationen in der nördlichen Gotlandsee beobachtet werden, die schon am 7.7. die gesamte Gotlandsee erfassten. Das war gleichzeitig der Beginn einer wolkenärmeren Phase, in der die weitere Entwicklung sehr gut beobachtet werden konnte. Am 8.7. war schon die Bornholmsee, allerdings noch mit geringeren Konzentrationen, eingeschlossen. Ab 12.7. war auch die südliche Arkonasee beeinflusst. Das Beispiel in Abb. 2a zeigt die hohen Konzentrationen in der eigentlichen Ostsee am 17.7. und Abb. 2b die Ausdehnung der Blüte auf die westliche Ostsee am 19.7.03. Sehr hohe Konzentrationen wurden an dem Tag östlich Rügen beobachtet. Die Beeinflussung der gesamten Ostsee durch Cyanobakterien vom Finnischen Meerbusen bis in die Mecklenburger Bucht hielt durchgängig bis 1.8.2003, dem wärmsten Tag des Jahres 2003 mit Wassertemperaturen um 25 °C in weiten Teilen, an. Danach reduzierte sich

Chlorophyll als erstes in den nördlichen Teilen der Arkona- und Bornholmsee. Am 11.8. war die Cyanobakterienblüte in der eigentlichen Ostsee beendet und beschränkte sich noch wenige Tage auf den Finnischen Meerbusen. Das Pommernbuchtwasser reichte in dieser Phase wieder bin in die Arkonasee.

Nach Drehung des Windes auf West war die zweite Hälfte August sehr wechselhaft mit hohem Wolkenbedeckungsgrad, was auch zu einer schnellen Abkühlung führte. Ende August waren die Temperaturen schon auf 15-17 °C in der gesamten eigentlichen Ostsee gesunken. Vom 6.-9.9. waren noch einmal hohe Chlorophyll-Konzentrationen im nördlichen und mittleren Teil der östlichen und westlichen Gotlandsee vorhanden, was dann sicher am 20.9. vorbei war. Der Herbst war sehr wolkenreich, so dass keine weiteren nutzbaren Daten vorhanden sind.

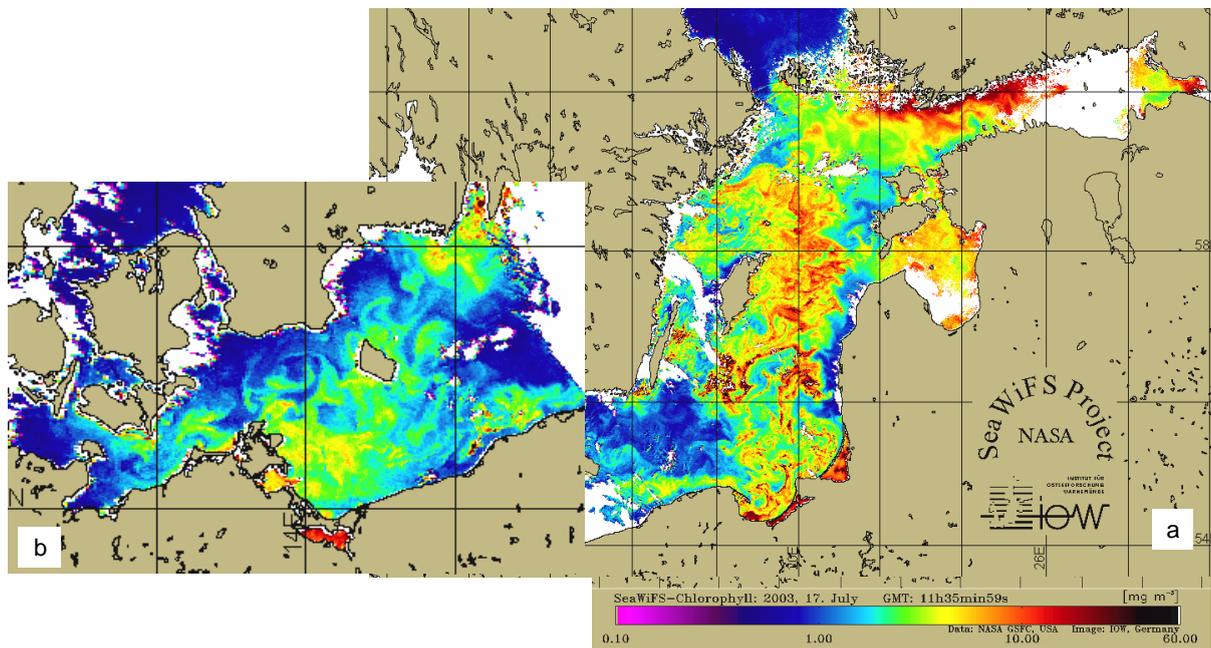


Abb. 2

Chlorophyllverteilung während der Cyanobakterienblüte im Sommer 2003 (SeaWiFS).

a: Eigentliche Ostsee am 17.7.03. b: Westliche Ostsee am 19.7.03

Fig. 2

Chlorophyll distribution, reflecting cyanobacterial blooms in summer 2003 (SeaWiFS).

a: Baltic proper on 17.7.03 b: Western Baltic on 19.7.03

4.1.2 Jahrgang von Artenzusammensetzung und Biomasse

Während Satellitendaten einen sehr guten synoptischen Überblick über die Phytoplanktonentwicklung geben, sind sie für die Angabe konkreter Biomassewerte zu ungenau. Darüber hinaus geben sie keine Informationen über die Artenzusammensetzung und über die Tiefenverteilung. Diese Informationen sind nur durch diskrete Probennahmen auf Schiffsfahrten mit anschließender mikroskopischer Auswertung zu gewinnen. Die Ergebnisse der mikroskopischen Analysen sollen in diesem Kapitel dargestellt werden. Dabei beschränken wir uns aus Gründen der Übersichtlichkeit weitgehend auf die Proben aus der Oberflächenschicht des Wassers: Mischproben aus 0-10 m entsprechend der HELCOM-Vorschrift oder Oberflächenproben (0-1 m Tiefe), die uns vom LANU Schleswig-Holstein zur Verfügung gestellt wurden und sich problemlos in die Dateireihe der Stationen 012 und 022 einreihen lassen (vgl. 0-10 m und 0 m Probe vom 14.10.03 in Abb. 3a).

In der Diskussion beschränken wir uns auf wenige ausgewählte Arten. Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Arten (nach Biomasse) sind für die einzelnen Seegebiete und Jahreszeiten in Tabelle 4 (Seite 28-30) zusammengestellt. Die komplette Phytoplankton-Artenliste des Jahres 2003, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Terminfahrten, ist in Tabelle 5 zu finden. Die Arten sind dort alphabetisch sortiert. Die Rangfolge der Arten nach ihrer Biomasse, gemittelt über alle Stationen und Fahrten des Jahres 2003, ist ebenfalls angegeben. Eine solche Rangfolge erschien uns nur sinnvoll bis zum Rang 70. Die Biomasse seltenerer Arten ist nur mit größerer Ungenauigkeit zu bestimmen und erlaubt keine Differenzierung mehr. Nützliche Informationen zur taxonomischen Zugehörigkeit der Arten finden sich ebenfalls in Tabelle 5.

Verwandte Arten haben oft ähnliche ökologische Ansprüche und können daher vereinfachend zu Gruppen zusammengefasst werden. Obwohl die Klasse ein hoher taxonomischer Rang ist, der durchaus ökologisch unterschiedliche Arten enthalten kann, hat sich die Abstraktion auf der Ebene der Klasse bewährt. Die Jahrgänge der Biomasse der wichtigsten Klassen des Phytoplanktons, wie Kieselalgen (= Bacillariophyceae, Diatomeen) und Dinoflagellaten (= Dinophyceae), sind in den Abb. 3-5 für die wesentlichen Stationen dargestellt. Dank der extern gewonnenen Zusatzproben konnte für die zentrale Mecklenburger Bucht und die Lübecker Bucht eine besonders gute zeitliche Auflösung erreicht werden. Bei den weniger intensiv beprobten Stationen besteht die Gefahr, dass kurzzeitige Massenvermehrungen des Phytoplanktons, die sogenannten „Blüten“, übersehen werden, wenn sie in den Zeitraum zwischen den Fahrten fallen. Darüber hinaus sind die wahren Spitzen der Phytoplanktonentwicklung selten zu treffen. Integrierende Informationen über die Intensität einer Algenentwicklung können aber aus der Nährstoffabnahme im Wasser gewonnen werden, die dem Biomassewachstum proportional sein sollte.

Wie schon in den Vorjahren, ist auch der photoautotrophe Ciliat *Mesodinium rubrum* zum Phytoplankton gezählt worden. Er gehört zwar nicht zu den Algen, betreibt aber wie diese Photosynthese und macht oft einen erheblichen Anteil an der Biomasse aus. Er wurde in den Berichten der Jahre 1998 und 1999 mit dem neueren Synonym *Myrionecta rubra* bezeichnet. Dieses scheint sich aber nicht durchzusetzen (pers. Mitteilung von Irina Olenina, Juni 2001), so dass wir jetzt wieder den geläufigen Namen *Mesodinium rubrum* verwenden. Entsprechend der besonderen Bedeutung dieses Ciliaten ist er auch in den Abb. 17-21 ab dem Jahre 1999 separat

berücksichtigt worden. Seine Biomasseentwicklung der Jahre 1998-2000 wurde von WASMUND et al. (2001) ausführlich dokumentiert.

Traditionsgemäß werden auch heterotrophe Arten (wie *Ebria tripartita* und *Protoperidinium* spp.) bei der Zählung erfasst. Wir haben sie in die Artenlisten (Tab. 4 und 5) einbezogen, aber nicht in die Phytoplankton-Biomasseangaben (Abb. 3-5 und 17-21).

Die *Aphanizomenon*-Art der eigentlichen Ostsee ist bis Mitte der 90er Jahre als *Aphanizomenon flos-aquae* bezeichnet worden. Sie unterscheidet sich phänotypisch aber von der Originalbeschreibung der Art *A. flos-aquae*. Deshalb ist sie provisorisch als *Aphanizomenon „baltica“* bezeichnet worden, solange keine gültige Artbeschreibung vorliegt. Dieses ist aber nur ein Arbeitsname; die taxonomisch richtige Bezeichnung ist in diesem Falle *Aphanizomenon* sp. Bei den Arbeiten zur gültigen Neubeschreibung dieser Art durch mehrere Wissenschaftler stellte sich aber kürzlich heraus, dass sie genotypisch von der eigentlichen Süßwasserart *A. flos-aquae* nicht verschieden ist (LAAMANEN et al. 2002). Wir könnten die Ostseeart also wieder *A. flos-aquae* nennen, bleiben vorläufig aber noch bei der in den letzten Jahren auch international verwendeten Bezeichnung *Aphanizomenon* sp.

Aus unseren langjährigen Datenreihen wissen wir, dass im Untersuchungsgebiet jährlich drei markante Blüten (Frühjahrsblüte, Sommerblüte, Herbstblüte) vorkommen, die oft noch in Phasen unterschiedlicher Artensukzession unterteilt werden können. Da sich Verlauf und Artenzusammensetzung der Blüten in den verschiedenen Seegebieten unterscheiden, sollen die Seegebiete separat behandelt werden.

4.1.2.1 Mecklenburger Bucht (einschl. Lübecker Bucht)

Winter und Frühjahr

Wie in den Vorjahren ist auch im Jahre 2003 die westlichen Ostsee, insbesondere die Lübecker Bucht, der Bereich des Untersuchungsgebietes, in dem die Phytoplanktonentwicklung beginnt (vgl. Kap. 4.1.1). Während die Frühjahrsblüte im Jahre 2002 erst im März begann, war sie im Jahre 2003 in der Mecklenburger Bucht bereits im Februar zu verzeichnen. In beiden Jahren war der Februar überdurchschnittlich sonnenreich. Ein Unterschied der beiden Jahre bestand jedoch darin, dass sich die Wassersäule im Jahre 2002 relativ spät stabilisierte (vgl. Abb. 6 und 17 in Nausch et al. 2003). Dagegen erhielt die Wassersäule durch den Einstrom salzreichen Bodenwassers im Januar 2003 eine starke Schichtung, was sich in deutlichen Temperatur- und Salzunterschieden zwischen 7 und 19 m Tiefe an der automatischen Meßstation Darßer Schwelle zeigt (Abb. 6 in NAUSCH et al. 2004). Dadurch sind die in der flachen Deckschicht zirkulierenden Algen länger dem Licht ausgesetzt und können bereits früher ein Netto-Wachstum erreichen, das zur Blüte führt (WASMUND et al. 1998 b).

Der Zeitpunkt des Algenwachstums läßt sich auch aus dem Verbrauch der Nährstoffe in der euphotischen Zone des Wasserkörpers ableiten. Im Jahre 2002 hatten die Nährstoffe in der Mecklenburger Bucht bis Mitte Februar noch nicht abgenommen, was dafür spricht, dass noch kein signifikantes Algenwachstum stattgefunden hat. Im Jahre 2003 wurden vom 9.2. zum 19.2. von den Winter-Konzentrationen des Stickstoff und des Phosphor bereits rund 1/3 an Station 012 und rund

1/5 an Station 046 verbraucht (Tab. 3). Ein ähnlicher Nährstoffrückgang ist auch an Station O22 zu erwarten, wo am 19.2.03 keine Messungen gemacht wurden. Offensichtlich hat die Phytoplanktonentwicklung in der Mecklenburger Bucht bereits in der ersten Februarhälfte eingesetzt. Eine derartig frühe Blüte ist ungewöhnlich und soll in Kapitel 5.1 diskutiert werden. Erstaunlich ist, dass Silikat kaum abgenommen hat, obwohl die Frühjahrsblüte fast ausschließlich aus Kieselalgen bestand (Abb. 3), die Silizium zum Wachstum benötigen. Offensichtlich ist das Wachstum in dieser Periode geringer als es die Stickstoff- und Phosphatabnahme vermuten läßt, da die jungen Algen diese Nährstoffe erst mal begierig aufnehmen und speichern, solange sie noch vorhanden sind („luxury uptake“). Die Silikatabnahme dürfte dann mit dem tatsächlichen Kieselalgenwachstum Schritt halten. So finden wir den mikroskopisch bestimmten Biomasse-Maximum an Station 012 und O22 erst am 25.2.03 (Abb. 3 a, b). Auch die Satellitenbilder zeigten zu dieser Zeit bereits erhöhte Chlorophyll-Konzentrationen (Kap. 4.1.1). Das tatsächliche Maximum dürfte noch später liegen, denn es waren am 19.2.03 noch erhebliche Nährstoffmengen vorhanden. Die an Station O22 am 25.2.03 gemessene Biomasse könnte nahe dem Maximum liegen, dürfte sich aber noch verdoppeln können (vgl. WASMUND et al. 2002). An den Stationen 012 und 046 wurde das Maximum eindeutig verpasst. Da die Nährstoffe (einschließlich Silikat) bis zum 21./22.3.03 aufgezehrt waren, sollte die Entwicklung spätestens zu diesem Zeitpunkt abgeschlossen sein. Das am 21.3.03 an Station 046 gefundene „Maximum“ ist weit vom realen Frühjahrs-Höchstwert entfernt und dürfte bereits die Absterbephase der Kieselalgenblüte darstellen. Auch die Satellitendaten zeigen ab Mitte März einen Rückgang der Chlorophyll-Konzentrationen an. Die Kieselalgen werden abgelöst durch Dinoflagellaten (Abb. 3 c), die zum 31.3.03 dominant wurden. Dinoflagellaten kommen mit geringeren Nährstoffkonzentrationen aus und können durch ihr Wanderungsverhalten die noch unterhalb der euphotischen Zone vorhandenen Nährstoffe nutzen. Außerdem sind viele zu mixotropher Ernährung befähigt. Die obligatorisch heterotrophen Dinoflagellatenarten sind in den Grafiken (Abb. 3 ff.) schon nicht berücksichtigt.

Die Ablösung der Kieselalgen durch Dinoflagellaten innerhalb der Frühjahrsblüte wurde in der zentralen Mecklenburger Bucht bis 1999 allgemein beobachtet, in den Jahren 2000-2002 aber nicht mehr. Das könnte an zu weitabständiger Probennahme liegen, aber ab 2001 wird gerade die Station 012 intensiv beprobt. Jedenfalls sind die Dinoflagellaten im Jahre 2003 in der zweiten Phase der Frühjahrsblüte wieder vertreten. Wie in den Vorjahren, wurde die Kieselalgenblüte von *Skeletonema costatum* dominiert. Die in den Jahren 2001 und 2002 nach der Kieselalgenblüte häufige Chrysophyceae *Dictyocha speculum* war Anfang Mai 2003 dominant. Sie trat wieder als „nackte“ Form, also ohne Kieselskelett auf. Der im Jahre 1999 stark aufgekommene Ciliat *Mesodinium rubrum* ist nicht mehr so stark präsent. Ebenso konnte das in den Jahren 1997 und 2000 beobachtete, für die Mecklenburger Bucht ungewöhnliche Auftreten des Dinoflagellaten *Peridiniella catenata* sowie der am 3.5.2002 auf Station 046 dominante Dinoflagellat *Dinophysis baltica* in 2003 nicht bestätigt werden. Eine Übersicht der wichtigsten Arten des Frühjahrs 2003 ist in Tabelle 4 (Seite 28-30) zusammengestellt.

Tab. 3

Mittlere Nährstoffkonzentrationen (in mmol m^{-3}) in 0-5 m Wassertiefe an den genannten Stationen in der Periode der Frühjahrsblüte (Nausch, unveröff.). N = $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$, P = PO_4 .

Table 3

Mean nutrient concentrations (mmol m^{-3}) at 0-5 m water depth at five stations in the period of the spring bloom (Nausch, unpubl). N = $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$, P = PO_4 .

Datum	Stat. 012			Stat. 046			Stat. 113			Stat. 213			Stat. 259		
	N	P	Si												
9.-12.2.03	6,27	0,62	13,7	5,07	0,56	13,8	4,86	0,54	13,9	3,67	0,56	13,0	3,42	0,56	12,7
16.-19.2.03	4,16	0,49	13,3	4,04	0,45	13,4	3,58	0,42	13,3	3,43	0,55	13,3	3,39	0,57	13,4
21.-26.3.03	0,01	0,02	0,8	0,07	0,04	1,1	0,02	0,06	3,0	0,02	0,23	9,5	1,88	0,48	12,1
30.-31.3.03	0,02	0,01	1,0	0,01	0,05	1,1	0	0,05	1,9	0,01	0,17	8,8	0,67	0,38	11,1

Sommer

Das sommerliche Biomasseminimum wurde Anfang Juni gefunden, mit unbestimmten Mikroalgen (2-5 μm) sowie *Ceratium tripos* und *Dictyocha speculum*. Bis zum 1.7.2003 hatte sich an den Stationen 012 und O22 eine Blüte von großen Kieselalgen gebildet. Die schon in den vergangenen Jahren im Sommer dominierende Art *Dactyliosolen fragilissimus* war Anfang Juli 2003 nur subdominant. Die höchste Biomasse hatte am 1.7.03 *Guinardia flaccida* mit 2504 mg m^{-3} an Station 012 und 1019 mg m^{-3} an Station O22. Zum 24.7.03 ging deren Biomasse an Station 012 in den oberen 10 m der Wassersäule zurück, während sie in 15 m Tiefe eine Biomasse von 10095 mg m^{-3} aufwies. Auch an Station 046 war *Guinardia flaccida* am 25.7. in 15 m Tiefe mit 1505 mg m^{-3} die dominierende Art, während sie in den oberen 10 m fast nicht auftrat. Dort fand sich eine vielfältige Gemeinschaft mit *Nodularia spumigena*, *Prorocentrum minimum*, *Ceratium tripos* und *Teleaulax* sp. Selbst am 2.8.03 dominierte *Guinardia flaccida* in 20 m Tiefe an Station 046 noch deutlich, während in den oberen 10 m *Prorocentrum minimum*, *Nodularia spumigena* und *Ceratium tripos* die höchsten Biomassen stellten. An Station 012 waren die Kieselalgen *Dactyliosolen fragilissimus*, *Proboscia alata* und *Guinardia flaccida* dominant, während in 15 m Tiefe *Ceratium tripos* mit 773 mg m^{-3} dominierte. Die Koexistenz von Dinoflagellaten (*Ceratium* spp.) und Kieselalgen (*Dactyliosolen fragilissimus*) setzte sich über den September bis in den Herbst fort.

Die typische Sommer-Kieselalge *Dactyliosolen fragilissimus* scheint ihren Entwicklungsschwerpunkt im Juni und Juli zu haben. Die *Dactyliosolen*-Blüte trat im Jahre 1998 im Juni und Juli auf. Dasselbe kann trotz schlechter Datenlage auch für 1999 vermutet werden. Im Jahre 2000 wurde sie an Station O22 Ende Juli nachgewiesen. Im Jahre 2001 hatte sie ihren Höhepunkt auf Station 012 mit 4253 mg m^{-3} erst Mitte August erreicht. Im Jahre 2002 trat sie von Ende Juni bis Ende Juli auf (26.7.02, Station 012: 3639 mg m^{-3}). Im Sommer 2003 wurde *Dactyliosolen fragilissimus* offensichtlich durch *Guinardia flaccida* verdrängt, konnte ihr Maximum aber trotzdem am 24.7.03

an Station O22 mit 1094 mg m^{-3} und am 2.8.03 an Station 012 mit 353 mg m^{-3} erreichen, hielt sich aber noch gut bis Anfang September. Es muß berücksichtigt werden, daß diese großzelligen Kieselalgenarten bei Betrachtung der Biomasse (Frischmasse) unverhältnismäßig überbewertet werden. Wegen ihrer großen Vakuole ist die aktive Protoplasmabiomasse, also auch ihr organischer Kohlenstoffgehalt wesentlich kleiner als die Biomasse. Kleinere Arten wie die schmale *Proboscia alata* werden dagegen wesentlich realistischer bewertet und haben zeitweise einen höheren C-Gehalt als die sehr voluminösen Arten.

Diazotrophe (N_2 -fixierende) Cyanobakterien (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp., *Anabaena* sp.) sind in den Proben aus der Mecklenburger Bucht im allgemeinen unbedeutend (vgl. Abb. 3), da ihr Entwicklungsschwerpunkt in der eigentlichen Ostsee liegt (vgl. Abb. 24 b). Trotzdem wurden die mecklenburgischen und holsteinischen Küsten Anfang August von angedrifteten Blaualgentepichen beeinträchtigt. Das Cyanobakterienproblem ist aber eher in der Arkonasee relevant und wird dort diskutiert (Kap. 4.1.2.2).

Herbst

Der Herbst wird wiederum durch starkes Algenwachstum geprägt, das zu einer Herbstblüte führt. Bei hohen Salzgehalten, also in der westlichen und zentralen Mecklenburger Bucht dominiert im allgemeinen die Dinoflagellaten-Gattung *Ceratium*, die sich seit Sommer kontinuierlich entwickelt, da sie möglicherweise durch ihre Zellgröße und bizarre Zellform dem Fraßdruck entgeht. Den zweiten wesentlichen Bestandteil der Herbstblüte stellen die Kieselalgen dar. Ihre Artenzusammensetzung ist stärkeren Schwankungen unterworfen. Die noch im Sommer dominanten Arten *Guinardia flaccida* und *Dactyliosolen fragilissimus* werden durch *Proboscia alata* verdrängt, eine Art, die ebenfalls bereits im Sommer ihre Entwicklung begann. Sie brachte es am 14.10.03 auf Biomassen um 2000 mg m^{-3} in den oberen 10 m an den Stationen 012 und O22, sowohl in den Mischproben des IOW als auch in den von der Oberfläche genommenen Proben des LANU Schleswig-Holstein, nahm zum 25.10.03 an Station 012 aber auf 245 mg m^{-3} ab. Der im Herbst 2002 gut entwickelte Dinoflagellat *Prorocentrum minimum* war im Jahre 2003 unbedeutend. Die in der eigentlichen Ostsee dominante typische Herbst-Kieselalge *Coscinodiscus granii* kam im Bereich der Mecklenburger Bucht nur an Station 046 vor (am 15.10.03: 41 mg m^{-3} , am 25.10.03: 166 mg m^{-3}). Auch die toxische Kieselalgenart *Pseudo-nitzschia* ist erwähnenswert, die mit Biomassen um 50 mg m^{-3} am 13/14.10.03 im Oberflächenwasser der Lübecker Bucht und der zentralen Mecklenburger Bucht auftrat. Sie hatte im Jahre 1999 eine beeindruckende Blüte gebildet. Die Kieselalge *Cerataulina pelagica* war im Spätherbst 2002 bedeutsam, aber nicht in 2003 (Station O22: am 14.10.03 50 mg m^{-3} , am 11.11.03 31 mg m^{-3} ; Station 012: am 14.10.03 38 mg m^{-3}).

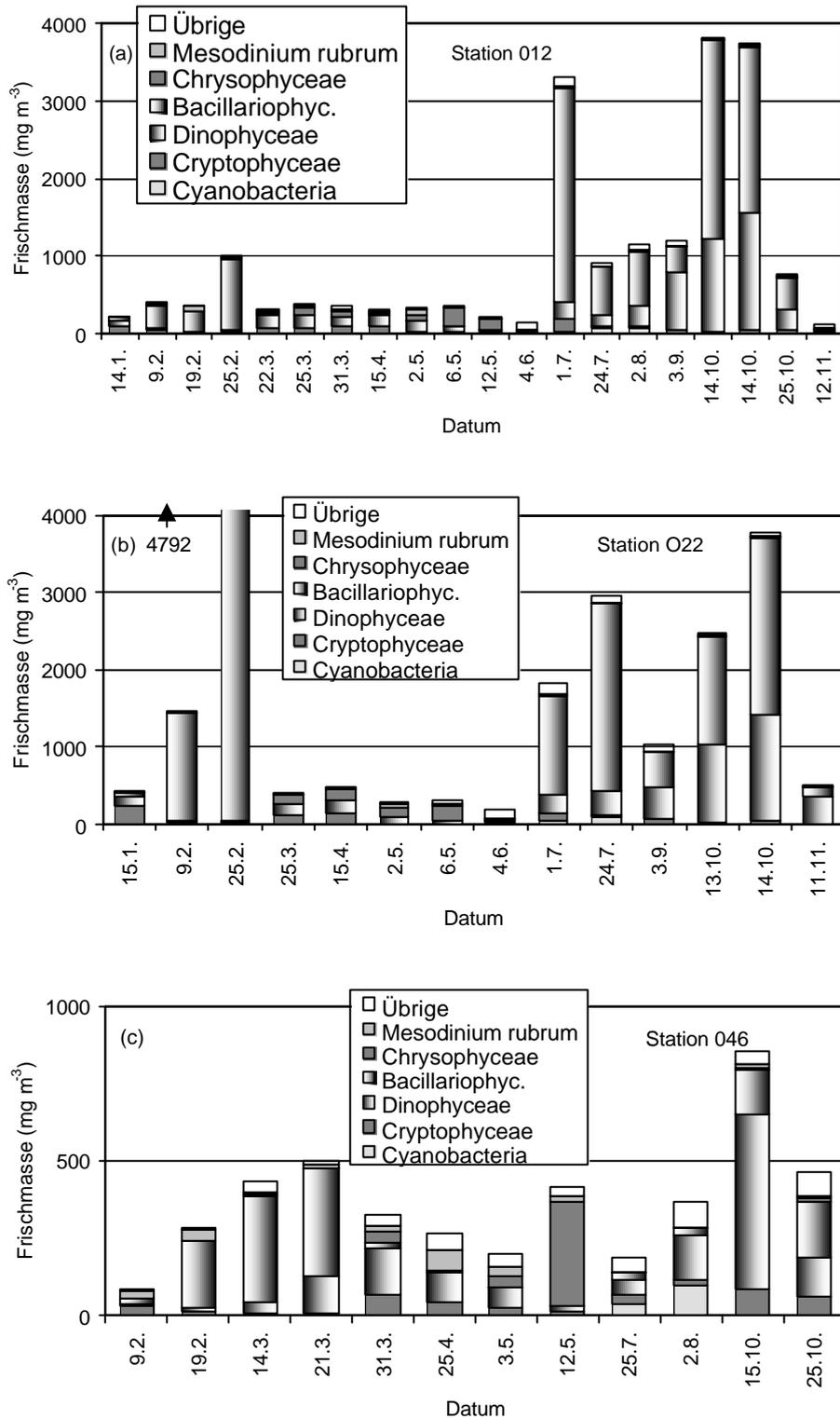


Abb. 3

Jahresgang 2003 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der zentralen Mecklenburger Bucht (a), der Lübecker Bucht (b) und der östlichen Mecklenburger Bucht (c)

Fig. 3

Seasonal variation of phytoplankton wet weight, splitted into main taxonomical groups, in the central Mecklenburg Bight (a), Lübeck Bight (b) and eastern Mecklenburg Bight (c) in 2003

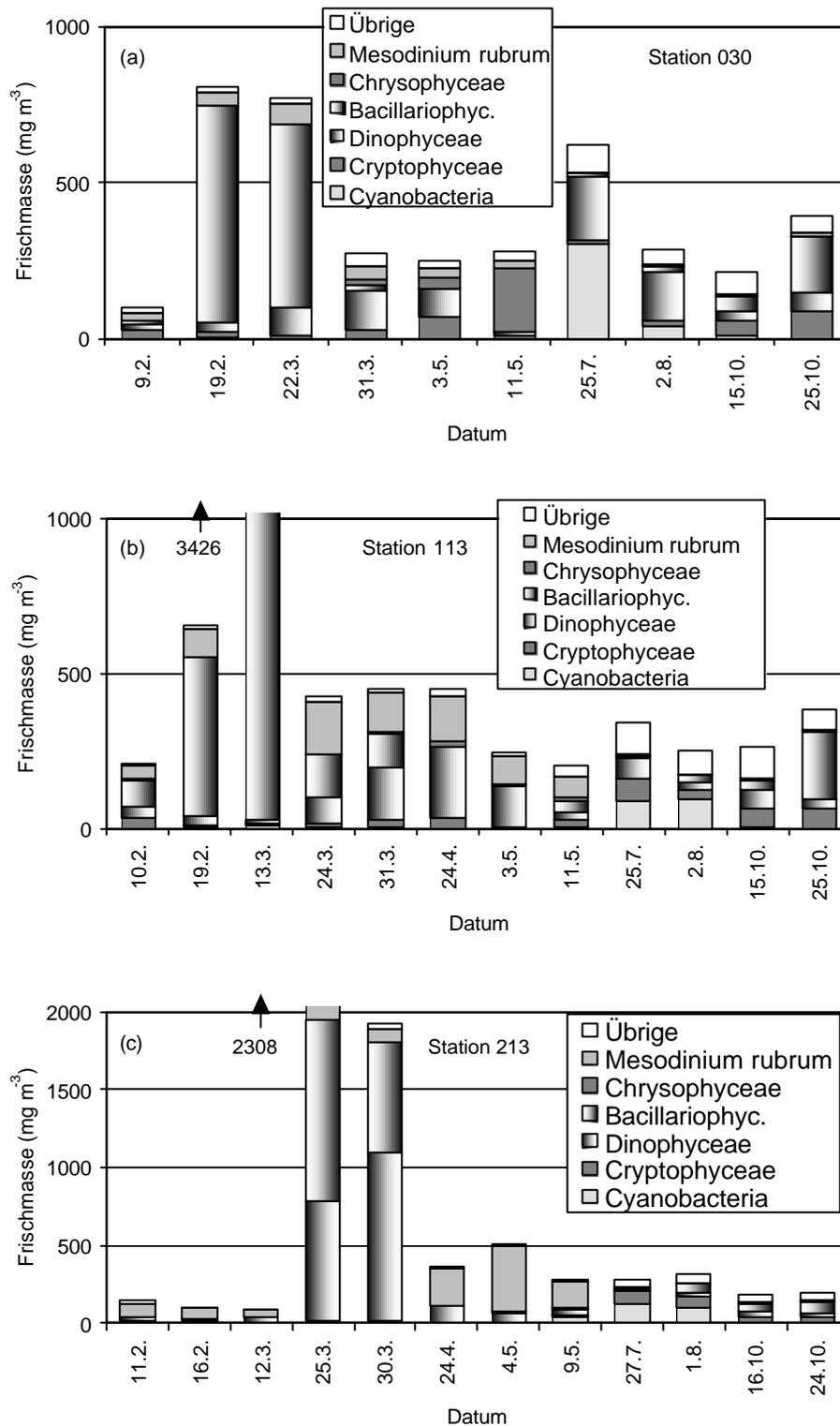


Abb. 4

Jahresgang 2003 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der westlichen (a) und zentralen (b) Arkonasee sowie der Bornholmsee (c)

Fig. 4

Seasonal variation of phytoplankton wet weight, splitted into main taxonomical groups, in the western Arkona Sea (a), central Arkona Sea (b) and Bornholm Sea (c) in 2003

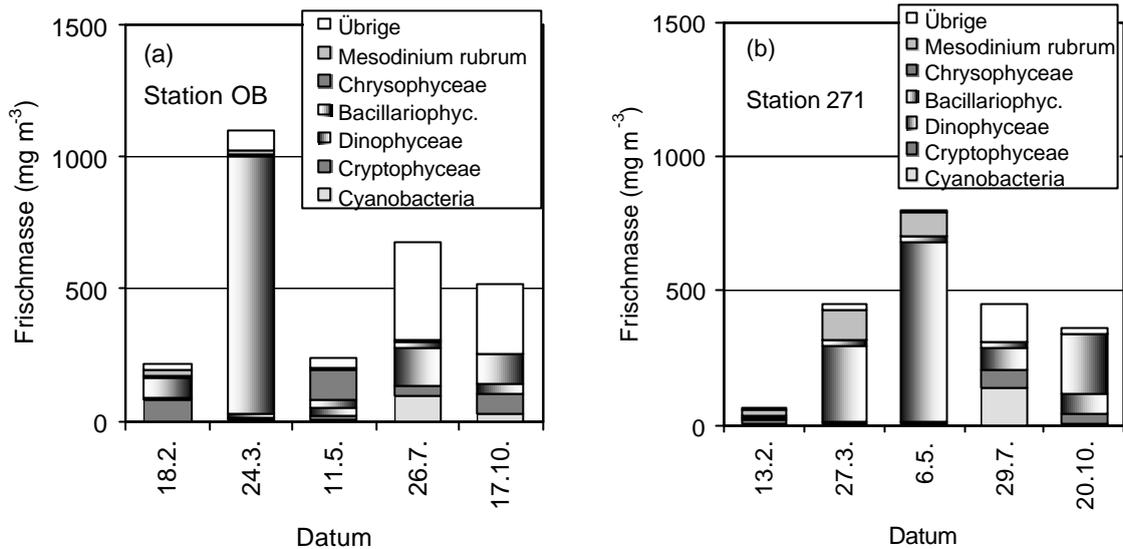


Abb. 5

Jahresgang 2003 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Pommerschen Bucht (a) und der östlichen Gotlandsee (b)

Fig. 5

Seasonal variation of phytoplankton wet weight, splitted into main taxonomical groups, in the Pomeranian Bight (a) and the eastern Gotland Sea (b) in 2003

4.1.2.2 Arkonasee

In der Arkonasee wurden eine westliche Station nahe der Darßer Schwelle (Stat. 030, Abb. 4a) und eine zentrale Station (Stat. 113, Abb. 4b) untersucht. Die nur fünfmal beprobte östlichere Station 109 ist hier nicht dargestellt worden.

Winter und Frühjahr

Wie in der Mecklenburger Bucht zeigt die Nährstoffabnahme vom 10.2. zum 19.2.03 (Tab. 3) bereits ein außergewöhnlich frühes Algenwachstum an. Auch hier nahm merkwürdigerweise die Silikatkonzentration noch kaum ab, obwohl Kieselalgen gewachsen waren. Das Maximum der Blüte wurde an Station 113 aber erst am 13.3.03 gemessen. Bis zu dieser Zeit waren die Nährstoffe (einschl. Silikat) fast erschöpft. Das Phytoplankton wurde von *Skeletonema costatum* dominiert (im Maximum 2294 mg m^{-3}), während *Thalassiosira* sp. nur 230 mg m^{-3} und *Mesodinium rubrum* nur 91 mg m^{-3} ausmachte. Die hohe Biomasse von *Attheya decora* (912 mg m^{-3}) kommt durch nur 2 gezählte große Individuen zustande und sollte deshalb nicht überbewertet werden.

Während am 22.3.03 an Station 030 noch 493 mg m^{-3} *Skeletonema costatum* vorhanden waren, war diese Art zum 24.3.03 an den Stationen 109 und 113 bereits komplett aus der Deckschicht verschwunden und fand sich an Station 113 in 30 m Tiefe mit 796 mg m^{-3} . An Station 109 hatte sich *Thalassiosira* sp. am 24.3.03 noch gut gehalten (0-10 m: 197 mg m^{-3} , 20 m: 148 mg m^{-3}). Es

kam Ende März zu der erwarteten Entwicklung von meist unbestimmten Dinoflagellaten, an den östlichen Stationen 113 und 109 auch *Mesodinium rubrum*. Diese beiden Gruppen hatten die Kieselalgen an Station 113 bis zum 3.5.03 komplett verdrängt. An Station 030 waren zu diesem Termin auch Cryptophyceen (*Plagioselmis prolunga*, *Teleaulax* sp.) und die Chrysophyceen *Dictyocha speculum* signifikant vertreten. Letztere entwickelte sich innerhalb der nächsten Woche stark, wie auch auf den Stationen der Mecklenburger Bucht. Die Station 113 ähnelte im Mai mit der Dominanz von *Mesodinium rubrum* dagegen eher der Bornholmsee. Die östlichere Station 109 war der Bornholmsee (Station 213) schon im Hinblick auf die schwächere Kieselalgenentwicklung noch ähnlicher. An beiden Stationen verringerte sich die Silikatkonzentration der Deckschicht von Mitte Februar bis zum 24./25.3. nur von rund 13.3 auf 9.5 mmol m⁻³. Es ist auch das gleichzeitige Auftreten von *Chaetoceros wighamii* und *Dinobryon balticum* an den Stationen 113 und 109 am 10.-11.5.03 erwähnenswert.

Die Satellitenbilder unterstützen unsere Befunde zum Blütenverlauf (Kap. 4.1.1). Sie zeigten schon in der letzten Februardekade ein Band erhöhter Chlorophyllkonzentration von der Pommerschen Bucht bis in die Arkonasee. Das Maximum in der Arkona See wurde vom 16.-18.3.03 festgestellt. Ab 21.3.03 verringerten sich die Phytoplanktonkonzentrationen.

Sommer

Die im Sommer für die eigentliche Ostsee typische Cyanobakterienblüte entwickelte sich ab Anfang Juli 2003. Ein Satellitenbild vom 12.7.03 zeigte in der südlichen Arkonasee bereits Hinweise auf eine Cyanobakterienentwicklung. Während der Terminfahrt wurde in der Arkonasee und der nördlichen Bornholmsee (25.-27.7.03) eine schwache Blüte von *Aphanizomenon* sp. und *Nodularia spumigena* beobachtet. Auf der Rückreise (2.8.03) erschien die Blüte bei Windgeschwindigkeiten um 3 m/s als schmutzig-gelbbraune Flecken auf der Wasseroberfläche. In den folgenden Tagen suchte die Cyanobakterienblüte verschiedene Küstenstreifen Schleswig-Holsteins und Mecklenburg-Vorpommerns heim, so daß in Heiligenhafen, auf Usedom und Hiddensee zeitweilig Badeverbot verhängt werden mußte (SPIEGEL online, 7.8.03).

Zur Zeit der Cyanobakterienblüte war allerdings der kleine Dinoflagellat *Prorocentrum minimum* an Station 030 dominant und an Station 113 und 109 nach den Cyanobakterienarten subdominant. An Station 113 und 109 ist auch *Chaetoceros impressus* erwähnenswert, an Station 113 diverse Cryptophyceen und an Station 030 in 20 m Tiefe *Proboscia alata* und *Guinardia flaccida*.

Herbst

Im Gegensatz zur Mecklenburger Bucht war in der Arkonasee im Oktober 2003 keine Blüte festzustellen. Am 15./18.10.03 konnte an den Stationen 030, 113 und 109 ein vielfältiges Herbstplankton festgestellt werden, mit *Coscinodiscus granii*, *Teleaulax* sp., *Heterocapsa rotundata*, *Plagioselmis prolunga*, und *Ebria tripartita*. *Ceratium*-Arten traten nur auf den beiden westlichen Stationen auf. *Coscinodiscus granii* nahm zum 25.10.03 noch kräftig zu, an Station 113 auf 248 mg m⁻³.

4.1.2.3 Pommersche Bucht

Die Pommersche Bucht ist stark durch Einträge aus dem Oderhaff und dem Greifswalder Bodden geprägt. Deshalb kann man hier selten die im Jahre 2001 gefundene klassisch ausgeprägte Frühjahrsblüte nachweisen. Aus Satellitenbildern konnten erste Anzeichen erhöhter Chlorophyllkonzentrationen bereits vom 22.-26.2.2003 beobachtet werden, die von der Pommerschen Bucht bis in die Arkona See reichten. Unsere Probe vom 24.3.2003, in der die Kieselalge *Achnanthes taeniata* dominierte, stellte offensichtlich schon das Endstadium der Frühjahrsblüte dar. Das wird durch die Nährstoffproben bestätigt, die zu dem Zeitpunkt Phosphatmangel anzeigten. Auch Silikat war fast bis auf Null gesunken, allerdings nur im Bodenwasser (13,7 m Tiefe), während im Oberflächenwasser noch $10,3 \text{ mmol m}^{-3}$ vorhanden waren. Der noch reichlich vorhandene anorganische Stickstoff spricht für landseitige Einträge. Am 11.5.03 waren fast keine Kieselalgen mehr vorhanden und es dominierte der kleine Flagellat *Pseudopedinella* sp.

Zum 26.7.03 hat sich das Nährstoffgefüge verändert: Die Nitratkonzentration im Oberflächenwasser war auf Null gesunken, während die Phosphat- und Silikatkonzentrationen auf 0,6 bzw. 28 mmol m^{-3} gestiegen waren. Offensichtlich verschiebt sich die Phosphorlimitation des Frühjahrs zum Sommer hin in eine Stickstofflimitation. Dieses Phänomen wurde bereits von WASMUND et al. (2000 b) erkannt und auch in den vergangenen Jahren beobachtet. Die N-Limitation führt eigenartigerweise aber nicht zu einem entsprechenden Wachstum stickstofffixierender Cyanobakterien. *Aphanizomenon* sp. und *Nodularia spumigena* machten nur 48 mg m^{-3} aus. Neben unbestimmten μ -Algen war *Prorocentrum minimum* die dominierende Art.

Die sonst übliche Kieselalgen-Herbstblüte war in der Probe vom 17.10.03 nur ansatzweise zu erkennen. Zumindest trat das sonst dominierende *Coscinodiscus granii* nun hinter *Actinocyclus* sp. (wahrscheinlich *Actinocyclus octonarius*) zurück. Die Begleitarten sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

4.1.2.4 Bornholmsee

Winter und Frühjahr

In der Bornholmsee (Stat. 213, Abb. 4c) hat sich im Gegensatz zur Arkonasee offensichtlich bis zum 12.3.03 noch kein Algenwachstum eingestellt. Zumindest zum 16.2.03 zeigen die Nährstoffdaten (Tab. 3) keinen signifikanten Rückgang, während ein solcher in den westlichen Ostseebereichen bereits stattfand. Offensichtlich ist der für einen kalten Winter erwartete Mechanismus zur Verzögerung des Blütebeginns (WASMUND et al. 1998 b) noch intakt. Bis zum 25.3.03 hatte sich die Blüte entwickelt und den gelösten anorganischen Stickstoff fast komplett aufgebraucht. Interessant ist, dass die Frühjahrsblüte in der Bornholmsee nun das dritte Jahr in Folge wieder von Kieselalgen (*Skeletonema costatum*) dominiert wurde. Sie wird begleitet von größtenteils unbestimmten Dinoflagellaten und *Mesodinium rubrum*. Zum 24.4.03 waren die Kieselalgen komplett verschwunden und es entwickelten sich die erwarteten *Peridiniella catenata* und *Mesodinium rubrum*. Am 9.5.03 begann bereits die Entwicklung von *Aphanizomenon* sp.

Sommer und Herbst

Während der Sommerfahrt des Jahres 2003 trat in der Bornholmsee eine geringe Cyanobakterienblüte nur in deren nördlichem Teil auf. In der zentralen Bornholmsee (Stat. 213) stellten die Cyanobakterien zwar die dominante Gruppe dar, waren in ihrer Biomasse allerdings gering. Neben den Cyanobakterien traten hauptsächlich Cryptophyceen (*Plagioselmis prolonga*), *Chaetoceros impressus* sowie die an *Nodularia* angehefteten Kieselalgen *Nitzschia paleacea* auf.

Am 16.10. und 24.10.03 dominierte *Coscinodiscus granii*, allerdings mit der geringen Biomasse von 19-52 mg m⁻³. Damit konnten die in manchen Jahren gefundenen hohen Biomassen dieser Art im Jahre 2003 nicht nachgewiesen werden.

4.1.2.5 Gotlandsee

Die Gotlandsee ist kein einheitliches Seegebiet. Es lässt sich zumindest die westliche von der östlichen Gotlandsee abtrennen. In der westlichen Gotlandsee (westlich der Insel Gotland) wird vom IOW kein biologisches Monitoring durchgeführt. Auch im nördliche Teil der Gotlandsee, oft als "nördliche eigentliche Ostsee" separat behandelt, gibt es keine Biologie-Stationen. Im Süden stellt die Danziger Bucht ein eigenständiges Seegebiet dar. Die Station 259, die im südlichen Teil des östlichen Gotlandbeckens liegt, könnte nach HELCOM-Nomenklatur mit der Bornholmsee und der Arkonasee zur „südlichen eigentlichen Ostsee“ zusammengefasst werden. Vorerst wird die Station 259 aber gemeinsam mit der Station 271 behandelt. Letztere wird als repräsentative Station für die östliche Gotlandsee angesehen. Hier werden in Abb. 5 b nur die Ergebnisse von Station 271 grafisch dargestellt.

Winter und Frühjahr

Mitte Februar zeigte das Phytoplankton an den Stationen 259 und 271 noch geringe Biomassen, und die Nährstoff-Konzentrationen waren noch nicht reduziert. Erst zum 26./27.3.03 hatte es ein Algenwachstum auf eine Biomasse von 416-452 mg m⁻³ gegeben, das den anorganischen Stickstoff an Station 259 auf fast die Hälfte, an Station 271 aber erst um 1/7 reduziert hatte. Offensichtlich was das Wachstum an Station 271 gegenüber Station 259 noch etwas verzögert. Aber auch die Station 259 hatte Nachholbedarf gegenüber der Station 213, wie aus Tab.3 zu vermuten ist. Auch bezüglich der Artenzusammensetzung nimmt die Station 259 eine Mittelstellung zwischen den Stationen 213 und 271 ein. Am 26.3.03 zeichnete sich Station 259 wie Station 213 durch Kieselalgendominanz aus, mit 255 mg m⁻³ Kieselalgen (*Thalassiosira* sp, *Chaetoceros wighamii*, *Skeletonema costatum*). An Station 271 dominierten dagegen meist unbestimmte Dinoflagellaten sowie *Peridiniella catenata*. Damit ähnelt die Situation dem Jahre 2002. Erst bei den Proben vom 5./6.5.03 glichen sich die Stationen 259 und 271 an, indem beide eine deutliche Dinoflagellatendominanz (*Peridiniella catenata*) und einen erheblichen Beitrag von *Mesodinium rubrum* bei einer Phytoplankton-Biomasse von 800-848 mg m⁻³ aufwiesen. Das im Vorjahr dominante *Actinocyclus* sp. trat nicht mehr auf, weder in der Oberflächenprobe noch in der Tiefenprobe.

Wir können also feststellen, daß die in der westlichen Ostsee beobachtete Vorverlagerung der Frühjahrsblüte in der östlichen Gotlandsee nicht zu beobachten war. Mindestens in den 4

vorangegangenen Jahren war der Beginn der Phytoplanktonblüte Ende März/Anfang April nachzuweisen. Zumindest an Station 271 wird die Blüte nicht wesentlich früher begonnen haben. Die Nährstoffreserven lassen einen Höhepunkt der Blüte erst Mitte April erwarten. Zu dem Zeitpunkt wurde die Blüte auch in Satellitenaufnahmen nachgewiesen. Interessant ist das Wiedererscheinen von Kieselalgen an Station 259, das allerdings wohl noch schwach ist, wie der geringe Silikatverbrauch vom 16.2. zum 5.5.03 von $2,4 \text{ mmol m}^{-3}$ vermuten läßt. Aber auch an Station 271 läßt ein Absinken der Silikatkonzentrationen vom 27.3. zum 6.5.03 um $1,2 \text{ mmol m}^{-3}$ auf ein geringes Kieselalgenwachstum schließen.

Sommer und Herbst

Wie in Kap. 4.1.1 dargestellt, hatte sich die Entwicklung der Cyanobakterienblüte von Norden her zum 7.7.03 bis in die östliche Gotlandsee vorgeschoben. Während der Monitoringfahrt wurden starke Cyanobakterienblüten sowohl in der westlichen (28.7.03) als auch in der östlichen (29.7.03) Gotlandsee beobachtet. Die addierte Biomasse von *Aphanizomenon* sp. und *Nodularia spumigena* ist in den Mischproben erfahrungsgemäß allerdings gering. Sie betrug an Station 271 (29.7.03) 134 mg m^{-3} und an Station 259 (31.7.02) nur 67 mg m^{-3} . Wichtige Begleitarten sind der Tabelle 4 zu entnehmen. Die erwartete Herbstblüte von *Coscinodiscus granii* war an Station 271 mit nur 217 mg m^{-3} schwach und an Station 259 mit 174 mg m^{-3} noch weniger entwickelt (wie schon in 2001 und 2002).

Tab. 4

Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Arten (in Prozent der Phytoplankton-Biomasse) in den oberen 10 m der Wassersäule im Frühjahr, Sommer und Herbst 2003 in den verschiedenen Seegebieten, einschl. heterotropher Algen (wie *Ebria tripartita* und *Protoperidinium* sp.). Fortsetz. auf Seite 29 !

Table 4

Percentage of wet weight of the 10 most abundant phytoplankton species in the upper 10 m, separated for seasons and sea areas, in 2003. Heterotrophic algae included. Continued on page 29 !

Frühjahr (Febr.-Mai)	(%)	Sommer (Juni-Sept.)	(%)	Herbst (Okt.-Dez.)	(%)
Lübecker Bucht (Stat. O22)					
<i>Skeletonema costatum</i>	69.5	<i>Guinardia flaccida</i>	34.6	<i>Proboscia alata</i>	49.1
<i>Pseudopedinella</i> sp.	4.1	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	26.7	<i>Ceratium tripos</i>	21.2
<i>Dictyocha speculum</i>	3.8	<i>Ceratium tripos</i>	9.4	<i>Ceratium fusus</i>	12.3
<i>Rhizosolenia setigera</i>	3.7	<i>Proboscia alata</i>	5.2	<i>Cerataulina pelagica</i>	1.4
<i>Teleaulax</i> spp.	2.9	<i>Ceratium fusus</i>	1.9	<i>Prorocentrum micans</i>	1.4
<i>Thalassiosira</i> sp.	2.1	<i>Plagioselmis prolunga</i>	1.5	<i>Ceratium lineatum</i>	1.3
<i>Thalassiosira angustelineata</i>	2.0	<i>Anabaena</i> spp.	1.3	<i>Thalassiosira</i> sp.	1.2
<i>Plagioselmis prolunga</i>	1.9	<i>Cerataulina pelagica</i>	1.2	<i>Protoperidinium</i> spp.	1.2
<i>Mesodinium rubrum</i>	1.7	<i>Phacus</i> spp.	0.8	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>seriata</i>	1.2
<i>Protoperidinium</i> spp.	1.0	<i>Nodularia spumigena</i>	0.6	<i>Ditytum brightwellii</i>	1.0

Zentrale Mecklenburger Bucht (Stat. 012)					
Skeletonema costatum	23.9	Guinardia flaccida	42.1	Proboscia alata	52.8
Dictyocha speculum	9.5	Dactyliosolen fragilissimus	14.1	Ceratium tripos	19.0
Thalassiosira sp.	8.2	Ceratium tripos	13.3	Ceratium fusus	12.6
Teleaulax spp.	8.1	Proboscia alata	6.4	Ditytum brightwellii	2.0
Pseudopedinella sp.	6.9	Prorocentrum minimum	2.3	Dactyliosolen fragilissimus	2.0
Mesodinium rubrum	6.8	Ceratium fusus	1.9	Pseudo-nitzschia cf. seriata	1.3
Heterocapsa rotundata	3.6	Cerataulina pelagica	1.6	Teleaulax spp.	1.1
Plagioselmis prolonga	3.0	Aphanizomenon sp.	1.2	Cerataulina pelagica	0.9
Protoperidinium spp.	1.6	Nodularia spumigena	1.2	Prorocentrum micans	0.9
Thalassiosira angustelineata	1.5	Plagioselmis prolonga	1.1	Ceratium lineatum	0.7
Östliche Mecklenburger Bucht (Stat. 046)					
Skeletonema costatum	24.3	Prorocentrum minimum	22.8	Ceratium tripos	30.9
Dictyocha speculum	13.7	Nodularia spumigena	18.6	Coscinodiscus granii	15.8
Mesodinium rubrum	8.0	Ceratium tripos	8.6	Ceratium fusus	12.5
Rhizosolenia setigera	6.6	Aphanizomenon sp.	4.6	Proboscia alata	7.4
Teleaulax spp.	5.1	Plagioselmis prolonga	3.3	Teleaulax spp.	5.4
Heterocapsa rotundata	3.6	Teleaulax spp.	2.3	Plagioselmis prolonga	3.3
Plagioselmis prolonga	3.2	Dactyliosolen fragilissimus	2.0	Prorocentrum micans	2.4
Pseudopedinella sp.	2.4	Chaetoceros impressus	1.5	Hemiselms spp.	2.2
Thalassiosira levanderi	1.9	Phacus spp.	1.2	Heterocapsa rotundata	2.1
Chaetoceros wighamii	1.1	Pyramimonas spp.	1.1	Pyramimonas spp.	1.8
Westliche Arkonasee (Stat. 030)					
Skeletonema costatum	38.1	Prorocentrum minimum	31.2	Coscinodiscus granii	33.9
Mesodinium rubrum	9.2	Aphanizomenon sp.	22.1	Teleaulax spp.	12.7
Thalassiosira sp.	9.2	Nodularia spumigena	15.6	Heterocapsa rotundata	6.8
Dictyocha speculum	8.1	Ceratium tripos	4.3	Plagioselmis prolonga	4.7
Plagioselmis prolonga	3.5	Chaetoceros impressus	1.7	Ceratium tripos	3.9
Teleaulax spp.	2.3	Plagioselmis prolonga	1.4	Hemiselms spp.	3.0
Pseudopedinella sp.	2.1	Dactyliosolen fragilissimus	0.7	Pyramimonas spp.	2.5
Thalassiosira levanderi	2.0	Eutreptiella sp.	0.6	Mesodinium rubrum	2.1
Heterocapsa rotundata	1.8	Teleaulax spp.	0.5	Eutreptiella sp.	1.7
Peridiniella catenata	1.4	Mesodinium rubrum	0.5	Ebria tripartita	1.2
Zentrale Arkonasee (Stat. 109, 113)					
Skeletonema costatum	37.7	Aphanizomenon sp.	31.6	Coscinodiscus granii	39.0
Mesodinium rubrum	16.1	Prorocentrum minimum	9.9	Teleaulax spp.	7.9
Attheya decora	12.7	Nodularia spumigena	8.7	Plagioselmis prolonga	4.9
Thalassiosira sp.	7.2	Chaetoceros impressus	4.8	Heterocapsa rotundata	4.8
Chaetoceros wighamii	2.1	Ceratium tripos	4.2	Hemiselms spp.	4.3
Thalassiosira levanderi	1.6	Plagioselmis prolonga	1.8	Ceratium tripos	2.5
Heterocapsa rotundata	1.5	Teleaulax spp.	1.5	Pyramimonas spp.	2.3
Plagioselmis prolonga	1.4	Mesodinium rubrum	0.9	Ebria tripartita	2.2
Teleaulax spp.	1.3	Ebria tripartita	0.8	Prorocentrum micans	1.3
Chaetoceros sp.	0.6	Phacus spp.	0.8	Mesodinium rubrum	1.1

Pommersche Bucht (Stat. OB)					
Achnanthes taeniata	32.3	Prorocentrum minimum	19.9	Actinocyclus sp.	11.2
Chaetoceros wighamii	20.0	Pseudanabaena/ Limnothrix	5.0	Teleaulax spp.	9.2
Skeletonema costatum	8.3	Aphanizomenon sp.	4.8	Coscinodiscus granii	4.2
Pseudopedinella sp.	7.2	Teleaulax spp.	3.8	Plagioselmis prolonga	3.9
Teleaulax spp.	5.8	Nodularia spumigena	2.2	Prorocentrum minimum	2.4
Ebria tripartita	5.6	Ebria tripartita	1.5	Merismopedia punctata	1.7
Thalassiosira sp.	3.5	Plagioselmis prolonga	1.2	Hemiselms spp.	1.6
Mesodinium rubrum	3.2	Anabaena spp.	0.5	Dactyliosolen fragilissimus	1.2
Melosira arctica	1.2	Pediastrum spp.	0.4	Ebria tripartita	1.0
Chaetoceros sp.	0.9	Mesodinium rubrum	0.2	Pseudanabaena limnetica	0.9
Bornholmsee (Stat. 213)					
Skeletonema costatum	28.1	Aphanizomenon sp.	27.4	Coscinodiscus granii	23.4
Mesodinium rubrum	25.3	Plagioselmis prolonga	12.4	Heterocapsa rotundata	11.5
Thalassiosira sp.	2.9	Nodularia spumigena	11.2	Teleaulax spp.	7.7
Chaetoceros sp.	1.6	Teleaulax spp.	6.5	Chaetoceros impressus	7.4
Peridiniella catenata	1.5	Chaetoceros impressus	6.2	Ebria tripartita	4.5
Aphanizomenon sp.	0.9	Nitzschia paleacea	3.0	Mesodinium rubrum	4.1
Teleaulax spp.	0.9	Mesodinium rubrum	2.6	Plagioselmis prolonga	3.6
Heterocapsa rotundata	0.4	Chaetoceros danicus	1.7	Hemiselms spp.	3.0
Plagioselmis prolonga	0.4	Eutreptiella sp.	1.5	Aphanizomenon sp.	2.5
Actinocyclus sp.	0.3	Pyramimonas spp.	0.6	Eutreptiella sp.	1.4
Südliche Gotlandsee (Stat. 259)					
Mesodinium rubrum	21.2	Nodularia spumigena	22.6	Coscinodiscus granii	37.2
Peridiniella catenata	13.7	Plagioselmis prolonga	14.3	Mesodinium rubrum	19.5
Thalassiosira sp.	8.6	Teleaulax spp.	9.7	Teleaulax spp.	9.3
Chaetoceros wighamii	5.6	Nitzschia paleacea	7.8	Plagioselmis prolonga	5.0
Skeletonema costatum	5.2	Gymnodinium spp.	3.5	Heterocapsa rotundata	2.4
Gymnodinium spp.	3.3	Pterosperma sp.	3.1	Hemiselms spp.	2.2
Teleaulax spp.	2.0	Mesodinium rubrum	2.4	Prorocentrum minimum	1.4
Plagioselmis prolonga	0.8	Gymnodinium cf. albulum	1.7	Aphanizomenon sp.	1.4
Gymnodinium cf. albulum	0.6	Chaetoceros impressus	1.0	Eutreptiella sp.	1.4
Heterocapsa rotundata	0.5	Pyramimonas spp.	0.8	Pyramimonas spp.	0.6
Östliche Gotlandsee (Stat. 271)					
Peridiniella catenata	27.0	Nodularia spumigena	15.7	Coscinodiscus granii	59.9
Mesodinium rubrum	16.8	Aphanizomenon sp.	14.0	Prorocentrum minimum	12.2
Teleaulax spp.	2.2	Plagioselmis prolonga	9.3	Teleaulax spp.	6.2
Thalassiosira baltica	1.2	Nitzschia paleacea	3.1	Plagioselmis prolonga	3.0
Aphanizomenon sp.	0.6	Pterosperma sp.	2.5	Mesodinium rubrum	1.6
Thalassiosira sp.	0.6	Actinocyclus sp.	0.8	Hemiselms spp.	1.4
Actinocyclus sp.	0.4	Aphanothece spp.	0.7	Heterocapsa rotundata	1.0
Chaetoceros sp.	0.4	Teleaulax spp.	0.7	Dinophysis norvegica	1.0
Heterocapsa rotundata	0.3	Mesodinium rubrum	0.6	Phacus spp.	0.4
Plagioselmis prolonga	0.3	Gymnodinium spp.	0.5	Actinocyclus sp.	0.3

Tab. 5

Alphabetische Liste der im Jahre 2003 gefundenen Phytoplanktonarten und ihrer taxonomischen Zugehörigkeit. Angabe der Rangfolge (nach Biomasse, alle Stationen) für die 70 häufigsten Arten und saisonales Vorkommen. Fortsetzung Seite 32-33.

Table 5

Phytoplankton species list of 2003, with class affiliation, biomass rank (for the 70 most important species, all stations) and seasonal occurrence (continued on page 32 and 33 !)

Artname (Gesamtliste)	Klasse	Rang	Febr.	März/April	Mai	Juli/Aug.	Okt.
<i>Achnanthes taeniata</i>	Bacillarioph.	18		X	X	X	
<i>Actinocyclus</i> sp.) ¹	Bacillarioph.	23	X		X	X	X
<i>Amphidinium crassum</i>	Dinophyceae					X	X
<i>Anabaena</i> spp.	Cyanobact.	44	X			X	
<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	Cyanobact.					X	
<i>Aphanizomenon</i> sp. (<i>A. "baltica"</i>)	Cyanobact.	7	X	X	X	X	X
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Cyanobact.	55	X	X	X	X	X
<i>Aphanothece</i> sp.	Cyanobact.	53	X		X	X	X
<i>Attheya decora</i>	Bacillarioph.	25		X		X	
<i>Attheya septentrionalis</i>	Bacillarioph.		X	X	X	X	X
<i>Cerataulina pelagica</i>	Bacillarioph.	37			X	X	X
<i>Ceratium furca</i>	Dinophyceae	64					X
<i>Ceratium fusus</i>	Dinophyceae	16	X	X	X	X	X
<i>Ceratium horridum</i>	Dinophyceae				X		
<i>Ceratium lineatum</i>	Dinophyceae	45				X	X
<i>Ceratium longipes</i>	Dinophyceae		X		X	X	
<i>Ceratium tripos</i>	Dinophyceae	5	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros affinis</i>	Bacillarioph.					X	X
<i>Chaetoceros borealis</i>	Bacillarioph.						X
<i>Chaetoceros ceratosporus</i>	Bacillarioph.		X	X			
<i>Chaetoceros contortus</i>	Bacillarioph.						X
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Bacillarioph.	69		X	X	X	X
<i>Chaetoceros danicus</i>	Bacillarioph.	39	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Bacillarioph.			X	X	X	
<i>Chaetoceros holsaticus</i>	Bacillarioph.	56	X				
<i>Chaetoceros impressus</i>	Bacillarioph.	20	X	X		X	X
<i>Chaetoceros laciniosus</i>	Bacillarioph.			X	X		X
<i>Chaetoceros similes</i>	Bacillarioph.		X	X			X
<i>Chaetoceros socialis</i>	Bacillarioph.			X	X		X
<i>Chaetoceros subtilis</i>	Bacillarioph.		X			X	
<i>Chaetoceros wighamii</i>	Bacillarioph.	19	X	X	X		
<i>Chaetoceros</i> sp.	Bacillarioph.	35	X	X	X	X	X
<i>Chrysochromulina</i> sp.	Prymnesioph.				X	X	X
<i>Cocconeis</i> sp.	Bacillarioph.				X		
<i>Coelosphaerium minutissimum</i>	Cyanobact.					X	
<i>Coscinodiscus granii</i>	Bacillarioph.	2				X	X
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Bacillarioph.		X				
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	Cyanobact.					X	
<i>Cyanonephron styloides</i>	Cyanobact.					X	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Bacillarioph.	65	X	X	X	X	X
<i>Cylindrotheca</i> cf. <i>closterium</i>	Bacillarioph.			X			X
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Bacillarioph.	12			X	X	X
<i>Diatoma elongatum</i>	Bacillarioph.	66	X	X	X		
<i>Dictyocha speculum</i>	Dictyochoph.	17	X	X	X	X	X
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	Chlorophyc.					X	
<i>Dinobryon balticum</i>	Chrysophyc.	47		X	X	X	

<i>Dinobryon faculiferum</i>	Chrysophyc.		X	X	X	X	X
<i>Dinobryon</i> sp.	Chrysophyc.			X	X	X	
<i>Dinophysis acuta</i>	Dinophyceae	51			X		X
<i>Dinophysis norvegica</i>	Dinophyceae	50	X		X	X	X
<i>Dinophysis rotundata</i>	Dinophyceae		X			X	X
<i>Dinophysis</i> sp.	Dinophyceae		X	X	X	X	X
<i>Dissodinium pseudolunula</i>	Dinophyceae						X
<i>Ditylum brightwellii</i>	Bacillarioph.	42	X				X
<i>Ebria tripartita</i>	Ebriidea	21	X	X	X	X	X
<i>Eutreptia</i> sp.	Euglenophyc.		X				
<i>Eutreptiella</i> sp.	Euglenophyc.	29	X	X	X	X	X
<i>Glenodinium</i> sp.	Dinophyceae	67				X	
<i>Gonyaulax triacantha</i>	Cyanobact.				X		X
<i>Guinardia delicatula</i>	Bacillarioph.			X		X	X
<i>Guinardia flaccida</i>	Bacillarioph.	11				X	
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>albulum</i>	Dinophyceae	36	X	X	X	X	X
<i>Gymnodinium arcticum</i>	Dinophyceae		X				
<i>Gymnodinium</i> sp.) ²	Dinophyceae	28	X	X	X	X	X
<i>Hemiselmis</i> sp.	Dinophyceae	22	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa rotundata</i>	Dinophyceae	14	X	X	X	X	X
<i>Koliella longiseta</i>	Chlorophyc.		X	X			X
<i>Koliella spiralis</i>	Chlorophyc.		X				
<i>Lemmermanniella pallida</i>	Cyanobact.	62	X			X	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillarioph.	57	X	X	X		X
<i>Licmophora</i> sp.	Bacillarioph.				X		
<i>Melosira arctica</i>	Bacillarioph.	41	X	X			
<i>Melosira moniliformis</i>	Bacillarioph.					X	
<i>Melosira varians</i>	Bacillarioph.		X				
<i>Merismopedia punctata</i>	Cyanobact.	49				X	X
<i>Merismopedia tenuissima</i>	Cyanobact.					X	X
<i>Merismopedia warmingiana</i>	Cyanobact.					X	X
<i>Mesodinium rubrum</i>) ³	Ciliophora	3	X	X	X	X	X
<i>Microcystis</i> sp.	Cyanobact.					X	X
<i>Monoraphidium contortum</i>	Chlorophyc.	54	X		X	X	X
<i>Monoraphidium minutum</i>	Chlorophyc.						X
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioph.		X		X		
<i>Nitzschia paleacea</i>	Bacillarioph.	24				X	
<i>Nodularia spumigena</i>	Cyanobact.	9	X			X	X
<i>Oocystis</i> sp.	Chlorophyc.		X			X	
<i>Pediastrum boryanum</i>	Chlorophyc.	61	X			X	X
<i>Pediastrum duplex</i>	Chlorophyc.					X	
<i>Peridiniella catenata</i>	Cyanobact.	13	X	X	X		
<i>Phacus</i> sp.	Euglenophyc.	32	X	X	X	X	X
<i>Phaeoceros</i> sp.	Bacillarioph.		X	X	X	X	X
<i>Plagioselmis prolunga</i>	Cryptophyc.	10	X	X	X	X	X
<i>Planktolyngbya contorta</i>	Cyanobact.		X		X	X	
<i>Planktolyngbya</i> sp.	Cyanobact.		X			X	X
<i>Planktonema lauterbornii</i>	Chlorophyc.		X	X	X	X	X
<i>Planktothrix</i> sp.) ⁴	Cyanobact.		X				
<i>Proboscia alata</i>	Bacillarioph.	4	X	X		X	X
<i>Pronocitluca pelagica</i>	Dinophyceae		X		X		X
<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae	30				X	X
<i>Prorocentrum minimum</i>	Dinophyceae	8			X	X	X
<i>Protoperidinium bipes</i>	Dinophyceae			X	X		
<i>Protoperidinium depressum</i>	Dinophyceae						X
<i>Protoperidinium divergens</i>	Dinophyceae	33					X
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	Dinophyceae						X
<i>Protoperidinium steinii</i>	Dinophyceae						X

<i>Protoperidinium</i> sp.	Dinophyceae	63	X	X	X		X
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	Cyanobact.	43	X	X	X		X
<i>Pseudanabaena</i> sp.	Cyanobact.	70	X			X	
<i>Pseudanabaena/Limnothrix</i>) ⁵	Cyanobact.	38	X	X		X	
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	Bacillarioph.			X			X
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i>	Bacillarioph.			X			X
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	Bacillarioph.	58					X
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>seriata</i>	Bacillarioph.	46		X			X
<i>Pseudopedinella elastica</i>	Chrysophyc.	68	X		X		
<i>Pseudopedinella</i> sp.	Chrysophyc.		X	X	X	X	X
<i>Pterosperma</i> sp.	Prasinophyc.	31		X		X	X
<i>Pyramimonas</i> sp.	Prasinophyc.	26	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia pungens</i>	Bacillarioph.	60				X	X
<i>Rhizosolenia setigera</i>	Bacillarioph.	27	X	X			X
<i>Romeria</i> sp.	Cyanobact.					X	X
<i>Scenedesmus ecornis</i>	Chlorophyc.					X	
<i>Scenedesmus</i> sp.	Chlorophyc.		X				
<i>Skeletonema costatum</i>	Bacillarioph.	1	X	X	X	X	X
<i>Snowella septentrionalis</i>	Cyanobact.				X	X	
<i>Snowella</i> sp.	Cyanobact.		X		X	X	X
<i>Teleaulax amphioxeia</i>	Cryptophyc.		X	X			
<i>Teleaulax</i> sp.	Cryptophyc.	6	X	X	X	X	X
<i>Tetrastrum</i> sp.	Chlorophyc.			X		X	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Bacillarioph.	52	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	Bacillarioph.	40	X				
<i>Thalassiosira baltica</i>	Bacillarioph.	48	X	X	X		
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	Bacillarioph.					X	X
<i>Thalassiosira levanderi</i>	Bacillarioph.	34	X	X			
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	Bacillarioph.	59	X	X			
<i>Thalassiosira punctigera</i>	Bacillarioph.						X
<i>Thalassiosira</i> sp.	Bacillarioph.	15	X	X	X		X
<i>Trachelomonas</i> sp.	Euglenophyc.		X			X	
<i>Woronichinia compacta</i>	Cyanobact.					X	
<i>Woronichinia</i> sp.	Cyanobact.					X	X
Anzahl der Taxa: insgesamt 138			76	62	63	86	86

)¹ wahrscheinlich *Actinocyclus octonarius*

)² *Gymnodinium* sp. wurde bis Ende 2000 größtenteils als *Gymnodinium* cf. *lohmannii* geführt

)³ für *Mesodinium rubrum* wurde bis Ende 1999 das Synonym *Myrionecta rubra* verwendet

)⁴ wahrscheinlich größtenteils *Planktothrix agardhii*

)⁵ Unterscheidung der Gattungen *Pseudanabaena* und *Limnothrix* war in diesem Falle nicht möglich

4.1.3 Sedimentation

Die mikroskopischen Analysen des in den Fallen aufgefangenen Materials zeigten eine sehr spezifische saisonale Abfolge von Phytoplanktongemeinschaften der zentralen Ostsee (Abb. 6 a-d). Die Frühjahrsblüte im März-Mai wurde nach dem Fallenmaterial fast ausschließlich von Diatomeen gebildet, wobei *Thalassiosira levanderi* sowie *Skeletonema costatum* dominant waren und *Coscinodiscus granii*, *Thalassiosira baltica*, *Actinocyclus octonarius* und *Chaetoceros* sp. in geringeren Mengen auftraten. Das widerspricht allerdings den Befunden aus den Phytoplanktonproben der Deckschicht, die am 4.4.2002 an Station 271 hauptsächlich aus Dinoflagellaten und *Mesodinium rubrum* bestanden. Auch die Reduktion des Silikat um nur 3 mmol m⁻³ spricht nicht für eine starke Kieselalgenblüte (WASMUND et al. 2003). Sie ist viel zu gering, um die hohe Silikat-

Sedimentation (Abb. 7) zu erklären. Allerdings traten in der ersten Februardekade 2002 hohe Konzentrationen von *Actinocyclus octonarius* in 50-60 m Tiefe auf, die schnell wieder verschwunden waren. Sie könnten einen Teil der Silikat-Sedimentation erklären, allerdings eher den kleinen peak vom Februar 2002 als den hohen peak vom März. Das Phänomen des tiefen Kieselalgenmaximums ist von WASMUND et al. (2003) diskutiert, allerdings ohne eine Lösung gefunden zu haben.

In der Sommerphase war bei den Diatomeen weiterhin *Thalassiosira levanderi* in größeren Beständen anzutreffen; geringere Bestände von *Actinocyclus octonarius*, *Coscinodiscus granii* und *Chaetoceros* sp. hielten sich weiterhin. Es kamen jedoch auch neue Arten, wie *Diatoma tenuis* und *Nitzschia paleacea* in größeren Mengen hinzu. Diese Art ist üblicherweise mit Aggregaten von fädigen diazotrophen Cyanobakterien der Gattung *Nodularia* vergesellschaftet, die ihr Maximum im absinkenden Material zwischen Ende Juni und September hatte. Die zweite wichtige Gattung der stickstofffixierenden Cyanobakterien, *Aphanizomenon*, war in diesem Jahr ebenfalls häufig und wurde zum Ende des Sommers im September/Okttober zahlreicher als *Nodularia*. Zwischen August und Oktober kamen dann auch koloniebildende Cyanobakterien, wie *Aphanothece*, *Aphanocapsa*, *Snowella* und *Woronochinia* hinzu. Die Hauptmasse wurde jedoch von den Stickstofffixierern gestellt. Dinoflagellaten waren ab Mai präsent, wobei im Sommer bis August *Glenodinium* sp. der häufigste Vertreter war. Ab August traten bei den Dinoflagellaten *Peridiniella catenata*, *Dinophysis acuminata* und *Prorocentrum minimum* in annähernd gleichen Mengen auf. Der Herbst zwischen Ende September und November wurde wiederum von Diatomeen geprägt, bei denen in dieser Zeit *Cyclotella choctawhatcheana*, *Chaetoceros* sp. und *Thalassiosira baltica* mengenmäßig besonders hervortraten.

Der im letzten Jahrzehnt beobachtete Trend abnehmenden Diatomeenplanktons in der Frühjahrsphase der mittleren Ostsee wurde nunmehr im dritten Jahr nicht mehr gemessen, so dass die direkte Kopplung dieses Phänomens an veränderte fluviatile Silikateinträge nicht die alleinige Abhängigkeit beschreiben kann. Das Maximum der Sedimentation von Silikat (Abb. 7) wurde mit dem Absinken der Diatomeenblüte im April erreicht und entsprechend nahm die Bedeutung der pennaten *Nitzschia*-Arten ab, die mit den Aggregaten im Sommer sedimentieren. Die saisonalen Muster des Vertikaltransportes der Hauptelemente C, N und P (Abb. 8-10) zeigen eine große Ähnlichkeit. Neben der Frühjahrsblüte ist die Sommerperiode von Ende Juni bis Oktober durch hohe Masseflüsse gekennzeichnet. Die Maxima dieser Ereignisse im August und September gehen mit niedrigen isotopischen Signaturen des Stickstoffs ($\delta N 15$, Abb. 11) einher, so dass sich auch in diesem Jahr wieder die Hauptzufuhr von organischem Material zum Sediment durch Material ergibt, das aus der C- und N-Fixierung von Cyanobakterien stammt. Die Phosphorsedimentation (Abb. 10) zeigt ganz ähnliche Muster. Die üblicherweise hohen Winterwerte traten in diesem Jahr nicht auf, weil nur wenig resuspendiertes Material in diesem Zeitraum in die Fallen gelangte. Das lässt sich an den niedrigen Sestonwerten im Winter (Abb. 12) und dem hohen mittlerem Anteil von 25% organischem Kohlenstoff an der Gesamtmasse ersehen. Offensichtlich unterschieden sich die Strömungsbedingungen in den bodennahen Schichten im Jahre 2002 erheblich von denen der Vorjahre und führten kaum zu Partikelerosion und Resuspension.

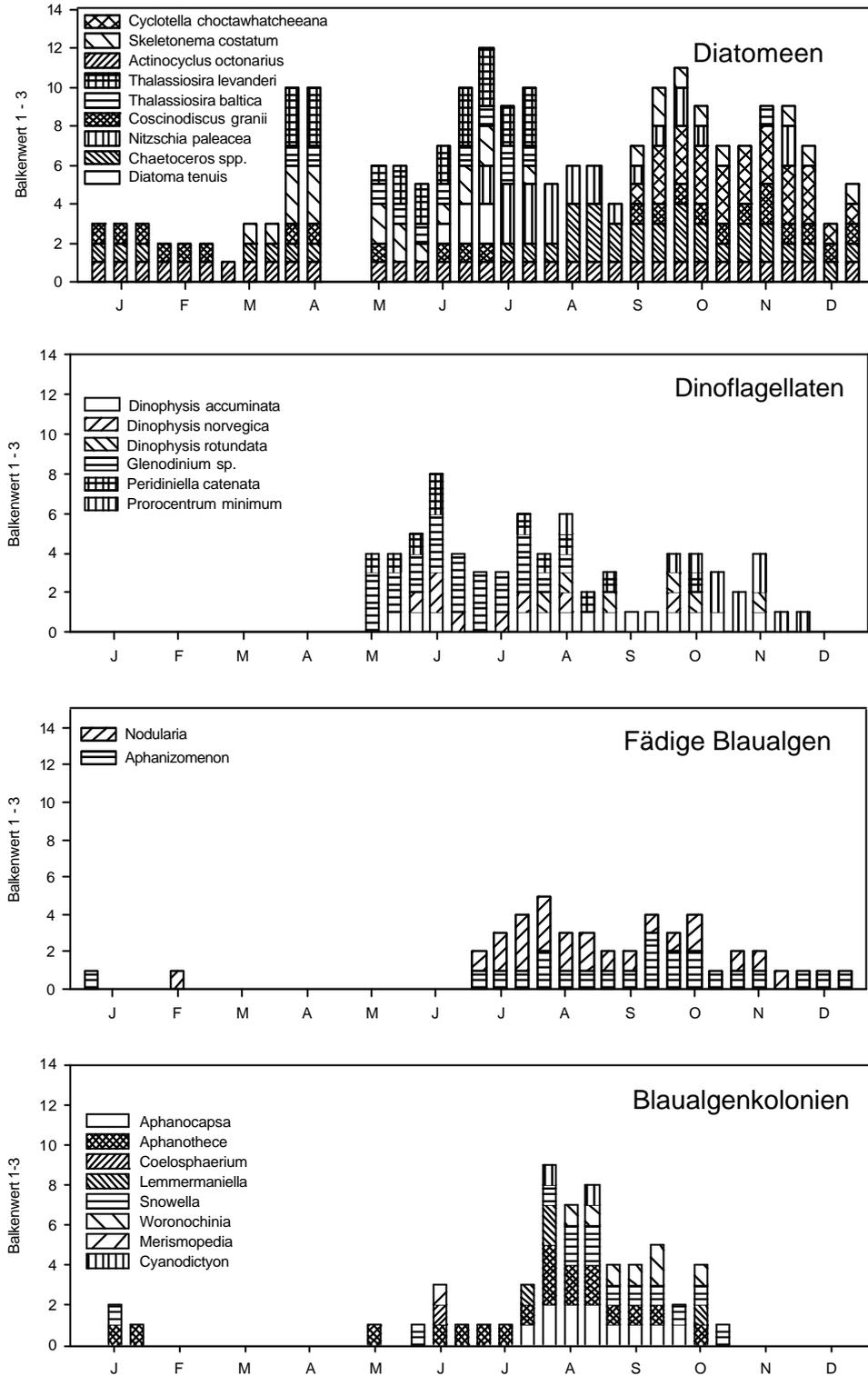


Abb. 6

Relative Häufigkeit einzelner Arten von Diatomeen, Dinoflagellaten sowie fädiger und kolonialer Cyanobakterien im sedimentierenden organischen Material im Jahre 2002

Fig. 6

Relative frequency of selected species of diatoms (a), dinoflagellates (b), filamentous (c) and colony-forming (d) cyanobacteria in sedimented organic material in 2002

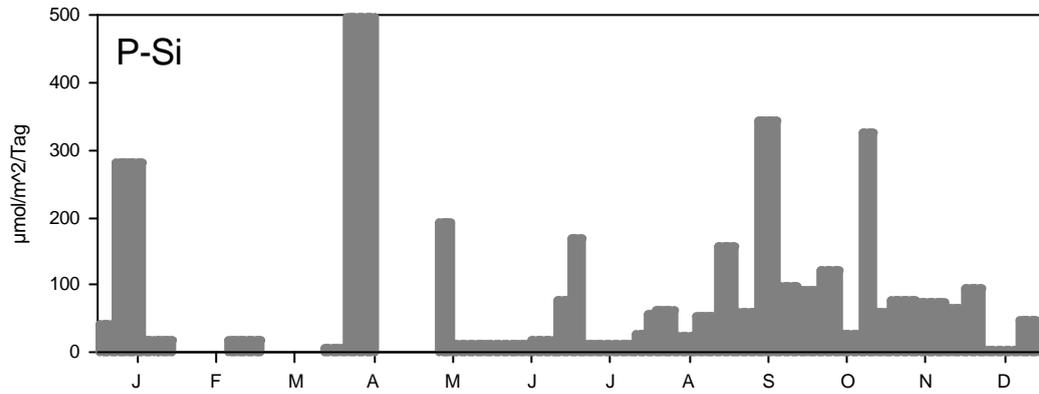


Abb. 7

Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem biogenem Silikat im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2002

Fig. 7

Daily sedimentation rates of particulate biogenic silicate at 180 m depth at Station 271 in 2002

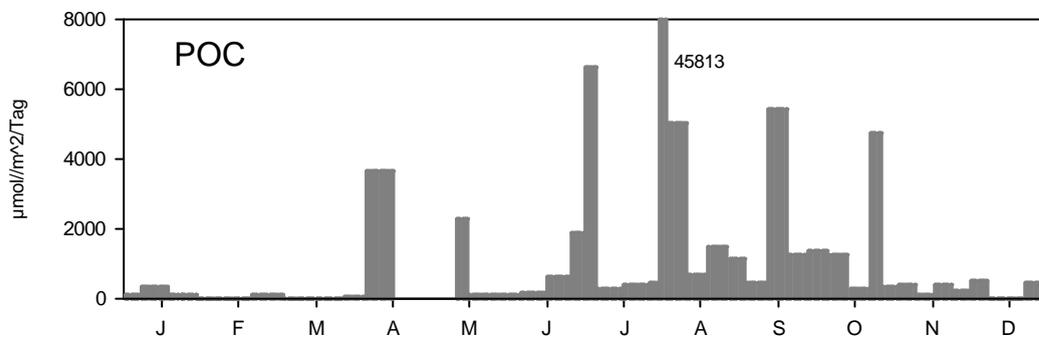


Abb. 8

Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Kohlenstoff im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2002

Fig. 8

Daily sedimentation rates of particulate organic carbon at 180 m depth at Station 271 in 2002

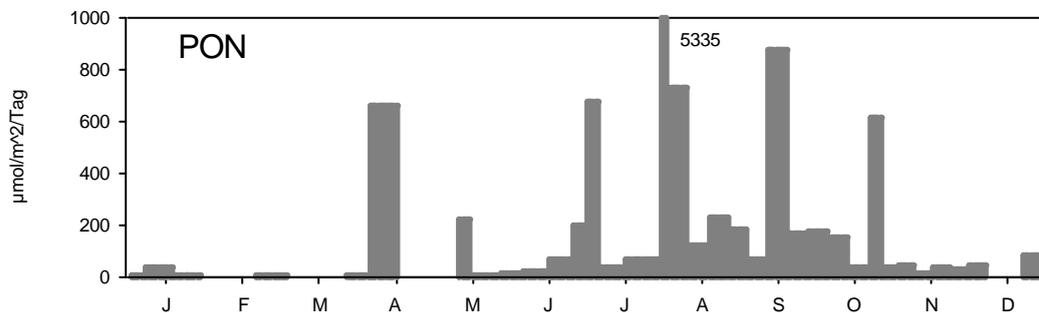


Abb. 9

Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Stickstoff im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2002

Fig. 9

Daily sedimentation rates of particulate organic nitrogen at 180 m depth at Station 271 in 2002

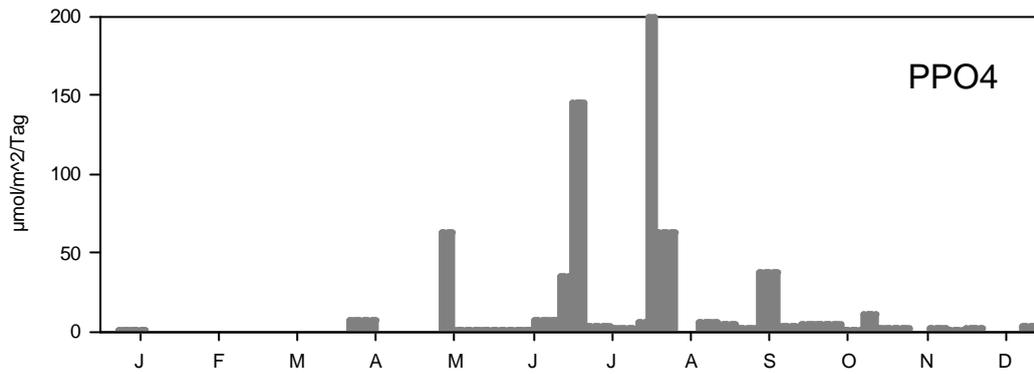


Abb. 10

Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem Phosphor im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2002

Fig. 10

Daily sedimentation rates of particulate phosphorus at 180 m depth at Station 271 in 2002

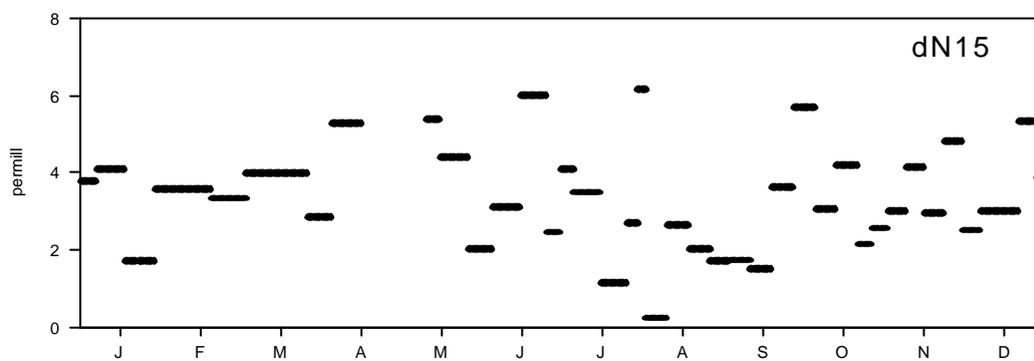


Abb. 11

Isotopie des Stickstoffs (permil delta 15 N) im Fallenmaterial im Jahr 2002

Fig. 11

Isotopic composition (permil delta 15 N) in sedimented material at Stat. 271 in 2002

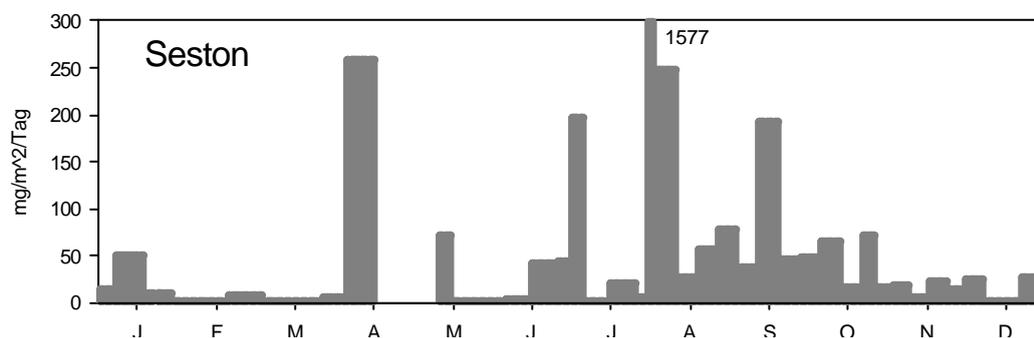


Abb. 12

Tägliche Sedimentationsraten von Trockenmasse (Seston) im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2002

Fig. 12

Daily sedimentation rates of seston (dry mass) at 180 m depth at Stat. 271 in 2002

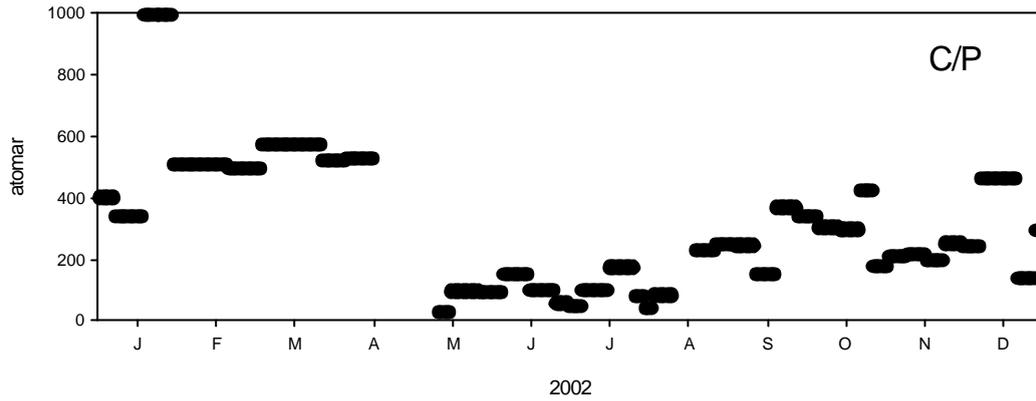


Abb. 13
Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Phosphor in Partikeln im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2002

Fig. 13
Atomic ratio of particulate carbon and particulate phosphorus at 180 m depth at Stat. 271 in 2002

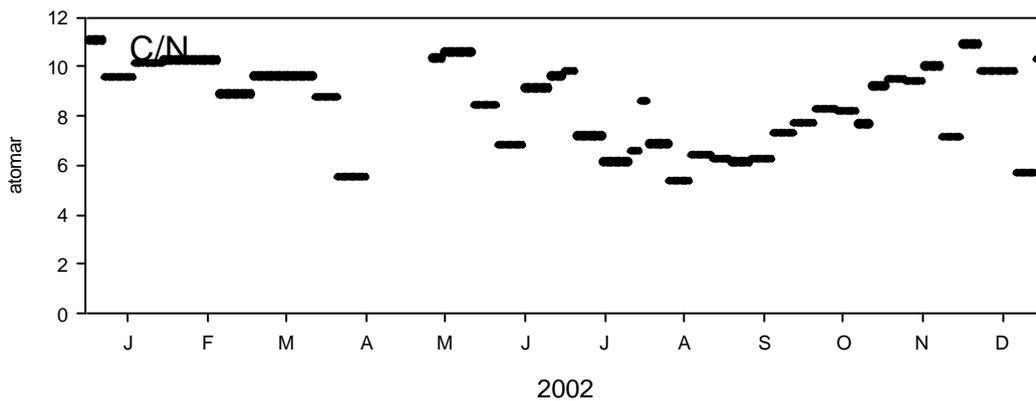


Abb. 14
Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff in Partikeln im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2002

Fig. 14
Atomic ratio of particulate carbon and particulate nitrogen at 180 m depth at Stat. 271 in 2002

Der bei der sommerlichen Cyanobakteriensedimentation bisher beobachtete Anstieg der C/P-Verhältnisse (Abb. 13) trat auch 2002 wieder auf. Es lässt sich überschlagsmäßig davon ausgehen, daß die diazotrophen Cyanobakterien im Vergleich zu anderen Mikroalgen mit der gleichen Menge an verfügbarem Phosphat etwa die doppelte Menge an Stickstoff und Kohlenstoff aus der Deckschicht transportieren können. Das Absinken des C/N-Verhältnisses (Abb. 14) in dieser Zeit zeigt, dass die Bedeutung des Stickstoffs als limitierendes Element nach der Frühjahrsblüte abnimmt, wobei der Sommer deutlich durch Phosphormangel gekennzeichnet ist.

Das Jahr 2002 lässt sich damit sowohl qualitativ wie auch quantitativ als im langjährigen Mittel liegend einordnen. Die Gesamtsumme für den jährlichen Vertikalfluss lag für die einzelnen Elemente bei 445 mmol C, 59 mmol N ($C/N=7,5$), 37 mmol Si und 6,2 mmol P pro m^2 und Jahr. Der Massefluss betrug im Jahr 2002 18,5 g Trockenmaterial pro Jahr. Dieser relativ geringe Wert lässt sich, wie auch der relativ geringe absolute Si-Fluss mit dem Ausbleiben resuspensionsbedingter Einträge im Winterhalbjahr erklären. Mit $5,3 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ lag die Zufuhr von organischem Material wieder in dem für alle bisherigen Beobachtungsjahre relativ konstanten Bereich von 4-6 g Kohlenstoff $m^{-2} \text{ a}^{-1}$.

4.1.4 Jahresgang der Chlorophyll a – Konzentration

Proben zur Bestimmung der Chlorophyll a – Konzentration wurden in der Regel parallel zu den Phytoplankton-Proben entnommen. Das Chlorophyll gilt als ein Biomasse-Äquivalent. 1 mg Chlorophyll a soll etwa 30 (im Frühjahr und Herbst) bis 60 (im Sommer) mg organischem Kohlenstoff der Algen entsprechen (nach GARGAS et al. 1978). 1 mg organischer Kohlenstoff entspricht etwa 9 mg Algen-Frischmasse (EDLER 1979). Eine Korrelation zwischen Chlorophyll a-Konzentration und Phytoplankton-Frischmasse wurde schon in den Vorjahren (WASMUND et al. 1998 a) nachgewiesen. Der Chlorophyll-Jahresgang entspricht etwa den bereits in Abb. 3-5 dargestellten Jahresgängen der Biomasse. Ausgewählte Jahresgänge werden in Abb. 15-16 gezeigt. Die Messwerte von 2003 werden den Werten von 1994-1998 sowie den daraus errechneten 5-Jahres-Monatsmitteln gegenübergestellt. Man erkennt deutlich, dass das Frühjahrsmaximum des Chlorophyll a bereits im Februar zu finden ist im Gegensatz zum langjährigen Mittel aus den 90er Jahren. Dieses ist in der Arkonasee allerdings für Station 109 dargestellt, während die Kurve des Jahres 2003 von der häufiger beprobten Station 113 stammt. Auch für die Bornholmsee kann man eine leichte Vorverlagerung der Blüte konstatieren, aber nicht für die Gotlandsee. Die konkreten Messwerte von Chlorophyll a und Phaeopigment a an den einzelnen Stationen, integriert über die obersten 20 m der Wassersäule, sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Saison-Mittelwerte der Chlorophyll a –Konzentrationen der oberen 10 m von allen Stationen der eigentlichen Ostsee (also ohne Mecklenburger Bucht, aber einschl. Pommerscher Bucht) des Jahres 2003 sind in Tabelle 7 mit den Vorjahren verglichen. Auch sie zeigt wegen der hohen Februar-Werte in der Arkonasee einen Anstieg der „Winter“-Werte an, verbunden mit einer hohen Standardabweichung. Dementsprechend gehen die „Frühjahrs“-Werte zurück, so dass die Jahresmittel kaum verändert sind.

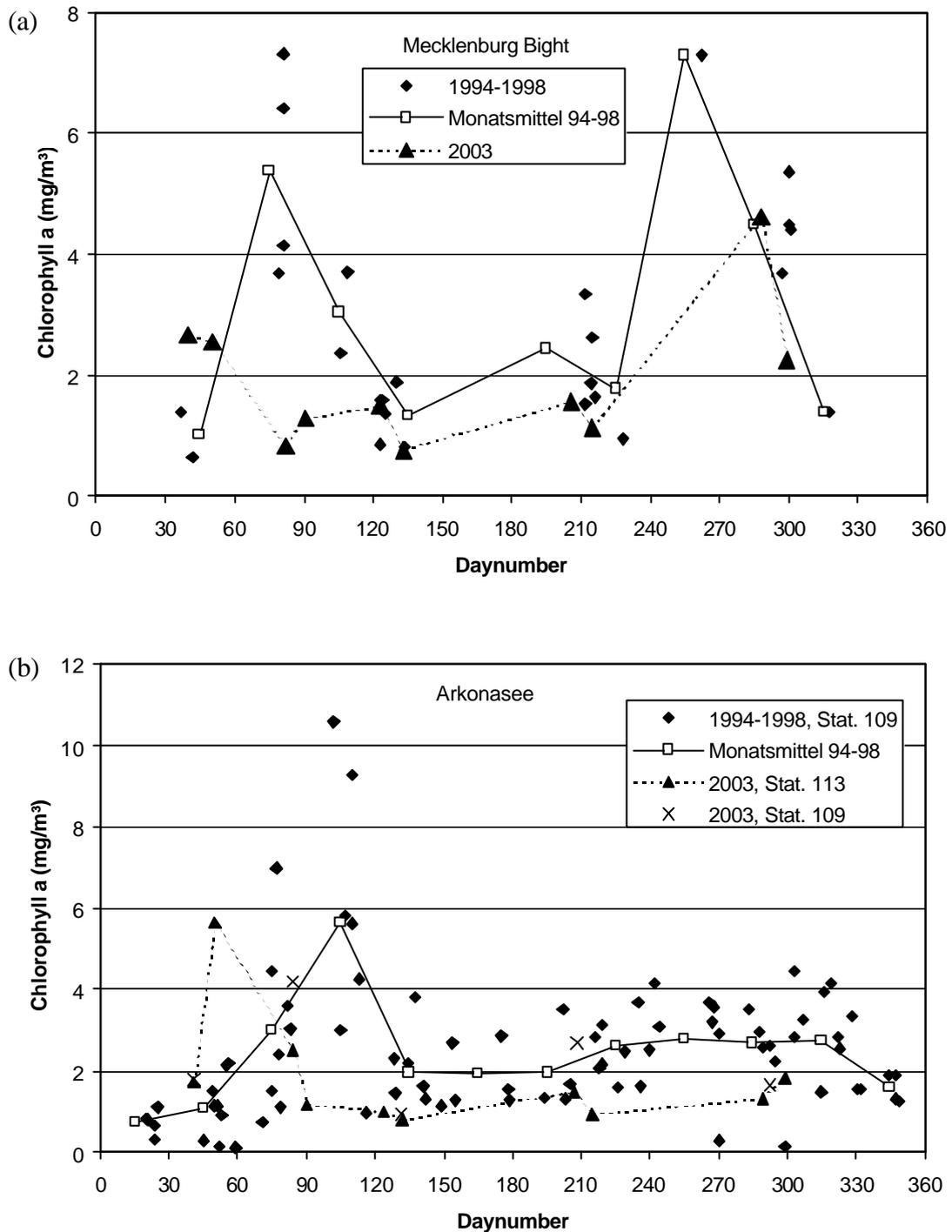


Abb. 15

Jahresgang der Chlorophyll a – Konzentration (Mittelwert über die oberen 10 m der Wassersäule). Einzelwerte und langjährige Monatsmittel der Jahre 1994-1998 in Vergleich mit 2003. (a) Station 012, (b) Station 109; Kurve der Werte von 2003 von Station 113.

Fig. 15

Seasonal pattern of chl *a* (mean of 0-10 m depth). Individual values and long-term monthly means of 1994-1998 in comparison with 2003. (a) Station 012, (b) Station 109; line of 2003 originates from Station 113.

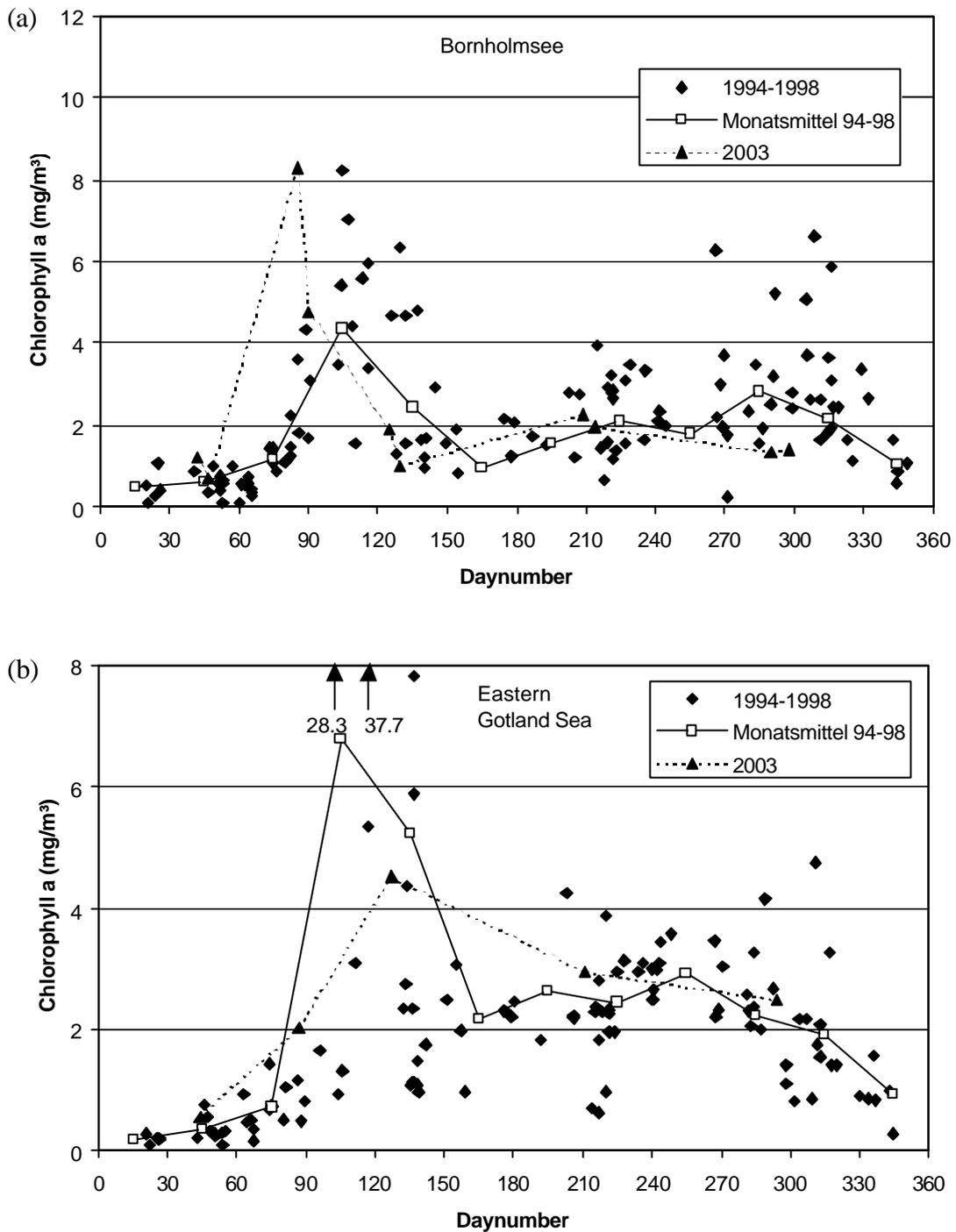


Abb. 16

Jahresgang der Chlorophyll a – Konzentration (Mittelwert über die oberen 10 m der Wassersäule). Einzelwerte und langjährige Monatsmittel der Jahre 1994-1998 in Vergleich mit 2003. (a) Station 213, (b) Station 271.

Fig. 16

Seasonal pattern of chl *a* (mean of 0-10 m depth). Individual values and long-term monthly means of 1994-1998 in comparison with 2003. (a) Station 213, (b) Station 271.

Tab. 6

Mittlere Konzentrationen von Chlorophyll *a* und Phaeopigment *a* (in mg m^{-3}) von 0 bis 20 m Tiefe, in flacheren Gewässern bis zum Grund

Table 6

Average chlorophyll *a* and phaeopigment *a* concentration in the upper 20 m (in shallower waters down to bottom)

Station	Datum	Chl <i>a</i> (mg m^{-3})	Phaeo <i>a</i> (mg m^{-3})	Station	Datum	Chl <i>a</i> (mg m^{-3})	Phaeo <i>a</i> (mg m^{-3})
TF0360	08.02.03	6.78) ¹	0.90) ¹	TF0113	30.03.03	1.18	0.40
TF0360	21.03.03	0.81	0.28	TF0113	03.05.03	0.84	0.22
TF0360	02.05.03	0.87) ¹	0.37) ¹	TF0113	11.05.03	0.97	0.37
TF0360	24.07.03	0.90	0.86	TF0113	25.07.03	1.93	0.63
TF0360	14.10.03	4.70) ¹	0.71) ¹	TF0113	02.08.03	0.92	0.88
TF0012	09.02.03	3.20	0.46	TF0113	15.10.03	1.21	1.03
TF0012	19.02.03	2.82	0.43	TF0113	25.10.03	1.79	1.29
TF0012	22.03.03	0.75	0.44	TF0109	10.02.03	1.57	0.18
TF0012	31.03.03	1.50	0.44	TF0109	24.03.03	3.93	0.84
TF0012	02.05.03	1.33	0.61	TF0109	10.05.03	0.96	0.30
TF0012	12.05.03	1.06	0.59	TF0109	26.07.03	2.11	1.53
TF0012	24.07.03	1.52	1.87	TF0109	18.10.03	1.32	0.94
TF0012	02.08.03	1.38	1.69	OB Boje	18.02.03	2.57	0.94
TF0012	14.10.03	3.29	1.39	OB Boje	24.03.03	6.35	1.94
TF0012	25.10.03	1.74	1.19	OB Boje	11.05.03	1.82	0.70
TF0046	09.02.03	0.64	0.22	OB Boje	26.07.03	4.10	2.10
TF0046	19.02.03	1.86	0.27	OB Boje	17.10.03	3.70	3.39
TF0046	21.03.03	1.12	0.69	TF0213	11.02.03	0.92	0.08
TF0046	31.03.03	1.61	0.71	TF0213	16.02.03	0.66	0.09
TF0046	03.05.03	0.56	0.37	TF0213	25.03.03	7.56	1.92
TF0046	12.05.03	1.57	0.61	TF0213	30.03.03	4.03	1.33
TF0046	25.07.03	1.02	0.86	TF0213	04.05.03	1.85	0.20
TF0046	02.08.03	1.31	0.56	TF0213	09.05.03	1.05	0.12
TF0046	15.10.03	1.24	1.07	TF0213	27.07.03	1.81	1.02
TF0046	25.10.03	2.02	1.10	TF0213	01.08.03	1.66	1.38
TF0030	09.02.03	0.63	0.15	TF0213	16.10.03	1.41	1.08
TF0030	19.02.03	6.79	0.34	TF0213	24.10.03	1.38	0.91
TF0030	22.03.03	1.89	0.95	TF0259	12.02.03	0.43	0.08
TF0030	31.03.03	0.88	0.54	TF0259	26.03.03	3.24	0.61
TF0030	03.05.03	1.12	0.46	TF0259	05.05.03	3.10	0.26
TF0030	11.05.03	1.61	0.62	TF0259	31.07.03	1.44	1.64
TF0030	25.07.03	1.37	0.64	TF0259	19.10.03	1.85	1.25
TF0030	02.08.03	1.07	0.71	TF0271	13.02.03	0.44	0.07
TF0030	15.10.03	1.06	0.88	TF0271	27.03.03	1.74	0.38
TF0030	25.10.03	1.73	1.42	TF0271	06.05.03	4.37	0.50
TF0113	10.02.03	1.53	0.24	TF0271	29.07.03	2.21	1.25
TF0113	19.02.03	4.81	0.33	TF0271	20.10.03	2.67	1.29
TF0113	24.03.03	2.37	1.47				

)¹ nur Oberflächenwert

Tab. 7

Saisonale Mittelwerte, Standardabweichungen und Anzahl der Proben aller Chlorophyll *a*- Daten des Monitoring-Programms des IOW von 2003 aus der eigentlichen Ostsee (einschl. Pommersche Bucht), integriert über die oberen 10 m, im Vergleich mit entsprechenden Daten von 2000, 2001 und 2002.

Table 7

Seasonal means, standard deviations and number of samples (n) of all IOW monitoring chlorophyll *a* data of 2003 from the Baltic proper (incl. Pomeranian Bight), of the upper 10 m, in comparison with corresponding data of 2000, 2001 and 2002.

	2000	2001	2002	2003		
	Mittelw.	Mittelw.	Mittelw.	Mittelw.	Stand.abw.	n
Winter (Jan-Feb)	0.63	1.08	0.74	2.40	2.61	10
Frühjahr (März-Mai)	3.00	3.18	3.94	2.56	1.95	20
Sommer (Juni-Sep)	2.05	1.91	2.48	2.16	1.22	10
Herbst (Okt-Dez)	2.86	2.49	1.80	1.96	0.86	10
Jahresmittel	2.25	2.24	2.39	2.27		

4.1.5 Langzeittrend der Artenzusammensetzung

Mit dem Jahre 2003 erstreckt sich die Datenreihe des HELCOM-Monitoring bereits über 25 Jahre. Bis zum Jahre 1993 sind die von allen Ostsee-Anliegern gewonnenen Daten umfassend ausgewertet worden (HELCOM 1996). Im 4. Periodische Assessment (HELCOM 2002) war die Auswertung der Phytoplanktonrends bis 1998 für die eigentliche Ostsee unzureichend. Daraufhin führten WASMUND und UHLIG (2003) eine eigene Trendanalyse unter Verwendung des HELCOM-Datensatzes bis 1993 und der aktuelleren dänischen, schwedischen, litauischen, estnischen und eigenen Phytoplankton-Monitoringdaten durch. Die Ergebnisse dieser Analyse wurde im Bericht zum Jahre 2001 (WASMUND et al. 2002) ausführlich vorgestellt und sollen hier nicht wiederholt werden.

Allerdings wollen wir hier in Abb. 17-21 die Grafiken zur Phytoplankton-Zusammensetzung fortschreiben. Zur Interpretation dieser Grafiken sei wiederum darauf hingewiesen, dass die Probenanzahl für die Errechnung repräsentativer Saisonmittel meistens zu gering ist, insbesondere ab 1994, wo nur die eigenen Daten verwendet wurden. Andererseits sind die eigenen Daten homogener und vergleichbarer als die bis 1993 von verschiedensten Partnern beigetragenen Werte, die damals noch einer geringeren Qualitätssicherung unterlagen. Wir würden deshalb die absolute Biomasse hier nicht bewerten wollen, sondern für die Gesamt-Biomasse eher auf die Chlorophyllwerte verweisen. Aber die Grafiken geben eine Orientierung darüber, wie sich die Anteile der größten Phytoplanktongruppen im Laufe des 25-Jahres-Zeitraums verändert haben.

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die hohen Cyanobakterienbiomassen zu Beginn der Messreihe (Abb. 18 b - 21 b) fehlerhaft sein könnten wegen eines Berechnungsfehlers (HAJDU, pers. Mitt., 23.6.98).

Über die Zunahme der Dinoflagellaten in der Frühjahrsblüte auf Kosten der Kieselalgen insbesondere in der Bornholmsee (Abb. 19 a), Gotlandsee (Abb. 20 a, 21 a) und in geringerem Maße auch in der Arkonasee (Abb. 18 a) wurde bereits von WASMUND et al. (1998 b) berichtet. Im Jahre 1999 trat *Mesodinium rubrum* besonders stark auf (vgl. WASMUND et al. 2001: Tabelle 6). Diese Art wurde zuvor unter den „Sonstigen“ geführt. In den letzten Jahren ist der Anteil der Dinoflagellaten und von *Mesodinium rubrum* in den genannten Gebieten wieder zurückgegangen.

Es ist interessant, dass sich die Frühjahrs-Kieselalgen in den Jahren 2000-2003 in der Arkonasee und Bornholmsee, ab 2002 auch in der südlichen Gotlandsee wieder stärker entwickelt haben. In der östlichen Gotlandsee waren die Frühjahrs-Kieselalgen in den 1990er Jahren am schwächsten entwickelt. Lediglich nach den relativ kalten Wintern 1995/96 und 1996/97 traten sie in nennenswerten Biomassen auf. In den Jahren 2001 und 2002 kamen hier auch wieder Kieselalgen vor. Die Silikatabnahme im Wasser spricht sogar für ein stärkeres Kieselalgenwachstum als es die Grafik vermuten lässt.

Um der in der Mecklenburger Bucht und der Arkonasee bereits im Februar 2003 beginnenden Frühjahrsblüte Rechnung zu tragen, haben wir in den Abb. 17-21 zusätzlich zu der traditionell (d.h. „Frühjahr = März-Mai“) berechneten Säule auch eine Berechnung unter Einschluss des Februar durchgeführt und die daraus entstandene Säule mit einem Stern gekennzeichnet. Tatsächlich erhöht sich die Säule in Abb. 17 a bei Einbeziehung des Februar wegen der Erfassung der Kieselalgenblüte, aber die Erhöhung ist gering, da auch sehr niedrige Vorblüte-Werte in die Mittelwertberechnung einfließen. In den anderen Seegebieten reduziert sich die Säule bei Einbeziehung der niedrigen Februar-Werte sogar.

Während im Jahre 2002 nach den Kieselalgenblüten in der zentralen Mecklenburger Bucht und der Arkonasee noch mindestens 45 mmol m^{-3} Silikat im Oberflächenwasser übrig geblieben sind, wurde Silikat zum Ende des Frühjahrs 2003 fast vollständig aufgebraucht. Trotzdem entwickelte sich im Sommer 2003 in diesen Seegebieten wieder eine Kieselalgenblüte. Blüten der Kieselalge *Dactyliosolen fragilissimus* wurden im Sommer 1998, 1999, 2001 und 2002 zumindest in der Mecklenburger Bucht und dem westlichen Teil der Arkonasee gefunden. Im Juli 2003 war allerdings *Guinardia flaccida* stärker entwickelt als *Dactyliosolen fragilissimus*. In den östlicheren Seegebieten können keine *Dactyliosolen*-Blüten nachgewiesen werden (Abb. 24 b), obwohl gerade hier die Kieselalgen-Frühjahrsblüte schwächer ausgefallen war als in der westlichen Ostsee.

Im Sommer 1999 trat in der Bornholmsee eine Blüte von *Coscinodiscus granii* auf. Im Juli/August 2000 war *Coscinodiscus* sp. sogar schon in der Mecklenburger Bucht zur dominanten Art geworden, während es in der Arkonasee in 20 m Wassertiefe vorherrschte. Am 17.8.01 trat es an Station 030 auf. *Coscinodiscus* scheint sein Vorkommen also in den Sommer und in die westliche Ostsee auszudehnen. Es war im Herbst 2002 bis in die Lübecker Bucht eine der bedeutendsten Algen, im Herbst 2003 aber nicht mehr (Abb. 24 c).

Die bisher nur einmal (im Jahre 1997) in der Arkona- und Bornholmsee gefundene Herbstblüte des Dinoflagellaten *Gymnodinium* cf. *lohmannii* wiederholte sich nicht mehr. Die bis zum Jahre 2000 als *Gymnodinium* cf. *lohmannii* bezeichnete unsichere Art wurde ab 2001 lediglich als *Gymnodinium* sp. geführt. Sie geht in ihrer Bedeutung stark zurück. In der zentralen Arkonasee

fand Mitte September 1998 eine Blüte von *Prorocentrum minimum* statt. Diese Situation könnte sich im Jahre 2003 wiederholt haben, denn *Prorocentrum minimum* war Anfang August 2003 die dominante Art in der westlichen Arkonasee (Stat. 030) und der östlichen Mecklenburger Bucht (Stat. 046) sowie Ende Juli in der Pommerschen Bucht. Eine im Jahre 1999 gefundene Kieselalgen-Herbstblüte von *Pseudo-nitzschia* spp. war bisher einmalig in der Mecklenburger Bucht. Im September/Oktober 2003 trat *Pseudo-nitzschia seriata* immerhin in geringen Biomassen (22-67 mg m⁻³) in der Mecklenburger Bucht (Stat. 012, im Oktober auch Stat. 022) auf.

4.1.6 Langzeittrend der Chlorophyll a – Konzentration

Wie bereits erwähnt, kann man den Trend der Gesamtbiomasse des Phytoplanktons am besten mit der Chlorophyll a – Konzentration widerspiegeln.

In der Mecklenburger Bucht zeigt die Darstellung aller Oberflächen-Chlorophyll a - Werte (einschl. der HELCOM-Daten bis 1993) einen negativen Trend (t-Test), der sich immer weiter stabilisiert (Abb. 22 a). Er war bis zum Jahre 2002 nur für eine Irrtumswahrscheinlichkeit (p) von 0,05 signifikant und gilt nun bereits für eine Irrtumswahrscheinlichkeit (p) von 0,01. Der schwache Anstieg der Werte der Arkonasee (Abb. 22 b) war bis 2002 wegen der hohen Anzahl an Messwerten sogar für p = 0,01 noch signifikant. Das Hinzukommen weiterer niedriger Werte im Jahre 2003 weicht den Trend weiter auf, so dass er nun nur noch für p = 0,05 signifikant ist. In der Bornholmsee (Abb. 23 a) war der Anstieg bis 1997 für p = 0,05 signifikant. Bei Einbeziehung der Daten von 1998 bis 2003 ist er nicht mehr signifikant. Das könnte für eine Trendumkehr sprechen. Schon visuell scheinen die Chlorophyll a Konzentrationen in allen Seegebieten seit ihren Maxima Mitte der 90er Jahre abzunehmen. In der östlichen Gotlandsee (Stat. 271, siehe Abb. 23 b) ist der Trend nach wie vor nicht signifikant.

Langfristige Tendenzen einer Trendumkehr sind besonders interessant. Im “First Periodic Assessment” (HELCOM 1987), wurde noch von einem signifikanten Anstieg der Chlorophyll a - Werte (August-Werte der eigentlichen Ostsee und der Mecklenburger Bucht) berichtet, wenn die Daten von 1975-1978 und 1980-1983 verglichen wurden. Die Chlorophyll a-Daten von 1979 bis 1988 zeigten nur mit den Sommerdaten einen ansteigenden Trend, und zwar in der Kieler Bucht und der Mecklenburger Bucht sowie mit Mai-Daten in der östlichen Gotlandsee (HELCOM 1990). Eine Spearman-Rangkorrelation der “Sommer” (15 April - 15 Oktober) - Medianwerte gegen die Jahre wies einen ansteigenden Chlorophyll a-Trend für 1960 – 1989 in der Kieler Bucht nach (MASKE 1994).

Die Analyse der 15-jährigen Datenserie (1979-1993; HELCOM 1996) belegte Chlorophyll a-Anstiege an einigen Stationen der eigentlichen Ostsee, aber nicht mehr im Kattegat-Beltsee-Gebiet. Ab dem Jahre 2000 ergibt sich für die Mecklenburger Bucht ein negativer Trend (WASMUND et al. 2001).

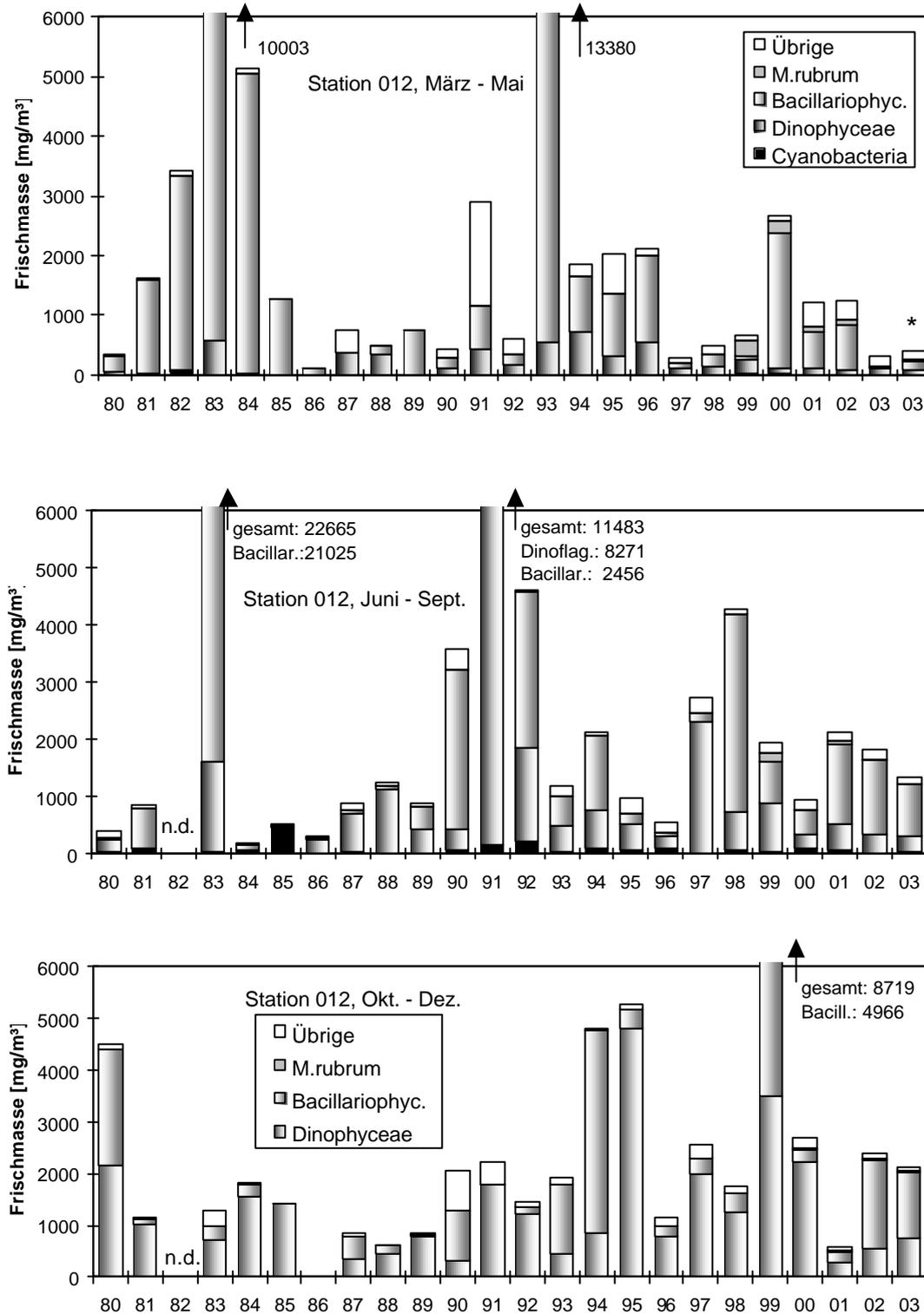


Abb. 17

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2003, jeweils für Frühjahr, Sommer und Herbst separat betrachtet, in der zentralen Mecklenburger Bucht (Stat. 012). Der Stern zeigt Säule von Febr.-Mai 2003. Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt

Fig. 17

Trends in biomass of the main phytoplankton groups in spring, summer and autumn 1979-2003 in Mecklenburg Bight. The asterisk marks column February-March 2003.

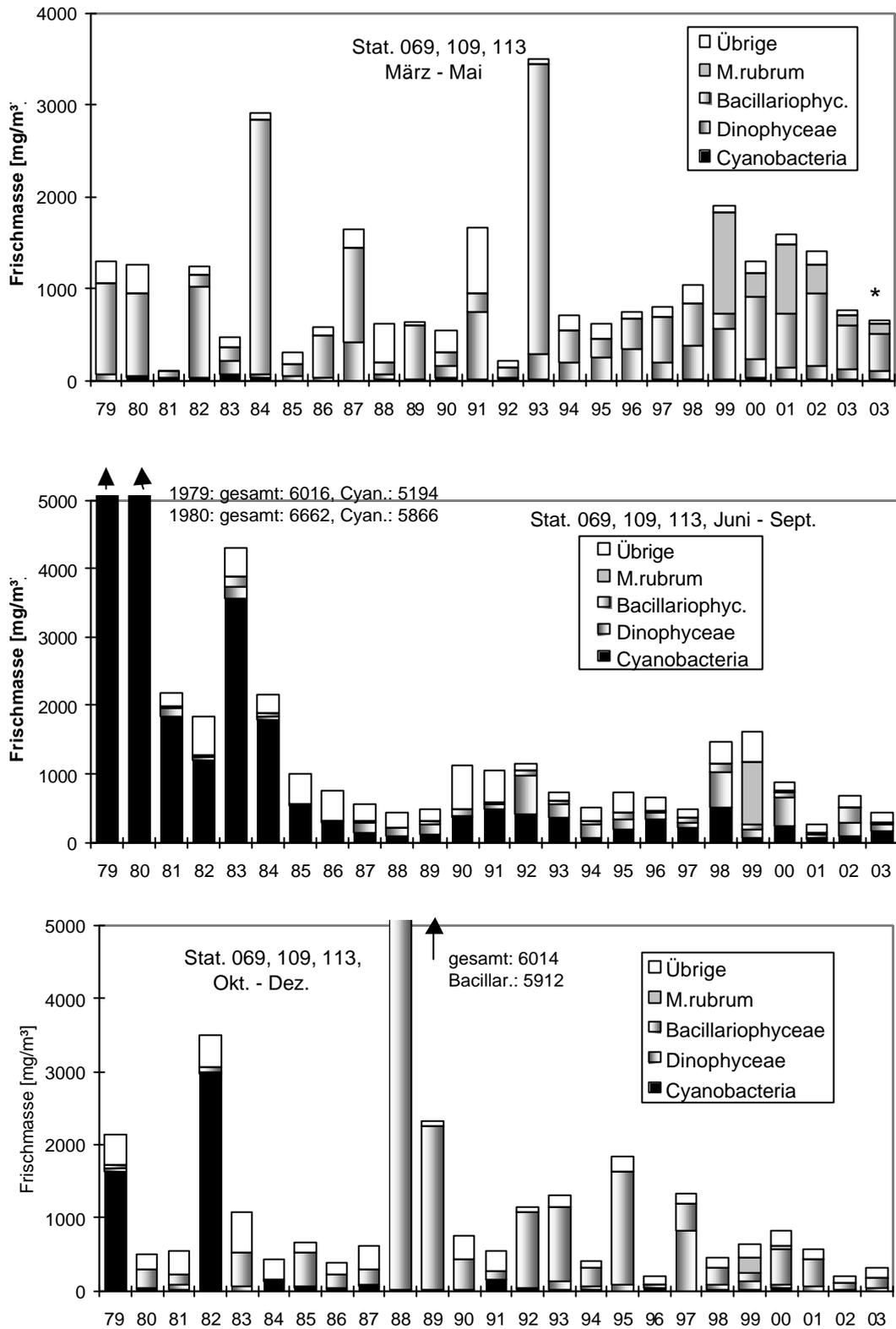


Abb. 18

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2003, für Frühjahr, Sommer und Herbst, in der zentralen Arkonasee (Stat. 069, 109 und 113 zusammengefasst). Der Stern zeigt Säule von Febr-Mai 2003. Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt

Fig. 18

Trends in biomass of the main phytoplankton groups in spring, summer and autumn 1979-2003 in the central Arkona Sea (Stat. 069, 109 and 113 pooled). The asterisk marks column Febr-March 2003. Until 1998, *Mesodinium rubrum* was counted as „Others“ („Übrige“)

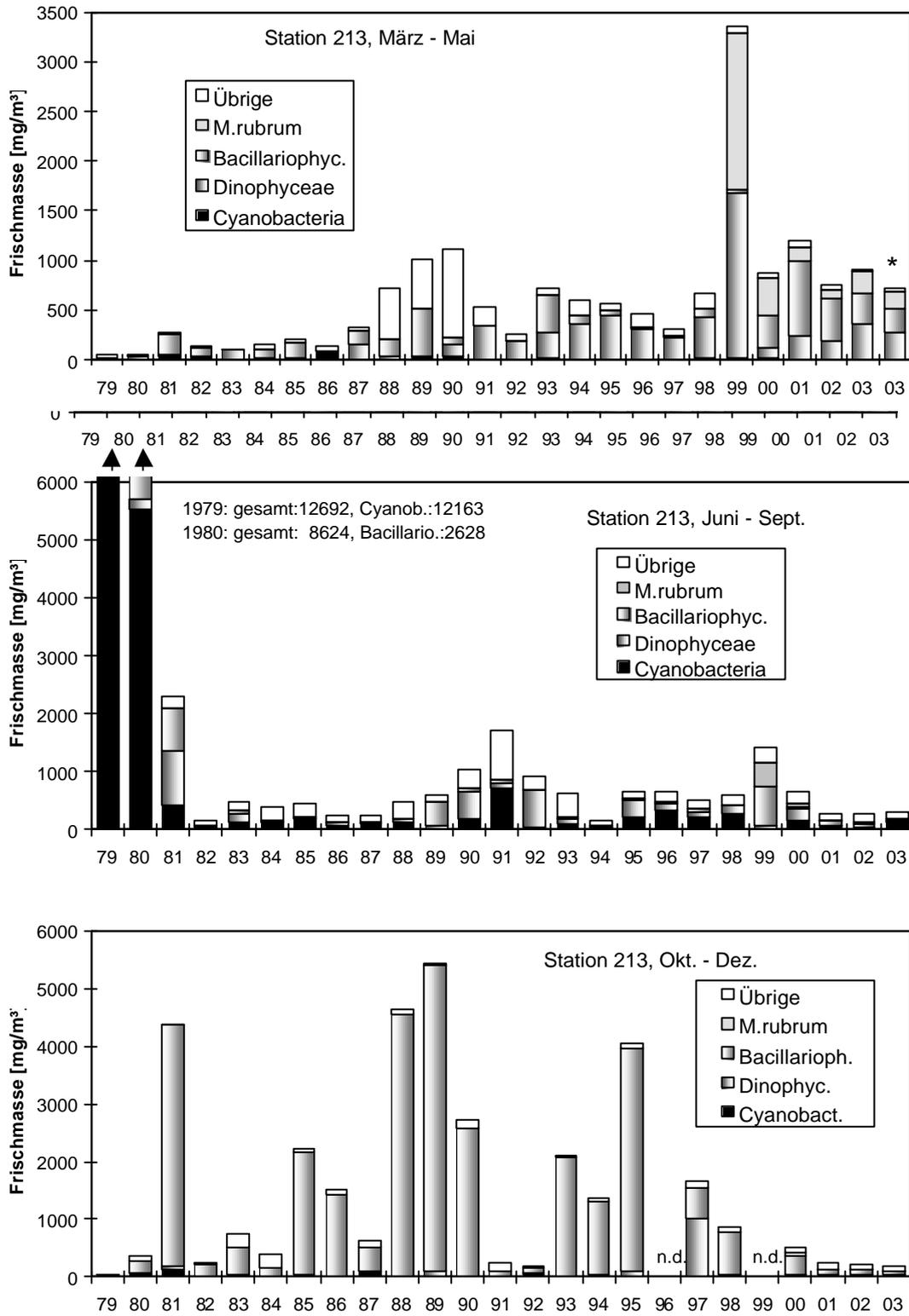


Abb. 19

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2003, für Frühjahr, Sommer und Herbst, in der Bornholmsee. Der Stern zeigt Säule von Febr-Mai 2003. Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt.

Fig. 19

Trends in biomass of the main phytoplankton groups in spring, summer and autumn 1979-2003 in the Bornholm Sea. The asterisk marks column February-March 2003. Until 1998, *Mesodinium rubrum* was counted as „Others“ („Übrige“).

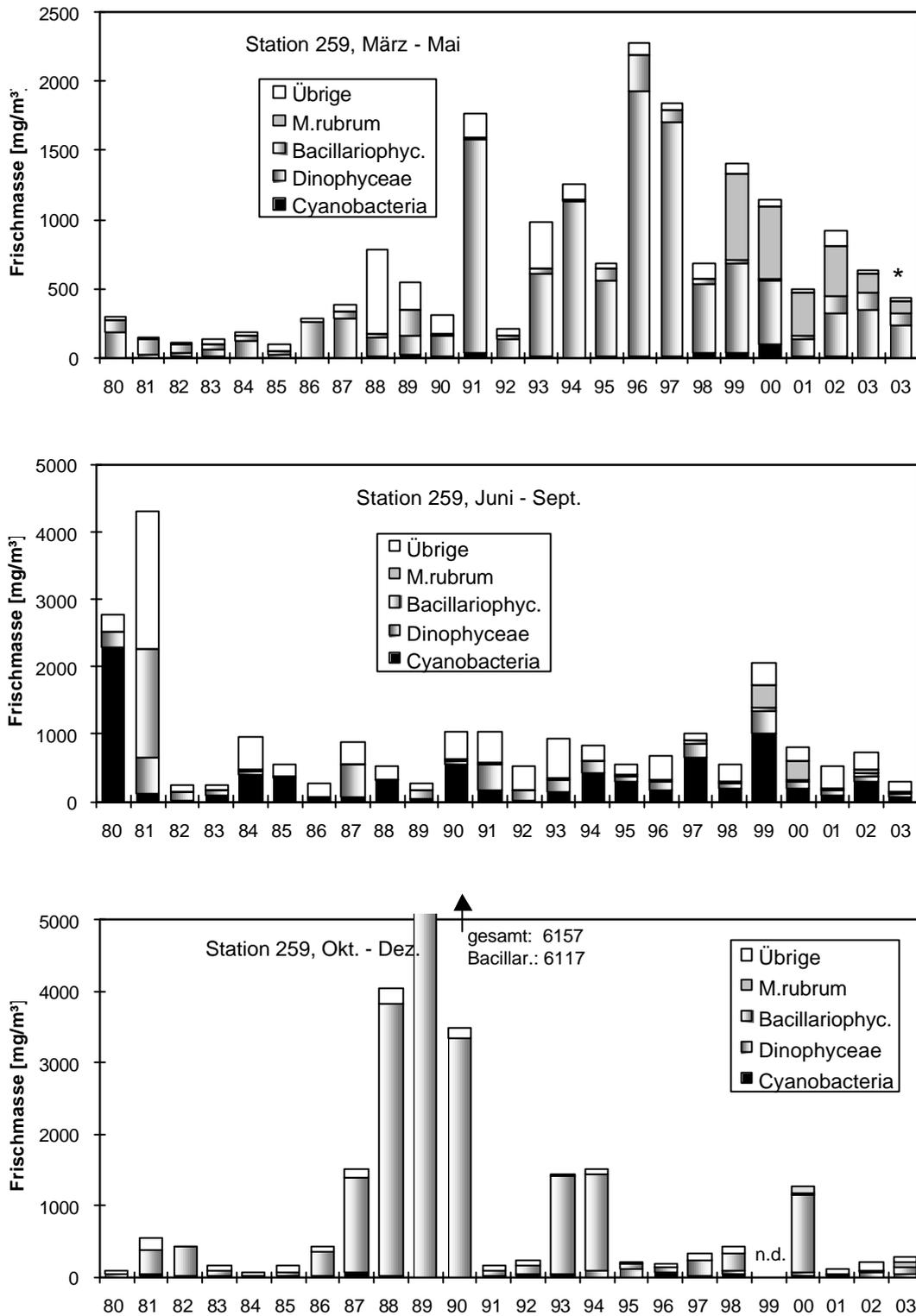


Abb. 20

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2003, für Frühjahr, Sommer und Herbst, in der südl. Gotlandsee. Der Stern zeigt Säule von Febr.-Mai 2003. Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt.

Fig. 20

Trends in biomass of the main phytoplankton groups in spring, summer and autumn 1979-2003 in the southern Gotland Sea. The asterisk marks column February-March 2003. Until 1998, *Mesodinium rubrum* was counted as „Others“ („Übrige“).

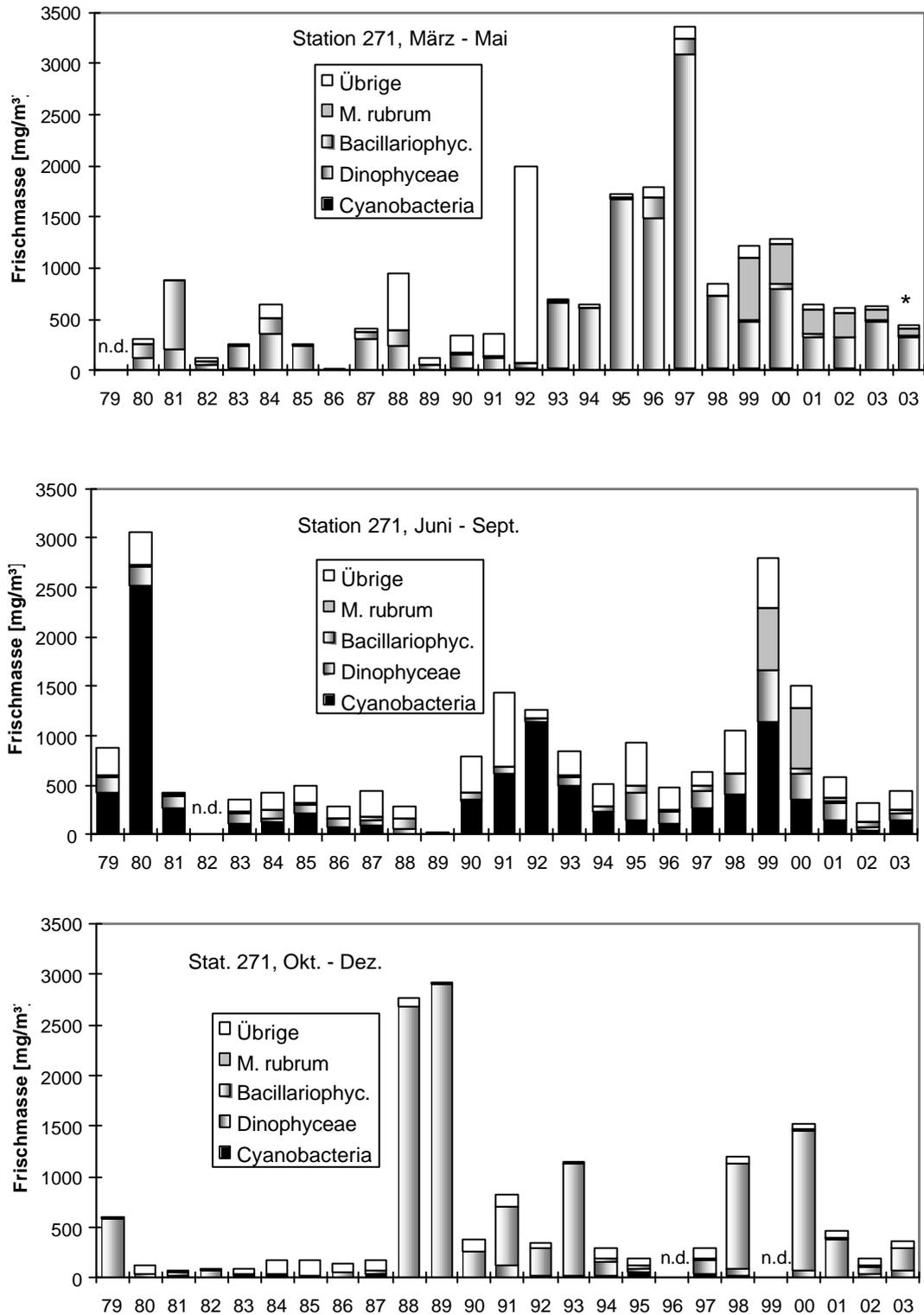


Abb. 21

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2002, für Frühjahr, Sommer und Herbst, in der östl. Gotlandsee. Der Stern zeigt Säule von Febr.-Mai 2003. Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt.

Fig. 21

Trends in biomass of the main phytoplankton groups in spring, summer and autumn 1979-2002 in the eastern Gotland Sea. The asterisk marks column February-March 2003. Until 1998, *Mesodinium rubrum* was counted as „Others“ („Übrige“).

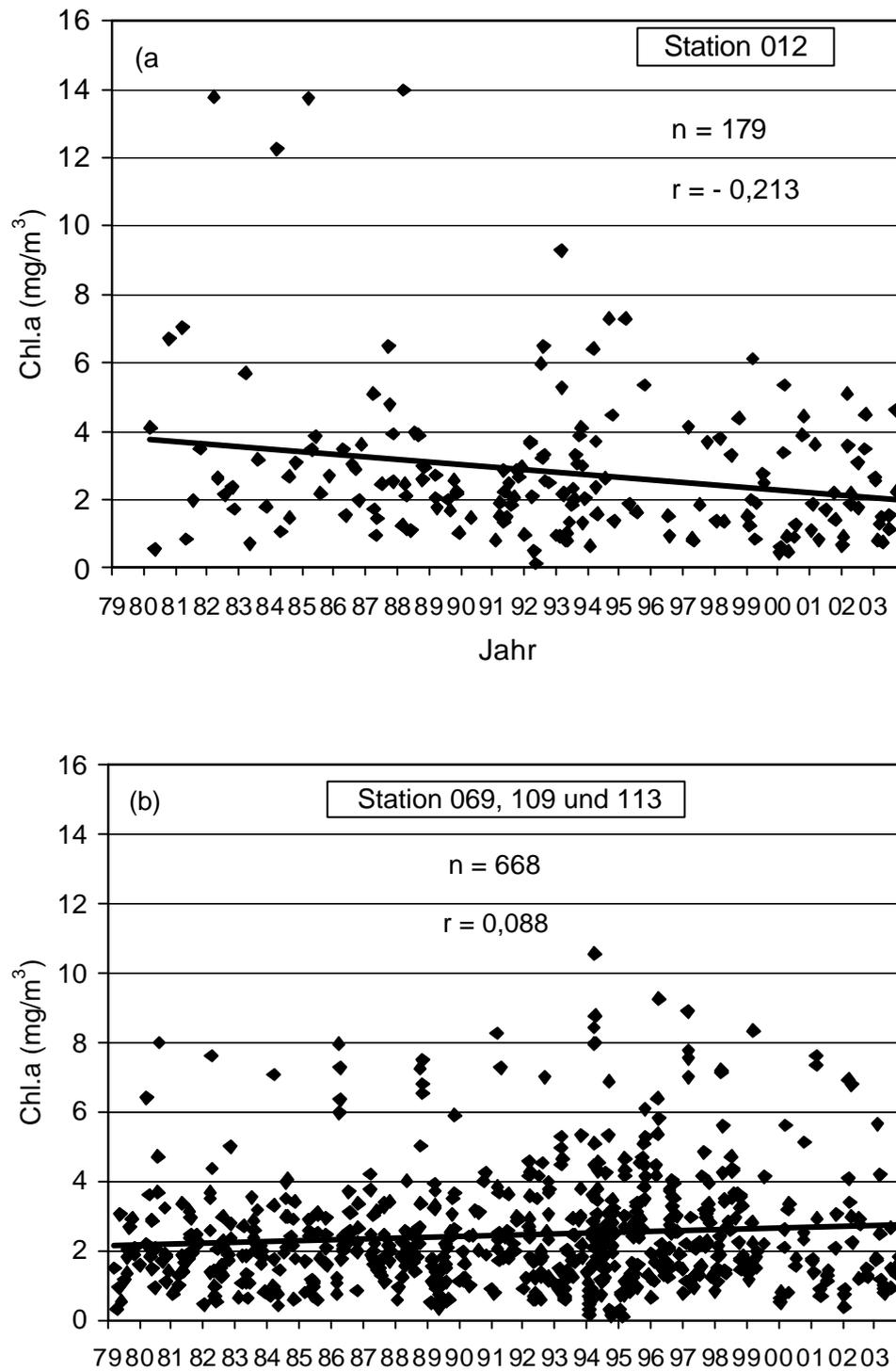


Abb. 22

Trend 1979-2003 der Chlorophyll *a* –Konzentration (Mittelwerte aus 0-10 m Wassertiefe) in (a) der Mecklenburger Bucht und (b) der Arkonasee

Fig. 22

Trend 1979-2003 of the chlorophyll *a* concentration (mean of 0-10 m depth) in (a) Mecklenburg Bight and (b) Arkona Sea

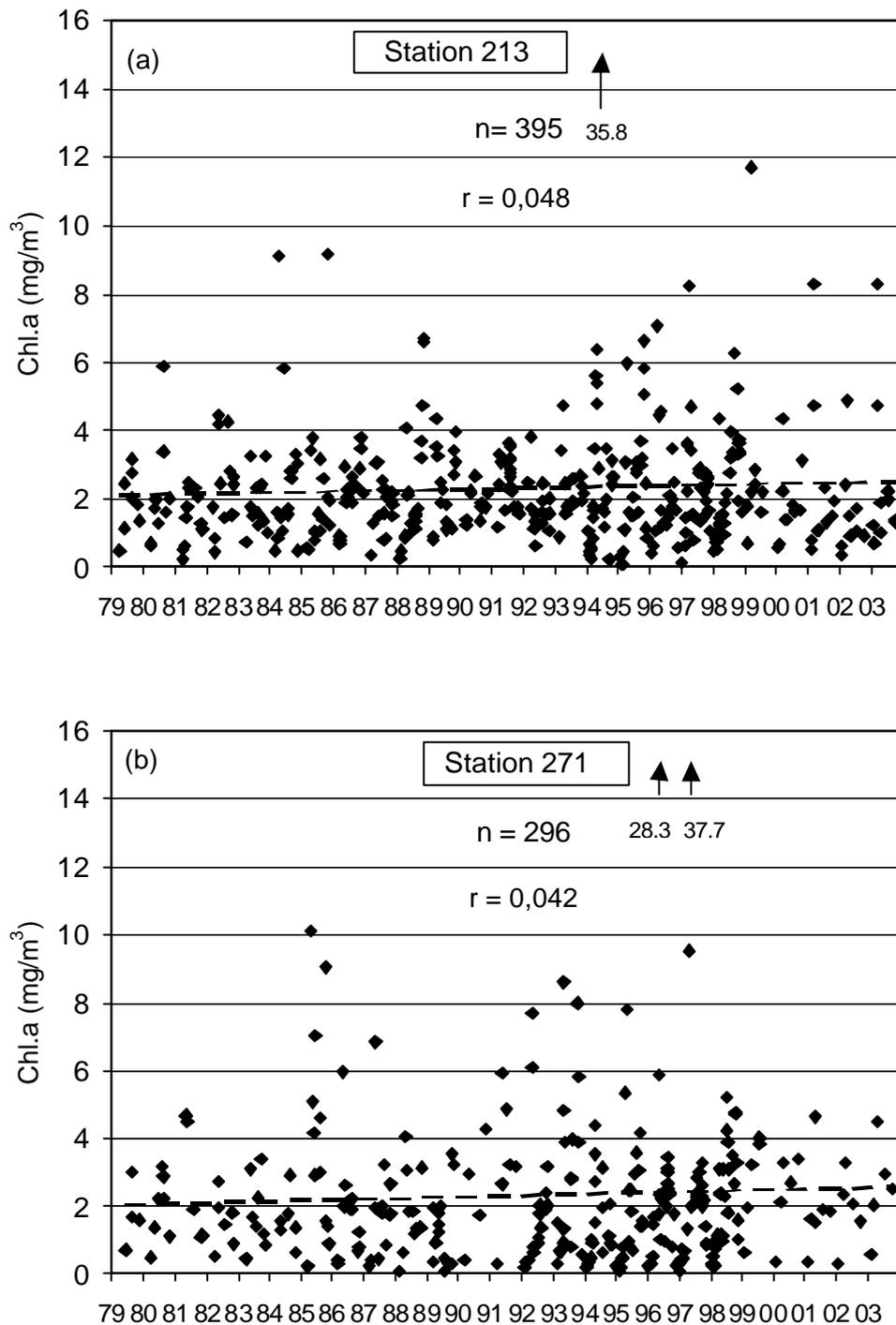


Abb. 23

Trend 1979-2003 der Chlorophyll *a* –Konzentration (Mittelwerte aus 0-10 m Wassertiefe) in (a) der Bornholmsee und (b) der östlichen Gotlandsee

Fig. 23

Trend 1979-2003 of the chlorophyll *a* concentration (mean of 0-10 m depth) in (a) Bornholm Sea and (b) eastern Gotland Sea

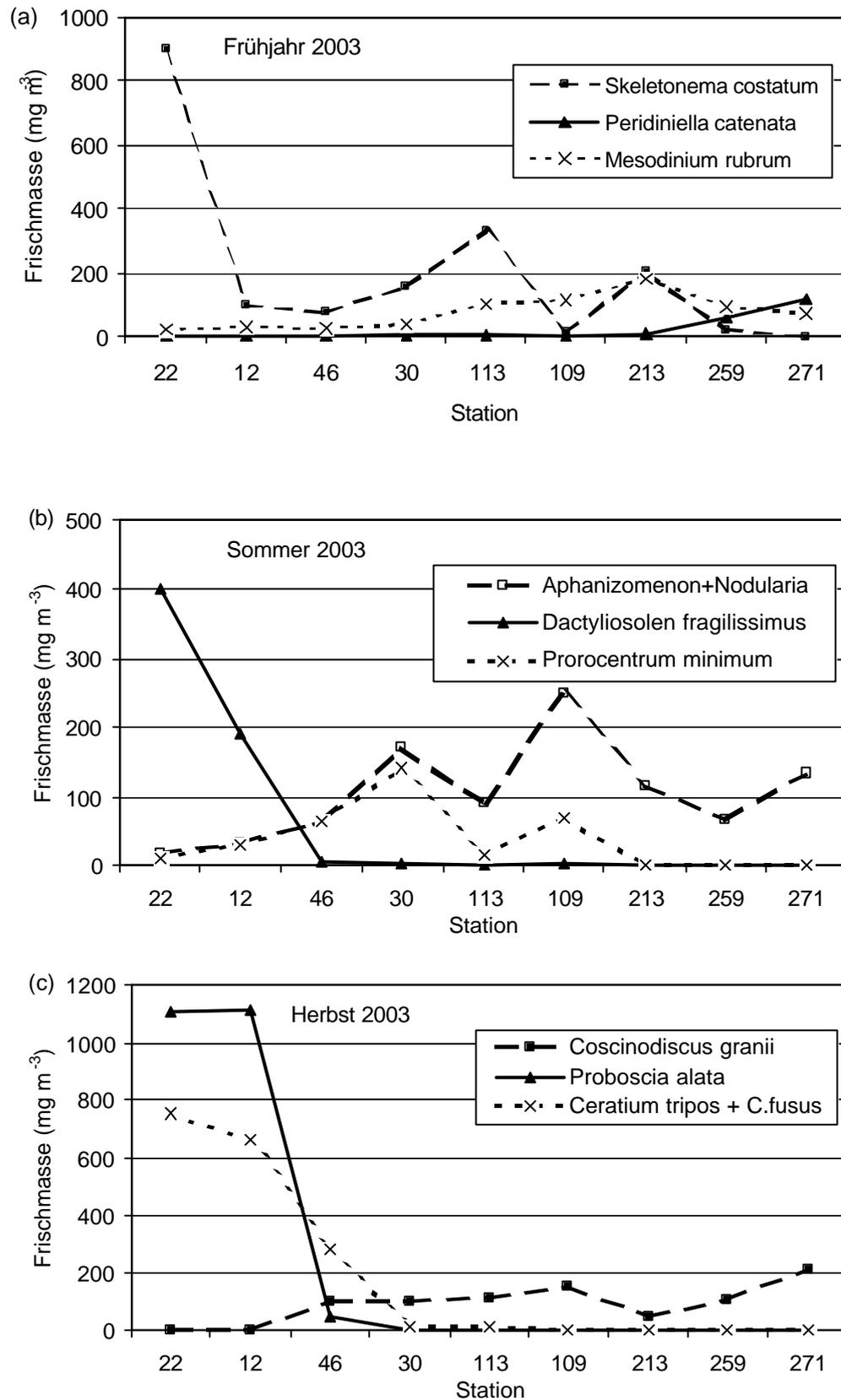


Abb. 24

Biomasseverteilung ausgewählter Arten entlang eines Längsschnittes durch die Ostsee im Februar-Mai (a), Juni-September (b) und Oktober-Dezember (c) 2003.

Fig. 24

Biomass of selected species along a transect through the Baltic Sea in February-May (a), June-September (b) and October-December (c) 2003.

4.1.7 Räumliche Phytoplanktonverteilung

Wie bereits oben gezeigt wurde, unterscheidet sich sowohl die zeitliche Entwicklung als auch die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons in den einzelnen Seegebieten. Bereits ab dem Jahre 1997 wurde pro Seegebiet nur noch eine zentrale Station beprobt. Lediglich in der Arkonasee wurden zwei Stationen (109 und 113) beibehalten. Außerdem behielten wir zwei Stationen im Übergangsbereich zwischen Mecklenburger Bucht und Arkonasee (Stat. 046, 030) und zwei Küstenstationen (O22 und OB). Dies ermöglicht uns nach wie vor, die Verteilung der Arten auf einem Längsschnitt durch die Ostsee (ohne Pommersche Bucht) zu verfolgen. In Abb. 24 sind die Biomassen der drei wichtigsten Arten jeder Saison auf diesem Längsschnitt dargestellt. Sie zeigen vom Grundsatz her die gleiche, hauptsächlich vom Salzgehalt bestimmte Verteilung wie im Vorjahr (WASMUND et al. 2003). Im Detail kommt es jedoch zu Verschiebungen. So war beispielsweise im Jahre 2002 *Dactylosolen fragilissimus* an Station 046 und *Coscinodiscus granii* an Station 012 noch stark vertreten, im Jahre 2003 aber nicht mehr. Im Jahre 2001 zeigte die Sommer-Blüte von *Dactylosolen fragilissimus* ihre Verbreitungsgrenze zwischen den Stationen 030 und 113 (WASMUND et al. 2002). Gerade in der Mecklenburger Bucht und der Arkonasee wird die Verteilung stark von der Strömungssituation abhängig sein. Die Grenze zwischen diesen beiden Seegebieten ist vom Standpunkt der Artenzusammensetzung des Planktons also fließend. Die Station 259 im südlichen Teil der Gotlandsee stellt ein Bindeglied zwischen Bornholmsee und östlicher Gotlandsee dar, was aus der relativ kontinuierlichen Zu- oder Abnahme einzelner Arten im räumlichen Gradienten geschlussfolgert werden kann.

4.2 Mesozooplankton

4.2.1 Abundanz

Im Jahre 2003 lag die Abundanz im Mittel über alle Terminfahrten etwa um die Hälfte unter der des Vorjahres. Das zeigen zunächst die Gesamt - Abundanzen auf der Station im zentralen Arkonabecken (Station 113) bzw. der östlich von Gotland (Station 271). Abb. 25 macht das für die Summe der mittleren Abundanzen oberhalb der Haloklinen deutlich.

Tabelle 8 enthält die Details. Variationskoeffizienten (Standardabweichung dividiert mit Mittelwert und multipliziert mit 100) sind ein Index für die Variabilität. Die zwischenjährlichen Schwankungen sind demnach sowohl in der Arkonasee (141%) als auch östlich von Gotland (110%, 143%) unterhalb der Haloklinen größer als darüber (88% bzw. 134 und 88%). Die 134% in der oberflächennahen Schicht auf Station TF0271 wird durch kurzzeitige Massenaufkommen von *Bosmina* spp. (Cladocera) z.B. im August 1994 erzeugt.

Ein Blick auf die Termine, an denen die verzeichneten Minima bzw. Maxima auftraten, weist darauf hin, dass die Verhältnisse in der Arkonasee vornehmlich in der gesamten Wassersäule von der Temperatur abhängig sein müssen. Die Minima fallen in die Zeit nach kalten Wintern. Sie waren nach dem schneereichen Winter im Februar 1979 in den oberen 25 m zu verzeichnen und im März nach dem Eiswinter 80/81 sogar in der Tiefenschicht. Die Maxima fielen in der gesamten Wassersäule in die späten 90er Jahre, speziell in den August 1997 und den Mai 1998.

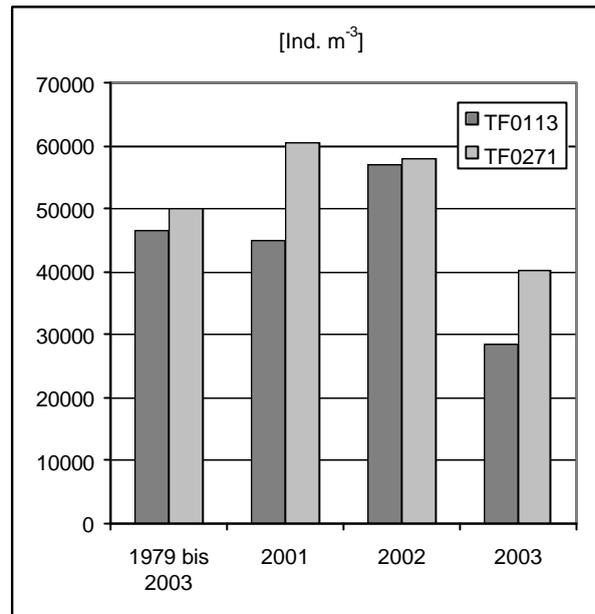


Abb. 25

Summe der mittlere Abundanz des Mesozooplanktons (Ind. m³) aus den beprobten Schichten oberhalb der Haloklinen der letzten drei Jahre verglichen mit den Verhältnissen zwischen 1979 und 2003 in der zentralen Arkonasee (Station 113) und östlich von Gotland (Station 271)

Fig. 25

Sum of average mesozooplankton abundance (Ind. m³) from layers above the halocline of the last three years compared with those of the period between 1979 and 2003 in the central Arkona Sea (station 113) and east of Gotland island (station 271)

In der Gotlandsee fielen die Minima in der gesamten Wassersäule an das Ende der längeren Stagnationsperiode, die Zeit ohne Erneuerung des Tiefenwassers zwischen 1986 und 1993 (MATTHÄUS und LASS 1995). In Richtung zunehmender Tiefe betrachtet, wurden sie im November 91, September 92, September 92 und April 91 beobachtet. Die Maxima (301 844 bzw. 50 272 Ind. m³) fielen in der Gotlandsee in den Schichten oberhalb der Haloklinen in die Sommer 1983 und 1998. Unterhalb davon scheint der Salzgehalt im Verbund mit der Sauerstoffkonzentration von entscheidender Bedeutung zu sein. Hier lagen die Maxima (24 000 bzw. 7 064 Ind. m³) jeweils im November 1980, in die Zeit nach bzw. zu den aufeinander folgenden starken und mittelstarken Salzwassereintrüben von 1978, 1979 und 1980.

In Tabelle 9 und Abb. 26 wird deutlich, auf welche taxonomischen Gruppen der Abundanzrückgang im Jahre 2003 zurückzuführen ist. Das betrifft die abundanzstärksten Gruppen, die Rotatoria und die Cladocera (*Bosmina* spp., am 2.8., Stat. 030, 0-9 m). Die seit 1991 registrierten Maxima von je einer halben Million Ind. m³ für Rotatoria bzw. Cladocera werden fast um den Faktor 5 unterschritten.

Tab. 8

Langzeit- und Jahresstatistik der Mesozooplankton – Abundanz (Ind. m³) in den hydrographisch unterschiedlichen Tiefenhorizonten der zentralen Arkonasee (Station 113) und der östlichen Gotlandsee (Station 271)

Table 8

Long-term and annual statistics of mesozooplankton abundance (Ind. m³) within the typical hydrographical strata of the central Arkona Sea (station 113) and east of Gotland island (station 271)

TF113		Oberfläche bis Thermo-/ Halokline	Thermo-/ Halokline bis Boden		
1979-2003	Mittelwert	29 929	16 811		
	Standardabweichung	26 730	24 353		
	Minimum	268	484		
	Maximum	156 695	212 100		
	Anzahl der Werte	158	139		
2001	Mittelwert	31720	13 171		
	Standardabweichung	21191	7 154		
	Minimum	5381	3 680		
	Maximum	60800	24 267		
	Anzahl der Werte	8	6		
2002	Mittelwert	40 772	16 376		
	Standardabweichung	47 184	31 897		
	Minimum	2 843	1 323		
	Maximum	124 554	94 971		
	Anzahl der Werte	8	8		
2003	Mittelwert	20 336	8 019		
	Standardabweichung	12 983	4 657		
	Minimum	7 404	2 337		
	Maximum	42 772	16 200		
	Anzahl der Werte	9	9		
TF271		Oberfläche bis Thermokline	Thermokline bis Halokline	Halokline bis suboxische Verhältnisse	Suboxische verhältnisse bis Boden
1979-2003	Mittelwert	30 976	10 842	3 758	814
	Standardabweichung	44 154	9 842	4 140	1 225
	Minimum	639	206	11	7
	Maximum	301 844	50 272	24 000	7 064
	Anzahl der Werte	158	103	126	56
2001	Mittelwert	38 314	20 766	1 526	288
	Standardabweichung	41 120	16 622	1 142	288
	Minimum	2 847	6 421	502	89
	Maximum	116 600	39 936	3 477	658
	Anzahl der Werte	7	4	7	6
2002	Mittelwert	46 360	9 342	2 176	
	Standardabweichung	61 115	3 662	2 060	
	Minimum	2 611	6 752	601	
	Maximum	145 778	11 934	5 230	
	Anzahl der Werte	5	2 (nur Mai, Juli)	5	
2003	Mittelwert	27 949	8 012	4 172	1 328
	Standardabweichung	39 265	11 755	5 467	765
	Minimum	3 648	1 194	1 194	734
	Maximum	96 960	28 757	28 757	2 192
	Anzahl der Werte	5	5	5 (ohne Mai)	3 (März, Juli, Okt.)

Tab. 9

Maximale Abundanz (Ind. m⁻³) der fünf holo- und drei meroplanktischen Gruppen in allen im Jahre 2003 gewonnenen Proben (siehe Tab. 2), im Vergleich mit der Rangordnung aus den Jahren 1991 - 95 und den Ergebnissen von 1999 bis 2002 (Maxima innerhalb der Taxa dick gedruckt). Die vorletzte Zeile erlaubt den prozentualen Vergleich der Summe aller Werte für 2000, 2001, 2002 bzw. 2003 mit derjenigen des Vergleichszeitraumes von 1991–95, die letzte den Vergleich der maximalen Wassertemperatur in der Gotlandsee.

Table 9

Maximum abundances (Ind. m⁻³) of five holo- and three meroplanktic groups of all samples collected during 2003 (cf. Table 2), compared with the situation of the first decade of the nineties and with the results from 1999 to 2002 (maxima within the taxa in bold letters). The penultimate panel allows the relative comparison between the sum of all abundances per year with the reference period of 1991-95. The lowest row includes the maximum water temperature east of Gotland island.

Taxa	Maximale Abundanz (Ind.*m ⁻³)					
	1991 - 1995	1999	2000	2001	2002	2003
<i>Rotatoria</i>	500 000	101 500	350 000	135 000	124 000	152 700
<i>Cladocera</i>	245 000	357 900	60 000	130 000	564 600	116 600
<i>Calanoida</i>	68 000	24 800	30 400	25 900	31 600	30 4000
<i>Cyclopoida</i>	14 000	8 533	8 000	9 500	4 700	35 300
<i>Appendicularia</i>	8 000	4 700	3 500	12 000	13 800	8 300
<i>Polychaeta</i> - Larven	5 000	3 500	3 000	2 000	3 900	53 800
<i>Bivalvia</i> - Larven	4 000	10 200	9 000	28 000	12 100	37 300
<i>Gastropoda</i> - Larven	500	900	800	1 300	2 200	2 000
Summe	100%	61%	55%	41%	89%	52%
Maximale Wassertemperatur, mittlere Gotlandsee	22°C	21°C	17°C	20°C	20°C	21°C

Im Fall der Rotatorien ist zunächst angenommen worden, dass sich die niedrigen Frühjahrstemperaturen negativ ausgewirkt haben. Sie sind in Abb. 27 für die oberen 10 m auf den Stationen 113 und 271 dargestellt worden. Demnach lagen sie bis Anfang Mai noch unter dem für *Synchaeta* spp. als optimal geltenden Bereich zwischen 5 und 10°C (POSTEL, in v. BODUNGEN et al. 1996). Allerdings traten gerade die höchsten Konzentrationen im März in der Pommerschen Bucht auf, als die Temperaturen noch bei 2 bis 3°C lagen (Abb. 28). Diese Abbildung enthält ferner den Chlorophyllgehalt, mit dem die *Synchaeta* spp. – Abundanz in Frühjahr augenscheinlich korreliert. Das hieße, die Abhängigkeit zur Temperatur ist eher indirekter Natur. Entscheidend ist das Nahrungsangebot. Diese Übereinstimmung ließ sich im Fall des absoluten Chlorophyllmaximums im März von ca. 3 mg m⁻³ und einer Temperatur von 2.3 °C in den oberen Metern der Bornholmsee (Station 213) nicht bestätigen. Hier lagen der Chlorophyll – Gehalt über dem der Pommerschen Bucht, die Rotatorien-Abundanzen jedoch nur bei 240 Ind. m⁻³. Die Erklärung liegt wahrscheinlich im qualitativen Nahrungsbedarf der Rotatorien, die eher Teil eines mikrobiellen Nahrungskreislaufes sind, der in der abklingenden Phase der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons an Bedeutung gewinnen mag.

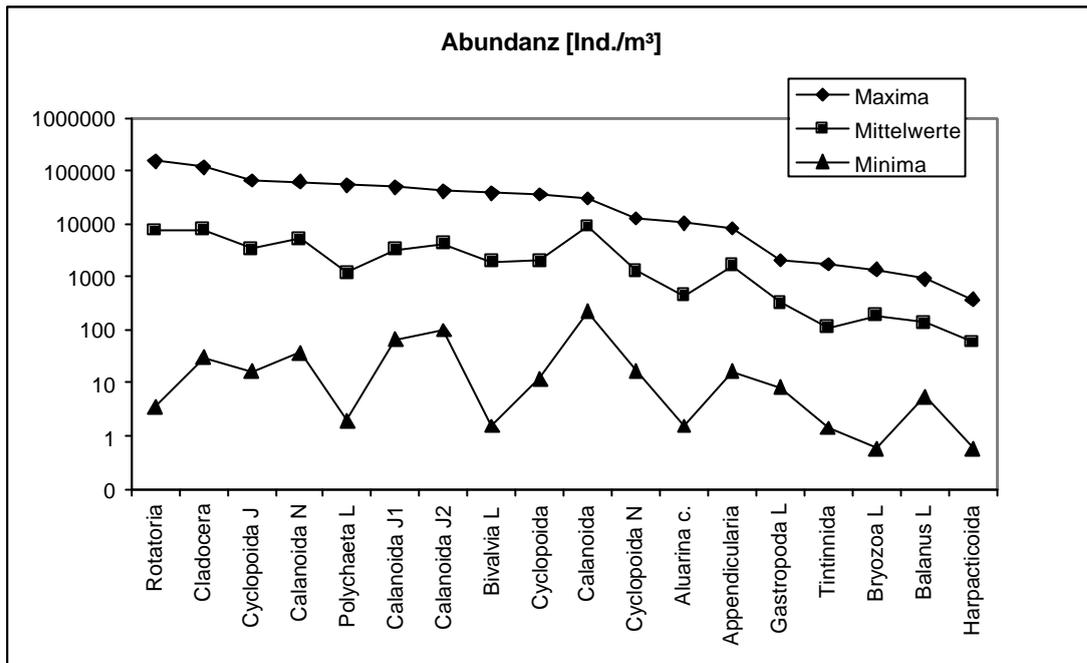


Abb. 26

Abundanz – Mittelwerte, Maxima und Minima der zwischen Kieler Bucht und östlicher Gotlandsee im Jahre 2003 vertretenen taxonomischen Gruppen und Entwicklungsstadien (N = Nauplia, J1 = Copepoditstadium 1-3, J2 = Copepoditstadium 4 – 5, L = Larven), unabhängig vom Tiefenniveau und geordnet nach Mittelwerten

Fig. 26

Averages, maxima and minima of the abundance of taxonomic groups, partly separated into developmental stages (N = nauplia, J1= copepodite stages 1 - 3, J2 = copepodite stages 4 – 5, L = larvae) independent on depth, from all stations from Kiel Bight to the eastern Gotland Sea in 2003 (order according averages)

Vermutlich sind die optimalen Bedingungen für die zweite Gruppe, die Cladocera ebenfalls komplexerer Natur, als bisher für die Ostsee beschrieben. Nach HERNROTH und ACKEFORS (1979) sind Temperaturen von mehr als 16 °C die Voraussetzung von Massenentwicklungen von *Bosmina* spp., die zum Untersuchungstermin vorlagen (Abb. 27). Es kann an dieser Stelle jedoch nur spekuliert werden, ob sich die im Sommer 2003 überproportional günstig entwickelten Blaualgen (siehe Kap. 4.1.1) schädlich auf die Cladoceren auswirkten.

Andererseits war 2003 eine hohe Konzentration an meroplanktischen Larven zu verzeichnen, im Fall der *Polychaeta*- und *Bivalvia*- Larven die höchsten im Vergleichszeitraum (Tab. 9). Die Konzentration der Larvenformen der im Benthos lebenden adulten Organismen lag in den flacheren Seegebieten der westlichen Ostsee über 1000 Ind. m⁻³. Östlich Bornholms waren mehrere hundert Ind. m⁻³ zu verzeichnen und in den Tiefen des über längere Zeiträume abiotischen Gotlandbeckens traten wieder einige 10 Ind. m⁻³ auf. Einzelne Exemplare waren sogar unterhalb der anoxischen Zwischenschicht, im eingeströmten oxischen Tiefenwasser zu beobachten.

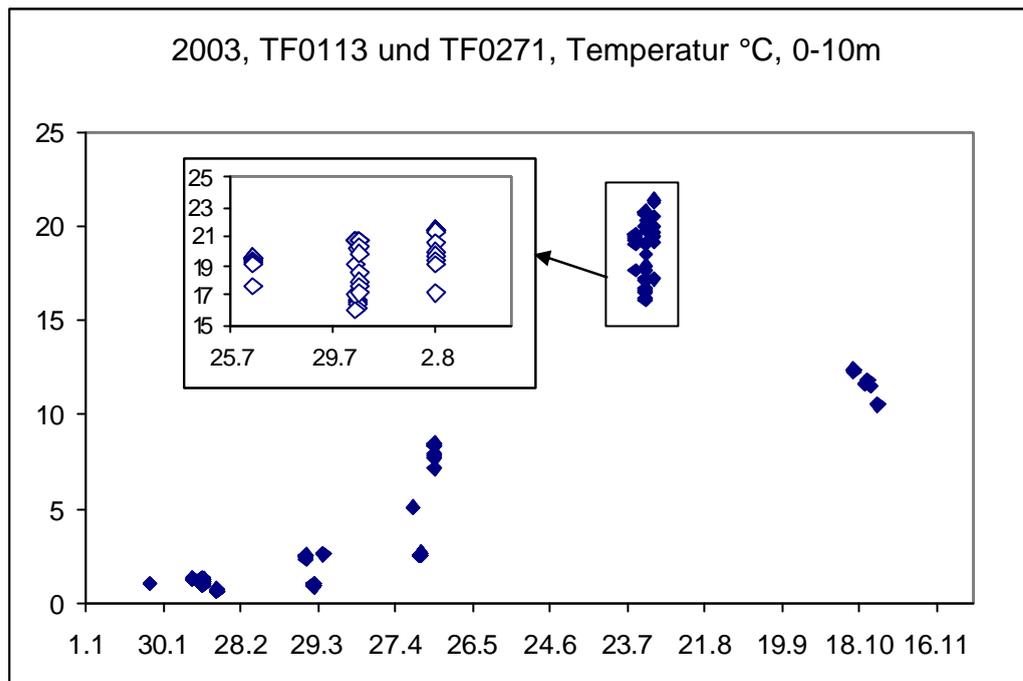


Abb. 27

Temperatur in den oberen 10 m während der Terminfahrten 2003 auf den Stationen 113 und 271 in der zentralen Arkonasee und östlich von Gotland

Fig. 27

Temperature of the upper 10 m of the water column, registered during the cruises in 2003 at stations 113 and 271

Die absoluten Maxima (54 und 22 Tausend Ind. m^{-3}) wurden zusammen mit der höchsten Rotatorien - Konzentration im März in der Pommerschen Bucht verzeichnet, gefolgt von einem zweiten Pik im Oktober (4533 Ind. m^{-3}). Ähnliche Verhältnisse in Abhängigkeit zur Beckentiefe und in Bezug auf das Gotlandbecken galten auch für *Bivalvia* Larven, nur dass deren höhere Konzentrationen in der Kieler und Mecklenburger Bucht und im Bereich der Kadet-Rinne zu finden waren und nicht in der Pommerschen Bucht und dann auch im Sommer bis Herbst.

Die cyclopoiden Copepoda sind eine weitere Gruppe, die 2003 durch hohe Abundanzen auf sich aufmerksam machte. Hier handelt es sich fast ausschließlich um den euryhalinen Vertreter *Oithona similis*. Diese Art ist typisch für die westliche Ostsee und kommt beispielsweise in der Kieler Bucht in Konzentrationen von mehreren Tausend Ind. m^{-3} im oberflächennahen Bereich vor. Östlich der faunistischen Grenze, der Darßer Schwelle, hält sich diese Art vornehmlich im salzreichen Tiefenwasser auf, ein Vorgang den REMANE (1940) als Submergenz bezeichnete. In der Arkonasee sind tägliche Vertikalwanderungen nur auf den Bereich unterhalb der Haloklinen beschränkt (SCHUBERT, 2002). Eine vertikal höher aufgelöste Beprobung auf der Station 046 zeigte, dass mit zunehmender Tiefe die Abundanz dieser Art von 2400 Weibchen m^{-3} in den oberen 5 m auf 31 500 Weibchen m^{-3} zwischen 18 und 22 m anstieg. In dieser salzreichen Schicht waren über 64 000 Copepoditstadien anzutreffen, 3000 Männchen und fast 7000 Nauplien m^{-3} . Mit dem Vordringen des salzreichen Tiefenwassers werden auch über längere Perioden abiotische Zonen wiederbesiedelt.

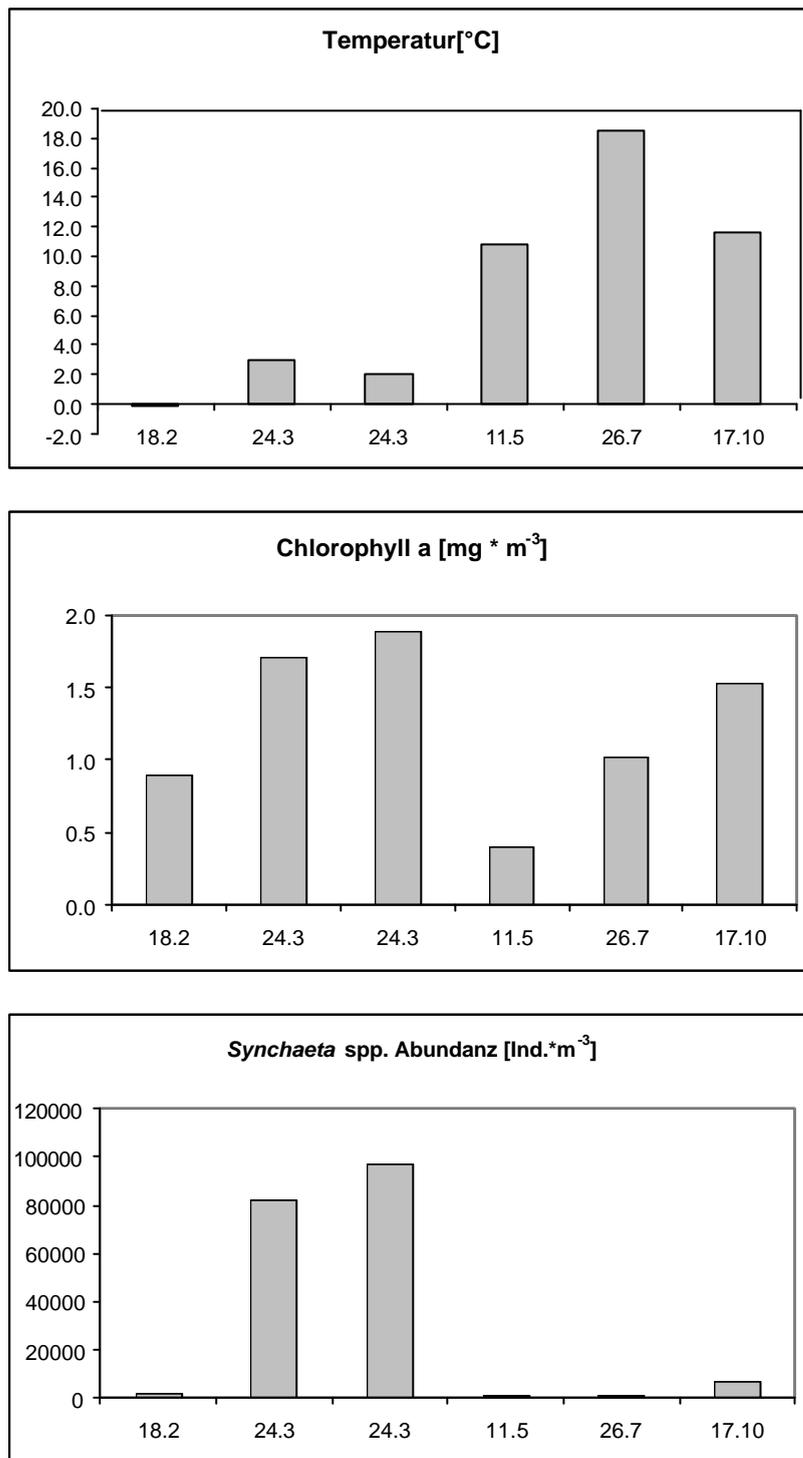


Abb. 28

Mittelwerte über die mit dem Planktonnetz beprobten Tiefenstufen von Temperatur, Chlorophyll-a-Gehalt und *Synchaeta* spp.- Abundanz in der Pommerschen Bucht während der Terminfahrten 2003

Fig. 28

Temperature, chlorophyll-a concentration and *Synchaeta* spp. abundance averaged over the plankton net sampling depths in Pomeranian Bay during the Terminfahrten in 2003

Oithona similis ist dafür ein guter Indikator, wie Abb. 26 zeigt. Hier machte sich die lang anhaltende Stagnationsperiode zwischen 1985 und 1993 besonders deutlich bemerkbar. Ab 1988 bis 1992 fehlte diese Art unterhalb der Haloklinen des Gotlandbeckens. 2003 war ein deutlicher Konzentrationszuwachs zu verzeichnen.

Die calanoiden Copepoden ändern sich mit ca. 30 Tausend Ind. m^{-3} in der Summe ihrer maximalen Abundanz kaum, wohl aber schwanken die Konzentrationen relativ zueinander. Bei einer Höchsttemperatur von 21°C (in der östlichen Gotlandsee) waren 2003 die Formen des Sommerplanktons begünstigt, d.h. im Fall der Calanoida die Art *Centropages hamatus*. Mit über 6200 adulten Ind. m^{-3} wurde die höchste Abundanz im Vergleichszeitraum beobachtet, im Juli in den oberen 5 m der Kieler Bucht (Stat. 360). Infolge der des Salzwassereinstroms waren 2003 auch mehr *Pseudocalanus/Paracalanus* zu verzeichnen. Zu den maximal 2000 Ind. m^{-3} an *Pseudocalanus* spp. im Juli kamen 1400 Ind.* m^{-3} *Paracalanus parvus* im Oktober hinzu, beides im Bereich der Darßer Schwelle. Die Konzentration der Adulti wurde in beiden Fällen von den Entwicklungsstadien um den Faktor 10 übertroffen. Insgesamt machten *Acartia*-Arten den Hauptanteil der Calanoida aus. Es ergab sich folgende Reihenfolge: *Acartia bifilosa* (8700 Ind. m^{-3}), *Temora longicornis* (8200 Ind. m^{-3}), *Centropages hamatus* (6200 Ind. m^{-3}), *Pseudocalanus/Paracalanus* (3300 Ind. m^{-3}), *Acartia tonsa* (2100 Ind.* m^{-3}), *Acartia longiremis* (1300 Ind. m^{-3}) und *Eurytemora affinis* (600 Ind. m^{-3}).

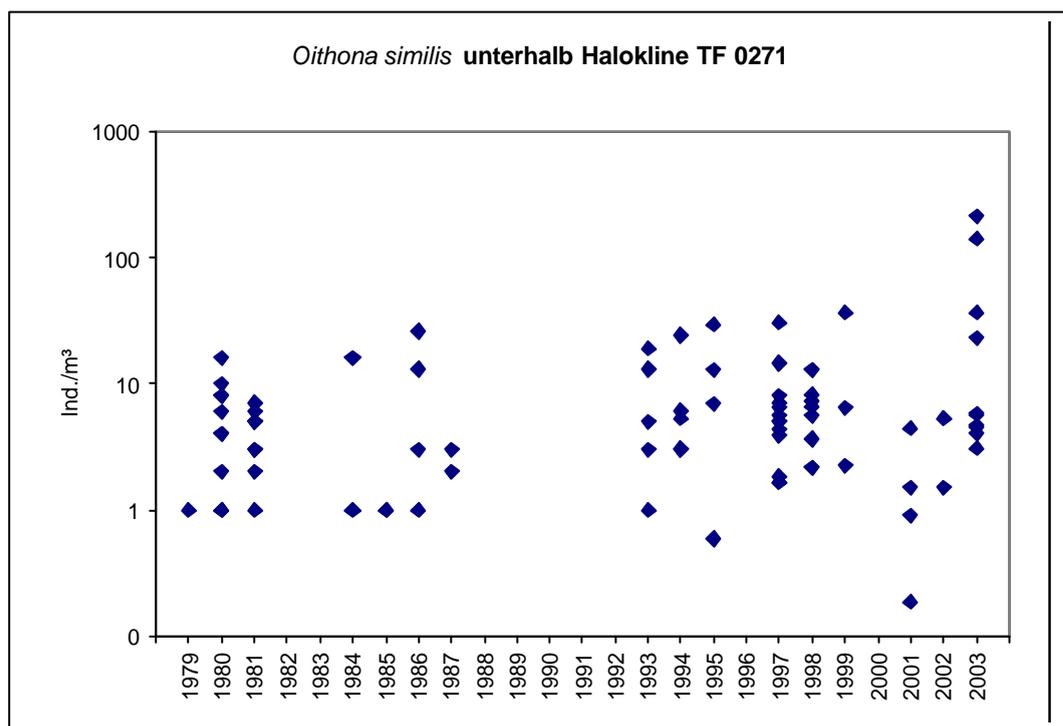


Abb. 29

Oithona similis - Abundanz unterhalb der Haloklinen des Gotlandtiefs zwischen 1979 und 2003 als Indikator für biotische Phasen im Tiefenwasser

Fig. 29

Oithona similis abundance below the halocline as an indication of the shift between abiotic and abiotic phases in deep water east of Gotland island between 1979 and 2003

4.2.2 Artenspektrum

Tab. 10:

Jahreszeitliche Präsenz der zwischen 1999 und 2003 identifizierten taxonomischen Gruppen des mittelgroßen Zooplanktons von der Kieler Bucht bis in die mittlere Gotlandsee (L = Larven)

Table 10

Seasonal presence of mesozooplankton taxa from Kiel Bight to central Gotland Sea between 1999 and 2003 (L = larvae)

	Februar					März					Mai					August					Oktober					
	1999	2000	2001	2002	2003	1999	2000	2001	2002	2003	1999	2000	2001	2002	2003	1999	2000	2001	2002	2003	2000	2001	2002	2003		
<i>Protozoa</i>																										
<i>TINTINNOPSIS</i> SPP.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>NOCTILUCA SCINTILLANS</i>																									x	
<i>Cnidaria</i>																										
<i>EUPHYSA AURATA</i>										x															x	x
<i>Ctenophora</i>																										
<i>PLEUROBRACHIA PILEUS</i>				x											x					x						
<i>Calanoida</i>																										
<i>ACARTIA BIFILOSA</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>ACARTIA LONGIREMIS</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>CENTROPAGES HAMATUS</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>EURYTEMORA AFFINIS</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>PSEUDOCALANUS</i> SPP.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>TEMORA LONGICORNIS</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>ACARTIA TONSA</i>	x	x									x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>PARACALANUS PARVUS</i>	x								x											x					x	x
<i>LIMNOCALANUS MACRURUS</i>	x													x												
<i>CALANUS FINMARCHICUS</i>				x																						
<i>Cyclopoida</i>																										
<i>OITHONA SIMILIS</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>CYCLOPS</i> SPP.	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x					x	x
<i>Harpacticoida</i>																										
<i>HARPACTICOIDA</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cladocera</i>																										
<i>EVADNE NORDMANNI</i>	x		x			x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>PODON</i> SPP.		x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>BOSMINA</i> SPP.		x		x			x			x	x			x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>DAPHNIA</i> SPP.																										
<i>Rotatoria</i>																										
<i>SYNCHAETA</i> SPP.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>KERATELLA</i> SPP.	x			x			x		x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Appendicularia</i>																										
<i>FRITILLARIA BOREALIS</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
<i>OIKOPLEURA DIOICA</i>																		x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Turbellaria</i>																										
<i>ALAURINA COMPOSITA</i>		x	x	x	x		x			x					x	x	x			x					x	x
<i>Chaetognatha</i>																										
<i>SAGITTA</i> SPP.	x	x	x	x	x	x																			x	x
<i>Meroplanktische Larven</i>																										
<i>BIVALVIA</i> - L	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>POLYCHAETA</i> - L	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>BALANUS IMPROVISUS</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>GASTROPODA</i> - L	x	x	x	x	x		x	x		x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>BRYOZOA</i> - L	x	x	x	x	x					x										x	x	x	x	x	x	x
<i>ECHINODERMATA</i> - L																										

Das Zooplankton des Probenmaterials von 2003 bestand aus 31 Taxa. 16 Taxa (inklusive der zu den Protozoen gehörenden Tintinnida) wurden ganzjährig registriert. Die geringe Präsenz einiger Taxa betraf vornehmlich die erste Jahreshälfte (Tab. 10). Demzufolge war auch die Anzahl der taxonomischen Gruppen im August und Oktober leicht höher als auf den Februar-, März- und Mai-Terminfahrten. Interessant ist der Umstand, dass 2003 die Anzahl der Taxa im März und Oktober gegenüber den Vorjahren leicht zugenommen hat, eine Folge der Salzwassereinträge im Frühjahr und Herbst. Das betrifft dann auch wie im Vorjahr die Anthomeduse *Euphysa aurata* und *Echinodermata* – Larven. Auffällig war 2003, dass die in der Nordsee heimische Turbellarienart *Alaurina composita* erstmals ganzjährig präsent war und dabei die Maximal-Abundanz wiederum verstärkte, von 40 Ind. m⁻³ (2001) über fast 5000 Ind. m⁻³ (August, Kadettrinne) auf 10 300 Ind. m⁻³ (Juli, Kieler Bucht, 0-5 m).

4.3 Makrozoobenthos

Im Oktober 2003 wurden an 6 Stationen je 3 Proben mit einem van-Veen-Greifer genommen und auf Makrozoobenthos untersucht. Zusätzlich kam an allen Stationen eine Dredge zum Einsatz, um die selteneren und vagilen Arten zu erfassen. An den gleichen Stationen wurde auch eine Unterwasser-Videokamera eingesetzt, um v.a. epibenthische Arten nachzuweisen sowie die Sediment- und Habitateigenschaften zu charakterisieren.

Mit 102 war die Artenzahl im Vergleich zu den Jahren 1991 bis 2002 (WASMUND et al. 2003) am höchsten (Tab. 11, Abb. 30). Nach den verheerenden Bestandseinbußen und Artenrückgängen im Jahre 2002 hatte sich insbesondere die Fauna an den Stationen 010 (Fehmarnbelt) und 012 (Mecklenburger Bucht) deutlich erholt.

Das Makrozoobenthos der Station 012 erreichte allerdings mit 23 Arten noch nicht die Werte aus den Jahren vor dem Sauerstoffmangel von 2002 (7 Arten). Die Stationen 010 (Fehmarnbelt), 030 (Darßer Schwelle) und 109 (Arkonasee) zeigten mit 64, 49 bzw. 23 Arten die höchste je an diesen Stationen nachgewiesene Biodiversität (Abb. 31). Im Vergleich zu den Vorjahren konnten 13 neue Arten für das Gebiet der Monitoringstationen nachgewiesen werden. Dazu gehörten Molluskenarten (*Facelina bostoniensis*, *Hiatella arctica*, *Musculus discors*, *M. marmoratus*, *Retusa obtusa*, *R. truncatula*) und Polychaeten (*Eumida sanguinea*, *Lepidonotus squamatus*, *Microphthalmus aberrans*, *Nereis pelagica*, *Polydora cauleryi*). Die Station 213 (Bornholmsee) zeigte nach vielen Jahren erstmals wieder eine Besiedlung durch makrozoobenthische Taxa. Es konnten 6 Arten in geringen Abundanzen festgestellt werden: *Mytilus edulis*, *Bylgides sarsi*, *Capitella capitata*, *Terebellides stroemi*, *Trochochaeta multisetosa* und *Eucratea loricata*.

Seit 1991 konnte in der Zusammenfassung aller 6 Stationen eine stetige Zunahme der Artenzahl bis 2001 beobachtet werden (Abb. 30 und 31). Im Jahre 2002 kam es zu einem Zusammenbruch des Makrozoobenthos an den westlichen Stationen (Stn. 010 und 012). Die ansonsten durch besonders diverse Besiedlung gekennzeichneten Areale waren von Sauerstoffmangel betroffen. 2003 kam es zu einer deutlichen Erholung (siehe oben). Insgesamt wurden seit 1991 156 Taxa nachgewiesen. Jedoch tauchen davon 30-40% nur gelegentlich auf.

Tab. 11

Verbreitung des Makrozoobenthos an den 6 Stationen im Oktober 2003

Table 11

Distribution of macrozoobenthos at 6 stations in October 2003

Taxa	10	12	30	109	152	213
PORIFERA						
<i>Halichondria panicea</i>	X					
<i>Haliclona limbata</i>	X					
<i>Haliclona oculata</i>	X					
<i>Halisarca dujardini</i>	X		X			
<i>Leucosolenia sp.</i>	X					
CNIDARIA						
<i>Bougainvilla ramosa</i>	X		X			
<i>Eudendrium sp.</i>	X					
<i>Sertularia cupressina</i>	X					
<i>Hartlaubella gelatinosa</i>	X		X		X	
PRIAPULIDA						
<i>Halicryptus spinulosus</i>	X	X	X	X	X	
<i>Priapulus caudatus</i>	X	X		X		
NEMATHELMINTHES						
<i>Lineus ruber</i>			X			
Nemertini	X		X			
<i>Prostoma obscura</i>			X			
PLATHELMINTHES						
Turbellaria	X					
MOLLUSCA						
<i>Abra alba</i>	X	X	X			
<i>Acanthodoris pilosa</i>			X			
<i>Arctica islandica</i>	X	X		X		
<i>Astarte borealis</i>	X		X	X		
<i>Facelina bostoniensis</i>	X		X			
<i>Hiatella arctica</i>	X					
<i>Hydrobia ulvae</i>			X		X	
<i>Lamellidoris muricata</i>	X					
<i>Macoma balthica</i>			X	X	X	
<i>Musculus discors</i>			X	X		
<i>Musculus marmoratus</i>	X					
<i>Mya arenaria</i>	X		X		X	
<i>Mysella bidentata</i>			X			
<i>Mytilus edulis</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Odostomia rissoides</i>			X			
<i>Parvicardium ovale</i>	X		X			

<i>Phaxas pellucidus</i>	X					
<i>Retusa obtusa</i>			X			
<i>Retusa truncatula</i>			X			
ANNELIDA						
<i>Tubifex costatus</i>			X		X	
<i>Tubificoides benedeni</i>			X		X	
<i>Ampharete acutifrons</i>				X		
<i>Ampharete baltica</i>	X		X			
<i>Arenicola marina</i>			X			
<i>Aricidea suecica</i>			X			
<i>Bylgides sarsi</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Capitella capitata</i>		X	X	X		X
<i>Eteone longa</i>	X		X	X		
<i>Euchone papillosa</i>	X					
<i>Eulalia bilineata</i>	X			X		
<i>Eumida sanguinea</i>	X					
<i>Harmothoe imbricata</i>			X			
<i>Harmothoe impar</i>	X					
<i>Heteromastus filiformis</i>	X	X		X		
<i>Lagis koreni</i>	X	X	X			
<i>Lepidonotus squamatus</i>	X					
<i>Microphthalmus aberrans</i>	X					
<i>Nephtys caeca</i>	X					
<i>Nephtys hombergii</i>	X			X		
<i>Nereimyra punctata</i>	X					
<i>Nereis pelagica</i>	X					
<i>Pherusa plumosa</i>	X	X				
<i>Pholoe assimilis</i>	X					
<i>Pholoe inornata</i>	X					
<i>Phyllodoce maculata</i>	X					
<i>Phyllodoce mucosa</i>	X	X	X	X		
<i>Polydora caulleryi</i>		X				
<i>Polydora ciliata</i>	X	X				
<i>Polydora quadrilobata</i>		X	X	X		
<i>Prionospio steenstrupi</i>	X					
<i>Pseudopolydora pulchra</i>		X				
<i>Pygospio elegans</i>					X	
<i>Scalibregma inflatum</i>	X					
<i>Scoloplos armiger</i>	X	X	X	X		
<i>Spio goniocephala</i>			X			
<i>Streptosyllis websteri</i>	X					
<i>Terebellides stroemi</i>	X			X		X
<i>Travisia forbesi</i>			X			
<i>Trochochaeta multisetosa</i>	X	X		X		X

CRUSTACEA						
<i>Balanus crenatus</i>	X	X	X			
<i>Corophium crassicorne</i>			X			
<i>Crangon crangon</i>	X		X		X	
<i>Diastylis rathkei</i>	X	X	X	X	X	
<i>Gammarellus homari</i>			X			
<i>Gammarus oceanicus</i>					X	
<i>Gammarus salinus</i>					X	
<i>Gammarus zaddachi</i>					X	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>		X	X			
<i>Hyperia galba</i>	X					
<i>Jaera albifrons</i>					X	
<i>Mysis mixta</i>					X	
<i>Neomysis integer</i>					X	
<i>Palaemon elegans</i>					X	
<i>Pontoporeia femorata</i>				X		
<i>Saduria entomon</i>					X	
HYDRACARINA						
<i>Acari</i>			X			
PYCNOGONIDA						
<i>Nymphon brevistrore</i>	X		X			
BRYOZOA						
<i>Alcyonidium polyoum</i>					X	
<i>Callopora lineata</i>		X	X			
<i>Electra crustulenta</i>	X	X	X	X	X	
<i>Electra pilosa</i>	X		X			
<i>Eucratea loricata</i>	X	X	X	X		X
<i>Valkeria uva</i>	X					
ECHINODERMATA						
<i>Asterias rubens</i>	X		X			
<i>Ophiura albida</i>	X					
TUNICATA						
<i>Ciona intestinalis</i>	X					
<i>Dendrodoa grossularia</i>	X					
Summe 102 Taxa	64	23	49	23	22	6
Abundanz (Ind./m²)	4739	633	2464	597	4499	151
Biomasse (g AFTG/m²)	39,6	13,5	10,3	2,2	11,9	0,3

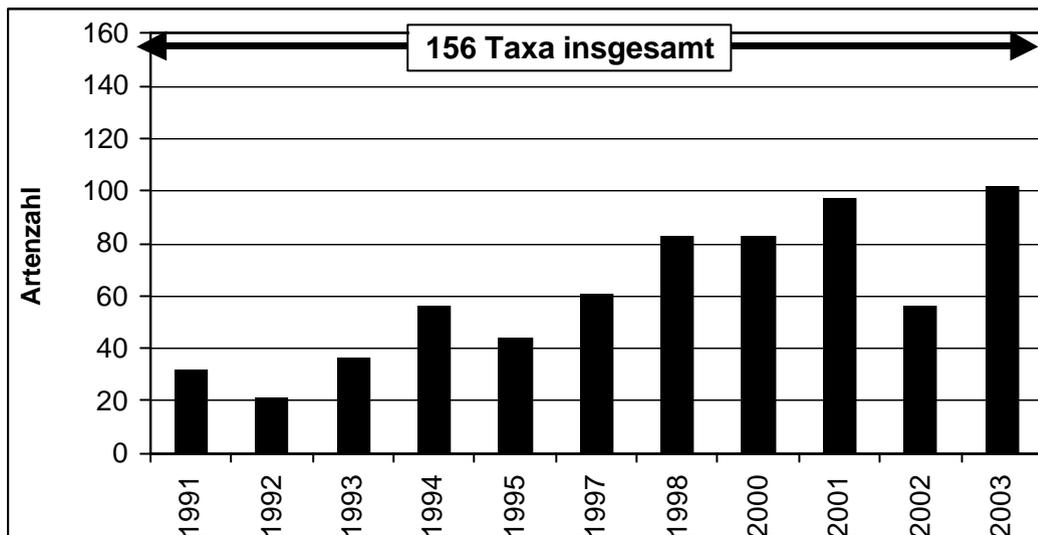


Abb. 30

Gesamtartenzahl der vorgefundenen Taxa an den Stationen 010, 012, 030, 109, 152 und 213 von 1991 bis 2003 (1996 und 1999 keine Daten)

Fig. 30

Number of observed taxa at stations 010, 012, 030, 109, 152 and 213 from 1991 to 2003 (1996 and 1999 no data)

Die Entwicklung der Artenzahl spiegelte sich auch bei der Betrachtung der Einzelstationen wider. In der Bornholmsee (Stn. 213) ist die Artenarmut auf temporäre bzw. dauerhafte Anoxie zurückzuführen. Hier wurden seit mehreren Jahren erstmals wieder Organismen gefunden (Abb. 31). Die rasante Erholung der Bestände, die Artenzunahme und die Wiederbesiedlung der defaunierten Areale der Bornholmsee gingen mit einem in diesem Zeitraum stattgefundenen Salzwassereinbruch einher, der gleichzeitig auch Sauerstoff ins Becken brachte.

Von den insgesamt 156 im Zeitraum von 1991 bis 2003 nachgewiesenen Arten sind nur wenige als regelmäßig bis frequent zu bezeichnen (Tab. 12). Einige wenige erreichen an fast allen Stationen eine hohe Präsenz. Die Station in der Bornholmsee (213) bleibt dabei unberücksichtigt, da sie auf Grund lang anhaltender Sauerstoffmangelereignisse nur selten Makrozoobenthos beherbergt. So ist die Cumacee *Diastylis rathkei* an allen Stationen mit über 80% stetig vertreten. Andere, ebenfalls an allen Stationen regelmäßig auftretende Arten sind der Priapulide *Halicryptus spinulosus* und der Polychaet *Bylgides sarsi*. Die anderen Arten zeigen eindeutig geografische Präferenzen, die durch den starken Salinitätsgradienten hervorgerufen werden. An den mehr marinen Stationen (010, 012) wurden hauptsächlich die Islandmuschel (*Arctica islandica*), die Körbchenmuschel (*Corbula gibba*) und die Polychaeten *Heteromastus filiformis* und *Lagis koreni* regelmäßig angetroffen. Die Darßer Schwelle (030) zeichnete sich insbesondere durch das regelmäßige Auftreten von *Astarte borealis*, *Hydrobia ulvae*, *Ampharete baltica*, *Crangon crangon* und *Aricidea suecica* aus (Tab. 12). Im Schlickbecken der Arkonasee (Stn. 109) waren *Macoma balthica* und *Scoloplos armiger* charakteristisch während auf den Sandflächen der südlichen Arkonasee (Stn. 152) neben *M. balthica* auch *Mya arenaria* und *Pygospio elegans* in jedem Jahr seit 1991 (Präsenz=100 %) nachgewiesen wurden.

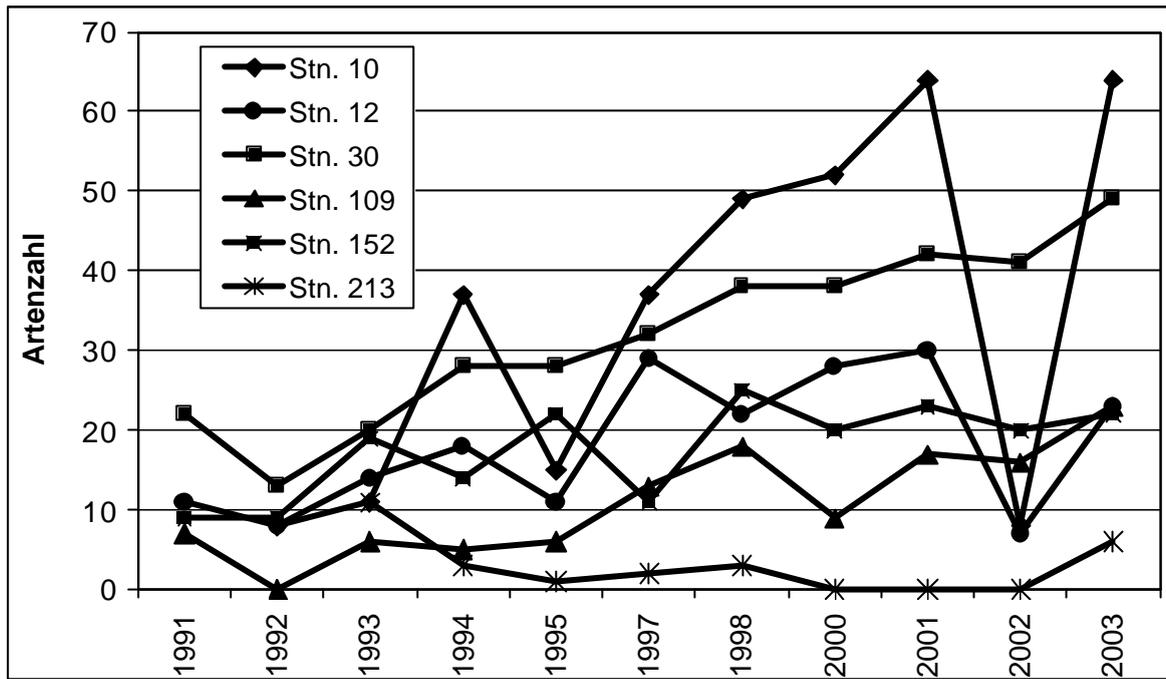


Abb. 31

Entwicklung der Artenzahlen an den einzelnen Stationen von 1991 bis 2003

Fig. 31

Development of the number of taxa at the different stations from 1991 to 2003

Tab. 12

Präsenz einiger makrozoobenthischer Arten von 1991 bis 2003 an den Monitoringstationen (außer 213). Es wurden nur Werte >70% berücksichtigt. Ausnahmen wurden in Klammern gesetzt.

Table 12

Presence of some macrozoobenthic species from 1991 to 2003 at the monitoring stations (except 213). Only amounts >70% were taken into account. Exceptions were indicated by brackets.

	Stn. 10	Stn. 12	Stn. 30	Stn. 109	Stn. 152
<i>Diastylis rathkei</i>	100	100	82	82	91
<i>Arctica islandica</i>	100	100			
<i>Corbula gibba</i>	80	91			
<i>Halicryptus spinulosus</i>	70	[64]	91	73	91
<i>Laqis koreni</i>	70	[64]			
<i>Heteromastus filiformis</i>	70	82			
<i>Bylgides sarsi</i>	70	73	91	82	91
<i>Mytilus edulis</i>	70		100		100
<i>Astarte borealis</i>			100		
<i>Hydrobia ulvae</i>			100		
<i>Macoma balthica</i>			100	82	100
<i>Scoloplos armiger</i>			100	73	
<i>Mya arenaria</i>			100		100
<i>Ampharete baltica</i>			91		
<i>Hediste diversicolor</i>			91		
<i>Eteone longa</i>			91		
<i>Pygospio elegans</i>			91		100
<i>Cranqon cranqon</i>			82		
<i>Gammarus salinus</i>			82		
<i>Aricidea suecica</i>			73		

Der seit einigen Jahren anhaltende Trend der Abundanzabnahme setzte sich an einigen Stationen fort (Abb. 32). An den Stationen 109 (Arkonasee) und 030 (Darßer Schwelle) gingen die Werte auf 600 Ind./m² bzw. 2500 Ind./m² zurück. Die Stationen im Fehmarnbelt und in der Mecklenburger Bucht zeigten nach 2002 deutliche Erholungsanzeichen, wie durch die Artenzunahme (siehe oben) und durch den Anstieg der Abundanz zu erkennen war. Die Station 010 erreichte mit über 4700 Ind./m² erstmals wieder Dichten von über 4000 Ind./m² wie es bisher nur 1994 und 1997 der Fall war. An der Station 012 war die Abundanz zwar im Vergleich mit dem Vorjahr erhöht, erreichte mit 633 Ind./m² jedoch längst nicht die Werte vom Ende der 1990er Jahre, in denen zwischen 2000 und 4000 Ind./m² registriert wurden. Im Vergleich zu den letzten 3 Jahren zeigte sich die Station 152 (Pommernbucht) mit erhöhten Individuenzahlen und war mit über 4500 Ind./m² nach dem Fehmarnbelt die Station mit den höchsten Abundanzen. 2003 wurden nach einigen Jahren ohne Makrofauna in der Bornholmsee ca. 150 Ind./m² beobachtet.

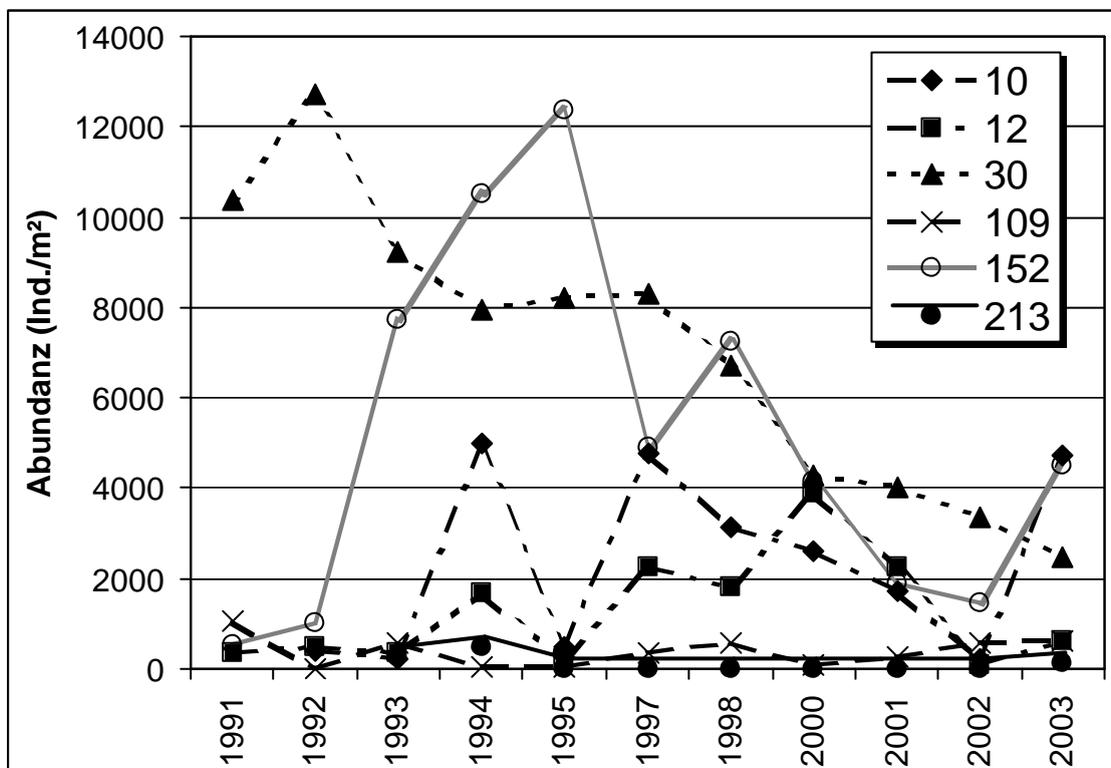


Abb. 32

Entwicklung der Makrozoobenthos-Gesamtabundanz (Ind./m²) an den Monitoringstationen von 1991 bis 2003 (1996 und 1999 keine Daten)

Fig. 32

Development of abundance of macrozoobenthos (ind./m²) at monitoring stations from 1991 to 2003 (1996 and 1999 no data)

Bei der Biomasse setzte sich der negative Trend der letzten 3 Jahre fort (Abb. 33). An mehr oder weniger allen Stationen nahm die Biomasse ab bzw. änderte sich nicht nennenswert. Mit 39,6 g AFTG/m² wurde im Fehmarnbelt (Stn. 010) im Vergleich mit den anderen Monitoringstationen

wiederum der höchste Wert (seit 2000 immer der Fall) gemessen. Insbesondere die Islandmuschel (*Arctica islandica*) zeigte die höchste Biomassedominanz. Die zweithöchste Biomasse (13,5 g/m²) wurden an der Station 012 (ebenfalls *A. islandica* dominant), gefolgt von Station 152 mit 11,9 g/m² und Station 030 mit 10,3 g/m² gemessen. An diesen Stationen waren hauptsächlich *Macoma balthica* (Stn. 152) und *Astarte borealis* (Stn. 030) für die relativ hohen Werte verantwortlich. Mit 2,2 g/m² in der Arkonasee (Stn. 109) und 0,3 g/m² in der Bornholmsee (213) waren die Biomassen relativ unbedeutend.

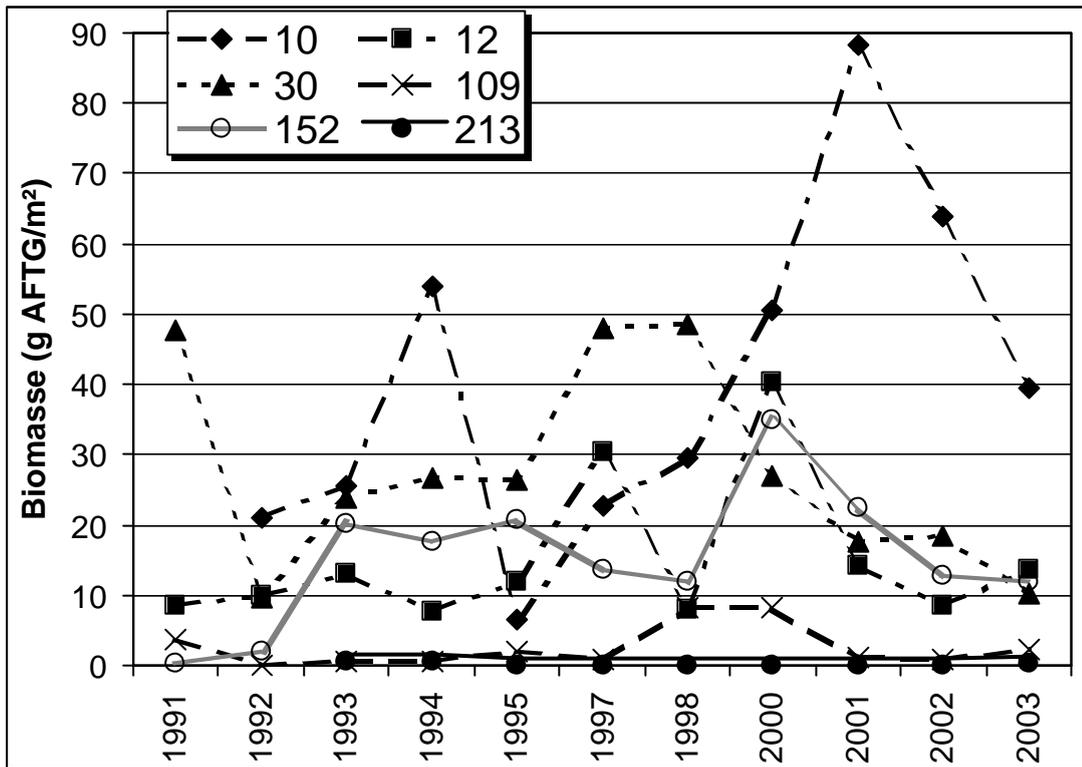


Abb. 33

Entwicklung der Makrozoobenthos-Gesamtbiomasse (AFTG in g/m²) an den Monitoringstationen von 1991 bis 2003 (1996 und 1999 keine Daten)

Fig. 33

Development of biomass of macrozoobenthos (AFDW in g/m²) at monitoring stations from 1991 to 2002 (1996 and 1999 no data)

Ähnlich wie in den letzten Jahren wird nachfolgend eine der Monitoringstationen etwas ausführlicher dargestellt. Seit 1980 werden von der Monitoringstation 109 (Arkonabecken) Benthosdaten gewonnen. Bis Anfang der 1990er Jahre lag ein deutlich negativer Trend bei der Artenzahl und dem Diversitätsindex vor. Seit 1993 nahm die Artenzahl und der Diversitätsindex mit Unterbrechungen stetig zu. 2003 wurde mit 23 Arten die höchste je an dieser Station festgestellte Vielfalt nachgewiesen.

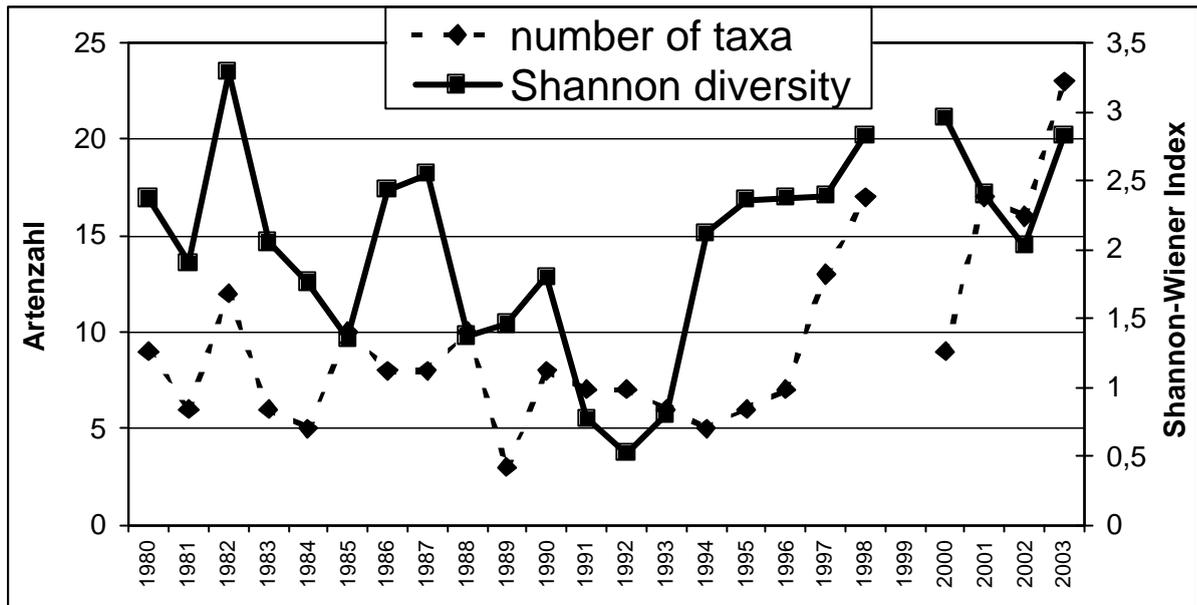


Abb. 34

Entwicklung der Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index an Stn. 109 von 1980 bis 2003.

Fig. 34

Development of species number and Shannon-Wiener-index at Stn. 109 from 1980 to 2003.

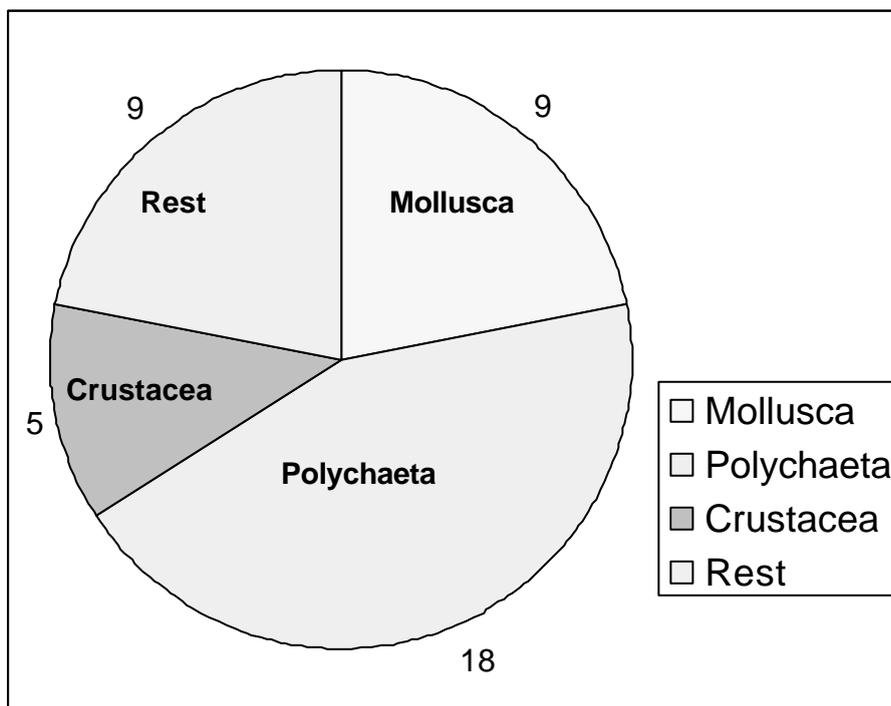


Abb. 35

Hauptgruppen und ihre Artenzahlen an der Stn. 109 (Arkonasee) von 1980 bis 2003.

Fig. 35

Major groups and their species number at Stn. 109 (Arkona Sea) from 1980 to 2003.

Wertet man alle Untersuchungsjahre von 1980 bis 2003 aus, so ergibt sich an der Stn. 109 eine Gesamtartenzahl von 41. Die Hauptgruppe wird durch die Polychaeten gebildet, die mit 18 Arten an dieser Station beobachtet wurden. Weiterhin wurden bisher 9 Mollusca- und 5 Crustacea-Arten nachgewiesen. Die Restgruppe setzt sich aus Cnidaria (2), Priapulida (2), Turbellaria (1), Oligochaeta (1) und Bryozoa (3) zusammen.

5 Diskussion

5.1 Die Tendenz zu einer früheren Frühjahrsblüte

Jahrelange Erfahrungen zeigten, daß die Frühjahrsblüte in den verschiedenen Teilen der Ostsee zu unterschiedlichen Zeiten stattfindet; ihr Beginn verzögert sich von West nach Ost (KAISER und SCHULZ 1978, WASMUND et al. 1998 b). Aufgrund dieser Tatsache hatte HELCOM für die Bearbeitung seiner Daten die saisonale Einteilung differenziert vorgenommen. Im 2. Periodischen Assessment (HELCOM 1990, S. 155) wurden im Kattegat und der Beltsee die Werte vom März-April und in der eigentlichen Ostsee von April-Mai als Frühjahrswerte angenommen. Bereits im 3. Periodischen Assessment (HELCOM 1996, S. 90 und 112) wurde die Frühjahrsituation im Kattegat-Beltsee-Gebiet von Februar bis April angenommen und in der eigentlichen Ostsee von März bis Mai. Offensichtlich trug man schon hier einer Vorverlagerung der Frühjahrsblüte Rechnung. Allerdings wäre in der Beltsee auch die für die eigentliche Ostsee gültige Definition möglich, da die Blüte bisher nie vor März auftrat. Das haben z.B. WASMUND et al. (2000 a) mit ihren Chlorophyll-Jahresgängen gezeigt. Im Kattegat ist allerdings eine Frühjahrsblüte im Februar typisch. Bei der detaillierten Untersuchung des Zeitraumes von 1994 bis 1998 stellte WASMUND (in HELCOM 2002, S. 102) fest, daß die Frühjahrsblüte dort in den Jahren 1997 und 1998 bereits im Januar begann. Es schien also eine Tendenz zur zeitlichen Verschiebung der Blüte zu geben, die eine Neudefinition der relevanten Periode erforderlich machen sollte. Zumindest im Kattegat müsste der Januar in das „Frühjahr“ einbezogen werden.

Die Beltsee konnten wir bislang in eine einheitliche Definition (Frühjahr = März-Mai) für unser gesamtes Untersuchungsgebiet einschliessen. Im Jahre 2003 fand die Blüte in der Beltsee erstmalig im Februar statt, so daß wir nun für die westliche Ostsee die HELCOM-Definition „Frühjahr = Februar bis April“ für dieses Gebiet anwenden mussten.

Unsere Biomassedaten und erst recht die Chlorophyllwerte von der Arkonasee (insbesondere Stat. 030 und 113) waren im Februar 2003 schon deutlich erhöht und sprechen für eine frühe Blüte. Wenn man diese in die Berechnung des „Frühjahrsmittels“ einbeziehen wollte, müsste man auch für die eigentliche Ostsee (zumindest für die Arkonasee) den Zeitraum des Frühjahrs neu definieren, indem man bereits den Februar einbezieht.

Der Befund einer sehr frühen Frühjahrsblüte im Jahre 2003 wird gestützt durch Beobachtungen von LYSIAK-PASTUSZAK (2003), die den Blütenbeginn in der Arkonasee (wie im Finnischen Meerbusen) Anfang März verzeichnete. Sie zitierte den Bericht zur Monitoringfahrt des Umweltministeriums (NERI) Dänemark vom 10.-19.2.03, in dem bereits auf eine sehr frühe Blüte in der Beltsee hingewiesen wurde.

Seit 1999 werden auch in der östlichen Gotlandsee frühere Blüten als bisher gewohnt beobachtet (WASMUND et al. 2000 a), die nun bereits Ende März beginnen. Das konnte in den Jahren 1999 und 2000 mit dem bisher nie beobachteten starken Wachstum einer frühen *Mesodinium*-Population begründet werden, die die Lücke gefüllt haben könnte, die durch die ausbleibende Kieselalgenentwicklung entstanden ist. *Peridiniella catenata* entwickelte sich nach wie vor erst im Mai, in 2001 und 2002 aber auch schon ab Ende März. Sichtbare Blüten in der östlichen Gotlandsee wurden auf Satellitenbildern Mitte April 2002 festgestellt (WASMUND et al. 2003). Die Sedimentation der Blüte erfolgte in der ersten Aprilhälfte 2002 (Abb. 6 a und 7). Auch im Jahre 2003 fand die Frühjahrsblüte in der Bornholmsee und der südlichen Gotlandsee schon in der zweiten Märzhälfte statt, in der östlichen Gotlandsee aber wohl erst Anfang April.

Die Tendenz zur Vorverlegung der Blüte könnte mit den tendenziell wärmeren Wintern der letzten 15 Jahre begründet werden. Dadurch bildet sich eine thermische Schichtung des Wasserkörpers eher aus, die als Voraussetzung für eine Blüte angesehen wird (WASMUND et al. 1998 b). Der Winter 2002/2003 war allerdings relativ kalt, so daß keine frühe thermische Schichtung angenommen werden kann. Es kam aber zu einem Salzwassereinbruch im Januar 2003, der zu einer Anhebung der Salzsprungschicht geführt hat. Am 9.2.03 begann die Salzsprungschicht an Station 012 bereits in 7 m Tiefe, an Station 046 sogar in nur 4 m Tiefe. Dagegen war das Wasser der Arkonasee zu dem Termin anscheinend noch bis 15 m Tiefe durchmischt, in der Bornholmsee bis 40 m, in der südlichen Gotlandsee bis 55 m und in der östlichen Gotlandsee bis 66 m Tiefe. Aber auch in letzteren Seegebieten deutet sich eine leichte Sprungschicht in 8 m Tiefe an, die aber die winterliche Schichtung mit den niedrigsten Temperaturen an der Oberfläche darstellte und somit mit der Erwärmung verschwinden wird. Die Sprungschicht in der Mecklenburger Bucht und der Arkonasee war dagegen sehr stabil und hatte mindestens bis zum 22.3.03 Bestand. Bei Sichttiefen um 9 m dürfte die euphotische Zone bis mindestens 25 m Tiefe reichen. Die durchmischte Deckschicht liegt damit komplett im Bereich der euphotischen Zone, so dass das Phytoplankton der Deckschicht tagsüber permanent dem Licht ausgesetzt war und zu Blütenkonzentrationen anwachsen konnte. Der Effekt der Anhebung der Salzgehaltssprungschicht bei Einstrom ist also zumindest in den flachen Bereichen der westlichen Ostsee der gleiche wie bei der Ausbildung einer Temperatursprungschicht. Einstromsituationen sind allerdings sporadische Ereignisse während die globale Erwärmung einen Trend darzustellen scheint. Deshalb sollte man die frühe Frühjahrsblüte des Jahres 2003 nicht zur Interpretation eines Trends benutzen, während immer wärmere Winter durchaus zu entsprechenden Tendenzen bei den Phytoplankton-Frühjahrsblüten führen würden.

5.2 Makrozoobenthos

Die drastischen Zusammenbrüche im Makrozoobenthos an den beiden westlichen Stationen 010 und 012, verursacht durch den anhaltenden Sauerstoffmangel im Jahre 2002, waren bereits nach einem Jahr weitestgehend durch Neubesiedlung und überlebende Organismen (v.a. große Muscheln wie z.B. *Arctica islandica*) ausgeglichen. Die aus den Vorjahren bekannte hohe Biodiversität (ZETTLER et al. 2000) war weitgehend wieder hergestellt. Allerdings war eine deutliche Abnahme von langlebigen Organismen zu erkennen, die Populationen erst sukzessive durch Wiederbesiedlung und Abwachsen aufbauen können (Abb. 36).

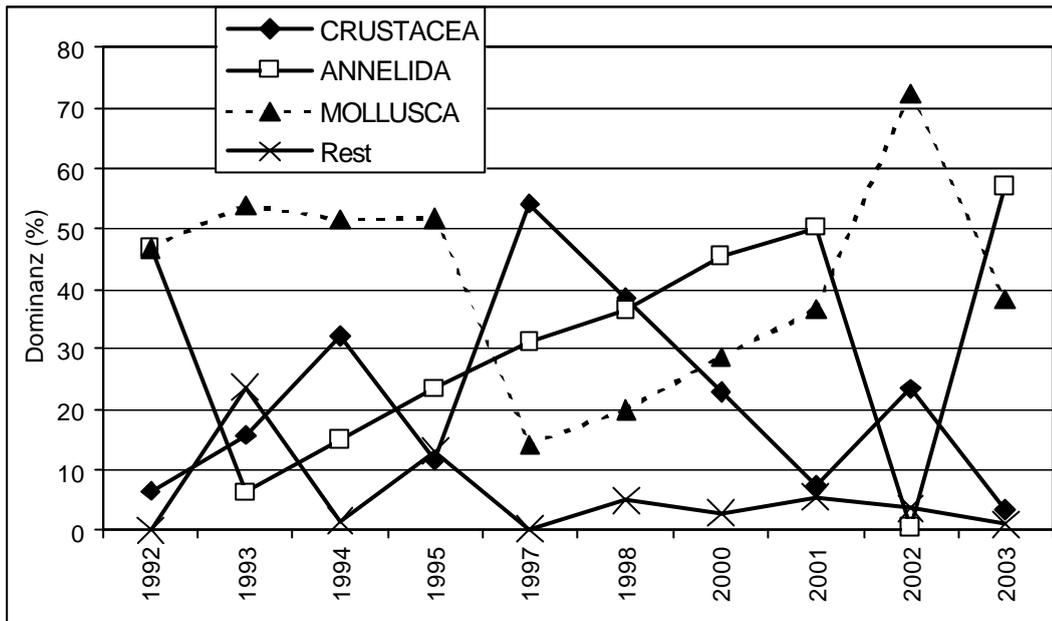


Abb. 36

Entwicklung der Dominanzen (der Abundanz) an Stn. 010 (Fehmarnbelt) von 1992 bis 2003.

Fig. 36

Development of dominances (of abundance) at Stn. 010 (Fehmarnbelt) from 1992 to 2003.

Im Fehmarnbelt waren im Jahre 2002 insbesondere die gegenüber Sauerstoffmangel empfindlichen Polychaeten drastisch zurückgegangen. 2003 erreichte diese Gruppe fast 60 % Individuendominanz. Mollusca, Crustacea und andere Gruppen traten in der Dominanz zurück. Durch die Nähe des Großen Belts gelang es einer Reihe von vagilen Arten (z.B. *Eteone longa*, *Eulalia bilineata*, *Eumida sanguinea*, *Nephtys* spp.) relativ schnell, dieses Gebiet erneut zu besiedeln. Andere Arten siedelten sich über Juvenile und Larven erneut an. Die wichtigsten Arten waren *Lagis koreni* (200 Ind./m²) und *Scalibregma inflatum*, der in ungewöhnlich hoher Individuenzahl (2180 Ind./m²) nachgewiesen wurde. Unter den Muscheln gelang es *Abra alba* (1740 Ind./m²) über Larvenfall und schnelles Abwachsen enorme Abundanzen und Biomassen zu erreichen.

An der Station 012 (Mecklenburger Bucht) war die Erholung weniger asugeprägt, was auf die größere Entfernung zum Großen Belt zurückgeführt werden kann. Die Besiedlung durch Larven und Juvenile nimmt längere Zeit in Anspruch. Dennoch nahmen auch hier insbesondere die Polychaeten mit über 60 % Individuendominanz wieder Werte aus den Jahren vor dem Sauerstoffmangelereignis an (siehe WASMUND et al. 2003).

Für die Darßer Schwelle (Stn. 030) ist der Trend seit Jahren als positiv zu werten. Insbesondere filtrierende Arten erreichen hier enorme Abundanzen und Präsenzen (siehe Tab. 12). Allein die Sandklaffmuschel (*Mya arenaria*) übt einen erheblichen Einfluss auf den Wasser- und Stofftransport aus. Die potentielle Filtrationsrate von *M. arenaria* an der Stn. 030 lag in den letzten 10 Jahren zwischen 1 und 5 m³ pro m² und Tag (FORSTER und ZETTLER 2004). Eine Reihe von Arten tauchten erstmals für dieses Gebiet auf, so z.B. *Halisarca dujardini*, *Facelina bostoniensis*, *Callopora lineata*, *Electra pilosa*.

An der Station 109 (Arkonabecken) bestehen seit einigen Jahren stabile Verhältnisse, was auf die regelmäßige Sauerstoffversorgung und die relativ hohen Salzgehalte zurückzuführen sein dürfte. Salzwassereinströme führten zu erhöhten Salinitäten im Tiefenwasser. Marine Arten erreichen hier ihre Verbreitungsgrenzen und können auf Grund der relativ hohen Salzgehalte noch überleben. Dazu gehören *Arctica islandica* und *Nephtys hombergii*. Das Vorkommen einiger Arten sind vermutlich auf Salzwasserezufuhr zurückzuführen, z.B. *Musculus discors*, *Eulalia bilineata* und *Eucratea loricata*.

Die nördliche Pommernbucht (Stn. 152) ist ebenfalls als relativ stabil einzuschätzen. Deutliche Abundanzzunahmen wurden bei *Pygospio elegans* beobachtet, der nach 2 Jahren (400-600 Ind./m²) erstmals wieder in Dichten über 3000 Ind./m² auftrat. *Macoma balthica* zeigte relativ konstante Werte (Abb. 37).

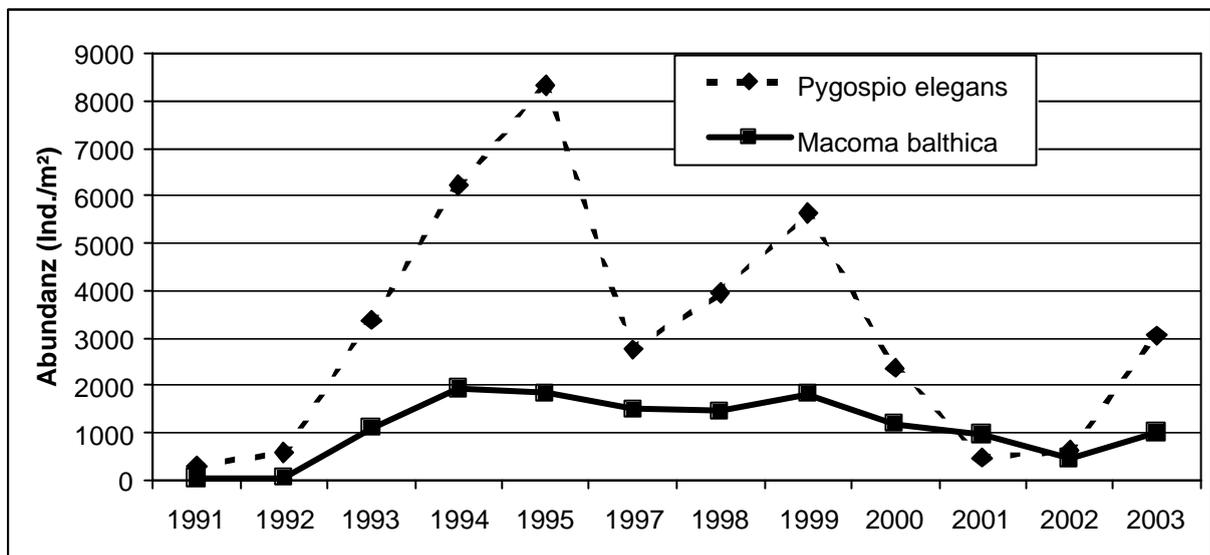


Abb. 37

Abundanzentwicklung von *Pygospio elegans* und *Macoma balthica* an der Stn. 152 von 1991 bis 2003.

Fig. 37

Development of abundance of *Pygospio elegans* and *Macoma balthica* at Stn. 152 from 1991 to 2003.]

Durch einen massiven Salzwassereinbruch Anfang 2003 kam es in der Bornholmsee seit mehreren Jahren erstmals wieder zu einer Besiedlung makrozoobenthischer Organismen. Die festgestellten 6 Arten zeigten geringe Abundanzen und es ist zu vermuten, dass der Sauerstoff nach relativ kurzer Zeit im bodennahen Wasser aufgebraucht und das Makrozoobenthos wieder verschwunden sein wird. Mit *Trochochaeta multisetosa* und *Terebellides stroemi* waren auch 2 Polychaeten präsent, die Ihre Verbreitungsgrenzen im Bornhombecken (selten bis zum Gotlandbecken) finden.

Zusammenfassung

Im Rahmen des HELCOM-Monitorings wurden Daten über die Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos des Jahres 2003 von der westlichen Ostsee bis in die östliche Gotlandsee (Abb. 1) gewonnen. Sie werden im Zusammenhang mit Satelliten- sowie schiffsgebundenen physiko-chemischen Daten vorgestellt und diskutiert. Die Einbindung in die seit 1979 kontinuierlich weitergeführten Datenreihen soll Aussagen zu eventuellen Trends ermöglichen. Daten von Sinkstoff-Fallen des Jahres 2002 aus dem Gotlandbecken vervollständigen saisonale Angaben zur Phytoplanktodynamik. Die auf 5 regulären Monitoringfahrten basierende Datenreihe wird ergänzt durch Proben, die uns vom Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU) zur Verfügung gestellt wurden. Dadurch kommen wir auf bis zu 20 Probestermine pro Station (Tab. 1).

In der Mecklenburger Bucht (Abb. 3a-c) und der Arkonasee (Abb. 4a, b) überraschte eine sehr frühe Frühjahrsblüte des Phytoplanktons, die sich bereits im Februar 2003 entwickelte. Der Einstrom salzreichen Bodenwassers im Januar hatte die Pycnocline in diesen flachen Gewässern so weit angehoben, dass sie bis an die euphotische Zone reichte. Dadurch waren die in der Deckschicht suspendierten Algen ständig günstigen Lichtbedingungen ausgesetzt und konnten zu Blütenkonzentrationen anwachsen. Das frühe Algenwachstum wurde bestätigt durch starken Nährstoffrückgang im Wasser (Tab. 3). Erstaunlicherweise hatte das Silikat anfangs kaum abgenommen, obwohl die Frühjahrsblüte fast ausschließlich aus Kieselalgen (*Skeletonema costatum*) bestand. Phytoplankton-, Nährstoff- und Chlorophylldaten (auch vom Satelliten) zeigten an, dass die Kieselalgenblüte spätestens bis Mitte März 2003 vorüber war. Bis dann war auch das Silikat fast aufgebraucht. In der östlichen Mecklenburger Bucht und in der Arkonasee schloss sich eine moderate Entwicklung von Dinoflagellaten und *Mesodinium rubrum* an. In der Mecklenburger Bucht und der westlichen Arkonasee war im Mai auch *Dictyocha speculum* häufig.

In der Bornholmsee (Abb. 4c) und der südlichen Gotlandsee fand die Frühjahrsblüte erst in der zweiten Märzhälfte statt. Diese Verzögerung des Blütenbeginns in östlicher Richtung entspricht den früheren Beobachtungen nach kalten Wintern. Interessant ist, dass die Frühjahrsblüte in der Bornholmsee nun das vierte Jahr in Folge wieder von Kieselalgen (*Skeletonema costatum*) dominiert wurde. Sie wurde begleitet von größtenteils unbestimmten Dinoflagellaten und *Mesodinium rubrum*. In der südlichen Gotlandsee (Stat. 259) ist die Kieselalgenentwicklung schwächer, während sie in der östlichen Gotlandsee (Stat. 271) kaum nachgewiesen werden konnte. An letzterer Station fand die Blüte erst Anfang April statt und wurde von Dinoflagellaten (*Peridiniella catenata*) und *Mesodinium rubrum* dominiert (Abb. 5 b).

Die in den vergangenen Jahren die Sommerblüte bildende Kieselalge *Dactyliosolen fragilissimus* war im Jahre 2003 in der Mecklenburger Bucht (Abb. 3a-c) und der westlichen Arkonasee (Stat. 030, Abb. 4a) nur subdominant. Anfang Juli 2003 dominierte an den Stationen 012 und 022 *Guinardia flaccida*; sie sank aber bis Ende Juli aus den oberen Wasserschichten aus. Es folgte an Station 012 eine vielfältige Gemeinschaft mit *Dactyliosolen fragilissimus*, *Proboscia alata* und *Guinardia flaccida* und an Station 046 mit *Nodularia spumigena*, *Prorocentrum minimum*, *Ceratium tripos* und *Teleaulax* sp. Die im Sommer für die eigentliche Ostsee typische Cyanobakterienblüte (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp.) breitete sich in der ersten Julihälfte von der nördlichen Gotlandsee in südliche Richtung bis in die südliche Arkonasee aus

(Abb. 2). Die Mecklenburger Bucht ist nicht der Entwicklungsschwerpunkt, wurde aber trotzdem Anfang August von angedrifteten Blaualgentepichen stark beeinträchtigt. Am 11.8. war die Cyanobakterienblüte in der eigentlichen Ostsee beendet.

In der Mecklenburger Bucht ist die Herbstblüte im allgemeinen durch Koexistenz von Dinoflagellaten (*Ceratium* spp.) und Kieselalgen gekennzeichnet, wobei die Strömungssituation großen Einfluss hat. Die noch im Sommer dominierenden Kieselalgen *Guinardia flaccida* und *Dactyliosolen fragilissimus* wurden im Herbst durch *Proboscia alata* verdrängt. In östliche Richtung nimmt der Anteil von *Coscinodiscus granii* zu, während *Ceratium* spp. abnimmt (Abb. 24). Die in der eigentlichen Ostsee für den Herbst typische Blüte von *Coscinodiscus granii* war wieder nur schwach entwickelt.

Die wichtigsten Phytoplanktonarten jeder Saison sind für jedes Seegebiet in Tabelle 4 zusammengestellt. Eine komplette Artenliste des Jahres 2003, einschl. eines saisonalen Indikators, findet sich in Tabelle 5.

Die Sedimentation organischen Materials in der Gotlandsee konnte im Jahr 2002 (!) über den ganzen Jahresverlauf hinweg gemessen werden, mit Ausnahme einer Periode vom 16.4. bis 9.5.02, die zwischen den Wechselintervallen der Verankerung lag. Es zeigten sich wieder drei getrennte Sedimentationsperioden, die sich in Bezug auf Artenzusammensetzung, Elementkomposition und Isotopie voneinander unterscheiden. Das Sedimentationsmaximum im Frühjahr (März/April) wurde fast ausschließlich von Kieselalgen (Diatomeen) gebildet, wobei die dominanten Arten *Thalassiosira levanderi* sowie *Skeletonema costatum* waren (Abb. 6a). Das Maximum des vertikalen Silikattransports ging mit diesem Sedimentationsschub einher (Abb. 7). Die Sommerphase setzte sich aus einem Hintergrund von Diatomeen und Dinoflagellaten zusammen, zu dem im Juli/August das Absinken von fädigen Cyanobakterien (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp.) mit zunehmender quantitativer Bedeutung für die Elementflüsse hinzukam (Abb. 6 a-b). Die Sedimentation im Herbst wurde wiederum durch Diatomeen (*Cyclotella choctawhatcheeana*, *Chaetoceros* sp. und *Thalassiosira baltica*) dominiert, was durch erhöhte Silikatwerte in dieser Zeit indiziert wird.

Der größte Transport von Kohlenstoff und Stickstoff erfolgte in einer Zeit, die durch niedrige delta 15-N Signaturen charakterisiert ist (Abb. 11). Somit war, trotz ausgeprägter Frühjahrs- und Herbstblüten, für die Flüsse von organischem Material zum Sediment auch im Jahre 2002 die Produktionsaktivität der fädigen, diazotrophen Cyanobakterien in der Hochsommerphase entscheidend. Pennate Diatomeen, die mit den Aggregaten der Cyanobakterien vergesellschaftet sind, traten im Sommer wiederum auf, wenn auch in geringeren Mengen als im Jahr 1999, wo sie die Hauptmenge der Silikatsedimentation bestimmten. Ihr Vorkommen und somit auch ihre Auswirkung auf den Silikathaushalt scheint das variabelste Element im jährlichen Sedimentationsgeschehen zu sein.

Die Gesamtsumme für den jährlichen Vertikalfluß lag für die einzelnen Elemente bei 445 mmol C, 59 mmol N (C/N=7,5), 37 mmol Si und 6,2 mmol P pro m² und Jahr. Der Massefluß betrug im Jahr 2002 18,5 g Trockenmaterial pro Jahr. Dieser relativ geringe Wert läßt sich, wie auch der relativ geringe absolute Si-Fluss mit dem Ausbleiben resuspensionsbedingter Einträge im Winterhalbjahr erklären. Der wesentliche Eintragsmodus war somit die Sedimentation pelagisch gebildeter

organischer Substanz, was sich im hohen C-org-Gewichtsanteil am Material (25 %) zeigt. Mit $5,3 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ lag die Zufuhr von organischem Material wieder in dem für alle bisherigen Beobachtungsjahre relativ konstanten Bereich von $4\text{-}6 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$.

Die jahreszeitliche Entwicklung der Chlorophyll a –Konzentrationen in der Deckschicht bestätigen die schon oben erwähnte Vorverlagerung der Blüte in der Mecklenburger Bucht und der Arkonasee bis in den Februar 2003 (Abb. 15). Die über die obersten 20 m der Wassersäule integrierten Chlorophyll a- und Phaeopigment a –Konzentrationen der einzelnen Messtermine sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Die Saison- und Jahresmittelwerte der Chlorophyll a-Konzentration in der eigentlichen Ostsee sind in Tabelle 7 mit den entsprechenden Werten der 3 vorangegangenen Jahre verglichen. Bei traditioneller Betrachtung der Frühjahrswerte unter Ausschluss des Februar kommt es erstmals im Jahre 2003 zu einer grundsätzlichen Unterschätzung, während die „Winter-Werte“ entsprechend überschätzt werden. Die bislang praktizierte schematische Definition der Jahreszeiten (Frühjahr = März-Mai) ist für die Reflexion der Frühjahrsblüte wegen ihres früheren Beginns nicht mehr anwendbar.

Bei Nutzung aller zur Verfügung stehenden HELCOM-Daten seit 1979 ergibt sich für die Mecklenburger Bucht ein abfallender Trend (Abb. 22a) und für die Arkonasee ein ansteigender Trend der Chlorophyll a -Konzentrationen (Abb. 22b). Die tendenziellen Anstiege der Chlorophyll a -Konzentrationen in der Bornholmsee (Abb. 23a) und östlichen Gotlandsee (Abb. 23b) sind nicht signifikant für $p = 0.05$.

Die seit 1989 oder 1990 in der südlichen Ostsee beobachtete Tendenz eines Verdrängens der Kieselalgen durch Dinoflagellaten in der Frühjahrsblüte kehrte sich ab dem Jahre 2000 um. Die Frühjahrs-Kieselalgen haben sich in der Bornholmsee, Arkonasee und in geringerem Maße auch in der südlichen Gotlandsee wieder stärker entwickelt, während die Dinoflagellaten zurückgegangen sind (Abb. 18a - 20a). Der seit 1999 insbesondere im Winter und Frühjahr dominante Ciliat *Mesodinium rubrum* geht seit dem Jahre 2000 wieder zurück (Abb. 18a, b – 21 a, b). Die oftmals im Herbst blütenbildende Kieselalge *Coscinodiscus granii* war nur schwach entwickelt (Abb. 24c).

Viele Arten zeigen typische Verbreitungsschwerpunkte, die sicher durch den Salzgehaltsgradienten bestimmt sind. Demnach scheint der Bereich der Darßer Schwelle oder die östliche Mecklenburger Bucht eine wichtige Verbreitungsgrenze zu sein, während sich die Artenzusammensetzung in der eigentlichen Ostsee weniger abrupt verändert (Abb. 24).

Die seit 1979 bestehenden Zeitreihen von Mesozooplankton-Daten wurden auf neun Stationen von der Kieler Bucht bis in die östliche Gotlandsee fortgeführt. Fünf Stationen wurden dabei auf Hin- und Rückfahrt angelaufen. Das Mesozooplankton wurde entsprechend der HELCOM-Vorschrift mittels WP-2 Netz (100µm Maschenweite) aus möglichst drei Tiefenstufen pro Station gewonnen, von der Oberfläche bis zur Oberkante der Thermoklinen, von dort bis zur Haloklinen und darunter bis zum Boden. Insgesamt beruht die Einschätzung auf 148 Netzproben.

Die seit dem Jahre 2000 angesprochenen Zweifel bei der Bestimmung von *Pseudocalanus*- und *Bosmina*-Arten sind noch nicht völlig ausgeräumt. Kürzlich wurden *Pseudocalanus*-Proben aus der Mecklenburger Bucht und der nördlichen Gotlandsee zur Bestimmung der genetischen Information an die Universität von New Hampshire (USA) geschickt. Im Verbund mit taxonomischen Analysen

soll geklärt werden, ob es sich um die gleiche oder zwei verschiedene Arten handelt. Von Proben aus der Arkonasse wurde inzwischen ermittelt, dass es sich bei diesen um *Pseudocalanus acuspes* gehandelt hat. Das Auftreten von *P. elongatus* in der Ostsee ist damit noch nicht ausgeschlossen worden.

2003 hatte die Anzahl der Taxa im März und Oktober gegenüber den Vorjahren leicht zugenommen, als Folge der Salzwassereinbrüche im Frühjahr und Herbst. Das betraf wie im Vorjahr die Anthomeduse *Euphysa aurata* und Echinodermata-Larven (Tab. 10). Auffällig war 2003, dass die in der Nordsee heimische Turbellarienart *Alaurina composita* erstmals ganzjährig präsent war und dabei die Maximalabundanz wiederum verstärkte, von 40 Ind. m⁻³ (2001) auf 10 300 Ind. m⁻³ (Juli, Kieler Bucht, 0-5 m). Der Schwerpunkt der räumlichen Ausbreitung lag mit einer Präsenz von 70% im Oktober.

Die Gesamt-Abundanz lag 2003 im Mittel über alle Terminfahrten deutlich unter der des Vorjahres und unter dem langjährigen Mittel über den Zeitraum von 1979 bis 2003 (Abb. 25, Tab. 8). Der Rückgang betraf die abundanzstärksten Gruppen, die Rotatoria und die Cladocera, speziell *Bosmina* spp. (Tab. 9). Die seit 1991 registrierten Maxima von je einer halben Million Ind. m⁻³ für Rotatoria bzw. Cladocera wurden fast um den Faktor 5 unterschritten. Die Erklärung liegt wahrscheinlich im qualitativen Nahrungsbedarf der Rotatorien. Sie sind eher Teil eines mikrobiellen Nahrungskreislaufes, der in der abklingenden Phase der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons an Bedeutung gewinnt. Beispiele aus dem Jahre 2003 unterstützen diese Hypothese. Im Fall der Cladocera sind die Gründe ebenfalls komplexerer Natur, denn die für Massenentwicklungen als optimal geltende Temperatur von >16°C wurde deutlich überschritten (Abb. 27). Möglicherweise wirkt sich die gleichzeitig überproportional günstige Entwicklung der Blaualgen negativ auf die Cladoceren aus.

Meroplanktische Larven, speziell Polychaeta- und Bivalvia-Larven, erreichten die höchsten Konzentrationen im Vergleichszeitraum seit 1991 (Tab. 9). Die maximale *Polychaeta*-Larven-Konzentration wurde zusammen mit der höchsten Rotatorien-Konzentration im März in der Pommerschen Bucht verzeichnet, gefolgt von einem zweiten Maximum im Oktober. Selbst in den Tiefen des über längere Zeiträume abiotischen Gotlandbeckens traten wieder einige 10 Ind. m⁻³ auf. Einzelne Exemplare waren sogar unterhalb der anoxischen Zwischenschicht, im eingeströmten oxischen Tiefenwasser zu beobachten. Bivalvia-Larven verhielten sich ähnlich, nur dass deren höhere Konzentrationen vom Sommer bis Herbst in der Kieler und Mecklenburger Bucht und im Bereich der Kadet-Rinne zu finden waren und nicht in der Pommerschen Bucht. Die cyclopoiden Copepoda sind eine weitere Gruppe, die 2003 durch hohe Abundanzen auf sich aufmerksam machte. Hier handelt es sich fast ausschließlich um den euryhalinen Vertreter *Oithona similis*. Diese Art ist typisch für die westliche Ostsee und kam beispielsweise in der Kieler Bucht in Konzentrationen von mehreren Tausend Ind. m⁻³ im oberflächennahen Bereich vor. Mit dem Vordringen des salzreichen Tiefenwassers wurden auch über längere Perioden abiotische Zonen wiederbesiedelt. *Oithona similis* ist dafür ein guter Indikator. Selbst in den Tiefen des vormals anoxischen Gotlandbeckens waren Abundanzen von fast 300 Ind. m⁻³ nachzuweisen (Abb. 29).

Die calanoiden Copepoden änderten sich mit ca. 30 Tausend Ind.*m⁻³ in der Summe ihrer maximalen Abundanz kaum gegenüber dem Vorjahr, wohl aber schwankten die Konzentrationen relativ zueinander. Insgesamt machen *Acartia* Arten den Hauptanteil der *Calanoida* aus.

Im Makrozoobenthos konnte mit insgesamt 102 Arten im Vergleich zu den letzten 12 Jahren die höchste Artenzahl an den 6 Monitoringstationen des IOW festgestellt werden (Abb. 30, 31). Besonders hervorzuheben sind die sehr schnelle Erholung der durch die Sauerstoffmangelereignisse im Jahre 2002 gezeichneten Stationen der westlichen Ostsee (Fehmarnbelt und Mecklenburger Bucht) und die nach 5 Jahren erstmalige Besiedlung der Bornholmsee (Abb. 32). Seit Beginn des Benthos-Monitorings im Jahre 1991 konnten für das Gebiet an den Stationen insgesamt 156 Taxa nachgewiesen werden. 3 Arten (*Halicryptus spinulosus*, *Bylgides sarsi*, *Diastylis rathkei*) zeigten über die Jahre an allen Stationen eine hohe Präsenz. Der negative Trend in der Abundanz- und Biomasseentwicklung setzte sich nur teilweise fort. Während die westlichen Stationen Zunahmen aufwiesen, wurden im Osten abnehmende Abundanzen und Biomassen registriert. Am Beispiel der Station 109 (Arkonasee) werden die Langzeitentwicklungen der Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index seit 1980 dargestellt (Abb. 34). Wurden bis Ende der 1980er und Anfang der 1990er Jahre noch negative Trends beobachtet, so sind seitdem deutliche Zunahmen zu verzeichnen. Für *Pygospio elegans* und *Macoma balthica* wird die Entwicklung der Abundanz an der Station 152 (südöstliche Arkonasee) von 1991 bis 2003 verdeutlicht (Abb. 37).

Summary

In the frame of the HELCOM monitoring, data on species composition and biomass or abundance of phyto- and zooplankton as well as macrozoobenthos from the western part of the Baltic Sea to the Eastern Gotland Sea (Fig. 1) were gathered in 2003 together with physico-chemical data to continue the time series which exists since 1979. Information on sedimented material (from 2002 !) is also given. Comparisons with previous years were made and trends were checked. Data from the five regular monitoring cruises were complemented by data gained from additional phytoplankton samples taken by Landesamt für Natur und Umwelt of the German country Schleswig-Holstein. By this strategy, up to 20 samples per station and year were available (Table 1).

The spring bloom of phytoplankton developed already in February 2003 in Mecklenburg Bight (Fig. 3a-c) and the Arkona Sea (Fig. 4a,b). Obviously, the inflow of saline bottom water has raised the pycnocline in these shallow waters up to the euphotic zone. Thus, the algae suspended in the upper mixed layer were exposed to sufficient light for starting growth to bloom concentrations. The early growth was confirmed by strong consumption of nutrients from the water (Tab. 3). Surprisingly, the silicate concentrations decreased much less than expected from the diatom growth. Like in previous years, the bloom was formed by *Skeletonema costatum*. Phytoplankton, nutrient and chlorophyll data (incl. satellite images) indicated the end of the diatom bloom by mid of March. By this data, also silicate was almost completely exhausted. A minor bloom of *Mesodinium rubrum* followed in the eastern Mecklenburg Bight (Fig. 3a, 4b) and the Arkona Sea. In Mecklenburg Bight and the western Arkona Sea, also the naked form of *Dictyocha speculum* was abundant.

The spring bloom appeared in the Bornholm Sea (Fig. 5c) and in the southern Gotland Sea only in the second half of March. This delay of the spring bloom conforms with earlier observations after cold winters. After a very low share of diatoms in the spring blooms in the 1990s, they re-occurred since 2000. The diatoms (*Skeletonema costatum*) are accompanied by dinoflagellates and

Mesodinium rubrum. Diatoms are much less present in the spring bloom of the southern Gotland Sea (Stat. 259) and still almost absent in the eastern Gotland Sea (Stat. 271, Fig. 5b). At the latter station, the spring bloom occurred only in early April and was dominated by *Peridiniella catenata* and *Mesodinium rubrum*.

The expected summer bloom of large diatoms was noticed in Mecklenburg Bight (Fig. 3a-c) and the western Arkona Sea (Stat. 030, Fig. 4a) also in 2003, but it was dominated by *Guinardia flaccida* at stations 012 and O22 in July 2003, whereas *Dactyliosolen fragilissimus* was only sub-dominant. After disappearance of *Guinardia flaccida* from the upper mixed layer, a diverse community with *Dactyliosolen fragilissimus*, *Proboscia alata* and *Guinardia flaccida* (Station 012) and *Nodularia spumigena*, *Prorocentrum minimum*, *Ceratium tripos* and *Teleaulax* sp. (Station 046) established. The typical cyanobacterial blooms (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp.) spread in the first half of July from the northern Gotland Sea towards the southern Arkona Sea (Fig. 2). These blooms drifted into the Mecklenburg Bight by early August. The bloom was over in the Baltic proper on 11.8.03.

The autumn bloom in Mecklenburg Bight is characterised by the coexistence of dinoflagellates (*Ceratium tripos*) and diatoms. The diatoms dominant in summer (*Guinardia flaccida*, *Dactyliosolen fragilissimus*) were replaced by *Proboscia alata*. In easterly direction, this diatom and *Ceratium* spp. disappeared while *Coscinodiscus granii* appeared (Fig. 24 b,c).

The 10 most important phytoplankton species of each season in each sea area are compiled in Table 4. A complete species list of the year 2003, including a seasonal indicator, is given in Table 5.

In 2002, the sedimentation of organic matter in the Gotland Sea could be measured over the whole year, with the exclusion of a period between April 16 and May 9, which fell between servicing intervals of the trap mooring. Three distinct periods of mass sedimentation could again be observed. The sedimentation maximum in spring (March/April 2002) was dominated by diatoms, of which *Thalassiosira levanderi* and *Skeletonema costatum* were the key species (Fig. 6a). The peak of vertical silica transport coincided with this maximum (Fig. 7). The summer phase was characterized by a background of diatoms and dinoflagellates and an increasing flux of filamentous cyanobacteria (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp.) towards later summer (Fig. 6). Sedimentation patterns in autumn were again dominated by diatoms (*Cyclotella choctawhatcheana*, *Chaetoceros* sp. and *Thalassiosira baltica*), indicated by the increased silica values.

The highest vertical transport of carbon and nitrogen was recorded at a time of lowest isotopic values of nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$). Therefore, again the bulk of organic matter exported from the water column in 2002 was due to the productivity of diazotrophic filamentous cyanobacteria in spite of pronounced spring and autumn blooms of diatoms. Pennate diatoms, associated with the cyanobacterial aggregates, were present in the summer of 2002 but occurred in lower numbers than in 1999, when they dominated the silica fluxes. Their occurrence and, consequently, their influence on the silica budget seems to be the most variable part of the annual sedimentation pattern.

In 2002, total annual sedimentation rates amounted to 445 mmol C, 59 mmol N (C/N=7.5), 37 mmol Si und 6.2 mmol P per m^2 and year with a total flux of 18 g dry matter $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$. This relatively

low value in total dry matter, like in absolute silica flux, can be explained by the absence of large resuspension events in winter. So, the primary source of organic matter for the sediment was the flux of organic pelagic particles which was reflected in the high carbon content (25% by weight) of total dry matter. With $5,3 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ the sedimentary carbon flux was again in the range of the relatively constant values of the previous years ($4\text{-}6 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$).

The seasonal development of chlorophyll a concentrations confirm the above mentioned very early spring blooms in Mecklenburg Bight and Arkona Sea (Fig. 15). The measured chlorophyll *a* and phaeopigment *a* data, integrated over the upper 20 m of the water column, are shown in Table 6. A comparison of seasonal and annual mean values with the three preceding years indicates an underestimation of spring data in 2003 if February is excluded, as hitherto done (Table 7).

If long-term data from 1979 to 2003 are considered, the decreasing chlorophyll *a* trend in Mecklenburg Bight continues and becomes stronger ($p = 0.01$, Fig. 22a). The significant increase in chlorophyll *a* concentrations in the Arkona Sea becomes weaker ($p = 0.05$, Fig. 22b). The increasing tendencies in chlorophyll *a* concentrations in the Bornholm Sea (Fig. 23a) and the eastern Gotland Sea (Fig. 23b) are not significant for $p=0.05$, if the last 25 years are tested by simple linear regression (t test).

Whereas the share of diatoms in the spring blooms was very low in the 1990s in the southern Baltic proper, it increased since the year 2000. On the other hand, dinoflagellates and *Mesodinium rubrum* reduced their share in the spring bloom in this area (Figs. 18 a,b – 21 a,b).

The regional distribution of phytoplankton species is mainly caused by the salinity gradient (Fig. 24). For this reason, Darss sill or the eastern Mecklenburg Bight are an important border while there is no such steep change in the species composition within the Baltic proper.

Mesozooplankton times series partly existing since 1979 were continued at 9 stations from Kiel Bay to the eastern Gotland Sea according to the HELCOM manual (WP2 net, 100 μm mesh size) mainly at three depth levels related to the hydrographical vertical structure. In the eastern Gotland Sea, additional catches were carried out in near bottom water which was oxygenated due to salt water inflows in summer 2002 and spring 2003. Totally we collected 148 samples. Taxonomical uncertainties concerning *Pseudocalanus* and *Bosmina* species are discussed since 2000. Samples were sent to the University of New Hampshire (USA) for genetic analysis. According to first published results from the Arkona Sea, *Pseudocalanus* was identified as *P. acuspes*. The result does not exclude the potential existence of *P. elongatus* in the Baltic Sea at the moment.

In 2003, the number of taxonomic group slightly increased due to the already mentioned saltwater inflows. The anthomedusa *Euphysa aurata* and larvae of *Echinodermata* contributed to this increase (Tab. 10). The turbellarian *Alaurina composita* which typically lives in the North Sea occurred in the Baltic Sea for the first time during the whole year. Its maximum abundance increased from $40 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-3}$ in 2001 to $10\,300 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-3}$ in July 2003 (Kiel Bay, 0-5 m). It appeared in 70% of all samples in October.

The average total abundance in 2003 remained significantly below the long-term mean at station BMPK5 and BMPJ1 in the central Arkona Sea and the eastern Gotland Sea respectively (Fig. 25,

Table 8). The decline of abundance was mainly the result of relatively low concentrations of rotifers and cladocerans. The maxima of half a million specimen per cubic meter detected in the first half of the last decade (rotifers) and in 2002 (cladocerans) declined to one fifth (Table 9). This might be the result of a certain food demand of rotifers. They are a part of microbial loop which is probably more pronounced in the late phase of phytoplankton spring bloom. There were occasions in 2003 which support this hypothesis. In case of cladocerans the reason might be similarly complex. Temperature conditions favourable for a cladoceran mass development occurred (Fig. 27). Nevertheless the concentrations remain relatively low. Warm weather support also the growth of cyanobacteria at the same time which may have a negative effect on cladoceran abundance.

Meroplanktonic larvae, especially of Polychaeta and Bivalvia, reached highest concentrations in the reference period since 1991 (Tab. 9). Maximum polychaet larvae concentrations occurred together with the highest rotifera concentrations of 2003 in Pomeranian Bight in March. Some 10 Ind.* m³ were recorded in the formerly anoxic depths of the Gotland Deep, some of them in the oxygenated bottom water carried there by salt water inflow. Bivalve larvae behaved similar in concentrations but different in habitat. They were dominant in Kiel Bay and Mecklenburg Bay/Kadet trench in autumn, but not in Pomeranian Bight.

Cyclopoids (*Oithona similis*) occurred in noticeable concentrations in 2003. The species is common in the western Baltic Sea and inhabited the surface waters of the Kiel Bight in quantities of several thousands individuals per cubic meter. This species indicated the flux of saline water into the basins of the central Baltic Sea. 300 Ind.* m³ were detected in the Gotland Deep (Fig. 29).

Calanoid copepods did not change much in total abundance in the last years, but the proportions of the different species changed. *Acartia* species dominated in 2003.

The 102 species found in the macrozoobenthos in 2003 mark the species maximum of the last 12 years at the 6 monitoring stations sampled by the IOW (Figs. 30, 31). The quick recovery after the oxygen depletions in the western Baltic (Stat. 010 and 012) and the re-colonisation of the Bornholm Sea after 5 years are remarkable (Fig. 32). Since the beginning of the macrozoobenthos monitoring in 1991, 156 taxa were proved. Three species (*Halicryptus spinulosus*, *Bylgides sarsi*, *Diastylis rathkei*) showed high presence during all the years. The negative trend in abundance and biomass continued only in the eastern regions whereas they increased at the western stations. The long-term tendencies in species number and Shannon-Wiener-Index since 1980 are displayed for Station 109 (Fig. 34). They decreased until the end of the 1980s/beginning of the 1990s but increased since then. The development of the abundance of *Pygospio elegans* and *Macoma balthica* at Station 152 (south-eastern Arkona Sea) from 1991 to 2003 is shown in Fig. 37.

Danksagung

Die Autoren danken den am Ostseeüberwachungsprogramm beteiligten Mitarbeitern des Instituts für Ostseeforschung, insbesondere den mit der Probengewinnung und -bearbeitung betrauten Kolleginnen und Kollegen BÄRBEL BUUK, SUSANNE BUSCH, ANKE GERBER, INES GLOCKZIN, REGINA HANSEN, GERHARD LEHNERT, ANNELI POSTEL, ASTRID SCHULTZ, DORIS SETZKORN, INA

TOPP sowie den bei der Datenbearbeitung engagierten Kolleginnen und Kollegen JAN DONATH, SABINE FEISTEL, ANNETT GRÜTTMÜLLER, Dr. STEFFEN BOCK und Dr. THOMAS OHDE. Die meteorologisch-hydrographischen sowie chemischen Daten wurden uns von Dr. RAINER FEISTEL und Dr. GÜNTHER NAUSCH zur Verfügung gestellt. Den Kapitänen und Besatzungen der Forschungsschiffe „Gauss“ und „Alexander v. Humboldt“ sowie den Fahrleitern sei gedankt für die Unterstützung während der Messfahrten. Lücken in unserer Probennahme-Datenreihe konnten geschlossen werden durch zusätzliche Proben, die uns von JEANNETTE GÖBEL (Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein) und BJÖRN BRODHERR (Projekt SIBER) zur Verfügung gestellt wurden. Das vom Institut für Ostseeforschung durchgeführte biologische Monitoring wird finanziell getragen durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie.

Literaturverzeichnis

ARNDT, H., 1985: Eine Zählkammer für die mikroskopische Auswertung von Zooplanktonproben. - *Wiss. Zeitschr. W.-Pieck-Univ. Rostock*, **34**, 30-31.

v. BODUNGEN, B., JOST, G., POSTEL, L., POWILLEIT, M., WASMUND, N., 1996: Biologisches Monitoring und wissenschaftliche Zustandseinschätzung der Ostsee im Rahmen der HELCOM. - Abschlussbericht 1991-1995 des IOW im Auftrag des Umweltbundesamtes, 183 pp.

BREUEL, G., JOST, G., KAISER, W., POWILLEIT, M., WASMUND, N., v. BODUNGEN, B., 1993: Biologisches Monitoring und Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 1992. - Bericht des IOW im Auftrag des Umweltbundesamtes, 51 pp.

BREUEL, G., JOST, G., KAISER, W., POWILLEIT, M., WASMUND, N. v. BODUNGEN, B., 1994: Biologisches Monitoring und Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 1993. - Bericht des IOW im Auftrag des Umweltbundesamtes, 65 pp.

BREUEL, G., JOST, G., KAISER, W., POWILLEIT, M., WASMUND, N., v. BODUNGEN, B., 1995: Biologisches Monitoring und Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 1994. - Bericht des IOW im Auftrag des Umweltbundesamtes, 58 pp.

BSH, 2003: German Ice Report 2004-02-06 No. 13.

http://www.bsh.de/Meeresdaten/Beobachtungen/Eis/German_Ice_Report.pdf

BUCKLIN A., FROST, B.W., BRAQDFOR-GRIEVE, J., ALLEN, L.D., COPLEY, N.J., 2003. Molecular systematic and phylogenetic assessment of 34 calanoid copepod species of *Calanidae* and *Clausocalanidae*. - *Mar Biol* **142**: 333-343.

EDLER, L. (ed.), 1979: Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. Phytoplankton and chlorophyll. - The Baltic Marine Biologists. Publ. No. **5**, 38 pp.

FEISTEL, R., NAUSCH, G., MOHRHOLZ, V., LYSIAK-PASTUSZAK, E., SEIFERT, T., MATTHÄUS, W., KRÜGER, S. AND HANSEN, I.S., 2003. - Warm Waters of Summer 2002 in the Deep Baltic. *Oceanologia*, **45**: 571-592

- FORSTER, S., ZETTLER, M.L. 2004: The capacity of the filter-feeding bivalve *Mya arenaria* L. to affect water transport in sandy beds. - *Marine Biology* 144: 1183-1189
- GARGAS, E., NIELSEN, G.E., MORTENSEN, S., 1978: Phytoplankton production, chlorophyll-a and nutrients in the open Danish waters 1975-1977. - The Belt Project. The National Agency of Environmental Protection, Denmark, 103 pp.
- HELCOM, 1987: First periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea area, 1980-1985; background document. - *Baltic Sea Environment Proceedings* **17 B**, 1-351.
- HELCOM, 1990: Second periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea, 1984-1988; background document. - *Baltic Sea Environment Proceedings* **35 B**, 1-432.
- HELCOM, 1996: Third periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea, 1989-1993; background document. - *Baltic Sea Environment Proceedings* **64 B**, 1-252.
- HELCOM, 2001: Manual for marine monitoring in the COMBINE programme of HELCOM, Part C. – Internet, updated 2001: <http://www.helcom.fi/Monas/CombineManual2/CombineHome.htm>.
- HELCOM, 2002: Environment of the Baltic Sea area, 1994-1998. - *Baltic Sea Environment Proceedings*, 82 B, 1-215.
- HERNROTH, L., ACKEFORS, H., 1979: The zooplankton of the Baltic proper. – *Inst. Mar. Res. Report* **2**: 1-60.
- ICES, 1997: Report of the ICES/HELCOM workshop on the quality assurance of pelagic biological measurements in the Baltic Sea. - *ICES C.M. 1997 / E:5*, 38 pp.
- JGOFS, 1993: Core measurement protocol. - Scientific Committee on Oceanic Research, Bergen (JGOFS Rep. No. 6).
- KAISER, W., SCHULZ, S., 1978: On the causes for the differences in space and time of the commencement of the phytoplankton bloom in the Baltic. – *Kieler Meeresforsch., Sonderheft* **4**, 161-170.
- KÖSTER, P., 2003: Körpermaße und Kohlenstoffgehalte dominanter Zooplanktonarten der Ostsee in Abhängigkeit von Salzgehalt, Ernährungszustand und Temperatur. Diplomarbeit, Universität und IOW Rostock, 112 S.
- LAAMANEN, M.J., FORSSTRÖM, L., SIVONEN, K., 2002: Diversity of *Aphanizomenon* populations (cyanobacteria) on a Baltic Sea salinity gradient - Only one ITS1-S genotype persists in the Baltic Sea. In: LAAMANEN, M.J. - Genetic and species diversity of planktonic cyanobacteria in the northern Baltic Sea. Contributions of the Finnish Inst. of Marine Research, Helsinki, Vol. 4, Part IV, 14 pp.

- LORENZEN, C.J., 1967: Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. – *Limnology and Oceanography*, **12**, 343-346.
- LUND, J.W.C., KIPLING, C., LE CREN, E.D., 1958: The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. – *Hydrobiologia*, **11**, 143-170.
- LYSIAK-PASTUSZAK, E., 2003: State of the Baltic Sea in 2003. – Sixth Meeting of HELCOM-MONAS, Gdynia, 20-24.10.2003.
- MASKE, H., 1994: Long-term trends in seston and chlorophyll a in Kiel Bight, western Baltic. – *Continental Shelf Research*, **14**, 791-801.
- MATTHÄUS, W., LASS, U., 1995: The recent salt inflow into the Baltic Sea. – *J. Phys. Oceanogr.*, **25**, 280-286.
- NAUSCH, G., FEISTEL, R., LASS, H.U., NAGEL, K., SIEGEL, H., 2003: Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2002. – *Meereswiss. Ber.*, Warnemünde, 55, 1-71.
- NAUSCH, G., FEISTEL, R., LASS, H.U., NAGEL, K., SIEGEL, H., 2004: Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2003. Unveröff. Bericht an das BSH. Warnemünde, April 2004.
- POSTEL, L., FOCK, H., HAGEN, W., 2000: Biomass and abundance. In: HARRIS, R., WIEBE, P., LENZ, J., SKJOLDAL, H.R., HUNTLEY, M. (eds.) - *ICES Zooplankton Methodological Manual*. Academic Press, San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, 83-192.
- REMANE, A., 1940: Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee. In: Grimpe, G. (Hrsg) *Die Tierwelt der Nord- und Ostsee*. Akad. Verlagsgesellschaft Becker und Edler Kom. Ges., Leipzig, 238 S.
- SCHULZ, S., KAISER, W., BREUEL, G., 1992: Biologisches Monitoring und Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 1991. – Bericht des IOW im Auftrag des Umweltbundesamtes, 37 pp.
- SCHUBERT, S., 2002: Phototaktisches Verhalten von Zooplankton und deren Entwicklungsstadien in der Ostsee. Diplomarbeit, Universität und IOW Rostock, 54 S.
- SIEGEL, H., GERTH, M., RUDLOFF, R., TSCHERSICH, G., 1994: Dynamical features in the western Baltic Sea investigated by NOAA-AVHRR-Data. – *Dt. Hydrogr. Z.* **3**, 191-209.
- UMWELTBUNDESAMT, 2002. Qualitätssicherungsstelle des Bund/Länder-Messprogramms Nord- und Ostsee am Umweltbundesamt: 1. Chlorophyll a-Ringversuch. Vergleichbarkeit von Chlorophyll a-Bestimmungen an Probenmaterial aus der Ostsee. Abschlußbericht, November 2002.
- UTERMÖHL, H., 1958: Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. – *Ass. intern. Limnol. théor.*, **9**, 1-38.
- VAN GUELPEL, L., MARKLE, D.F., DUGGAN, D.J., 1982: An evaluation of accuracy, precision, and speed of several zooplankton subsamples techniques. – *J. Cons. int. Explor. Mer*, **40**, 226-236.

WASMUND, N., ALHEIT, J., POLLEHNE, F., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 1998 a: Ergebnisse des Biologischen Monitorings der Ostsee im Jahre 1997 im Vergleich mit bisherigen Untersuchungen. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **32**, 1-66.

WASMUND, N., ALHEIT, J., POLLEHNE, F., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 1999: Der biologische Zustand der Ostsee im Jahre 1998 auf der Basis von Phytoplankton-, Zooplankton- und Zoobenthosuntersuchungen. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **37**, 1-75.

WASMUND, N., ALHEIT, J., POLLEHNE, F., SIEGEL, H., 2000 a: Der biologische Zustand der Ostsee im Jahre 1999 auf der Basis von Phytoplankton- und Zooplanktonuntersuchungen. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **43**, 1-65.

WASMUND, N., NAUSCH, G., MATTHÄUS, W., 1998 b: Phytoplankton spring blooms in the southern Baltic Sea – spatio-temporal development and long-term trends. - J. Plankton Res., **20**, 1099-1117.

WASMUND, N., NAUSCH, G., POSTEL, L., WITEK, Z., ZALEWSKI, M., GROMISZ, S., LYSIAK-PASTUSZAK, E., OLENINA, I., KAVOLYTE, R., JASINSKAITE, A., MÜLLER-KARULIS, B., IKAUNIECE, A., OJAVEER, H., KALLASTE, K., JAANUS, A., 2000 b: Trophic status of coastal and open areas of the south-eastern Baltic Sea based on nutrient and phytoplankton data from 1993-1997. Meereswiss. Ber., Warnemünde, 38, 83 pp.

WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 2001: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2000. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **46**, 1-74.

WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 2002: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2001. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **51**, 1-80.

WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 2003: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2002. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **56**, 1-78.

WASMUND, N., TOPP, I., 2004: Optimierung der Chlorophyll-*a*-Bestimmung. In: Schilling, P. (Hrsg.): Meeresmonitoring, Wasserrahmenrichtlinie und Qualitätssicherung. Umweltbundesamt Berlin, S. 32-37.

WASMUND, N., UHLIG, S., 2003: Phytoplankton trends in the Baltic Sea. - ICES Journal of Marine Science, **60**, 177-186.

ZETTLER, M.L., BÖNSCH, R., GOSSELCK, F., 2000: Verbreitung des Makrozoobenthos in der Mecklenburger Bucht (südliche Ostsee) – rezent und im historischen Vergleich. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **42**, 1-144.

Meereswissenschaftliche Berichte

MARINE SCIENCE REPORTS

- 1 (1990) Postel, Lutz:
Die Reaktion des Mesozooplanktons, speziell der Biomasse, auf küstennahen Auftrieb vor Westafrika (The mesozooplankton response to coastal upwelling off West Africa with particular regard to biomass)
- 2 (1990) Nehring, Dietwart:
Die hydrographisch-chemischen Bedingungen in der westlichen und zentralen Ostsee von 1979 bis 1988 – ein Vergleich (Hydrographic and chemical conditions in the western and central Baltic Sea from 1979 to 1988 – a comparison)
Nehring, Dietwart; Matthäus, Wolfgang:
Aktuelle Trends hydrographischer und chemischer Parameter in der Ostsee, 1958 – 1989 (Topical trends of hydrographic and chemical parameters in the Baltic Sea, 1958 – 1989)
- 3 (1990) Zahn, Wolfgang:
Zur numerischen Vorticityanalyse mesoskaler Strom- und Massenfelder im Ozean (On numerical vorticity analysis of mesoscale current and mass fields in the ocean)
- 4 (1992) Lemke, Wolfram; Lange, Dieter; Endler, Rudolf (Eds.):
Proceedings of the Second Marine Geological Conference – The Baltic, held in Rostock from October 21 to October 26, 1991
- 5 (1993) Endler, Rudolf; Lackschewitz, Klas (Eds.):
Cruise Report RV "Sonne" Cruise SO82, 1992
- 6 (1993) Kulik, Dmitri A.; Harff, Jan:
Physicochemical modeling of the Baltic Sea water-sediment column: I. Reference ion association models of normative seawater and of Baltic brackish waters at salinities 1–40 ‰, 1 bar total pressure and 0 to 30 C temperature
(system Na–Mg–Ca–K–Sr–Li–Rb–Cl–S–C–Br–F–B–N–Si–P–H–O)
- 7 (1994) Nehring, Dietwart; Matthäus, Wolfgang; Lass, Hans Ulrich; Nausch, Günther:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1993
- 8 (1995) Hagen, Eberhard; John, Hans-Christian:
Hydrographische Schnitte im Ostrandstromsystem vor Portugal und Marokko 1991 - 1992
- 9 (1995) Nehring, Dietwart; Matthäus, Wolfgang; Lass, Hans Ulrich; Nausch, Günther; Nagel, Klaus:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1994
Seifert, Torsten; Kayser, Bernd:
A high resolution spherical grid topography of the Baltic Sea
- 10 (1995) Schmidt, Martin:
Analytical theory and numerical experiments to the forcing of flow at isolated topographic features
- 11 (1995) Kaiser, Wolfgang; Nehring, Dietwart; Breuel, Günter; Wasmund, Norbert; Siegel, Herbert; Witt, Gesine; Kerstan, Eberhard; Sadkowiak, Birgit:
Zeitreihen hydrographischer, chemischer und biologischer Variablen an der Küstenstation Warnemünde (westliche Ostsee)
Schneider, Bernd; Pohl, Christa:

- Spurenmittelkonzentrationen vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns
- 12** (1996) Schinke, Holger:
Zu den Ursachen von Salzwassereintrüben in die Ostsee
- 13** (1996) Meyer-Harms, Bettina:
Ernährungsstrategie calanoider Copepoden in zwei unterschiedlich trophierten Seegebieten der Ostsee (Pommernbucht, Gotlandsee)
- 14** (1996) Reckermann, Marcus:
Ultraphytoplankton and protozoan communities and their interactions in different marine pelagic ecosystems (Arabian Sea and Baltic Sea)
- 15** (1996) Kerstan, Eberhard:
Untersuchung der Verteilungsmuster von Kohlenhydraten in der Ostsee unter Berücksichtigung produktionsbiologischer Meßgrößen
- 16** (1996) Nehring, Dietwart; Matthäus, Wolfgang; Lass, Hans Ulrich; Nausch, Günther; Nagel, Klaus:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1995
- 17** (1996) Brosin, Hans-Jürgen:
Zur Geschichte der Meeresforschung in der DDR
- 18** (1996) Kube, Jan:
The ecology of macrozoobenthos and sea ducks in the Pomeranian Bay
- 19** (1996) Hagen, Eberhard (Editor):
GOBEX - Summary Report
- 20** (1996) Harms, Andreas:
Die bodennahe Trübezzone der Mecklenburger Bucht unter besonderer Betrachtung der Stoffdynamik bei Schwermetallen
- 21** (1997) Zülicke, Christoph; Hagen, Eberhard:
GOBEX Report - Hydrographic Data at IOW
- 22** (1997) Lindow, Helma:
Experimentelle Simulationen windangeregter dynamischer Muster in hochauflösenden numerischen Modellen
- 23** (1997) Thomas, Helmuth:
Anorganischer Kohlenstoff im Oberflächenwasser der Ostsee
- 24** (1997) Matthäus, Wolfgang; Nehring, Dietwart; Lass, Hans Ulrich; Nausch, Günther; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1996
- 25** (1997) v. Bodungen, Bodo; Hentzsch, Barbara (Herausgeber):
Neue Forschungslandschaften und Perspektiven der Meeresforschung - Reden und Vorträge zum Festakt und Symposium am 3. März 1997.
- 26** (1997) Lakaschus, Sönke:
Konzentrationen und Depositionen atmosphärischer Spurenmittel an der Küstenstation Arkona
- 27** (1997) Löffler, Annekatrin:
Die Bedeutung von Partikeln für die Spurenmittelverteilung in der Ostsee, insbesondere unter dem Einfluß sich ändernder Redoxbedingungen in den zentralen Tiefenbecken
- 28** (1998) Leipe, Thomas; Eidam, Jürgen; Lampe, Reinhard; Meyer, Hinrich; Neumann, Thomas; Osadczuk, Andrzej; Janke, Wolfgang; Puff, Thomas; Blanz, Thomas; Gingele, Franz Xaver; Dannenberger, Dirk; Witt, Gesine:

- Das Oderhaff. Beiträge zur Rekonstruktion der holozänen geologischen Entwicklung und anthropogenen Beeinflussung des Oder-Ästuars.
- 29** (1998) Matthäus, Wolfgang; Nausch, Günther; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1997
- 30** (1998) Fennel, Katja:
Ein gekoppeltes, dreidimensionales Modell der Nährstoff- und Planktondynamik für die westliche Ostsee
- 31** (1998) Lemke, Wolfram:
Sedimentation und paläogeographische Entwicklung im westlichen Ostseeraum (Mecklenburger Bucht bis Arkonabecken) vom Ende der Weichselvereisung bis zur Litorinatransgression
- 32** (1998) Wasmund, Norbert; Alheit, Jürgen; Pollehne, Falk; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Ergebnisse des Biologischen Monitorings der Ostsee im Jahre 1997 im Vergleich mit bisherigen Untersuchungen
- 33** (1998) Mohrholz, Volker:
Transport- und Vermischungsprozesse in der Pommerschen Bucht
- 34** (1998) Emeis, Kay-Christian; Struck, Ulrich (Editors):
Gotland Basin Experiment (GOBEX) - Status Report on Investigations concerning Benthic Processes, Sediment Formation and Accumulation
- 35** (1999) Matthäus, Wolfgang; Nausch, Günther; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1998
- 36** (1999) Schernewski, Gerald:
Der Stoffhaushalt von Seen: Bedeutung zeitlicher Variabilität und räumlicher Heterogenität von Prozessen sowie des Betrachtungsmaßstabs - eine Analyse am Beispiel eines eutrophen, geschichteten Sees im Einzugsgebiet der Ostsee (Belauer See, Schleswig-Holstein)
- 37** (1999) Wasmund, Norbert; Alheit, Jürgen; Pollehne, Falk; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Der biologische Zustand der Ostsee im Jahre 1998 auf der Basis von Phytoplankton-, Zooplankton- und Zoobenthosuntersuchungen
- 38** (2000) Wasmund, Norbert; Nausch, Günther; Postel, Lutz; Witek, Zbigniew; Zalewski, Mariusz; Gromisz, Slawomira; Lysiak-Pastuszek, Elzbieta; Olenina, Irina; Kavolyte, Rima; Jasinskaite, Aldona; Müller-Karulis, Bärbel; Ikauniece, Anda; Andrushaitis, Andris; Ojaveer, Henn; Kallaste, Kalle; Jaanus, Andres:
Trophic status of coastal and open areas of the south-eastern Baltic Sea based on nutrient and phytoplankton data from 1993 - 1997
- 39** (2000) Matthäus, Wolfgang; Nausch, Günther; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1999
- 40** (2000) Schmidt, Martin; Mohrholz, Volker; Schmidt, Thomas; John, H.-Christian; Weinreben, Stefan; Diesterheft, Henry; Iita, Aina; Filipe, Vianda; Sangolay, Bomba-Bazik; Kreiner, Anja; Hashoongo, Victor; da Silva Neto, Domingos:
Data report of R/V "Poseidon" cruise 250 ANDEX'1999
- 41** (2000) v. Bodungen, Bodo; Dannowski, Ralf; Erbguth, Wilfried; Humborg, Christoph; Mahlburg, Stefan; Müller, Chris; Quast, Joachim; Rudolph, K.-U.; Schernewski, Gerald; Steidl, Jörg; Wallbaum, Volker:
Oder Basin - Baltic Sea Interactions (OBBSI): Endbericht

- 42 (2000) Zettler, Michael L.; Bönsch, Regine; Gosselck, Fritz:
Verbreitung des Makrozoobenthos in der Mecklenburger Bucht
(südliche Ostsee) - rezent und im historischen Vergleich
- 43 (2000) Wasmund, Norbert; Alheit, Jürgen; Pollehne, Falk; Siegel, Herbert:
Der biologische Zustand der Ostsee im Jahre 1999 auf der Basis
von Phytoplankton- und Zooplanktonuntersuchungen
- 44 (2001) Eichner, Christiane:
Mikrobielle Modifikation der Isotopensignatur des Stickstoffs in
marinem partikulären Material
- 45 (2001) Matthäus, Wolfgang; Nausch, Günther (Editors):
The hydrographic-hydrochemical state of the western and central
Baltic Sea in 1999/2000 and during the 1990s
- 46 (2001) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler,
Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2000
- 47 (2001) Lass, Hans Ulrich; Mohrholz, Volker; Nausch, Günther; Pohl, Christa;
Postel, Lutz; Rüß, Dietmar; Schmidt, Martin; da Silva, Antonio;
Wasmund, Norbert:
Data report of R/V "Meteor" cruise 48/3 ANBEN'2000
- 48 (2001) Schöner, Anne Charlotte:
Alkenone in Ostseesedimenten, -schwebstoffen und -algen:
Indikatoren für das Paläomilieu?
- 49 (2002) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus;
Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2001
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Ostsee-Monitoring - Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im
Jahre 2001
- 50 (2002) Manasreh, Riyad:
The general circulation and water masses characteristics in the Gulf
of Aqaba and northern Red Sea
- 51 (2002) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler,
Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2001
- 52 (2002) Reißmann, Jan Hinrich:
Integrale Eigenschaften von mesoskaligen Wirbelstrukturen in den
tiefen Becken der Ostsee
- 53 (2002) Badewien, Thomas H.:
Horizontaler und vertikaler Sauerstoffaustausch in der Ostsee
- 54 (2003) Fennel, Wolfgang; Hentzsch, Barbara (Herausgeber):
Festschrift zum 65. Geburtstag von Wolfgang Matthäus
- 55 (2003) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus;
Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2002
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2002
- 56 (2003) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler,
Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2002
- 57 (2004) Schernewski, Gerald; Dolch, Tobias (Editors):
The Oder estuary against the background of the European Water
Framework Directive
- 58 (2004) Feistel, Rainer; Nausch, Günther; Matthäus, Wolfgang; Lysiak-Pastuszak,
Elzbieta; Seifert, Torsten; Sehested Hansen, Ian; Mohrholz, Volker; Krüger,

- Siegfried; Buch, Erik; Hagen, Eberhard:
Background Data to the Exceptionally Warm Inflow into the Baltic Sea
in late Summer of 2002
- 59** (2004) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel,
Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2003
- Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2003
- 60** (2004) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler,
Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2003