

Meereswissenschaftliche Berichte

MARINE SCIENCE REPORTS

No. 56

Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2002

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
2003

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	5
Summary	8
1. Einleitung	11
2. Material und Methoden	12
2.1 Beprobungs-Strategie	12
2.2 Phytoplankton	14
2.3 Algenpigmente	15
2.4 Mesozooplankton	15
2.5 Makrozoobenthos	18
2.6 Sedimentation	19
2.7 Fernerkundung	19
2.8 Qualitätssicherung	20
3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2002	20
4. Ergebnisse	21
4.1 Phytoplankton	21
4.1.1 Die Phytoplanktonentwicklung anhand von Satellitendaten	21
4.1.2 Jahrgang von Artenzusammensetzung und Biomasse	24
4.1.2.1 Mecklenburger Bucht (einschl. Lübecker Bucht)	25
4.1.2.2 Arkonasee	29
4.1.2.3 Pommersche Bucht	31
4.1.2.4 Bornholmsee	31
4.1.2.5 Gotlandsee	32
4.1.3 Sedimentation	38
4.1.4 Jahrgang der Chlorophyll a – Konzentration	43
4.1.5 Langzeittrend der Artenzusammensetzung	43
4.1.6 Langzeittrend der Chlorophyll a – Konzentration	46
4.1.7 Räumliche Phytoplanktonverteilung	54
4.2 Mesozooplankton	56
4.2.1 Abundanz	56
4.2.2 Artenspektrum	62
4.3 Makrozoobenthos	65
5. Diskussion	73
5.1 Phytoplankton-Tiefenproben	73
5.2 Makrozoobenthos	74
Danksagung	75
Literaturverzeichnis	75

Zusammenfassung

Im Rahmen des HELCOM-Monitorings wurden Daten über die Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos des Jahres 2002 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. Dabei werden Vergleiche mit den Vorjahren gezogen, um eventuelle Trends abzuleiten. Zur Vervollständigung der saisonalen Angaben der Phytoplanktondynamik werden Daten von Sinkstoff-Fallen des Jahres 2001 aus dem Gotlandbecken herangezogen. Die auf 5 regulären Monitoringfahrten basierende Datenreihe wird ergänzt durch Proben, die uns vom Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU) und dem National Environmental Research Institute Roskilde (Dänemark) zur Verfügung gestellt wurden. Dadurch kommen wir auf bis zu 20 Probestermine pro Station (Tab. 1).

In der Mecklenburger Bucht (Abb. 4a, c) und der Arkonasee (Abb. 5a, b) hatte sich die Frühjahrsblüte bis Ende März 2002 gebildet (Abb. 2) und war Anfang April im Rückgang begriffen. In der Bornholmsee (Abb. 5c) stieg sie bis Anfang April noch an, und in der östlichen Gotlandsee (Abb. 6 b) wurde ein Maximum erst am 8. Mai registriert. In der Lübecker Bucht (Abb. 4b) dürfte am 27.3.02 das Biomasse-Maximum der Frühjahrsblüte mit etwa $5,4 \text{ g m}^{-3}$ fast getroffen sein. Die Station OB in der Pommerschen Bucht (Abb. 6a) weicht als fließwasserbeeinflusste Küstenstation von den Stationen der offenen See deutlich ab. Hier wurde ein Biomassemaximum, hauptsächlich aus *Diatoma elongatum*, erst am 4.5.02 registriert. Selbstverständlich werden die wahren Spitzen der Blüten wegen der zu großen Zeitabstände zwischen den Probenahmen meistens verfehlt. Die Nährstoffabnahme im Wasser ist ein hilfreicher Indikator für ein vorangegangenes Algenwachstum.

Die Frühjahrsblüte wurde im Jahre 2002 im allgemeinen von der Kieselalge *Skeletonema costatum* gebildet. In der zentralen Mecklenburger Bucht (Stat. 012) und der Lübecker Bucht folgte auf die *Skeletonema*-Blüte *Dictyocha speculum*, in der östlichen Mecklenburger Bucht (Stat. 046) *Dinophysis baltica* und in der zentralen Arkonasee (Stat. 113) und der Pommerschen Bucht (Stat. OB) *Mesodinium rubrum*. Die in der späteren Phase der Frühjahrsblüte zu erwartenden Dinoflagellaten entwickelten sich in der Arkonasee (Abb. 5a, b) und Bornholmsee (Abb. 5c) nur schwach. Insofern scheint die seit 1989 beobachtete Ausbreitung von Dinoflagellaten seit dem Jahre 2000 zurückgedrängt zu sein. Lediglich in der östlichen Gotlandsee blieben die Dinoflagellaten (*Peridiniella catenata*) neben dem seit 1999 verstärkt auftretenden Ciliaten *Mesodinium rubrum* der wesentliche Bestandteil der Frühjahrsblüte (Abb. 6b). Die leichte Silikatabnahme zeigt an, daß auch hier ein gewisses Kieselalgenwachstum stattgefunden haben muß, was in der Gotlandsee in der 90er Jahren kaum beobachtet worden ist.

Im Sommer kam es in der Mecklenburger Bucht (Abb. 4a-c) und der westlichen Arkonasee (Stat. 030, Abb. 5a) zu der erwarteten Blüte von *Dactyliosolen fragilissimus*, während eine Cyanobakterienblüte in der Mecklenburger Bucht nicht auftrat. Schwache Oberflächenblüten von Cyanobakterien wurden nur bei windstillem Wetter in der nördlichen Arkonasee, nördlichen Bornholmsee sowie der nördlichen und südöstlichen Gotlandsee Ende Juli beobachtet. Aus Satellitendaten lässt sich schließen, dass der Höhepunkt der Blüte zum Zeitpunkt der Monitoringfahrt längst vorüber war (Abb. 3). Die Cyanobakterienblüte begann bereits Ende Juni

nordwestlich von Gotland und breitete sich dann über die Gotlandsee und schließlich Mitte Juli bis in die Bornholmsee und die Arkonasee aus.

Die Mecklenburger Bucht war im Herbst hauptsächlich durch Dinoflagellaten (*Ceratium tripos*, in der Lübecker Bucht auch *Prorocentrum minimum*) und diverse Kieselalgen (*Coscinodiscus granii*, *Cerataulina pelagica*) in stark schwankenden Abundanzen gekennzeichnet. Das häufige Vorkommen von *Ceratium*-Arten bis zur Station 030 spricht für eine biologische Grenze zwischen den Stationen 030 und 113 (Abb. 21). Die für den Herbst typische Blüte von *Coscinodiscus granii* war nur schwach entwickelt.

Die wichtigsten Phytoplanktonarten jeder Saison sind für jedes Seegebiet in Tabelle 3 zusammengestellt. Eine komplette Artenliste des Jahres 2002, einschl. eines saisonalen Indikators, findet sich in Tabelle 4.

Die Sedimentation organischen Materials in der Gotlandsee konnte im Jahr 2001 nur verlässlich in der Frühjahrs- und Herbstzeit gemessen werden. Aufgrund einer Verstopfung des Falltrichters sind die Spätfrühjahrs/Sommerwerte in nur einem Wert zusammengefasst. Ein Teil des Materials ging verloren. Dadurch ist die zu errechnende Jahressedimentationsrate, niedriger als in den Vorjahren. Die schnelle Sedimentation eines ersten Teils der Diatomeenblüte im Frühjahr ist in allen Variablen deutlich zu sehen. Ein weiterer hoher Sedimentationsschub von vorwiegend Diatomeen erfolgte wahrscheinlich im Mai und führte zur Verstopfung des Falltrichters (Abb. 7a). Der typische hohe Eintrag von diazotrophen Cyanobakterien konnte mikroskopisch nicht mehr nachgewiesen werden, da das Material auf Grund der fehlenden Fixierung nicht in seiner Ursprungsform erhalten blieb (Abb. 7c, d). Die niedrigen delta ¹⁵N-Signaturen im Rückstand des Sommermaterials deuten jedoch auf einen hohen Eintrag von Kohlenstoff hin, der durch stickstofffixierende Cyanobakterien produziert wurde (Abb. 8). Schalen der mit diesen Aggregaten oft vergesellschafteten pennaten Diatomeen wurden im Rückstand nicht gefunden, was sich auf die höhere Aufnahme des gelösten Silikats durch die Frühjahrsblüte von Diatomeen erklären läßt.

Im Herbst steigen die ¹⁵N-Werte und zeigen damit konvektive Prozesse in der Wassersäule an, die neben isotopisch schwerem Nitrat auch wieder Silikat in die Oberflächenschicht transportiert haben. In der Folge finden sich als Herbsteintrag wiederum vorwiegend Diatomeen in den Sinkstofffallen (Abb. 7a), was durch entsprechende Maxima im partikulären Silikat indiziert wird (Abb. 11). Insgesamt ergibt sich der Eindruck, daß der in den Vorjahren beobachtete Trend zur Reduktion des Diatomeenplanktons sich wieder umkehrt.

Die Gesamtsummen lagen für die einzelnen Elemente bei 216 mmol C, 25 mmol N, 43 mmol Si und 0,88 mmol P pro m² und Jahr. Der Massefluß betrug im Jahr 2001 15 g Trockenmaterial pro Jahr. Dieses steht unter dem Vorbehalt der wahrscheinlich hohen Verluste in der Frühjahrs/Sommerperiode. Der sedimentäre Kohlenstoffeintrag lag mit 2,6 g C m⁻² a⁻¹ in diesem Jahr mehr als 1/3 unter dem für alle bisherigen Beobachtungsjahre relativ konstanten Bereich von 4-6 g Kohlenstoff m⁻² a⁻¹.

Die jahreszeitliche Entwicklung der Phytoplankton-Gesamtbiomasse ist auch anhand der Chlorophyll a -Konzentrationen verfolgt worden. Die über die obersten 20 m der Wassersäule integrierten Chlorophyll a- und Phaeopigment a -Konzentrationen der einzelnen Messtermine sind

in Tabelle 5 zusammengestellt. Die Saison- und Jahresmittelwerte der Chlorophyll a-Konzentration in der eigentlichen Ostsee sind in Tabelle 6 mit den entsprechenden Werten der 3 vorangegangenen Jahre verglichen. Die Frühjahrs- und Sommerwerte zeigten im Vergleich mit den Jahren 2000 und 2001 einen Anstieg, die Herbstwerte eine Abnahme.

Bei Nutzung aller zur Verfügung stehenden HELCOM-Daten seit 1979 ergibt sich für die Mecklenburger Bucht ein abfallender Trend (Abb. 19a) und für die Arkonasee ein ansteigender Trend der Chlorophyll a -Konzentrationen (Abb. 19b). Die tendenziellen Anstiege der Chlorophyll a -Konzentrationen in der Bornholmsee (Abb. 20a) und östlichen Gotlandsee (Abb. 20b) 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 der Mecklenburger Bucht wieder stärker entwickelt, während die Dinoflagellaten zurückgegangen sind (Abb. 14a, 15a, 16a). Selbst in der östlichen Gotlandsee gibt es Anzeichen für eine gewisse Kieselalgen-Entwicklung auch im Frühjahr 2002 (Abb. 17a). Der seit 1999 insbesondere im Winter und Frühjahr dominante Ciliat *Mesodinium rubrum* geht seit dem Jahre 2000 wieder zurück (Abb. 15a, b – 18 a, b). Die sonst im Herbst blütenbildende Kieselalge *Coscinodiscus granii* bildete nur eine schwache Blüte aus (Abb. 21c).

Die regionale Verteilung der wichtigsten Phytoplanktonarten wird im Kapitel 5.1 diskutiert (Abb. 21). Insbesondere wird anhand der Grenzen des Auftretens von Blüten von *Dactyliosolen fragilissimus*, *Ceratium tripos* und stickstofffixierenden Cyanobakterien die Frage aufgeworfen, wo die biologische Grenze zwischen Beltsee und Arkonasee zu ziehen wäre.

Im Mesozooplankton führten im Jahre 2002 Cladoceren die Dominanzliste an mit 0,5 Mill. Ind. m^{-3} in den oberen 8 m der Bornholmsee, im August. Gegenüber den Vorjahren bedeutet dies eine Verfünffachung. Marine Arten begleiteten die Salzwassereinschübe und indizierten in einigen Fällen im Oktober den Weg über den Sund in die Arkona- und Bornholmsee. Zwei calanoide Copepodenarten, *Centropages hamatus* und *Temora longicornis*, waren zu allen Messterminen auf allen Stationen präsent. *Acartia bifilosa* war 2002 die dominante Art, gefolgt von *T. longicornis*. *Pseudocalanus* spp. spielte eher eine untergeordnete Rolle. Das für die Besiedlung des Benthals wichtige Meroplankton erwies sich im Vergleich zur steigenden Tendenz der Vorjahre wieder rückläufig, vornehmlich auf Kosten der Muschellarven.

Langzeituntersuchungen (1979–2002) in der zentralen Arkonasee (Stat. 113) und östlichen Gotlandsee (Stat. 271) verdeutlichen im Mittel: In der obersten Probenentnahmeschicht sind 2/3 der Abundanz lokalisiert, unabhängig von der darunter liegenden Wassertiefe. Ausgehend vom langjährigem Mittel von rund 30 000 Ind. m^{-3} lag die Abundanz 2002 in der obersten Schicht auf Station 113 um ca. 40% und auf Station 271 um etwa 50% höher. Diese Tendenz deutete sich in der Gotlandsee bereits im Vorjahr an. Unterhalb der obersten Schicht variiert die Abundanz in der Arkonasee weniger als in der Gotlandsee aufgrund unterschiedliche Wassertiefe und Hydrographie. Der Jahresgang verläuft in der obersten beprobten Zone mit zwei Gipfeln, darunter mit drei Piken im Abstand von ca. 3 Monaten, wobei in der tiefsten Zone der Gotlandsee ein steigender Trend bis zu

einer Maximal-Abundanz im November hinzukommt, als Zeichen eines zeitlich und qualitativ differenzierten Nahrungsgewebes.

Die Artenzahl des Makrozoobenthos war mit 56 im Vergleich zu den Vorjahren drastisch gesunken (Tab. 11, Abb. 24). Diese Reduktion ist hauptsächlich auf den Sauerstoffmangel im Fehmarnbelt (Stat. 010) und in der Mecklenburger Bucht (Stat. 012) zurückzuführen. Diese Gebiete zeichnen sich ansonsten durch einen hohen Artenreichtum aus (Abb. 25). Am Beispiel der Station 012 wird die Langzeitentwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl, Diversität und Dominanz von 1983 bis 2002 dargestellt (Abb. 28). Die weiter östlich gelegenen Stationen an der Darßer Schwelle und in der Arkonasee zeigten ähnliche Verhältnisse im Benthos wie im Vorjahr. Die Sauerstoffverhältnisse im Bodenwasser waren durch die Depression im Westen nicht betroffen. Hauptsächlich die Artenzahlen waren vergleichbar. Die Abundanzen und Biomassen nahmen wie in den Vorjahren weiter ab oder waren gleich (Abb. 26, 27). Seit Jahren anhaltender Sauerstoffmangel in der Bornholmsee führte dort zu einem kompletten Artenverlust (Abb. 25-27). Die Abundanzentwicklung von *Hydrobia ulvae* und *Macoma balthica* wurde an ausgewählten Stationen für die letzten 11 Jahre dargestellt (Abb. 29, 30). Die seit einigen Jahrzehnten stark zurückgehende bzw. verschwundenen Art *Monoporeia affinis* (Amphipoda) konnte in der südlichen Arkonasee (Stat. 152) wie im Vorjahr bestätigt werden.

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 2002 and discussed in comparison with satellite- and ship-based physico-chemical data. Information on sedimented material (from 2001) is also given. Comparisons with previous years were made and trends were checked. Data from the five regular monitoring cruises were complemented by data gathered from additional phytoplankton samples taken by Landesamt für Natur und Umwelt of the German country Schleswig-Holstein and from monitoring cruises of the National Environmental Research Institute Roskilde (Dänemark). By this strategy, up to 20 samples per station and year were available (Table 1).

The spring bloom was formed by the end of March 2002 in Mecklenburg Bight (Fig. 4a, c) and the Arkona Sea (Fig. 2) and started to decline at the beginning of April. It was still increasing until early April in the Bornholm Sea (Fig. 5c). In the eastern Gotland Sea, a peak was measured only on 8 May (Fig. 6b). In Lübeck Bight, the real peak of the bloom (5.4 g m^{-3}) might have just been met on 27.3.02 (Fig 4b). Being influenced by riverine water, station OB in Pomeranian Bight (Fig. 6a) is strongly deviating from the open sea. In this coastal water, a spring bloom of *Diatoma elongatum* was registered on 4.5.02. Of course, the true peaks of the blooms were not met because of too long periods between the samplings. Nutrient decrease in the water serves, however, as a useful indicator for preceding algal growth.

The early stage of the spring bloom, formed by the diatom *Skeletonema costatum*, was followed by *Dictyocha speculum* in the central Mecklenburg Bight (stat. 012) and Lübeck Bight (stat. O22), *Dinophysis baltica* in the eastern Mecklenburg Bight (stat. 046), and *Mesodinium rubrum* in the central Arkona Sea (Stat. 113) and the Pomeranian Bight (Stat. OB). Dinoflagellates, which were

expected in the late phase of the spring bloom in the Baltic proper, developed only weakly in the Arkona Sea (Fig. 5a, b) and Bornholm Sea (Fig. 5c). Insofar, the spreading of dinoflagellates, noticed since 1989, might have stopped (since 2000). They remain abundant, besides of *Mesodinium rubrum*, only in the spring bloom in the eastern Gotland Sea (Fig. 6b). The consumption of silicate in spring shows, however, that limited amounts of diatoms grew also there.

The expected summer bloom of *Dactyliosolen fragilissimus* was found in Mecklenburg Bight (Fig. 4a-c) and the western Arkona Sea (Stat. 030, Fig. 5a) in August, while a cyanobacteria bloom was not present. Slight surface blooms of cyanobacteria were noticed only at low wind in the northern Arkona Sea, northern Bornholm Sea as well as in the northern and south-eastern Gotland Sea. From satellite data we concluded that the cyanobacteria bloom started at the end of June north-west of Gotland and spread over the Gotland Sea and finally to the Bornholm Sea and Arkona Sea by the mid of July. Its peak was already over during our summer cruise (Fig. 3).

The autumn blooms in Mecklenburg Bight were dominated by *Ceratium tripos*, in Lübeck Bight also *Prorocentrum minimum*, and by diverse diatoms (*Coscinodiscus granii*, *Cerataulina pelagica*) in changing abundances. The frequent occurrence of *Ceratium* spp. up to Stat. 030 indicates a biological border in the Arkona Sea between stations 030 and 113 (Fig. 21). The typical autumn blooms of *Coscinodiscus granii* were only weakly developed.

The 10 most important phytoplankton species of each season in each sea area are compiled in Table 3. A complete species list of the year 2002, including a seasonal indicator, is given in Table 4.

The sedimentation of organic matter in the eastern Gotland Sea in 2001 could only be measured correctly in spring and autumn, due to a technical problem (clogging) in late spring and summer. Only a residue of the summer material could be recovered in one combined sample, so that the flux during summer and therefore the annual integrated value is faulty and appears lower than in previous years. A fast sedimentation of the first part of the spring bloom could, however, be seen in all variables. A further high sedimentation pulse of primarily diatoms seemed to have occurred in late spring and led to the clogging of the funnel inlet (Fig. 7a). The typical high contribution of diazotrophic cyanobacteria during summer could not be detected microscopically, as the material, due to lack of preservation, did not retain its original form (Fig. 7c, d). The low delta ^{15}N values in the residual summer material, however, points towards the standard high carbon flux by nitrogen fixing cyanobacteria (Fig. 8). Frustules of pennate diatoms, which have been found to be associated with the aggregates of cyanobacteria in this period could not be detected. This can be explained by the intense growth of spring diatoms and the corresponding uptake of the available dissolved silica already in spring with a lower amount left for summer diatom growth.

The increase in delta ^{15}N in the material in autumn indicates convective processes in the water column, which supply isotopically heavier nitrate as well as silicate to the surface layer. This results again in a high vertical flux of diatoms, which is corroborated by the maxima in particulate silica in the trapped material (Fig. 11). The trend of decreasing importance of diatoms in the central Baltic, which was observed in previous years, seems to reverse in 2001.

For 2001, total annual sedimentation rates amount to 216 mmol C, 25 mmol N, 43 mmol Si und 0.88 mmol P per m^2 and year with a total flux of 15 g dry matter $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$. These rates might be

underestimated due to the probably high losses in the summer sample. The measured sedimentary carbon flux of $2.6 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ is much lower than the relatively constant values of the previous years ($4\text{-}6 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$).

The seasonal development of phytoplankton biomass was reflected also by the chlorophyll *a* concentration. The measured chlorophyll *a* and phaeopigment *a* data, integrated over the upper 20 m of the water column, are shown in Table 5. A comparison of seasonal and annual mean values especially with the two preceding years indicates an increase of chlorophyll *a* concentrations in spring and summer and a decrease in autumn in the Baltic proper (Table 6).

If long-term data from 1979 to 2002 were considered, there is still a significant ($p=0.01$) increase in chlorophyll *a* concentrations in the Arkona Sea (Fig. 19b). The increasing tendencies in chlorophyll *a* concentrations in the Bornholm Sea (Fig. 20a) and the eastern Gotland Sea (Fig. 20b) are not significant for $p=0.05$. Chlorophyll *a* data from Mecklenburg Bight show a significant decrease (Fig. 19a).

The dominant group in mesozooplankton was the cladocerans, with $0.5 \cdot 10^6 \text{ ind. m}^{-3}$ in the upper 8 m in the Bornholm Sea in August 2002. This is five times more than in previous years. The dominant species in 2002 was *Acartia bifilosa*, followed by *Temora longicornis*. *Pseudocalanus* spp. were of minor importance. Two species of calanoid copepods, *Centropages hamatus* and *Temora longicornis*, were present on all sampling dates and at all stations. Marine species indicated that salt water has entered the Arkona and Bornholm Sea via the Sound in October 2002. Meroplankton, which is important for the colonisation of the benthos, was in contrast to previous years decreasing, mainly due to a decrease in bivalvia larvae.

Long-term analyses (1979-2002) in the Arkona Sea (stat. 113) and the eastern Gotland Sea (stat. 271) showed: Two third of the organisms are concentrated in the upper mixed layer, irrespective of the water depth at that station. In comparison with the long-term mean of about $30\,000 \text{ ind m}^{-3}$ in the upper mixed layer, the abundance was 40 % higher at station 113 and 50 % higher at station 271 in 2002. The same tendency was already found in 2001 at station 271. In the water column below the thermocline, the abundance is less variable in the Arkona Sea than in the eastern Gotland Sea. The seasonal pattern shows two prominent peaks in the upper mixed layer but an additional autumn peak in the deeper layers, most outstanding in the deep water of the eastern Gotland Sea.

The species number of macrozoobenthos decreased to 56, whereas it was 97 in 2001 (Tab. 11, Fig. 24). This reduction is caused by the oxygen deficit especially in the Fehmarnbelt (stat. 010) and Mecklenburg Bight (stat. 012). These areas are normally rich in species (Fig. 25). Long-term trends (1983-2002) in abundance, biomass, diversity and dominance at stat. 012 are shown in Fig. 28. The eastern stations on Darss Sill and in the Arkona Sea did not change substantially in comparison to 2001 concerning oxygen conditions, species numbers, abundances and biomass (Figs. 26, 27). Continued oxygen depletion led to a complete loss of macrozoobenthos in the Bornholm Sea for years (Fig. 25-27). The development in abundance of *Hydrobia ulvae* and *Macoma balthica* at selected stations from 1991 to 2002 is shown in Figs. 29-30. The amphipod *Monoporeia affinis*, which was decreasing or vanishing for decades, is still found in the southern Arkona Sea.

1. Einleitung

Wegen der erheblichen Verschlechterung des Zustandes der Ostsee insbesondere in den 60er Jahren wurde im Jahre 1974 in Helsinki ein internationales Abkommen zum Schutze der Meeresumwelt durch alle Küstenstaaten der Ostsee unterzeichnet. Im Rahmen dieses Abkommens wird die Ostsee von allen Anliegerstaaten seit dem Jahre 1979 nach einem abgestimmten Plan und einheitlichen Methoden überwacht. Mit dem Baltischen Monitoring-Programm (BMP) der HELCOM (Baltic Marine Environment Protection Commission, "Helsinki Commission") sollten sowohl die Auswirkungen der anthropogenen Aktivitäten vor dem Hintergrund der natürlichen Variabilität als auch die Wirkungen regulativer Maßnahmen erfaßt und dokumentiert werden. Seit einigen Jahren trägt HELCOM auch der großen Bedeutung der Küstengewässer für das gesamte Ökosystem Rechnung und hat ein Küsten-Monitoringprogramm (CMP) eingeführt, das mit dem traditionellen BMP zum COMBINE (Cooperative Monitoring in the Baltic Sea Environment) zusammengefasst wurde.

Darüber hinaus werden die Aktivitäten der deutschen Küstenländer bezüglich der Umweltüberwachung in Nord- und Ostsee im Bund-Länder-Meßprogramm (BLMP) gebündelt, dessen Sekretariat im Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) angesiedelt ist.

Ein erheblicher Teil des Ostsee-Überwachungsprogramms wird im Auftrage des BSH am Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) durchgeführt. Im Rahmen einer Verwaltungsvereinbarung wurde dem IOW der deutsche Beitrag für das Baltic Monitoring Programme (BMP) der Helsinki-Kommission (HELCOM) übertragen. 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.

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 werden die Ergebnisse in Periodischen Assessments zusammengefaßt und wissenschaftlich ausgewertet (HELCOM 1987, 1990, 1996, 2002). 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 2002 ist bereits erschienen (NAUSCH et al., 2003). Die Ergebnisse des biologischen Teils des Ostsee-Überwachungsprogramms des Jahres 2002 sollen mit dieser Arbeit 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) 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.

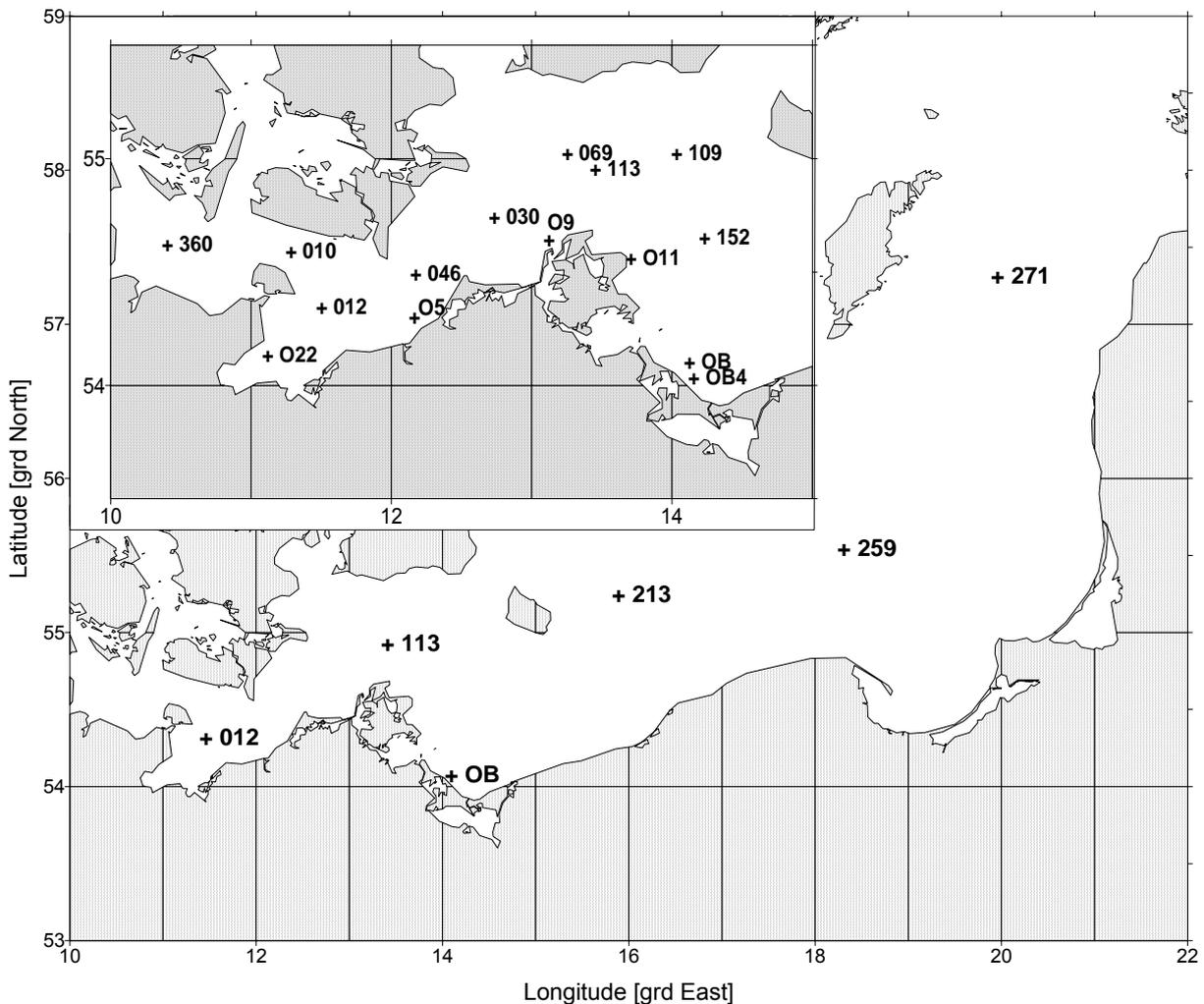


Abb. 1

Die Lage der beprobten Stationen in der Ostsee. Kieler und Mecklenburger Bucht sowie Arkonasee siehe Nebenkarte. Die Zentralstationen der einzelnen Seegebiete sind Station 012(M2) = Mecklenburger Bucht, Station 113(K5) = Arkonasee, Station 213(K2) = Bornholmsee, Station 271(J1) = östliche Gotlandsee, Station OB = Pommersche Bucht

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 2002 (für Sinkstoff-Fallen: 2001). Angaben in Klammern kennzeichnen 0 m-Proben für das StAUN M-V.

)¹ einschl. 9 Proben vom LANU S-H,)² einschl. 10 Proben vom LANU S-H,

)³ einschl. 1 Probe vom National Environmental Research Institute Roskilde

Table 1

Sampling statistics for different parameters specified for sampling stations in 2002 (for sedimentation traps from year 2001). International station number inserted in column 2. Numbers in brackets indicate samples from 0 m only, delivered to Environmental Agency Mecklenburg-Vorpommern (StAUN)

)¹ incl. 9 samples from the Environmental Agency Schleswig-Holstein (LANU S-H),

)² incl. 10 samples from LANU S-H,

)³ incl. 1 sample from National Environmental Research Institute Roskilde

IOW- Stationsnummer	Stations- nummer	Chlorophyll u. Phaeopigment	Phyto- plankton	Zoo- plankton	Zoo- benthos	Sinkstoff- Fallen
Beltsee						
360	OM BMP N3	4	-	4	-	-
010	OM BMP N1	-	-	-	1	-
012	OM BMP M2	10	20) ¹) ³	10	1	-
O22		4	14) ²	-	-	-
O5		(5)	(5)	-	-	-
046	OM BMP M1	10	10	10	-	-
Arkonasee						
030	OM BMP K8	10	10	10	1	-
069	OM BMP K7	-	1) ³	-	-	-
109	OM BMP K4	5	5	-	1	-
113	OM BMP K5	10	10	8	-	-
O9		(4)	(4)	-	-	-
O11		(5)	(5)	-	-	-
152	OM BMP K3	-	-	-	1	-
Pommernbucht						
OB	OM OB	5	5	5	-	-
OB4		(4)	(4)	-	-	-
Bornholmsee						
213	OM BMP K2	10	9	8	1	-
Östl. Gotlandsee						
259	OM BMP K1	5	5	5	-	-
271	OM BMP J1	5	5	5	-	60

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 wie üblich im Januar/Februar, März/April, Mai, Juli/August und Oktober durchgeführt. Die Stationen für die biologischen Untersuchungen entsprechend der Vorgaben durch HELCOM und BLMP sind in Abb. 1 dargestellt. Die offizielle Bezeichnung der Terminfahrt-Stationen beginnt mit „TF“; wir verzichten traditionell auf diesen redundanten Präfix und geben die Stationen nur mit 3 Ziffern an.

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 National Environmental Research Institute Roskilde (Dänemark) und vom Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU) an das IOW zum Zwecke der Erhöhung der Probenfrequenz für die Stationen 12 und 69 konnte im Jahre 2002 fortgesetzt werden. Das dänische Institut brach seine Probenübergabe aber nach Lieferung der Proben vom 13.2.02 ab. Zu den Zooplanktonproben gibt es in Tabelle 2 (S. 14) noch eine gesonderte Statistik.

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. 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 2001 vorliegt. Stattdessen werden hier die Daten der Sinkstoff-Fallen des Jahres 2000 gezeigt, die im vorigen Bericht noch nicht vorgestellt werden konnten.

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 ein Videoschlitten, 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 vermischt 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 je 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

Das Probenwasser zur Bestimmung der Algenpigmente wurde aus den einzelnen Entnahmetiefen (1 m, 2,5 m, 5 m, 10 m, 15 m und 20 m) an Bord durch Glasfaserfilter (Whatman GF/F) filtriert. Die Filter wurden dann sofort eingefroren und tiefgekühlt gelagert bis zur Weiterbearbeitung im Institut. Die Extraktion erfolgte in 90 %igem Aceton. Zur Verbesserung der Chlorophyllausbeute wurden die Filter mittels eines rotierenden Teflon-Stabs homogenisiert. Die fluorometrische Messung erfolgte am Fluorometer 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.

2.4 Mesozooplankton

2.4.1 Probenentnahme und Statistik

Die Probenentnahme erfolgte gemäß der derzeit gültigen Empfehlung der HELCOM (2001). Demzufolge wurde ein WP-2 Netz mit $100\mu\text{m}$ Maschenweite benutzt, um die Wassersäule möglichst in drei Tiefenstufen, von der Oberfläche bis einschließlich zur Thermokline, von dort bis inklusive Halokline und darunter bis zum Boden zu beproben. Fehlte die Thermokline, wurden die Proben von der Oberfläche bis einschließlich Salzgehaltssprungschicht integriert. Im August 2002 wurde die Oberflächenschicht auf der Station über dem Bornholmtief zusätzlich untergliedert, um eine 8m starke, besonders erwärmte Schicht separat zu beproben. Generell wurde eine Holgeschwindigkeit von etwa $0,5\text{ m/s}$ benutzt. 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. Im Jahre 2002 gelang diese Methode in allen Fällen.

Die Proben wurden auf fünf Terminfahrten in der Kieler Bucht, der Mecklenburger Bucht, der Arkonasee mit Pommerscher Bucht, der Bornholmsee sowie in der südöstlichen und östlichen Gotlandsee gewonnen (Abb. 1). Die Stationen wurden nach Möglichkeit auf der Hin- und Rückfahrt zur bzw. von der nördlichsten Station beprobt (Tab. 2).

Tab. 2

Statistik der Probenentnahmen in den jeweiligen Tiefenstufen [m] auf den in Abb. 1 verzeichneten Stationen vom Januar bis Oktober 2002

Table 2

Sample statistic of zooplankton hauls (cf. Fig. 1) and sampling depth intervals [m] on cruises between January and October 2002

Termin			29.01.2002 - 12.02.2002	27.03.2002 - 07.04.2002	02.05.2002 - 11.05.2002	25.07.2002 - 04.08.2002	16.10.2002 - 29.10.2002
BMP Code	IOW Code	Tiefen - Code	Tiefe (m)				
N3	TF036 0	1	11 - 0	-	14 - 0	15 - 0	14 - 0
M2	TF001 2	1 2	17 - 0 -	20 - 0 -	8 - 0 21 - 8	12 - 0 21 - 12	20 - 0 -
M1	TF004 6	1 2 3	19 - 0 - -	20 - 0 - -	13 - 0 20 - 13 -	5 - 0 16 - 5 23 - 16	10 - 0 20 - 10 -
K8	TF003 0	1 2	16 - 0 -	20 - 0 -	0-18 -	4 - 0 19 - 4	12 - 0 18 - 12
K5	TF011 3	1 2 3	30 - 0 41 - 30 -	20 - 0 44 - 20 -	28 - 0 42 - 28 -	7 - 0 20 - 7 43 - 20	35 - 0 43 - 35 -
OB	OB- Boje	1	10 - 0	11 - 0	9 - 0	12 - 0	11 - 0
K2	TF021 3	1 2 3	50 - 0 83 - 50 -	50 - 0 84 - 50 -	30 - 0 56 - 30 85 - 56	22 - 0 58 - 22 80 - 58	- - -
K1	TF025 9	1 2 3	65 - 0 85 - 65 -	25 - 0 65 - 25 85 - 65	25 - 0 60 - 25 79 - 60	27 - 0 62 - 27 87 - 62	22 - 0 50 - 22 83 - 50
J1	TF027 1	1 2 3	70 - 0 230 - 70 -	60 - 0 100 - 60 -	23 - 0 65 - 23 115 - 65	18 - 0 65 - 18 140 - 65	40 - 0 80 - 40
K2	TF021 3	1 2 3 4	55 - 0 80 - 55 - -	22 - 0 55 - 22 84 - 55 -	36 - 0 83 - 36 - -	8 - 0 22 - 8 50 - 22 87 - 50	- - - -
K5	TF011 3	1 2 3	25 - 0 37 - 25 -	27 - 0 42 - 27 -	- - -	13 - 0 32 - 13 43 - 32	- - -
K8	TF003 0	1 2	14 - 0 -	19 - 0 -	18 - 0 -	8 - 0 11 - 0	18 - 0 -
M1	TF004 6	1 2	20 - 0 -	16 - 0 22 - 16	13 - 0 20 - 13	20 - 8 22 - 11	20 - 0 -
M2	TF001 2	1 2	16 - 0 -	7 - 0 22 - 7	11 - 0 20 - 11	10 - 0 20 - 10	20 - 0 -

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

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 (<http://www.schadstoffberatung.de/formalde.htm>), 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 mussten zwischen 1/5 und 1/100, im Durchschnitt 2/100 ± 3/100, der Proben durchgemustert werden. 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 2002er Analysen wurden pro taxonomischer Gruppe zwischen 1 und 1118 Individuen gezählt, im Mittel 26 ± 70. Das Maximum betraf eine Zählung von *Bosmina* spp. Die Teilprobenanalyse setzt eine perfekte Gleichverteilung der Organismen voraus. Die Oberflächenspannung, die bei Cladoceren zur Gefahr einer unzureichenden Homogenisierung der Individuen in der Gesamtprobe führen kann, wurde durch wenige Tropfen von Detergentien herabgesetzt.

2.4.3 Langzeitdaten

Ergänzend zur Probenentnahme wurden die Daten aus der Arkonasee (Station 113) und der östlichen Gotlandsee (Station 271) für den Zeitraum von 1979 bis 2002, aus verschiedenen Quellen des HELCOM Monitoring Programms zusammengestellt, in eine einheitliche Datenbankform gebracht und auf Homogenität geprüft. Letzteres betraf die taxonomische Zuordnung, die einheitliche Benutzung des so genannten RUBIN Codes und die Sortierung der Tiefenstufen. Die Analyse auf der Ebene der Taxa bleibt einer gesonderten Publikation vorbehalten. Hier wird die Gesamtabundanz zur Darstellung des Jahresganges und der Vertikalverteilung benutzt, vor allem zur Beurteilung der Situation im Jahre 2002 im Vergleich zu den langjährigen Ergebnissen.

2.4.4 Abweichungen von den COMBINE Regeln und methodische Probleme

Der Empfehlung, bei fehlender Thermoklinen einen Hol bis 25 m Tiefe anzufertigen wurde im Februar 4 mal und im März 2 mal nicht gefolgt, ab Mai 2003 jedoch regelmäßig. Gelegentlich, bei abwesender Haloklinen den Hol von 75 m Tiefe bis zur Thermoklinen bzw. bis zum 25 m - Tiefenniveau durchzuführen, traten nicht auf. Die Lage der Oxiklinen blieb bei der Probenentnahme im Februar unberücksichtigt, später wurde das sauerstofffreie Tiefenwasser ausgespart. Im Gegensatz zur gegenwärtigen Praxis, wurden 2002 noch keine Durchflusszählerwerte zur Bestimmung der filtrierten Wassermenge benutzt.

Tintinnida, Nauplienstadien von Kleinkrebsen und Rotatorien sind gemäß des Maschenweiterevergleichs von WP-2- Netzen (ICES, 1997) nur semi-quantitativ im 100 µm-Netz enthalten (vgl. WASMUND et al., 2001). Das betrifft auch die im Jahre 2002 gefundenen heterotrophen Dinoflagellaten *Noctiluca scintillans* und muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Auf eine Umrechnung der Abundanzergebnisse auf Biomassekonzentration wird noch verzichtet, wenn es um den Vergleich einzelner taxonomischer Gruppen geht, denn die derzeit im Rahmen der HELCOM benutzten Biomassefaktoren für Individuen einzelner Arten und Entwicklungsstadien entsprechen nicht den wirklichen Verhältnissen. Zur Schaffung solcher Faktoren unter Anwendung von morphometrischen Verfahren und der Mikrokohlenstoffanalyse wurde im Jahr 2002 eine Diplomarbeit vergeben.

Die seit dem Jahre 2000 angesprochenen Zweifel bei der Bestimmung von *Pseudocalanus*- und *Bosmina*-Arten sind noch nicht 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 geschickt. Im Verbund mit meristischen Analysen soll geklärt werden, ob es sich um die gleiche oder zwei verschiedene Arten handelt.

2.5 Makrozoobenthos

Beginnend vom Fehmarnbelt wurden bis zur Bornholmsee im Oktober 2002 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 einem per Drift gezogenen Schlitten Videoaufnahmen gemacht. Zur Verwendung kam eine üblicherweise als Überwachungskamera eingesetzte VK-C78ES (CCTV Power Zoomkamera) von Hitachi. Die Kamera war in eine Schwenk- und Neigeeinrichtung montiert und in einem PVC-Gehäuse untergebracht. Zusätzlich wurden vier gekreuzte Laser angebracht, die auf dem Sediment und im Videobild sichtbar, ständig einen konstanten Abstand markierten, so daß ein Maßstab zur Verfügung stand.

Die weitere Bearbeitung der Proben erfolgte im Labor. Nach dem Waschen der einzelnen Hols wurden die Taxa mit Hilfe eines Binokulars bei 10-20facher 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 140 m Tiefe im sauerstofffreien Tiefenwasser. Am aufgefangenen Material wurden Elementanalysen, Bestimmungen der natürlichen Isotopenzusammensetzung, Pigmentuntersuchungen sowie mikroskopisch-taxonomische Analysen durchgeführt.

Es kam in der Auslegungsperiode spätes Frühjahr /Sommer 2001 (April bis September), offenbar bedingt durch eine Massensedimentation von Diatomeenaggregaten, zu einer Verstopfung des unteren Trichterteils der Falle, wodurch die kontinuierliche Ablagerung des Materials in den Fanggläsern verhindert wurde. Bei der Aufnahme des Gerätes rutschte ein großer Teil dieses akkumulierten Sommermaterials in das letzte Fangglas. Ein nicht bestimmbarer Teil entwich aber durch Dichtungen und Überlauf. Ein weiterer nicht mehr rekonstruierbarer Teil des Materials ging dadurch verloren, daß das Material im Trichter nicht mit dem Fixierungsmittel in Berührung kam. Im Verhältnis zum Mittel der Sedimentationsrate der vorhergegangenen Jahre sind in diesem Jahr ca. 30 % weniger organisches Material gefangen worden, was sich vorwiegend auf dieses Problem zurückführen läßt. Da das Problem nicht auf ein technisches Versagen der Mechanik/Elektronik zurückzuführen ist, sondern durch die grundsätzlichen trichterförmige Form des Gerätes bedingt ist, konnten keine Maßnahmen ergriffen werden, die solche Vorgänge in Zukunft verhindern. Auf der anderen Seite ist ein derartig kompakter Sedimentationspuls nicht oft zu erwarten. Bisher wurde ein ähnliches Problem nur von einer Verankerung im Nordatlantik (SFB 313) berichtet.

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 2001 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 verwen-

det, wobei Einzelszenen und Monatsmittel zur Anwendung kamen. Die Auswertung der SeaWiFS Daten konzentrierte sich auf die Entwicklung der Frühljahrsblüte 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 2002 wurde der jährlichen Phytoplanktonkurs und –workshop der HELCOM vom IOW und UBA ausgerichtet. Er fand vom 9.-12.9.2002 in Rostock statt.

Unsere fluorometrische **Chlorophyll**methode wurde im Jahre 2002 im Rahmen des 1. Chlorophyll-a-Ringversuchs des UBA getestet. Wir waren unter den 6 Laboren (von 11 teilnehmenden Laboren), die alle Qualitätskriterien erfüllten (UMWELTBUNDESAMT, 2002). Zusätzlich wurden auch interne methodische Untersuchungen durchgeführt, die aber noch nicht ausgewertet sind.

Die letzte Interkalibrierung zum **Zooplankton** liegt bereits 12 Jahre zurück (HELCOM, 1991). Wegen der Notwendigkeit der Qualitätssicherung beim Zooplankton brachte Dr. L. Postel auf der 4. HELCOM-MONAS Tagung den Vorschlag zur Gründung eines Netzwerks der Zooplankton-Experten im Ostseeraum ein, speziell zur Überarbeitung der COMBINE-Zooplanktonmethoden und zur Organisation von Trainingskursen und Ringtests. Dieses Netzwerk ist noch im Aufbau begriffen.

3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2002

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. (2003), aus dem detailliertere Daten zu entnehmen sind. Der Winter 2001/2002 war der fünfte milde Winter in Folge. Insbesondere der Februar war mit Anomalien bis + 4,8 K (Kap Arkona) sehr mild. Entsprechend gering war die Eisbedeckung in den Bottnischen und Finnischen Meerbusen. Die weitere thermische Entwicklung im Frühjahr verlief dann weitgehend normal. Der Sommer 2002 war zumindest im Bereich der südlichen Ostsee der zweitwärmste (nach 1997) seit 1890. Außergewöhnlich waren die bereits im Juni zu beobachtenden mittleren Temperaturen um 14°C in der zentralen Ostsee. Lagen die Anomalien in der Arkonasee und in der Bornholmsee bei +1 K, so waren in der nördlichen Gotlandsee Werte zwischen +3.5 und +4 K zu beobachten und im Bottnischen Meerbusen wurden sogar bis +5 K erreicht. Der Juli war

zwar relativ warm, aber erst der August und der September stellten wieder extreme Mittelwerte dar. Im August traten im Vergleich zum langjährigen Mittel Anomalien zwischen +1.5 und +2 K in der gesamten südlichen und westlichen Ostsee und bis +4 K und in der nördlichen Gotlandsee und im Bottnischen Meerbusen auf. Der September war in der gesamten Ostsee mit Abstand der wärmste seit 1990. Dadurch ergaben sich in weiten Teilen der zentralen Ostsee Anomalien zwischen +4 K und in der Gotlandsee sogar bis +5 K. Im Oktober war die westliche Ostsee weiterhin ziemlich warm, während sich die nördlichen Teile schnell abkühlten.

Mit einem Flächenmittel von 1018 mm war 2002 das niederschlagsreichste Jahr seit Beginn (1901) der deutschlandweiten Berechnungen. So betrug der Niederschlag in Mecklenburg-Vorpommern im Februar 273 % des Durchschnittswertes. Daraus resultierend waren auch die Flusswasserzufuhr und mit ihr die Stickstoffeinträge in die Ostsee außergewöhnlich hoch. Zu Beginn des Jahres 2002 traten anhaltende Überschwemmungen im Bereich der Peene- und Odermündung auf (LUNG, 2002 a). Die Hochwasserkatastrophe vom August 2002 beeinflusste die Ostsee kaum, da im wesentlichen der Einzugsbereich der Elbe betroffen war.

Die günstigen Bedingungen für die biologische Produktion führten zwangsläufig auch zu intensiven Abbauprozessen und damit verbundener Verschlechterung der Sauerstoffbedingungen in Bodennähe (LUNG 2002 b). Diese Situation wird noch verschärft durch die besonders starke thermische Schichtung und die geringen Windgeschwindigkeiten im Sommer 2002. Schwache Einstromereignisse traten Ende Januar, Ende Juni, Ende Juli, Ende Oktober sowie im Dezember auf. Zum Herbst hin kam es zu permanentem Einstrom von sauerstoffreicherem Tiefenwasser, so dass z.B. das Tiefenwasser des Danziger Beckens zum November hin wieder oxisch wurde.

4. Ergebnisse

4.1 Phytoplankton

4.1.1 Die Phytoplanktonentwicklung anhand von Satellitendaten

Satellitenaufnahmen erlauben einen großflächigen Überblick über die Phytoplanktonbiomasse im Oberflächenwasser. Durch Zeitserien von Satellitenaufnahmen sind somit Aussagen über die räumliche und zeitliche Entwicklung von Phytoplanktonblüten möglich. Bewölkung behindert jedoch diese Methode. So ist die Frühjahrsblüte nur durch wenige Szenen dokumentiert. Erste Anzeichen erhöhter Chlorophyllkonzentrationen waren bereits vom 20.-25. Februar nördlich Bornholm und in der westlichen Ostsee speziell im Bereich der Darßer Schwelle zu verzeichnen. An der Küstenstation Heiligendamm wurde zu dieser Zeit bereits eine erhöhte Chlorophyll-Konzentration um $1,3 \text{ mg m}^{-3}$ gemessen. Der weitere Verlauf konnte vom Satelliten aufgrund hoher Wolkenbedeckung nicht wirklich verfolgt werden, aber es deutet sich eine Blüte in der westlichen Ostsee an. In einer Phase schwacher Westwinde ab 25.03.02 beginnt eine neue Planktonentwicklung in der westlichen Ostsee und auch entlang der Küste der baltischen Länder. Am 29.3. ist die gesamte westliche Ostsee beeinflusst. Der Ausstrom des Greifswalder Boddens führt nach Osten, und erhöhte Konzentrationen sind auch im Transportband entlang der polnischen Küste zu verzeichnen (Abb. 2).

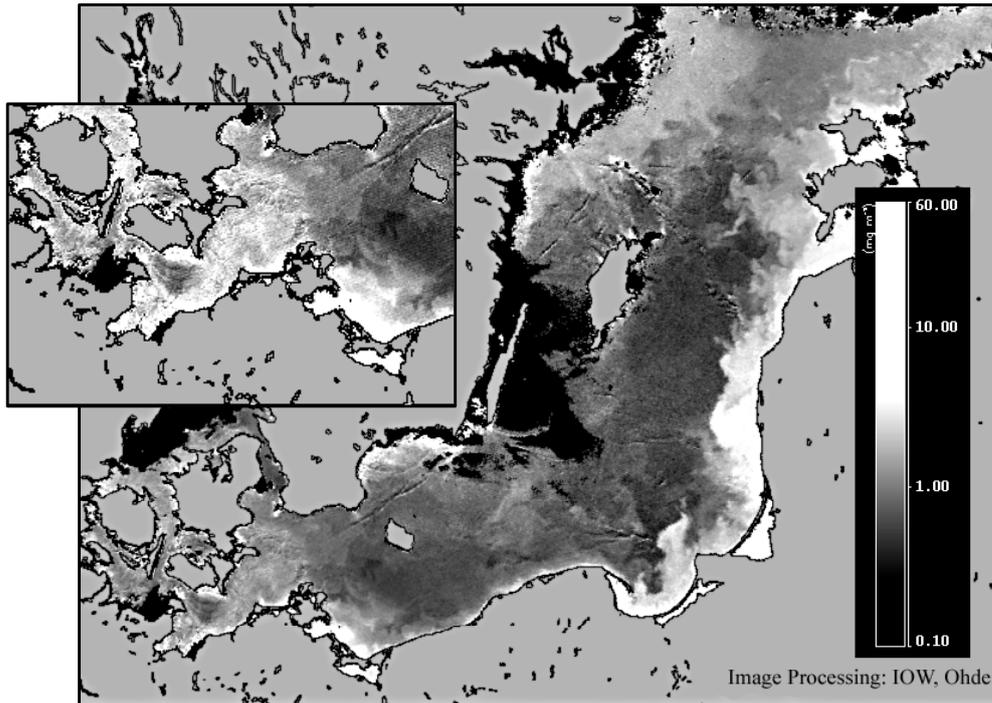


Abb. 2

Chlorophyllverteilung am 29.3.02 während einer Westwindsituation mit erhöhten Konzentrationen in der westlichen Ostsee, Ausstrom aus dem Greifswalder Bodden nach Osten, Transportband entlang der polnischen Küste und Entwicklung entlang der Küste der baltischen Länder

Fig. 2

Chlorophyll distribution on 29.3.02, showing increased concentrations in the western Baltic Sea during westerly winds, outflow from the Greifswald Bodden and high concentrations off the south-eastern Baltic coasts.

Anfang April dreht der Wind über Süd nach Ost. Dadurch verbreitert sich das Transportband, was am 3.4. sehr gut zu beobachten war. Nach einem Starkwindereignis am 5.4. ist das Wasser vermischt. Durch den Ostwind reicht das Odermischwasser am 7.4.02 bereits bis in die Arkonasee. Ab 9.4. beginnt eine Entwicklung in der Gotlandsee, ausgehend von der Küste der baltischen Länder insbesondere im Bereich zwischen Ausstrom vom Kurischen Haff, Rigaer Meerbusen und den estnischen Inseln. Am 21.4. sind in der gesamten Gotlandsee erhöhte Konzentrationen zu verzeichnen. Die Maximalkonzentrationen wurden zwischen dem 24. und 28.4.02 beobachtet. Stärkere Winde nach dem 28.4. sorgen für eine erhöhte Vermischung. Zwischen 8.5. und 10.5.02 bewirkt eine Blüte im Finnischen Meerbusen eine Beeinflussung der Gotlandsee von Norden. Am 13.5. waren dann noch einmal in der gesamte Beltsee vom Kattegatt bis in die Arkonasee erhöhte Konzentrationen vorhanden. Ab 14.5. war eine starke Blüte in der östlichen Gotlandsee zu verzeichnen, die wiederum von der Küste ausging und Ende Mai die gesamte östliche Gotlandsee

überdeckte. Anfang Juni war dann die gesamte Ostsee durch höhere Konzentrationen charakterisiert, die im wesentlichen die nordwestliche und südöstliche Gotlandsee betraf. In schwedischen und finnischen, aber auch polnischen und lettischen Beobachtungen waren Ende Mai und Anfang Juni hohe Konzentrationen von Blütenstaub an der Wasseroberfläche festgestellt worden.

Am 20. Juni sind eindeutig Oberflächenakkumulationen mit hohen Konzentrationen in der nordwestlichen Gotlandsee vorhanden, die Cyanobakterien zugeschrieben werden können. In der Folgezeit verschiebt sich das Maximum in die nordöstliche Gotlandsee. Ganz massive Oberflächenakkumulationen sind ab 10. Juli, beginnend im Finnischen Meerbusen, zu beobachten, die am 13.7.02 die gesamte Gotlandsee bedecken. Die Blüte schreitet weiter nach Westen fort und erfasst am 16.07.02 die Bornholmsee und in geringerem Maße die nördliche Arkonasee (Abb 3).

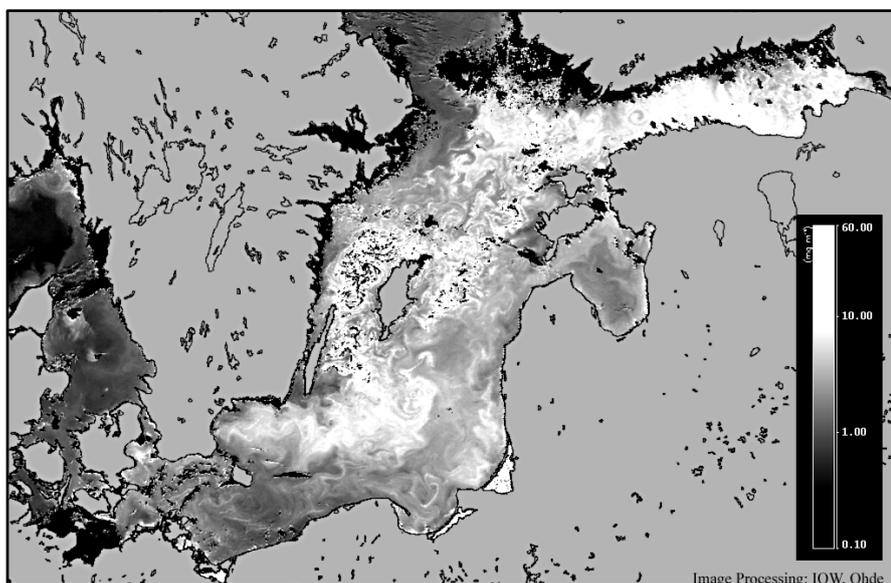


Abb. 3

Maximale Ausbreitung der Cyanobakterien am 16. Juli 2002 vom Finnischen Meerbusen bis Bornholmsee und geringere Konzentrationen in der Arkonasee

Fig. 3

Maximum extension of cyanobacterial blooms on 16 July 2002 from the Gulf of Finland to the Bornholm Sea and and lower concentrations also to the Arkona Sea.

Die Küste M-V wird am 28.7.02 beeinflusst, und zwar die Ostküste Rügens, die auch in den Jahren zuvor am exponiertesten war. Die Konzentration ist an den folgenden Tagen nicht mehr so hoch, aber die Beeinflussung geht bis Anfang August. Zu diesem Zeitpunkt war die Blüte in der zentralen Ostsee abgeklungen. Der August war nur durch kurze Zeiträume leicht erhöhter Konzentrationen, meistens in Küstengebieten, gekennzeichnet. Nach der Ruhephase in der letzten Augustdekade gab es wieder im September Phytoplanktonentwicklungen. So war die erste Septemberwoche durch

erhöhte Konzentrationen speziell in der westlichen und südlichen Ostsee charakterisiert, was auch bei der Küstenbeprobung in Heiligendamm registriert wurde. Diese erhöhten Konzentrationen reichten in der westlichen Ostsee bis in die zweite Septemberhälfte hinein. Im Oktober lagen keine nutzbaren Satellitenszenen vor.

Die Monatsmittel der Chlorophyllkonzentrationen der Jahre 1998-2001 sind von SIEGEL et al. (submitted) dargestellt. Das Sommer-Maximum trat im Juli auf, was auch im Jahre 2002 der Fall war. Im Vergleich mit den Juni-Mitteln der Chlorophyllkonzentrationen der Jahre 1998-2001 zeigt sich der Juni 2002 als der zweitaktivste Juni der letzten 5 Jahre. Obwohl sich die Cyanobakterien-Blüte zeitweise bis in die Arkonasee ausgebreitet hatte, gibt es im Monatsmittel einen klaren Gradienten, mit Maximalwerten im Finnischen Meerbusen und in der westlichen Gotlandsee. Im Finnischen Meerbusen waren die höchsten Konzentrationen der letzten 5 Jahre zu verzeichnen.

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 noch 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 O22 einreihen lassen.

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 3 (Seite 34) zusammengestellt. Die komplette Phytoplankton-Artenliste des Jahres 2002, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Terminfahrten, ist in Tabelle 4 zu finden. Die Arten sind dort alphabetisch sortiert. Die Rangfolge der Arten nach ihrer Biomasse, gemittelt über alle Stationen und Fahrten des Jahres 2002, ist ebenfalls angegeben. Eine solche Rangfolge erschien uns nur sinnvoll bis zum Rang 66. 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 4.

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. 4-6 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. 14-18 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 den Artenlisten (Tabellen 3 und 4) mit erfasst, aber nicht bei den Phytoplankton-Biomasseangaben (Abb. 4-6 und 14-18).

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

Ab Ende Januar 2001 stieg die Phytoplanktonbiomasse in der Mecklenburger Bucht (Stat. 012, O22 und 046; Abb. 4a-c) kontinuierlich an, insbesondere durch das Wachstum von Kieselalgen (*Thalassiosira anguste-lineata*, *Chaetoceros* spp.), an Station 012 anfänglich auch *Mesodinium rubrum*. Bis Ende März hatte sich eine Blüte von *Skeletonema costatum* ausgeprägt (vgl. Abb. 2), die zu Anfang April schon wieder zurück ging.

Der Verbrauch der Nährstoffe im Wasser der Deckschicht ist ein guter Indikator für das Algenwachstum. Deren Konzentration hatte vom 30.1. zum 12./13.2.2002 in der Mecklenburger Bucht sogar noch zugenommen, was dafür spricht, dass noch kein signifikantes Algenwachstum stattgefunden hat. Von Mitte Februar bis Ende März waren die Nährstoffe (insbesondere die anorganischen Stickstoff-Verbindungen) fast komplett aufgebraucht. Die aus dem Stickstoffverbrauch in der durchmischten Deckschicht zu errechnende Biomasseproduktion (als Kohlenstoff) beträgt etwa 680 mg C m^{-3} in der Lübecker Bucht und fast 600 mg C m^{-3} in der zentralen Mecklenburger Bucht. Die Umrechnung von Kohlenstoff auf Frischmasse erfolgt für die die Frühjahrsblüte bildende Kieselalge *Skeletonema costatum* mit dem Faktor 13. Dementsprechend könnte die Blüte in der Lübecker Bucht (Stat. O22) eine Frischmasse von 8800 mg m^{-3} und in der Mecklenburger Bucht (Stat. 012) von 7800 mg m^{-3} erreichen. Wegen der erschöpften Nährstoffe in der Deckschicht kann weiteres Wachstum im April nur noch aufgrund remineralisierter oder aus tieferen Wasserschichten herantransportierter Nährstoffe erfolgen, oder aber das Wachstum findet in tieferen Wasserschichten statt. Letzteres ist möglich durch Organismen, die an Schwachlicht angepasst sind oder solche, die zwischen den Tiefen geeigneter Lichtintensitäten und Nährstoffkonzentrationen wandern. Verschiedene Flagellaten dürften dazu in der Lage sein.

Tatsächlich entwickelten sich nach der Kieselalgenblüte, wie schon in den Vorjahren, Flagellaten unterschiedlicher taxonomischer Gruppen. An den Stationen 012 und O22 waren dies im wesentlichen *Dictyocha speculum*, unbestimmte thecate Dinoflagellaten ($20 \times 18 \text{ }\mu\text{m}$), *Teleaulax* sp. sowie *Phacus* sp. Interessant ist, dass der Kieselflagellat *Dictyocha speculum*, wie von uns erstmals im Vorjahr berichtet, in der westlichen Ostsee im Mai im allgemeinen ohne sein typisches Kieselskelett wächst. Diese ist aus der Kieler Bucht seit längerem bekannt. Es gibt jedoch Zweifel, ob diese Art als „nackte, uninucleate Form von *Dictyocha speculum*“ richtig bestimmt ist. Es kommt auch die Raphidophyceae *Chattonella* sp. in Frage.

Jedenfalls konnte die bis 1999 im allgemeinen beobachtete Ablösung der Kieselalgen durch Dinoflagellaten innerhalb der Frühjahrsblüte in der zentralen Mecklenburger Bucht nicht mehr beobachtet werden. Auch das in den Jahren 1997 und 2000 beobachtete, für die Mecklenburger Bucht ungewöhnliche Auftreten des Dinoflagellaten *Peridiniella catenata* konnte in 2002 nicht bestätigt werden. Auf Station 046 trat jedoch der Dinoflagellat *Dinophysis baltica* (= nach HÄLLFORS, 2003, nur ein Synonym von *D. acuminata*) am 3.5.2002 mit einer hohen Biomasse von 1233 mg m^{-3} auf, war am 11.5.2002 aber wieder verschwunden.

Sommer

Das sommerliche Biomasseminimum wurde Anfang Juni gefunden. Es kamen hauptsächlich Cryptophyceen, *Dinobryon* sp., der heterotrophe Flagellat *Ebria tripartita* sowie unbestimmte Zellen ($2\text{-}5 \text{ }\mu\text{m}$) vor. Bis zum 24./25.6.2002 entwickelte sich eine Blüte der großen Kieselalge *Dactyliosolen fragilissimus*, die schon in den vergangenen 4 Jahren im Sommer dominierend oder blütenbildend war. Ihre Biomasse stieg zum 26.7. an Station 012 noch weiter auf 3639 mg m^{-3} und zum 27.7. an Station 046 auf 1488 mg m^{-3} an. Die Begleitarten sind der Tabelle 3 zu entnehmen. Die Kieselalgenblüte brach bereits zu Anfang August zusammen. Im Jahre 2001 hatte die *Dactyliosolen*-Blüte ihren Höhepunkt auf Station 012 mit 4253 mg m^{-3} erst Mitte August, also ungewöhnlich spät, erreicht. Nach der Kieselalgenblüte wurde *Prorocentrum minimum* dominant. Diazotrophe (N_2 -fixierende) Cyanobakterien (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp., *Anabaena* sp.) waren in den Proben aus der Mecklenburger Bucht unbedeutend (vgl. Abb. 3).

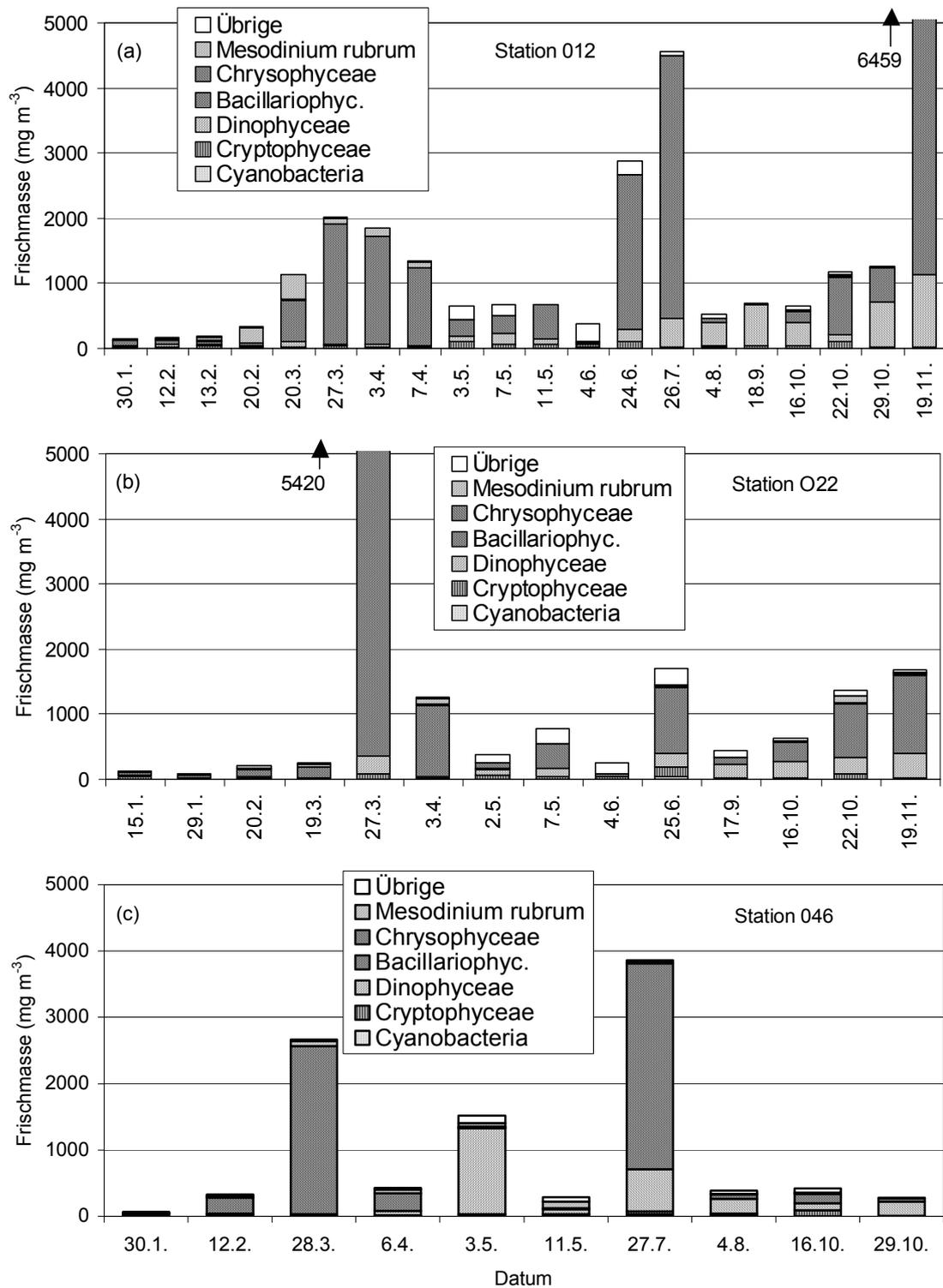


Abb. 4

Jahresgang 2002 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der zentralen Mecklenburger Bucht (a), der Lübecker Bucht (b) und der östlichen Mecklenburger Bucht (c)

Fig. 4

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 2002

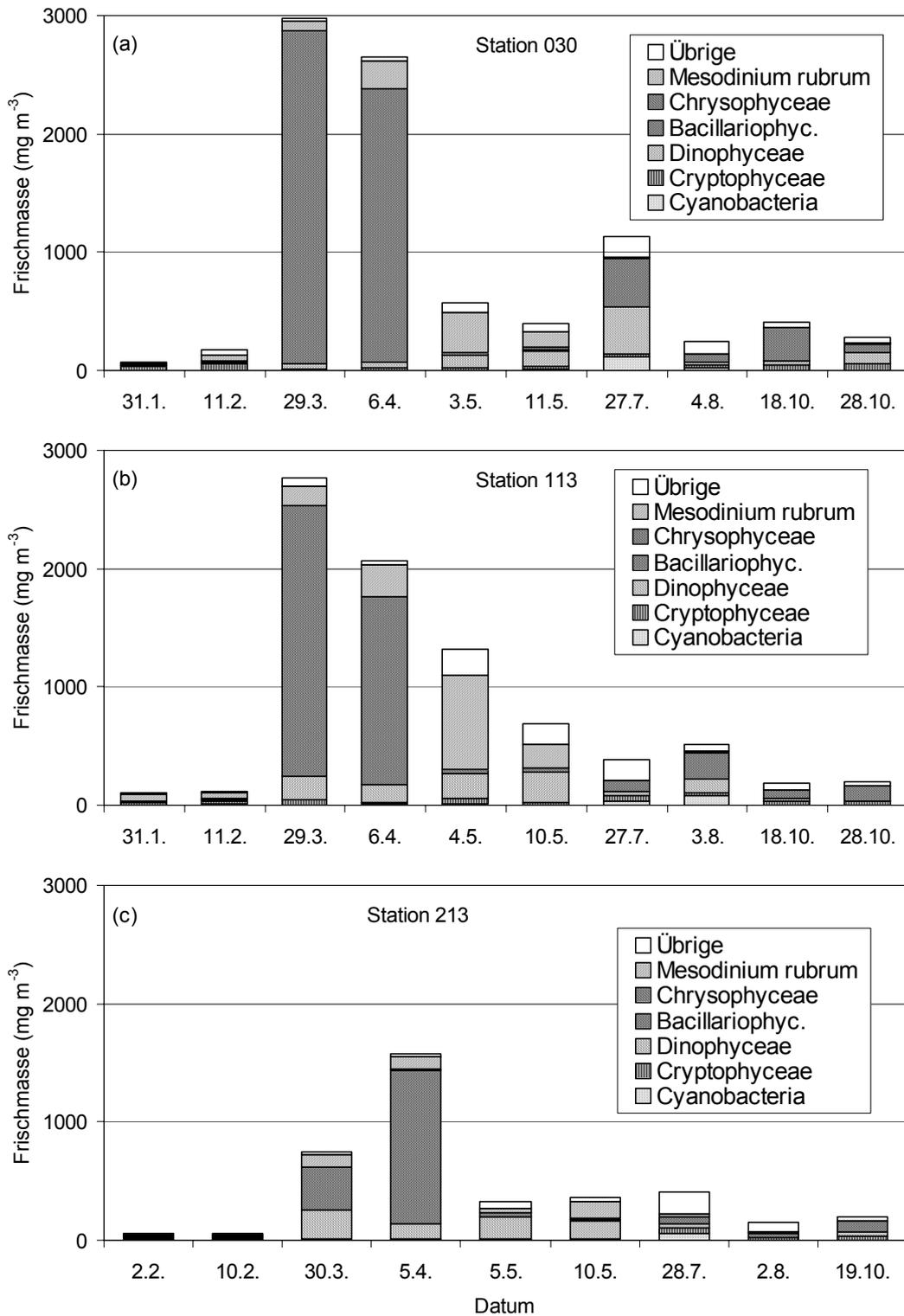


Abb. 5

Jahresgang 2002 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der westlichen (a) und zentralen (b) Arkonasee (b) sowie der Bornholmsee (c)

Fig. 5

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 2002

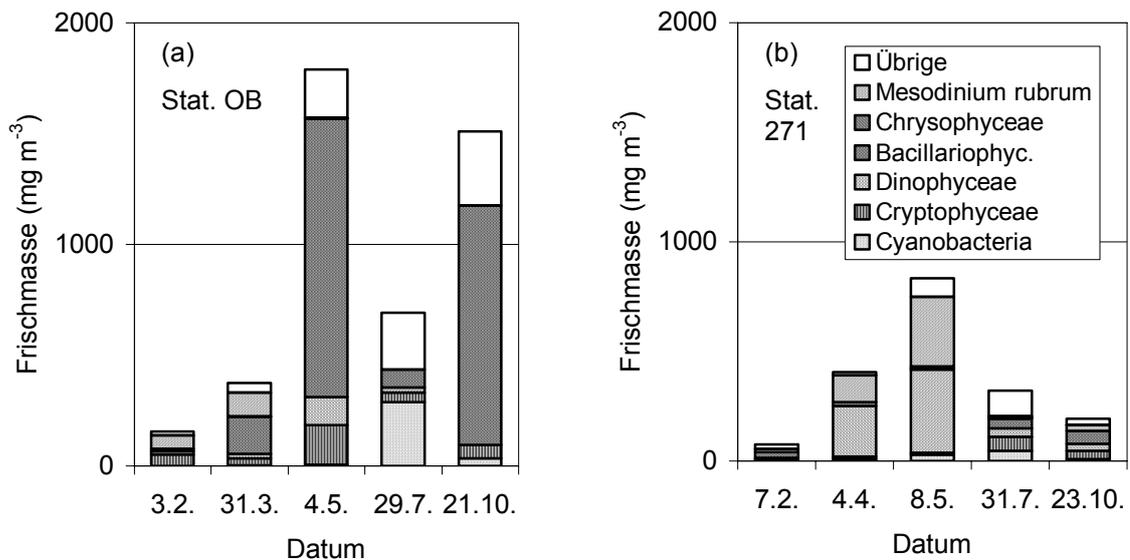


Abb. 6

Jahresgang 2002 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Pommerschen Bucht (a) und der östlichen Gotlandsee (b)

Fig. 6

Seasonal variation of phytoplankton wet weight, splitted into main taxonomical groups, in the Pomeranian Bight (a) and the eastern Gotland Sea in 2002

Herbst

Für die Mecklenburger Bucht ist im Herbst eine Blüte von Dinoflagellaten typisch, die von einer mehr oder weniger starken Kieselalgenentwicklung begleitet wird. Am 17.9.02 war in der Lübecker Bucht immer noch *Prorocentrum minimum* dominant, während am 18.9.02 in der zentralen Mecklenburger Bucht *Ceratium tripos* dominierte. Bis zum 16.10.02 kam *Coscinodiscus granii* in der gesamten Mecklenburger Bucht hinzu und an Station O22 zusätzlich *Cerataulina pelagica*. Diese Kieselalgen wuchsen zum 22.10. noch weiter. Am 29.10. war *Coscinodiscus granii* an Station 012 verschwunden und *Ceratium tripos* und *Cerataulina pelagica* waren etwa gleichstark entwickelt. Am 19.11.02 bildete *Cerataulina pelagica* an Station 012 eine Blüte. Die an den Stationen vorgefundene Situation wird gerade in der westlichen Ostsee stark vom Strömungsgeschehen beeinflusst.

4.1.2.2 Arkonasee

In der Arkonasee wurden eine westliche Station nahe der Darßer Schwelle (Stat. 030, Abb. 5a) und eine zentrale Station (Stat. 113, Abb. 5b) untersucht. Die nur mit einer dänischen Probe repräsentierte zentrale Station 069 sowie die fünfmal beprobte östlichere Station 109 sind hier nicht dargestellt worden.

Winter und Frühjahr

Am 11.2.02 waren an Station 030 und 113 nur 4 Arten erwähnenswert: *Mesodinium rubrum*, *Heterocapsa rotundata*, *Teleaulax* sp. und *Plagioselmis prolunga*. Zum 29.3.02 hatte sich eine Blüte von *Skeletonema costatum* (an Station 030: 2628 mg m⁻³, an Station 113: 2168 mg m⁻³) entwickelt, daneben u.a. geringere Biomassen an *Mesodinium rubrum*, *Chaetoceros* spp., *Thalassiosira* sp., *Pyramimonas* sp. und unbestimmten Dinoflagellaten, sowie auf Station 113 einige *Peridiniella catenata*. An Station 109 war die *Skeletonema*-Blüte mit 713 mg m⁻³ noch nicht voll entwickelt. Der limitierende Stickstoff hatte zum 29.3.02 in den oberen 10 m an der Station 113 schon auf 0.2 mmol m⁻³ abgenommen, auf Station 109 aber nur auf 1.4 mmol m⁻³. Die Blüte war offensichtlich erst bis zur Station 113 vorangeschritten, was auch aus den Satellitenaufnahmen sichtbar ist (Abb. 3). Sie hatte im wesentlichen noch bis zum 6.4.02 Bestand, wobei sich insbesondere der Anteil von *Mesodinium rubrum* erhöhte. Während sich Mecklenburger Bucht und zentrale Arkonasee bezüglich der *Skeletonema*-Blüte gleich verhielten, unterschieden sie sich im Mai deutlich. In der Mecklenburger Bucht bestand das Phytoplankton Anfang Mai hauptsächlich aus Flagellaten, aber in der Arkonasee aus dem Ciliaten *Mesodinium rubrum*. Dieser ging bis zum 10./11.5.02 aber wieder zurück, zugunsten von Flagellaten (meist unbestimmte Dinoflagellaten, *Pyramimonas* sp., *Dinobryon balticum*, *Phacus* sp., *Teleaulax* sp.).

In der Frühjahrsblüte der Arkonasee wurde ein hoher Anteil an *Mesodinium rubrum* in der späten Blütenphase (Anfang April) in den Jahren 1999 und 2001 und in der Nachblütephase (Anfang Mai) schon im Jahre 2000 beobachtet. Erstmals machte dieser Ciliat im Jahre 1999 den wesentlichen Anteil der Phytoplanktonblüte aus (WASMUND et al., 2000 a). Die 1999 in der Arkonasee beobachtete Dominanz von *Mesodinium rubrum* und Dinoflagellaten gegenüber den Kieselalgen in der Frühjahrsblüte (Ende März) bestätigte sich in den folgenden Jahren nicht. Wie schon in den Jahren 2000 und 2001 wurde Ende März 2002 eine klassische, fast reine Kieselalgenblüte aus *Skeletonema costatum* gefunden.

Sommer

Die im Sommer für die eigentliche Ostsee typische Cyanobakterienblüte entwickelte sich in der Arkonasee relativ spät. Laut Satellitenbild vom 16.7.02 (Abb. 3) beginnt zu der Zeit in der nördlichen Arkonasee gerade eine moderate Cyanobakterienentwicklung. Während der Terminfahrt zeigte sich am 27.7.02 nördlich von Rügen eine schwache Blüte von *Aphanizomenon* sp. und *Nodularia spumigena*. Deren Anteil an der Biozonose war allerdings gering. An Station 030 und 109 dominierten *Prorocentrum minimum* und *Dactyliosolen fragilissimus*, aber an Station 113 *Actinocyclus* sp., *Chaetoceros impressus* und *Teleaulax* sp.

Am 3.8.02 haben sich an Station 113 neben *Aphanizomenon* sp. und *Nodularia spumigena* insbesondere *Coscinodiscus radiatus*, *Prorocentrum minimum* und *Dactyliosolen fragilissimus* durchgesetzt. An Station 030 waren am 4.8.02 nur relativ geringe Biomassen zu finden, meistens *Dactyliosolen fragilissimus*, *Aphanizomenon* sp., *Plagioselmis prolunga*, *Chaetoceros impressus*, *Coscinodiscus radiatus* und *Prorocentrum minimum*.

Herbst

Die Probe vom 18.10.02 von Station 030 enthielt hauptsächlich die Kieselalge *Coscinodiscus granii* (232 mg m⁻³). Diese ging zum 28.10.02 auf 45 mg m⁻³ zurück. Auf Station 113 war *Coscinodiscus granii* in der Oberflächen-Mischprobe mit nur 49 mg m⁻³, in 45 m Tiefe aber mit 278

mg m⁻³ vertreten, am 28.10.03 im Oberflächenwasser mit 117 mg m⁻³. Erstaunlicherweise waren *Ceratium*-Arten im Herbst 2002 in der Arkonasee unbedeutend.

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 2002 gefundene klassisch ausgeprägte Frühjahrsblüte finden. Im Jahre 2002 konnte in der Pommerschen Bucht (Station OB) anhand der Mischproben (0-10 m, Abb. 6a) keine echte Frühjahrsblüte festgestellt werden. Dagegen zeigte die hier nicht dargestellte Oberflächenprobe vom 31.3.02 immerhin eine Phytoplankton-Biomasse von 1085 mg m⁻³, wobei der größte Anteil auf *Mesodinium rubrum*, *Diatoma elongatum*, *Skeletonema costatum* und diverse Cryptophyceen entfiel. Es waren im Oberflächenwasser enorme Nährstoffkonzentrationen vorhanden: 147 mmol m⁻³ Nitrat, 0,7 mmol m⁻³ Phosphat und 66 mmol m⁻³ Silikat. Insbesondere die hohen Stickstoffgehalte sprechen für landseitige Einträge. Tatsächlich war der Februar extrem niederschlagsreich, verbunden mit starken Abflüssen über Oder und Peene (vgl. Kapitel 3). Das Satellitenbild vom 29.3.02 (Abb. 2) und die Kenntnis der Windlage lassen vermuten, dass die Pommersche Bucht zu dieser Zeit Material aus dem Greifswalder Bodden erhalten hat. Die Dominanz der Süßwasser-*Diatoma elongatum* am 4.5.02 ist ein weiteres Indiz für Süßwassereinträge. Andererseits könnte diese Alge auch schon längere Zeit in der Pommerschen Bucht gewachsen sein, denn die Phosphat- und Silikatkonzentrationen waren fast auf Null gesunken.

Zum 29.7.02 hat sich das Nährstoffgefüge verändert: Die Nitratkonzentration im Oberflächenwasser war auf Null gesunken, während die Phosphat- und Silikatkonzentrationen auf 0,38 bzw. 15 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 im vergangenen Jahr beobachtet. Diese Limitation führt zu den relativ geringen Sommerwerten, wie sie am 29.7.02 gemessen wurden (vgl. auch Abb. 3), eigenartigerweise aber nicht zum Wachstum stickstofffixierender Cyanobakterien. Die dominierende Gruppe der Cyanobakterien wurde durch *Snowella* sp., *Woronichinia* sp., *Merismopedia* spp. und relativ wenig *Aphanizomenon* sp. repräsentiert.

Die Probe vom 21.10.01 war durch die typische Blüte von *Coscinodiscus granii* geprägt. Die Begleitarten sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

4.1.2.4 Bornholmsee

Winter und Frühjahr

In der Bornholmsee (Stat. 213, Abb. 5c) war die Phytoplankton-Biomasse, wie üblich, im Februar noch sehr gering und wurde am 10.2.02 im wesentlichen von *Mesodinium rubrum* und *Teleaulax* sp. gebildet. Daneben kam auch *Actinocyclus* sp. mit 10 mg m⁻³ im Oberflächen-Mischwasser vor. Erstaunlicherweise konzentrierte sich *Actinocyclus* sp. am 2.2.02 mit der riesigen Biomasse von 6462 mg m⁻³ in 50 m Wassertiefe und immerhin noch mit 1449 mg m⁻³ in 60 m Wassertiefe. Die Alge scheint sich auf der Halocline angereichert zu haben oder mit dem Salzwassereinstrom vom

14.-26.1.2002 in das Bornholmbecken getragen zu sein. Allerdings fand dieser Einstrom in der Tiefe und nicht im Zwischenwasser statt. Die Art verschwand aber bis zum 10.2.02 wieder und spielte auch am 30.3.02 keine Rolle mehr, weder an der Oberfläche noch in 30 und 50 m Tiefe. In all diesen Tiefen war jedoch *Skeletonema costatum* mit rund 200-350 mg m⁻³ dominant. Weiterhin traten unbestimmte Dinoflagellaten und *Mesodinium rubrum* in der Oberflächen-, aber nicht in den Tiefenproben, in größeren Biomassen auf. Die Nährstoffe waren am 30.3.02 noch lange nicht erschöpft, so dass das weitere Wachstum von *Skeletonema costatum* bis zum 5.4.02 plausibel ist. Zu dieser Zeit war insbesondere die Nitratkonzentration bereits auf 0.2 mmol m⁻³ gesunken, so dass ein weiteres Wachstum behindert sein dürfte. Im Gegensatz zu den Jahren bis 1999, in denen keine echte Kieselalgen-Frühjahrsblüte in der Bornholmsee auftrat (vgl. WASMUND et al., 1998 a, b, 1999, 2000 a), konnte ab 2000 jeweils eine *Skeletonema*-Blüte registriert werden, mit relativ geringen Anteilen von *Mesodinium rubrum* und Dinoflagellaten.

Zum 5.5. und 10.5.2002 war die Biomasse stark zurückgegangen. Die Kieselalgen waren fast komplett verschwunden und im wesentlichen unbestimmte Dinoflagellaten, *Mesodinium rubrum* und *Peridiniella catenata* verblieben.

Sommer und Herbst

In der Bornholmsee trat eine geringe Cyanobakterienblüte während der Sommerfahrt des Jahres 2002 nur in der nördlichen Bornholmsee auf. Nach Aussage der Besatzungsmitglieder wurden etwa 10 Tage zuvor große Cyanobakterienteppiche auf der Wasseroberfläche beobachtet. Diese Beobachtung deckt sich mit dem Satellitenbild vom 16.7.02 (Abb. 3). Die bis in die Arkonasee stark verbreiteten Sommerarten *Dactyliosolen fragilissimus* und *Prorocentrum minimum* traten in der Bornholmsee kaum noch in Erscheinung.

Am 19.10. dominierte *Coscinodiscus granii*, allerdings mit der geringen Biomasse von 78 mg m⁻³. Damit konnten die in manchen Jahren gefundenen hohen Biomassen dieser Art im Jahre 2002 nicht nachgewiesen werden.

4.1.2.5 Gotlandsee

Die Gotlandsee ist kein einheitliches Seegebiet. Es lässt sich zumindest die westliche von dem 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 zum „südlichen eigentlichen Ostsee“ zusammengefasst werden. Das wird in Kapitel 4.1.7 diskutiert. 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. 6 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, die z.B. von *Mesodinium rubrum*, *Teleaulax* sp., *Aphanizomenon* sp. und unbestimmten Dinoflagellaten gebildet wurden. Hervorzuheben ist die Dominanz von *Actinocyclus* sp., nicht nur

in der Oberflächenprobe, sondern auch in 60 m Tiefe an beiden Stationen (vgl. Bornholmsee, Kap. 4.1.2.4). An Station 259 trat auch etwas *Skeletonema costatum* auf.

Erfahrungsgemäß beginnt die Frühjahrsblüte nach kalten Wintern in der östlichen Gotlandsee später als in den westlichen Seegebieten (WASMUND et al., 1998 b). Wie schon in den drei vorangegangenen Jahren, war nach den relativ milden Wintern bereits Ende März/Anfang April der Beginn der Phytoplanktonblüte nachzuweisen. Die geringeren Biomassen im Vergleich zu den westlichen Teilen der Ostsee zeigen aber doch eine Verzögerung der Entwicklung in den östlichen Seegebieten an. Im Gegensatz zu den westlicheren Stationen waren die Nährstoffe an den Stationen 259 und 271 Anfang April im Vergleich zu Anfang Februar kaum reduziert. Lediglich Nitrat war in der genannten Zeitspanne an Station 259 von 3,0 auf 1,6 mmol m⁻³ und an Station 271 von 3,5 auf 2,4 mmol m⁻³ abgesunken. Das ist ein Indiz dafür, dass die Blüte gerade beginnt. Das Wachstum wurde zu diesem frühen Blütenstadium an Station 259 fast ausschließlich von *Mesodinium rubrum* (249 mg m⁻³), *Skeletonema costatum* (230 mg m⁻³), *Peridiniella catenata* (54 mg m⁻³) und weiteren unbestimmten Dinoflagellaten ausgemacht. An Station 271 dominierten Dinoflagellaten (davon *Peridiniella catenata* nur 38 mg m⁻³) und *Mesodinium rubrum*, während Kieselalgen unbedeutend waren (vgl. Abb. 21 a).

Zum 8./9.5.2002 hatte die Nitratkonzentration bis auf Spuren abgenommen, während die Biomasse an Stationen 259 auf 955 mg m⁻³ und an Station 271 auf 834 mg m⁻³ angewachsen war. *Mesodinium rubrum* und *Peridiniella catenata*, an Station 259 auch *Pyramimonas* sp., waren die Hauptarten. Die Kieselalgen waren zu diesem späten Blütenstadium komplett verschwunden und die Silikatreserven waren an Station 259 nur um 1,5 mmol m⁻³ und an Station 271 um 3 mmol m⁻³ reduziert worden. Wie schon im Jahre 2001 kann also vermutet werden, dass die Kieselalgen nach einer Phase kompletter Abwesenheit aus der Frühjahrsblüte der Gotlandsee nun wieder einen gewissen Anteil an der frühen Phase der Frühjahrsblüte haben. Diese bereits für das Jahr 2001 gemachte Aussage kann durch die hier vorgestellten Sedimentationsraten des biogenen Silikats vom März 2001 (Abb. 11) bestätigt werden. Allerdings zeigten die Daten der Sinkstofffallen von den vorangegangenen Jahren ebenfalls solch ein Silikat-Signal im Frühjahr. Dieses wird in Kapitel 5.1 diskutiert.

Sommer und Herbst

Während *Aphanizomenon* sp. an Station 259 (30.7.02) mit 284 mg m⁻³ dominierte, war es an Station 271 mit 38 mg m⁻³ nur schwach entwickelt. *Nodularia spumigena* war noch weitaus unbedeutender. Schon während des Fahrtverlaufs konnte in der östlichen Gotlandsee keine Cyanobakterienblüte beobachtet werden. Lediglich in den nördlichsten Abschnitten (Stat. 285-286) traten kleinere Cyanobakterienblüten auf. Die Blüte war offensichtlich schon vorüber. Wichtige Begleitarten sind der Tabelle 3 zu entnehmen. Die erwartete Blüte von *Coscinodiscus granii* war an Station 271 mit nur 342 mg m⁻³ schwach, aber an Station 259 gar nicht entwickelt (wie schon in 2001).

Tab. 3

Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Arten (in Prozent der Phytoplankton-Biomasse) in den oberen 10 m der Wassersäule im Frühjahr, Sommer und Herbst 2002 in den verschiedenen Seegebieten, einschl. heterotropher Algen (wie *Ebria tripartita* und *Protoperidinium* sp.). Fortsetz. auf Seite 35 !

Table 3

Percentage of wet weight of the 10 most abundant phytoplankton species in the upper 10 m, separated for seasons and sea areas, in 2002. Heterotrophic algae included. Continued on page 35 !

Frühjahr (März-Mai)	(%)	Sommer (Juni-Sept.)	(%)	Herbst (Okt.-Dez.)	(%)
Lübecker Bucht (Stat. O22)					
<i>Skeletonema costatum</i>	72.2	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	44.9	<i>Cerataulina pelagica</i>	38.5
<i>Dictyocha speculum</i>	6.0	<i>Prorocentrum minimum</i>	4.5	<i>Coscinodiscus granii</i>	19.6
<i>Mesodinium rubrum</i>	3.5	<i>Ceratium tripos</i>	3.8	<i>Ceratium tripos</i>	16.2
<i>Teleaulax</i> sp.	1.6	<i>Teleaulax</i> sp.	2.5	<i>Mesodinium rubrum</i>	4.3
<i>Phacus</i> sp.	1.0	<i>Plagioselmis prolonga</i>	2.2	<i>Ceratium fusus</i>	3.3
<i>Heterocapsa rotundata</i>	0.7	<i>Phacus</i> sp.	2.0	<i>Teleaulax</i> sp.	2.0
<i>Plagioselmis prolonga</i>	0.5	<i>Dictyocha speculum</i>	1.4	<i>Heterocapsa rotundata</i>	1.9
<i>Actinocyclus</i> sp.	0.2	<i>Coscinodiscus granii</i>	0.9	<i>Plagioselmis prolonga</i>	1.2
<i>Chaetoceros decipiens</i>	0.2	<i>Heterocapsa rotundata</i>	0.8	<i>Pyramimonas</i> sp.	1.0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0.2	<i>Mesodinium rubrum</i>	0.8	<i>Dictyocha speculum</i>	0.8
Zentrale Mecklenburger Bucht (Stat. 012)					
<i>Skeletonema costatum</i>	66.1	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	64.9	<i>Cerataulina pelagica</i>	58.3
<i>Mesodinium rubrum</i>	8.5	<i>Prorocentrum minimum</i>	4.5	<i>Ceratium tripos</i>	18.6
<i>Dictyocha speculum</i>	6.7	<i>Ceratium tripos</i>	4.4	<i>Coscinodiscus granii</i>	10.4
<i>Teleaulax</i> sp.	1.7	<i>Guinardia flaccida</i>	4.0	<i>Ceratium fusus</i>	3.3
<i>Heterocapsa rotundata</i>	1.3	<i>Proboscia alata</i>	3.9	<i>Mesodinium rubrum</i>	1.3
<i>Plagioselmis prolonga</i>	0.7	<i>Plagioselmis prolonga</i>	0.9	<i>Teleaulax</i> sp.	1.0
<i>Phacus</i> sp.	0.5	<i>Cerataulina pelagica</i>	0.8	<i>Plagioselmis prolonga</i>	0.8
<i>Hemiselms</i> sp.	0.5	<i>Rhizosolenia pungens</i>	0.7	<i>Heterocapsa rotundata</i>	0.5
<i>Thalassiosira levanderi</i>	0.3	<i>Leptocylindrus danicus</i>	0.6	<i>Dictyocha speculum</i>	0.4
<i>Chaetoceros subtilis</i>	0.2	<i>Teleaulax</i> sp.	0.4	<i>Hemiselms</i> sp.	0.2
Östliche Mecklenburger Bucht (Stat. 046)					
<i>Skeletonema costatum</i>	54.4	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	36.0	<i>Ceratium tripos</i>	31.7
<i>Dinophysis baltica</i>	25.2	<i>Prorocentrum minimum</i>	12.8	<i>Coscinodiscus granii</i>	21.6
<i>Mesodinium rubrum</i>	5.7	<i>Ceratium tripos</i>	2.8	<i>Ceratium fusus</i>	7.9
<i>Teleaulax</i> sp.	0.9	<i>Ditylum brightwellii</i>	2.6	<i>Teleaulax</i> sp.	7.4
<i>Pyramimonas</i> sp.	0.8	<i>Guinardia flaccida</i>	2.2	<i>Pyramimonas</i> sp.	4.3
<i>Chaetoceros subtilis</i>	0.8	<i>Proboscia alata</i>	1.4	<i>Plagioselmis prolonga</i>	4.1
<i>Heterocapsa rotundata</i>	0.7	<i>Leptocylindrus danicus</i>	1.2	<i>Mesodinium rubrum</i>	2.7
<i>Plagioselmis prolonga</i>	0.7	<i>Plagioselmis prolonga</i>	1.0	<i>Hemiselms</i> sp.	1.6
<i>Actinocyclus</i> sp.	0.6	<i>Cerataulina pelagica</i>	1.0	<i>Heterocapsa rotundata</i>	1.2
<i>Dictyocha speculum</i>	0.3	<i>Chaetoceros impressus</i>	0.8	<i>Dictyocha speculum</i>	0.5
Westliche Arkonasee (Stat. 030)					
<i>Skeletonema costatum</i>	72.6	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	24.9	<i>Coscinodiscus granii</i>	39.9
<i>Mesodinium rubrum</i>	11.9	<i>Prorocentrum minimum</i>	22.5	<i>Ceratium tripos</i>	11.8
<i>Diatoma elongatum</i>	1.8	<i>Aphanizomenon</i> sp.	5.6	<i>Teleaulax</i> sp.	7.5
<i>Pyramimonas</i> sp.	1.0	<i>Ceratium tripos</i>	4.7	<i>Plagioselmis prolonga</i>	5.4
<i>Heterocapsa rotundata</i>	0.8	<i>Nodularia spumigena</i>	3.6	<i>Mesodinium rubrum</i>	2.4
<i>Chaetoceros subtilis</i>	0.7	<i>Cerataulina pelagica</i>	2.6	<i>Hemiselms</i> sp.	1.9
<i>Teleaulax</i> sp.	0.5	<i>Chaetoceros impressus</i>	2.1	<i>Cerataulina pelagica</i>	1.8
<i>Plagioselmis prolonga</i>	0.4	<i>Plagioselmis prolonga</i>	1.9	<i>Ceratium fusus</i>	1.7
<i>Phacus</i> sp.	0.2	<i>Teleaulax</i> sp.	1.4	<i>Heterocapsa rotundata</i>	1.4
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>albulum</i>	0.2	<i>Guinardia flaccida</i>	1.4	<i>Pyramimonas</i> sp.	0.7

Zentrale Arkonasee (Stat. 069, 109, 113)					
Skeletonema costatum	52.6	Prorocentrum minimum	25.6	Coscinodiscus granii	32.5
Mesodinium rubrum	22.7	Dactyliosolen fragilissimus	14.9	Teleaulax sp.	10.3
Pyramimonas sp.	3.5	Nodularia spumigena	7.5	Plagioselmis prolonga	5.6
Heterocapsa rotundata	1.3	Aphanizomenon sp.	4.5	Heterocapsa rotundata	5.2
Teleaulax sp.	0.8	Chaetoceros impressus	3.4	Hemiselmis sp.	2.5
Plagioselmis prolonga	0.7	Pyramimonas sp.	2.3	Mesodinium rubrum	1.4
Peridiniella catenata	0.7	Teleaulax sp.	1.9	Chaetoceros impressus	1.2
Phacus sp.	0.5	Ceratium tripos	1.6	Gymnodinium cf. albulum	1.0
Chaetoceros subtilis	0.5	Plagioselmis prolonga	1.6	Pyramimonas sp.	0.4
Aphanizomenon sp.	0.3	Mesodinium rubrum	1.5	Actinocyclus sp.	0.4
Pommersche Bucht (Stat. OB)					
Diatoma elongatum	47.8	Snowella sp.	24.0	Coscinodiscus granii	70.5
Chaetoceros wighamii	8.7	Woronichinia sp.	6.5	Dictyosphaerium ehrenbergianum	10.5
Teleaulax sp.	5.8	Coscinodiscus granii	5.9	Teleaulax sp.	2.1
Heterocapsa rotundata	5.1	Plagioselmis prolonga	4.0	Plagioselmis prolonga	1.5
Mesodinium rubrum	5.0	Prorocentrum minimum	3.4	Aphanizomenon flos-aquae f. gracile	1.2
Skeletonema costatum	3.8	Merismopedia tenuissima	3.1	Pseudanabaena limnetica	1.1
Plagioselmis prolonga	3.5	Aphanizomenon sp.	2.1	Actinocyclus sp.	0.6
Ebria tripartita	1.0	Merismopedia punctata	1.9	Skeletonema costatum	0.4
Pyramimonas sp.	0.5	Teleaulax sp.	1.5	Pediastrum boryanum	0.4
Aulacoseira granulata	0.3	Ebria tripartita	1.1	Scenedesmus spp.	0.3
Bornholmsee (Stat. 213)					
Skeletonema costatum	52.4	Chaetoceros impressus	12.5	Coscinodiscus granii	39.0
Mesodinium rubrum	13.1	Coscinodiscus radiatus	7.5	Teleaulax sp.	6.8
Peridiniella catenata	3.6	Mesodinium rubrum	6.9	Plagioselmis prolonga	6.1
Diatoma elongatum	1.2	Plagioselmis prolonga	6.2	Actinocyclus sp.	6.0
Chaetoceros subtilis	1.0	Aphanizomenon sp.	5.3	Heterocapsa rotundata	5.8
Heterocapsa rotundata	1.0	Achroonema cf. proteiforme	5.3	Hemiselmis sp.	3.4
Protoperidinium spp.	0.7	Teleaulax sp.	5.3	Mesodinium rubrum	2.5
Plagioselmis prolonga	0.5	Eutreptiella sp.	2.6	Eutreptiella sp.	1.6
Teleaulax sp.	0.5	Heterocapsa rotundata	1.8	Pyramimonas sp.	0.9
Pyramimonas sp.	0.4	Actinocyclus sp.	1.3	Phacus sp.	0.5
Südliche Gotlandsee (Stat. 259)					
Mesodinium rubrum	39.6	Aphanizomenon sp.	38.7	Prorocentrum minimum	26.2
Skeletonema costatum	12.4	Mesodinium rubrum	4.2	Teleaulax sp.	11.6
Peridiniella catenata	7.8	Teleaulax sp.	4.0	Plagioselmis prolonga	7.8
Pyramimonas sp.	5.9	Eutreptiella sp.	3.3	Actinocyclus sp.	5.0
Heterocapsa rotundata	1.9	Chaetoceros impressus	2.5	Hemiselmis sp.	2.7
Plagioselmis prolonga	1.6	Nodularia spumigena	1.6	Mesodinium rubrum	2.3
Aphanizomenon sp.	1.0	Actinocyclus sp.	1.1	Gymnodinium cf. albulum	2.1
Protoperidinium spp.	0.9	Ceratium tripos	0.7	Chaetoceros danicus	1.8
Phacus sp.	0.6	Plagioselmis prolonga	0.5	Pterosperma sp.	1.1
Teleaulax sp.	0.3	Ebria tripartita	0.4	Aphanizomenon sp.	1.0
Östliche Gotlandsee (Stat. 271)					
Mesodinium rubrum	35.7	Teleaulax sp.	17.5	Coscinodiscus granii	22.1
Peridiniella catenata	29.7	Aphanizomenon sp.	11.9	Mesodinium rubrum	13.4
Aphanizomenon sp.	2.6	Chaetoceros impressus	7.9	Teleaulax sp.	10.6
Heterocapsa rotundata	2.6	Plagioselmis prolonga	2.3	Plagioselmis prolonga	4.9
Pyramimonas sp.	2.5	Mesodinium rubrum	2.1	Aphanizomenon sp.	4.5
Phacus sp.	1.2	Nodularia spumigena	1.9	Pyramimonas sp.	3.1
Protoperidinium spp.	1.1	Actinocyclus sp.	0.5	Gymnodinium cf. albulum	2.7
Skeletonema costatum	0.9	Heterocapsa rotundata	0.4	Actinocyclus sp.	2.0
Plagioselmis prolonga	0.8	Ebria tripartita	0.3	Eutreptiella sp.	1.6
Teleaulax sp.	0.6	Pyramimonas sp.	0.3	Phacus sp.	1.5

Tab. 4

Alphabetische Liste der im Jahre 2002 gefundenen Phytoplanktonarten und ihrer taxonomischen Zugehörigkeit. Angabe der Rangfolge (nach Biomasse) für die 66 häufigsten Arten und saisonales Vorkommen. Fortsetzung Seite 37-38.

Table 4

Phytoplankton species list of 2002, with class affiliation, biomass rank (for the 66 most important species) and seasonal occurrence (continued on page 37 and 38 !)

Artname (Gesamtliste)	Klasse	Rang	Febr.	März/April	Mai	Juli/Aug.	Okt.
<i>Achroonema cf. proteiforme</i>	Cyanobact.					X	
<i>Actinocyclus sp.</i> ¹	Bacillarioph.	27	X	X	X	X	X
<i>Amphidinium crassum</i>	Dinophyceae	49		X	X	X	X
<i>Anabaena sp.</i>	Cyanobact.	55				X	
<i>Anabaenopsis sp.</i>	Cyanobact.					X	
<i>Aphaniz. flos-aquae f. gracile</i>	Cyanobact.						X
<i>Aphanizomenon sp.</i> (A. "baltica")	Cyanobact.	10	X	X	X	X	X
<i>Aphanocapsa sp.</i>	Cyanobact.		X	X	X	X	X
<i>Aphanothece sp.</i>	Cyanobact.		X	X	X	X	X
<i>Attheya decora</i>	Bacillarioph.		X			X	
<i>Attheya septentrionalis</i>	Bacillarioph.			X		X	
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>	Bacillarioph.	54		X			
<i>Calycomonas ovalis</i>	Chrysophyc.						X
<i>Cerataulina pelagica</i>	Bacillarioph.	3				X	X
<i>Ceratium fusus</i>	Dinophyceae	18	X			X	X
<i>Ceratium lineatum</i>	Dinophyceae					X	X
<i>Ceratium longipes</i>	Dinophyceae					X	X
<i>Ceratium tripos</i>	Dinophyceae	6	X		X	X	X
<i>Chaetoceros affinis</i>	Bacillarioph.					X	
<i>Chaetoceros borealis</i>	Bacillarioph.			X	X	X	X
<i>Chaetoceros brevis</i>	Bacillarioph.		X	X			
<i>Chaetoceros ceratosporus</i>	Bacillarioph.			X	X		
<i>Chaetoceros contortus</i>	Bacillarioph.					X	
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Bacillarioph.	43	X	X		X	
<i>Chaetoceros danicus</i>	Bacillarioph.	35	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros debilis</i>	Bacillarioph.			X			
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Bacillarioph.	56	X	X	X	X	
<i>Chaetoceros diadema</i>	Bacillarioph.		X				
<i>Chaetoceros didymus</i>	Bacillarioph.					X	
<i>Chaetoceros impressus</i>	Bacillarioph.	21	X	X		X	X
<i>Chaetoceros similes</i>	Bacillarioph.		X		X	X	
<i>Chaetoceros socialis</i>	Bacillarioph.					X	X
<i>Chaetoceros subtilis</i>	Bacillarioph.	32	X	X		X	
<i>Chaetoceros thronsdensei</i>	Bacillarioph.					X	
<i>Chaetoceros wighamii</i>	Bacillarioph.	24	X	X	X		X
<i>Chaetoceros sp.</i>	Bacillarioph.		X	X	X	X	X
<i>Chrysochromulina sp.</i>	Prymnesioph.		X	X	X	X	X
<i>Cocconeis sp.</i>	Bacillarioph.		X				
<i>Coelosphaerium minutissimum</i>	Cyanobact.		X			X	
<i>Coscinodiscus granii</i>	Bacillarioph.	5	X	X		X	X
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Bacillarioph.				X	X	X
<i>Coscinodiscus sp.</i>	Bacillarioph.				X	X	
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	Cyanobact.			X		X	
<i>Cyanonephron styloides</i>	Cyanobact.				X	X	

<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i>	Bacillarioph.			X			
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Bacillarioph.	66	X	X	X	X	X
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Bacillarioph.	2				X	X
<i>Diatoma elongatum</i>	Bacillarioph.	9	X	X	X		X
<i>Dictyocha speculum</i>	Dictyochoph.	15	X	X	X	X	X
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	Chlorophyc.	20					X
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	Chlorophyc.				X		
<i>Dinobryon balticum</i>	Chrysophyc.			X	X		
<i>Dinobryon faculiferum</i>	Chrysophyc.			X	X	X	
<i>Dinophysis acuminata</i>	Dinophyceae	53		X	X		X
<i>Dinophysis acuta</i>	Dinophyceae	47		X	X		X
<i>Dinophysis baltica</i>) ²	Dinophyceae	12			X		
<i>Dinophysis norvegica</i>	Dinophyceae	44			X	X	X
<i>Dinophysis rotundata</i>	Dinophyceae					X	X
<i>Dinophysis</i> sp.	Dinophyceae		X	X	X	X	X
<i>Dissodinium pseudolunula</i>	Dinophyceae						X
<i>Ditylum brightwellii</i>	Bacillarioph.	23	X	X		X	X
<i>Ebria tripartita</i>	Ebriidea	30	X	X	X	X	X
<i>Eutreptia</i> sp.	Euglenophyc.					X	
<i>Eutreptiella</i> sp.	Euglenophyc.	28	X	X	X	X	X
<i>Gonyaulax triacantha</i>	Cyanobact.			X	X		
<i>Guinardia delicatula</i>	Bacillarioph.	41					X
<i>Guinardia flaccida</i>	Bacillarioph.	17				X	
<i>Gymnodinium cf. albulum</i>	Dinophyceae	31	X	X	X	X	X
<i>Gymnodinium arcticum</i>	Dinophyceae		X			X	X
<i>Gymnodinium</i> sp.) ³	Dinophyceae	40	X	X	X	X	X
<i>Hemiselmis</i> sp.	Dinophyceae	25	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa rotundata</i>	Dinophyceae	14	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa triquetra</i>	Dinophyceae		X		X		
<i>Kirchneriella obesa</i>	Chlorophyc.					X	
<i>Koliella longiseta</i>	Chlorophyc.			X	X		X
<i>Koliella spiralis</i>	Chlorophyc.		X	X			
<i>Lemmermanniella pallida</i>	Cyanobact.	52	X	X	X	X	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillarioph.	29				X	
<i>Licmophora</i> sp.	Bacillarioph.						X
<i>Melosira arctica</i>	Bacillarioph.	65		X			
<i>Melosira nummuloides</i>	Bacillarioph.	61		X			
<i>Merismopedia punctata</i>	Cyanobact.	39	X		X	X	X
<i>Merismopedia tenuissima</i>	Cyanobact.					X	X
<i>Merismopedia warmingiana</i>	Cyanobact.					X	X
<i>Mesodinium rubrum</i>) ⁴	Ciliophora	4	X	X	X	X	X
<i>Microcystis</i> sp.	Cyanobact.					X	
<i>Monoraphidium contortum</i>	Chlorophyc.	48	X	X	X	X	X
<i>Monoraphidium convolutum</i>	Chlorophyc.			X			
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	Chlorophyc.		X	X			
<i>Monoraphidium minutum</i>	Chlorophyc.						X
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioph.			X			
<i>Nitzschia paleacea</i>	Bacillarioph.	63				X	
<i>Nitzschia</i> sp.	Bacillarioph.			X	X		
<i>Nodularia spumigena</i>	Cyanobact.	22		X	X	X	X
<i>Oocystis</i> sp.	Chlorophyc.	58	X	X	X	X	X
<i>Pediastrum boryanum</i>	Chlorophyc.	50	X		X		X
<i>Peridiniella catenata</i>	Cyanobact.	13	X	X	X		
<i>Phacus</i> sp.	Euglenophyc.	26	X	X	X	X	X
<i>Phaeoceros</i> sp.	Bacillarioph.		X	X		X	X
<i>Plagioselmis prolunga</i>	Cryptophyc.	11	X	X	X	X	X
<i>Planktolyngbya contorta</i>	Cyanobact.					X	
<i>Planktolyngbya</i> sp.	Cyanobact.		X	X			X

<i>Planktonema lauterbornii</i>	Chlorophyc.	42	X	X	X	X	X
<i>Planktothrix</i> sp.) ⁵	Cyanobact.		X		X		
<i>Proboscia alata</i>	Bacillarioph.	19	X	X		X	X
<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae	45				X	X
<i>Prorocentrum minimum</i>	Dinophyceae	7				X	X
<i>Protoperidinium bipes</i>	Dinophyceae			X	X		
<i>Protoperidinium depressum</i>	Dinophyceae					X	
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	Dinophyceae				X		
<i>Protoperidinium</i> sp.	Dinophyceae	34	X	X	X		X
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	Cyanobact.	37	X	X		X	X
<i>Pseudanabaena/Limnothrix</i>	Cyanobact.			X	X	X	
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	Bacillarioph.	64	X	X		X	
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	Bacillarioph.	60	X	X		X	X
<i>Pseudopedinella elastica</i>	Chrysophyc.	57		X		X	
<i>Pseudopedinella</i> sp.	Chrysophyc.		X	X	X	X	X
<i>Pterosperma</i> sp.	Prasinophyc.				X		X
<i>Pterosperma/Pachysphaera</i>	Prasinophyc.		X			X	
<i>Pyramimonas</i> sp.	Prasinophyc.	16	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	Bacillarioph.		X	X			
<i>Rhizosolenia pungens</i>	Bacillarioph.	33				X	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	Bacillarioph.	38	X	X			
<i>Romeria</i> sp.	Cyanobact.	59		X		X	
<i>Scenedesmus ecoris</i>	Chlorophyc.						X
<i>Scenedesmus</i> sp.	Chlorophyc.	51	X	X	X		X
<i>Skeletonema costatum</i>	Bacillarioph.	1	X	X	X	X	X
<i>Snowella septentrionalis</i>	Cyanobact.	62			X	X	
<i>Snowella</i> sp.	Cyanobact.		X	X	X	X	
<i>Teleaulax amphioxeia</i>	Cryptophyc.		X				X
<i>Teleaulax</i> sp.	Cryptophyc.	8	X	X	X	X	X
<i>Tetrastrum</i> sp.	Chlorophyc.		X	X	X		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Bacillarioph.	36	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	Bacillarioph.		X				
<i>Thalassiosira levanderi</i>	Bacillarioph.	46	X	X			
<i>Thalassiosira</i> sp.	Bacillarioph.		X	X	X	X	X
<i>Trachelomonas</i> sp.	Euglenophyc.		X	X	X	X	X
<i>Woronichinia compacta</i>	Cyanobact.						X
<i>Woronichinia</i> sp.	Cyanobact.		X	X		X	X
Anzahl der Taxa: insgesamt 139	von den Fahrten:		71	80	66	91	76

)¹ wahrscheinlich *Actinocyclus octonarius*

)² dürfte nach Hällfors (2003) zu *Dinophysis acuminata* gehören

)³ *Gymnodinium* sp. wurde bis Ende 2000 größtenteils als *Gymnodinium* cf. *lohmannii* geführt

)⁴ für *Mesodinium rubrum* wurde bis Ende 1999 das Synonym *Myrionecta rubra* verwendet

)⁵ wahrscheinlich größtenteils *Planktothrix agardhii*

4.1.3 Sedimentation

Die Interpretation der Fallendaten, vor allem im quantitativen Bezug, ist im Jahr 2001 durch den fast vollständigen Ausfall der Sommerdaten mit großen Unsicherheiten behaftet. Die mikroskopischen Analysen des aufgefangenen Materials zeigen bei der saisonalen Abfolge der in der mittleren Ostsee vorkommenden Phytoplankter entsprechende Lücken in dieser Phase (Abb. 7 a-d).

Nach dem ersten großen, aber zeitlich eng begrenzten Sedimentationsschub im März, der von ubiquitären Diatomeen (*Actinocyclus*, *Coscinodiscus*) dominiert wurde, tauchten die typischen Vertreter der klassischen Frühjahrsentwicklung (*Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Chaetoceros*) frühestens Anfang April auf (Abb. 7a, 9-11). Sie sedimentierten dann so massiv, dass das Sammelgerät verstopfte und nur noch eine integrierte und quantitativ reduzierte Probe aus der gesamten Sommerperiode zu Verfügung steht. Das spricht für eine frühe kurzzeitige Stabilisierung der Wassersäule mit entsprechendem Wachstum im März und einer darauf folgenden Phase mit tiefer Durchmischung bis April. Die darauf einsetzende Stabilisierung der Deckschicht hat dann wahrscheinlich ein exponentielles Wachstum der Frühjahrsarten angeregt, das mit extremer Nährsalzlimitierung und damit verbundener simultaner Sedimentation der Zellen endete.

Die eigentliche Sommerperiode war durch die Beimischung von Peridineen in der Mischprobe gekennzeichnet (Abb. 7b). Das ansonsten typische sommerliche Erscheinen von Aggregaten fädiger stickstofffixierender Cyanobakterien (*Aphanizomenon*, *Nodularia*) war in der mikroskopischen Analyse nicht sichtbar, da das aufgefangene Material nicht mit dem Fixierungsmittel in den Fallengläser in Kontakt trat, und daher nur Formen erhalten blieben, die abbauresistente Schalen tragen. Erst im Herbst traten sie wieder sichtbar in den Proben in Erscheinung (Abb. 7c). Dass die Cyanobakterien dennoch eine große quantitative Rolle spielten, ist an dem Absinken der Delta ^{15}N -Signatur im Sommermaterial zu erkennen (Abb. 8). Die Werte sanken unter Einbeziehung der nitratbasierten Frühjahrsblüte auf 3 ab, was Juli/August 2001 für eine ähnliche isotopische Signatur wie in den Vorjahren spricht, die an die atmosphärischen Werte von 0-1 reicht. Interessant sind die atomaren Verhältnisse von C/P und C/N (Abb. 12, 13) besonders in der Sommerphase, in der die sedimentierende Biomasse nur einen relativ geringen Anteil Phosphor enthält. Offensichtlich können die Cyanobakterien im Sommer mit relativ wenig P größere Mengen an N und C fixieren und aus der Deckschicht exportieren als andere Autotrophe. Bemerkenswert ist das Ausbleiben von pennaten Diatomeen (*Nitzschia paleacea*), die in den Vorjahren an den Aggregaten der fädigen Cyanobakterien siedelten und das Maximum der Opalsedimentation im Jahreszyklus bedingten. Diese dickschaligen Formen wurden im Sommer überhaupt nicht gefunden, was dafür spricht, dass die gut entwickelte Frühjahrsblüte größere Mengen des über den Winter akkumulierten gelösten Silikats aufgenommen und dadurch die Wachstumsbedingungen für die Sommerdiatomeen verschlechtert hat.

Die Entwicklung im Herbst ist wiederum vom Absinken von Diatomeen gekennzeichnet (Abb. 7a). Hier deuten neben den mikroskopischen Befunden auch ein Maximum an biogenem Silikat und eine Erhöhung der delta ^{15}N -Signatur im PON (Abb. 11, 8) auf einen herbstlichen Konvektionsprozeß hin, der neben Nitrat auch wieder gelöstes Silikat in die photische Zone geführt hat.

Insgesamt läßt sich in diesem Jahr der Trend zu einer Dominanz von Diatomeen in der Frühjahrs- und Herbstphase erkennen. Die klaren Sedimentationsereignisse im Frühjahr und Herbst spiegeln sich in den Mustern der Elementflüsse (PON, POC, P_{Si}, Abb. 9-11) wider. Die Gesamtbilanz ist jedoch durch den partiellen Wegfall des Sommermaterials unsicher und als Minimalwert zu sehen.

Die Gesamtsummen lagen für die einzelnen Elemente bei 216 mmol C, 25 mmol N, 43 mmol Si und 0,88 mmol P pro m^2 und Jahr. Der Massefluß betrug im Jahr 2001 15 g Trockenmaterial pro Jahr. Der sedimentäre Kohlenstoffeintrag lag mit $2,6 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ in diesem Jahr mehr als 1/3 unter dem für alle bisherigen Beobachtungsjahre relativ konstanten Bereich von $4-6 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$.

Phytoplankton 2001

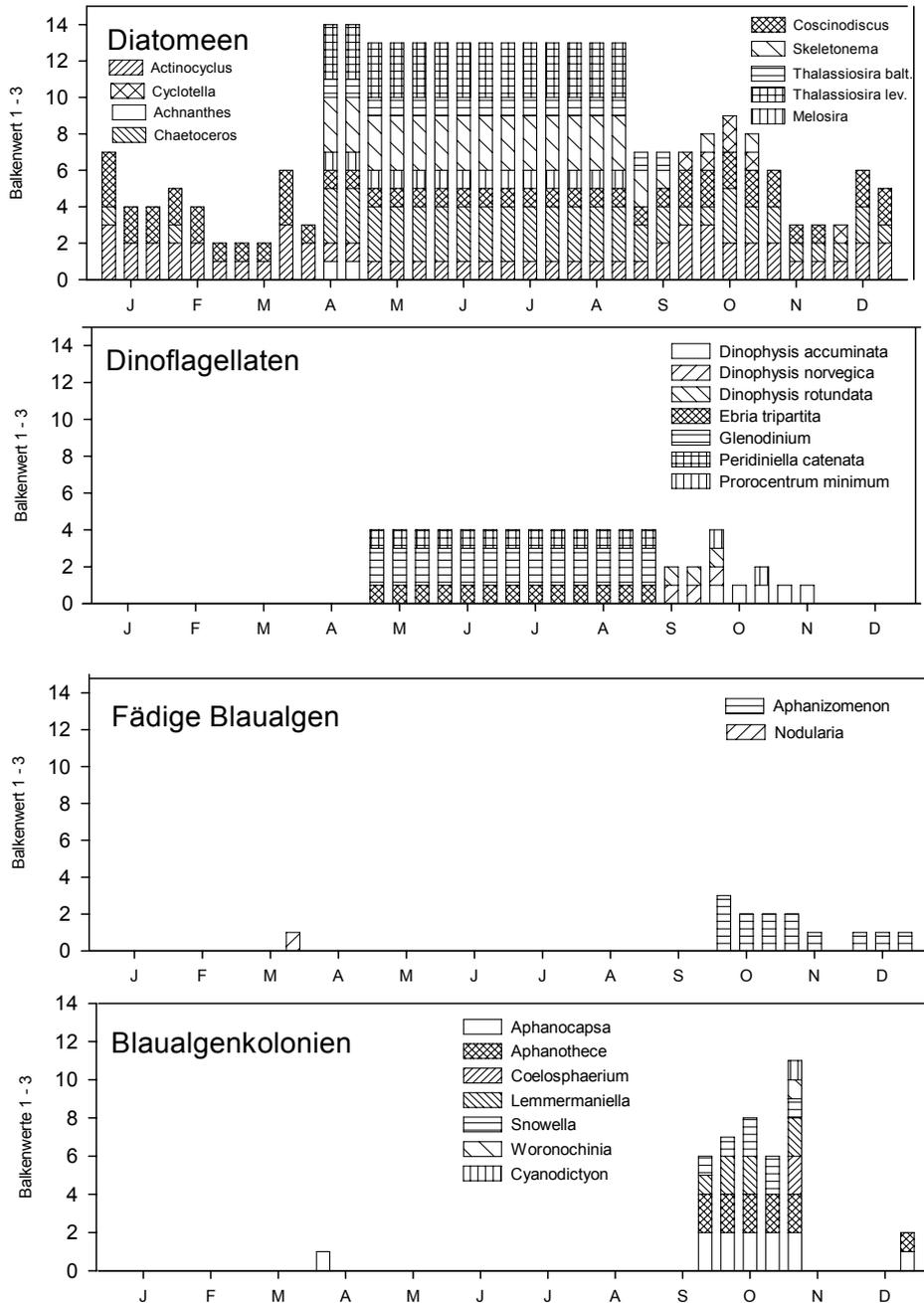


Abb. 7a-d

Relative Häufigkeit einzelner Arten von Diatomeen, Dinoflagellaten sowie fädiger und kolonialer Cyanobakterien im sedimentierenden organischen Material im Jahre 2001

Fig. 7a-d

Relative frequency of selected species of diatoms, dinoflagellates, filamentous and colony-forming cyanobacteria in sedimented organic material in 2001

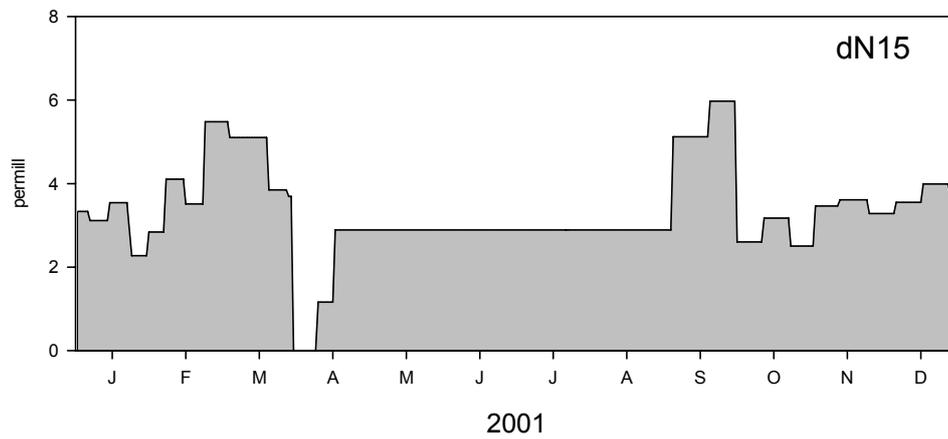


Abb. 8
Isotopie des Stickstoffs (permil delta ^{15}N) im Fallenmaterial im Jahr 2001

Fig. 8
Isotopic composition (permil delta ^{15}N) in sedimented material at station 271 in 2001

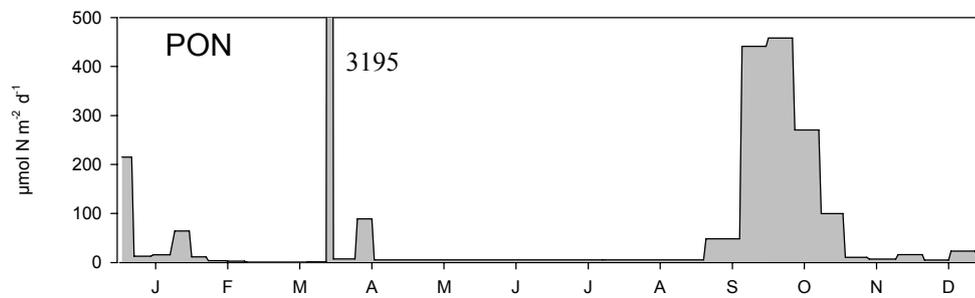


Abb. 9
Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Stickstoff im Sedimentationshorizont 140 m auf der Station 271 im Jahre 2001

Fig. 9
Daily sedimentation rates of particulate org. nitrogen in 140 m depth at station 271 in 2001

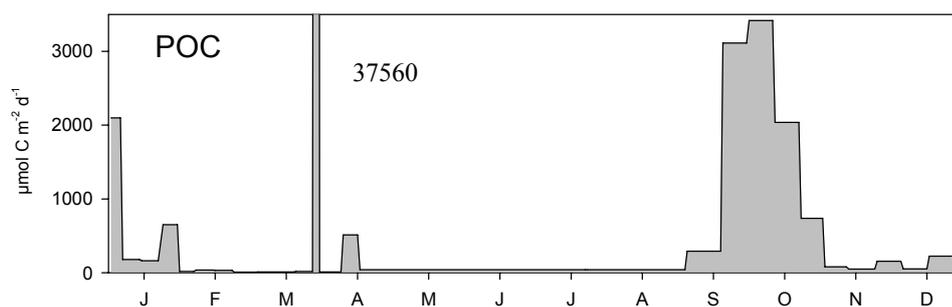


Abb. 10
Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Kohlenstoff im Sedimentationshorizont 140 m auf der Station 271 im Jahre 2001

Fig. 10:
Daily sedimentation rates of particulate org. carbon in 140 m depth at station 271 in 2001

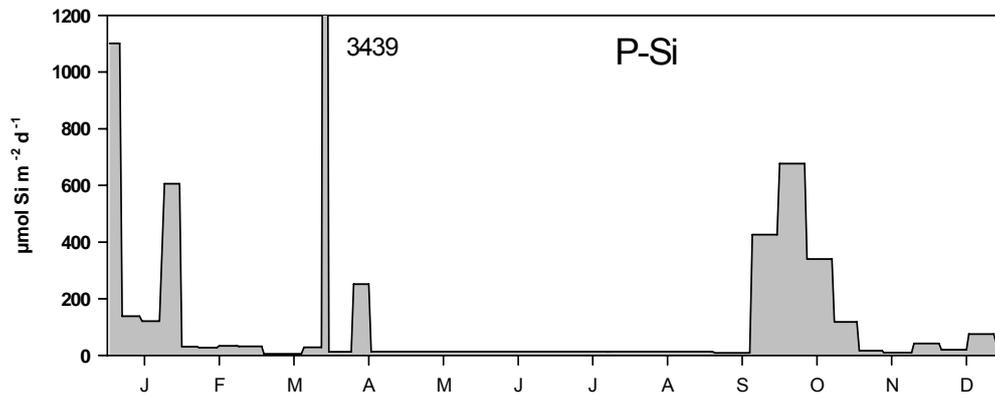


Abb. 11

Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem biogenem Silikat im Sedimentationshorizont 140 m auf der Station 271 im Jahre 2001

Fig. 11

Daily sedimentation rates of particulate biogenic silicate in 140 m depth at station 271 in 2001

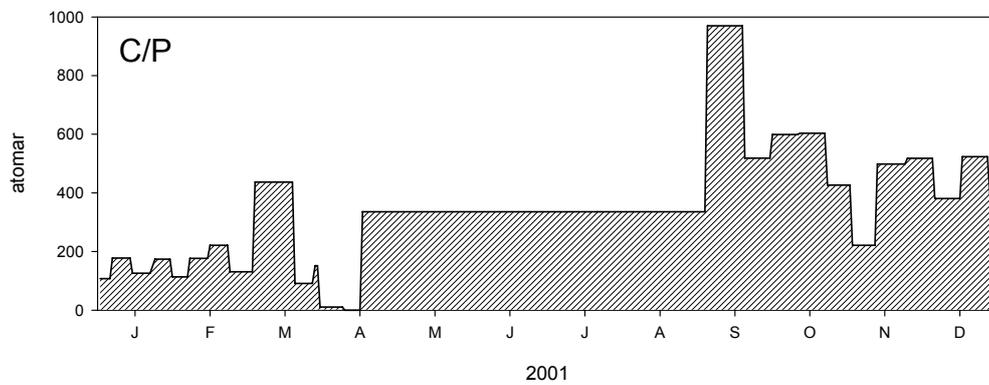


Abb. 12

Molares Verhältnis von Kohlenstoff zu Phosphor in Partikeln in 140 m auf Stat. 271 im Jahre 2001

Fig. 12

Atomic ratio of particulate carbon and particulate phosphorus in 140 m depth at station 271 in 2001

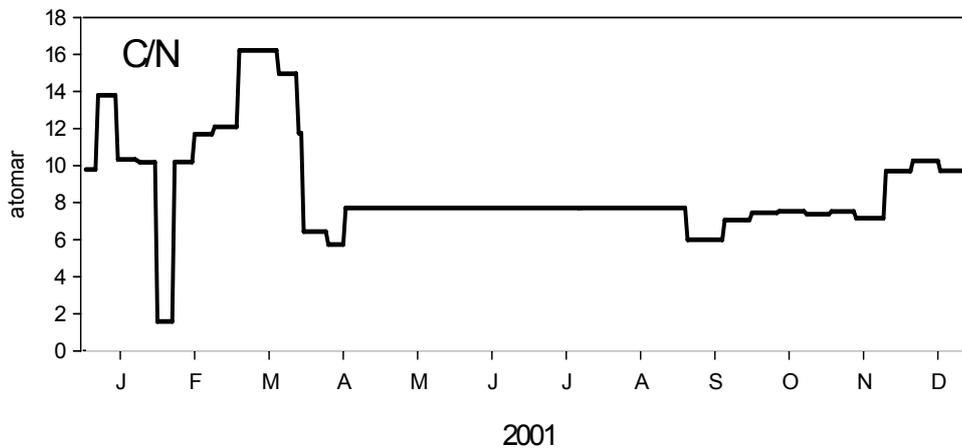


Abb. 13

Molares Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff in Partikeln in 140 m auf Stat. 271 im Jahre 2001

Fig. 13

Atomic ratio of particulate carbon and particulate nitrogen in 140 m depth at station 271 in 2001

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. 4-6 dargestellten Jahresgängen der Biomasse. Auf eine grafische Darstellung der saisonalen Chlorophyll-Entwicklung soll deshalb verzichtet werden. Statt dessen geben wir in Tabelle 5 die genauen Messwerte von Chlorophyll a und Phaeopigment a an den einzelnen Stationen an, integriert über die obersten 20 m der Wassersäule, die etwa der euphotischen Schicht entsprechen. Jahresgänge aus langjährigen Monatsmitteln sind von WASMUND et al. (2000 a) gezeigt worden.

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 2002 sind in Tabelle 6 mit den Vorjahren verglichen. Diese Tabelle ist eine inhaltliche Fortschreibung der Tabelle 6 des vorjährigen Berichtes (WASMUND et al., 2002). Sie zeigt, dass die höchsten Chlorophyllwerte in den beiden vorangegangenen Jahren im Frühjahr und Herbst zu finden waren. Es fand zum Jahre 2002 eine Zunahme der Frühjahrswerte, aber eine Abnahme der Herbstwerte statt. Dadurch war im Frühjahr 2002 ein noch stärkeres Maximum zu finden, aber die nächststärkere Saison war der Sommer.

4.1.5 Langzeittrend der Artenzusammensetzung

Mit dem Jahre 2002 erstreckt sich die Datenreihe des HELCOM-Monitoring bereits über 24 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 vorjährigen Bericht (WASMUND et al., 2002) vorgestellt und sollen hier nicht wiederholt werden.

Allerdings wollen wir hier in Abb. 14-18 die Fortschreibung der Grafiken zur Phytoplankton-Zusammensetzung weiterführen. 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 24-Jahres-Zeitraums verändert haben.

Tab. 5

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 5

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})
360	30.01.02	0.64	1.39	109	01.02.02	0.36	0.16
360	28.03.02	9.77	3.64	109	29.03.02	3.86	0.87
360	26.07.02	2.54) ¹	0.23) ¹	109	04.05.02	3.11	0.93
360	17.10.02	2.80	0.35	109	29.07.02	2.62	0.48
O22	29.01.02	0.82	0.77	109	19.10.02	1.49	0.82
O22	27.03.02	10.02	3.67	113	31.01.02	0.67	0.22
O22	26.07.02	2.73) ¹	0.35) ¹	113	11.02.02	0.79	0.21
O22	16.10.02	2.21	0.64	113	29.03.02	6.90	1.77
12	30.01.02	0.58	0.66	113	06.04.02	3.20	2.24
12	12.02.02	0.84	0.42	113	04.05.02	4.85	1.53
12	27.03.02	3.55	1.53	113	10.05.02	2.21	0.83
12	07.04.02	3.61	0.98	113	27.07.02	1.15	0.77
12	03.05.02	1.42	0.76	113	03.08.02	2.05	0.83
12	11.05.02	1.43	0.57	113	18.10.02	1.31	0.82
12	26.07.02	3.02	0.24	113	28.10.02	1.18	0.55
12	04.08.02	2.13	0.31	OB	03.02.02	1.26	0.55
12	16.10.02	2.35	0.62	OB	31.03.02	5.21	1.17
12	29.10.02	3.75	1.06	OB	04.05.02	5.87	2.01
46	30.01.02	0.66	0.63	OB	29.07.02	6.29	2.43
46	12.02.02	0.89	0.47	OB	21.10.02	5.44	2.45
46	28.03.02	3.44	1.74	213	02.02.02	0.34	0.16
46	06.04.02	1.21	0.53	213	10.02.02	0.59	0.16
46	03.05.02	0.91	0.60	213	30.03.02	2.41	0.46
46	11.05.02	1.23	0.72	213	05.04.02	4.38	1.28
46	27.07.02	2.70	0.30	213	05.05.02	1.29	0.27
46	04.08.02	1.08	0.38	213	10.05.02	0.90	0.12
46	16.10.02	2.00	1.01	213	28.07.02	1.85	0.62
46	29.10.02	1.67	1.40	213	02.08.02	1.17	0.57
30	31.01.02	0.77	0.61	213	19.10.02	0.94	0.51
30	11.02.02	1.01	0.44	213	26.10.02	0.91	0.41
30	29.03.02	3.93	1.51	259	06.02.02	0.42	0.11
30	06.04.02	5.76	3.69	259	05.04.02	3.22	0.50
30	03.05.02	2.61	0.48	259	09.05.02	3.83	0.65
30	11.05.02	1.93	1.40	259	30.07.02	2.54	1.02
30	27.07.02	2.35	0.41	259	23.10.02	1.94	0.66
30	04.08.02	1.43	0.62	271	07.02.02	0.31	0.09
30	18.10.02	1.78	1.00	271	04.04.02	1.81	0.35
30	28.10.02	1.58	1.13	271	07.05.02	2.80	0.20
				271	31.07.02	2.05	0.94
				271	23.10.02	1.51	0.50

)¹ nur Oberflächenwert

Tab. 6

Saisonale Mittelwerte, Standardabweichungen und Anzahl der Proben aller Chlorophyll *a*- Daten des Monitoring-Programms des IOW von 2002 aus der eigentlichen Ostsee (einschl. Pommersche Bucht), integriert über die oberen 10 m, im Vergleich mit entsprechenden Daten von 1999, 2000 und 2001. Jahresmittel aus monatlich gewichteten Saisonwerten

Table 6

Seasonal means, standard deviations and number of samples (n) of all IOW monitoring chlorophyll *a* data of 2001 from the Baltic proper (incl. Pomeranian Bight), of the upper 10 m, in comparison with corresponding data of 1999, 2000 and 2001. Annual means calculated from monthly weighted seasonal means

	1999	2000	2001	2002		
	Mittelw.	Mittelw.	Mittelw.	Mittelw.	Stand.abw.	n
Winter (Jan-Feb)	1.36	0.63	1.08	0.74	0.42	10
Frühjahr (März-Mai)	3.87	3.00	3.18	3.94	1.86	20
Sommer (Juni-Sep)	2.66	2.05	1.91	2.48	1.50	10
Herbst (Okt-Dez)		2.86	2.49	1.80	1.20	10
Jahresmittel	(2.77)	2.25	2.24	2.39		

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die hohen Cyanobakterienbiomassen zu Beginn der Messreihe (Abb. 15 b - 18 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. 16 a), Gotlandsee (Abb. 17 a, 18 a) und in geringerem Maße auch in der Arkonasee (Abb. 15 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 bislang unter den „Sonstigen“ geführt. In den letzten Jahren ist der Anteil der Dinoflagellaten und von *Mesodinium rubrum* in den genannten Gebieten wieder etwas zurückgegangen.

Es ist interessant, dass sich die Frühjahrs-Kieselalgen in den Jahren 2000, 2001 und 2002 in der Bornholmsee, Arkonasee und der Mecklenburger Bucht 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.

Nach den Kieselalgenblüten in der zentralen Mecklenburger Bucht und der Arkonasee sind im Oberflächenwasser noch mindestens 4-5 mmol m⁻³ Silikat übrig, so dass im Sommer noch Kieselalgenwachstum möglich ist. 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. In den östlicheren Seegebieten können keine *Dactyliosolen*-Blüten nachgewiesen werden, obwohl gerade hier die Kieselalgen-Frühjahrsblüte schwächer ausfällt als in

der westlichen Ostsee. Lediglich in der Bornholmsee trat im Sommer 1999 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. Diese Ausbreitung in westliche Richtung ist wahrscheinlich hauptsächlich durch Ausstromsituationen bedingt.

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. Eine im Jahre 1999 gefundene Kieselalgen-Herbstblüte von *Pseudo-nitzschia* spp. war bisher einmalig in der Mecklenburger Bucht.

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 (Abb. 19 a), der für eine Irrtumswahrscheinlichkeit (p) von 0,05 signifikant ist (t-Test). Der schwache Anstieg der Werte der Arkonasee (Abb. 19 b) ist wegen der hohen Anzahl an Meßwerten sogar für $p = 0,01$ noch signifikant. In der Bornholmsee (Abb. 20 a) war der Anstieg bis 1997 für $p = 0,05$ signifikant. Bei Einbeziehung der Daten von 1998 bis 2002 ist er nicht mehr signifikant. Das könnte für eine Trendumkehr sprechen. In der östlichen Gotlandsee (Stat. 271, siehe Abb. 20 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).

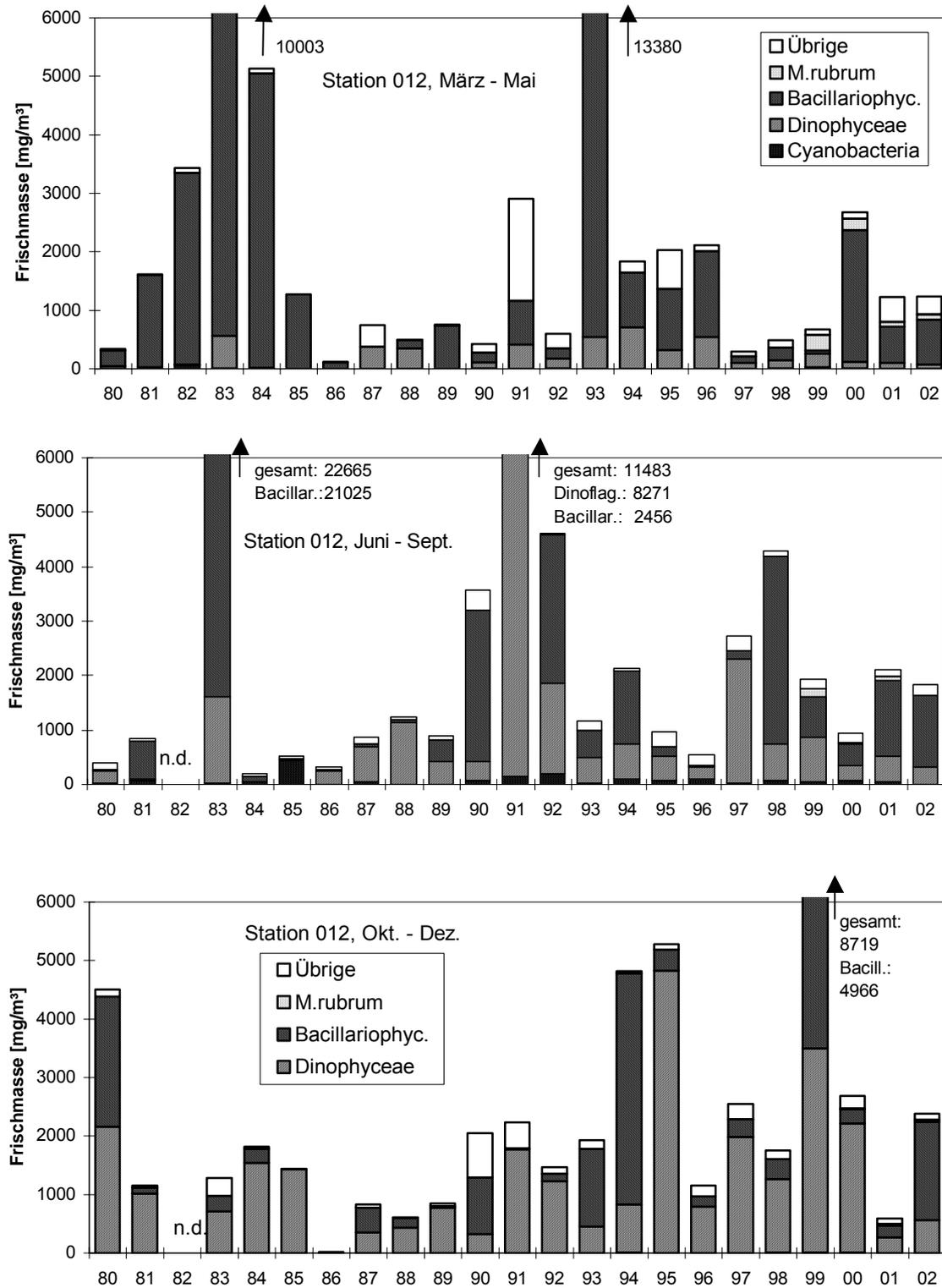


Abb. 14

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2002, jeweils für Frühjahr, Sommer und Herbst separat betrachtet, in der zentralen Mecklenburger Bucht (Stat. 012). Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt

Fig. 14

Trends in biomass of the main phytoplankton groups in spring, summer and autumn 1979-2002 in Mecklenburg Bight. Until 1998, *Mesodinium rubrum* was counted as „Others“ („Übrige“)

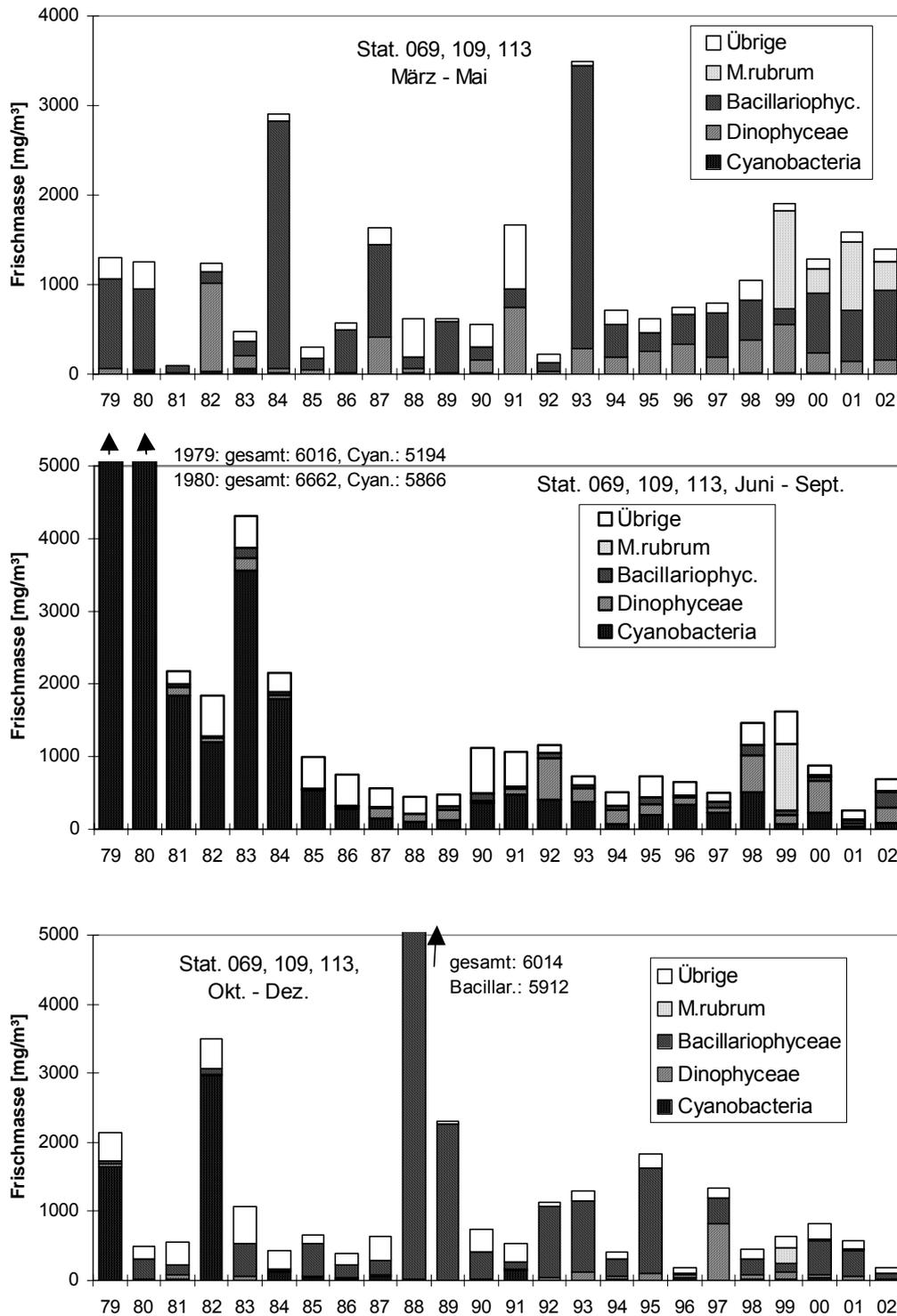


Abb. 15

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2002, jeweils für Frühjahr, Sommer und Herbst separat betrachtet, in der zentralen Arkonasee (Stat. 069, 109 und 113 zusammengefasst). Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt

Fig. 15

Trends in biomass of the main phytoplankton groups in spring, summer and autumn 1979-2002 in the central Arkona Sea (Stat. 069, 109 and 113 pooled). Until 1998, *Mesodinium rubrum* was counted as „Others“ („Übrige“)

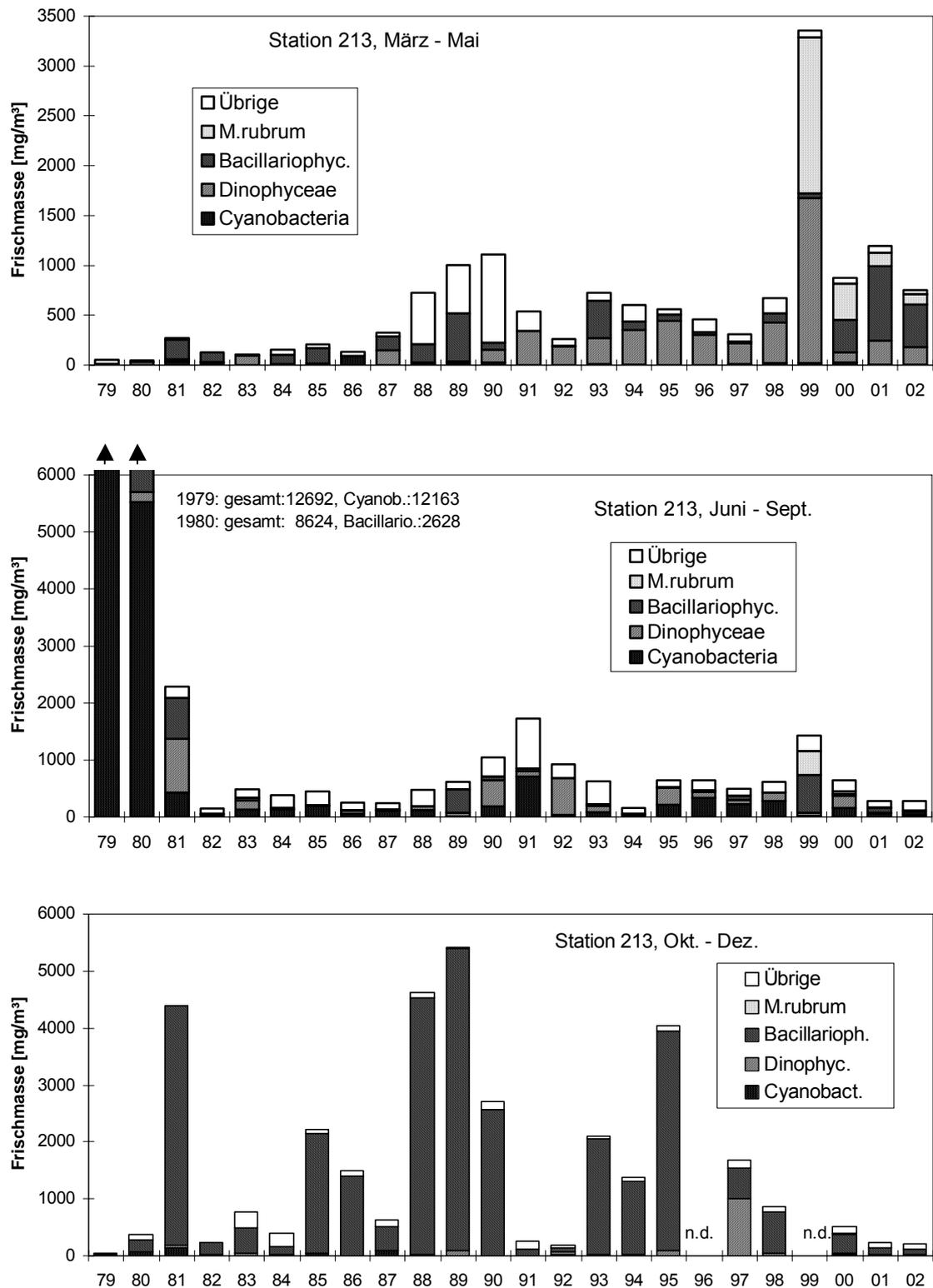


Abb. 16

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2002, für Frühjahr, Sommer und Herbst, in der Bornholmsee. Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt

Fig. 16

Trends in biomass of the main phytoplankton groups in spring, summer and autumn 1979-2002 in the Bornholm Sea. Until 1998, *Mesodinium rubrum* was counted as „Others“ („Übrige“)

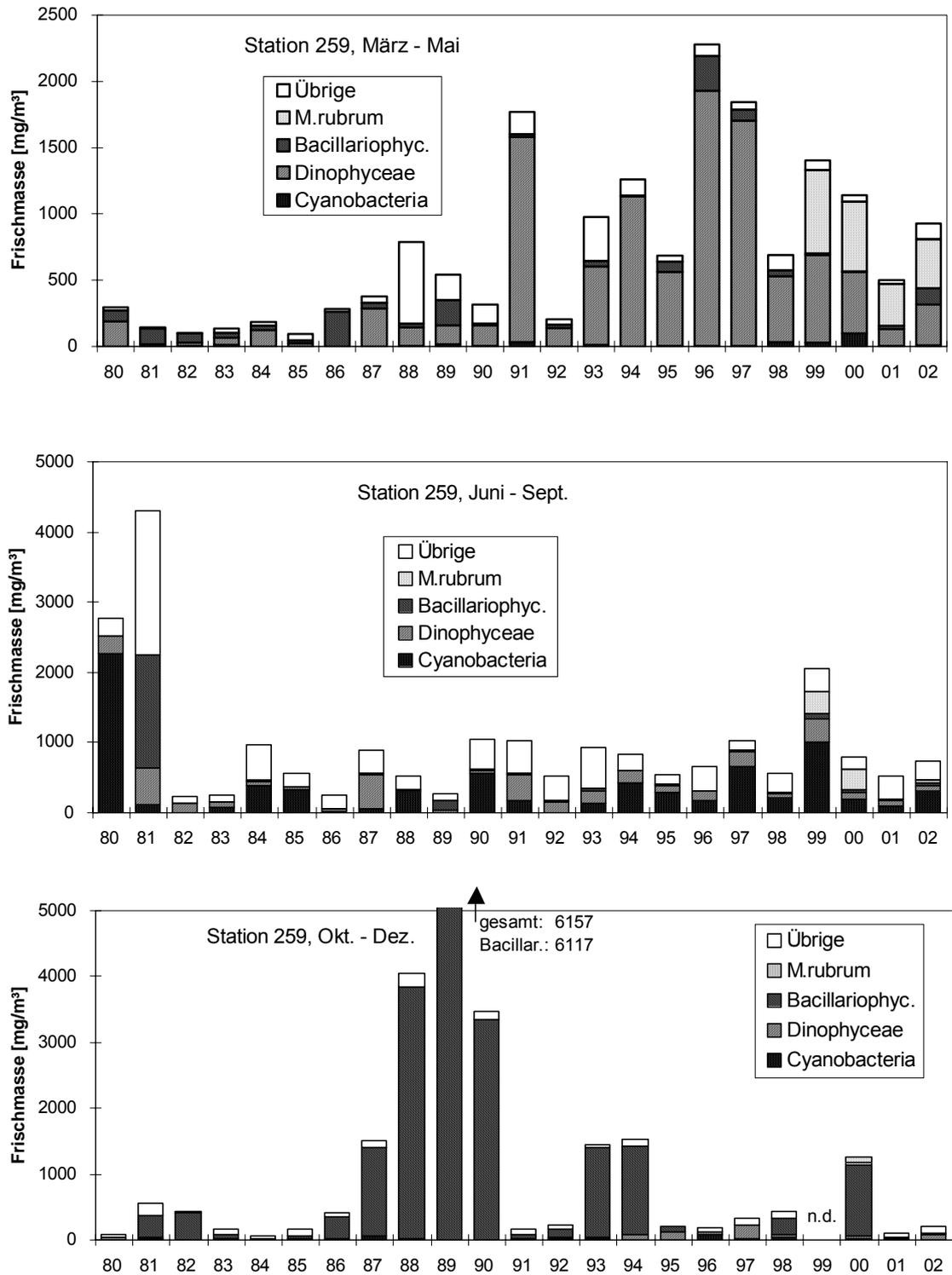


Abb. 17

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2002, für Frühjahr, Sommer und Herbst, in der südl. Gotlandsee. Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt

Fig. 17

Trends in biomass of the main phytoplankton groups in spring, summer and autumn 1979-2002 in the southern Gotland Sea. Until 1998, *Mesodinium rubrum* was counted as „Others“ („Übrige“)

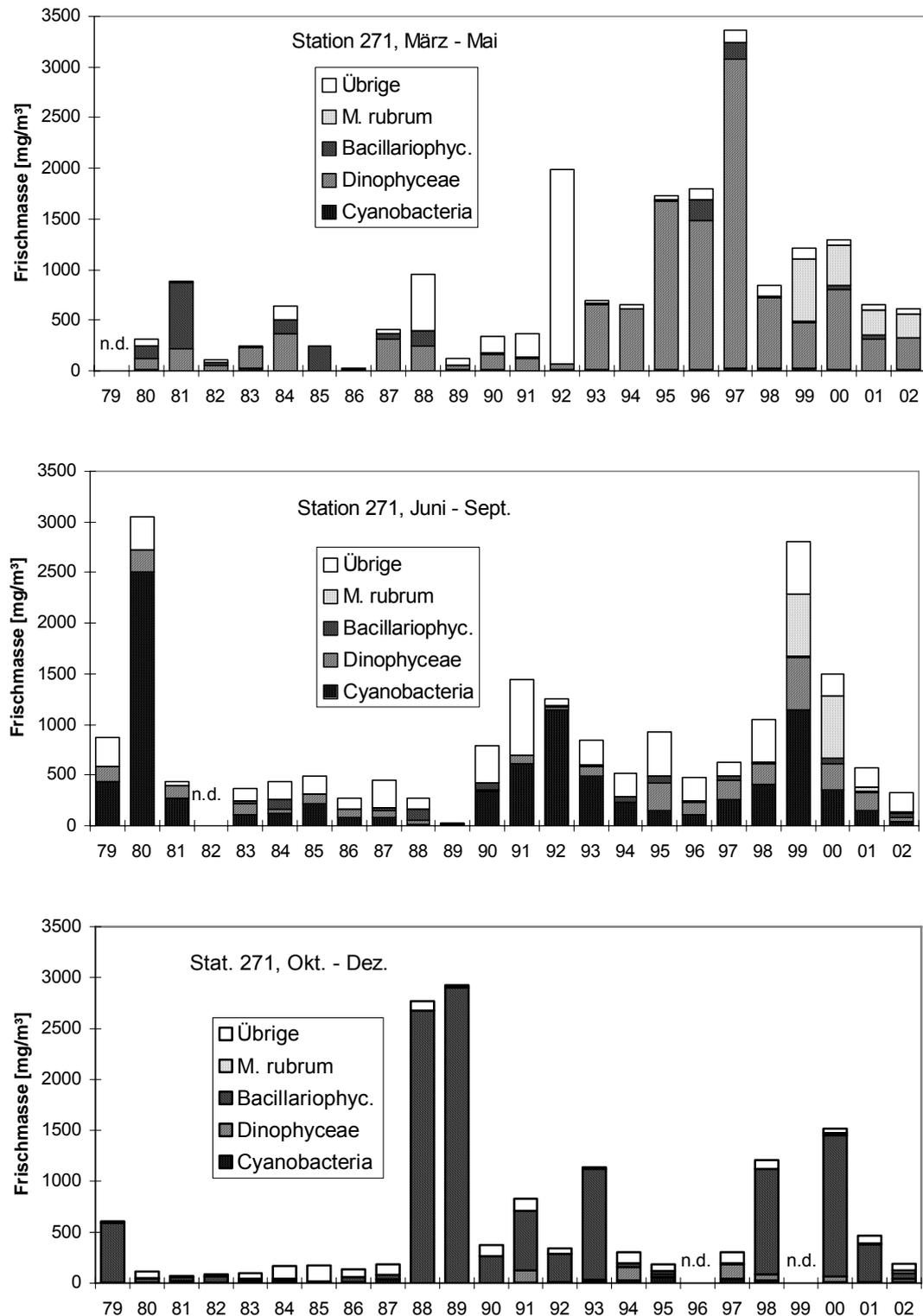


Abb. 18

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2002, für Frühjahr, Sommer und Herbst, in der östl. Gotlandsee. Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt

Fig. 18

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

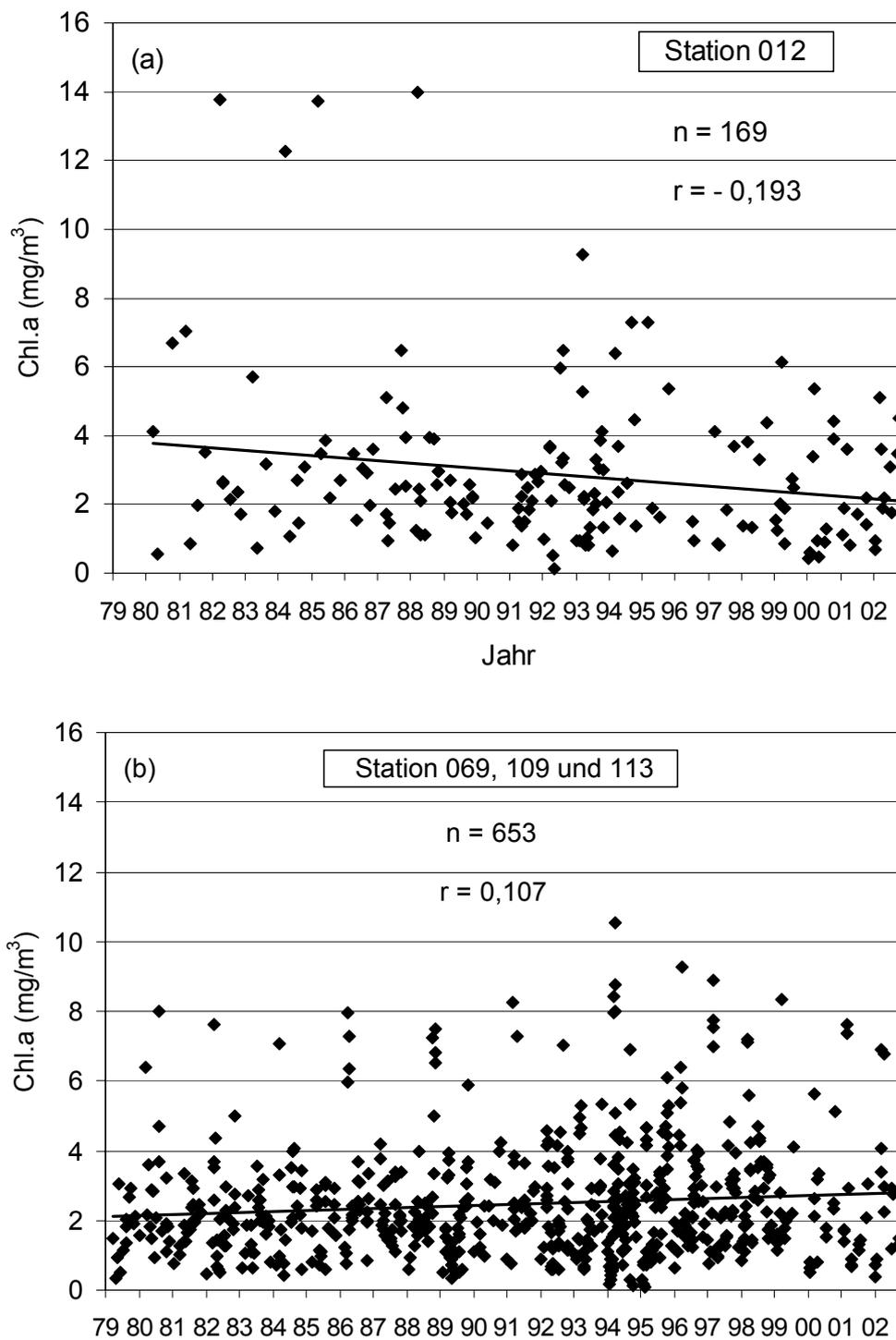


Abb. 19

Trend 1979-2002 der Chlorophyll *a* –Konzentration (Mittelwerte aus 0-10 m Wassertiefe) in (a) der Mecklenburger Bucht und (b) der Arkonasee

Fig. 19

Trend 1979-2002 of the chlorophyll *a* concentration (mean of 0-10 m depth) in (a) Mecklenburg Bight and (b) Arkona Sea

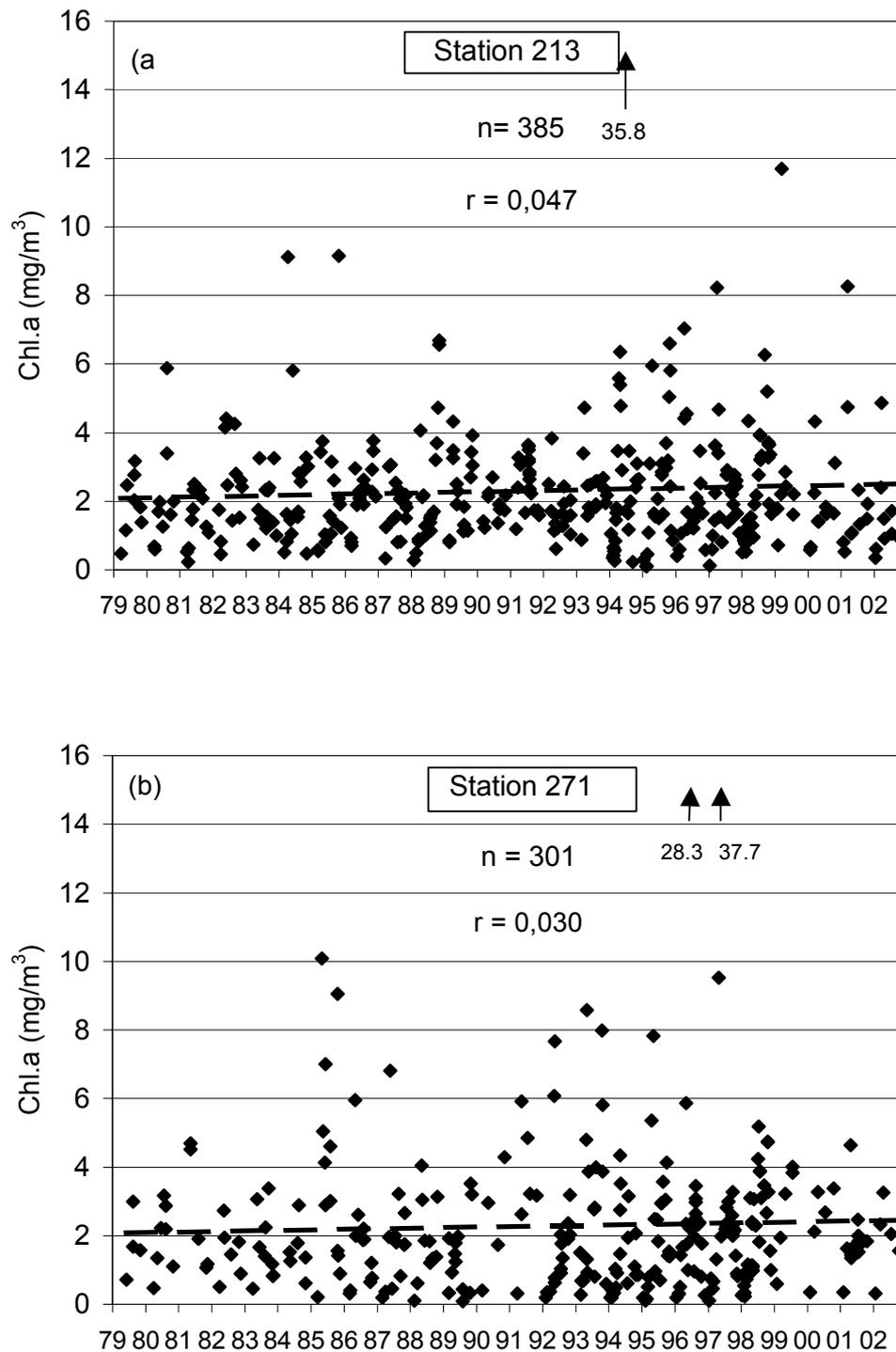


Abb. 20

Trend 1979-2002 der Chlorophyll *a* –Konzentration (Mittelwerte aus 0-10 m Wassertiefe) in (a) der Bornholmsee und (b) der östlichen Gotlandsee

Fig. 20

Trend 1979-2002 of the chlorophyll *a* concentration (mean of 0-10 m depth) in (a) Bornholm Sea and (b) eastern Gotland Sea

Die aus allen Stationen der eigentlichen Ostsee errechneten Saison-Mittelwerte der letzten 4 Jahre sind in Tabelle 6 (Seite 45) zusammengefaßt. Die Frühjahrs- und Sommerwerte zeigten im Vergleich mit den Jahren 2000 und 2001 einen Anstieg, die Herbstwerte eine Abnahme. Daraus sollte aber noch keine Tendenz abgeleitet werden, denn die Werte sind naturgemäß variabel. Für spezifizierte Chlorophyll a-Mittelwerte der einzelnen Jahreszeiten, Seegebiete (einschl. verschiedener Küstengewässer der südlichen und östlichen Ostsee) und Jahre (1993-1997) sei auf die umfassende Datensammlung (Tabellenanhang) von WASMUND et al. (2000 b) verwiesen.

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 repräsentative Station beprobt. Lediglich in der Arkonasee wurden zwei Stationen (109 und 113) beibehalten, die man zu einem Mittelwert zusammenfassen kann. Die Station 069 liegt in der dänischen ökonomischen Zone. Proben dieser Station werden nur noch von Dänemark gewonnen. Die Frage ist, ob die Stationen im Übergangsbereich zwischen Mecklenburger Bucht und Arkonasee (Stat. 046, 030) mehr dem einen oder dem anderen Gebiet zuzuordnen wären. Diese Frage wurde bereits von WASMUND et al. (2001, S. 70) ausführlich erörtert. Demnach konnte man aus den Proben des Jahres 2000 schlußfolgern, dass die Grenze zwischen Mecklenburger Bucht und eigentlicher Ostsee in der westlichen Arkonasee zwischen den Stationen 030 und 113 verläuft. Im Jahre 2001 zeigte die Sommer-Blüte von *Dactyliosolen fragilissimus* ihre Verbreitungsgrenze zwischen den Stationen 030 und 113 (WASMUND et al., 2002). Dagegen war die *Dactyliosolen*-Blüte im Jahre 2002 an den Stationen 030, 113 und 109 wesentlich schwächer ausgeprägt als in der Mecklenburger Bucht (Abb. 21 b).

Das Seegebiet um die Darßer Schwelle ist allerdings ein sehr dynamisches Gebiet, in dem die Grenzen gerade für das Plankton fließend verlaufen. Die Phytoplankton-Artenzusammensetzung (Tabelle 3) spricht im Sommer eher für eine Grenze zwischen Station 046 und 030 (Cyanobakterienblüten traten östlich, aber nicht westlich der Darßer Schwelle auf; vgl. Abb. 3, 21 b), aber im Herbst für eine Grenze in der westlichen Arkonasee (*Ceratium tripos* trat noch auf Station 030 in erheblichen Biomassen auf, aber nicht mehr auf Station 113, Abb. 21 c). Im Herbst gab es aber durchaus auch innerhalb der Mecklenburger Bucht noch eine Verbreitungsgrenze: *Cerataulina pelagica* kam auf Station 012 und O22 dominierend vor, aber nicht mehr auf Station 046 (Abb. 21 c). Station 012 und O22 unterschieden sich lediglich in zweitrangigen Sommerarten.

Die Pommersche Bucht nimmt selbstverständlich schon wegen ihres Süßwassereintrags eine Sonderstellung ein. Die Bornholmsee unterscheidet sich von der Arkonasee hauptsächlich durch das Fehlen von *Dactyliosolen fragilissimus* und *Prorocentrum minimum* in den Sommerproben (Abb. 21 b). Bornholmsee und Gotlandsee sind im Frühjahr relativ ähnlich, abgesehen von der Abnahme des Anteils von *Skeletonema costatum* und der Zunahme von *Peridiniella catenata* in Richtung Gotlandsee (Abb. 21 a). Im Herbst weicht die Station 259 bezüglich ihrer dominierenden Art aber deutlich von den Nachbarstationen ab: Sie erscheint wie ein „Loch“ in einer ostseeweiten *Coscinodiscus*-Blüte (Abb. 21 b).

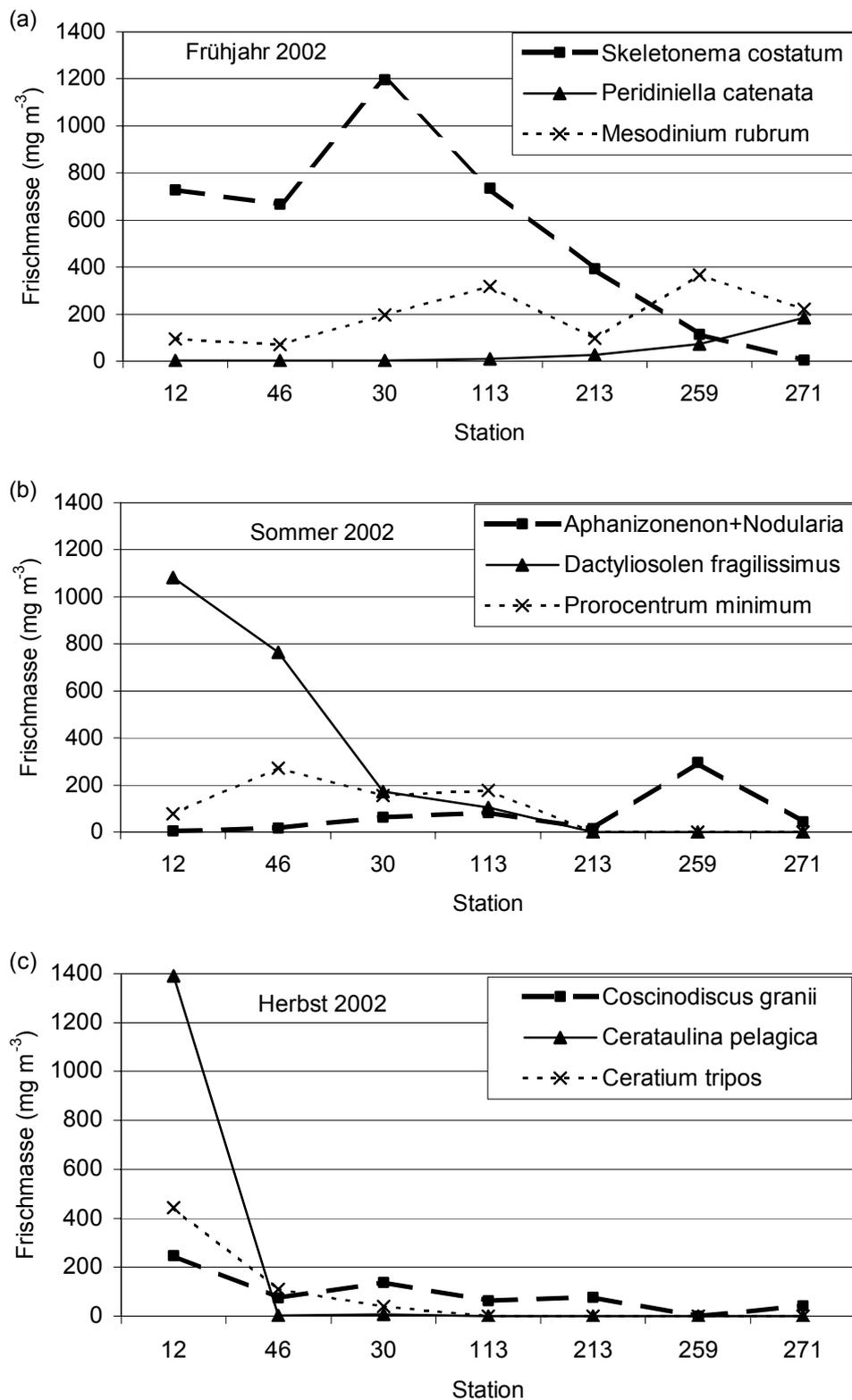


Abb. 21

Biomasseverteilung ausgewählter Arten entlang eines Längsschnittes durch die Ostsee im Frühjahr (a), Sommer (b) und Herbst (c).

Fig. 21

Biomass of selected species along a transect through the Baltic Sea in spring (a), summer (b) and autumn (c)

Wir erkennen also, dass alle untersuchten Stationen ihre Eigenheiten haben und nicht ohne Informationsverlust „eingespart“ werden können. Um grob zu abstrahieren, kann man die Grenze zwischen Beltsee und eigentlicher Ostsee nach wie vor an der Darßer Schwelle ziehen. Es ist aber nach wie vor fraglich, ob die Station 259 eher mit der Bornholmsee zum Seegebiet „südliche eigentliche Ostsee“ zusammengefasst werden kann oder eher mit der Station 271 im Bornholmbecken zusammengehört. Im Zweifelsfalle ist sie separat zu betrachten.

4.2 Mesozooplankton

4.2.1 Abundanz

Die Ergebnisse der Langzeituntersuchungen betreffen mit den Stationen 113 und 271 die südwestliche bzw. die zentrale eigentlichen Ostsee. In beiden Gebieten sind in der oberflächennahen Schicht ca. 2/3 der Abundanz lokalisiert, wobei sich die Mittelwerte mit je 30 Tausend Ind./m³ kaum unterscheiden (Tab. 7). Die restlichen 1/3 verteilen sich auf die gesamte übrige Wassersäule (siehe auch Skalierung der Ordinaten in Abb. 22), unabhängig von der Wassertiefe.

Ausgehend vom langjährigen Mittel macht sich in der Oberflächenschicht beider Seegebiete, über 2001 nach 2002 betrachtet, eine steigende Tendenz auf über 40 Tausend (Stat. 113) bzw. 46 Tausend (Stat. 271) Individuen /m³ bemerkbar (Tab. 7). Die Werte von 2002 übertreffen die von 2001 um ca. 20 bzw. 30%. Unterhalb der Thermoklinen sind die Verhältnisse in der Arkonasee ausgeglichener (17-, 13-, 16-Tausend Ind./m³) als in der zentralen Gotlandsee, auf Grund der Unterschiede in Wassertiefe und Hydrographie.

Abb. 22 gibt den Jahresgang der Gesamtabundanz in zwei bzw. drei Wasserschichten in der Arkonasee und der Gotlandsee auf der Basis aller verfügbaren Daten wider (die aktuelle Situation von 2002 ist besonders markiert worden). Die relativ hohe mittlere Abundanz im Jahr 2002 wird in der Arkonasee besonders in den Monaten Mai (gesamte Wassersäule) und August (Oberflächenschicht) erzeugt, in der Oberflächenschicht der Gotlandsee nur im August.

Bemerkenswert ist der Verlauf des Jahresganges mit zwei deutlichen Piken in der Oberflächenschicht beider Untersuchungsgebiete, im Mai und August und regelmäßig drei Piken unterhalb des Thermoklinen-Horizontes, mit etwa dreimonatigem Abstand (Mai, August, November). Unterhalb der Haloklinen der Gotlandsee wird ein weiterer Aspekt interessant. Hier steigt die Abundanz im Laufe des Jahres auf höchste Werte im November. Dies mag ein Zeichen für die unterschiedliche Nutzung organischen Materials in der Vertikalen zu sein, mit größtem Nutzen in der spätherbstlichen, untersten Wasserschicht, der allerdings nur von kurzer Dauer ist.

Tab. 7

Langzeit- und Jahresmittelwert der Mesozooplankton - Abundanz in den hydrographisch unterschiedlichen Tiefenhorizonten der zentralen Arkonasee (Station 113) und der östlichen Gotlandsee (Station 271)

Table 7

Long-term and annual average abundance of Mesozooplankton within the typical hydrographical strata of the central Arkona Sea (station 113) and eastern Gotland Sea (station 271)

TF113		Oberfläche bis Thermo-/ Halokline	Thermo-/ Halokline bis Boden		
1979 - 2002	Mittelwert	29 792	17 504		
	Stabw	26 259	24 693		
	Min	544	484		
	Max	156 695	212 100		
	N	136	122		
2001	Mittelwert	31720	13 171		
	Stabw	21191	7 154		
	Min	5381	3 680		
	Max	60800	24 267		
	N	8	6		
2002	Mittelwert	40 772	16 376		
	Stabw	47 184	31 897		
	Min	2 843	1 323		
	Max	124 554	94 971		
	N	8	8		

TF271		Oberfläche bis Thermokline	Thermokline bis Halokline	Halokline bis suboxische Verhältnisse	Suboxische verhältnisse bis Boden
1979 - 2002	Mittelwert	30 976	10 842	3 758	814
	Stabw	44 154	9 842	4 140	1 225
	Min	639	206	11	7
	Max	301 844	50 272	24 000	7 064
	N	158	103	126	56
2001	Mittelwert	38 314	20 766	1 526	288
	Stabw	41 120	16 622	1 142	288
	Min	2 847	6 421	502	89
	Max	116 600	39 936	3 477	658
	N	7	4	7	6
2002	Mittelwert	46 360	9 342	2 176	
	Stabw	61 115	3 662	2 060	
	Min	2 611	6 752	601	
	Max	145 778	11 934	5 230	
	N	5	2 (nur Mai, Juli)	5	

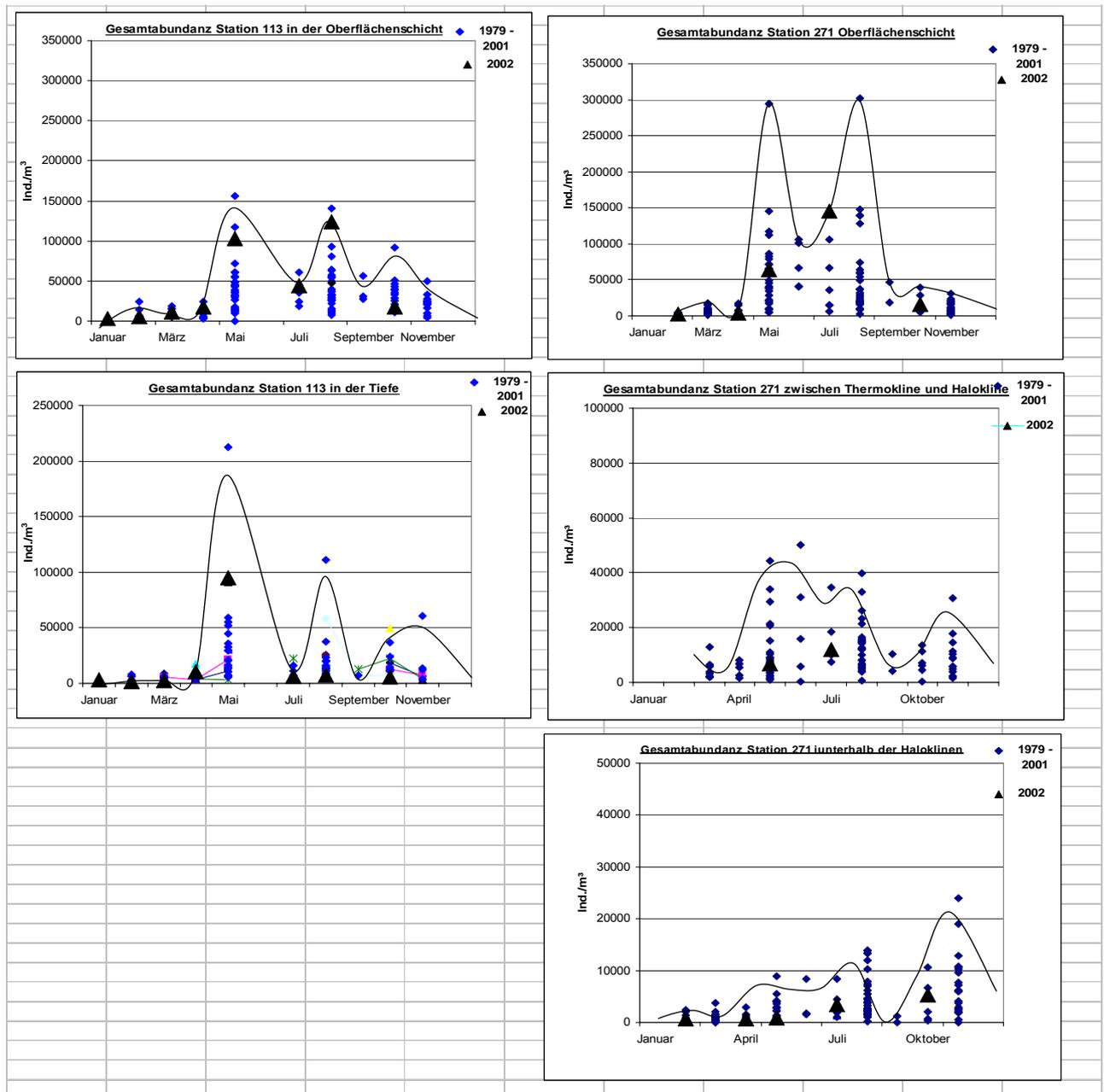


Abb. 22

Jahreszeitliche Schwankungsbreite der Abundanz des Mesozooplanktons oberhalb der Temperatursprungschicht, in der mittleren Wasserschicht bis zur Halokline und darunter auf der Grundlage aller Daten, die zwischen 1979 und 2002 in der zentralen Arkonasee (Station 113) und in der östlichen Gotlandsee (Station 271) gewonnen wurden. Die Werte von 2002 sind hervorgehoben worden, die Kurven verbinden die monatlichen Maxima.

Fig. 22

Seasonal abundance range of mesozooplankton in the layers above the thermocline, in the intermediate layer and below the halocline in the central Arkona Sea (station 113) and the eastern Gotland Sea (station 271) on the basis of data obtained between 1979 and 2002. Data of 2002 are especially indicated, curves connect monthly maxima.

Die maximale Abundanz der aus 7 Arten bestehenden Calanoida ergaben in der Summe aller Arten und Entwicklungsstadien eine relative Menge, die mit den Rotatoria vergleichbar war (je 21 %). Die cyclopoiden Copepoda, bestehend aus der marinen Art *Oithona similis* und der limnogenen Gattung *Cyclops*, rangierten bezüglich der mittleren Abundanz um den Faktor 3,5 hinter den Calanoida und machten 6% aller betrachteter Kategorien aus. Die dritte Gruppe der Kleinkrebse, die Harpacticoida sind infolge ihrer hyperbenthischen Lebensweise kaum erwähnenswert (0,05%). Auch die Tintinnida und der Turbellar *Alaurina composita* blieben unter 1%. Prozentual entspricht die mittlere Abundanz aller meroplanktischen Larven (4%) der der Cyclopoida (6%) und der Appendicularia (4%). Innerhalb dieser Gruppe haben die Muscheln mit 43% den größten Anteil, gefolgt von den Seepocken (31%), Schnecken (13%), Polychaeta (10%) und den Cyphonautis – Larven der Bryozoa (3%).

Gemessen an der Summe der fünfjährigen Mittelwerte (1991–1995) für die maximale Abundanz der wichtigsten Taxa (100%) zeigte sich eine Erholung des Bestandes an Mesozooplankton. Über das Jahr 2000 (54 %) war im Folgejahr ein Rückgang auf 41 % zu verzeichnen, währenddessen dieser Wert im Jahr 2002 wieder auf 89 % stieg. Tabelle 8 zeigt ferner die Veränderungen für die einzelnen taxonomischen Gruppen. Demzufolge schwankt die Summe der maximalen Mesozooplankton–Abundanz zwischen den Jahren um das 3-fache bei Copepoden und Polychaeten–Larven) bis um das 9-fache bei Cladoceren .

Tab. 8

Maximale Abundanz der fünf holo- und drei meroplanktischen Gruppen in allen, im Jahre 2002 gewonnenen Proben (siehe Tab. 2), im Vergleich mit der Rangordnung aus den Jahren 1991 - 95 und den Ergebnissen von 2000 und 2001 (Maxima innerhalb der Taxa dick gedruckt). Die unterste Zeile erlaubt den prozentualen Vergleich der Summe aller Werte für 2000, 2001 bzw. 2002 mit derjenigen des Vergleichszeitraumes von 1991–95.

Table 8

Maximum abundances of five holo- and three meroplanktic groups of all samples collected during 2002 (cf. Table 2), compared with the situation of the first decade of the nineties and with the results of 2000 and 2001 (maxima within the taxa in bold letters). The lower panel allows the relative comparison between the sum of all abundances per year with the reference period of 1991-95.

Taxa	Maximale Abundanz (Ind. /m ³)			
	1991 - 1995	2000	2001	2002
Rotatorien	500 000	350 000	135 000	124 000
Cladoceren	245 000	60 000	130 000	564 600
Calanoide Copepoden	68 000	20 000	26 000	32 300
Cyclopoide Copepoden	14 000	8 000	9 500	4 700
Appendikularien	8 000	3 500	12 000	13 800
Polychaeten-Larven	5 000	3 000	2 000	3 900
Bivalvia-Larven	4 000	9 000	28 000	12 100
Gastropoden-Larven	500	800	1 300	2 200
Summe	100 %	54 %	41 %	89%

Die höchste Abundanz im Vergleichszeitraum erreichten 2002 die Cladoceren, sowohl innerhalb ihrer Gruppe, als auch insgesamt. Innerhalb der Kategorien erzielten die Appendikularien und auch die Gastropoden-Larven die jeweiligen Maxima im Jahre 2002. Deutlich gegenläufig zu dem Anstieg in der Cladoceren-Abundanz verlief der Trend für Rotatorien, obwohl dies nur ein scheinbarer Ausgleich ist. Beide Gruppen unterliegen zwar dem gleichen Reproduktionsmodus, der eine massenhafte Nachkommenschaft in kurzer Zeit ermöglicht, doch treten sie in unterschiedlichen Jahreszeiten und auch Wasserschichten auf, die Rotatorien im Mai, besonders nach milden Wintern, im Sprungschichtbereich und die Cladoceren in der sommerlichen Deckschicht, speziell in warmen Jahren.

Während über den Vergleichszeitraum für die Summe der maximalen Abundanz einzelner taxonomischer Gruppen Schwankungen um mehr als die Hälfte vorkommen (100 gegen 41 % in Tab. 8, unten), variiert sie im Fall aller adulten calanoiden Copepoden um nur 20%. Zwischen den Jahren 2001 und 2002 kam es zu einem Zuwachs um gerade diesen Betrag. Innerhalb der Kategorien kommt es allerdings zu größeren Veränderungen. Bemerkenswert war der fast sechsfache Rückgang von *Acartia tonsa*, einer küstennahen, für das zweite Halbjahr typische Art, zwischen 1995 und 2000 – 2001, von 11 000 auf 2000 Ind./m³ (siehe Tab. 9). Dagegen hatte *Temora longicornis* im Jahr 2000 mit 12 000 Ind./m³ ausgleichend gewirkt. Ihren Platz nimmt seit 2001 *Acartia bifilosa* ein, die mit Ausnahme der Kieler Bucht ebenfalls im gesamten Untersuchungsgebiet vorkommt. Ein Ausgleich mit regional und zeitlich differenziert vorkommenden Arten ist, wie im Fall der Rotatorien / Cladoceren schon erklärt, kein echter Ersatz.

Tab. 9

Maximale Abundanz der sieben calanoiden Copepoden-Gattungen bzw. -Arten aus allen im Jahre 2002 gewonnenen Proben (vgl. Tab. 2), im Vergleich mit den Situationen aus den Jahren 1995, 2000 und 2001.

Table 9

Maximum abundances of calanoid copepods of all samples collected during 2002 (cf. Tab. 2), compared with the situation in 1995, 2000 and 2001.

Calanoide Copepoden	Maximale Abundanz (Ind. / m ³)			
	1995	2000	2001	2002
<i>Acartia tonsa</i>	11 000	2 000	2 000	3 400
<i>Acartia bifilosa</i>	6 500	4 100	9 100	10 900
<i>Acartia longiremis</i>	5 000	5 500	4 000	3 500
<i>Temora longicornis</i>	4 000	12 000	4 500	9 300
<i>Centropages hamatus</i>	1 500	3 000	1 600	2 000
<i>Pseudocalanus</i> spp.	1 000	3 600	3 300	1 200
<i>Eurytemora affinis</i>	100	200	1 400	1 300
Summe	29 100	30 400	25 900	31 600

Im Jahre 2002 wurde die Rangliste der *Calanoida* von *Acartia bifilosa* und *Temora longicornis* angeführt, gefolgt von *Acartia longiremis* und *Centropages hamatus*. *Pseudocalaus* spp. und *Eurytemora affinis* spielten im Vergleich zu *A. bifilosa* nur eine untergeordnete Rolle.

Im quantitativen Verhältnis der mittleren Abundanzen von Entwicklungsstadien sowie adulten Weibchen und Männchen calanoider Copepoden zueinander, zeigte sich die Reduktion des Anteils von den Nauplien (4718 Ind./m³) zu den älteren Copepoditstadien (C1-C3: 3463 Ind./m³, C4-C5: 2058 Ind./m³), von 34 über 25 zu 15 %. Die Adulti beider Geschlechter addiert, folgen jedoch nicht diesem Trend, vermutlich als Ergebnis zweier Generationen pro Jahr, die unterschiedlichen Reproduktionsbedingungen und/oder Fraßdrücken ausgesetzt waren (Weibchen: 1889 Ind./m³ = 14%, Männchen 1591 Ind./m³ = 12%).

4.2.2 Artenspektrum

Das Zooplankton des Probenmaterials von 2002 bestand aus 30 Taxa, wobei 18 bis zur Art, 6 bis zur Gattung und die übrigen bis auf ein höheres taxonomisches Niveau bestimmt wurden. 12 Taxa (inklusive der zu den Protozoen gehörenden Tintinnida) wurden ganzjährig registriert, 6 auf 4 Terminfahrten. Die geringe Präsenz einiger Taxa betraf vornehmlich die erste Jahreshälfte (Tab. 10). Demzufolge war auch die Anzahl der taxonomischen Gruppen im August (26% der Anzahl des gesamten Jahres) und Oktober (21 %) höher als auf den Februar-, März- und Mai – Terminfahrten (18, 17 bzw. 18 %).

Regional sind die meisten Arten im Übergangsbereich zwischen westlicher Ostsee, mit Darßer Schwelle (23 Taxa als Maximum), Mecklenburger Bucht (21 Taxa), Kadet-Rinne (19) und Arkonasee (21) angesiedelt, in der eigentlichen Ostsee sinkt die Zahl auf 17 und 16, in der Pommerschen Bucht auf 14 Taxa. Unerwartet fiel das Ergebnis in der Kieler Bucht aus, wo nur das für den Bereich östlich von Bornholm typische Niveau erreicht wurde. Hier wurden Brackwasserorganismen ebenso wenig angetroffen, wie einige „marine Gäste“. Nur *Centropages hamatus* und *Temora longicornis* waren sowohl ganzjährig als auch allen Stationen des gesamten Untersuchungsgebietes nachzuweisen.

Tab. 10

Präsenz (%) der Taxa auf den Monitoring–Stationen (7.Abschnitt) und Anzahl der Taxa pro Station (unterste Zeile) im Jahre 2002. x = Taxa anwesend, die übrigen Symbole kennzeichnen die Termine und Stationen mit der maximalen Abundanz (Ind./m³) der Weibchen (●) bzw. der Männchen (▼) oder beider Geschlechter von Copepoda (●▼) sowie von Taxa ohne Geschlechts-Differenzierung (⊗). Die maximalen Abundanzen und dazugehörigen Tiefenstufen sind in den Abschnitten 8 und 9 enthalten, entweder für Copepoden-Weibchen und geschlechtsunspezifische („andere“) Taxa (Abschnitt 8) oder für Copepoden Männchen (Abschnitt 9).

Table 10

Presence (%) of taxa, detected at monitoring stations (section 7) and number of taxa per station (lowest panel), x means taxa present, other symbols stand for maximum occurrence which are placed in section 8 and 9 for females of copepods (●) and others (⊗) and copepod male (▼) together with the accompanied depth level.

Arten bzw. Gattungen marinen Ursprungs sind an episodische Salzwassereinträge über die dänischen Meerengen gebunden. Sie dienen gleichzeitig als Indikatoren dafür. Das betraf *Calanus*

finmarchicus (Februar, 50–83m, Stat. 213) und die Anthomeduse *Euphysa aurata* (Oktober, 35–43 m, Stat. 113), zusammen mit *Noctiluca scintillans*. Letztere Art fand sich auch im November auf der Station 271 zwischen 0 und 40 m Tiefe. Schließlich gehören noch die Chaetognathen der Gattung *Sagitta* in diese Gruppe, die sowohl im Februar in der Kieler Bucht und im Bornholmief auftraten, maximal jedoch im Oktober im Bereich der Darßer Schwelle (46 Ind./m³, Stat. 046, 0-20 m). Über das zeitliche und räumliche Auftreten der einzelnen Taxa gibt Tabelle 10 Auskunft. Position und Zeit für die maximale Abundanz sind ebenso verzeichnet wie die Abundanz selbst und die dazugehörige Tiefenstufe.

Gegenüber dem Vorjahr sind im Frühjahr und vor allem im Herbst hinsichtlich der Artenzusammensetzung einige Veränderungen zu verzeichnen, die durch Salzwassereinstrom bedingt sind:

- *Noctiluca scintillans*, sehr selten in der Ostsee, trat im Oktober im Tiefenwasser der Arkonasee und sogar östlich von Gotland auf.
- Im Oktober wurden gemeinsam mit *N. scintillans* 10 Anthomedusen, *Euphysa aurata*, pro Kubikmeter in der Arkonasse gefunden.
- *Sagitta* spp., war in der Bornholmsee auf der Februar- und Oktober-Terminfahrt anzutreffen, dort im Oktober mit 46 Ind./m³ sogar in oberflächennahen Zonen. In der Kieler Bucht (Februar-Terminfahrt) war die Gattung auch letztes Jahr im Februar zu finden, wo sie gleichfalls noch in der Kadetrinne vorkam.
- *Paracalanus parvus*, eine marine calanoide Copepodenart, die nach dem 93er Salzwassereinbruch ebenfalls verzeichnet wurde, trat vornehmlich in der Kieler Bucht und im August / Oktober weiter bis zur Kadetrinne auf.
- Für Überraschung sorgten im Februar wenige Exemplare von *Calanus finmarchicus* in der Bornholmsee, zwischen Halo- und Thermocline.
- Die aus der Nordsee stammende Turbellarienart *Alaurina composita* wuchs im Vergleich zum Vorjahr von maximal 40 auf fast 5000 Ind./m³ (August, Kadetrinne).
- *Limnocalanus macrurus* war 2002 im Gegensatz zum vorherigen Jahr kein „Gast“ in der zentralen Gotlandsee.

Der Eintrag von Arten aus dem Kattegatt in die Arkona- und Bornholmsee, ohne dass sie in der Kieler Bucht oder/und der Mecklenburger Bucht zu verzeichnen waren, spricht im Oktober für Einstromereignisse über den Sund.

Bemerkenswert ist 2002 die im Vergleich zum Vorjahr und zum mehrjährigen Mittel (1991 – 1995) wieder rückläufige Tendenz in der Abundanz der für die Besiedlung des Benthals wichtigen meroplanktischen Larven. Die Abundanz der Muschellarven halbierte sich. Das wurde auch nicht durch das starke Anwachsen der *Balanus*-Larven ausgeglichen, denn auch die Summe aller nahm um 50% ab. Die 2002 ganzjährig präsenten Gastropoden-Larven fehlten im März und im Mai vollständig, obwohl sie mit 2200 Ind./m³ die höchste Abundanz im Vergleichszeitraum der Tabelle 8 erzielten.

Die maximale Abundanz der Rotatorien-Gattung *Synchaeta* erreichte im Jahre 2002 die gleiche Höhe wie im Vorjahr wieder im Mai, jedoch nicht wie 2001 in die östliche Gotlandsee, sondern im Bereich der Darßer Schwelle, unterhalb der (oder in die?) Sprungschicht. *Bosmina* spp. verfünffachte sich im Sommer 2002 gegenüber 2001, jedoch an gleicher Stelle, in der oberflächennahen Schicht östlich von Bornholm.

Tabelle 10 enthält noch einen weiteren Aspekt. Von 8 im Jahr 2002 vorkommenden Calanoida (ohne *C. finmarchicus*) kommen 5 Maxima von beiden Geschlechtern an gleicher Station und Tiefe vor. Das betrifft die Gruppe mit den höheren (maximalen) Abundanzen. Die Arten mit relativ geringen Abundanzen haben kein gemeinsames Maximum. *Paracalanus parvus* hält dies zwar an der Station 360, jedoch zu zwei verschiedenen Terminfahrten in der zweiten Jahreshälfte. Die Maxima beider *Pseudocalanus* spp. Geschlechter liegen mit Kieler und Mecklenburger Bucht nicht weit auseinander, treten jedoch zeitlich getrennt, im Februar und im Mai auf. Den größten raumzeitlichen Unterschied weisen die Maxima von *Acartia longiremis* -Männchen (Mai, TF0012) bzw. -Weibchen (August, Stat. 213) auf. Ob diese Unterschiede durch die hier unter einigen 100 Ind./m³ liegende Abundanz künstlich erzeugt wird, oder der raumzeitliche Unterschied die kleineren Abundanzen verursacht, müsste untersucht werden.

4.3 Makrozoobenthos

Im Oktober 2002 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 ein Videoschlitten eingesetzt, um v.a. epibenthische Arten nachzuweisen sowie die Sediment- und Habitateigenschaften zu charakterisieren. Mit 56 war die Artenzahl im Vergleich zu den Vorjahren deutlich geringer (vgl. WASMUND et al., 1998 a, 1999, 2001) (Tab. 11, Abb. 24). Insbesondere die Stationen 010 (Fehmarnbelt) und 012 (Mecklenburger Bucht) zeigten dramatischen Rückgänge in der Besiedlung.

Seit 1991 konnte in der Zusammenfassung aller 6 Stationen eine stetige Zunahme der Artenzahl bis 2001 beobachtet werden (Abb. 24). Im letzten Jahr (2002) kam es zu einem Zusammenbruch des Makrozoobenthos an den westlichen Stationen (Stat. 010 und 012). Die ansonsten durch besonders diverse Besiedlung gekennzeichneten Areale waren durch Sauerstoffmangel betroffen. Insgesamt wurden bisher 143 Taxa nachgewiesen. Jedoch tauchen davon 30-40% nur gelegentlich auf.

Die Entwicklung der Artenzahl spiegelte sich auch bei der Betrachtung der Einzelstationen wider. In der Bornholmsee (Stat. 213) ist der drastische Artenverlust auf temporäre bzw. dauerhafte Anoxie zurückzuführen. Hier wurde seit mehreren Jahren keine Organismen mehr gefunden (Abb. 25). Bis auf die beiden westlichen Stationen (Stat. 010 und 012) lagen die beobachteten Werte im erwarteten Bereich. Es wurde nur eine unwesentliche Abnahme in der Artenzahl im Vergleich zu 2001 (siehe WASMUND et al., 2002) festgestellt.

Tab. 11

Verbreitung des Makrozoobenthos an den 6 Stationen im Oktober 2002 (Fortsetzung Seite 67)

Table 11

Distribution of macrozoobenthos at 6 stations in October 2002 (continued on page 67)

Taxa	010	012	030	109	152	213
CNIDARIA						
<i>Actinia equina</i>		X				
<i>Laomedea gelatinosa</i>			X		X	
PRIAPULIDA						
<i>Halicryptus spinulosus</i>		X	X	X	X	
<i>Priapulus caudatus</i>				X		
NEMATHELMINTHES						
<i>Lineus ruber</i>			X			
Nemertini			X			
<i>Prostoma obscura</i>			X			
MOLLUSCA						
<i>Acanthodoris pilosa</i>			X			
<i>Arctica islandica</i>	X	X		X		
<i>Astarte borealis</i>			X			
<i>Corbula gibba</i>	X	X				
<i>Hydrobia ulvae</i>			X			
<i>Macoma balthica</i>			X	X	X	
<i>Mya arenaria</i>			X		X	
<i>Mytilus edulis</i>			X	X	X	
<i>Parvicardium ovale</i>	X					
ANNELIDA						
<i>Nais elinguis</i>			X		X	
<i>Tubifex costatus</i>			X			
<i>Tubificoides benedeni</i>			X		X	
<i>Ampharete acutifrons</i>				X		
<i>Ampharete baltica</i>			X			
<i>Arenicola marina</i>			X			
<i>Aricidea suecica</i>			X			
<i>Bylgides sarsi</i>			X	X	X	
<i>Capitella capitata</i>			X			
<i>Eteone longa</i>			X			
<i>Harmothoe imbricata</i>			X			
<i>Harmothoe impar</i>			X			
<i>Hediste diversicolor</i>			X			
<i>Heteromastus filiformis</i>		X		X		
<i>Lagis koreni</i>			X	X		

<i>Nephtys hombergii</i>	X			X			
<i>Phyllodoce mucosa</i>			X				
<i>Polydora quadrilobata</i>			X	X			
<i>Pygospio elegans</i>			X		X		
<i>Scoloplos armiger</i>			X	X			
<i>Spio goniocephala</i>			X				
<i>Travisia forbesi</i>			X				
CRUSTACEA							
<i>Balanus crenatus</i>			X				
<i>Crangon crangon</i>			X		X		
<i>Diastylis rathkei</i>	X	X	X	X	X		
<i>Gammarus oceanicus</i>			X		X		
<i>Gammarus salinus</i>			X		X		
<i>Gammarus zaddachi</i>			X		X		
<i>Jaera albifrons</i>			X		X		
<i>Monoporeia affinis</i>					X		
<i>Neomysis integer</i>				X	X		
<i>Palaemon elegans</i>			X				
<i>Pontoporeia femorata</i>				X			
<i>Saduria entomon</i>					X		
BRYOZOA							
<i>Alcyonidium polyoum</i>			X		X		
<i>Electra crustulenta</i>		X	X	X	X		
<i>Eucratea loricata</i>	X						
<i>Valkeria uva</i>	X						
ECHINODERMATA							
<i>Asterias rubens</i>			X				
TUNICATA							
<i>Dendrodoa grossularia</i>	X						
Summe 56 Taxa	8	7	41	16	20	0	
Abundanz (Ind./m²)	230	81	3357	596	1449	0	
Biomasse (g AFTG/m²)	64,0	8,5	18,5	0,9	12,9	0,0	

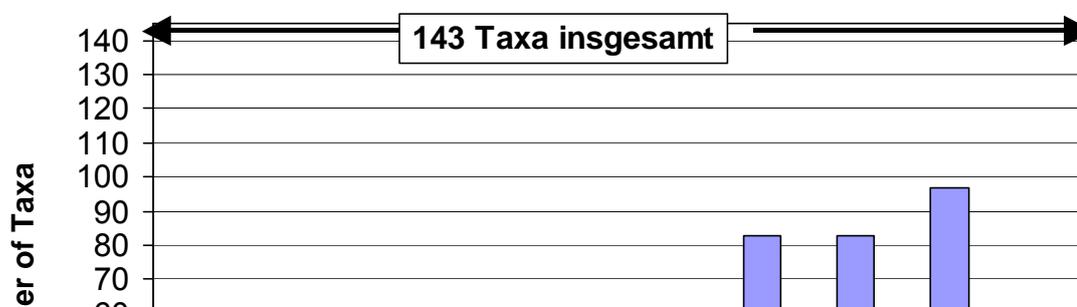


Abb. 24

Gesamtartenzahl der vorgefundenen Taxa an den Stationen 010, 012, 030, 109, 152 und 213 von 1991 bis 2002 (1996 und 1999 keine Daten)

Fig. 24

Number of observed taxa at station 010, 012, 030, 109, 152 and 213 from 1991 to 2002 (1996 and 1999 no data)

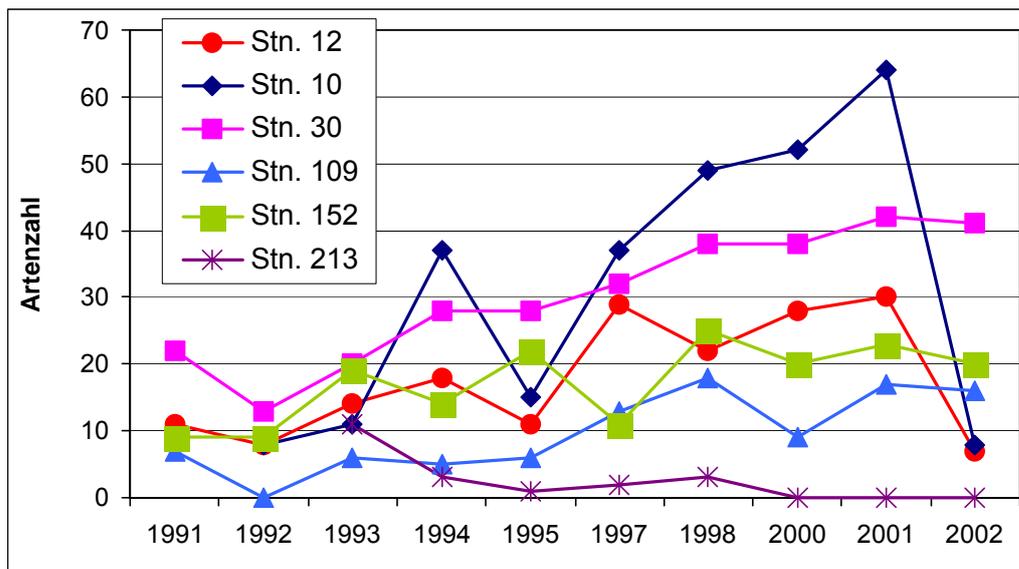


Abb. 25

Entwicklung der Artenzahlen an den einzelnen Stationen von 1991 bis 2002

Fig. 25

Development of the number of taxa at the different stations from 1991 to 2002

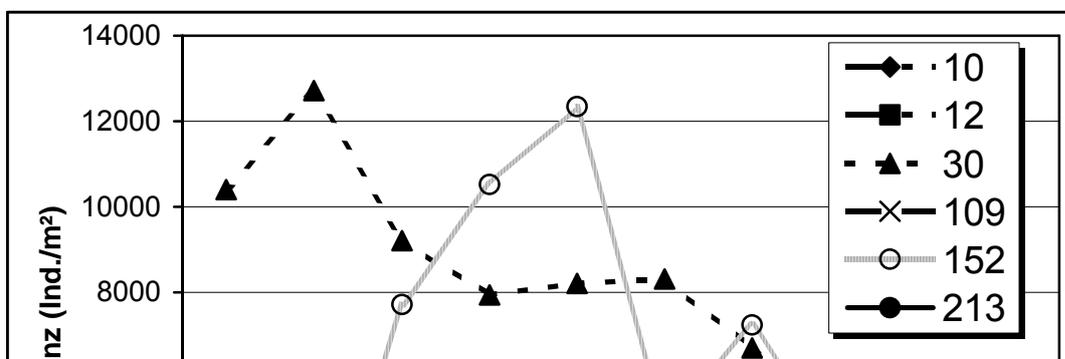


Abb. 26

Entwicklung der Makrozoobenthos-Gesamtabundanz (Ind./m²) an den Monitoringstationen von 1991 bis 2002 (1996 und 1999 keine Daten)

Fig. 26

Development of abundance of macrozoobenthos (ind./m²) at monitoring stations from 1991 to 2002 (1996 and 1999 no data)

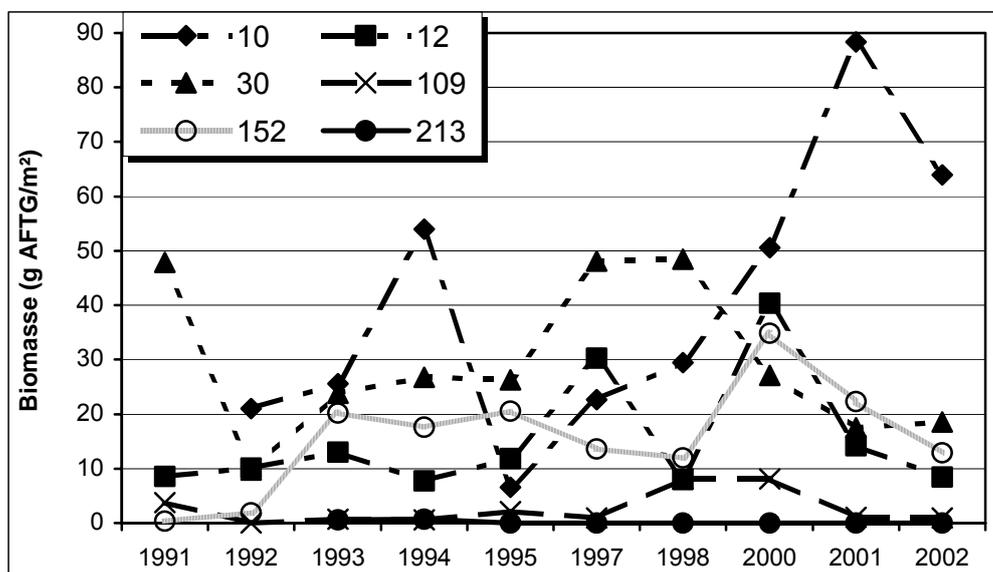


Abb. 27

Entwicklung der Makrozoobenthos-Gesamtbiomasse (AFTG in g/m²) an den Monitoringstationen von 1991 bis 2002 (1996 und 1999 keine Daten)

Fig. 27

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

Im weiteren wird auf die Stat. 213 (Bornholmsee) nicht mehr eingegangen, da 2002 kein Nachweis von Makrofauna gelang. Wie im Jahre 2001 wurde an allen Stationen eine Abnahme der Gesamtabundanz festgestellt (Abb. 26). Damit setzte sich ein Trend fort, der seit Mitte der 1990er Jahre beobachtet werden kann. Bei der Biomasse ist dieser Trend nicht vorhanden. Jedoch schwankt diese deutlich in Abhängigkeit vom Auftreten und Häufigkeit großer Muschelarten (z.B. *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Arctica islandica*) (Abb. 27). Im allgemeinen war die Biomasse 2002 im Vergleich mit dem Vorjahr gleich oder nahm leicht ab. Nur an den Stat. 010 (Fehmarnbelt) und 012 (Mecklenburger Bucht) wurde, verursacht durch ein teilweises Absterben der Islandmuscheln (*Arctica islandica*), ein Biomasseabfall registriert.

Da sich die Situation an der Station 012 (Mecklenburger Bucht) aus Sicht des Makrozoobenthos im Oktober 2002 besonders dramatisch darstellte, soll im Folgenden darauf näher eingegangen werden. Auf Grund des seit fast 20 Jahren durchgeführten Monitorings an dieser Station liegen eine Reihe von Langzeitdaten vor, die aussagekräftig für die Entwicklung des Makrozoobenthos im Tiefenbereich (>20 m) der Mecklenburger Bucht sind. Im Laufe der letzten 20 Jahre sind mehrfach Sauerstoffmangelsituationen aufgetreten, die zum Teil erhebliche Auswirkungen auf das Benthos ausübten (Abb. 28). Gekennzeichnet sind solche Ereignisse insbesondere durch niedrige Abundanzen (die abundanten aber sauerstoffsensitiven Annelida und Crustacea fallen aus), hohe Biomassen (die zum Teil recht resistenten Muscheln, hauptsächlich *Arctica islandica*, überleben), die Artenzahl sinkt drastisch (nur wenige resistente Arten überleben, z.B. *A. islandica*, *Halicryptus spinulosus*) und die Dominanz der Mollusca (siehe *A. islandica*) steigt an. Natürlich hängt die Reaktion des Benthos auch von der Dauer solcher Sauerstoffdepressionen ab. Kurzfristige Ereignisse werden überstanden oder relativ schnell kompensiert (z.B. 1992, 1995, 1999). Länger anhaltende Depressionen (z.B. 1986 und 2002) bewirken einen drastischen Zusammenbruch der Populationen bis hin zum völligen Verschwinden wie z.B. in der Bornholmsee an der Stat. 213. Im Jahre 2002 verursachte der seit Sommer andauernde Sauerstoffmangel, ausgehend von der Kieler Bucht, eine dramatische Defaunation, die bis zur Mitte der Mecklenburger Bucht reichte. Wir haben im Oktober 0,71 ml/l Sauerstoff im bodennahen Wasser gemessen. Auf dem Unterwasservideo waren insbesondere die zahlreich an der Sedimentoberfläche liegenden, abgestorbenen Islandmuscheln zu sehen. Obwohl *A. islandica* relativ resistent gegenüber solchen Ereignissen ist, werden langanhaltende Sauerstoffmangelsituationen ebenfalls nicht überstanden. Dennoch gehörte diese Art zu den wenigen „Überlebenden“ dieser Katastrophe.

Von den angetroffenen Taxa sollen im folgenden noch einige hervorgehoben werden, da sie entweder durch ihr Auftreten an sich, durch ihre Häufigkeit oder durch ihre Tendenz in den letzten Jahren bestimmte Entwicklungen indizieren.

Der Fehmarnbelt spielt auf Grund seiner Position im Übergang zur Kieler Bucht als „Botschafter“ kurzfristiger Veränderungen eine besondere Rolle. Konnten in den vergangenen Jahre regelmäßig für den Bereich der südlichen Beltsee recht seltene und viele Arten beobachtet werden, so kam es 2002 zu einem dramatischen Absterbeprozess. An den weiter östlich gelegenen Stationen (ab Darßer Schwelle) wurden keine Absterbeprozesse beobachtet. Die Artenzahlen waren mit den Vorjahren vergleichbar. Die Abundanzen und Biomassen entwickelten sich differenziert (siehe oben).

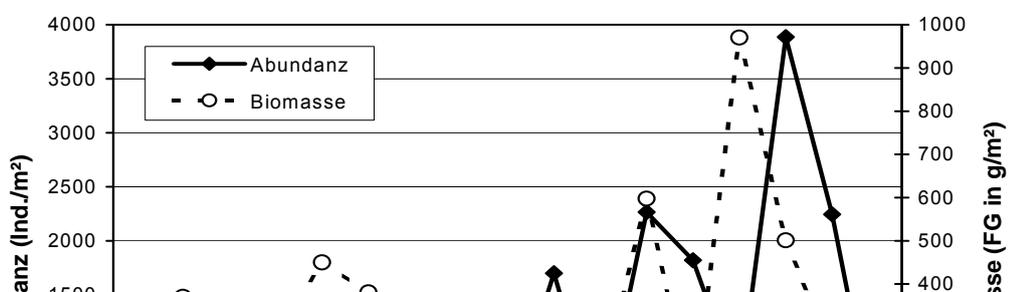


Abb. 28

Entwicklung des Makrozoobenthos an der Stat. 012 (Mecklenburger Bucht) von 1983 bis 2003. (oben=Abundanz und Biomasse, Mitte=Artenzahl und Diversitätsindex, unten= Dominanz bezogen auf die Gesamtabundanz)

Fig. 28

Development of macrozoobenthos at Stat. 012 (Mecklenburg Bight) from 1983 to 2003. (top=abundance and biomass, middle=number of species and diversity index, down=dominance relat

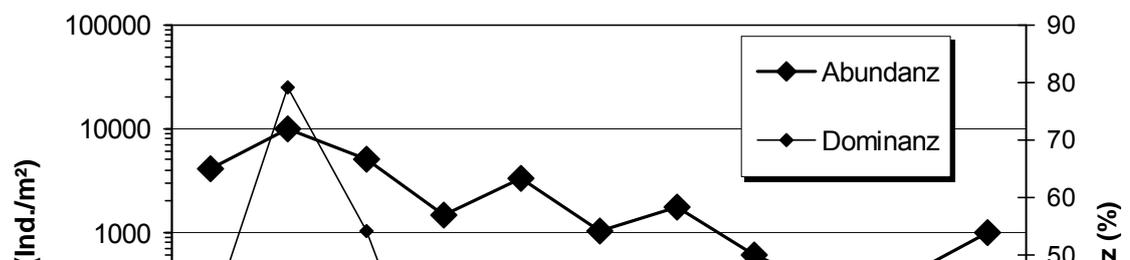


Abb. 29

Abundanz und Dominanz (bezogen auf die Gesamtabundanz) von *Hydrobia ulvae* an der Station 030 von 1991 bis 2002

Fig. 29

Abundance and dominance (related to the whole abundance) of *Hydrobia ulvae* at Stat. 030 from 1991 to 2002

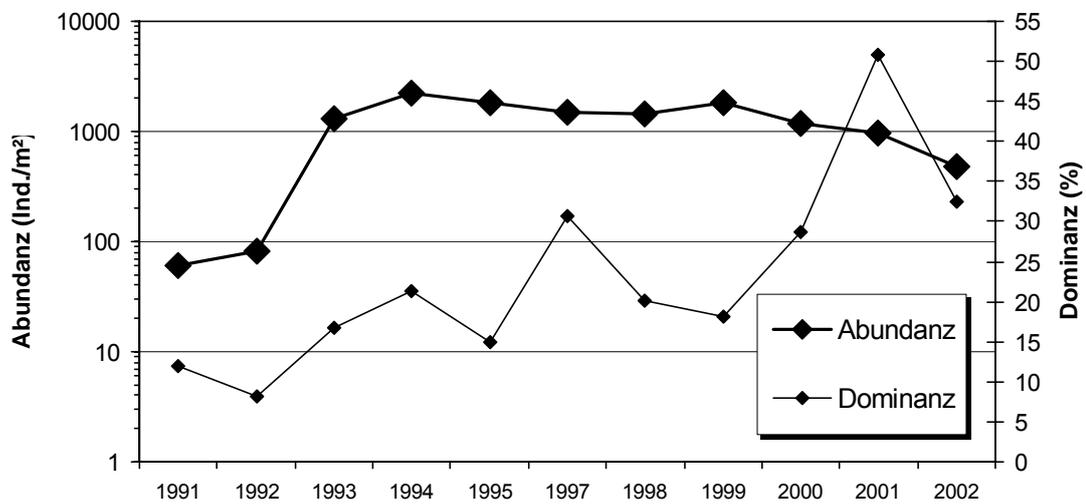


Abb. 30

Abundanz und Dominanz (bezogen auf die Gesamtabundanz) von *Macoma balthica* an der Station 152 von 1991 bis 2002

Fig. 30

Abundance and dominance (related to the whole abundance) of *Macoma balthica* at stat. 152 from 1991 to 2002

An der Station 030 (Darßer Schwelle) zeigte z.B. *Hydrobia ulvae* einen zunehmenden Trend, nachdem bis 2000 die Abundanz regelmäßig sank (Abb. 29). 1992 wurden ca. 10000 Ind./m² an dieser Station festgestellt. In den darauf folgenden Jahren sank die Dichte auf unter 300 Ind./m² ab. 2002 wurden Werte von 1000 Ind./m² ermittelt.

An der Station 152 (südliche Arkonasee) hielt der negative Trend (seit 1999) in der Abundanz von *Macoma balthica* an (Abb. 30). Während der höchste Wert mit über 2200 Ind./m² 1994 beobachtet werden konnte, lag 2002 die Dichte bei 473 Ind./m². *Monoporeia affinis* (Amphipoda) konnte wie 2001 an der Stat. 152 (südliche Arkonasee) bestätigt werden, nachdem sie vorher über Jahrzehnte im Gebiet verschwunden war.

5 Diskussion

5.1 Phytoplankton-Tiefenproben

Da Phytoplankton nur in der euphotischen Zone wächst, die in der Ostsee im allgemeinen bis etwa 20 m Tiefe reichen dürfte, konzentrierten wir uns bislang nur auf die repräsentative Mischprobe aus 0-10 m Tiefe. Sporadische Proben aus größeren Tiefen waren schwer in standardmäßig genommene Reihen einzupassen und deshalb oft vernachlässigt. Aber selbst die lückenhafte Auswertung von Tiefenproben animierte zu interessanten Hypothesen.

Wie in Kapiteln 4.1.2.4 und 4.1.2.5 berichtet, fanden sich Anfang Februar in der Bornholmsee und der östlichen Gotlandsee in 50-60 m Tiefe große Massen von *Actinocyclus* sp. Die Art dürfte mit größer Wahrscheinlichkeit *Actinocyclus octonarius* sein. Sie scheint sich in der Gotlandsee auf der Salzgehaltssprungschicht (Halocline) angereichert zu haben, ist aber unterhalb der Halocline (70 m auf Station 259, 90 m auf Station 271 am 6./7.2.2002) kaum noch zu finden. In der Bornholmsee trat sie sowohl oberhalb (50 m) als auch unterhalb (60 m) der Halocline in Massen auf. *Actinocyclus octonarius* ist in diesen Gebieten eine typische Herbstalge. Sie war dementsprechend im Herbst 2001 stark in den Sinkstofffallen vertreten (Abb. 7a). Ein Teil der Population könnte bis zum Frühjahr auf der Halocline überdauern haben. Wenige Algen überdauern vielleicht sogar bis zum nächsten Herbst, um als Saatpopulation für die nächste Blüte zu dienen. Die Frage ist, warum diese Massen in der kurzen Zeit vom 2. bis 10.2.2002 wieder fast verschwunden sind. Eventuell ist diese Alge nur kurzzeitig mit dem Salzwassereinstrom vom 14.-26.1.2002 in das Bornholmbecken und Gotlandbecken getragen worden und ihr schnelles Verschwinden mit lateralem Weitertransport zu erklären sein. Allerdings fand der geringe Salzwassereinstrom am Grund und nicht auf der Salzsprungschicht statt und dürfte auch nicht diese Massen von *Actinocyclus* in westlicheren Seegebieten (wo die Art seltener ist) aufgenommen haben.

In jedem Falle müßten sich die Algen in den Sinkstofffallen wiederfinden. Die bereits analysierten Proben von den Sinkstofffallen von Februar 2002 zeigen tatsächlich hohe Zellzahlen von *Actinocyclus octonarius* (R. Hansen, pers. Mitteilung). Schon in den Vorjahren wurden frühe Sedimentationspeaks, u.a. von *Actinocyclus* (vgl. Abb. 7 a), gefunden. Im Falle eines zwischenzeitlichen Verweilens der Algen auf der Salzsprungschicht würden die Sinkstofffallen die Sedimentation aus der Oberflächenschicht nicht zeitnah widerspiegeln. Im Falle eines lateralen Transports würde die oft schon im Februar beobachtete starke Sedimentation gar nicht aus der

aktuellen Oberflächenproduktion dieses Gebietes, sondern aus allochthonen Einträgen stammen. Beide Fälle erschweren die räumlich-zeitliche Zuordnung der Sedimentationsdaten, da die Herkunft des Materials nur schwer zurückzufolgen ist.

Ein postulierter lateraler Eintrag in die Sinkstofffallen oder eine verzögerte Sedimentation alter Herbstalgen würde letztlich den Widerspruch zu den gewonnenen Oberflächenprobe lösen. Zumindest bis zum Jahre 2000 wurde in der östlichen Gotlandsee keine Frühjahrs-Kieselalgenblüte nachgewiesen. Das zeigte sich nicht nur in den möglicherweise zu selten genommenen Phytoplanktonproben, sondern auch in den zeitlich integrierenden Silikatverbrauchsdaten, die fast Null waren. Lediglich in den Jahren 2001 und 2002 kam es zu einem gewissen Silikatverbrauch, der für eine geringe Kieselalgenentwicklung in der östlichen Gotlandsee sprechen würde.

In den kommenden Jahren wird es interessant sein zu verfolgen, ob sich die typischen Frühjahrs-Kieselalgen in der Phytoplanktonblüte gegenüber den Dinoflagellaten und *Mesodinium rubrum* auch in der Gotlandsee wieder stärker durchsetzen können.

5.2 Makrozoobenthos

Durch langanhaltende Sauerstoffmangelsituationen kam es 2002 an den beiden westlichen Stationen (Fehmarnbelt und Mecklenburger Bucht) zu einem Absterbeprozess, den nur wenige Taxa überlebt haben. Diese Gebiete haben ansonsten mit die höchste Biodiversität im Untersuchungsareal (z.B. ZETTLER et al., 2000). Nur wenige Organismen können diesen Stress ertragen. Insbesondere die resistenteren Muscheln *Arctica islandica*, und *Corbula gibba* sowie der Priapulide *Halicryptus spinulosus* kamen mit der Situation einigermaßen zurecht. Jedoch haben auch diese Arten enorme Verluste erlitten, welche sich in der Abundanz bemerkbar machten. Die meisten sensitiven Arten aus den Gruppen Polychaeta, Crustacea und Echinodermata sind durch diese Ereignisse von den Stationen verschwunden. Die weiter östlich gelegenen Stationen (Darßer Schwelle, Arkonasee und südliche Arkonasee) zeigten keinen nennenswerten Veränderungen im Vergleich zum Vorjahr. Das Artenspektrum war vergleichbar. Die Abundanzen und Biomassen verhielten sich unterschiedlich. Es wurden sowohl Ab- als auch Zunahmen beobachtet. Die größte Biodiversität (41 Taxa) war an der Station 030 (Darßer Schwelle) zu beobachten, die sich durch hohe Salinitäten und regelmäßige Sauerstoffversorgung auszeichnet. An sensitiven bzw. seltenen Arten sind hervorzuheben: die Nacktschnecke *Acanthodoris pilosa*, die Muschel *Astarte borealis*, der Wattwurm *Arenicola marina*, der Zwiebelwurm *Travisia forbesi*, die *Gammarus*-Arten (*G. oceanicus*, *G. salinus*, *G. zaddachi*) und der 2002 sehr häufige (7 Ind./m²) Seestern *Asterias rubens*. Die Wattschnecke *H. ulvae* zeigt seit 2 Jahren wieder einen zunehmenden Trend, nachdem der Bestand in den Vorjahren um mehr als das 10fache zurück gegangen war. Möglicherweise spielen hierbei Nahrungsverfügbarkeiten von benthischen Diatomeen eine Rolle. In der Arkonasee (Stat. 109 und 152) sind insbesondere die Glazialrelikte *Saduria entomon*, *Monoporeia affinis* und *Pontoporeia femorata* zu nennen. Die Baltische Plattmuschel *Macoma balthica* konnte sich Anfang der 1990er Jahre an der Station 152 deutlich erholen. Die Zunahme war auf erfolgreiche Reproduktionsereignisse zurückzuführen. Seit 1999 nimmt die Abundanz jedoch wieder ab. Über die Ursachen hierfür kann nur spekuliert werden. Vermutlich spielt die natürliche Mortalität eine Rolle, denn bei der Biomasse ist gleichzeitig eine Zunahme zu beobachten. Das deutet auf ein Abwachsen der Kohorten hin. Im Bornholmbecken (Stat. 213) wurde wie in den Vorjahren kein

Makrozoobenthos festgestellt. Die tiefen Wasserschichten (90 m) sind sauerstofffrei und bieten keine Lebensbedingungen für Makroorganismen.

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, 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 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“, „Alexander v. Humboldt“ und „Professor Albrecht Penck“ 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 Dr. GUNNI ÆRTEBJERG (National Environmental Research Institute Roskilde) zur Verfügung gestellt wurden. Das vom Institut für Ostseeforschung durchgeführte biologische Monitoring wird finanziell getragen durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie.

6. 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.

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.

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.

HÄLLFORS, G., 2003: Checklist of Baltic Sea phytoplankton species. Unveröff. Manuskript.

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, 1991: Third biological intercalibration workshop. 27.-31. August 1990, Visby. - Baltic Sea Environmental Proceedings **38**, 1-153.

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.

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).

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., LECREN, E.D., 1958: The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. – Hydrobiologia, **11**, 143-170.

LUNG, 2002 a: Küstengewässer-Monitoring Mecklenburg-Vorpommern. – Küstengewässerbericht **1/2002** (Januar-Februar) und **2/2002** (März).

LUNG, 2002 b: Küstengewässer-Monitoring Mecklenburg-Vorpommern. – Sonderbericht zur Sauerstoffsituation September 2002.

MASKE, H., 1994: Long-term trends in seston and chlorophyll a in Kiel Bight, western Baltic. - *Continental Shelf Research*, **14**, 791-801.

NAUSCH, G., FEISTEL, R., LASS, H.U., NAGEL, K., SIEGEL, H., 2003: Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2002. - *Meereswiss. Ber.*, Warnemünde, **55**, 1-71.

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.

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.

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.

SIEGEL, H., OHDE, T., GERTH, M., NEUMANN, T., submitted: Investigations of coastal discharges and phytoplankton blooms in the Baltic Sea using SeaWiFS data. - *Deep Sea Research II*.

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

WILLÉN, T., 1995: Växtplankton i Östersjön 1979-1988. - *Naturvårdsverket Rapport*, **4288**, 1-22.

WRZOLEK, L., 1996: Phytoplankton in the Gdańsk Basin in 1979-1993. - *Oceanological Studies* **1-2**, 87-100.

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.