

Meereswissenschaftliche Berichte
MARINE SCIENCE REPORTS

No. 46

Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2000

von

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

Institut für Ostseeforschung
Warnemünde
2001

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	3
Summary	4
1. Einleitung	6
2. Material und Methoden	6
2.1 Beprobungs-Strategie	6
2.2 Phytoplankton	9
2.3 Algenpigmente	9
2.4 Mesozooplankton	9
2.4.1 Probenentnahme	9
2.4.2 Analyse	11
2.4.3 Methodische Probleme	11
2.5 Makrozoobenthos	13
2.6 Sedimentation	13
2.7 Fernerkundung	14
2.8 Qualitätssicherung	14
3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2000	15
4. Ergebnisse	16
4.1 Phytoplankton	16
4.1.1 Jahrgang von Artenzusammensetzung und Biomasse	16
4.1.1.1 Mecklenburger Bucht	17
4.1.1.2 Arkonasee	19
4.1.1.3 Pommersche Bucht	21
4.1.1.4 Bornholmsee	21
4.1.1.5 Gotlandsee	26
4.1.2 Sedimentation	32
4.1.3 Jahrgang der Chlorophyll a – Konzentration	37
4.1.4 Langzeittrend der Artenzusammensetzung	37
4.1.5 Langzeittrend der Chlorophyll a – Konzentration	48
4.2 Mesozooplankton	48
4.2.1 Artenzusammensetzung	48
4.2.2 Jahreszeitliche und räumliche Variabilität	52
4.2.2.1 Abundanz und Biomasse-Konzentration	52
4.2.2.2 Die jahreszeitliche Variabilität und die regionalen Unterschiede der häufigsten holo- und meroplanktischen Zooplanktongruppen	53
4.3 Makrozoobenthos	62
5. Diskussion	67
5.1 Rückgang der Eutrophierung	67
5.2 Veränderung der Artenzusammensetzung	68
5.3 Regionale Unterschiede	70
Danksagung	71
Literaturverzeichnis	71
Anlage: Zooplankton aus der Ostsee	

Zusammenfassung

Die Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos des Jahres 2000 von der westlichen Ostsee bis in die östliche Gotlandsee 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 1999 herangezogen.

Westliche Ostsee (hier: Mecklenburger Bucht) und südliche eigentliche Ostsee (hier: Arkonasee und Bornholmsee) waren bezüglich des Zeitpunktes des Frühjahrsblüte und der Artenzusammensetzung des Phytoplanktons zu den verschiedenen Jahreszeiten deutlich verschieden, wobei die Grenze nicht direkt an der Darßer Schwelle, sondern durch die westliche Arkonasee verlief: westliche Ostsee: Kieselalgenblüte (*Skeletonema costatum*) Ende März (also früher als in 1999), im Sommer *Gymnodinium* cf. *lohmannii*, eventuell auch *Dactyliosolen fragilissimus*, im Herbst *Ceratium tripos*; südliche eigentliche Ostsee: Kieselalgenblüte (*Skeletonema costatum*) Anfang April, im Sommer neben *Gymnodinium* cf. *lohmannii* auch Cyanobakterien, im Herbst *Coscinodiscus* spp. Die aus der Mecklenburger Bucht, Arkonasee und Bornholmsee bekannte Sukzession von Kieselalgen zu Dinoflagellaten während der Frühjahrsblüte wurde im Jahre 2000 nicht beobachtet. Die Arten der Herbstblüte entwickelten sich bereits im Sommer in größeren Wassertiefen (20 m) der Mecklenburger Bucht und der Arkonasee. Die im Jahre 1999 gefundenen neuen Arten der Herbstblüte in der Mecklenburger Bucht (*Gymnodinium* sp., *Pseudo-nitzschia pungens*) wurden dort im Jahre 2000 nicht mehr nachgewiesen.

In der östlichen Gotlandsee, in der bis 1998 die Frühjahrsblüte noch nicht im März, sondern erst im Mai gefunden wurde, begann eine Massenentwicklung des photoautotrophen Ciliaten *Mesodinium rubrum* bereits im März, während sich das Biomassemaximum von *Peridiniella catenata* wie gewohnt Mitte Mai anschloss. Offensichtlich füllt das bereits im Winter dominante *Mesodinium rubrum* seit zwei Jahren die zuvor in der östlichen Gotlandsee im zeitigen Frühjahr bestehende Phytoplanktonlücke aus, ohne *Peridiniella catenata* aus seinem Entwicklungsfenster im Mai zu verdrängen. *Peridiniella catenata* tritt in der westlichen Ostsee sogar schon im März auf, kann dort aber nie hohe Biomassen erreichen. Anfang August konnte *Mesodinium rubrum* in der östlichen Gotlandsee wieder Dominanz erlangen. Eine ausgeprägte Cyanobakterienblüte an der Wasseroberfläche war während der Juli/August-Terminfahrt nur in der nördlichen eigentlichen Ostsee bei Windstille zu beobachten. Satellitenaufnahmen zeigten jedoch, dass sich Cyanobakterienblüten bereits ab dem 24.6.2000 zwischen Nordgotland und dem schwedischen Festland zu entwickeln begannen und bis zum 30.7.2000 die gesamte Gotlandsee bedeckten. Bis zum 25.8.2000 konzentrierte sich die Blüte auf die nördliche und westliche Gotlandsee.

Der bei Betrachtung der Frühjahrsblüten seit 1989 in der südlichen eigentlichen Ostsee ermittelte Trend der Verdrängung der Kieselalgen durch Dinoflagellaten und dessen Fortschreiten von Ost nach West wurde im Jahre 2000 gebrochen.

Bei Nutzung aller HELCOM-Daten seit 1979 ergibt sich immer noch für die Arkonasee ein ansteigender Trend der Chlorophyll *a* Konzentrationen, während der seit langem beobachtete Abfall der Chlorophyll *a* Konzentrationen in der Mecklenburger Bucht bei Einbeziehung der 2000er Werte erstmals signifikant wird ($p = 0.05$).

Die Sedimentationsmuster in der Gotlandsee wurden 1999 durch hohe Einträge biogenen Materials in die Sedimente im späten Frühjahr und in der Spätsommerphase geprägt. Eine erste Auswertung

der bisherigen Datenreihen zeigt, dass die auf Diatomeen und Dinoflagellaten beruhenden Sedimentationsereignisse im Frühjahr und Herbst zeitlich und mengenmäßig eine sehr viel höhere interannuelle Variabilität aufweisen als diejenigen im Spätsommer, die eng mit dem Auftreten einer durch diazotrophe Cyanobakterien geprägten Gemeinschaft in Zusammenhang stehen. Besonders interessant ist dabei der quantitative Aspekt, da in dieser Spätsommerphase der höchste saisonale Eintrag an biogenem C, N, P und Si ein direktes Produkt der Stickstofffixierung ist, die damit einen erheblichen Steuerfaktor für die Biogeochemie der zentralen Ostsee darstellt.

Alle im Jahre 2000 vertretenen Taxa des Zooplanktons gehören mindestens seit Beginn der 90er Jahre zum Bestand. Der Einwanderer *Cercopages pengoi* aus dem ponto-kaspischen Bereich ist in den IOW-Proben noch nicht aufgetreten. Die Abnahme der Anzahl der taxonomischen Gruppen von der westlichen zur zentralen Ostsee von 17 auf 11 ist durch den fallenden Salzgehalt bedingt. 70 % der taxonomischen Kategorien sind ganzjährig anzutreffen. Im Vergleich zur ersten Hälfte der 90er Jahre ging das Abundanz-Maximum des Gesamt-Mesozooplanktons auf die Hälfte zurück. Das jahreszeitliche Abundanz-Maximum liegt im Mai, insbesondere wegen kleiner, nicht quantitativ erfasster Organismen, wie Rotatorien, Nauplien und Tintinniden. Wegen der Entwicklung größerer Organismen nimmt die Biomassekonzentration, mit Ausnahme der Rotatorien, im Jahresverlauf jedoch zu.

Die Artenzahl des Makrozoobenthos war mit 83 im Vergleich zur vorangegangenen Erhebung im Jahre 1998 gleich geblieben. Die Zahl der Taxa hatte jedoch westlich der Darßer Schwelle zugenommen (methodisch bedingt durch den intensiven Einsatz von Dredge und Videotechnik), in der Arkonasee und Bornholmsee aber abgenommen (wegen temporärer oder dauerhafter Anoxie). An der Station 213 war im Jahre 2000 keine Makrofauna mehr nachzuweisen.

Summary

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 in 2000 were studied and discussed in comparison with the already existing 22-years data base of the HELCOM monitoring programme and in relation to physico-chemical and satellite data. Data from sedimentation traps from 1999 were supplemented to complete the seasonal reflections of the phytoplankton development.

The Mecklenburg Bight in the western Baltic was different from the southern Baltic Proper (Arkona Sea and Bornholm Sea) concerning the timing of the spring bloom and the species composition of the phytoplankton in the different seasons. The border between these distinct waters was located not exactly at Darss Sill but in the western Arkona Sea. The western Baltic was characterised by a diatom bloom (*Skeletonema costatum*) at the end of March (i.e. earlier than in 1999), *Gymnodinium* cf. *lohmannii* (possibly also *Dactyliosolen fragilissimus*) in summer and *Ceratium tripos* in autumn. In the Arkona Sea and Bornholm Sea, the spring bloom (*Skeletonema costatum*) appeared at the beginning of April, *Gymnodinium* cf. *lohmannii* and diazotrophic cyanobacteria in summer and *Coscinodiscus* spp. in autumn. A succession from diatoms to dinoflagellates during the spring bloom, known from previous years in the Mecklenburg Bight, Arkona Sea and Bornholm Sea, was not noticed in 2000. The species of the autumn blooms developed already in summer at greater water depths (20 m) in Mecklenburg Bight and Arkona Sea. *Gymnodinium* sp. and *Pseudo-nitzschia pungens*, being the main species of the autumn blooms in Mecklenburg Bight in 1999 for the first time, were not present there in autumn 2000.

The spring bloom in the eastern Gotland Sea, having appeared only in May up to the year of 1998 (formed by *Peridiniella catenata*), started in 1999 and 2000 already in March by a mass development of the photoautotrophic ciliate *Mesodinium rubrum*, followed by the usual growth of *Peridiniella catenata* in Mai. Obviously, *Mesodinium rubrum*, being dominant already in winter, filled a gap in the phytoplankton development in early spring in the eastern Gotland Sea without interfering with the *Peridiniella* bloom in May. *Peridiniella catenata* occurred already in March in the western Baltic but was not able to reach high biomasses there. *Mesodinium rubrum* became the dominant species in the eastern Gotland Sea at the beginning of August, again. A distinct cyanobacteria bloom at the water surface was visible during the July/August cruise only in the northern Baltic Proper at calm conditions. Satellite images showed, however, a growth of cyanobacterial blooms since 24 June 2000 between northern Gotland and the Swedish mainland and a spreading to the entire Gotland Sea up to the 30 July 2000. Afterwards, the bloom concentrated in the northern and western Gotland Sea until the 25 August 2000.

The long-term change from diatom dominance to dinoflagellate dominance in spring blooms, noticed in the Bornholm Sea and southern Gotland Sea since 1989 and the extension of this phenomenon into the Arkona Sea is stopped in the year 2000 for unknown reasons.

The long-term increase in chlorophyll *a* concentrations since 1979 in the Arkona Sea is still significant ($p = 0.05$), whereas the decrease in chlorophyll *a* concentrations in Mecklenburg Bight reached significance just when the data from the year 2000 were included.

The sedimentation patterns in the central Baltic Sea in 1999 were governed by high export rates of biogenic matter in late spring and late summer. A first analysis of the long-term data series on sedimentation shows, that the diatom- and dinoflagellate-based sedimentation peaks in spring and autumn are much more variable in terms of quantity and temporal succession than those in summer, which are connected to diazotrophic cyanobacterial communities. The quantitative aspect in this late summer phase is of special interest since the highest seasonal export of biogenic C, N, P and Si out of the mixed layer is the direct product of nitrogen fixation, which therefore evolves to a major control mechanism in the biogeochemistry of the central Baltic Sea.

All taxa of zooplankton, found in 2000, have been present at least since the beginning of the 1990s. The immigrant from the Ponto-Caspian region, *Cercopages pengoi*, did not occur in our samples up to now. The decrease of taxa from the western to the central Baltic Sea from 17 to 11 is caused by the regional decrease in salinity. 70% of all taxonomic categories occur throughout the year. In comparison with the first half of the 90's, the maximum abundance of mesozooplankton decreased to approximately 50 %. The seasonal peak in zooplankton abundance occurs in May, particularly on account of small, not quantitatively caught organisms like rotifers, nauplia and tintinnids. Due to the development of larger organisms, the biomass (except for rotifers) increases in the course of the year.

The species number of macrozoobenthos, amounting to 83, was constant in comparison with the preceding survey in 1998. The number of taxa has increased west of Darss Sill due to application of dredges and video technique, but has decreased in Arkona Sea and Bornholm Sea owing to anoxic conditions. No macrozoobenthos was traceable at station 213 in the year 2000.

1. Einleitung

Die Einschätzung des biologischen Zustandes der Ostsee ist Teil des im Auftrag des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) am Institut für Ostseeforschung Warnemünde durchgeführten Ostsee-Überwachungsprogramms. Im Rahmen einer Verwaltungsvereinbarung wurde dem IOW der 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). Das 4. Periodische Assessment befindet sich im Druck. 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 2000 ist bereits erschienen (MATTHÄUS et al., 2001). Die Ergebnisse des biologischen Teils des Ostsee-Überwachungsprogramms des Jahres 1999 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., 1998 a, 1999, 2000) empfohlen.

2. Material und Methoden

2.1 Beprobungs-Strategie

Die Aufgabenstellung für das wissenschaftliche Programm orientiert sich an den Vorschriften der HELCOM. Im Einzelnen umfasst das biologische Monitoring am IOW die Bestimmung der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Phytoplanktons, Mesozooplanktons und Makrozoobenthos, die Bestimmung des Chlorophyll-a und Phaeopigment-a-Gehalts von Wasserproben und die Auswertung von Sinkstoff-Fallen. Die Phytoplanktonentwicklung wird auch anhand von Satellitenbildern verfolgt. Die Methoden sind in einem aktualisierten Manual (HELCOM, 2000) verbindlich vorgeschrieben. Für die Auswertung der Sinkstoff-Fallen und der Satellitenbilder gibt es noch keine verbindlichen HELCOM-Methodenvorschriften.

Mitarbeiter der Sektion Biologische Meereskunde nahmen im Jahre 2000 an den traditionellen fünf Terminfahrten im Februar, März/April, Mai, Juli/August und Oktober/November teil. Die Stationen für die Probenentnahmen und die Messungen folgten den Vorgaben durch HELCOM und BLMP (Abb. 1).

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 2000 nicht realisiert werden, so dass wir hier nur die eigenen Proben auswerten können. Da Planktonproben in der westlichen und südlichen Ostsee sowohl auf den Hin- als auch Rückreisen genommen wurden, kommen wir bei 5 Fahrten auf maximal 10 Proben pro Station (an Station 213: 11 Beprobungen wegen Wiederholungsmessung am 5.8.2000; siehe Tabelle 1). Zu den Zooplanktonproben gibt es in Tabelle 2 (S. 10) noch eine gesonderte Statistik.

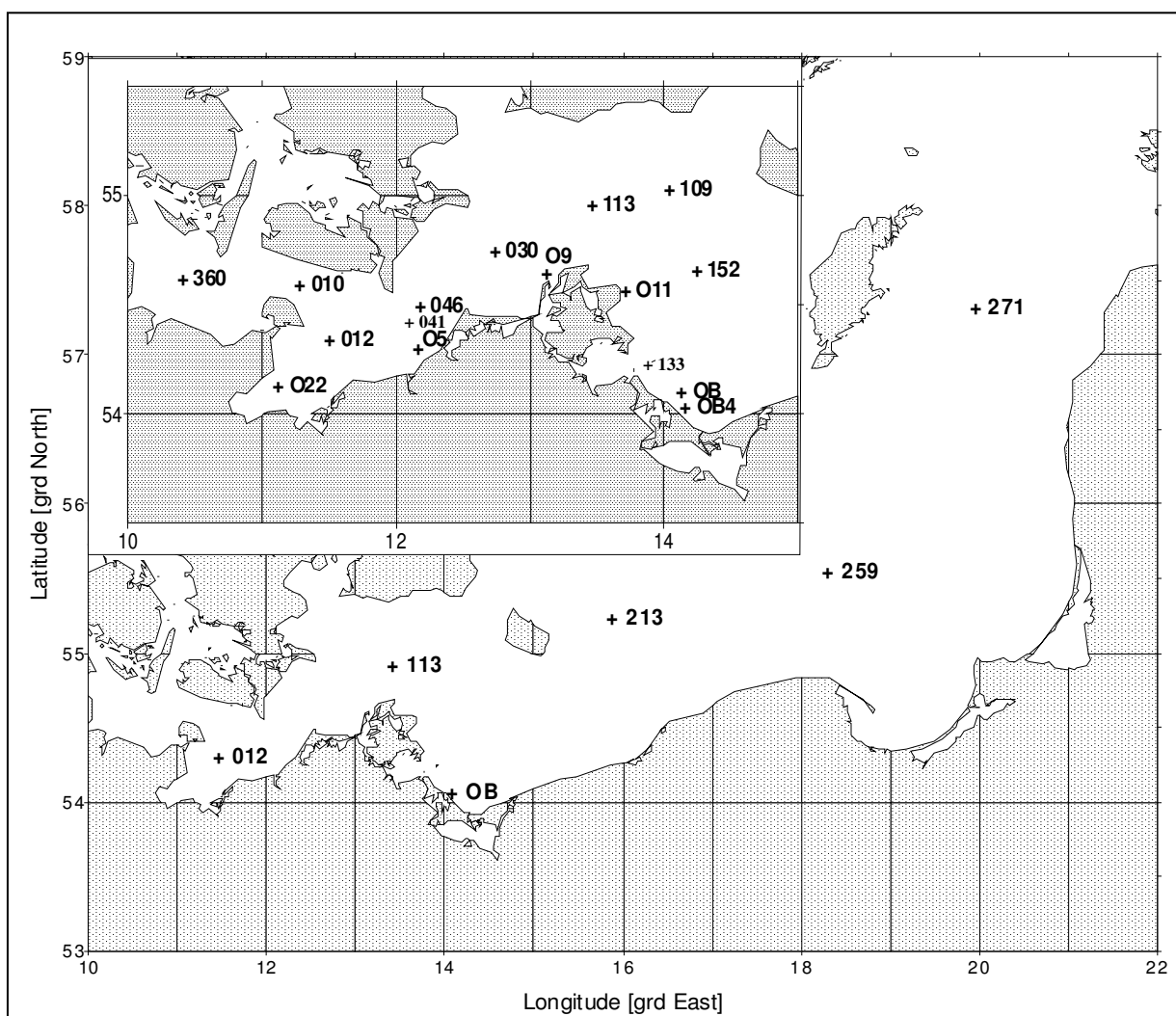


Abb. 1

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

Tabelle 1 Häufigkeit der Probenahme (= Anzahl der Probentermine) zur Gewinnung der biologischen Daten des IOW im Jahre 2000 (für Sinkstoff-Fallen: 1999). D=Dredge, V=Video.

IOW- Stationsnummer	BMP- Stations- nummer	Chloro- phyll	Phyto- plankton	Zoo- plankton	Zoo- benthos	Sinkstoff- Fallen
Beltsee						
360	(N3)	5	5	5	-	-
010	(N3)	-	-	-	1+D+V	-
012	(M2)	10	10	9	1+D+V	-
022		5	5	-	-	-
O5		5	-	-	-	-
041		-	1	-	-	-
046	(M1)	10	10	9	-	-
Arkonasee						
030	(K8)	10	10	9	1+D+V	-
109	(K4)	4	4	-	1	-
113	(K5)	10	10	9	-	-
O9		5	-	-	-	-
O11		5	-	-	-	-
152	(K3)	-	-	-	1+D+V	-
Pommernbucht						
OB	(K58)	5	5	5	-	-
OB4		5	-	-	-	-
133		2	-	-	-	-
Bornholmsee						
213	(K2)	11	11	10	1	-
Östl. Gotlandsee						
259	(K1)	6	6	5	-	-
271	(J1)	5	5	5	-	64
Nördl. eigentl. Ostsee						
283		1	-	-	-	-

Die vom IOW genommenen Phytoplanktonproben sowie die Chlorophyll a – und Phaeopigment a-Werte der Küstenstationen O22, O5, O9, O11, 133 und OB4 (jeweils nur von der Oberfläche) werden 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 2000 vorliegt. Stattdessen werden hier die Daten der Sinkstoff-Fallen des Jahres 1999 gezeigt, die im vorigen Bericht noch nicht vorgestellt werden konnten.

Makrozoobenthos-Proben werden nur einmal im Jahr (im Oktober) an 6 Stationen genommen. Zusätzlich kam an 4 Stationen (10, 12, 30, 152) 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

Das Probenwasser wurde mittels Rosettenwasserschöpfers aus verschiedenen Standardtiefen (1 m, 2,5 m, 5 m, 7,5 m, 10 m, 15 m, 20 m) sowie bei Vorliegen interessanter Strukturen (markante Sprungschichten, deutliche Fluoreszenzmaxima) auch aus zusätzlichen Wassertiefen genommen. Zur Gewinnung einer Oberflächen-Mischprobe wurde das Wasser von 1 m, 2,5 m, 5 m, 7,5 m und 10 m Tiefe zu gleichen Teilen vermischt. 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 und insgesamt pro Probe mindestens 500 Individuen gezählt, so dass wir auf einen statistischen Zählfehler für die häufigsten Einzelarten von etwa 28 % kommen. Jeder Art bzw. Größenklasse entspricht ein charakteristisches Individuenvolumen (Berechnung nach HELCOM, 2000). 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 (Ultraturax-Typ) 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. Vergleichsmessungen von 5 Parallelen (Proben vom 8.8.1999 von Station 259) ergaben Standardfehler von 0,71 % für Chlorophyll a und 6,17 % für Phaeopigment a.

2.4 Mesozooplankton

2.4.1 Probenentnahme

Die Probenentnahme erfolgte gemäß der derzeit gültigen Empfehlung der HELCOM (http://www.helcom.fi/combine_manual/anxc7.html). Demzufolge wurde ein WP-2-Netz mit $100\mu\text{m}$ Maschenweite benutzt, um die Wassersäule in maximal drei Tiefenstufen, von der Oberfläche bis zur Oberkante der Temperatursprungschicht, von dort bis zur Oberkante der Salzgehaltssprungschicht und darunter bis zum Boden bzw. zur Oxikline, zu beproben. Fehlte die Temperatursprungschicht, wurden die Proben von der Oberfläche bis zur Salzgehaltssprungschicht

integriert. Der Empfehlung, in dem Fall einen Hol bis 25 m Tiefe anzufertigen, wurde nicht gefolgt. Gelegentlich, bei fehlender Salzgehaltssprungschicht den Hol von 75 m Tiefe bis zur Thermoklinen bzw. bis zum 25 m - Tiefenniveau durchzuführen, traten nicht auf. Eine Probenstatistik einschließlich der Holtiefen in den verschiedenen Seegebieten ist in Tabelle 2 zusammengestellt.

Generell wurde eine Holgeschwindigkeit von etwa 0,5 m/s benutzt. Abweichend zu HELCOM (2000), kamen im Jahre 2000 noch keine Durchflusszähler zum Einsatz. Zur Berechnung der filtrierten Wassermenge diente die Trossenlänge. Demzufolge wurden auch keine Filtrationseffektivität (Durchfluss im Netz im Vergleich zu außen) abgeschätzt. Drahtwinkel wurden trigonometrisch korrigiert. Die Holtiefe überstieg stets 5 m Wassersäule. Die Behandlung von Quallen, die Überführung der Fänge vom Netz in die Behältnisse sowie die Fixierung erfolgten entsprechen der Richtlinien zur Probenentnahme.

Tabelle 2 Statistik der Probennahmen in den jeweiligen Tiefenstufen [m] auf den in Abb. 1 verzeichneten Stationen vom Februar bis November 2000; hin- und Rückreise separat erfaßt (TF = Terminfahrt)

Station IOW / BMP Code	Seegebiet	Tiefenstufe	Februar TF 4.-17.2.	März TF 22.3.- 4.4.	Mai TF 4.- 15.5.	August TF 28.7.- 6.8.	Oktober TF 25.10-8.11.
360 / N3	Beltsee	1	0 - 13	0 - 14	0 - 14	0 - 15	0 - 14
12 / M2	Mecklenburg. Bucht	1	0 - 20	0 - 20	0 - 18	0 - 21	0 - 20
46 / M1	Kadetrinne	1	0 - 22	0 - 10	0 - 10	0 - 21	0 - 18
		2	-	10 - 21	10 - 19	-	-
30 / K8	Darßer Schwelle	1	0 - 19	0 - 19	0 - 18	0 - 19	0 - 19
113 / K5	Arkonasee	1	0 - 20	0 - 30	0 - 10	0 - 14	0 - 26
		2	20 - 43	30 - 43	10 - 42	14 - 43	26 - 43
OB	Pommersche Bucht	1	0 - 11	0 - 11	0 - 10	0 - 12	0 - 11
213 / K2	Bornholmsee	1	0 - 50	0 - 50	0 - 25	0 - 20	0 - 33
		2	50 - 85	50 - 86	25 - 85	20 - 50	33 - 65
		3	-	-	-	50 - 85	65 - 85
259 / K1	Südliche Gotlandsee	1	0 - 65	0 - 70	0 - 30	0 - 20	0 - 35
		2	65 - 85	70 - 86	30 - 84	20 - 60	35 - 70
		3	-	-	-	60 - 86	70 - 85
271 / J1	Östliche Gotlandsee	1	0 - 65	0 - 80	0 - 30	0 - 25	0 - 40
		2	65 - 235	80 - 100	30 - 80	25 - 70	40 - 90
		3	-	100 - 234	-	70 - 233	90 - 240
213 / K2	Bornholmsee	1	0 - 48	0 - 50	0 - 30	0 - 25	0 - 35
		2	48 - 85	50 - 90	30 - 84	25 - 50	35 - 70
		3	-	-	-	50 - 86	70 - 85
113 / K5	Arkonasee	1	0 - 43	0 - 35	0 - 18	-	0 - 30
		2	-	35 - 44	18 - 45	-	30 - 40
30 / K8	Darßer Schwelle	1	0 - 19	0 - 19	0 - 17	-	0 - 20
46 / M1	Kadetrinne	1	0 - 23	0 - 21	0 - 12	-	0 - 20
		2	-	-	12 - 20	-	-
12 / M2	Mecklenburg. Bucht	1	0 - 21	0 - 21	0 - 12	-	0 - 21
		2	-	-	12 - 20	-	-

2.4.2 Analyse

Die Analyse des Planktons erfolgte mit einem Umkehrmikroskop (Leica, Labovert), meist mit 50facher Vergrößerung (maximal 125fach), unter Verwendung einer nach ARNDT (1985) modifizierten Mini-Bogorov-Kammer (POSTEL et al., 2000). Um gesundheitliche Schäden zu vermeiden, wurde zunächst das Formalin durch ein Sieb mit 55 µm Maschenweite entfernt und durch destilliertes Wasser ersetzt. Anschließend wurde aus einem Gesamtprobenvolumen 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 insgesamt bis zu 500 Individuen pro Probe analysiert. Das entsprach einem Probenanteil von 0,08 bis 100 %, im Durchschnitt von 3 % . 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 2000er Analysen wurden pro taxonomischer Gruppe zwischen 1 und 2189 Individuen gezählt, im Mittel 26 ± 70 . Das Maximum betraf eine Rotatorienzählung aus der südlichen Gotlandsee. 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 allerdings noch nicht, wie neuerdings von HELCOM angeregt, durch wenige Tropfen von Detergentien herabgesetzt.

2.4.3 Methodische Probleme

Tintinniden, Nauplienstadien von Kleinkrebsen und Rotatorien sind gemäß des Maschenweitevergleichs von WP-2-Netzen (ICES, 1997) nur semi-quantitativ im 100 µm Netz enthalten. Das muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Tabelle 3 illustriert diesen Sachverhalt anhand zweier Netzproben für Copepoden, Cladoceren, Appendikularien und Larven von Cirripeden, Bryozoen, Polychaeten und Muscheln. Taxonomische Gruppen mit einem Verhältnis von 55 µm- zu 100 µm-Netz von >1 sind im 100 µm Netz augenscheinlich unterrepräsentiert.

Auf eine Umrechnung der Abundanzergebnisse auf Biomassekonzentration wird 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. Die Schaffung solcher Faktoren unter Anwendung von morphometrischen Verfahren und der Mikrokohlenstoffanalyse ist ein dringendes Anliegen.

Die von HELCOM empfohlene Durchführung von erneuten Ringtests und Interkalibrierungen sollten der Klärung taxonomischer Unsicherheiten dienen. Die Zweifel sind bei der Bestimmung von *Pseudocalanus*- und *Bosmina*-Arten am auffallendsten. *Pseudocalanus* wird bislang als *Pseudocalanus minutus elongatus* angesprochen, obwohl FROST's (1989) Material aus der Kieler Bucht und der Gotlandsee zumindest nicht dieser Art entsprach, sondern *Pseudocalanus acuspes*. Die Unterscheidung erfolgte aufgrund meristischer Merkmale, beispielsweise der Länge des zweiten Abdominalsegmentes. Da allerdings unter Brackwasserbedingungen und in Abhängigkeit von der Jahreszeit solche Merkmale schwanken (HERNROTH, 1985), wird dem Ergebnis der

genetischen Analyse im Rahmen des ZooGene Projektes (www.ZooGene.org) mit Erwartung entgegengesehen. Die Eindeutigkeit der Bezeichnung von *Bosmina coregoni maritima*, wie sie seit RAMMNER (1940) und PURASJOKI (1958) benutzt wird, steht ebenfalls auf dem Prüfstand. Gemäß der Meinung finnischer und baltischer Experten soll es sich hierbei um *Bosmina longirostris* handeln. Die bislang mit *Eurytemora* spec. bezeichnete Gattung sollte nach den morphologischen Ergebnissen von BUSCH & BRENNING (1992) als *Eurytemora affinis* (POPPE, 1880) angesprochen werden.

Tabelle 3 Die Fängigkeit von WP-2-Netzen mit 55 µm bzw. 100 µm Maschenweite aus jeweils einem Vertikalhol vor Warnemünde im Oktober 1996

Gattung	Entwicklungs- stadium	WP-2 (55µm)	WP-2 (100µm)	55µm / 100µm Verhältnis
		Abundanz		
<i>Temora</i>	Nauplius	171	0	
<i>Acartia</i>	Nauplius	1199	245	4,9
<i>Acartia</i>	Copepodit I - III	171	82	2,1
<i>Oikopleura</i>		1627	816	2,0
<i>Pseudocalanus/ Paracalanus</i>	Nauplius	5223	3102	1,7
<i>Oithona</i>	Nauplius	5652	3591	1,6
<i>Temora</i>	Copepodit I - III	85	82	1,0
<i>Centropages</i>	Nauplius	856	1061	0,8
<i>Centropages</i>	Copepodit I - III	1113	1388	0,8
<i>Cyphonautes</i>	Larven	171	245	0,7
<i>Pseudocalanus/ Paracalanus</i>	Copepodit I - III	2826	5224	0,5
<i>Gastropoda</i>	Larven	171	327	0,5
<i>Podon</i>		171	327	0,5
<i>Polychaeta</i>	Larven	85	163	0,5
<i>Oithona</i>	Juvenil	2740	5877	0,5
<i>Bivalvia</i>	Larven	428	1306	0,3
<i>Pseudocalanus/ Paracalanus</i>	Copepodit IV - V	171	735	0,2
<i>Centropages</i>	Copepodit IV - V	171	980	0,2
<i>Acartia</i>	Copepodit IV - V	0	245	0,0
<i>Temora</i>	Copepodit IV - V	0	245	0,0
<i>Balanus</i>	Nauplius	0	163	0,0
<i>Evadne</i>		0	82	0,0
<i>Eurytemora</i>	Copepodit I - III	0	82	0,0

2.5 Makrozoobenthos

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 entnommen, die Sedimentproben jeweils einzeln durch ein Sieb mit 1 mm Maschenweite mit Seewasser gespült und der Siebrückstand mit 4 %igem Formalin fixiert (HELCOM, 2000). Außerdem kam an den Stationen 10, 12, 30 und 152 eine Dredge mit einer Spannweite von 1,5 m und einer Maschenweite von 5 mm zum Einsatz. An denselben Stationen wurden zur besseren Beurteilung der Sediment- und Habitateigenschaften und zum Nachweis insbesondere epibenthischer Arten Videoaufnahmen mit einem per Drift gezogenen Videoschlitten gemacht. Zur Verwendung kam eine üblicherweise als Überwachungskamera eingesetzte VK-C78ES (CCTV Power Zoomkamera) von Hitachi. Die Kamera wurde in eine Schwenk- und Neigeeinrichtung montiert und in einem PVC-Gehäuse untergebracht. Zusätzlich wurden zwei parallele 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. Die Taxa wurden bis auf wenige Gruppen (Anthozoa, Nemertini) bis zur Art bestimmt und die Abundanzen und Biomassen (Aschefreies Trockengewicht, AFTG) erfasst, bei Mollusken inklusive Schalengewicht.

2.6 Sedimentation

Die Raten des vertikalen Partikelflusses (Sedimentation) wurden auf der Station 271 in der zentralen Gotlandsee (Wassertiefe 249 m) gemessen. Hier wurden zur Erfassung der Menge und Qualität des aus der Deckschicht absinkenden Materials automatische Sinkstofffallen des Typs SM 234 mit einer Fangfläche von 0,5 m² verankert, die 21 in programmierbaren Zeitschritten auswechselbare Fanggläser besitzen. Die Verankerung wurde ohne Oberflächenmarkierung ausgelegt und mit Hilfe von akustischen Auslösern nach 3 - 6 Monaten wieder aufgenommen. Die einzelnen Fangintervalle betragen zwischen 4 und 7 Tagen. In der Verankerung befand sich jeweils eine Falle unter der Halokline in 140 m Tiefe und eine weitere in Bodennähe bei 230 m Wassertiefe. Am aufgefangenen Material wurden Elementanalysen, Bestimmungen der natürlichen Isotopenzusammensetzung, Pigmentuntersuchungen sowie mikroskopisch-taxonomische Analysen durchgeführt.

Auf die Falle in Bodennähe wurde ab Sommer 1999 verzichtet, da in diesem Tiefenbereich die Fangdaten vorwiegend durch zufällige Resuspensionsereignisse und nicht durch pelagische Sedimentationsprozesse geprägt werden und eine Weiterführung keinen Erkenntniszuwachs erwarten lässt. Bei Anlaufen des Betriebes auf der neuen Messnetzstation Arkona soll statt dessen eine Fallenauslegung in dem dann installierten Tonnenfeld ausgebracht werden. Es gab 1999 im Betrieb der Sinkstofffallen keine technischen oder wetterbedingten Ausfälle, so dass eine kontinuierliche Datenaufnahme über das Jahr erfolgte.

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 2000 vom Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) zur Verfügung, die durch die National Aeronautics and Space Administration (NASA) bereitgestellt wurden. Die Ableitung der Chlorophyllkonzentrationen erfolgte unter Nutzung des IOW Algorithmus. Dabei wurden die SST-Daten für die physikalisch-chemischen Untersuchungen und die Charakterisierung der Bedingungen für die Planktonentwicklung verwendet, wobei Einzelszenen und Monatsmittel zur Anwendung kamen. Die Auswertung der SeaWiFS-Daten konzentrierte sich auf die Entwicklung der Frühjahrsblüte und der Cyanobakterien im Sommer in der Ostsee in Relation 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, 2000) 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, WASMUND et al., 1999, WASMUND et al., 2000) erwähnt wurden.

Im Jahre 2000 wurde die Reihe der jährlichen **Phytoplankton**kurse und –workshops der HELCOM mit einem Treffen der Phytoplanktologen in Klaipeda (2.-6.10.2000) fortgesetzt. Von der Qualitätssicherungsstelle des BLMP wurde ein Phytoplankton-Kurs auf Hiddensee vom 18.-22.9.2000 organisiert, der von zwei Kolleginnen des IOW besucht wurde. Die drei im Jahre 1998 durchgeführten Ringtests sind von der Qualitätssicherungsstelle des BLMP noch nicht endgültig ausgewertet worden.

Lediglich zum 1. Test, dem „Ringversuch Phytoplankton mit kultivierten Arten (RV PHYTKUL)“ liegt inzwischen eine Auswertung vor (GÜNTHER, UHLIG, 1999). Die verschiedenen am BLMP beteiligten Institute haben hierzu mit ihren hauseigenen Methoden die Biomasse von definierten Algenproben bestimmt. Die Güte der Bestimmung wird anhand der Z-scores ermittelt, die ein Maß für die Abweichung vom robusten Mittelwert (unter Streichung von Außenseiter-Werten, d.h. $|Z| > 6$) sind. Z-scores, welche die Toleranzgrenzen ± 2 unterschreiten und damit innerhalb des 95 %igen

Streubereichs liegen, gelten als „gut“. Die Z-scores unseres Labors lagen stets innerhalb dieses Bereiches.

Im Dezember 1999 wurden unter anderem von drei Phytoplankton-Experten des IOW Phytoplankton-Vergleichszählungen im Rahmen des EU-Projekts “Biological Effects Quality Assurance in Monitoring Programmes” (BEQUALM) durchgeführt, die auf einem Workshop vom 30.3. bis 2.4.2000 in Büsum ausgewertet wurden. Parallele Zählungen von Proben derselben Mischkultur ergaben gute Übereinstimmungen. Die Bewertung der Labors erfolgte anhand der Z-scores. Alle unsere Zählungen lagen im Bereich der zulässigen Z-scores von -2 bis +2.

Unsere fluorometrische **Chlorophyll**methode wurde in internationalen Laborvergleichen im Rahmen des Projekts QUASIMEME getestet. Wir nahmen sowohl an der Runde 17 als auch an der Runde 19 der Interkalibrierungen teil. Die praktischen Arbeiten zur 19. Runde der Chlorophyll-Interkalibrierung im Rahmen von QUASIMEME wurden im Februar 2000 durchgeführt. Die Auswertung erfolgte auf einem Workshop vom 11.5. bis 14.5.2000 in Büsum. Alle Beträge unserer Z-scores für die Chlorophyll a-Bestimmung lagen unter 2.

Die letzte Interkalibrierung zum **Zooplankton** liegt bereits 11 Jahre zurück (HELCOM, 1991).

Als Qualitätssicherungsmaßnahme im Rahmen des BLMP (UBA/ICES) für das **Makrozoobenthos** wurde im Februar 2000 in Hamburg ein taxonomischer Workshop zu Crustaceae und Oligochaeta durchgeführt.

3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2000

Zur Interpretation der biologischen Daten ist die Kenntnis der meteorologischen, hydrographischen und hydrochemischen Verhältnisse im entsprechenden Untersuchungszeitraum unbedingt erforderlich. Die wichtigsten physikalischen und chemischen Variablen werden im Rahmen des hydrographisch-chemischen Monitorings gemessen. Die Ergebnisse sind ausführlich von MATTHÄUS et al. (2001) dargestellt und sollen hier zur besseren Einordnung der biologischen Ergebnisse nochmals kurz wiedergegeben werden. Informationen zur Wasseroberflächentemperatur sind aus Satellitendaten gewonnen.

Im vergleichsweise milden Winter 1999/2000 sanken die Temperaturen im Januar und Februar nicht wesentlich unter 2 °C in den offenen Bereichen der Ostsee außerhalb von Auftriebsgebieten. Um den 23.3. waren schon Oberflächentemperaturen in der gesamten westlichen Ostsee von 5°C erreicht worden. Besonders auffällig war der Temperaturanstieg ab dem 20.4., und am 29.4. waren in weiten Teilen der Ostsee schon Temperaturen von 8-10°C erreicht. Mit Werten um 18-20°C am 20.6. in der westlichen Ostsee waren im wesentlichen schon die höchsten Temperaturen des gesamten Sommers 2000 erreicht. Der Herbst war dagegen ungewöhnlich mild. Dadurch kam es zwischen Oktober und Dezember im Oberflächenwasser der westlichen und zentralen Ostsee zu positiven Abweichungen von 2 – 3 K gegenüber den langjährigen Mittelwerten.

Die Witterungsbedingungen im Winter 1999/2000 und im Jahre 2000 verursachten nur schwache Einströme über die Schwellen in die Ostsee, die kurzzeitig bis in das Bornholmbecken wirkten, wo

bis Ende Juli und ab November 2000 oxische Bedingungen erreicht wurden. Die seit 1995 anhaltende Stagnationsperiode setzte sich also fort. Im östlichen Gotlandbecken wies der Wasserkörper zwischen Meeresgrund und 125 m Tiefe das ganze Jahr hindurch anoxische Bedingungen auf. In den Jahren 1999/2000 erreichte der durch Sauerstoffmangel bzw. anoxische Bedingungen gekennzeichnete Bereich des Tiefenwassers der zentralen Ostsee seine größte Ausdehnung seit 16 Jahren.

Bedingt durch die zunehmend anoxischen Verhältnisse stiegen die Phosphat- und Ammoniumkonzentrationen im Gotlandtief, Farötief und Landsorttief an, während im Bornholmbecken zu Zeiten oxischer Verhältnisse hohe Nitrat-, aber geringe Phosphat- und Ammoniumkonzentrationen zu beobachten waren. Im allgemeinen lagen die Nitratkonzentrationen im winterlichen Oberflächenwasser auf dem Niveau der Vorjahre. Die Phosphatkonzentrationen waren im Winter 1999/2000 dagegen hoch.

Die Konzentrationen partikulären organischen Materials lagen im Oberflächenwasser der offenen Ostsee von 1993 bis 2000 im Mittel bei etwa $25 \mu\text{mol dm}^{-3}$ Kohlenstoff und knapp $4 \mu\text{mol dm}^{-3}$ Stickstoff, weitgehend unabhängig von Seegebiet, aber mit großen saisonalen Schwankungen. Das C/N-Verhältnis in der partikulären organischen Substanz entspricht etwa dem Redfield-Verhältnis, was ein Indiz für deren Ursprung aus der Primärproduktion ist. Die C/N-Verhältnisse in der gelösten organischen Substanz sind dagegen mindestens doppelt so hoch wie das Redfield-Verhältnis, was für einen erheblichen landseitigen Eintrag gelöster organischer Substanz spricht.

4. Ergebnisse

4.1 Phytoplankton

4.1.1 Jahresgang von Artenzusammensetzung und Biomasse

Entsprechend den sich im Jahresverlauf verändernden Umweltbedingungen verändert sich auch die Biomasse der einzelnen Phytoplanktonarten erheblich. Unter günstigen Wachstumsbedingungen kommt es zu plötzlichen Massenvermehrungen des Phytoplanktons. Diese plötzlich entstandenen hohen Biomassen, die mit starken Trübungen des Wassers einhergehen, werden als "Blüten" bezeichnet. Sie verbrauchen die Ressourcen relativ schnell und können sich dadurch nicht lange halten. Blüten sind also meistens nur von kurzer Dauer. Deshalb können sie bei einem zu weitabständigen Probennahmerhythmus leicht übersehen werden.

Aus unseren langjährigen Datenreihen wissen wir, dass im Untersuchungsgebiet jährlich drei markante Blüten (Frühjahrsblüte, Sommerblüte, Herbstblüte) vorkommen, die oft noch in Phasen unterschiedlicher Artenentwicklungen unterteilt werden können. Da sich Verlauf und Artenzusammensetzung der Blüten in den verschiedenen Seegebieten unterscheiden, sollen die Seegebiete separat behandelt werden. Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Arten (nach Biomasse) sind für die einzelnen Seegebiete und Jahreszeiten in Tabelle 4 (S. 27-28) zusammengestellt worden. Die komplette Artenliste des Jahres 2000, sortiert nach taxonomischer Zugehörigkeit und aufgeschlüsselt nach den einzelnen Fahrten, ist in Tabelle 5 (S. 29-31) zu finden.

Die Jahresgänge der Biomasse der wichtigsten taxonomischen Gruppen des Phytoplanktons, wie Kieselalgen (= Bacillariophyceae, Diatomeen) und Dinoflagellaten (= Dinophyceae), sind in den Abb. 2 - 4 (S. 22-24) für die untersuchten Stationen dargestellt. 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 Elmira Boikova, Juni 2001), so dass wir jetzt wieder den geläufigen Namen *Mesodinium rubrum* verwenden. Entsprechend der besonderen Bedeutung dieses Ciliaten ist seine Biomasseentwicklung der letzten 3 Jahre für die einzelnen Stationen und Jahreszeiten in Tabelle 6 (S. 32) zusammengefasst.

Wenn nichts anderes gesagt wird, beziehen sich alle Angaben auf die Mischprobe von 0-10 m Wassertiefe.

4.1.1.1 Mecklenburger Bucht

Winter und Frühjahr

Im Februar 2000 fanden wir in der Mecklenburger Bucht (Stat. 012 und 046; Abb. 2 a, b) die für den Winter typischen geringen Phytoplanktonbiomassen (bis 322 mg m^{-3}), hauptsächlich aus *Mesodinium rubrum* und in geringerem Maße aus Cryptophyceen (*Teleaulax acuta*, *Plagioselmis prolonga*), Kieselalgen (*Skeletonema costatum*, *Thalassiosira levanderi*, *Melosira* sp.) und dem Silicoflagellaten *Dictyocha speculum* bestehend. Zu dieser Zeit, also vor der Wachstumsperiode, zeigten die Nährstoffe in den oberen Wasserschichten ihre Jahresmaxima. Diese lagen im Jahre 2000 in der Mecklenburger Bucht bei etwa $0,7 \text{ mmol m}^{-3}$ Phosphat, 12 mmol m^{-3} gelöster anorganischer Stickstoff (DIN) und 20 mmol m^{-3} Silikat.

Zum 22.3.2000 waren in der gesamten westlichen Ostsee schon Wasseroberflächentemperaturen (ermittelt aus Satellitendaten) von $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ erreicht worden. Mit der Stabilisierung der Wassersäule ist der Beginn der Phytoplanktonentwicklung zu erwarten, so dass sich zum 22.3.2000 in den zentralen Bereichen der Mecklenburger Bucht bereits die Frühjahrsblüte mit einer Biomasse um 5000 mg m^{-3} etabliert hatte (Abb. 2 a, b, Abb. 5 a). In der Lübecker Bucht (Stat. O22) betrug die Phytoplankton-Biomasse sogar 7658 mg m^{-3} . Wahrscheinlich entwickelte sich die Blüte in der Lübecker Bucht, wie schon in den Vorjahren, eher als in den offenen Bereichen der Mecklenburger Bucht. Im Jahre 1999 hatte sich zum 22. März an den Stationen 012 und 046 noch keine Blüte gezeigt, sondern erst eine Woche später. Die Blüten wurden hauptsächlich von Kieselalgen gebildet.

An der Station O22 dominierten am 22.3.2000 *Chaetoceros decipiens* (3356 mg m^{-3}), *Thalassiosira anguste-lineata* (910 mg m^{-3}) und *Mesodinium rubrum* (793 mg m^{-3}). An den zentraler gelegenen Stationen 012 und 046 dominierten zur selben Zeit *Skeletonema costatum* (3587 und 3214 mg m^{-3}), *Thalassiosira baltica* (268 und 431 mg m^{-3}), *T. levanderi* (233 und 306 mg m^{-3}) und *Mesodinium rubrum* (535 und 228 mg m^{-3}). Dabei waren die Nährstoff-Konzentrationen im Oberflächenwasser z.B. der Station 012 deutlich abgesunken: P auf $0,13 \text{ mmol m}^{-3}$, N auf $1,2 \text{ mmol m}^{-3}$ und Si auf $7,5 \text{ mmol m}^{-3}$. In 10 m Tiefe waren aber fast noch die Winter-Konzentrationen anzutreffen.

Zum 4.4.2000 hatte sich die Artenstruktur nicht geändert, aber die Biomasse hatte bereits leicht abgenommen. Insbesondere die Nitratkonzentration war im Oberflächenwasser nun fast auf Null abgesunken und auch in 10 m Tiefe waren die Nährstoffe erheblich reduziert. Die Algen scheinen abzusinken. Das zeigte sich besonders deutlich an unserer flachen Küstenstation vor Heiligendamm (www.io-warnemuende.de; Daten und Bilder, Algenblüten vor Heiligendamm, 2000), wo die Gesamt-Biomasse von 2133 mg m⁻³ am 21.3.2000 auf etwa 260 mg m⁻³ am 4.4.2000 absank. Am 8.4.2000 war im Satellitenbild (Abb. 5 b) in der Mecklenburger Bucht keine Blüte mehr zu erkennen.

Ein Vergleich mit den Vorjahren bestätigt die Erfahrung, dass die blütenbildenden Kieselalgen-Arten von Jahr zu Jahr verschieden sind. Die im Jahre 1997 blütenbildende *Thalassiosira baltica* wurde weder 1998 noch 1999, aber wieder im Jahre 2000 gefunden. Auch die blütenbildenden *Chaetoceros*-Arten wechseln (in 1998 *Ch. borealis*, *Ch. impressus* und *Ch. decipiens*; in 1999 und 2000 *Ch. decipiens*, *Ch. curvisetus*, *Ch. subtilis*). Lediglich *Skeletonema costatum* ist regelmäßig vertreten. Auch das ungewöhnlich frühe Auftreten des Dinoflagellaten *Peridiniella catenata* im Jahre 1997, der sonst nicht in der Mecklenburger Bucht, sondern in der eigentlichen Ostsee die Frühjahrsblüten bildet, konnte im Jahre 1998 und 1999 nicht bestätigt werden. Aber am 22.3.2000 trat er an den Stationen 012 und 046 mit relativ geringen Biomassen von 20 und 38 mg m⁻³ wieder auf. An unserer Küstenstation in Heiligendamm wurde *Peridiniella catenata* am 7.3.2000 als dominante Art bei insgesamt geringen Biomassen gefunden.

Die aus den Vorjahren bekannte Ablösung der Kieselalgen durch Dinoflagellaten innerhalb der Frühjahrsblüte konnte im Jahre 2000 nicht beobachtet werden, da die Blüte zum nächsten Messtermin am 5.5. schon vorüber war. Auf jeden Fall waren Dinoflagellaten am 5.5. 2000 (insbes. *Gymnodinium* cf. *lohmannii*: an Stat. 012: 31 mg m⁻³, Stat. 022: 16 mg m⁻³, Stat. 46: 157 mg m⁻³) neben Euglenophyceen (insbes. *Phacus* sp.: an Stat. 012: 105 mg m⁻³, Stat. 46: 70 mg m⁻³) die dominierende Algengruppe in den oberen 10 m der Wassersäule. Der Ciliat *Mesodinium rubrum* ging deutlich zurück.

Zum 15.5.2000 verringerte sich die Phytoplanktonbiomasse weiter. Allerdings trat an Station 12 in 15 m Wassertiefe ein Maximum an Dinoflagellaten von 450 mg m⁻³ (z.B. *Protoperidinium longispinum* 101 mg m⁻³, *Dinophysis norvegica* 76 mg m⁻³, *D. acuta* 67 mg m⁻³) und von *Mesodinium rubrum* (166 mg m⁻³) auf. Die beweglichen Arten suchen offensichtlich die Tiefen auf, in denen noch Nährstoffe vorhanden sind bzw. nachgeliefert werden und andererseits das Licht für ein Wachstum noch ausreichend ist.

Sommer

Unsere Sommerdaten beschränken sich auf eine Fahrt von Ende Juli/Anfang August. Um diese Zeit ist in der eigentlichen Ostsee eine Cyanobakterienblüte zu erwarten, aber nicht in der Mecklenburger Bucht. Tatsächlich wurde am 29.7.2000 nur an der östlichen Station 046 eine leichte „Blüte“ diazotropher Cyanobakterien (*Nodularia spumigena*, *Anabaena* sp., *Aphanizomenon* sp.) von insgesamt 164 mg m⁻³ gefunden. Darüber hinaus trat hier der Dinoflagellat *Gymnodinium* cf. *lohmannii* mit 118 mg m⁻³ sowie *Mesodinium rubrum* mit 77 mg m⁻³ auf. *Gymnodinium* cf. *lohmannii* wuchs zum 7.8.2000 sogar auf 550 mg m⁻³ an. Dagegen war an Station 012 die Kieselalge *Coscinodiscus* sp. am 26.7. mit 210 mg m⁻³ und am 7.8. mit 342 mg m⁻³ die dominierende Art. Die Kieselalge *Dactyliosolen fragilissimus*, die im Juni und Juli 1998 (aber nicht in 1997) eine

gewaltige Blüte gebildet hatte, war am 29.7.2000 an Station 022 blütenbildend (1274 mg m^{-3}). Auch im Jahre 1999 wurde eine Sommer-Blüte von *Dactyliosolen fragilissimus* vermutet. Auch damals fehlten Messungen vom Juni, doch war sie noch am 31.7. und 9.8.1999 an Station 012 die dominierende Art.

Auf den Stationen 012 und 046 trat am 29.7.2000 in 20 m Wassertiefe der Dinoflagellat *Ceratium tripos* in relativ hohen Biomassen auf (391 und 313 mg m^{-3}). Zum 7.8.2000 war er auch in das Oberflächenwasser (0-10 m) vorgedrungen: 98 und 78 mg m^{-3} an Station 012 und 046. Der dominierende Dinoflagellat an Station 012 und 046 (am 7.8.2000, 0-10 m) war jedoch *Gymnodinium cf. lohmannii* mit 236 bzw. 550 mg m^{-3} .

Herbst

Für die Mecklenburger Bucht ist im Herbst eine Blüte von Dinoflagellaten typisch, die von einer mehr oder weniger starken Kieselalgenentwicklung begleitet wird. Unter den Dinoflagellaten ist normalerweise *Ceratium tripos* die dominante Art. Im Jahre 1999 hatte sich allerdings *Gymnodinium* sp. deutlich stärker entwickelt. Im Oktober/November 2000 finden wir wieder die typische Dominanz von *Ceratium tripos* (z.B. mit 3436 mg m^{-3} an Stat. 12 am 26.10.2000). Daneben sind noch *Ceratium fusus* und die Kieselalge *Cerataulina pelagica* erwähnenswert. Die im Jahre 1999 erstmalig in diesem Gebiet beobachtete Dominanz von Kieselalgen während der Herbstblüte wiederholte sich im Jahre 2000 also nicht. Ebenso wenig wurden die im Oktober 1999 blütenbildenden Kieselalgen *Pseudo-nitzschia pungens* und *P. seriata* gefunden. Allerdings standen uns Proben aus der offenen See nur von Ende Oktober und Anfang November zur Verfügung. Aber auch unsere wöchentlichen Proben von der Küstenstation Heiligendamm zeigten im September keine Kieselalgenblüte, jedoch die schon erwähnte *Ceratium*-Blüte an.

4.1.1.2 Arkonasee

Winter und Frühjahr

Wie in der Mecklenburger Bucht hatte sich aus sehr niedrigen Biomassewerten (meistens *Mesodinium rubrum*) vom Februar auch in der westlichen Arkonasee (Stat. 030) zum 23.3.2000 eine Blüte entwickelt mit Biomassen von fast 6 g m^{-3} (Abb. 2 c). In der zentralen Arkonasee (Station 113, Abb. 3 a) war, wie in der Bornholmsee und östlichen Gotlandsee, zu dieser Zeit erst eine Biomasse um etwa 1 g m^{-3} erreicht (Abb. 3 c, Abb. 4 a, b). Offensichtlich verlief die Grenze der Frühjahrsblüten-Entwicklung zu dieser Zeit durch die westliche Arkonasee (vgl. Kap. 5.3, S.70). Das ist sehr schön an den Satellitenaufnahmen vom 23.3.2000 (Abb. 5 a: Blüte in Mecklenburger Bucht und westl. Arkonasee) und vom 8.4.2000 (Abb. 5 b: Blüte in der zentralen Arkonasee und Bornholmsee) zu erkennen. Die regionalen Unterschiede in der Entwicklung der Frühjahrsblüte wurden bereits von WASMUND et al. (1998 b) ausführlich dargestellt. Interessant ist, dass die Frühjahrsblüte fast ausschließlich von Kieselalgen gebildet wurde, während in den östlicheren Teilen der eigentlichen Ostsee *Mesodinium rubrum* dominierte. Das Vorherrschen von *Mesodinium rubrum* wurde erstmals im Jahre 1999 beobachtet (WASMUND et al., 2000), scheint nun aber in der Arkonasee wieder zurückgedrängt zu sein.

Ebenso bestätigte sich die 1999 beobachtete Tendenz einer Verdrängung der Kieselalgen durch erstmals zeitgleich auftretende Dinoflagellaten in der Arkonasee im Jahre 2000 nicht. Auch die

ungewöhnliche Erscheinung im Jahre 1999, dass die Entwicklung in der zentralen Arkonasee eher begann als in der westlichen Arkonasee, trat im Jahre 2000 nicht mehr auf. Insofern gleicht das Jahr 2000 bezüglich der Frühjahrsblüte in der Arkonasee den durchschnittlichen Befunden der 90er Jahre mehr als dem Jahr 1999.

Mitte Februar dominierte noch *Mesodinium rubrum* deutlich, z.B. am 17.2.2000 an Station 113 mit 116 mg m^{-3} und an Station 030 mit 198 mg m^{-3} . Am 23.3.2000 war *Skeletonema costatum* mit 3960 mg m^{-3} die blütenbildende Art, während ihre Biomasse am 24.3.2000 an Station 113 nur 196 mg m^{-3} betrug. Daneben waren an beiden Stationen die Kieselalgen *Thalassiosira baltica*, *Th. levanderi* und *Chaetoceros subtilis* sowie die Dinoflagellaten *Heterocapsa rotundata* und *Peridiniella catenata* bedeutsam. Zum 3.4.2000 war auch an Station 113 *Skeletonema costatum* auf 4043 mg m^{-3} angewachsen. Daneben hatte sich auf beiden Stationen Anfang April der Dinoflagellat *Gymnodinium cf. lohmannii* entwickelt.

Zum 6.5.2000 waren die Kieselalgen fast komplett verschwunden. Dadurch wurde *Gymnodinium cf. lohmannii* zur dominanten Art. Auf Station 113 hatte sich jedoch *Mesodinium rubrum* in den oberen 10 m noch stärker entwickelt (687 mg m^{-3}), während sich *Gymnodinium cf. lohmannii* mit 456 mg m^{-3} in 20 m Tiefe konzentrierte. Am 15.5.2000 waren auf Station 113 die Dinoflagellaten *Gymnodinium cf. lohmannii*, *Scrippsiella hangoei* und *Heterocapsa rotundata* mit jeweils über 100 mg m^{-3} die wichtigsten Arten (daneben *Myrionecta rubra*, *Glenodinium sp.*, *Gymnodinium cf. albulum*, *Aphanizomenon sp.*, *Teleaulax acuta*, *Dinophysis norvegica*, *Protoperidinium sp.* mit Biomassen von $40 - 75 \text{ mg m}^{-3}$); auf Station 030 war dagegen die Euglenophyceae *Phacus sp.* die weitaus bedeutendste Art.

Sommer

Da vom Juni und Juli (außer 29./30.7.2000) keine Proben vorlagen, konnte den Hinweisen aus den vergangenen Jahren zu einer Blüte von *Dactyliosolen fragilissimus* nicht nachgegangen werden. Zumindest war diese Kieselalgenart in unseren Proben von Ende Juli und Anfang August nicht nachzuweisen, während sie in der Lübecker Bucht (siehe Kap. 4.1.1.1) blütenbildend war. Allerdings waren Kieselalgen der Gattung *Coscinodiscus* an beiden Stationen in 20 m Wassertiefe dominant (Stat. 030: 266 mg m^{-3} , Stat. 113: 1864 mg m^{-3}). Eventuell sind dies schon die Impfpopulationen der Herbstblüte.

Die im Sommer zu erwartenden hohen Biomassen stickstoff-fixierender Cyanobakterien wurden, im Gegensatz zum Jahr 1999, in der Arkonasee tatsächlich gemessen. In der Mischprobe der oberen 10 m betrug die Biomasse von *Nodularia spumigena* 125 und 120 mg m^{-3} und die von *Aphanizomenon sp.* 441 und 66 mg m^{-3} auf den Stationen 030 und 113. Wegen Windes über 4 m/s reicherten sich die Cyanobakterien nicht an der Wasseroberfläche an, sondern verteilten sich im Oberflächenwasser. Im Gegensatz zu den Vorjahren waren um diese Zeit die Dinoflagellaten die bedeutendste Gruppe (*Gyrodinium fusiforme*, *Gymnodinium cf. lohmannii*), während sich *Mesodinium rubrum* reduzierte.

Herbst

Die Proben von Ende Oktober und Anfang November zeigten speziell auf Station 030 einen interessanten Dominanzwechsel von Dinoflagellaten (*Ceratium tripos*) zu Kieselalgen (*Coscinodiscus spp.*) an. Auf Station 113 war bereits am 27.10.2000 die $60\text{-}100 \mu\text{m}$ große Kieselalge *Coscinodis-*

cus sp. dominant (in 0-10 m Tiefe 130 mg m⁻³, in 20 m Tiefe, einschl. *C. granii*, 380 mg m⁻³). Die *Coscinodiscus*-Arten wuchsen dort im Oberflächenwasser zum 7.11.2000 auf Biomassen von 1507 mg m⁻³ an.

4.1.1.3 Pommersche Bucht

Frühjahr

Die Pommerschen Bucht ist ein sehr dynamisches, durch Einströme von Bodden und Oder geprägtes System, in dem ausgeprägte Blüten seltener nachzuweisen waren. Im Februar 2000 war die Biomasse noch sehr gering, dominiert von *Mesodinium rubrum*. Im März 1999 war eine deutliche Frühjahrsblüte registriert worden, die durch *Mesodinium rubrum* gebildet wurde. Im Jahre 2000 war Ende März (im Gegensatz zur Mecklenburger Bucht) jedoch keine markante Blüte zu finden (Station OB; Abb. 3 b und 5 a). Neben *Mesodinium rubrum* (778 mg m⁻³) sind hauptsächlich *Thalassiosira baltica* (262 mg m⁻³), *Gymnodinium* cf. *lohmannii* (157 mg m⁻³), *Skeletonema costatum* (105 mg m⁻³) und der heterotrophe (und deshalb nicht in Abb. 3 b und Tabelle 4 erfasste) Flagellat *Ebria tripartita* (147 mg m⁻³) zu nennen. Die Satellitenaufnahme vom 8.4.2000 (Abb. 5 b) zeigt bereits hohe Chlorophyll-Konzentrationen in der Pommerschen Bucht, die allerdings zum 8.5.2000 wieder etwas zurückgegangen sind (Abb. 5 c). Zum 9.5.2001 war *Mesodinium rubrum* auf 57 mg m⁻³ zurückgegangen, und es traten neben *Gymnodinium* cf. *lohmannii* (393 mg m⁻³), *Heterocapsa rotundata* (154 mg m⁻³) und *Teleaulax acuta* (123 mg m⁻³) verstärkt süßwasserliebende Arten auf: *Diatoma elongatum* (446 mg m⁻³), *Skeletonema subsalsum* (295 mg m⁻³), *Pseudanabaena* spp. (173 mg m⁻³) sowie die Grünalgen *Dictyosphaerium ehrenbergianum* (164 mg m⁻³) und *Chlamydomonas* spp. (141 mg m⁻³).

Sommer und Herbst

Im Gegensatz zu 1999 trat Anfang August an der Station OB ein sehr vielfältiges Phytoplankton und fast kein *Mesodinium rubrum* auf. Eine Cyanobakterienblüte wurde nicht beobachtet. Im September 1999 konnte aufgrund zusätzlicher Probenentnahme eine Blüte von *Gymnodinium* cf. *lohmannii* erkannt werden. Leider stand im Herbst 2000 nur eine Probe (vom 28.10.2000) zur Verfügung. Sie zeigte keine Blüte. Die detaillierte Artenzusammensetzung kann generell aus Tabelle 4 entnommen werden.

4.1.1.4 Bornholmsee

Winter und Frühjahr

In der Bornholmsee (Stat. 213, siehe Abb. 3 c) war die Phytoplankton-Biomasse, wie üblich, im Februar noch sehr gering und im wesentlichen von *Mesodinium rubrum* gebildet, daneben aber auch von *Teleaulax acuta*. *Mesodinium rubrum* wuchs bis zum 24.3.2000 auf 693 mg m⁻³ an, und es begann eine Kieselalgen-Entwicklung (*Skeletonema costatum*), die sich bis zum 3.4.2000 noch kräftig fortsetzte (vgl. Abb. 5 b). Nur zögerlich entwickelten sich auch Dinoflagellaten (*Peridiniella catenata* 58 mg m⁻³, *Heterocapsa rotundata* 26 mg m⁻³). Damit setzte sich der im wesentlichen seit 1989 beobachtete Trend des Rückgangs der Kieselalgen in der Frühjahrsblüte (WASMUND et al., 1998 a, b, 1999, 2000) im Jahre 2000 nicht fort.

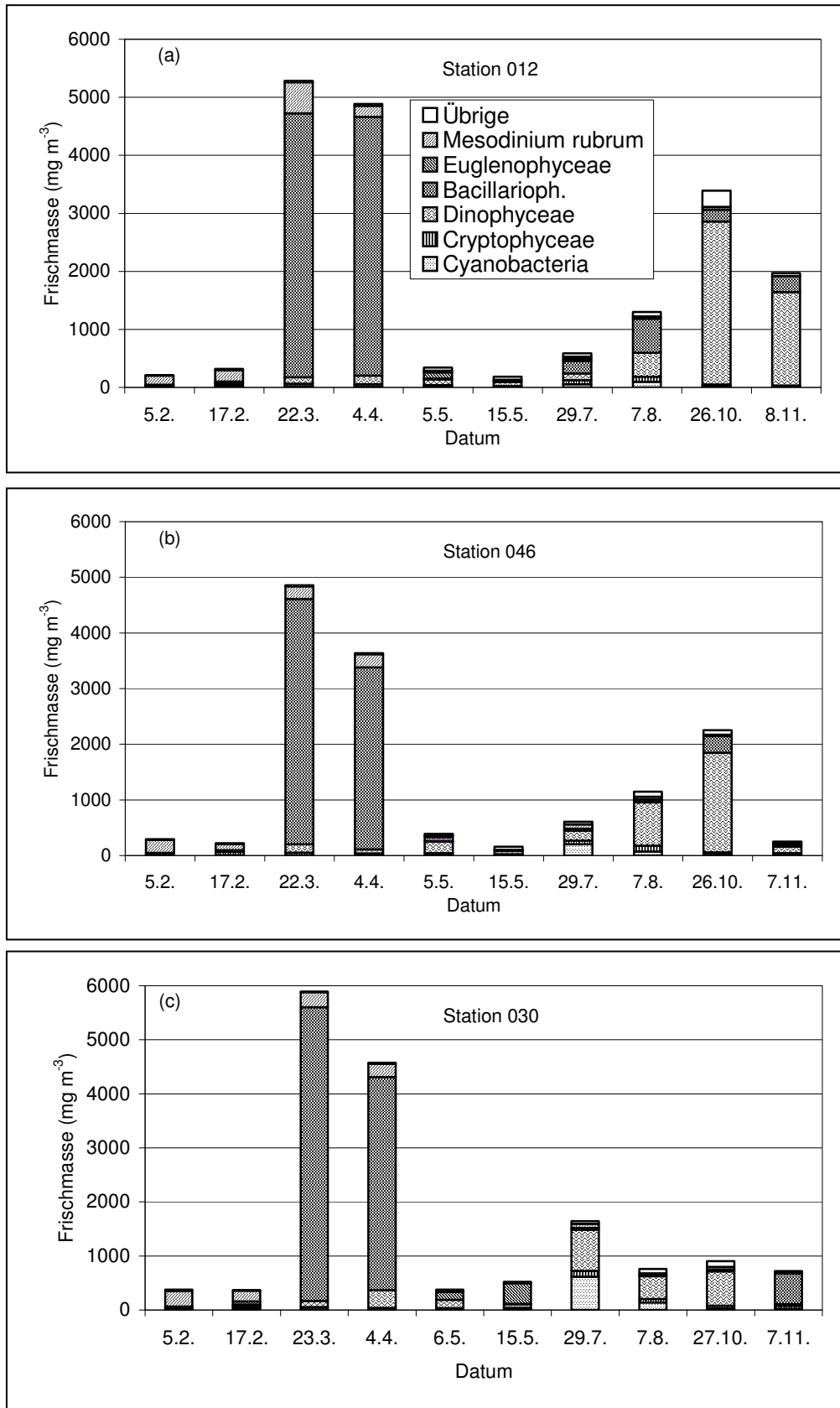


Abb. 2

Jahresgang 2000 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Mecklenburger Bucht (a und b) und der westlichen Arkonasee (c)

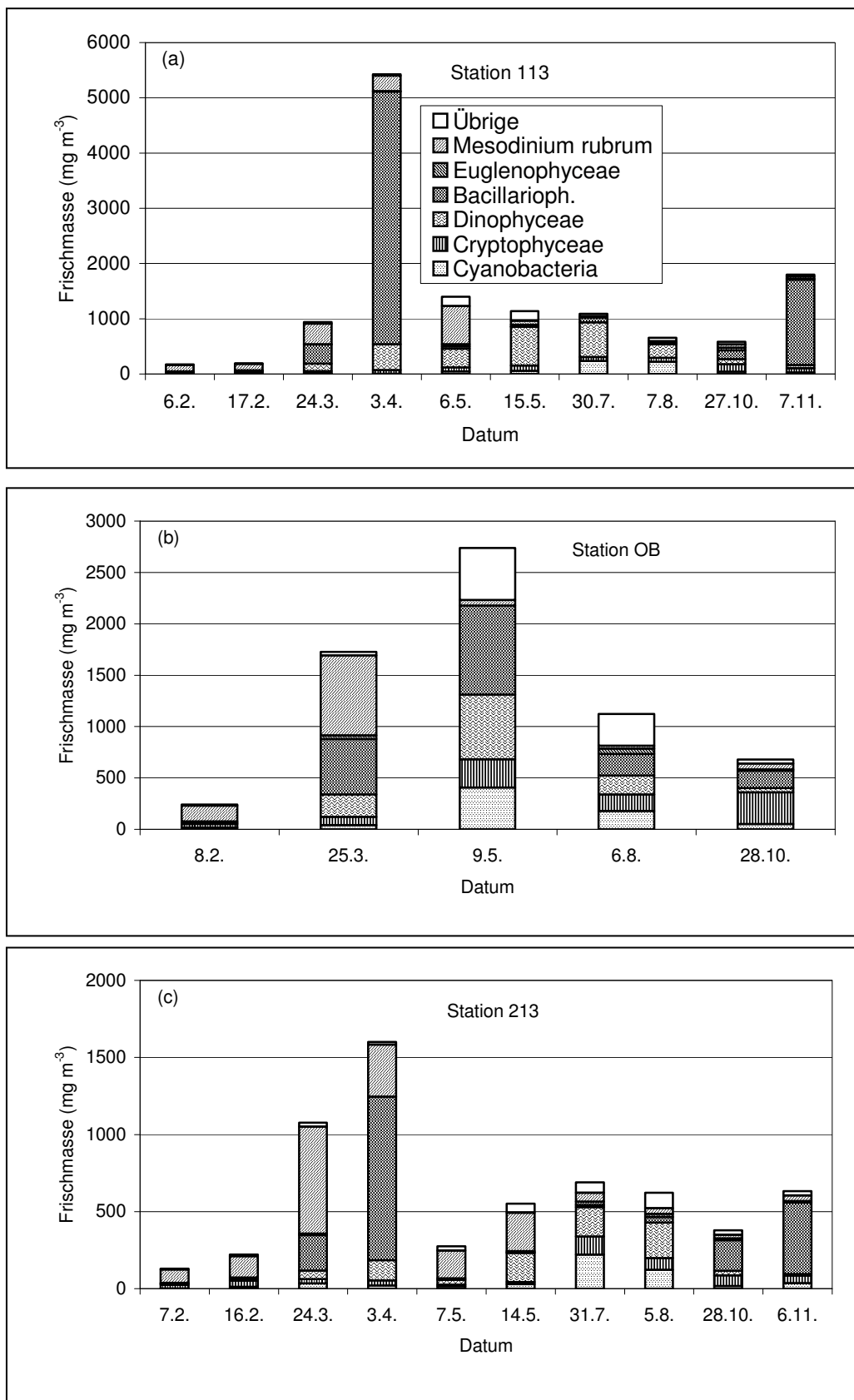


Abb. 3

Jahresgang 2000 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der zentralen Arkonasee (a), der Pommerschen Bucht (b) und der Bornholmsee (c)

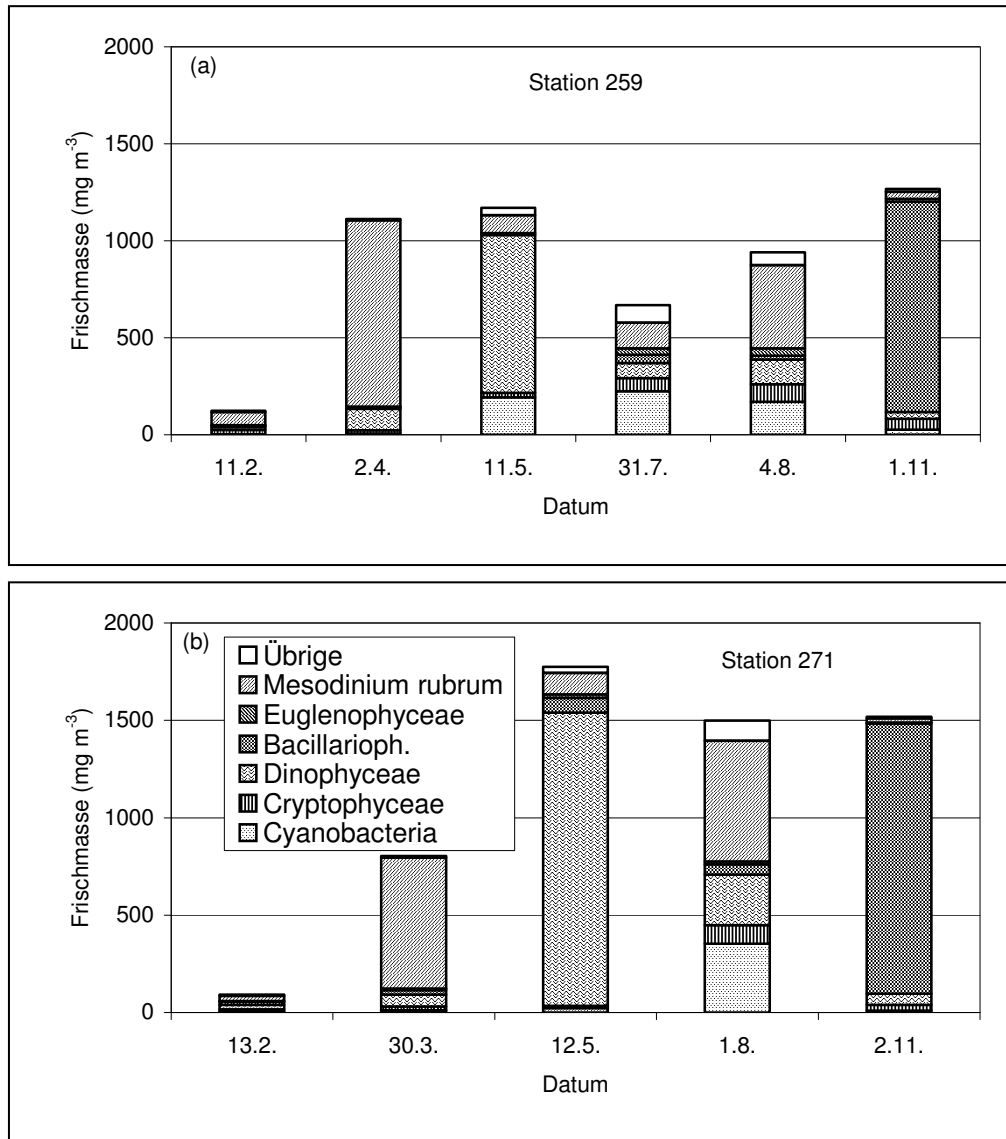


Abb. 4

Jahresgang 2000 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der östlichen Gotlandsee: südlicher (a) und zentraler (b) Teil

Zum 7.5.2000 war die Biomasse stark zurückgegangen (vgl. Abb. 5 c). Die Kieselalgen waren fast komplett verschwunden und im wesentlichen die autotrophen Ciliaten (*Mesodinium rubrum*) verblieben, während zum 14.5.2000 *Gymnodinium cf. lohmannii* auf 126 mg m^{-3} angewachsen war. *Mesodinium rubrum* hatte noch leicht zugenommen und *Aphanizomenon* sp. trat mit einer Biomasse von 20 mg m^{-3} schon in Erscheinung.

Sommer und Herbst

Zum 31.7.2000 waren die Cyanobakterien *Aphanizomenon* sp. und *Nodularia spumigena* auf 95 und 63 mg m⁻³ angewachsen. Das ist aber noch keine Blüten-Konzentration. Während der Monitoringfahrt Anfang August wurden, wahrscheinlich wegen der vorherrschenden Windstärken von 5 bis 6, in der gesamten südlichen Ostsee keine Cyanobakterien-Oberflächenblüten beobachtet. Die Kieselalge *Coscinodiscus granii*, die am 3.8.1999 kurzzeitig eine ungewöhnliche Sommerblüte gebildet hatte, trat im Sommer 2000 nicht mehr auf. Statt dessen kam *Coscinodiscus* sp. wie gewohnt Ende Oktober/Anfang November 2000 als dominante Art vor. Die wichtigsten Arten der vielfältigen Sommergemeinschaft sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

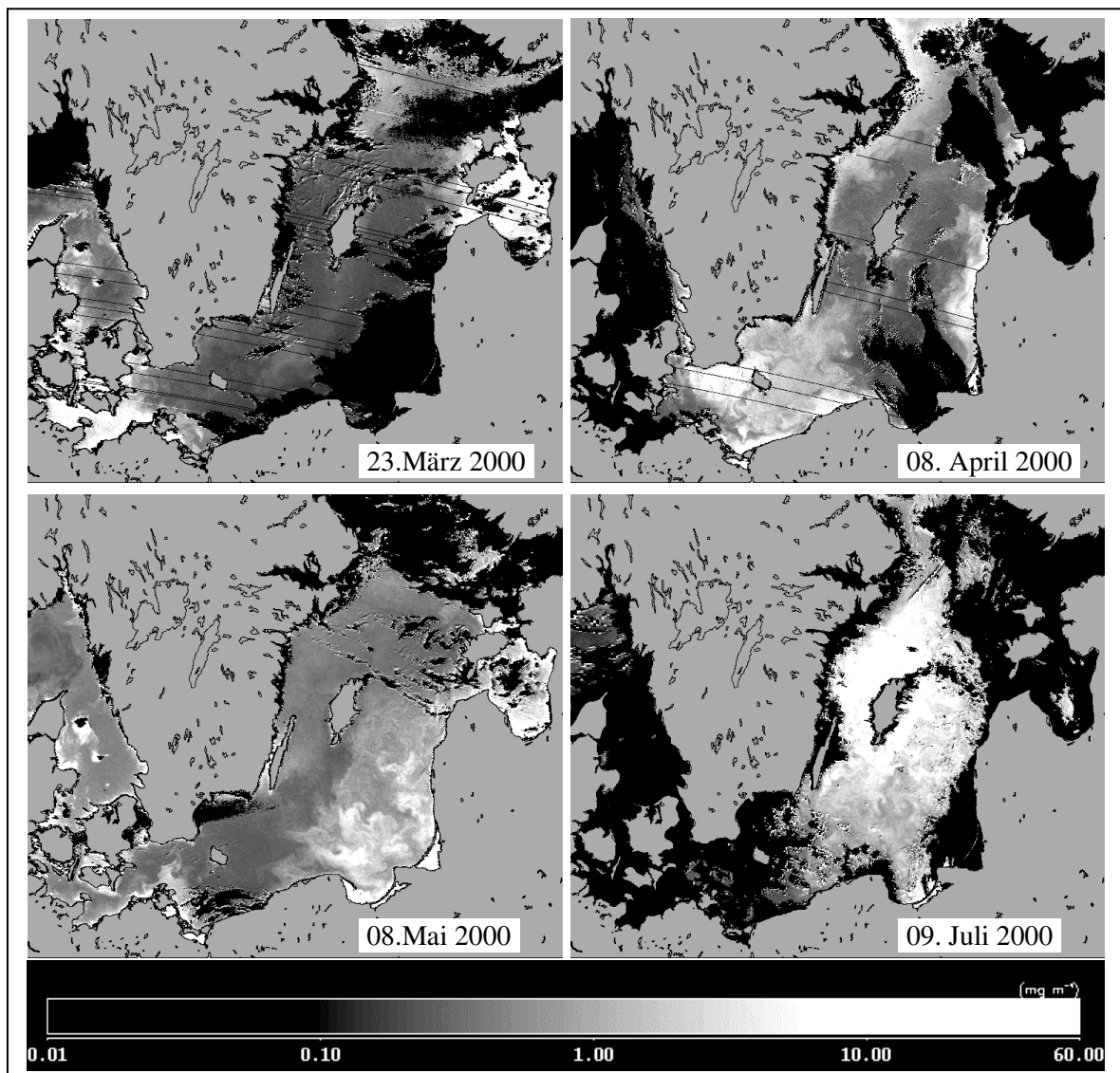


Abb. 5

Die Chlorophyll-Verteilung im Oberflächenwasser der Ostsee am 23.3.2000 (a), 8.4.2000 (b), 8.5.2000 (c) und 9.7.2000 (d)

4.1.1.5 Gotlandsee

Die Gotlandsee ist kein einheitliches Seegebiet. Es lässt sich zumindest das westliche von dem östlichen Gotlandbecken abtrennen. Auch der nördliche Teil der Gotlandsee sollte als "nördliche eigentliche Ostsee" separat behandelt werden. Im Süden stellt die Danziger Bucht ein eigenständiges Seegebiet dar. Das biologische Monitoring des IOW wurde nur im östlichen Gotlandbecken (Station 259 im südlichen Teil und Station 271 im zentralen Teil) durchgeführt.

Winter und Frühjahr

Mitte Februar zeigte das Phytoplankton an den Stationen 259 und 271 (Abb. 4 a, b) noch geringe Biomassen, die von *Mesodinium rubrum* dominiert wurden. Erwähnenswert sind weiterhin *Teleaulax acuta* und speziell auf Station 271 *Actinocyclus octonarius*.

Erfahrungsgemäß beginnt die Frühjahrsblüte nach kalten Wintern in der östlichen Gotlandsee später als in den westlichen Seegebieten (WASMUND et al., 1998 b). Nach dem relativ milden Winter 1999/2000 war, wie schon in den beiden vorherigen Jahren, bereits Ende März der Beginn der Phytoplanktonblüte nachzuweisen. Die geringeren Biomassen im Vergleich zu den westlichen Teilen der Ostsee zeigten aber doch eine gewisse Verzögerung der Entwicklung in den östlichen Seegebieten an. Das Wachstum wurde fast ausschließlich von *Mesodinium rubrum* ausgemacht. Daneben spielten Dinoflagellaten (*Peridiniella catenata*, *Heterocapsa rotundata*, an Stat. 259 auch *Gymnodinium* spp.) eine gewisse Rolle. Es könnte auch für das Jahr 2000 die im Vorjahr geäußerte Hypothese zutreffen, dass dieser ungewöhnlich frühe Blütenbeginn nichts mit einer Vorverlagerung des Wachstums der üblichen Arten, sondern mit einem massiven Auftreten des bislang nie in diesen hohen Biomassen vorkommenden Ciliaten *Myrionecta rubra* zu tun hat. Der Dinoflagellat *Peridiniella catenata* kam tatsächlich, wie aus den Vorjahren bekannt, erst im Mai zur Blüte (226 mg m⁻³ an Stat. 259; 1042 mg m⁻³ am Stat. 271). Daneben waren speziell an Station 259 weitere Arten wichtig: *Protoperdinium longispinum* (281 mg m⁻³), *Dinophysis norvegica* (176 mg m⁻³), *Aphanizomenon* sp. (155 mg m⁻³). Die Satellitenaufnahmen (Abb. 5 b und c) lassen vermuten, dass die Entwicklung von der Küste bzw. den Flussmündungen in Richtung offene Gotlandsee voranschreitet.

Sommer und Herbst

Die Frühjahrspopulation von *Aphanizomenon* sp. wuchs zum Sommer hin weiter an, um dann einen wesentliche Anteil an der typischen Cyanobakterien-Blüte auszumachen. Die zweite wichtige Art der Cyanobakterienblüte, *Nodularia spumigena*, erscheint dagegen in den Juli-Proben spontan. Die Lücke in der Beprobung zwischen Mitte Mai und Ende Juli kann durch Satellitenaufnahmen geschlossen werden, die zudem einen ganzheitlichen Blick auf die Ostsee erlauben. Demnach begann die Cyanobakterien-Blütenentwicklung etwa ab 24.6.2000 zwischen Nordgotland und dem schwedischen Festland und breitete sich dann nach Süden um Gotland aus. Am 9.7. war die gesamte westliche Gotlandsee durch Oberflächenakkumulationen bedeckt, aber auch in der östlichen Gotlandsee waren erhöhte Konzentrationen vorhanden (Abb. 5 d). Im weiteren Verlauf verlagerte sich die Blüte nach Norden und Süden und erfasste am 30.7.2000 die gesamte Gotlandsee. In der Folgezeit bis 25.8. konzentrierte sich die Blüte auf die nördliche und westliche Gotlandsee. Im Finnischen Meerbusen und in der Bottnischen See waren Oberflächenakkumulationen noch bis Ende August zu beobachten. Während der Juli/August-Terminfahrt wurden an der Wasseroberfläche konzentrierte Cyanobakterienblüten lediglich in der nördlichen eigentlichen

Ostsee, im Bereich der Stationen 282 und 283 (am 2.8.2000) beobachtet, wo es bei Windstille zu einem Aufsteigen der im Wasser verteilten Cyanobakterien-Aggregate und zur Anreicherung an der Wasseroberfläche kam. Die über die oberen 20 m der Wassersäule integrierten Chlorophyll a-Werte (siehe Tabelle 7, S. 38) zeigten an Station 283 nur leicht erhöhte Werte.

Interessant ist, dass *Mesodinium rubrum* im Vergleich zum Mai wieder deutlich gewachsen ist. Diese Art scheint also sowohl im kalten also auch im warmen Wasser optimale Bedingungen zu finden, oder aber wir haben es mit 2 Arten zu tun, die wir nicht unterscheiden konnten. Die wichtigsten Begleitarten sind der Tabelle 4 zu entnehmen. An Station 259 wurden am 4.8.2000 in 30 m Tiefe, also noch unter der Temperatursprungschicht, 229 mg m^{-3} *Chaetoceros impressus* und 58 mg m^{-3} *Dinophysis norvegica* gefunden, während in den oberen 10 m der Wassersäule nur 15 mg m^{-3} *Chaetoceros impressus* und kein *Dinophysis norvegica* auftrat.

Am 1./2.11.2000 war die zu erwartende Blüte großer *Coscinodiscus*-Zellen (*Coscinodiscus* sp. und *Coscinodiscus granii*), begleitet von *Actinocyclus octonarius*, nachzuweisen.

Tabelle 4 Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Arten (in Prozent der Phytoplankton-Biomasse) in den oberen 10 m der Wassersäule im Frühjahr, Sommer und Herbst 2000 in den verschiedenen Seegebieten. Fortsetzung auf Seite 28 !

Frühjahr (März-Mai)	(%)	Sommer (Juni-Sept.)	(%)	Herbst (Okt.-Dez.)	(%)
Mecklenburger Bucht (Stat. 12, 22, 46)					
<i>Skeletonema costatum</i>	47,4	<i>Gymnodinium cf. lohmannii</i>	20,4	<i>Ceratium tripos</i>	63
<i>Chaetoceros decipiens</i>	14,4	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	17,6	<i>Ceratium fusus</i>	13,2
<i>Mesodinium rubrum</i>	7,8	<i>Coscinodiscus</i> sp.	10,2	<i>Dictyocha speculum</i>	4,2
<i>Thalassiosira baltica</i>	4,3	<i>Ceratium tripos</i>	6,6	<i>Cerataulina pelagica</i>	3,7
<i>Thalassiosira angustelineata</i>	3,3	<i>Mesodinium rubrum</i>	3,5	<i>Ceratium furca</i>	1,9
<i>Thalassiosira levanderi</i>	2,5	<i>Plagioselmis prolunga</i>	2,5	<i>Mesodinium rubrum</i>	1,5
<i>Gymnodinium cf. lohmannii</i>	2,5	<i>Nodularia spumigena</i>	2,4	<i>Coscinodiscus</i> sp.	1,5
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	2,0	<i>Eutreptiella</i> sp.	2,0	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	1,2
<i>Heterocapsa rotundata</i>	0,9	<i>Teleaulax acuta</i>	2,0	<i>Teleaulax acuta</i>	0,9
<i>Chaetoceros subtilis</i>	0,9	<i>Heterocapsa rotundata</i>	1,9	<i>Gymnodinium cf. lohmannii</i>	0,8
Arkonasee (Stat. 30,109,113)					
<i>Skeletonema costatum</i>	43,0	<i>Gymnodinium cf. lohmannii</i>	27,3	<i>Coscinodiscus</i> sp.	31,4
<i>Mesodinium rubrum</i>	23,5	<i>Aphanizomenon</i> sp.	15,1	<i>Ceratium tripos</i>	8,8
<i>Gymnodinium cf. lohmannii</i>	3,7	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	9,8	<i>Coscinodiscus granii</i>	8,4
<i>Thalassiosira levanderi</i>	3,6	<i>Nodularia spumigena</i>	8,5	<i>Phacus</i> sp.	6,7
<i>Thalassiosira baltica</i>	3,3	<i>Mesodinium rubrum</i>	3,4	<i>Pyramimonas</i> sp.	4,5
<i>Heterocapsa rotundata</i>	2,3	<i>Heterocapsa triquetra</i>	3,3	<i>Teleaulax acuta</i>	4,4
<i>Phacus</i> sp.	1,9	<i>Plagioselmis prolunga</i>	2,9	<i>Plagioselmis prolunga</i>	4,1
<i>Teleaulax acuta</i>	1,9	<i>Pyramimonas</i> sp.	2,3	<i>Mesodinium rubrum</i>	3,8
<i>Chaetoceros subtilis</i>	1,8	<i>Heterocapsa rotundata</i>	2,0	<i>Gymnodinium cf. lohmannii</i>	3,0
<i>Pyramimonas</i> sp.	0,9	<i>Anabaena</i> sp.	1,7	<i>Eutreptiella</i> sp.	2,9

Pommersche Bucht (Stat. OB)					
<i>Mesodinium rubrum</i>	18,7	<i>Thalassiosira levanderi</i>	12,5	<i>Coscinodiscus</i> sp.	23,7
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>lohmannii</i>	12,3	<i>Dactylosphaerium jurisii</i>	6,9	<i>Plagioselmis prolunga</i>	16,1
<i>Diatoma elongatum</i>	12,1	<i>Synechococcus</i> sp.	6,6	<i>Teleaulax acuta</i>	11,1
<i>Skeletonema subsalsum</i>	6,6	<i>Coscinodiscus</i> sp.	5,5	<i>Mesodinium rubrum</i>	8,5
<i>Thalassiosira baltica</i>	5,9	<i>Plagioselmis prolunga</i>	5,1	<i>Teleaulax amphioxeia</i>	4,3
<i>Heterocapsa rotundata</i>	4,1	<i>Protopteridinium</i> sp.	4,2	<i>Prorocentrum minimum</i>	2,9
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	3,7	<i>Teleaulax acuta</i>	4,0	<i>Heterocapsa rotundata</i>	2,1
<i>Teleaulax acuta</i>	3,2	<i>Pyramimonas</i> sp.	3,7	<i>Eutreptiella</i> sp.	1,4
<i>Pseudanabaena</i> sp.	2,5	<i>Eutreptiella</i> sp.	3,3	<i>Actinocyclus octonarius</i>	0,8
<i>Skeletonema costatum</i>	2,4	<i>Heterocapsa triquetra</i>	3,0	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>arcticum</i>	0,4
Bornholmsee (Stat. 213)					
<i>Mesodinium rubrum</i>	41,7	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>lohmannii</i>	20,3	<i>Coscinodiscus</i> sp.	59,3
<i>Skeletonema costatum</i>	30,5	<i>Aphanizomenon</i> sp.	8,2	<i>Mesodinium rubrum</i>	6,0
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>lohmannii</i>	4,0	<i>Nodularia spumigena</i>	7,1	<i>Plagioselmis prolunga</i>	5,3
<i>Aphanizomenon</i> sp.	2,1	<i>Plagioselmis prolunga</i>	6,7	<i>Pyramimonas</i> sp.	3,0
<i>Peridiniella catenata</i>	1,8	<i>Mesodinium rubrum</i>	6,6	<i>Teleaulax acuta</i>	2,6
<i>Heterocapsa rotundata</i>	1,6	<i>Pyramimonas</i> sp.	5,7	<i>Chaetoceros impressus</i>	2,6
<i>Thalassiosira levanderi</i>	1,4	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>albulum</i>	2,7	<i>Actinocyclus octonarius</i>	2,3
<i>Chaetoceros wighamii</i>	1,3	<i>Eutreptiella</i> sp.	2,7	<i>Eutreptiella</i> sp.	1,9
<i>Teleaulax acuta</i>	1,1	<i>Chaetoceros impressus</i>	2,6	<i>Heterocapsa rotundata</i>	1,4
<i>Dinophysis norvegica</i>	0,9	<i>Amphidinium</i> sp.	2,6	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>arcticum</i>	1,0
Gotlandsee (Stat. 259, 271)					
<i>Mesodinium rubrum</i>	38,2	<i>Mesodinium rubrum</i>	38,1	<i>Coscinodiscus</i> sp.	74,9
<i>Peridiniella catenata</i>	26,5	<i>Nodularia spumigena</i>	9,1	<i>Coscinodiscus granii</i>	7,6
<i>Protopteridinium</i> sp.	7,4	<i>Aphanizomenon</i> sp.	8,8	<i>Actinocyclus octonarius</i>	5,1
<i>Dinophysis norvegica</i>	4,5	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>lohmannii</i>	6,4	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>lohmannii</i>	2,2
<i>Aphanizomenon</i> sp.	3,7	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>albulum</i>	3,4	<i>Mesodinium rubrum</i>	2,2
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>lohmannii</i>	3,5	<i>Plagioselmis prolunga</i>	3,3	<i>Plagioselmis prolunga</i>	1,6
<i>Gymnodinium</i> sp.	2,6	<i>Chaetoceros impressus</i>	3,1	<i>Teleaulax acuta</i>	0,7
<i>Heterocapsa rotundata</i>	1,9	<i>Pyramimonas</i> sp.	2,9	<i>Chaetoceros impressus</i>	0,6
<i>Scrippsiella hangoei</i>	1,2	<i>Eutreptiella</i> sp.	2,0	<i>Phacus</i> sp.	0,5
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>albulum</i>	0,8	<i>Glenodinium</i> sp.	1,7	<i>Thalassiosira levanderi</i>	0,4

Tabelle 5 Liste der im Jahre 2000 gefundenen Phytoplanktonarten, geordnet nach taxonomischen Gruppen und Fahrten (Fortsetzung auf S. 30 und 31)

Name	Synonym	Febr	Mär/Apr	Mai	Jul/Aug	Okt/Nov
Cyanobacteria (Cyanophyta)						
<i>Achroonema lentum</i>					X	
<i>Anabaena</i> sp.				X	X	
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>				X	X	
<i>Aphanothece minutissima</i>		X	X	X	X	X
<i>Aphanizomenon</i> sp.	<i>Aphanizomenon "baltica"</i>	X	X	X	X	X
<i>Aphanothece</i> sp.			X	X	X	
<i>Chroococcus microscopicus</i>					X	
<i>Coelosphaerium minutissimum</i>		X	X	X	X	X
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>				X	X	
<i>Lemmermanniella pallida</i>			X	X	X	X
<i>Limnothrix planctonica</i>			X	X	X	X
<i>Merismopedia punctata</i>				X	X	X
<i>Merismopedia warmingiana</i>					X	X
<i>Microcystis aeruginosa</i>				X	X	
<i>Nodularia spumigena</i>				X	X	
<i>Planktothrix agardhii</i>	<i>Oscillatoria agardhii</i>		X	X		
<i>Planktolyngbya contorta</i>	<i>Lyngbya contorta</i>			X		
<i>Planktolyngbya subtilis</i>	<i>Lyngbya limnetica</i>			X		
<i>Planktolyngbya</i> sp.				X		
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	<i>Oscillatoria limnetica</i>			X	X	X
<i>Pseudanabaena</i> sp.				X	X	X
<i>Snowella septentrionalis</i>				X	X	X
<i>Synechococcus</i> sp.		X	X	X	X	X
<i>Woronichinia compacta</i>			X	X	X	X
Cryptophyceae						
Cryptophyceae, unbestimmt		X	X	X	X	X
<i>Hemiselmis</i> sp.		X	X		X	X
<i>Plagioselmis prolunga</i>		X	X	X	X	X
<i>Teleaulax acuta</i>		X	X	X	X	X
<i>Teleaulax amphioxeia</i>		X	X	X	X	X
Dinophyceae						
<i>Amphidinium crassum</i>			X	X	X	X
<i>Amphidinium</i> sp.		X	X	X	X	X
<i>Ceratium furca</i>						X
<i>Ceratium fusus</i>		X			X	X
<i>Ceratium longipes</i>					X	
<i>Ceratium tripos</i>		X			X	X
<i>Dinophysis acuminata</i>				X	X	X
<i>Dinophysis acuta</i>			X	X		
<i>Dinophysis baltica</i>				X		
<i>Dinophysis norvegica</i>		X	X	X	X	X
<i>Dinophysis rotundata</i>					X	
<i>Dissodinium pseudolunula</i>						X
<i>Ebria tripartita</i>		X	X	X	X	X
<i>Glenodinium</i> sp.		X	X	X	X	X
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>albulum</i>		X	X	X	X	X
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>arcticum</i>		X	X	X	X	X
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>lohmannii</i>			X	X	X	X
<i>Gymnodinium westificii</i>			X	X	X	X

<i>Gymnodinium</i> sp.		X	X	X	X	
<i>Gyrodinium fusiforme</i>		X	X	X	X	X
<i>Gyrodinium</i> sp.		X				X
<i>Heterocapsa triquetra</i>		X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa rotundata</i>	<i>Katodinium rotundatum</i>	X	X	X	X	X
<i>Peridiniella catenata</i>	<i>Gonyaulax catenata</i>	X	X	X		
<i>Prorocentrum balticum</i>		X	X	X	X	X
<i>Prorocentrum micans</i>					X	X
<i>Prorocentrum minimum</i>					X	X
<i>Proto-peridinium bipes</i>			X	X		
<i>Proto-peridinium brevipes</i>			X	X		X
<i>Proto-peridinium granii</i>		X	X	X	X	
<i>Proto-peridinium longispinum</i>			X	X	X	X
<i>Proto-peridinium pallidum</i>			X			X
<i>Proto-peridinium pyriforme</i>						X
<i>Proto-peridinium</i> sp.		X	X	X	X	X
<i>Scrippsiella hangoei</i>	<i>Peridinium hangoei</i>			X	X	
<i>Scrippsiella trochoidea</i>				X	X	
Prymnesiophyceae (Haptophyceae)						
Prymnesiophyceae, unbest.		X	X	X	X	X
<i>Phaeocystis pouchetii</i>				X	X	X
Chrysophyceae						
<i>Dinobryon</i> sp.			X	X	X	X
<i>Pseudopedinella elastica</i>		X	X	X	X	X
Dictyochophyceae						
<i>Dictyocha speculum</i>	<i>Distephanus speculum</i>	X	X	X	X	X
Bacillariophyceae (Diatomophyceae)						
<i>Achnanthes taeniata</i>			X			
<i>Actinocyclus octonarius</i>		X	X		X	X
<i>Asterionella formosa</i>				X		
<i>Attheya septentrionalis</i>	<i>Chaetoceros septentrionalis</i>	X	X	X	X	X
<i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Melosira granulata</i>			X		
<i>Centric diatomeae</i>		X	X	X	X	X
<i>Cerataulina pelagica</i>	<i>Cerataulina bergonii</i>				X	X
<i>Chaetoceros affinis</i>				X		X
<i>Chaetoceros borealis</i>				X		
<i>Chaetoceros calcitrans</i>		X	X			X
<i>Chaetoceros ceratosporus</i>		X	X			
<i>Chaetoceros curvisetus</i>			X		X	X
<i>Chaetoceros danicus</i>			X	X	X	
<i>Chaetoceros decipiens</i>		X	X	X		
<i>Chaetoceros gracilis</i>		X				
<i>Chaetoceros impressus</i>		X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros similis</i>			X	X		
<i>Chaetoceros simplex</i>			X	X		
<i>Chaetoceros socialis</i>			X			
<i>Chaetoceros subtilis</i>		X	X		X	X
<i>Chaetoceros wighamii</i>			X	X		
<i>Chaetoceros</i> sp.		X	X	X	X	X
<i>Coscinodiscus granii</i>			X			X
<i>Coscinodiscus</i> sp.				X	X	X
<i>Cyclotella</i> sp.					X	X
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>		X			X
<i>Diatoma elongatum</i>			X	X		
<i>Ditylum brightwellii</i>			X			X
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Rhizosolenia delicatula</i>			X		X
<i>Guinardia flaccida</i>						X
<i>Leptocylindrus minimus</i>			X			
<i>Melosira arctica</i>			X			

<i>Melosira</i> sp.		X				
<i>Nitzschia acicularis</i>			X	X	X	
<i>Nitzschia longissima</i>		X	X	X	X	X
<i>Nitzschia</i> sp.		X				
<i>Proboscia alata</i>	<i>Rhizosolenia alata</i>				X	X
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	<i>Nitzschia delicatissima</i>	X	X	X	X	X
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	<i>Nitzschia seriata</i>					X
<i>Rhizosolenia pungens</i>					X	X
<i>Rhizosolenia setigera</i>						X
<i>Skeletonema costatum</i>		X	X	X	X	X
<i>Skeletonema subsalsum</i>				X		
<i>Synedra</i> sp.					X	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>			X			
<i>Thalassiosira baltica</i>		X	X			
<i>Thalassiosira levanderi</i>		X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira</i> sp.				X	X	X
Euglenophyceae						
<i>Eutreptiella</i> sp.		X	X	X	X	X
<i>Phacus</i> sp.		X	X	X	X	X
Prasinophyceae						
<i>Pterosperma</i> sp.		X	X	X	X	X
<i>Pyramimonas</i> sp.		X		X	X	X
Chlorophyceae						
<i>Actinastrum hantzschii</i>				X		
<i>Chlamydomonas</i> sp.		X	X	X	X	X
<i>Coelastrum microporum</i>				X		
<i>Crucigeniella</i> sp.			X	X	X	
<i>Dactylosphaerium jurisii</i>				X	X	X
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>				X		
<i>Monoraphidium contortum</i>		X	X	X	X	X
<i>Monoraphidium komarkovae</i>			X	X		
<i>Monoraphidium minutum</i>		X				
<i>Oocystis</i> sp.		X	X	X	X	X
<i>Pediastrum boryanum</i>			X	X		
<i>Pediastrum duplex</i>				X		
<i>Planktonema lauterbornii</i>	<i>Binuclearia lauterbornii</i>	X	X	X	X	X
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	<i>Scenedesmus falcatus</i>			X		
<i>Scenedesmus acutus</i>	<i>Scenedesmus obliquus</i>		X	X		
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Scenedesmus communis</i>		X	X		
<i>Scenedesmus lefevrii</i>		X	X	X		
<i>Scenedesmus opoliensis</i>			X	X		X
Ciliophora						
<i>Mesodinium rubrum</i>	<i>Myrionecta rubra</i>	X	X	X	X	X
Anzahl der Taxa: 144		58	85	101	88	86

Tabelle 6 Saison-Mittelwerte der Biomasse (in mg m⁻³) von *Mesodinium rubrum* (= *Myrionecta rubra*) in den Jahren 1998 - 2000 an den einzelnen Stationen und zu den verschiedenen Jahreszeiten (0-10 m Wassertiefe)

Stat	Monate	1998	1999	2000	Stat	Monate	1998	1999	2000
360	Jan-Feb	4,2	7,5	181,5	69, 109, 113	Jan-Feb	18,0	50,1	97,6
	Mär-Mai	38,8	222,8	91,9		Mär-Mai	83,6	1232,0	265,6
	Jun-Sep	4,9	162,4	7,3		Jun-Sep	22,0	1188,5	24,7
	Okt-Dez	11,3		14,0		Okt-Dez	23,9		31,1
12	Jan-Feb	44,0	28,9	175,1	PB	Jan-Feb	29,0	43,2	152,3
	Mär-Mai	8,9	261,4	195,2		Mär-Mai	72,4	2151,1	417,5
	Jun-Sep	22,8	216,0	23,1		Jun-Sep	29,5	1083,3	29,0
	Okt-Dez	35,5		23,0		Okt-Dez	52,8		57,7
22	Jan-Feb	24,3	10,0	108,7	213	Jan-Feb	12,9	33,3	113,2
	Mär-Mai	15,2	224,4	406,6		Mär-Mai	40,1	1563,5	364,9
	Jun-Sep	9,2	181,9	26,6		Jun-Sep	15,5	425,1	42,4
	Okt-Dez	21,2		41,5		Okt-Dez	11,7		30,3
46	Jan-Feb	46,5	23,6	172,6	259	Jan-Feb	3,0	16,7	68,2
	Mär-Mai	26,5	514,6	126,0		Mär-Mai	37,2	627,8	526,3
	Jun-Sep	27,0	211,6	62,1		Jun-Sep	51,8	323,6	280,7
	Okt-Dez	29,7		29,1		Okt-Dez	10,6		36,2
30	Jan-Feb	41,6	62,7	242,8	271	Jan-Feb	2,8	5,8	27,3
	Mär-Mai	42,8	826,8	134,5		Mär-Mai	30,4	610,5	391,2
	Jun-Sep	25,3	433,9	47,2		Jun-Sep	99,7	619,8	618,6
	Okt-Dez	23,4		36,8		Okt-Dez	11,6		22,3

4.1.2 Sedimentation

Da hier die Sedimentations-Daten des Jahres 1999 vorgestellt werden, müssen sie in Beziehung gesetzt werden zu den bereits von WASMUND et al. (2000) veröffentlichten Phytoplanktondaten desselben Jahres.

Im Gegensatz zu den Vorjahren setzte sich im Jahre 1999 ein geringes Sedimentationsniveau von organischem Kohlenstoff und Stickstoff über den Winter bis in den April fort (Abb. 6, 7). Erst im Mai findet sich ein extremes Sedimentationsereignis, das in seiner Höhe und Elementzusammensetzung (C:N:P; siehe Abb. 6-8) der beobachteten Frühjahrsblüte entspricht. Hohe Silikatwerte (Abb. 9) zeigen zusammen mit der mikroskopischen Auswertung der Algengruppen (Abb. 10-13), dass hier Frühjahrsdiatomeen die hauptsächlichen Transportagenten für organische Substanz zum Sediment sind. Ein leichter Anstieg der Silikatsedimentation ab März und begleitende Funde von Diatomeen im Fallenmaterial zeigen allerdings, dass die Entwicklung einer Diatomeenpopulation im Pelagial schon wesentlich früher begonnen hat. Das ist ein Hinweis darauf, dass möglicherweise doch eine Kieselalgen-Frühjahrsblüte in der östlichen Gotlandsee stattfindet, diese wegen fehlender Beprobung im April bisher nur nicht erkannt ist. Andererseits hat die Silikatkonzentration im Wasser vom Februar bis Mitte Mai nicht wesentlich abgenommen, was wiederum auf eine fehlende

Kieselalgenentwicklung schließen lässt. Die Diskrepanz zwischen fehlender Kieselalgenblüte in den oberen Wasserschichten und nachgewiesener Kieselalgen-Sedimentation könnte auf einen lateralen Eintrag von Kieselalgen in tieferen Wasserschichten hinweisen oder sogar auf aus dem Sediment aufsteigende Kieselalgen, die aber die permanente Salzsprungschicht nicht zu durchdringen vermögen und schließlich wieder absinken. Ein sehr frühes Silikatmaximum im Januar/Februar weist zusammen mit ebenfalls höheren Phosphormengen, aber geringen Kohlenstoff- und Stickstoffgehalten auf den typischen Resuspensionspeak mineralischen Materials in dieser Jahreszeit hin. Die mikroskopischen Analysen zeigen hier keine Beteiligung von Organismen an diesen Absinkprozessen.

Die quantitativ wichtigste Phase des Absinkens organischer Substanz ist der Spätsommer. Zwischen Juli und Oktober findet in einzelnen Schüben die höchste Sedimentation von C, N, und P (Abb. 6-8) im Jahr statt. Getrieben wird dieser Stoffexport von fädigen Cyanobakterien (*Nodularia*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*; siehe Abb. 12), die den für die Biomassebildung notwendigen Stickstoff durch die biologische Fixierung von gelöstem N₂ gewinnen. Beteiligt sind allerdings auch Organismen, die mit den Cyanobakterien-Aggregaten vergesellschaftet sind. So sind die hohen Silikatmengen im Fallenmaterial (Abb. 9) durch das vermehrte Auftreten von pennaten Diatomeen (*Nitzschia paleacea*) zu erklären, die in der typischen Alterungsphase von *Nodularia spumigena* deren Aggregate besiedeln. Die extrem niedrigen Isotopenwerte des Stickstoffs in dieser Zeit (Abb. 14) lassen die Deutung zu, dass atmosphärischer, durch Cyanobakterien gebundener Stickstoff die Hauptquelle für alle organischen Stickstoffkomponenten in dieser Zeit ist, und dass die Cyanobakterien damit die Grundlage für ein diverses System verschiedenster Organismen bilden. Mit der Cyanobakteriengemeinschaft überlagern sich Dinoflagellaten, die ebenfalls im Sommer ihr stärkstes Vorkommen haben (Abb. 11). Ende Oktober/November werden die Cyanobakterien von einer späten Gemeinschaft von Kieselalgen (*Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, *Achnantes*) als typische Herbstblüte abgelöst, die dann in das niedrige Winterniveau übergeht.

Die Entwicklung im Jahre 1999 spiegelt so im wesentlichen die mittlere Situation der ersten 5 Jahre der Sedimentationsmessungen wider. Die Abbildungen 14 und 15 zeigen als Monatsmittelwerte über die Periode von 1995–1999 diese Entwicklung noch einmal. Die Beobachtung, dass der Hauptsedimentationsschub im Spätsommer mit isotopisch extrem leichtem Stickstoff einhergeht, betont auch im statistischen Mittel die hohe Bedeutung der Cyanobakterien für den Kohlenstoffexport in der zentralen Ostsee. In der Entwicklung dieser sommerlichen Gemeinschaft deutet ein absinkendes C/N-Verhältnis im sedimentierenden Material (Abb. 16) auf eine sich verbessernde Zufuhr an Stickstoff durch N-Fixierung und ein zugleich weit über das normale Maß im marinen organischen Material (Redfield-Verhältnis) ansteigendes C/P-Verhältnis (Abb. 17) auf eine immer schlechter werdende Phosphorversorgung hin. In dieser für die gesamte Biogeochemie der mittleren Ostsee bedeutenden Phase ist offenbar eher Phosphor das limitierende Element für die Exportproduktion.

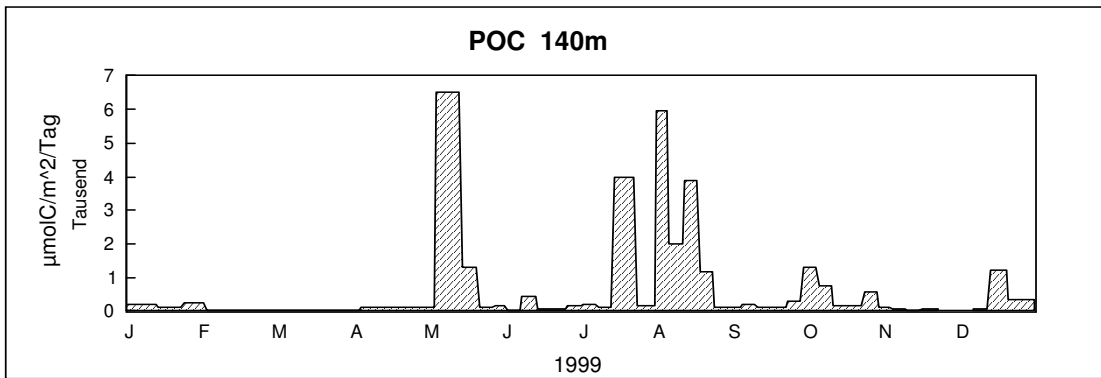


Abb. 6: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Kohlenstoff im Sedimentationshorizont 140 m auf der Station 271 im Jahre 1999.

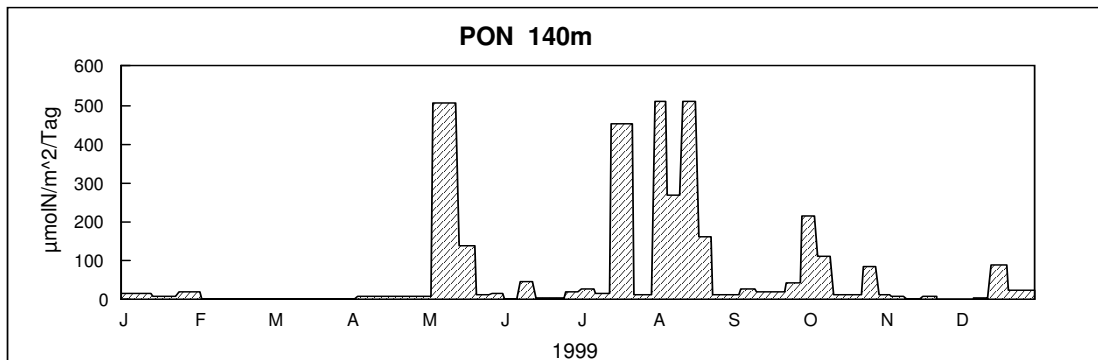


Abb. 7: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Stickstoff im Sedimentationshorizont 140 m auf der Station 271 im Jahre 1999.

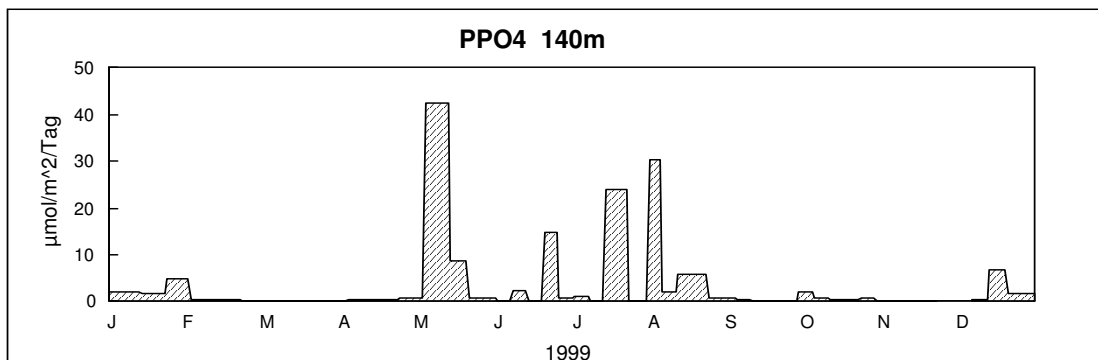


Abb. 8: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem Phosphor im Sedimentationshorizont 140 m auf der Station 271 im Jahre 1999.

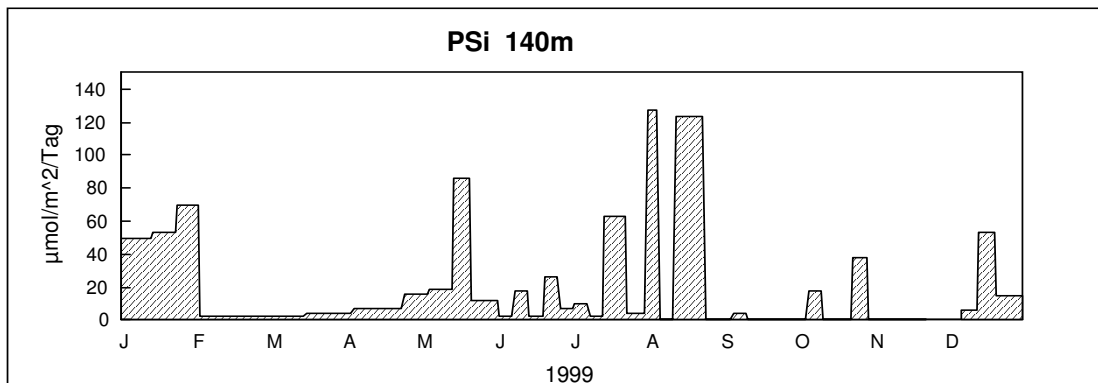


Abb. 9: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem biogenem Silikat im Sedimentationshorizont 140 m auf der Station 271 im Jahre 1999.

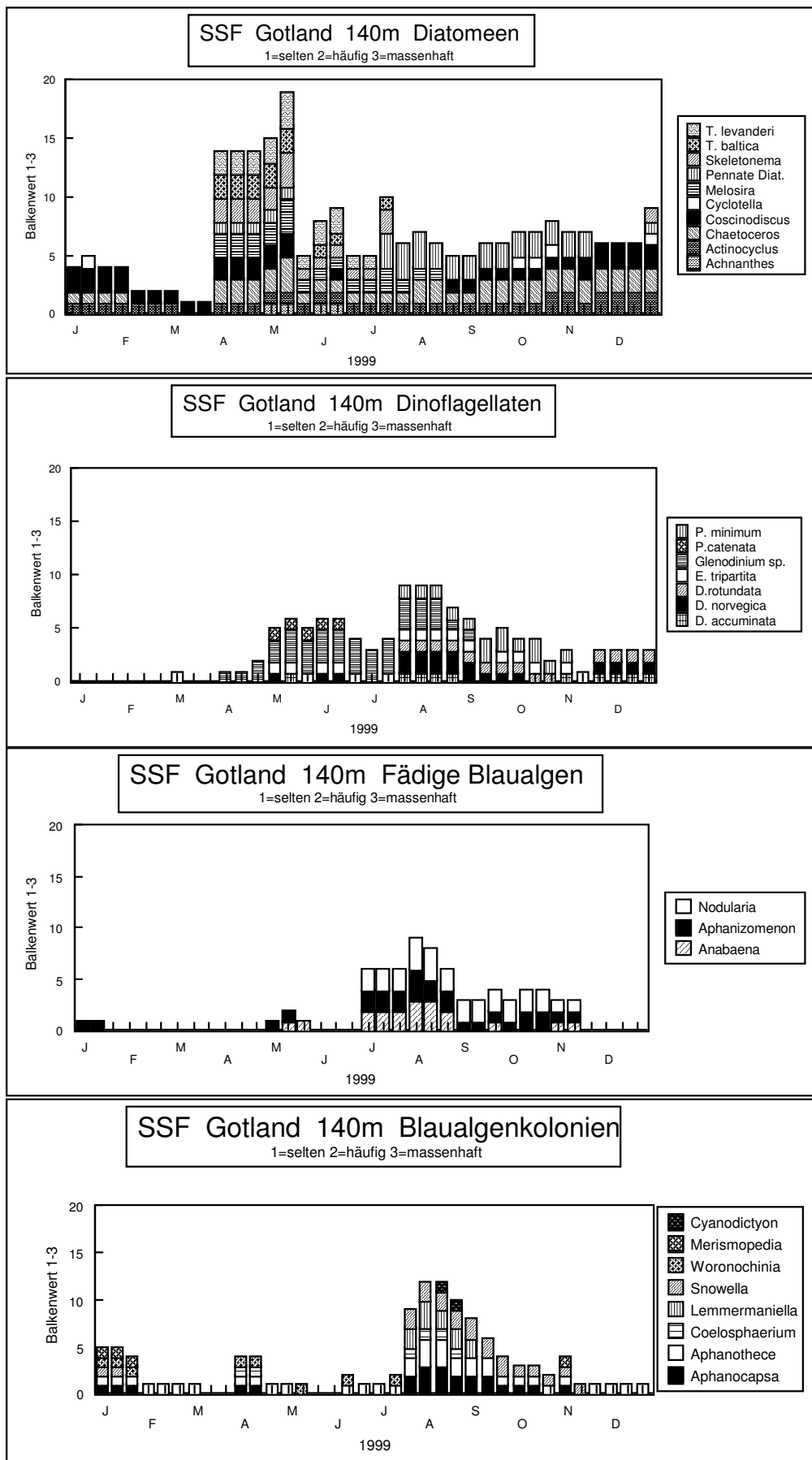


Abb. 10-13: Relative Häufigkeit einzelner Arten von Diatomeen, Dinoflagellaten sowie fädiger und kolonialer Cyanobakterien im sedimentierenden organischen Material im Jahre 1999.

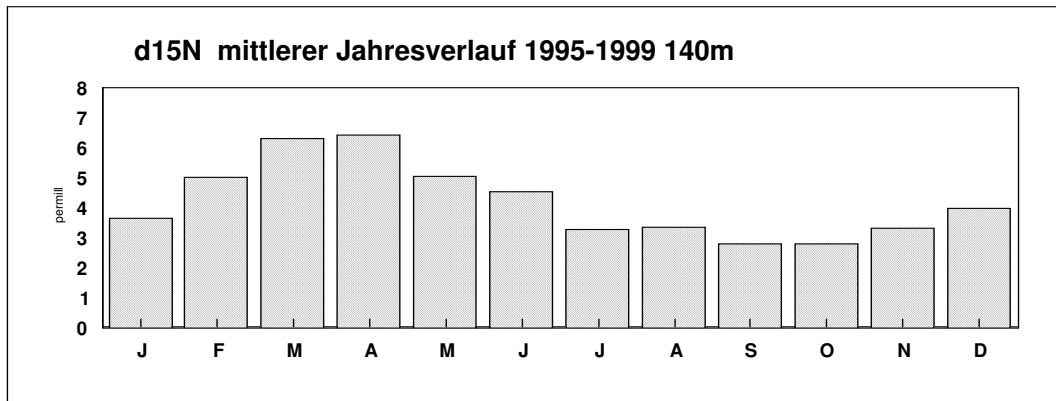
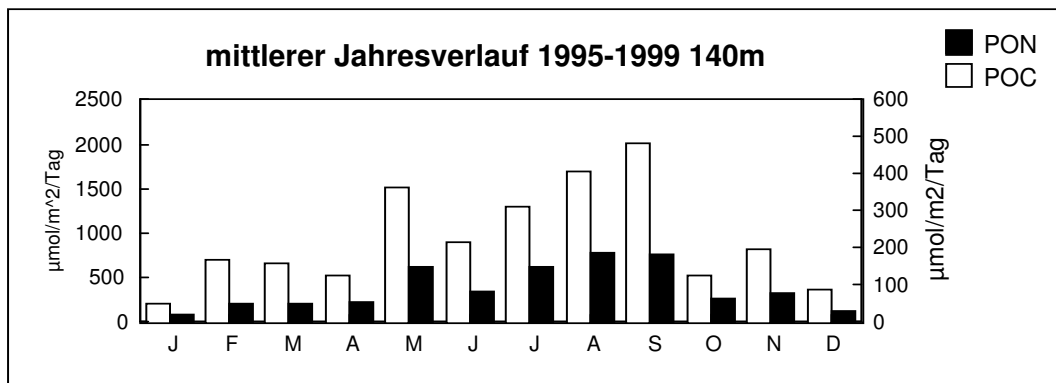
Abb. 14: Isotopie des Stickstoffs (permil delta ^{15}N) als Monatsmittel für die Periode 1995-1999.

Abb. 15: Absolute Sedimentationsraten von Kohlenstoff und Stickstoff als Monatsmittel für die Periode 1995-1999.

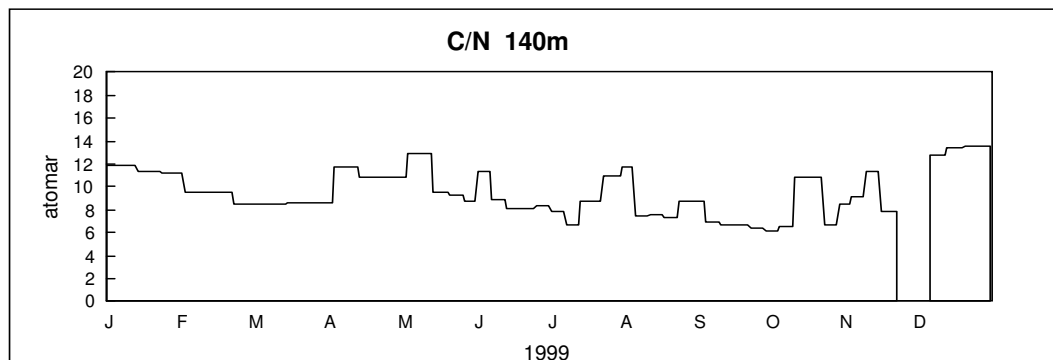


Abb. 16: Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff in Partikeln im Sedimentationshorizont 140 m auf der Station 271 im Jahre 1999.

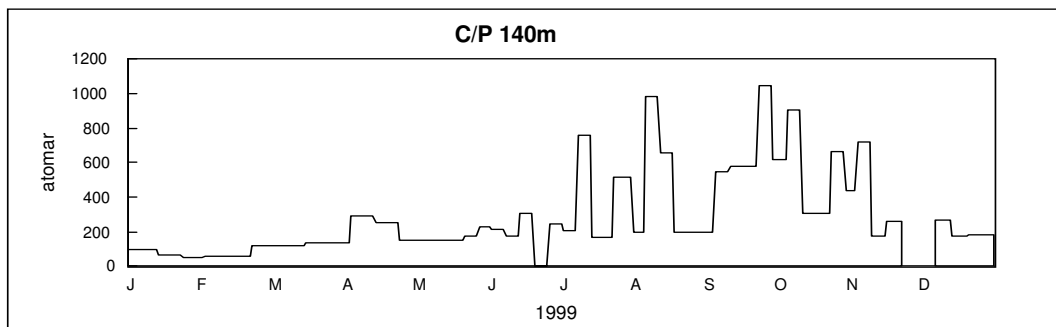


Abb. 17: Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Phosphor in Partikeln im Sedimentationshorizont 140 m auf der Station 271 im Jahre 1999.

4.1.3 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. 2 - 4 dargestellten Jahresgängen der Biomasse. Auf eine grafische Darstellung der saisonalen Chlorophyll-Entwicklung soll deshalb verzichtet werden. Statt dessen geben wir in Tabelle 7 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) 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 2000 sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Zum Vergleich sind in Tabelle 9 die entsprechenden HELCOM-Daten der Jahre 1994-1998 zusammengestellt.

4.1.4 Langzeittrend der Artenzusammensetzung

Mit dem Jahre 2000 erstreckt sich die Datenreihe des HELCOM-Monitoring bereits über 22 Jahre. Bis zum Jahre 1993 sind die von allen Ostsee-Anliegern gewonnenen Daten gemeinsam ausgewertet worden (HELCOM, 1996). Das 4. Periodische Assessment der HELCOM, das die Auswertung bis 1998 beinhaltet, steht noch nicht zur Verfügung. Für die Jahre 1994 bis 2000 konnten bisher nur die eigenen Daten verwendet werden. Unter Verwendung der genannten Daten ergeben sich die in Abb. 18 bis 22 dargestellten Entwicklungen der Phytoplanktonbiomasse und -zusammensetzung von 1979 bis 2000 in den verschiedenen Seegebieten und zu den einzelnen Jahreszeiten. Die starken Schwankungen der absoluten Biomassen sind methodisch bedingt und erlauben keine Trenduntersuchungen (siehe Kapitel 5.1). Es wird offensichtlich, dass gerade bei der subjektiv beeinflussten mikroskopischen Methode große Abweichungen zwischen den verschiedenen Bearbeitern bezüglich der Bestimmung der Gesamtbiomasse des Phytoplanktons entstehen, wohingegen diese Methode die einzig mögliche ist, um qualitative Abschätzungen vorzunehmen. Deshalb betrachten wir in den Abb. 18 - 22 nur die relative Zusammensetzung der Phytoplanktongemeinschaft und verweisen für die Betrachtung der Phytoplankton-Gesamtbiomasse auf die Chlorophyll-Konzentration (Kapitel 4.1.5).

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die hohen Cyanobakterienbiomassen zu Beginn der Messreihe (Abb. 19 b - 22 b) fehlerhaft sind. Sie beruhen auf einem Berechnungsfehler (HAJDU, pers. Mitt., 23.6.98), wurden von HELCOM aber noch nicht offiziell korrigiert und können daher auch von uns nicht abgeändert werden.

Tabelle 7 Mittlere Konzentrationen von Chlorophyll a und Phaeopigment a (in mg m⁻³) in der euphotischen Zone (0 bis 20 m Tiefe, in flacheren Gewässern bis zum Grund)

Station	Datum	Chl. a	Phaeo. a	Station	Datum	Chl. a	Phaeo. a
360	04.02.00	0.51	0.67	113	06.02.00	0.60	0.40
360	22.03.00	6.19	1.87	113	17.02.00	0.59	0.25
360	04.05.00	1.37	0.62	113	24.03.00	3.48	0.68
360	28.07.00	1.88	0.67	113	03.04.00	5.54	1.91
12	05.02.00	0.44	0.58	113	06.05.00	2.27	0.59
12	17.02.00	0.53	0.49	113	15.05.00	2.64	1.26
12	22.03.00	2.27	0.79	113	30.07.00	1.53	0.42
12	04.04.00	4.21	1.44	113	07.08.00	1.73	0.53
12	05.05.00	1.06	0.73	113	27.10.00	2.31	1.33
12	15.05.00	1.02	0.90	113	07.11.00	4.88	1.08
12	29.07.00	1.06	0.53	OB	08.02.00	0.69	0.66
12	07.08.00	1.54	0.43	OB	25.03.00	4.61	1.42
12	26.10.00	2.52	0.40	OB	09.05.00	4.29	1.89
12	08.11.00	3.51	0.36	OB	06.08.00	3.51	1.17
46	05.02.00	0.57	1.02	OB	28.10.00	2.71	0.86
46	17.02.00	0.56	0.57	213	07.02.00	0.58	0.24
46	22.03.00	2.86	1.74	213	16.02.00	0.53	0.21
46	04.04.00	3.62	1.73	213	24.03.00	2.00	0.46
46	05.05.00	0.99	0.85	213	03.04.00	4.54	1.08
46	15.05.00	0.74	0.62	213	07.05.00	1.37	0.17
46	29.07.00	1.15	0.55	213	14.05.00	1.24	0.27
46	07.08.00	1.11	0.66	213	31.07.00	2.11	0.51
46	26.10.00	2.56	0.54	213	05.08.00	1.65	0.67
46	07.11.00	1.17	0.76	213	05.08.00	1.81	0.66
30	05.02.00	0.79	1.24	213	28.10.00	1.72	0.94
30	17.02.00	0.60	0.51	213	06.11.00	2.79	0.97
30	23.03.00	3.96	1.17	259	11.02.00	0.46	0.14
30	04.04.00	6.78	1.45	259	02.04.00	2.09	0.22
30	06.05.00	0.87	0.66	259	11.05.00	1.84	0.67
30	15.05.00	0.93	0.84	259	31.07.00	1.81	0.43
30	29.07.00	1.28	0.41	259	04.08.00	2.02	0.51
30	07.08.00	1.09	0.51	259	01.11.00	2.97	0.70
30	27.10.00	2.18	0.97	271	13.02.00	0.35	0.16
30	07.11.00	1.69	0.91	271	30.03.00	1.94	0.22
109	06.02.00	0.52	0.35	271	12.05.00	2.97	0.44
109	25.03.00	2.45	0.46	271	01.08.00	2.52	0.40
109	08.05.00	0.81	0.30	271	02.11.00	3.52	0.54
109	29.10.00	2.54	1.36	283	02.08.00	3.20	0.64

Tabelle 8 Mittelwert, Standardabweichung und Anzahl der Proben aller Chlorophyll a- Daten des Monitoring-Programms des IOW von 2000 aus der eigentlichen Ostsee (einschl. Pommersche Bucht), jeweils Mittelwerte der oberen 10 m, separat für Winter (Jan-Feb), Frühjahr (März-Apr), Sommer (Juni-Sep) und Herbst (Okt-Dez)

	Mittelwert	Standardabweichung	Anzahl der Proben
Winter	0,63	0,16	10
Frühjahr	3,00	1,72	20
Sommer	2,05	0,84	12
Herbst	2,86	0,94	10

Tabelle 9 Mittelwert, Standardabweichung und Anzahl der Proben aller Chlorophyll a- Daten der HELCOM-Datenbank aus der eigentlichen Ostsee für die Jahre 1994-1998, jeweils Mittelwerte der oberen 10 m, separat für Winter (Jan-Feb), Frühjahr (März-Apr), Sommer (Juni-Sep) und Herbst (Okt-Dez), aus Wasmund et al. (2000)

	Mittelwert	Standardabweichung	Anzahl der Proben
Winter	0,53	0,47	126
Frühjahr	3,38	4,35	320
Sommer	2,51	1,25	342
Herbst	2,07	1,28	231

Wesentliche qualitative Veränderungen ließen sich bei der Frühjahrsblüte bereits zum Ende der 80er Jahre feststellen. In der Bornholmsee (Abb. 20 a) und südlichen Gotlandsee (Abb. 21 a) setzten sich die Dinoflagellaten auf Kosten der Kieselalgen immer stärker durch. Während in diesen Seegebieten in den 80er Jahren die Frühjahrs-Kieselalgenblüten dominierten, waren in den 90er Jahren fast nur noch Dinoflagellatenblüten im Frühjahr zu finden (WASMUND et al., 1998 b). Auch in der Arkonasee nahmen bis 1999 die Dinoflagellaten in der Frühjahrsblüte zu. Der Rückgang der Kieselalgen konnte mit der verringerten Silikatzehung in Verlaufe des Frühjahrs bestätigt werden.

Es bleibt nach einer ausbleibenden Kieselalgen-Frühjahrsblüte im Sommer noch reichlich gelöstes Silikat im Wasser, das aber von den Kieselalgen nicht ausgenutzt werden kann, da Stickstoff der limitierende Nährstoff ist (deshalb die Blüten stickstoff-fixierender Cyanobakterien). Normalerweise kommt es erst im Herbst in den östlicheren Seegebieten zu einer Kieselalgenblüte von *Coscinodiscus granii*. Im Jahre 1999 fanden wir aber erstmalig in der Bornholmsee eine sommerliche *Coscinodiscus*-Blüte. Im Juli/August 2000 war *Coscinodiscus* sp. sogar schon in der Mecklenburger Bucht zur dominanten Art geworden, während sie in der Arkonasee in 20 m Wassertiefe vorherrschte. *Coscinodiscus* scheint sein Vorkommen also in den Sommer und in die westliche Ostsee auszudehnen. Dabei könnte durchaus eine sonst noch nicht in großen Abundanzen beobachtete Art *Coscinodiscus* sp. (neben der bekannten *Coscinodiscus granii*) eine Rolle spielen.

Das Auftreten von sommerlichen Kieselalgenblüten in der Mecklenburger Bucht und der Arkonasee ist erstaunlich, weil hier schon im Frühjahr Kieselalgenblüten vorkamen. Diese haben das Silikat wahrscheinlich aber nicht vollständig verbraucht oder es kommt im Sommer zu einer schnellen Remineralisierung und einem Rücktransport des Silikats zur Oberfläche in diesen flachen Gewässern. Blüten der Kieselalge *Dactyliosolen fragilissimus* wurden schon im Sommer 1998 und 1999 zumindest in der Mecklenburger Bucht und dem westlichen Teil der Arkonasee (aber nicht an der zentralen Station 113) gefunden. Im Jahre 2000 trat eine Blüte von *Dactyliosolen fragilissimus* am 29.7. an Station 022 auf. In den östlicheren Seegebieten konnte im Jahre 2000 keine sommerliche Kieselalgenblüte nachgewiesen werden, obwohl in den Netzproben vom Sommer 2000 durchaus zahlreiche *Chaetoceros impressus* gefunden wurden.

Obwohl *Coscinodiscus* sp. bereits im Sommer stark vertreten war, behielt es auch im Spät-Herbst seine dominierende Stellung von der zentralen Arkonasee bis in die östliche Gotlandsee. In der westlichen Arkonasee folgte *Coscinodiscus* nach der gewohnten *Ceratium*-Blüte. Auch die bisher nur einmal (im Jahre 1997) in der Bornholmsee gefundene Dinoflagellaten (*Gymnodinium*)-Herbstblüte wurde von einer *Coscinodiscus*-Blüte gefolgt. In der zentralen Arkonasee fand Mitte September 1998 eine Blüte von *Prorocentrum minimum* statt. Ungewöhnlich war die Dominanz von *Gymnodinium* sp. in der Dinoflagellaten-Herbstblüte in der Mecklenburger Bucht im Jahre 1999. Eine zusätzliche Kieselalgen (*Pseudo-nitzschia* spp.)-Herbstblüte im Jahre 1999 war neu für die Mecklenburger Bucht. Im Jahre 2000 trat in der Mecklenburger Bucht nur die normale *Ceratium*-Herbstblüte auf, während sich in der westlichen Arkonasee nach der *Ceratium*-Blüte noch eine *Coscinodiscus*-Blüte entwickelte oder eingetragen wurde. Von der zentralen Arkonasee bis in die östliche Gotlandsee war im Herbst 2000 schließlich die gewohnte *Coscinodiscus*-Blüte zu finden.

Die im Jahre 1999 bemerkte plötzliche starke Zunahme und insbesondere das Anwachsen der Zellgröße des photosynthetisch aktiven Ciliaten *Mesodinium rubrum* scheint durchaus real gewesen zu sein, denn auch im Jahre 2000 war seine Biomasse sehr hoch (Tabelle 6, vgl. auch Abb. 18-22). Von 1999 zu 2000 sind die Biomassen allerdings im Frühjahr und Sommer (Herbst-Daten 1999 fehlen) insbesondere in den westlichen Seegebieten zurückgegangen, während sie im Winter noch angestiegen sind. Das könnte aber durchaus an einer möglichen Überschätzung der Frühjahrs- und Sommerwerte dieser Art im Jahre 1999 wegen Einführung einer neuen Größenklasse bei der Zählung ab März 1999 liegen. An der prinzipiellen Zunahme von *Mesodinium rubrum* ändert das aber nichts.

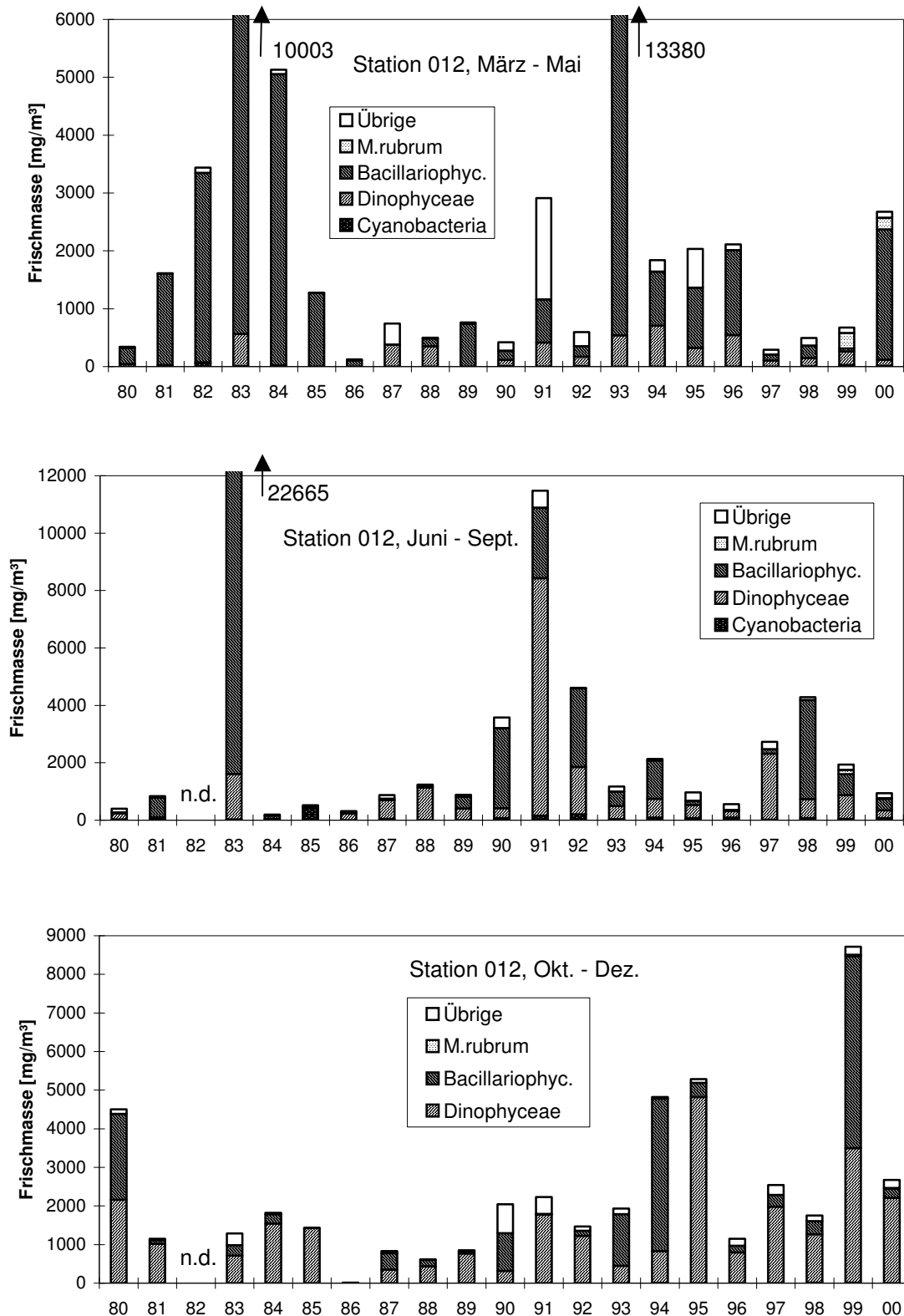


Abb. 18

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2000, jeweils für Frühjahr, Sommer und Herbst separat betrachtet, in der Mecklenburger Bucht (Stat. 012). Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt.

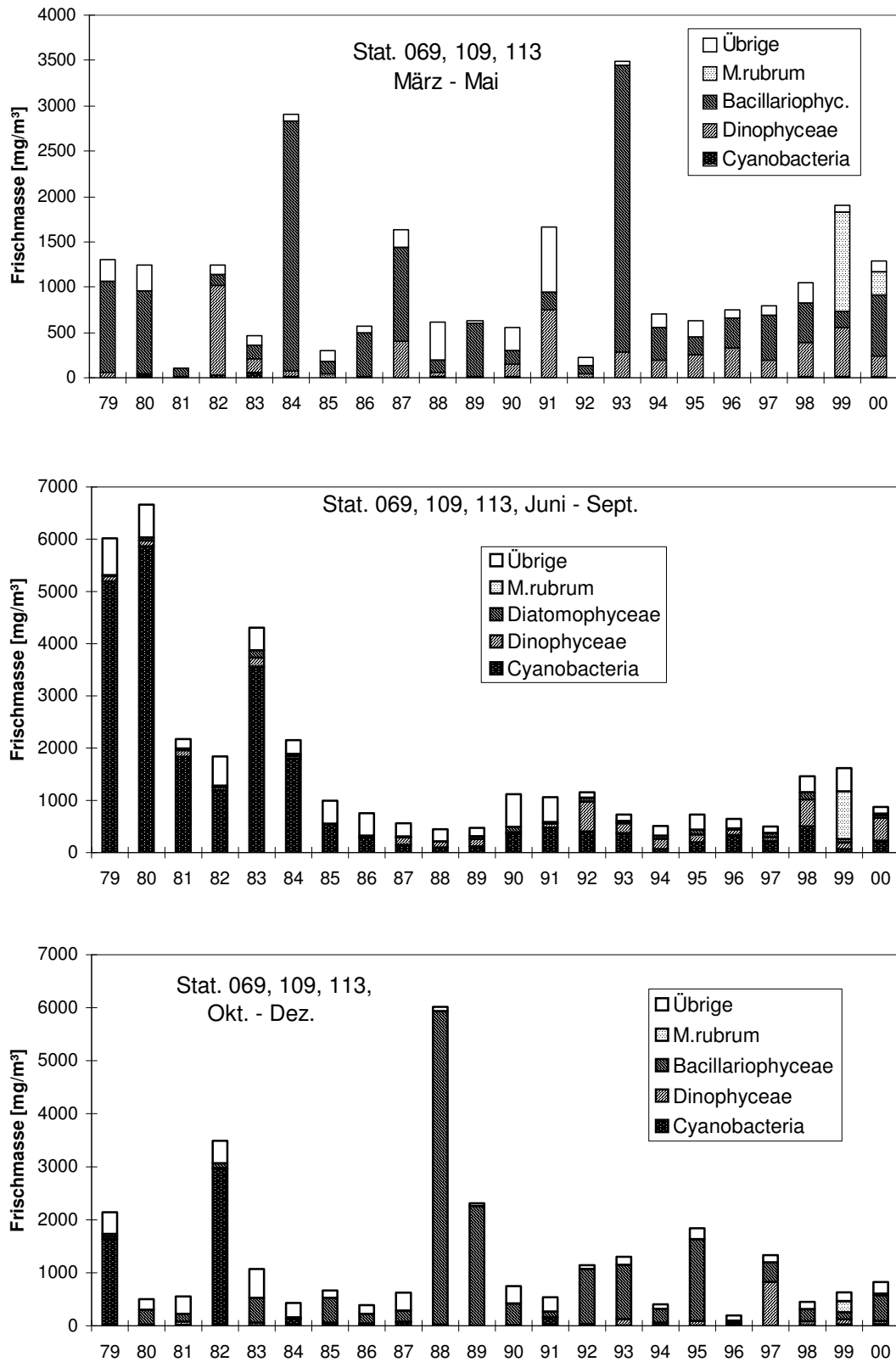


Abb. 19

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2000, jeweils für Frühjahr, Sommer und Herbst separat betrachtet, in der Arkonasee (Stat. 069, 109 und 113 zusammengefasst). Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt.

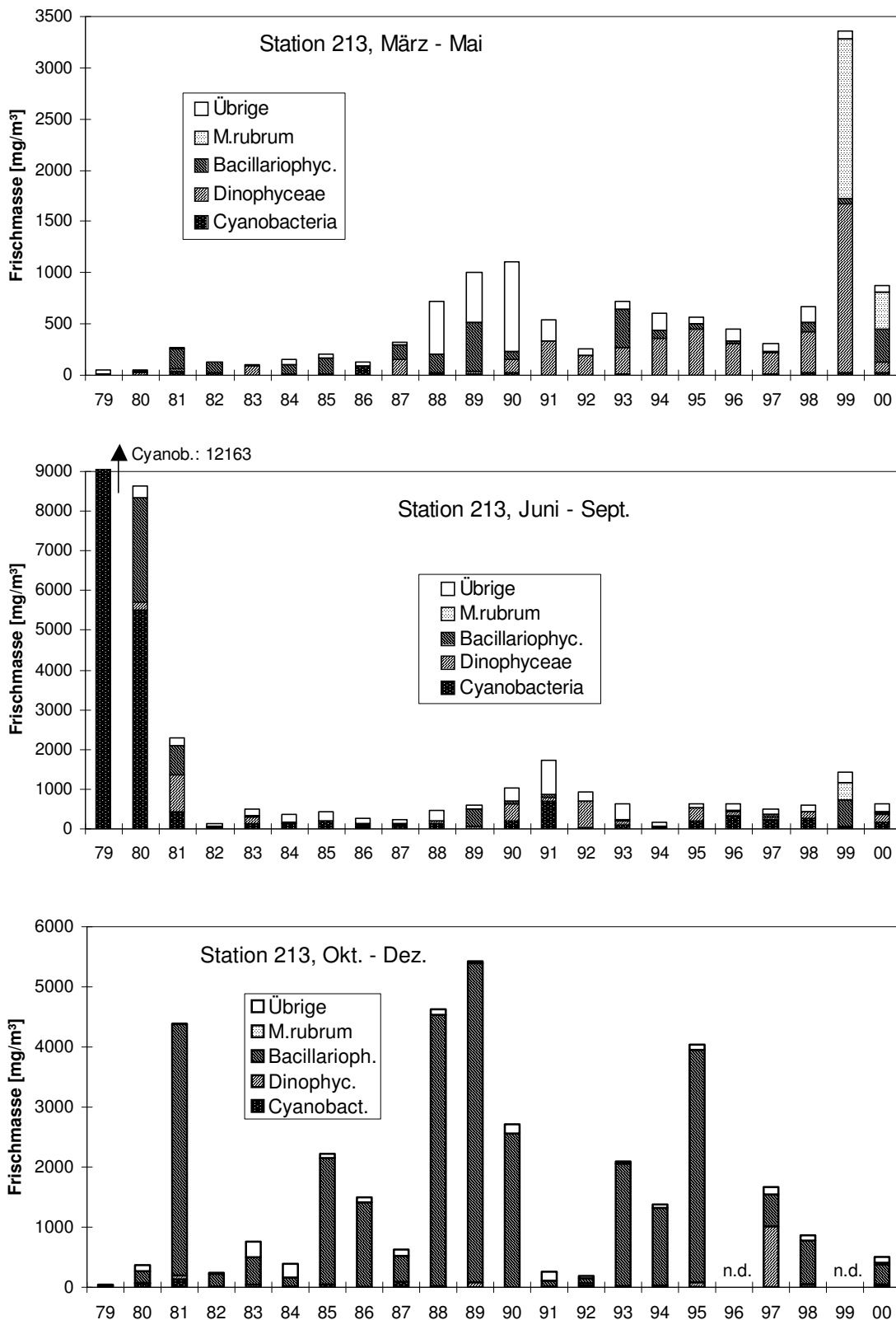


Abb. 20

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2000, jeweils für Frühjahr, Sommer und Herbst separat betrachtet, in der Bornholmsee (Stat. 213). Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt.

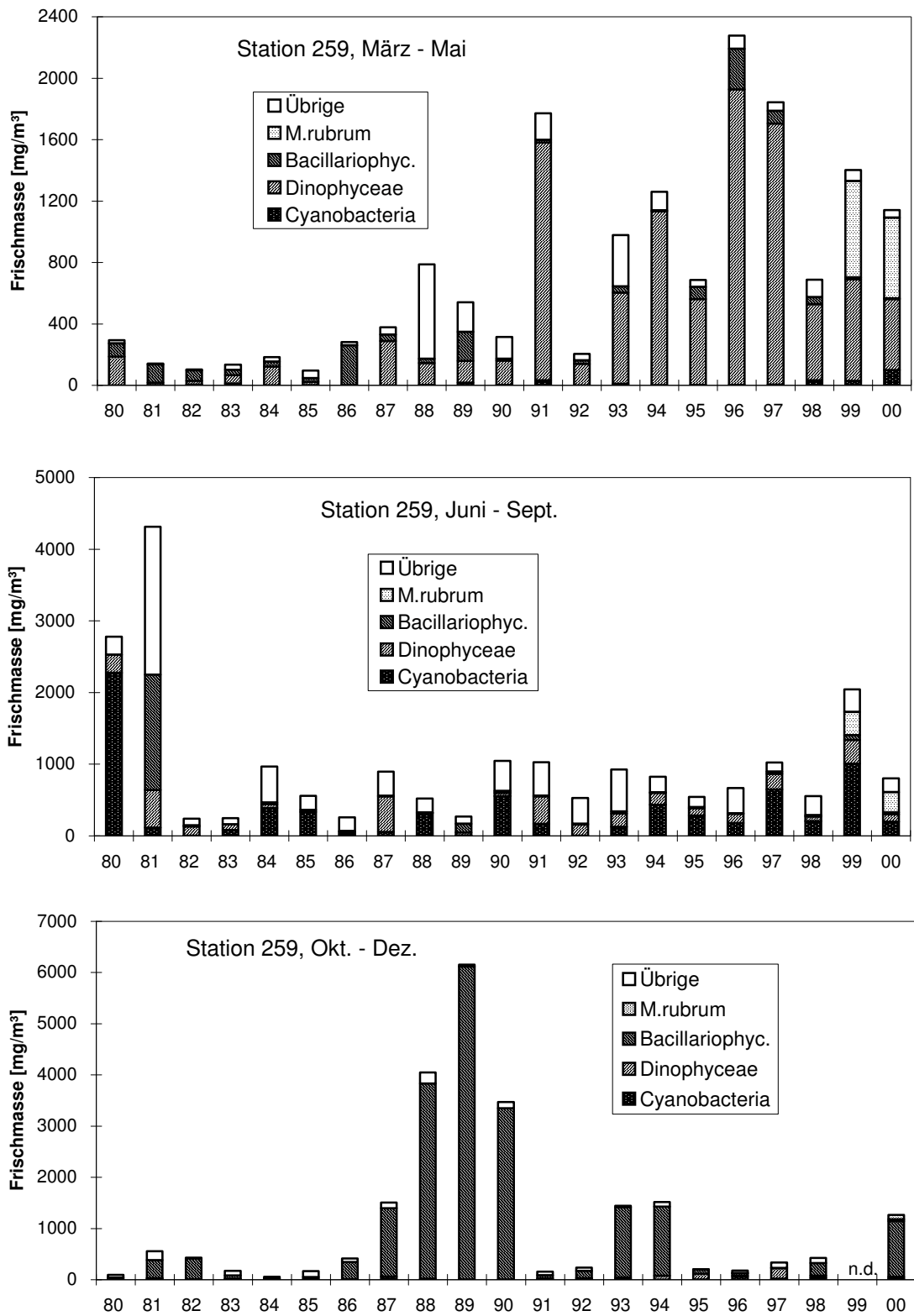


Abb. 21

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2000, jeweils für Frühjahr, Sommer und Herbst separat betrachtet, in der südlichen Gotlandsee (Stat. 259). Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt.

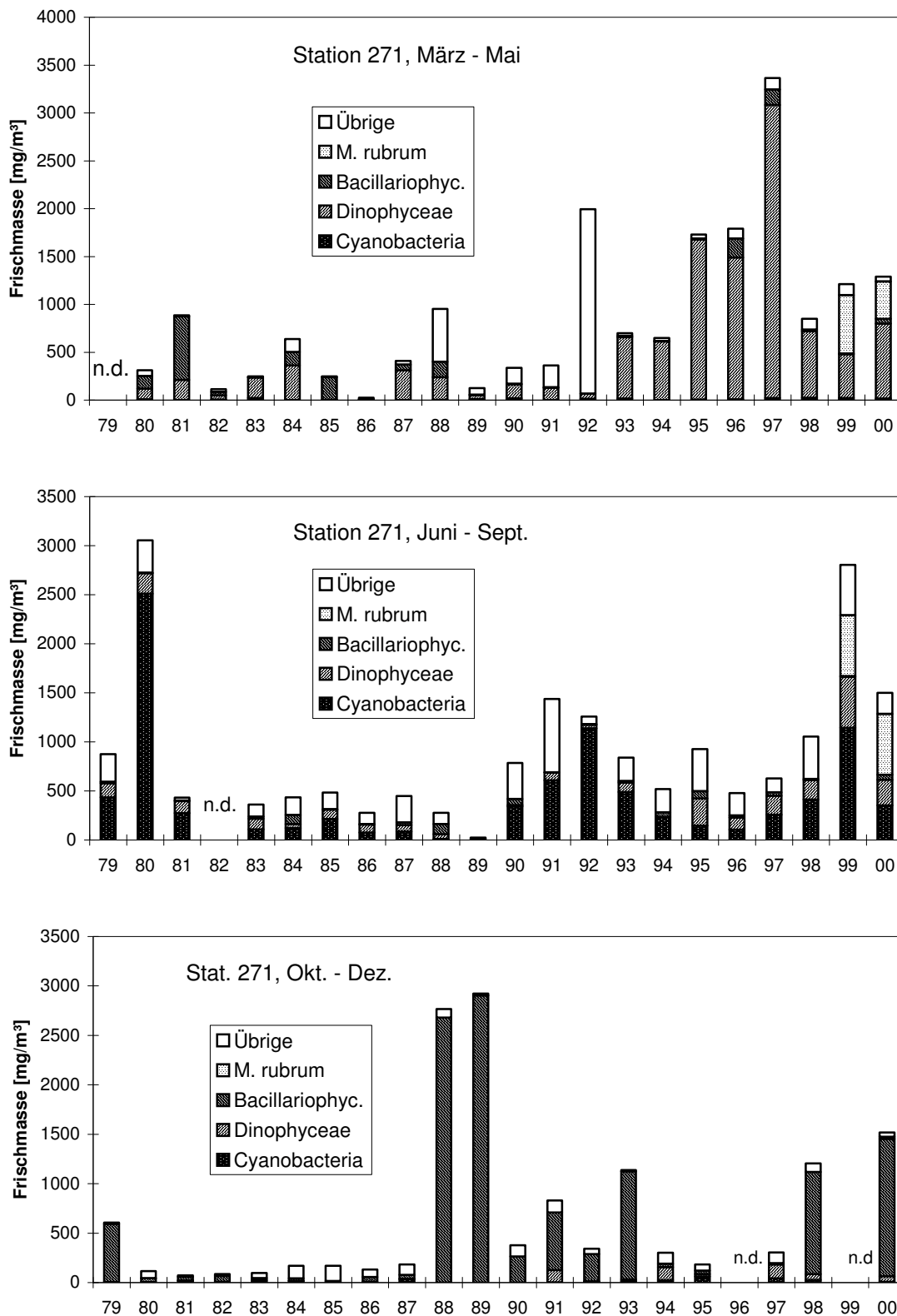


Abb. 22

Biomasse der wichtigsten Phytoplanktongruppen von 1979 bis 2000, jeweils für Frühjahr, Sommer und Herbst separat betrachtet, in der östlichen Gotlandsee (Stat.271). Bis 1998 wurde *Mesodinium rubrum* unter den „Übrigen“ geführt.

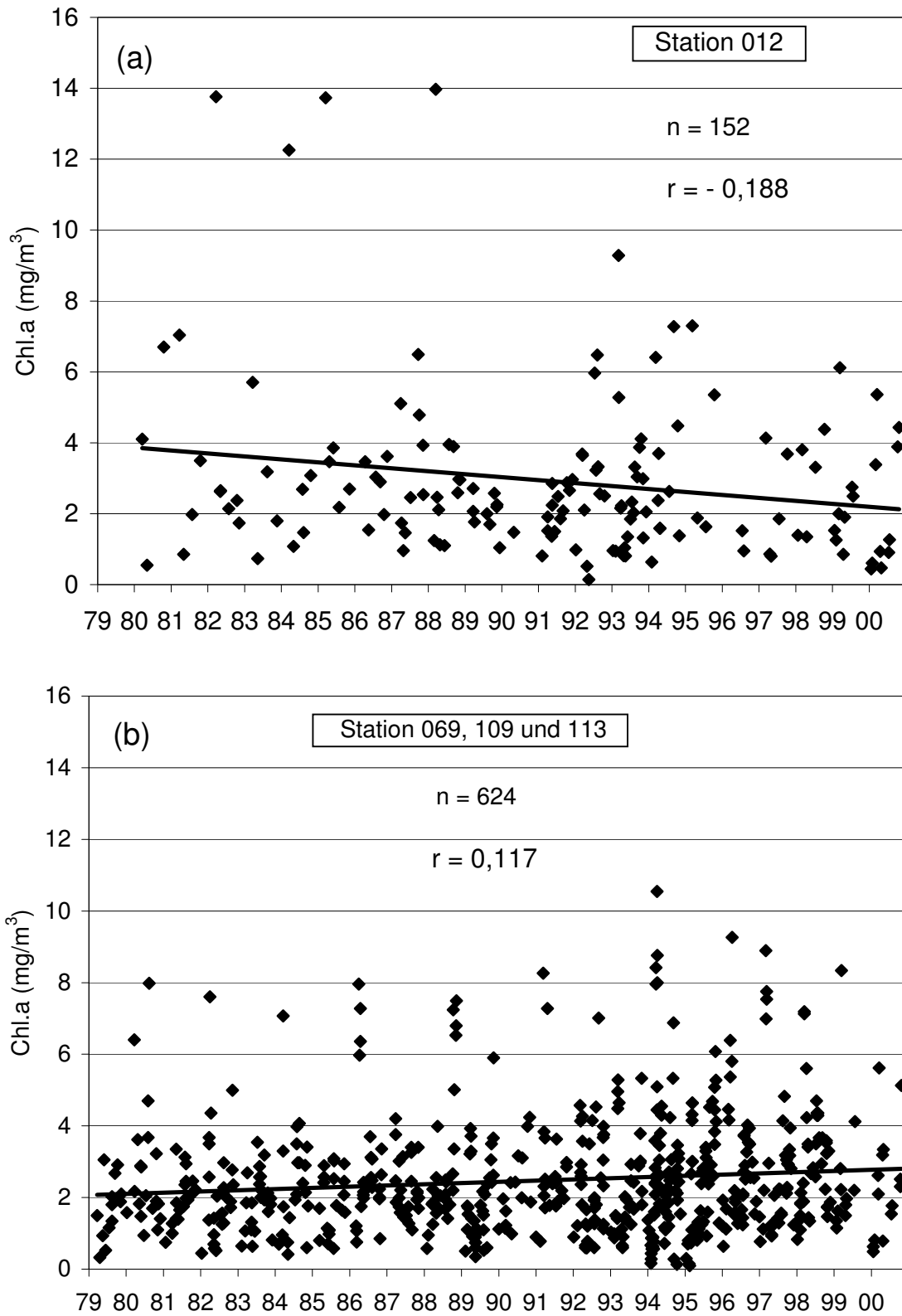


Abb. 23

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

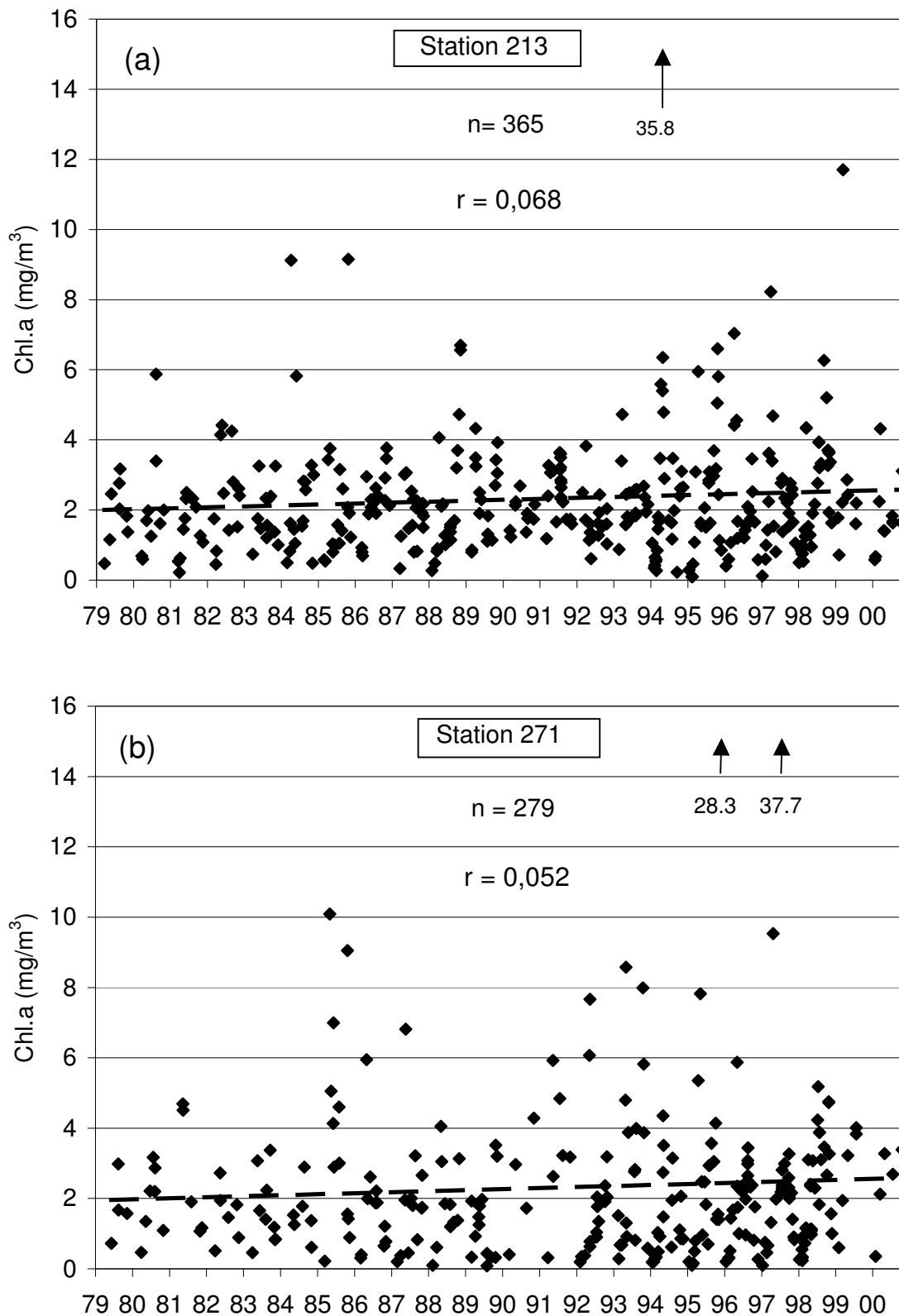


Abb. 24

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

4.1.5 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 sich bei Darstellung aller Oberflächen-Chlorophyll a - Werte (einschl. der HELCOM-Daten bis 1993) eine negative Tendenz (Abb. 23 a), die beim Hinzufügen der 2000er Daten zu der Datenreihe für eine Irrtumswahrscheinlichkeit (p) von 0,05 erstmals signifikant wird (t-Test). Der schwache Anstieg der Werte der Arkonasee (Abb. 23 b) ist wegen der hohen Anzahl an Meßwerten sogar für $p = 0,01$ noch signifikant. In der Bornholmsee (Abb. 24 a) war der Anstieg bis 1997 für $p = 0,05$ signifikant. Bei Einbeziehung der Daten von 1988 bis 2000 ist er nicht mehr signifikant. Das könnte für eine Trendumkehr sprechen. In der östlichen Gotlandsee (Stat. 271, siehe Abb. 24 b) ist der Trend nach wie vor nicht signifikant.

4.2 Mesozooplankton

Das Mesozooplankton nimmt an der Biomasse des Gesamtzooplankton fast 40 % ein. Damit übertrifft es sowohl das Makrozooplankton (>30 %, hauptsächlich *Aurelia aurita*) als auch die Protozoen (>20 %). Diese Zahlen basieren auf Kohlenstoff-Abschätzungen von MÖLLER (1984) für die Sommersituation in der Kieler Bucht. Das Mesozooplankton ist eine wichtige Komponente in der klassischen Nahrungskette und daher Bestandteil des Langzeit-Monitorings in der Ostsee. Für die Zustandseinschätzung sind quantitative Kenntnisse zur räumlichen und jahreszeitlichen Verteilung taxonomischer Gruppen (meist auf dem Niveau von Arten und Entwicklungsstadien) wichtig, um mehrjährige Veränderungen in Bestand und in der Gemeinschaftsstruktur dokumentieren und analysieren zu können. Die nationalen Ergebnisse können allerdings nur unter dem Vorbehalt der ungenügenden räumlichen und zeitlichen Probenentnahmefrequenz diskutiert werden, anders als bei internationalen Einschätzungen, denen der gesamte HELCOM-Datensatz (HELCOM, 1996) zugrunde liegt.

4.2.1 Artenzusammensetzung

Die gegenwärtig vertretenen taxonomischen Gruppen gehören seit langem zum Bestand des Zooplanktons der offenen Ostsee, wobei sich das Auftreten von *Acartia tonsa* bis in die dreißiger Jahre zurückverfolgen lässt (BRYLINSKI, 1981) und *Alaurina composita* (MECZNIKOV, 1865) erst seit Ende der 80er Jahre dazugehört (BREUEL et al., 1993). Die zuerst in der Rigaer Bucht, später im Finnischen Meerbusen und in den Übergangsgebieten beider Regionen beschriebene, sehr auffällige Cladocerenart *Cercopagis (cercopagis) pengoi* (OSTROUMOV) aus dem pontokaspischen Bereich (OJAVEER & LUMBERG, 1995) ist in den IOW – Proben zur Zeit noch nicht aufgetreten.

15 von 21 taxonomischen Kategorien sind ganzjährig anzutreffen, die übrigen temporär (Tabelle 10), in Abhängigkeit von Temperatur, Nahrungsangebot, Salzwassereinstrom (*Sagitta spec.*) bzw. Süßwasserzufluss (*Cyclops spec.*) oder auch vom Reproduktionszyklus im Benthal (Meroplankter).

Tabelle 10 Jahreszeitliches Vorkommen aller identifizierten taxonomischen Gruppen zwischen Beltsee und östlicher Gotlandsee, in allen untersuchten Tiefen (vgl. Tabelle 2, S.10)

Taxonomische Kategorie	Name	Februar	März	Mai	August	Oktober
		TF	TF	TF	TF	TF
Calanoide Copepoden						
Art	<i>Acartia bifilosa</i>	X	X	X	X	X
Art	<i>Acartia longiremis</i>	X	X	X	X	X
Art	<i>Centropages hamatus</i>	X	X	X	X	X
Gattung	<i>Pseudocalanus spec.</i>	X	X	X	X	X
Art	<i>Temora longicornis</i>	X	X	X	X	X
Gattung	<i>Eurytemora affinis</i>	X	X	X	X	X
Art	<i>Acartia tonsa</i>	X			X	X
Cyclopoide Copepoden						
Art	<i>Oithona similis</i>	X	X	X	X	X
Gattung	<i>Cyclops spec.</i>	X	X	X		
Harpacticoide Copepoden						
Ordnung	<i>Harpacticoida</i>	X	X	X	X	X
Cladoceren						
Gattung	<i>Podon spec.</i>	X	X	X	X	X
Gattung	<i>Bosmina spec.</i>	X	X		X	X
Art	<i>Evadne nordmanni</i>		X	X	X	X
Rotatorien						
Gattung	<i>Synchaeta spec.</i>	X	X	X	X	X
Gattung	<i>Keratella spec.</i>		X	X	X	X
Appendikularien						
Art	<i>Fritillaria borealis</i>	X	X	X	X	X
Art	<i>Oikopleura doica</i>		X			X
Turbellarien						
Art	<i>Alaurina composita</i>	X	X		X	
Chaetognathen						
Gattung	<i>Sagitta spec.</i>	X				
Meroplanktische Larven						
Klasse	<i>Gastropoda</i> - Larven	X	X	X	X	X
Klasse	<i>Polychaeta</i> - Larven	X	X	X	X	X
Klasse	<i>Bivalvia</i> - Larven	X	X	X	X	X
Art	<i>Balanus improvisus</i> - Larven	X	X	X	X	X
Gattung	<i>Cyphonautes</i> - Larven	X			X	X

Regional bestätigt die Anzahl der taxonomischen Gruppen den üblichen Trend, die Abnahme mit fallendem Salzgehalt von der westlichen zur zentralen Ostsee, in Tabelle 11 durch die von 17 auf 11 sinkende Gesamtzahl illustriert. Mit zunehmender Tiefe fällt die Zahl in der eigentlichen Ostsee nochmals geringfügig. Auffällig ist das vollständige Spektrum an meroplanktischen Larven und den Harpacticoiden in der flachen Beltsee und Mecklenburger Bucht.

Tabelle 11 Regionales und z.T. vertikales Vorkommen aller identifizierten taxonomischen Gruppen in der Beltsee, der Mecklenburger Bucht, der östlichen Gotlandsee und der Pommerschen Bucht im Oktober/November 2000 (vgl. Tabelle 2, S. 10)

Station	Beltsee	Mecklen- burger Bucht	Östliche Gotlandsee			Pommer- sche Bucht
	TF0360, 25.10.2000	TF0012 26.10.2000	TF0271 3.11.2000			OB Boje 28.10.2000
Tiefenstufe	0-14m	0-20m	0-40m	40-90m	90-240m	0-11m
Calanoide Copepoden						
<i>Acartia longiremis</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Centropages hamatus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudocalanus spec.</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Temora longicornis</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Acartia bifilosa</i>		X	X	X	X	X
<i>Acartia tonsa</i>		X				
<i>Eurytemora affinis</i>			X	X		
Cyclopoide Copepoden						
<i>Oithona similis</i>	X	X				
<i>Cyclops spec.</i>						X
Harpacticoide Copepoden						
<i>Harpacticoida</i>	X					
Cladoceren						
<i>Evadne nordmanni</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Bosmina spec.</i>	X		X	X	X	
<i>Podon intermedius</i>	X	X	X			X
Rotatorien						
<i>Synchaeta spec.</i>	X		X	X	X	
<i>Keratella spec.</i>	X					
Appendikularien						
<i>Fritillaria borealis</i>				X	X	
<i>Oikopleura dioica</i>	X	X				
Meroplanktische Larven						
<i>Bivalvia</i> - Larven	X	X	X			
<i>Gastropoda</i> - Larven	X	X				X
<i>Polychaeta</i> - Larven	X	X				X
<i>Balanus improvisus</i> - Larven	X	X				X
<i>Cyphonautes</i> - Larven	X	X				
Anzahl taxonomischer Gruppen	17	15	11	10	9	11

In den ebenfalls flachen Gebieten der Pommerschen Bucht fehlen die Bryozoenlarven und die Harpacticoiden, im Fall der Bryozoen wegen des zu geringeren Salzgehaltes. Das Fehlen der *Bivalvia*-Larven im Oktober ist eher ungewöhnlich, da zum Larvenspektrum nicht nur die sich im

Sommer reproduzierende *Macoma baltica* gehört (v. OERTZEN, 1972), sondern auch sich im Herbst fortpflanzende Arten (s. Benthosteil, S. 62 ff.) beitragen müßten.

Die Verbreitung der cyclopoiden Copepoden ist deutlich salzgehaltsabhängig. Während *Oithona similis* in der Gotlandsee wegen des zu geringen Salzgehaltes auch im Tiefenwasser fehlt, ist das Auftreten der Gattung *Cyclops* (im Februar, März) Resultat von einem gesteigerten Süßwasserzufluß zu dieser Zeit. *Oithona* tritt nur gelegentlich unterhalb der Salzgehaltssprungschicht in der Gotlandsee auf. So war diese Art Indikator für die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Wassers nach dem Salwassereinbruch 1993 (POSTEL in: v. BODUNGEN et al., 1996). Ihr Fehlen ist ein Hinweis auf die ausgebliebene Erneuerung des Tiefenwassers. Dafür spricht auch der nur sporadische Nachweis von Chaetognathen in den Tiefen der Bornholmsee im Februar 2000. Ihr Abundanz-Maximum lag hier ein Jahr nach dem 1993er Salwassereinbruch (MACIEJEWSKA & MARGONSKI, 2001). Die weite Verbreitung von *Pseudocalanus* spec. ist etwas irreführend, weil die Unterschiede in der Verbreitung verschiedener Entwicklungsstadien in Tabelle 11 nicht zum Ausdruck kommen. Während die Adulten sich vornehmlich in den salzreicheren, kühleren Tiefen aufhalten, sind Nauplienstadien an die Notwendigkeit der Nahrungssuche in der euphotischen Schicht adaptiert (CORKETT & MCLAREN, 1978).

Die höchste Abundanz erreichten im Jahre 2000 wie üblich die Rotatorien, gefolgt von Cladoceren, Calaniden, Cyclopiden, Appendikularien, den Larven von Polychaeten, Bivalviern und Gastropoden. Diese Rangfolge ergibt sich aus den Maxima unter Einbeziehung aller Proben (Tabelle 12), wobei sich gegenüber dem Zeitraum von 1991 bis 1995 diesbezüglich keine Änderungen vollzogen haben. Allerdings sind z.T. deutliche Verminderungen in der Abundanz, speziell bei den Cladoceren, und anderen Holoplanktern zu beobachten. Die Summe der maximalen Abundanz h a l b i e r t e sich im Jahre 2000 gegenüber dem Vergleichszeitraum, trotz einer Konzentrationserhöhung bei Muschel- und Schneckenlarven. Die Zahl der zu den Turbellarien zählenden *Alaurina composita* hat gegenüber 1995 leicht zugenommen, von maximal 2000 auf 3200 Ind./m³. Demnach ist diese Art stabiler Bestandteil des Planktons der westlichen Ostsee geworden.

Tabelle 12 Maximale Abundanz der fünf holo- und drei meroplanktischen Gruppen in allen im Jahre 2000 gewonnenen Proben (s. Tabelle 2), im Vergleich mit der Rangordnung aus den Jahren 1991-95

Taxonomische Gruppe	Maximale Abundanz (Ind. / m ³)	
	2000	1991 - 95
Rotatorien	350 000	500 000
Cladoceren	60 000	245 000
calanoide Copepoden	20 000	68 000
cyclopoide Copepoden	8 000	14 000
Appendikularien	3 500	8 000
Polychaeten - Larven	3 000	5 000
Bivalvier - Larven	9 000	4 000
Gastropoden - Larven	800	500
Summe	454 300	831 500

Hinsichtlich der Copepoden blieb die Summe in den beiden Vergleichszeiträumen konstant, allerdings ergaben sich innerhalb der Calaniden Verschiebungen. An die Stelle von *Acartia tonsa*, die 1995 (nicht im Zeitraum 1991–1995) die dominanteste Art bildete, trat im Jahre 2000 *Temora longicornis* (Tabelle 13). Diese Erscheinung deckt sich mit der relativ geringen Cladoceren-abundanz, denn wie im Fall von *Acartia tonsa* ist die Präsenz von *Bosmina spec.* temperaturbedingt.

Die wichtigsten Zooplankter der Ostsee sind im Anhang fotografisch dargestellt. Auch die Abundanz dieser Arten in der Kadetrinne im Mai 2000 ist dort tabellarisch erfasst.

Tabelle 13 Maximale Abundanz der sieben calanoiden Copepodengattungen bzw. -arten aus allen im Jahre 2000 gewonnenen Proben (s. Tabelle 2) im Vergleich mit der Rangordnung aus dem Jahre 1995

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

4.2.2 Jahreszeitliche und räumliche Variabilität

4.2.2.1 Abundanz und Biomasse–Konzentration

Die Abundanz (Individuen/m³) schwankte innerhalb der 107 Proben von 67 Stationen aus maximal 3 Tiefenstufen zwischen 0,2 und 350.240 Ind./m³. Das Minimum betraf den Bestand an *Acartia bifilosa* – Männchen im Mai in der östlichen Gotlandsee zwischen 80 und 100 m Wassertiefe. Das Maximum wurde am 11.5.2000 von *Synchaeta baltica* in den oberen 30 m der Wassersäule in der südlichen Ostsee ausgemacht.

Der Vergleich in Abbildung 25 betrifft den jahreszeitlichen Verlauf von Abundanz und errechneter Nassmasse aller in Tabelle 10 aufgeführten taxonomischen Gruppen. Das Abundanzmaximum liegt im April/Mai, hervorgerufen von kleinen und nicht quantitativ erfassten Organismen, wie Rotatorien, Nauplien und Tintinniden. Im Gegensatz dazu nimmt die Biomasse im Verlauf des

Jahres, mit Ausnahme der Rotatorien im Mai, sichtbar zu. Die gegenläufige Entwicklung beider Parameter im Spätherbst weist auf die Entwicklung größerer Organismen zu dieser Zeit hin.

Die Unterschiede von Abundanz und Biomasse-Konzentration sind im regionalen Vergleich weniger deutlich. Die großen Mengen an Rotatorien im Mai in den oberen 30 m der südlichen Gotlandsee bedingen dort auch die höchste Biomassekonzentration (Abb. 26).

Der jahreszeitliche Abundanz-Peak im Mai weicht von der allgemein üblichen Regel des Sommer-Maximums ab, wie es z.B. im jahreszeitlichen Verlauf der mittleren Abundanzen der Summe aller taxonomischer Gruppen in allen drei HELCOM - Berichtsperioden zwischen 1979 und 1993 (HELCOM, 1996, Abb. 10.2.3, p.220) zum Ausdruck kommt. Die Ausbildung des Abundanzmaximums im Mai oder im August hängt von der differenzierten Massenentwicklung von Rotatorien nach milden Wintern bzw. von Cladoceren (*Bosmina spec.*) in warmen Sommern ab. Beide Situationen müssen nicht im gleichen Jahr eintreten, weil milde Winter nicht zwangsläufig mit warmen Sommern korrelieren. Die im Jahre 2000 angetroffene Situation spricht eher für ein mildes Frühjahr und einen kühlen Sommer.

4.2.2.2 Die jahreszeitliche Variabilität und die regionalen Unterschiede der häufigsten holoplanktischen und meroplanktischen Zooplanktongruppen

Die Abundanz der wichtigsten Holoplankter steigt im Jahresverlauf zuerst bei den **Appendikularen** an, von 1500 Ind./m³ im Februar/März auf maximal 3500 Ind./m³ im März (Abb. 27). Während die Art *Fritillaria borealis* ganzjährig, jedoch vornehmlich im Frühjahr bis Mai zu beobachten ist, überwiegt im Herbst *Oikopleura dioica*. Im Juli/August fehlen diese Nanoplankton fressenden Organismen fast vollständig. Im Vergleich mit anderen Jahren (Tabelle 12) fällt die 2000er Abundanz nur halb so hoch aus. Regional werden Werte um 3500 Ind./m³ in fast allen Seegebieten erzielt, außer in der Arkonasee und der östlichen Gotlandsee. Dort werden die 1500 Ind./m³ kaum überschritten. Auf der Oderbank (Pommersche Bucht) fehlen Appendikularen vollständig (Abb. 29).

Die erwähnten Abundanzmaxima im Mai und im August gehen auf die zur Parthenogenese befähigten und damit partiell massenhaft im Plankton vertretenen **Rotatorien** bzw. **Cladoceren** zurück (Abb. 27). Die maximalen Abundanzen sind im Vergleich zu früheren Ergebnissen (1991-1995, Tabelle 12) geringer ausgefallen, bei den Rotatorien um fast die Hälfte und bei den Cladoceren sogar um das Vierfache. Die Rotatorien sind in allen Seegebieten als *Synchaeta baltica* vertreten; zur höchsten Abundanzentwicklung kam es in der oberen Wasserschicht der südlichen Gotlandsee (s.o.). *Keratella spec.* fehlte in der Kadetrinne und in der Gotlandsee. Die höchsten Werte von ca. 1400 Ind./m³ (ca. 250mal geringer als bei *Synchaeta baltica*) waren im August in der Mecklenburger Bucht und im November in der Pommerschen Bucht zu verzeichnen. Die Cladoceren (im wesentlichen *Bosmina spec.*) wurden im Bereich von der Kadetrinne bis in die südliche Gotlandsee nachgewiesen, mit Spitzen von (nur) > 50 000 Ind./m³ in der Bornholmsee (Abb. 29) im August (Abb. 27).

Die maximalen Konzentrationen der adulten **calanoiden Copepoden** verhalten sich zu denen der adulten **Cyclopiden** wie 2,5/1. Von 1991 bis 1995 lag diese Verhältnis bei 4,8/1, weil die

calanoiden Copepoden in den Vergleichzeiträumen um den Faktor 3,4 und die Cyclopiden um das 1,8fache zurückgegangen waren (Tabelle 12).

Die jahreszeitlichen Muster der Entwicklung der Jugendstadien calanoider und cyclopoider Copepoden entsprechen sich (Abb. 28). Im April/Mai erhöhten sich die maximalen Konzentrationen gegenüber der ersten drei Monaten signifikant. Die Nauplienkonzentration verringerte sich im Laufe des Jahres auf das Ausgangsniveau. Im Fall der Copepoditstadien entsprachen sich die Mai und Oktober/November-Konzentrationen nahezu. Im Fall der Adulti stieg die Calaniden-Konzentration ab Mai stetig, während die der cyclopoiden Copepoden fast ganzjährig unter 2000 Ind./m³ blieb, um erst im Oktober/November auf das Vierfache zu wachsen.

Hinsichtlich der regionalen Unterschiede zeigten cyclopoide und calanoide Copepoden ein differenziertes Bild. Die maximalen Konzentrationen der calanoiden Nauplien, Copepoditstadien und Adulti sind zwischen Arkonasee und südlicher Gotlandsee anzutreffen, während die Nauplien und Copepodite der Cyclopiden auf die Beltsee und die Mecklenburger Bucht (*Oithona similis*) sowie auf die Pommersche Bucht (*Cyclops spec.*) konzentriert sind (Abb. 30). Die adulten Cyclopiden (*Oithona similis*) erzielten darüber hinaus relativ hohe Konzentrationen im Tiefenwasser der Bornholmsee. *Cyclops spec.* sind limnetischen Ursprungs. Ihre Anwesenheit in der Pommerschen Bucht hängt von der Menge des Oderwassers ab. Die Einträge müssen im Frühjahr diejenigen vom Sommer übertroffen haben. Das folgt aus dem deutlichen Auftreten der Entwicklungsstadien dieser Gattung zur März- und Maiterminfahrt und der geringen Präsenz der Adulten im August.

Über die jahreszeitlichen und regionalen Konzentrationsmaxima von adulten Weibchen und Männchen der einzelnen Copepoden im Untersuchungsgebiet gibt Tabelle 14 Auskunft.

Die maximalen Konzentrationen der **meroplanktischen Larven** traten im Fall der Polychaeten im Februar, März und Oktober in der westlichen Ostsee (Mecklenburger Bucht, Kadetrinne) auf, die der Muschellarven von der Mai- bis zur Oktober-Terminfahrt, speziell in der Beltsee, der Arkonasee und der Oderbank (Pommersche Bucht), mit Abundanzen um 6000 – 8000 Ind./m³ (Abb. 27 und 29). Allerdings trafen die hohen Abundanzen im Oktober laut Tabelle 11 nicht auf die Pommersche Bucht zu. Die Gastropoden-Larven dominierten in der zweiten Jahreshälfte. Während die Abundanzen in der ersten Jahreshälfte unter 100 Individuen/m³ blieben, lagen die Abundanzen während August- und Oktober-Terminfahrt bei maximal 800 Individuen/m³ (Abb. 27). Die Präferenzgebiete waren die Beltsee, die Arkonasee und die Pommersche Bucht (Abb. 29).

Die semi-quantitativ erfaßten **Tintinniden** traten sehr häufig während der Februar-Terminfahrt auf, bis zu 8000 Ind./m³ in der Beltsee. Die Cyphonautes-Larven der **Bryozoen** sind Bestandteil des Zooplankton der westlichen Ostsee bis zur Darßer Schwelle (maximal 900 Individuen/m³ in der Mecklenburger Bucht); die höchsten Werte waren im Spätherbst zu verzeichnen.

Der in der Nordsee weit verbreitete **Turbellar *Alaurina composita*** (MECZNIKOV, 1865) (GREVE, REINERS, 1996) erreichte die o.g. Spitzenkonzentrationen von 3000 Ind./m³ in der Beltsee zur Zeit der August-Terminfahrt. Vorher, im Februar und März, waren Abundanzen von weniger als 500 Ind./m³ von der Mecklenburger Bucht bis zur Darßer Schwelle nachweisbar. Zu dieser Zeit kamen

auch wenige Exemplare im Tiefenwasser der Arkonasee, Bornholmsee und der südlichen Gotlandsee vor. Im Herbst fehlte die Art komplett.

Tabelle 14 Maximale jahreszeitliche und regionale Abundanz der weiblichen (W) und männlichen (M) adulten Copepoden (Gattungen bzw. Arten) aus allen im Jahre 2000 gewonnenen Proben (s. Tabelle 2), (BeS Beltsee, MB Mecklenburger Bucht, KR Kadetrinne, DS Darßer Schwelle, AS Arkonasee, BS Bornholmsee, sGS südliche Gotlandsee, PB Pommersche Bucht)

maximale Konzentration (Ind. / m ³)	Taxonomische Gruppe	Jahreszeit	Seegebiet
Calanoide Copepoden			
2500	<i>Acartia bifilosa</i> (W)	Oktober TF	AS – PB
1600	<i>Acartia bifilosa</i> (M)	Mai-, Oktober TF	DS – AS – PB
4500	<i>Acartia longiremis</i> (W)	Oktober TF	AS – BS – sGS
1000	<i>Acartia longiremis</i> (M)	Mai-, Oktober TF	DS – AS – BS
40	<i>Acartia tonsa</i> (W)	August-, Oktober TF	MB, PB
2000	<i>Acartia tonsa</i> (M)	August TF	PB
1600	<i>Centropages hamatus</i> (W)	August TF	BeS
1300	<i>Centropages hamatus</i> (M)	August TF	BeS
100	<i>Eurytemora affinis</i> (W)	Oktober TF	BS – sGS
130	<i>Eurytemora affinis</i> (M)	August-, Oktober TF	BS
1000	<i>Pseudocalanus</i> spec. (W)	Oktober TF	BeS – KR
2600	<i>Pseudocalanus</i> spec. (M)	Februar TF	KR
9000	<i>Temora longicornis</i> (W)	Oktober TF	AS
3000	<i>Temora longicornis</i> (M)	August TF	BS – sGS
Cyclopoide Copepoden			
7000	<i>Oithona similis</i> (W)	Oktober TF	Tiefenwasser BS
600	<i>Oithona similis</i> (M)	Mai- bis Oktober TF	BeS – MB
350	<i>Cyclops</i> spec.	März-, Mai TF	PB
Harpacticoide Copepoden			
150	<i>Harpacticoida</i>	Februar TF	BeS

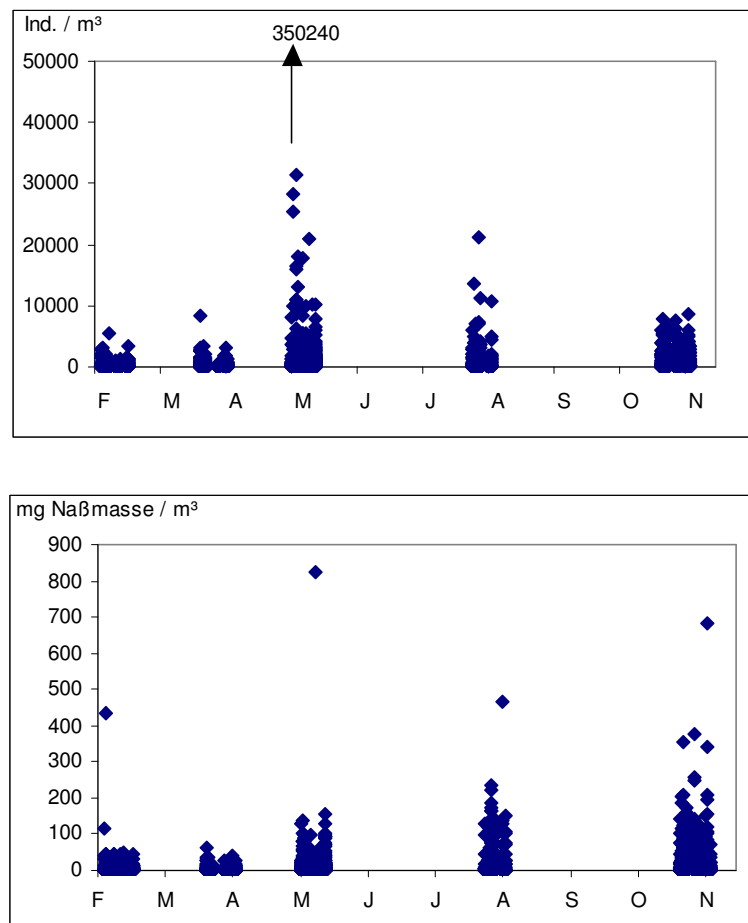


Abb. 25

Jahreszeitliche Schwankungen von Abundanz und Nassmasse-Konzentration aller taxonomischer Gruppen in den Proben aus allen Tiefenstufen von der Beltsee bis in die östliche Gotlandsee und der Pommerschen Bucht (s. Tabelle 2)

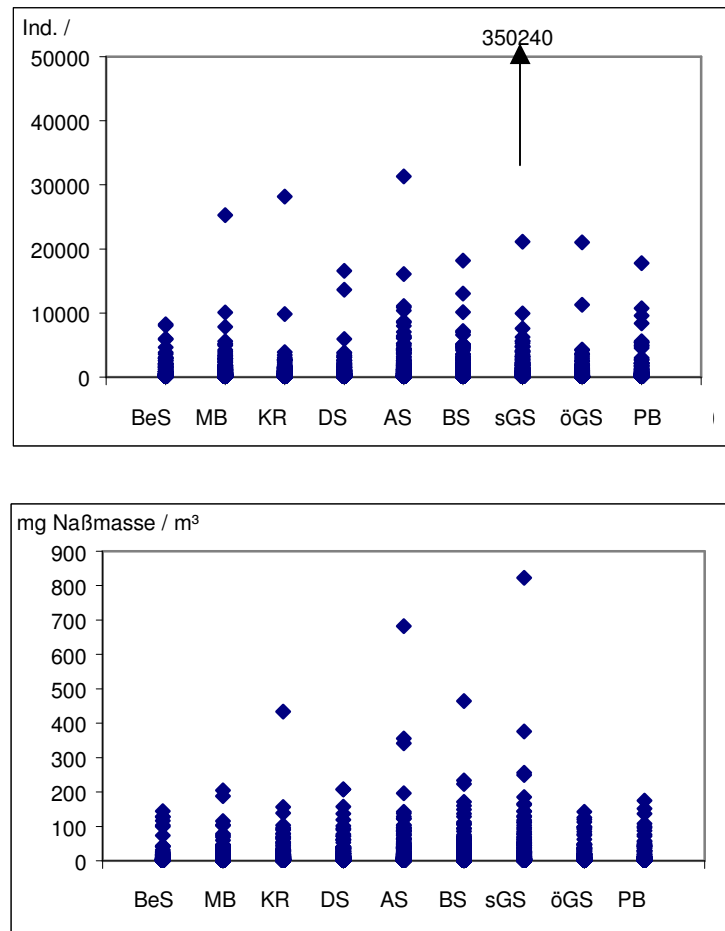


Abb. 26

Regionale Schwankungen von Abundanz und Nassmasse-Konzentrationen aller taxonomischer Gruppen in den Proben aus allen Tiefenstufen von der Beltsee bis in die östliche Gotlandsee und der Pommerschen Bucht (s. Tabelle 2) im Jahre 2000 (BeS Beltsee, MB Mecklenburger Bucht, KR Kadetrinne, DS Darßer Schwelle, AS Arkonasee, BS Bornholmsee, sGS südliche Gotlandsee, öGS östliche Gotlandsee, PB Pommersche Bucht)

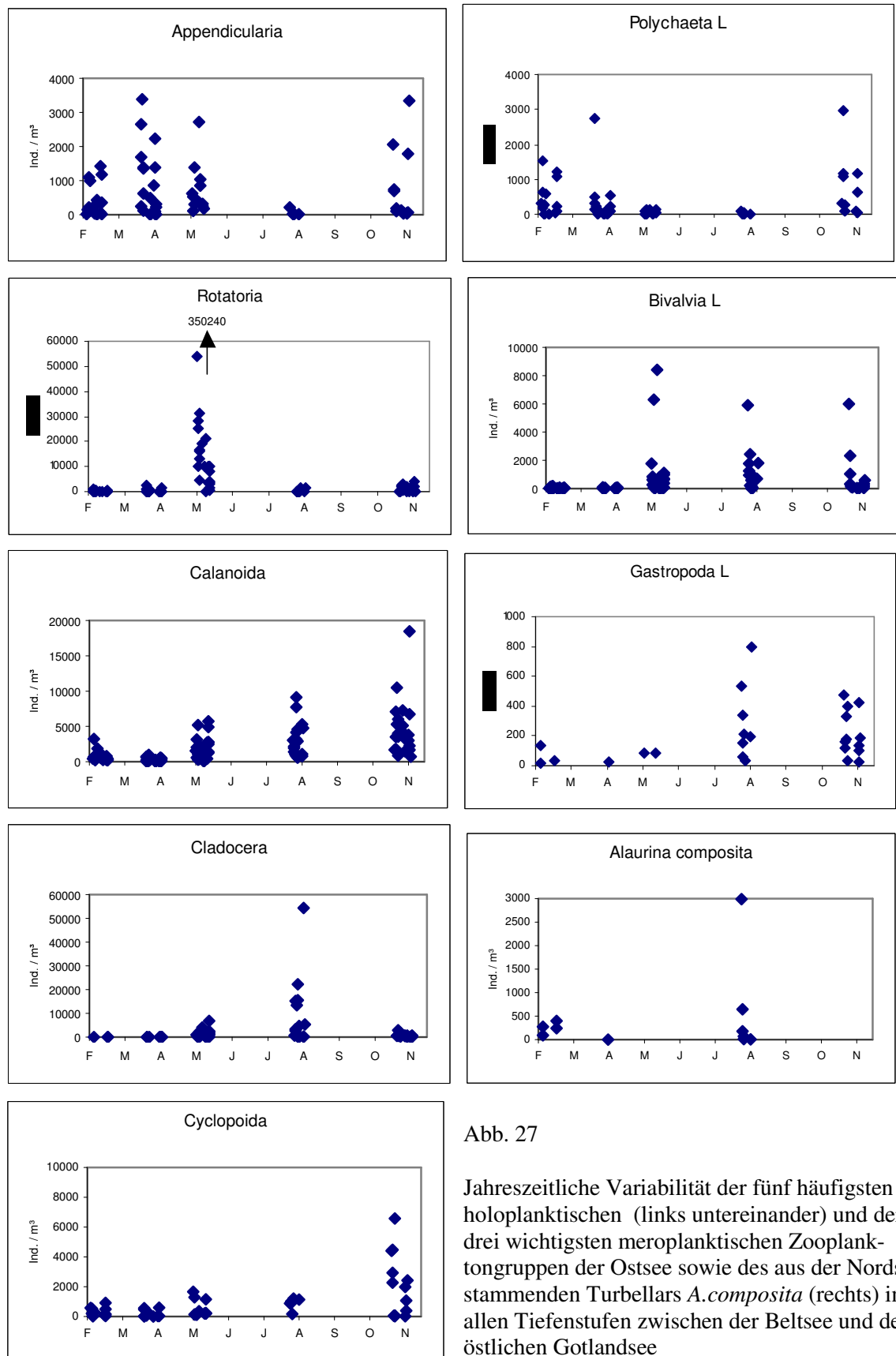


Abb. 27

Jahreszeitliche Variabilität der fünf häufigsten holoplanktischen (links untereinander) und der drei wichtigsten meroplanktischen Zooplanktongruppen der Ostsee sowie des aus der Nordsee stammenden Turbellars *A.composita* (rechts) in allen Tiefenstufen zwischen der Beltsee und der östlichen Gotlandsee

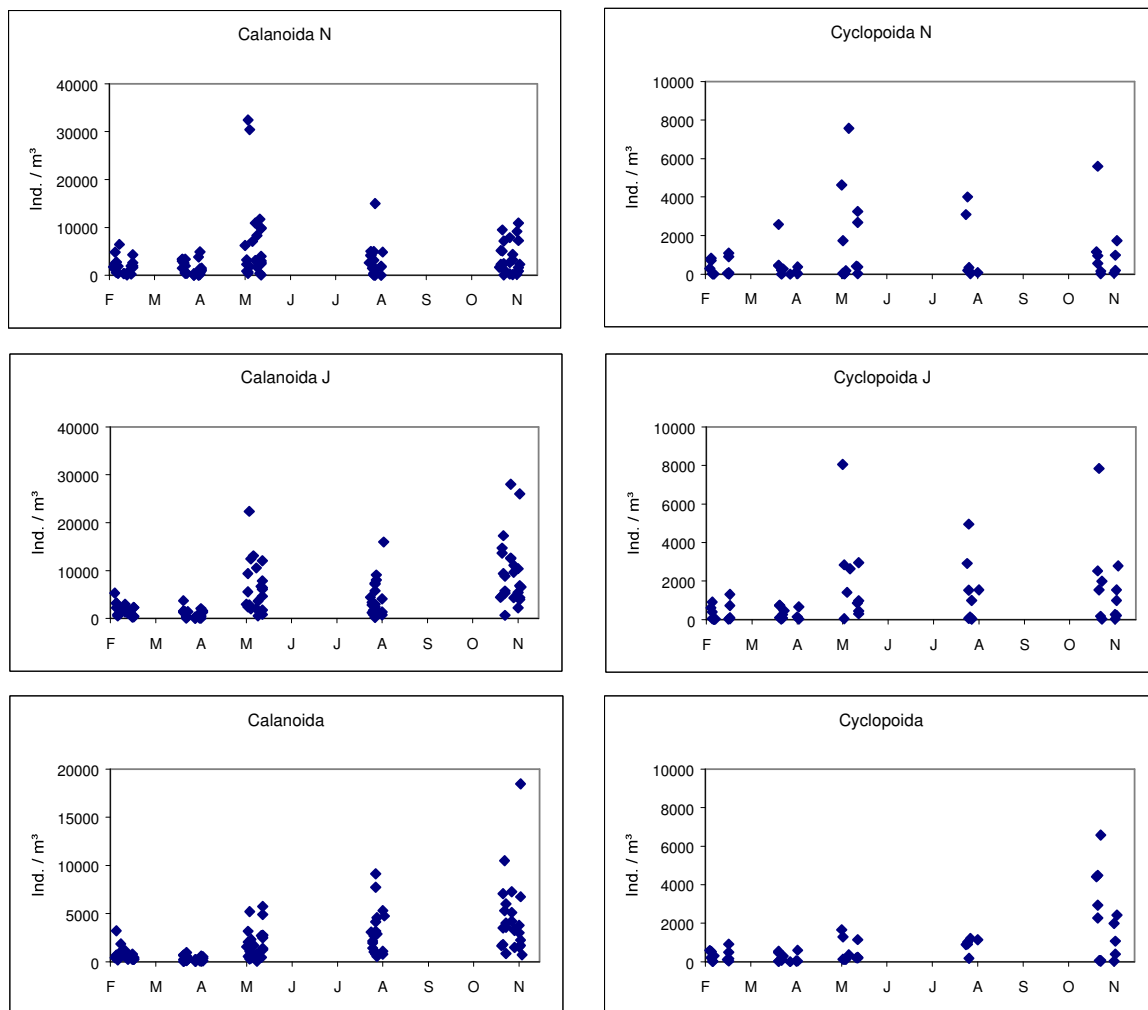


Abb. 28

Jahreszeitliche Variabilität von Nauplien, Copepoditen und Adulten calanoider Copepoden (links untereinander) sowie cyclopoider Copepoden (rechts) in allen Tiefenstufen zwischen der Beltsee und der östlichen Gotlandsee

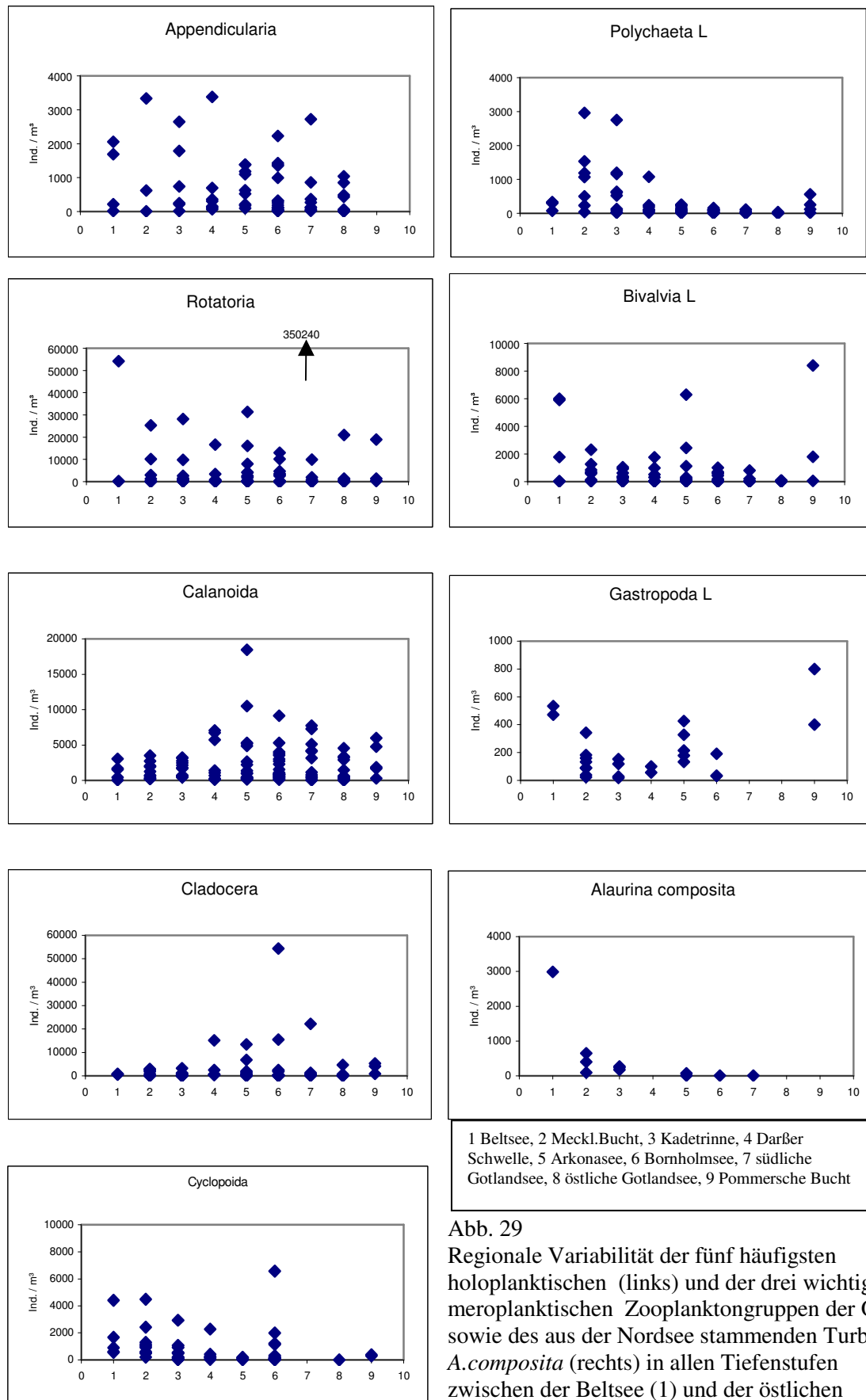


Abb. 29

Regionale Variabilität der fünf häufigsten holoplanktischen (links) und der drei wichtigsten meroplanktischen Zooplanktongruppen der Ostsee sowie des aus der Nordsee stammenden Turbellars *A.composita* (rechts) in allen Tiefenstufen zwischen der Beltsee (1) und der östlichen Gotlandsee (8) sowie der Pommerschen Bucht (9)

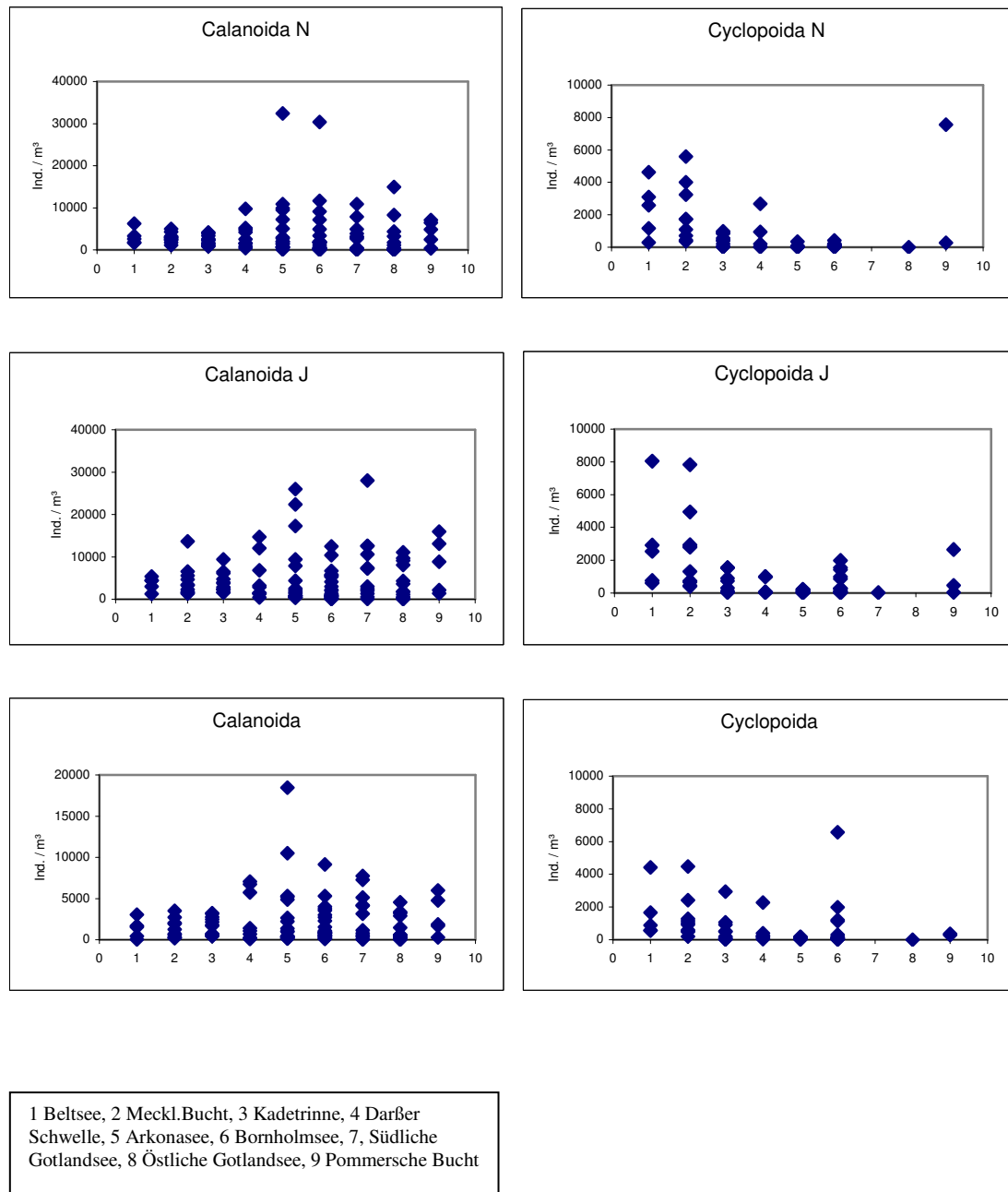


Abb. 30

Regionale Variabilität von Nauplien, Copepoditen und Adulten calanoider Copepoden (links untereinander) sowie cyclopoider Copepoden (rechts) in allen Tiefenstufen zwischen der Beltsee (1) und der östlichen Gotlandsee (8) sowie der Pommerschen Bucht (9)

4.3 Makrozoobenthos

Mit 83 war die Artenzahl im Vergleich zum Jahr 1998 (WASMUND et al., 1999) konstant (Tabelle 15, Abb. 31).

Tabelle 15 Verbreitung des Makrozoobenthos an den 6 Stationen im Oktober 2000.

* = Arten wurden mit Dredge oder Video nachgewiesen

Taxa	10	12	30	109	152	213
PORIFERA						
<i>Haliclona limbata</i>	X					
<i>Halisarca dujardini</i>	X*					
CNIDARIA						
<i>Campanulina lacerata</i>	X		X*			
<i>Eudendrium spec.</i>	X					
<i>Laomedea gelatinosa</i>	X		X		X	
<i>Metridium senile</i>	X	X*				
<i>Perigonimus spec.</i>	X*					
PRIAPULIDA						
<i>Halicryptus spinulosus</i>			X	X	X	
NEMATHELMINTHES						
<i>Lineus ruber</i>		X				
<i>Malacondella grossa</i>		X				
Nemertini		X	X			
<i>Prostoma obscura</i>			X			
MOLLUSCA						
<i>Abra alba</i>	X	X				
<i>Arctica islandica</i>	X	X		X		
<i>Astarte borealis</i>	X		X			
<i>Astarte elliptica</i>	X					
<i>Corbula gibba</i>	X	X				
<i>Hydrobia ulvae</i>			X			
<i>Macoma balthica</i>	X		X	X	X	
<i>Mya arenaria</i>			X		X	
<i>Mya truncata</i>		X				
<i>Mytilus edulis</i>	X		X		X	
ANNELIDA						
<i>Nais elinguis</i>					X*	
<i>Tubifex costatus</i>			X		X	
<i>Tubificoides benedeni</i>			X			
<i>Ampharete acutifrons</i>	X*	X		X		
<i>Ampharete baltica</i>	X		X			
<i>Arenicola marina</i>			X			
<i>Aricidea suecica</i>	X					
<i>Bylgides sarsi</i>	X	X	X	X	X	
<i>Capitella capitata</i>	X*					
<i>Cirrophorus eliasoni</i>		X				
<i>Eteone longa</i>	X*	X	X			
<i>Euchone papillosa</i>	X	X				
<i>Eulalia bilineata</i>	X		X			
<i>Harmothoe imbricata</i>			X			
<i>Harmothoe impar</i>			X			
<i>Hediste diversicolor</i>			X			
<i>Heteromastus filiformis</i>	X	X		X		
<i>Lagis koreni</i>	X	X				
<i>Nephtys ciliata</i>	X	X				
<i>Nephtys hombergi</i>		X				
<i>Nereimyra punctata</i>	X					
<i>Pherusa plumosa</i>	X	X				
<i>Pholoe assimilis</i>	X	X				
<i>Pholoe baltica</i>	X					

<i>Pholoe inornata</i>	X	X					
<i>Phyllodoce maculata</i>	X						
<i>Phyllodoce mucosa</i>	X						
<i>Polydora ciliata</i>	X						
<i>Polydora quadrilobata</i>	X	X	X	X			
<i>Pygospio elegans</i>	X		X		X		
<i>Scoloplos armiger</i>	X	X	X	X			
<i>Spio gonioccephala</i>			X				
<i>Terebellides stroemi</i>	X	X					
<i>Travisia forbesi</i>			X				
<i>Trochaeta multisetosa</i>	X	X					
CRUSTACEA							
<i>Balanus crenatus</i>			X*				
<i>Corophium crassicorne</i>			X				
<i>Crangon crangon</i>	X*		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>Gastrosaccus spinifer</i>	X						
<i>Jaera albifrons</i>			X		X*		
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>			X*				
<i>Mysis mixta</i>			X*		X*		
<i>Neomysis integer</i>					X*		
<i>Saduria entomon</i>					X		
PYCNOGONIDA							
<i>Nymphon brevirostre</i>	X*						
BRYOZOA							
<i>Alcyonidium hirsutum</i>			X		X*		
<i>Cribrillina punctata</i>	X*						
<i>Electra crustulenta</i>	X*		X		X		
<i>Electra pilosa</i>	X*						
<i>Eucratea loricata</i>	X*	X					
<i>Valkeria uva</i>	X*						
ECHINODERMATA							
<i>Asterias rubens</i>	X*	X	X				
<i>Ophiura albida</i>	X	X					
TUNICATA							
<i>Ciona intestinalis</i>	X*						
<i>Dendrodoa grossularia</i>	X*						
<i>Styela coriacea</i>	X						
Summe	83 Taxa	52	28	38	9	20	0
Abundanz (Ind./m²)	2611	3886	4271	69	4144	0	
Biomasse (g AFTG/m²)	50,6	40,4	27,1	8,1	34,9	0,0	

Dennoch wurde ein gravierendes West-Ost-Gefälle beobachtet. Während die Taxazahl westlich der Darßer Schwelle im Durchschnitt zunahm, wurden östlich (Arkonasee, Bornholmsee) Artenabnahmen beobachtet. Die Artenzunahme im Fehmarnbelt, Lübecker Bucht und an der Darßer Schwelle war v.a. auf den intensiven Einsatz von Dredgen und Videotechnik zurückzuführen. So konnten im Vergleich zu 1998 v.a. mehr epibenthische und vagile Arten nachgewiesen werden. Die endobenthischen Vertreter waren relativ konstant oder zeigten leichte Abnahmen. In der Arkonasee (Stat. 109) halbierte sich die Biodiversität im Vergleich zu 1998 und in der Bornholmsee wurden auf Grund von Anoxie und Sulfidbildung keine Organismen mehr festgestellt. In der Nähe des Adlergrundes (südliche Arkonasee, Stat. 152) war die Tendenz nicht so drastisch. Hier nahm die Artenzahl von 25 im Jahr 1998 auf lediglich 20 ab.

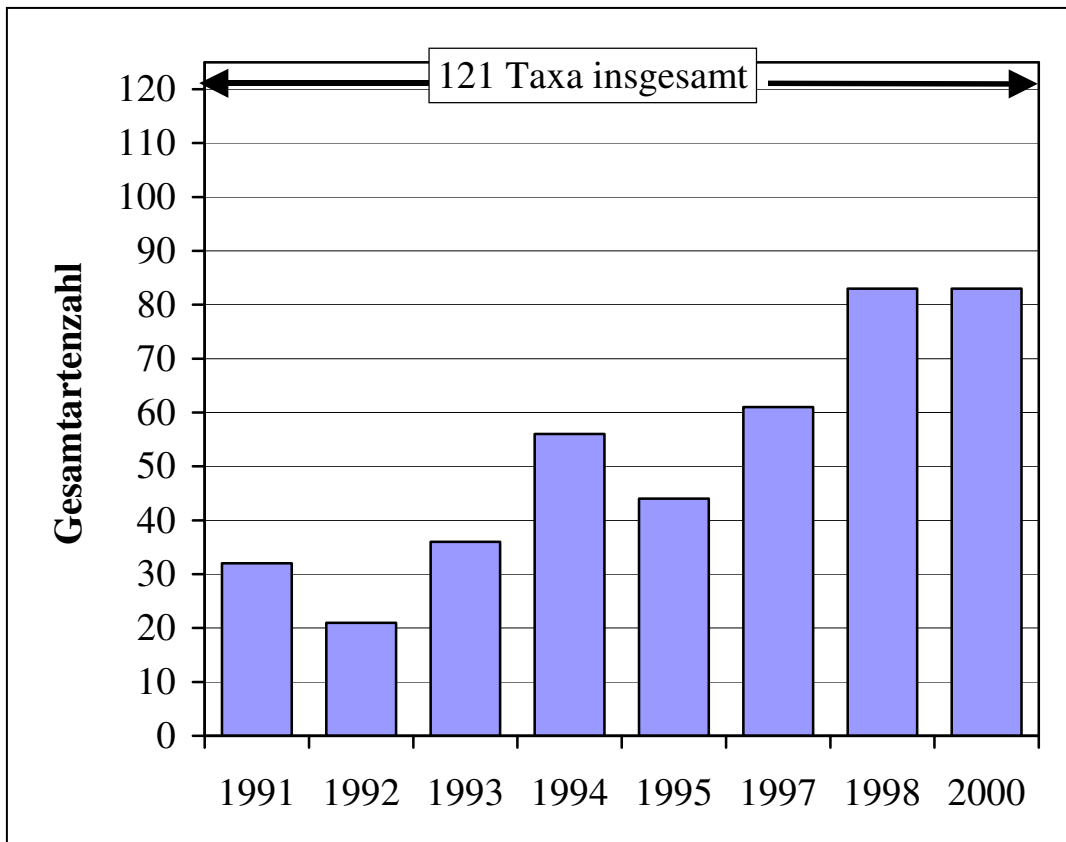


Abb. 31

Gesamtartenzahl der vorgefundenen Taxa an den Stationen 10, 12, 30, 109, 152 und 213 von 1991 bis 2000 (1996 und 1999 keine Daten)

Vergleicht man an den Stationen die im Jahr 2000 angetroffene Artenzahl mit der Gesamtartenzahl (Anzahl aller je seit 1991 an dieser Station gefundenen Arten) so ist die Tendenz (mit Ausnahme der Stat. 109 im Arkonabecken und 213 im Bornholmbecken) relativ ähnlich (Abb. 32). Die angetroffene Taxazahl lag bei etwa 50 bis 60 % der „potentiell möglichen“. Im Arkonabecken und im Bornholmbecken ist der drastische Artenverlust auf temporäre bzw. dauerhafte Anoxie zurückzuführen.

Im weiteren wird auf die Station 213 (Bornholmbecken) nicht mehr eingegangen, da 2000 kein Nachweis von Makrofauna gelang. Die Individuendichten lagen 2000 zwischen 69 Ind./m² (Stat. 109) und 4271 Ind./m² (Stat. 30) (Tabelle 15). Bis auf die Station 12 (Lübecker Bucht) wurde an allen Stationen eine Abnahme der Gesamtabundanz festgestellt. Die Verdopplung der Dichte von 1818 Ind./m² 1998 auf 3886 Ind./m² im Jahr 2000 auf Station 12 ist hauptsächlich auf das vermehrte Auftreten der Kleinen Pfeffermuschel (*Abra alba*) und des Polychaeten *Terebellides stroemi* zurückzuführen. Auch die Islandmuschel (*Arctica islandica*) zeigte dort eine Abundanzzunahme. Die beiden Muschelarten waren auch für die Verfünffachung der Biomasse (von 8 g auf

40,4 g AFTG/m²) verantwortlich. Die Erholung der Islandmuschelpopulation in der Mecklenburger Bucht wurden durch ZETTLER et al. (2000 und 2001) dokumentiert. Auch an den Stationen 10 und 152 konnte eine erhebliche Zunahme der Biomasse beobachtet werden. Während im Fehmarnbelt v.a. *Arctica islandica*, *Abra alba*, *Nephtys ciliata* und *Lagis koreni* diesen Biomassezuwachs verursachten, waren es an der Station 152 die Sandklaffmuschel (*Mya arenaria*) und die Miesmuschel (*Mytilus edulis*).

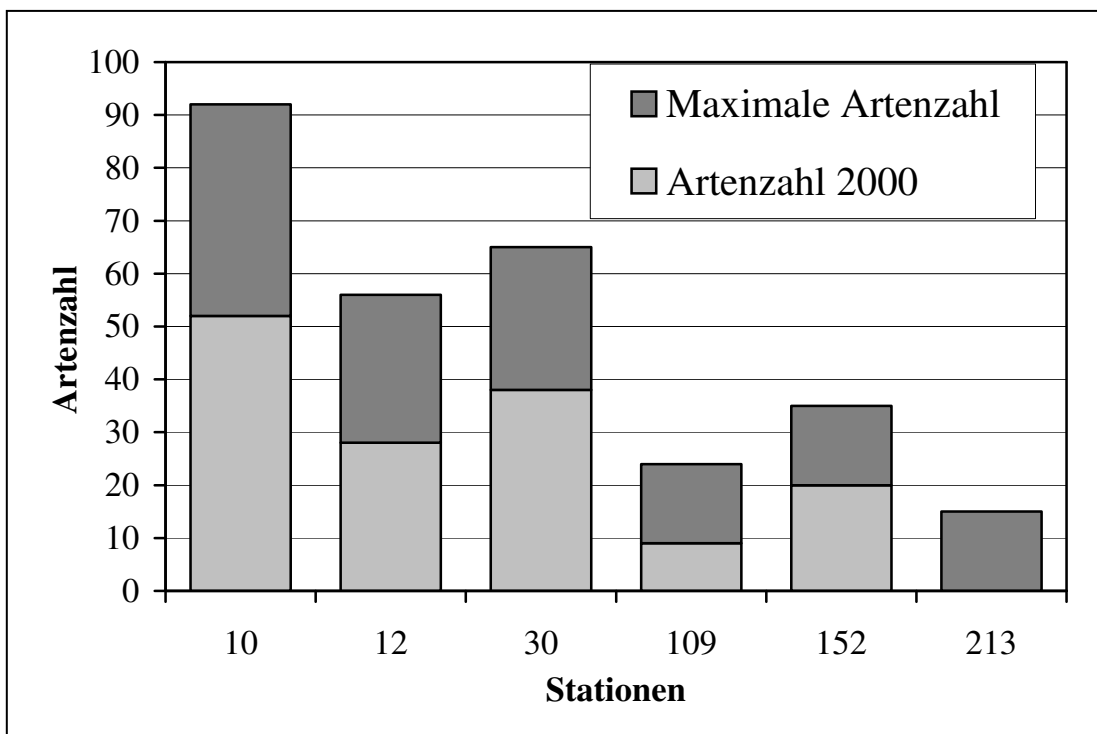


Abb. 32

Artenzahlen an den einzelnen Stationen im Oktober 2000. Die Gesamtartenzahl der einzelnen Stationen (Anzahl aller jemals an der Station gefundenen Arten) ist durch die dunkle Schraffur indiziert.

An der Station 30 (Darßer Schwelle) wurden die beiden Muschelarten *Mya arenaria* und *Astarte borealis* näher untersucht. *Mya arenaria* zeigte von 1991 bis 2000 eine interessante Abundanz- und Biomasseentwicklung (Abb. 33). 1992 kam es zu einer starken Besiedlung durch juvenile Tiere mit Dichten von über 1600 Ind./m². In den darauffolgenden Jahren nahm die Dichte stetig ab und erreichte im Jahre 2000 Werte von ca. 100 Ind./m². Gleichzeitig nahm die Biomasse durch Wachstum regelmäßig zu. Maximale Biomassen wurden mit 25 g AFTG/m² 1999 beobachtet. Durch steigende Mortalität sank dann die Biomasse auf 14 g/m² im Jahr 2000.

Astarte borealis zeigte keine solche Entwicklung (Abb. 34). Abundanz und Biomasse korrelierten miteinander. Von 1991 zu 1992 kam es zu einem drastischen Absterben, die Dichte sank auf fast 0. Anschließend kam es zu einer erfolgreichen Besiedlung durch Jungtiere, die die Abundanz auf über 400 Ind./m² anwachsen ließ. Von 1994 bis 2000 pegelte sich die Abundanz auf ca. 200 Ind./m² und die Biomasse auf 4 g AFTG/m² ein. Die Populationsstruktur zeigte eine Dominanz der Größen-

klasse 5-10 mm (ca. 6 Jahre), was mit dem Reproduktionserreignis von 1993 übereinstimmt (Abb. 35). Die maximale Schalenlänge betrug 16,4 mm.

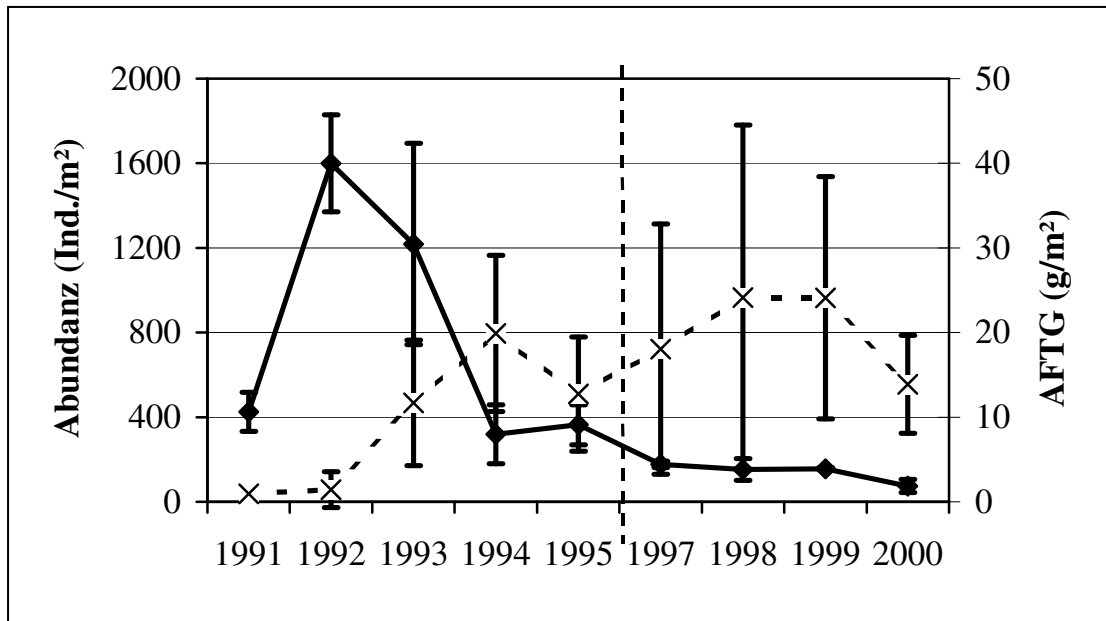


Abb. 33

Entwicklung von Abundanz (♦) und Biomasse (x) von *Mya arenaria* an der Station 30 von 1991 bis 2000 (1996 keine Daten)

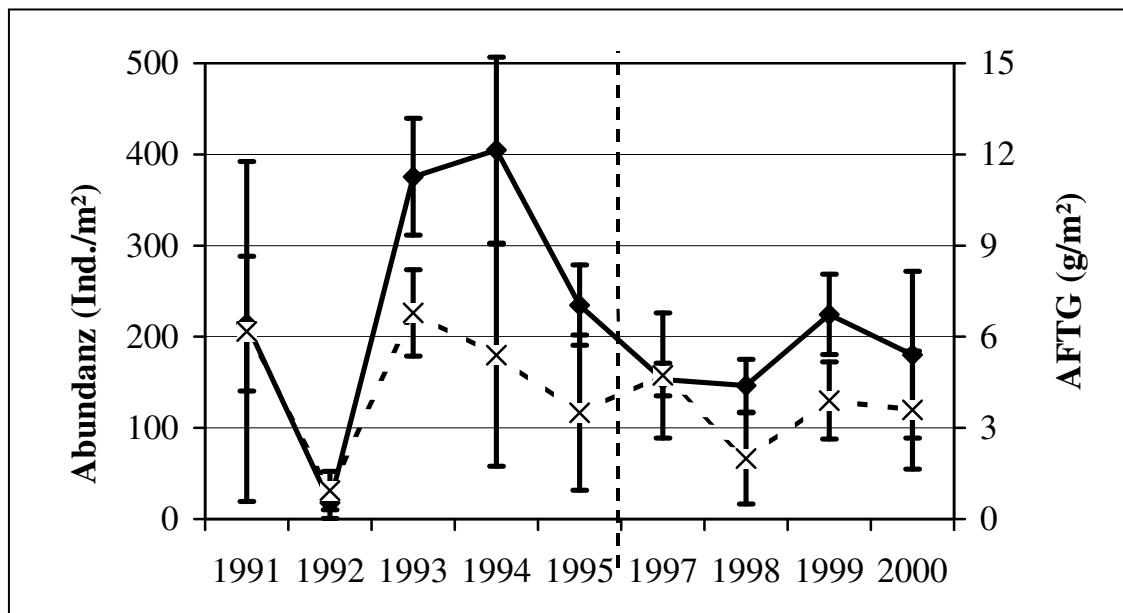


Abb. 34

Entwicklung von Abundanz (♦) und Biomasse (x) von *Astarte borealis* an der Station 30 von 1991 bis 2000 (1996 keine Daten)

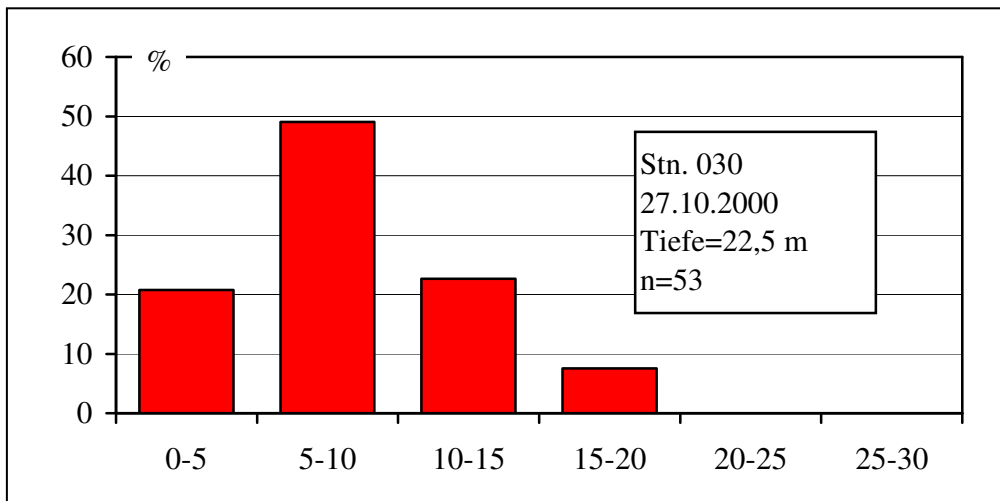


Abb. 35

Größenklassenverteilung von *Astarte borealis* an Station 30 im Oktober 2000

Insgesamt zeigte das Makrozoobenthos eine relative Konstanz im Bereich westlich der Darßer Schwelle. Die Stationen der Arkonasee und der Bornholmsee wiesen innerhalb der letzten beiden Jahre durch sinkende Sauerstoffwerte (v.a. in den Becken) ungünstige Lebensbedingungen für das Makrozoobenthos auf. Das wurde durch die verringerte Besiedlung in der Arkonasee und durch die Defaunation in der Bornholmsee deutlich.

5 Diskussion

5.1 Rückgang der Eutrophierung

Ein wesentliches Anliegen des HELCOM-Monitoring ist die langfristige Überwachung des Gewässerzustandes der Ostsee mit besonderer Beachtung der Eutrophierung, die als das wesentliche Problem für die Ostsee erkannt ist. Zunehmende Nährstoffeinträge schlagen sich primär in steigenden Nährstoffkonzentrationen im Ostseewasser nieder. Diese sind besonders gut in der produktionsarmen Wintersaison zu messen, während sich die höheren Nährstoffkonzentrationen während der Vegetationszeit schnell in Phytoplankton- und schließlich Zooplankton-Biomasse umsetzen. Letztlich müssen sie aber zu einem erhöhten Export führen, vornehmlich durch Sedimentation. Vermehrter Export organischer Substanz zum Gewässergrund bietet dem Zoobenthos eine wachsende Nahrungsgrundlage oder aber entzieht ihm die Lebensbedingungen bei anaerobem Abbau durch Mikroorganismen. Eutrophierungsphänomene erscheinen also als ein Komplex chemischer und biologischer Faktoren, die zudem durch die hydrographischen Bedingungen modifiziert werden.

Die Nährstoff-Verhältnisse sind ausführlich in der hydrographisch-chemischen Zustandseinschätzung von MATTHÄUS et al. (2001) erörtert. Demnach hat sich die Phosphatkonzentration in Küstengewässern und im Oberflächenwasser der offenen Ostsee von der ersten Hälfte zur zweiten Hälfte der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts signifikant verringert, während es im Jahre 2000

wieder zu einem deutlichen Anstieg kam. Für das Nitrat waren keine entsprechenden Trends nachzuweisen. Der Rückgang der Phosphatkonzentration kann nur dort zu einem Rückgang der Primärproduktion und der Phytoplanktonbiomasse führen, wo Phosphat der limitierende Nährstoff ist. Das trifft in unserem Untersuchungsgebiet bestenfalls für die Mecklenburger Bucht zu, wo nach der Frühjahrsblüte Phosphat meistens vollständig aufgezehrt ist (vgl. WASMUND et al., 1998 a: Tabelle 2). Tatsächlich ist in der Mecklenburger Bucht ein abnehmender Trend der Chlorophyll-Konzentration im Wasser zu ermitteln (Abb. 23 a). In der eigentlichen Ostsee ist aufgrund des niedrigen N:P-Verhältnisses im allgemeinen Stickstoff der limitierende Nährstoff. Die Phosphat-Reduktion dürfte sich hier also vorerst gar nicht auswirken. So ist der ansteigende Trend der Chlorophyll a-Konzentration in der Arkonasee weiterhin intakt (Abb. 23 b). Es ist in den letzten Jahren aber trotzdem eine leichte Tendenz zu niedrigeren Chlorophyllwerten zu erkennen. In der Bornholmsee (Abb. 24 a) war ein signifikanter Anstieg noch bis zum Jahre 1997 nachzuweisen. Dass er seitdem nicht mehr signifikant ist, ist ein Anzeiger für sinkende Chlorophyllwerte. Bei Betrachtung aller Chlorophyll a-Werte (aus 0-10 m Tiefe) der eigentlichen Ostsee stellt man fest, dass die Frühjahrs- und Sommerwerte des Jahres 2000 unter dem langjährigen Mittel liegen (vgl. Tabelle 8 und 9). Interessant ist, dass andererseits die Herbstwerte ansteigen. Die Herbstblüte des Phytoplanktons ist weniger markant als die Frühjahrsblüte und weniger auffällig als die Cyanobakterien-Sommerblüte und deshalb oft vernachlässigt. Dass die saisonale Entwicklung des Phytoplanktons gerade im Herbst noch Überraschungen birgt, wurde bereits aus wenigen Zusatzproben in den Jahren 1997 und 1999 (WASMUND et al., 1998 a, 2000) erkannt.

Die mikroskopisch ermittelte Phytoplankton-Biomasse ist durch die Methode bedingt wesentlich ungenauer zu bestimmen als das Chlorophyll. Zu den natürlich bedingten großen Streuungen der Werte (siehe Abb. 23, 24) kommt bei der Phytoplanktonzählung noch ein erheblicher subjektiver Faktor hinzu, so dass die in der HELCOM-Datenbank vorgenommene Zusammenfassung von Daten verschiedener Bearbeiter grundsätzlich problematisch ist. Seit Beginn der 90er Jahre organisierten die Bearbeiter der Phytoplanktonproben im Rahmen der HELCOM jährliche Workshops und Kurse, die der Vereinheitlichung des Kenntnisstandes und der methodischen Details dienen (siehe WASMUND et al., 1998 a). Seit 1998 werden auch im Rahmen des Bundes-Länder-Meßprogramms (BLMP) umfangreiche Qualitätssicherungsmaßnahmen durchgeführt (siehe Kapitel 2.8). Die Qualität der Daten verbessert sich damit ständig. Der Anfang der Datenreihe könnte dagegen durchaus fehlerbehaftet sein. Bereits in unserem Bericht vom Jahre 1998 (WASMUND et al., 1999) wiesen wir darauf hin, dass die hohen Cyanobakterienkonzentrationen zu Beginn der 80er Jahre (siehe Abb. 19 b - 22 b) durch einen Berechnungsfehler der Daten-Originatoren überschätzt sein könnten. Eine Trendberechnung aus den Biomassen würde sich damit natürlich verbieten. Für relative Betrachtungen der Artenzusammensetzungen liefert die mikroskopische Zählmethode jedoch gute Daten. Diese sollen im nächsten Kapitel diskutiert werden.

5.2 Veränderung der Artenzusammensetzung

Die Erkenntnis von WASMUND et al. (1998 b), dass der Anteil der Kieselalgen in den Frühjahrsblüten der Bornholmsee und südlichen Gotlandsee, in geringerem Maße auch in der Arkonasee, zugunsten der Dinoflagellaten seit 1989 zurückgeht, konnte in den jüngsten Jahresberichten immer wieder bestätigt werden. Im Jahre 2000 fanden dagegen in der Bornholmsee und Arkonasee wieder kräftige Kieselalgenblüten statt (Abb. 2 c, 3 a, 3 c). Es wurde nicht einmal, wie sonst üblich, eine den Kieselalgen folgende Dinoflagellatenblüte beobachtet. Die Ursachen für diesen plötzlichen

Abbruch des bisherigen Trends sind noch nicht klar. Seit dem Jahre 1999 tritt verstärkt der photoautotrophe Ciliat *Mesodinium rubrum* in der Frühjahrsblüte auf (Tabelle 6). In den Kieselalgenblüten des Jahres 2000 wurde er jedoch zurückgedrängt. In der östlichen Gotlandsee, in der traditionell keine Kieselalgenblüte während der Terminfahrt Ende März/Anfang April gefunden wurde, dominierte *Mesodinium rubrum* Ende März 2000 die autotrophe Gemeinschaft mit 84 % Biomasse. Es war allerdings immer schon verwunderlich, dass auch nach milden Wintern nicht schon um diese Jahreszeit eine kräftige Algenentwicklung eingesetzt hatte, wo Nährstoffe und Licht ausreichend zur Verfügung gestanden haben müssten. Nun scheint *Mesodinium rubrum* dieses Angebot genutzt und die Lücke gefüllt zu haben. Es stellt sich allerdings die Frage, ob nicht doch eine gewisses Kieselalgenwachstum im April (also außerhalb unseres Probennahme-Zeitrasters) stattgefunden haben könnte, da in den Sinkstoff-Fallen in April/Mai ein deutliches Silikat- und Kieselalgensignal auftrat (Abb. 9 und 10 a). Andererseits hatte die Silikatkonzentration im Oberflächenwasser zum Mai kaum abgenommen, was für ein Ausbleiben einer Kieselalgenentwicklung spricht. Die Phytoplanktonproben vom Mai aus der östlichen Gotlandsee zeigten stets eine Dinoflagellatenblüte (*Peridiniella catenata*) an, die sich auch nicht von einer vorangegangenen *Mesodinium*-Blüte verdrängen lassen hat.

Wie bereits in Kapitel 4.1.4 ausführlich dargestellt, scheint sich die normalerweise im Herbst in der eigentlichen Ostsee blütenbildende Kieselalgen-Gattung *Coscinodiscus* zeitlich in den Sommer und räumlich in die westliche Ostsee auszubreiten. Dabei könnte neben der bekannten Art *Coscinodiscus granii* eine sonst nicht in Erscheinung getretene *Coscinodiscus*-Art eine Rolle spielen.

Die wichtigsten Phytoplanktonarten seit 1993 sind für die einzelnen Seegebiete und Jahreszeiten im Anhang des Berichts von WASMUND et al. (1999) zusammengestellt, von WASMUND et al. (2000) fortgeschrieben und auch in dem vorliegenden Bericht in Tabelle 4 aktualisiert worden.

Im Mesozooplankton gab es zumindest seit Beginn der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts keine Änderungen im Artenspektrum. Relative Veränderungen der Artenzusammensetzung sind häufig durch Veränderungen im Salzgehalt bedingt. Salzwasserarten, wie der Copepode *Oithona similis*, werden z.B. mit Salzwassereinbrüchen (wie dem von 1993) in die eigentliche Ostsee eingetragen und leben dort unter der Salzgehaltssprungschicht. Dagegen tritt *Cyclops* sp. infolge einer gesteigerten Süßwasserzufuhr in der Pommerschen Bucht auf. Aber auch die Temperatur ist für unterschiedliches Wachstum entscheidend. So entwickeln sich die Rotatorien im Frühjahr besonders stark nach milden Wintern, während Cladoceren der Gattung *Bosmina* in warmen Sommern Massenentwicklungen zeigen. Im Jahre 2000 war die Abundanz der Cladoceren im Vergleich zur ersten Hälfte der 90er Jahre deutlich verringert. Der Turbellar *Aleurina composita* hat gegenüber 1995 leicht zugenommen. Auch die Abundanz der Muschel- und Schneckenlarven hat sich erhöht. Die zuerst in der Rigaer Bucht, später im Finnsichen Meerbusen und in den Übergangsbereichen beider Regionen beschriebene, sehr auffällige Cladocerenart *Cercopagis (cercopagis) pengoi* aus dem ponto-kaspischen Raum ist in den IOW-Proben noch nicht aufgetreten.

Die Verbreitung des Makrozoobenthos wird hauptsächlich durch die Sauerstoffverhältnisse am Gewässergrund bestimmt. Zeitweise oder dauerhafte Anoxie im Arkona- und Bornholmbecken führte zu einem überdurchschnittlich starken Artenverlust bis hin zu komplettem Fehlen der Makrofauna. In der gut mit Sauerstoff versorgten Mecklenburger Bucht haben die Kleine

Pfeffermuschel (*Abra alba*), die Islandmuschel (*Arctica islandica*) und der Polychaet *Terebellides stroemii* deutlich zugenommen, auf dem Adlergrund dagegen die Sandklaffmuschel (*Mya arenaria*) und die Miesmuschel (*Mytilus edulis*).

Die Artenlisten des Phytoplanktons, Mesozooplanktons und Makrozoobenthos des Jahres 2000 finden sich in den Tabellen 5 (S. 29), 10 (S. 49) und 15 (S. 62).

5.3 Regionale Unterschiede

Die Darßer Schwelle ist seit langem als wichtigste biologische Grenze im Untersuchungsgebiet bekannt (KELL, 1973). Die westlich der Darßer Schwelle liegende Mecklenburger Bucht ist von der östlich gelegenen Arkonasee sowohl von den hydrographisch-chemischen als auch von den biologischen Eigenschaften deutlich verschieden. Gerade beim Plankton darf man sie aber nicht als eine feste Grenze ansehen, sondern als ein breites Übergangsgebiet, das sich in Abhängigkeit von den Strömungsbedingungen verlagern kann. Von Seiten des Phytoplanktons fanden wir sie meistens in der westlichen Arkonasee (zwischen den Station 030 und 113, vgl. S. 19). Zwischen der zentralen Arkonasee und der Bornholmsee sind die Unterschiede dagegen sehr gering, so dass sie vom Wasserkörper her als ein einheitliches Seegebiet betrachtet werden könnten (manchmal auch einschließlich des südlichen Teils der östlichen Gotlandsee). Dem hatte man bei HELCOM bereits mit dem Seegebiet „südliche eigentliche Ostsee“ Rechnung getragen. Einige Unterschiede sind als verallgemeinerte Richtwerte der 90er Jahre in Tabelle 16 zusammengestellt.

Tabelle 16 Einige verallgemeinerte Phytoplankton-Charakteristika zur Unterscheidung von Mecklenburger Bucht und südlicher eigentlicher Ostsee.

	Mecklenburger Bucht	südliche eigentliche Ostsee
N/P-Molverhältnis (Winter)	12	8
Frühjahrsblüte	Kieselalgen	zunehmend Dinoflagellaten
Sommerblüte	Kieselalgen neben Dinoflagellaten	Cyanobakterien neben Dinoflagellaten
Herbstblüte	<i>Ceratium tripos</i>	<i>Coscinodiscus</i> spp.
seit 1999 <i>Mesodinium rubrum</i>	moderat	stark
Chlorophyll-Trend	abnehmend	zunehmend

Aufgrund des unterschiedlichen Salzgehalts in den betrachteten Seegebieten kommt es insbesondere bei den Zooplanktonarten zu Unterschieden. Während in der Kieler Bucht noch 17 Taxa gefunden wurden, betrug deren Zahl im Oberflächenwasser der Gotlandsee nur noch 11. So dringt beispielsweise der Turbellar *Alaurina composita* bis zur Darßer Schwelle vor, in einigen Exemplaren mit dem Tiefenwasser sogar bis in die südliche Gotlandsee. Auch die Cyphonautes-Larven der Bryozoen kamen nur westlich der Darßer Schwelle vor. Die maximalen Konzentrationen der calanoiden Nauplien, Copepoditstadien und Adulti sind zwischen Arkonasee und südlicher Gotlandsee anzutreffen, während die Nauplien und Copepodite der Cyclopiden auf die Beltsee und Mecklenburger Bucht (*Oithona similis*) und die Pommersche Bucht (*Cyclops* spec.) konzentriert sind (Abb. 30). Die adulten Cyclopiden (*Oithona similis*) erzielen darüber hinaus relativ hohe Konzentrationen im Tiefenwasser der Bornholmsee. In der Pommerschen Bucht sind sie kaum anzutreffen.

Auch das Zoobenthos zeigte eine größere Artenzahl westlich der Darßer Schwelle als östlich davon. Die Zahl der Taxa hatte westlich der Darßer Schwelle sogar noch zugenommen (allerdings auch aufgrund des Einsatzes neuer Methoden), während sie in der Arkonasee und Bornholmsee abnahm (wegen Sauerstoffmangels). Wenn wir die Stationen in den tiefen Becken (Stat. 109, 213) ausklammern, die sich durch besonders geringe Abundanzen und Artenzahlen auszeichnen, finden wir bei den verbliebenen Stationen deutliche Unterschiede in der Artenzusammensetzung zwischen Mecklenburger Bucht und Arkonasee (siehe Tabelle 15), die nicht aus dem Sauerstoffgehalt, sondern wahrscheinlich aus den unterschiedlichen Salzgehalten zu erklären sind. Wegen der ständig wechselnden Umweltbedingungen, z.B. bei Salzwassereinbrüchen in der Ostsee, kommt es zu einer hohen Variabilität der Artenzusammensetzung von Jahr zu Jahr, die den Nachweis dauerhafter Veränderungen auf Artebene erschwert. Wegen dieser starken Veränderlichkeit des Systems muss sein Status in all seinen Einzelbereichen (d.h. den einzelnen voneinander verschiedenen Seegebieten) immer wieder neu bestimmt werden.

Danksagung

Die Autoren danken den am Ostseeüberwachungsprogramm beteiligten Mitarbeitern des Instituts für Ostseeforschung, insbesondere den mit der Probengewinnung und -bearbeitung betrauten Kolleginnen BÄRBEL BUUK, REGINA HANSEN, INES GLOCKZIN, KÄTE KUNERT, CHRISTINE PETERS, ANNELI POSTEL, HEIDE SANDBERG, DORIS SETZKORN, INA TOPP sowie den bei der Datenbearbeitung engagierten Kolleginnen und Kollegen SABINE FEISTEL, ANNETT GRÜTTMÜLLER, BERND KAYSER und Dr. THOMAS OHDE. Die meteorologisch-hydrographischen sowie chemischen Daten wurden uns von Dr. WOLFGANG MATTHÄUS und Dr. GÜNTHER NAUSCH zur Verfügung gestellt. Den Kapitänen und Besatzungen der Forschungsschiffe „Alexander v. Humboldt“, „Professor Albrecht Penck“ und „Alkor“ sei gedankt für die Unterstützung während der Messfahrten. 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.
- BRYLINSKI, J.M., 1981: Report on the presence of *Acartia tonsa* Dana (Copepoda) in the harbour of Dunkirk (France) and its geographical distribution in Europe. - J. Plankton Res., **3**, 255-260.
- BUSCH, A., BRENNING, U., 1992: Studies on the status of *Eurytemora affinis* (POPPE, 1880) (Copepoda, Calanoida). - Crustaceana, **62**, 13-38.
- CORKETT, C.J., MCLAREN, I.A., 1978: The Biology of *Pseudocalanus*. - Adv. Mar. Biol., **15**, 1-231.
- 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.
- FROST, B.W., 1989: A taxonomy of the marine calanoid copepod genus *Pseudocalanus*. - Can. J. Zool., **67**, 525-551.
- 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.
- GREVE, W., REINERS, F., 1996: A multiannual outbreak of the turbellarian *Alaurina composita* MECZNIKOV 1865 in the German Bight. - J. Plankton Res., **18**, 157-162.
- GÜNTHER, C.-P., UHLIG, S., 1999: Ringversuch Phytoplankton mit kultivierten Arten (RV PHYTKUL). - Bericht aus der Qualitätssicherungsstelle BLMP des Umweltbundesamtes, März 1999.
- 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, 2000: Manual for marine monitoring in the COMBINE programme of HELCOM. – Baltic Marine Environment Protection Commission, Helsinki. Updated 2000: Internet: <http://www.helcom.fi/>: Groups & PITF, HELCOM MONAS, COMBINE manual.

HERNROTH, L. (ed.), 1985: Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. Mesozooplankton biomass assessment. - The Baltic Marine Biologists. Publ. No. **10**, 31 pp.

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 protocols. Scientific Committee on Oceanic Research, Bergen (JGOFS Rep. No. 6).

KELL, V., 1973: Die Darßer Schwelle – eine biologische Grenze ? - Wiss. Zeitschr. Univ. Rostock, **22**, 617-623.

LORENZEN, C.J., 1967: Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. - Limnol. Oceanogr., **12**, 343-346.

LUND, J.W.G., KIPLING, C., LE CREN, E.D., 1958: The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. - Hydrobiologia **11**, 143-170.

MACIEJEWSKA, K., MARGONSKI, P., 2001: Status of arrow worms (Chaetognatha) in the southern Baltic - Sea. Bull. Sea Fish. Inst., **1** (152), 15- 30.

MATTHÄUS, W., NAUSCH, G., LASS, H.U., NAGEL, K., SIEGEL, H., 2001: Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2000. - Meereswiss. Ber., Warnemünde, **45**, 27-88.

MÖLLER, H., 1984: Daten zur Biologie der Quallen und Jungfische in der Kieler Bucht. Möller, Kiel.

OJAVEER, H., LUMBERG, A., 1995: On the role of *Cercopagis (cercopagis) pengoi* (OSTROUMOV) in Pärnu Bay and the NE part of the Gulf of Riga ecosystem. - Proc. Estonia Acad. Sci. Ecol., **5** (1/2), 20-25.

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.

PURASJOKI, K.J., 1958: Zur Biologie der Brackwasserkladozere *Bosmina coregoni maritima* (P.E.Müller). - Annales Zoologici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae „Vanamo“ **12**(2), 1-117.

RAMMNER, W. 1940: Phyllopora. In: Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. Teil X.a., begründet von Grimpe, G. und Wagler, E., herausgegeben von Grimpe, E., fortgesetzt durch Remane, A. - Akad. Verlagsges. Becker & Erler Kom.-Ges. Leipzig, 32 pp.

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

UTERMÖHL, H., 1958: Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. - Ass. intern. Limnol. théor., **9**, 1-38.

VAN GUELPEL, L., MARKLE, D.F., DUGGAN, D.J., 1982: An evaluation of accuracy, precision, and speed of several zooplankton subsamples techniques. - J. Cons. int. Explor. Mer, **40**, 226-236.

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

WASMUND, N., 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., 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: Der biologische Zustand der Ostsee im Jahre 1999 auf der Basis von Phytoplankton- und Zooplanktonuntersuchungen. - Meereswiss. Ber., Warnemünde, **43**, 1-65.

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.

ZETTLER, M.L., BÖNSCH, R., GOSSELCK, F., 2001: Distribution, abundance and some population characteristics of the ocean quahog, *Arctica islandica* (Linnaeus, 1767), in the Mecklenburg Bight (Baltic Sea). - J. Shell. Res., **20**(1)

Anlage