

Meereswissenschaftliche Berichte

MARINE SCIENCE REPORTS

No. **64**

Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2004

von

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

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

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

Institut für Ostseeforschung
Warnemünde
2005

	Seite
Abstract	5
Kurzfassung	6
1. Einleitung	7
2. Material und Methoden	8
2.1 Beprobungs-Strategie	8
2.2 Phytoplankton	12
2.3 Algenpigmente	12
2.4 Mesozooplankton	13
2.5 Makrozoobenthos	13
2.6 Sedimentation	14
2.7 Qualitätssicherung	14
3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2004	15
4. Ergebnisse	15
4.1 Phytoplankton	15
4.1.1 Die Phytoplanktonentwicklung anhand von Satellitendaten	15
4.1.2 Jahrgang von Artenzusammensetzung und Biomasse	17
4.1.2.1 Mecklenburger Bucht (einschl. Lübecker Bucht)	19
4.1.2.2 Arkonasee	21
4.1.2.3 Pommersche Bucht	30
4.1.2.4 Bornholmsee und östliche Gotlandsee	30
4.1.3 Sedimentation	32
4.1.4 Jahrgang der Chlorophyll a – Konzentration	39
4.1.5 Langzeittrend der Artenzusammensetzung	41
4.1.6 Langzeittrend der Chlorophyll a – Konzentration	43
4.1.7 Räumliche Phytoplanktonverteilung	43
4.2 Mesozooplankton	48
4.2.1 Jahreszeitliche Präsenz und mehrjähriger Vergleich	48
4.2.2 Nachwirkung der Salzwassereinbrüche von 2002/2003	48
4.2.3 Nahrungsnetz und Eutrophierungsgrad	49
4.2.4 Räuberische neue Art, ungeeigneter Messtermin, zu kühler Juli	49
4.3 Makrozoobenthos	54
4.3.1 Ergebnisse	54
4.3.2 Diskussion	63
Zusammenfassung	67
Summary	71
Danksagung	74
Literaturverzeichnis	74

Abstract

The time series on species composition and biomass or abundance of phyto- and zooplankton as well as macrozoobenthos in the Belt Sea and the Baltic proper, existing since 1979, was continued in 2004.

The phytoplankton spring bloom occurred in Mecklenburg Bight (*Thalassiosira nordenskiöldii*, *Porosira glacialis*, *Skeletonema costatum*, *Mesodinium rubrum*) and the Arkona Sea (*Skeletonema costatum*, *Mesodinium rubrum*) in March 2004, but in the Bornholm Sea (*Mesodinium rubrum*) and in the eastern Gotland Sea (*Mesodinium rubrum*, *Peridiniella catenata*) at the end of April/beginning of May. The summer bloom was dominated by *Cerataulina pelagica*, *Ceratium tripos* and *Proboscia alata* in Mecklenburg Bight. The cyanobacteria growth was only weak in summer 2004. A bloom of *Chrysochromulina* sp. and *Dinophysis norvegica* in the eastern Gotland Sea in mid June is worth mentioning. The autumn bloom was dominated in Mecklenburg Bight by *Ceratium tripos* and in the Bornholm Sea and south-eastern Gotland Sea by *Coscinodiscus granii*.

The sedimentation maximum in spring was dominated by diatoms (*Skeletonema costatum*, *Thalassiosira levanderi*, *Chaetoceros* sp., *Achnanthes taeniata*). Like in some former years the sedimentation peak of silica shifted to midsummer due to the appearance of the pennate diatom *Nitzschia paleacea* on the cyanobacterial aggregates. The cyanobacterial (*Aphanizomenon* sp., *Nodularia spumigena*) aggregates dominated the vertical flux of carbon, nitrogen and phosphorus as well, which exceeded the long-term means by far in 2003. Additionally, large amounts of sedimenting manganese oxides and iron phosphates sedimented in summer 2003.

The effect of the saltwater influx from summer 2003 on the mesozooplankton, like increase in diversity and introduction of marine species, abated in 2004 with exception of the Gotland Deep. The maximum abundances of all considered taxa declined to 44% in 2004 in comparison to the first half of the 1990s. Also the maximum abundance of *Pseudocalanus* spp., an important food of adult herring remained on a level which was five times below the expectations. The very low abundance of *Bosmina* spp. was caused by the relatively low temperature in June/July, the potential feeding by the carnivore cladoceran *Cercopagis pengoi* and the too early observation period. The latter is also probable because the temperature increased up to an optimal range in the successive weeks. The maximum abundance of the calanoid copepods were kept on a fairly constant level of about 30,000 ind./m³ throughout the years. *Centropages hamatus* was the most dominant species, which has an reproduction peak at cooler summers in contrast to *Acartia tonsa* and *Eurytemora affinis* which remained at lower quantities in 2004.

The quick recovery of the macrozoobenthos after the oxygen depletions in 2002 in the western Baltic is remarkable. Since the beginning of the macrozoobenthos monitoring in 1991, 164 taxa were proved. The long-term tendencies in species number and Shannon-Wiener-Index since 1991 are displayed at one station (Darsser Schwelle). The development of the abundance and biomass of the bivalve *Abra alba* in the Fehmarnbelt region from 1991 to 2004 is shown. For the ocean quahog *Arctica islandica* and the arctic relict bivalve *Astarte borealis* the population structure at two stations are indicated.

Kurzfassung

Die 1979 begonnene HELCOM-Datenreihe der Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos wurde im Jahre 2004 in der Beltsee und der eigentlichen Ostsee fortgesetzt.

Die Phytoplankton-Frühjahrsblüte fand in der Mecklenburger Bucht (*Thalassiosira nordenskiöldii*, *Porosira glacialis*, *Skeletonema costatum*) und Arkonasee (*Skeletonema costatum*, *Melosira arctica*) im März statt, in der Bornholmsee und der östlichen Gotlandsee aber erst im April bis Anfang Mai statt. Die Sommerblüte wurde in der Mecklenburger Bucht von *Cerataulina pelagica*, *Ceratium tripos* und *Proboscia alata* dominiert. In der östlichen Gotlandsee trat im Juni eine bislang nicht beobachtete Blüte von *Chrysochromulina* sp. auf. Die typische Cyanobakterienblüte war im Jahre 2004 kaum ausgeprägt. Die Herbstblüte ist in der Mecklenburger Bucht durch *Ceratium* spp. und in der Bornholmsee und südöstlichen Gotlandsee durch *Coscinodiscus granii* gekennzeichnet.

Das Sedimentationsmaximum im Frühjahr 2003 (März/April) wurde wieder fast ausschließlich von Diatomeen (*Skeletonema costatum*, *Thalassiosira levanderi*, *Chaetoceros* sp., *Achnanthes taeniata*) gebildet. Der Hauptexport von Silikat fand im Sommer statt aufgrund der Besiedlung von Cyanobakterienaggregaten durch die Diatomee *Nitzschia paleacea*. Die Sommer-Cyanobakterien dominierten auch die vertikalen Flüsse von Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor, die in diesem Jahr weit über dem langjährigen Durchschnitt lagen. Darüber hinaus kam es im Sommer 2003 zu einer starken Sedimentation von Partikeln aus Manganoxid und Eisensulfat.

Die mit den Salzwassereinbrüchen 2003 zu verzeichnenden Folgen für das Mesozooplankton waren 2004 bereits wieder im Abklingen, mit Ausnahme des Gotlandbeckens. Die maximale Abundanz aller einbezogenen Taxa erreichte nur 44% der zwischen 1991 und 1995 erzielten Konzentration. Die *Pseudocalanus* spp. Abundanz, einer wichtigen Nahrungskomponente der adulten Heringe, blieb um den fünffachen Betrag unter den Erwartungen. Die Abnahme von *Bosmina* spp. wurde durch den zu kühlen Juli sowie möglicherweise durch das Auftreten des carnivoren Wasserfloh *Cercopagis pengoi*, eventuell auch durch den frühen Beprobungstermin (Juli anstelle von August) verursacht. Die calanoiden Copepoden bleiben in ihrer maximalen Gesamt-Abundanz von Jahr zu Jahr fast unverändert bei ca. 30.000 Ind./m³. Unter ihnen war *Centropages hamatus* am stärksten vertreten, der im Gegensatz zu *Acartia tonsa* und *Eurytemora affinis* vom kühleren Sommer profitierte.

Im Makrozoobenthos konnte im Jahre 2004 im Vergleich zu den letzten Jahren mit insgesamt 107 Arten die bislang höchste Artenzahl an den 7 Monitoringstationen des IOW festgestellt werden. Hervorzuheben ist die schnelle Erholung der durch die Sauerstoffmangelereignisse im Jahre 2002 gezeichneten Stationen der westlichen Ostsee. Die im Jahre 2003 nach 5 Jahren erstmalige Besiedlung der Bornholmsee war im Jahr 2004 quasi wieder erloschen. Nur 1 Individuum von *Nephtys hombergii* konnte nachgewiesen werden. Seit Beginn des Benthos-Monitorings im Jahre 1991 wurden für das Gebiet insgesamt 164 Taxa nachgewiesen. Der negative Trend in der Entwicklung der Gesamt-Abundanz und -Biomasse setzte sich nur teilweise fort. Während die westlichen Stationen Zunahmen aufwiesen, wurden im Osten abnehmende Abundanzen und Biomassen registriert.

1. Einleitung

Dem Meer kommt als Ressource für Wirtschaft (z.B. Fischerei, Öl-, Kies- und Energiegewinnung, Transportweg) und Erholung (Strand-Tourismus, Kreuzfahrt-Tourismus) eine wachsende Bedeutung zu. Deshalb ist die Erhaltung der Gewässerqualität und somit auch die Überwachung des biologischen Zustandes der Ostsee von hoher gesellschaftspolitischer und sozio-ökonomischer Relevanz. Das am Institut für Ostseeforschung (IOW) im Auftrag des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) durchgeführte Ostsee-Überwachungsprogramm trägt zur umfassenden Gewinnung von Umweltdaten bei. Im Rahmen einer Verwaltungsvereinbarung wurde dem IOW der Auftrag übertragen, die Bearbeitung der offenen Ostsee im Rahmen des deutschen Beitrages für das Monitoringprogramm (COMBINE) der Helsinki-Kommission (HELCOM) zu übernehmen. Dieses Programm richtet sich unter anderem auf die Erforschung der Stoff- und Energieflüsse im Ökosystem Ostsee, auf die Fragen zu Herkunft, Ausbreitung, Wirkung und Verbleib von anorganischen und organischen Einleitungen sowie auf die Erfassung längerfristiger Veränderungen abiotischer und biotischer Variablen. Darüber hinaus gehen die Daten auch in das Bund-Länder-Meßprogramm (BLMP) der deutschen Küstenländer ein, dessen Sekretariat im BSH angesiedelt ist.

Die gewonnenen Daten werden über nationale Datenbanken (in Deutschland die Meeresumwelt-Datenbank MUDAB am BSH) jährlich an HELCOM gemeldet (zusammen mit einem nationalen Kommentar). Im Abstand von 5 Jahren wurden die Ergebnisse in Periodischen Assessments zusammengefaßt und in internationalen Arbeitsgruppen wissenschaftlich bewertet (HELCOM 1987, 1990, 1996, 2002). Gegenwärtig legt HELCOM verstärkt Wert auf aktuellere Berichte in Form der „HELCOM Indicator Reports“. Die detaillierten Auswertungen der eigenen Daten in den Jahresberichten für das BSH verbinden einen hohen wissenschaftlichen Anspruch mit der Forderung nach Aktualität. Das IOW als Forschungseinrichtung gewährleistet, dass die von ihm erhobenen Daten nicht nur für Langzeit-Erfassungen in Datenbanken eingehen, sondern auch wissenschaftlich bewertet werden. Aus diesen Auswertungen ergeben sich oft weitere Fragen, die in konkreten Forschungsprogrammen gelöst werden. Andererseits greifen die Forschungsprojekte wiederum auf die kontinuierlich erfassten Basisdaten zurück.

Diese gegenseitige Befruchtung zwischen kontinuierlicher Datenerfassung und wissenschaftlicher Analyse zeigt sich beispielsweise in dem aktuellen EU-geförderten Forschungsprojekt SIBER. Schon in zurückliegenden Jahresberichten (z.B. WASMUND et al. 1998a) wurden Verschiebungen in der Phytoplankton-Artenzusammensetzung bemerkt, deren Ursache aus den Routinedaten nicht vollständig geklärt werden konnte. Das Projekt SIBER soll die Frage lösen, ob eine Verringerung der Silikat-Konzentration den Rückgang der Kieselalgen verursacht haben könnte. Es nutzt dazu die Langzeit-Daten, erhebt andererseits aber auch eigene Daten, die in die Langzeit-Datenreihe eingliedert werden können (siehe S. 8). Die deutschen Aktivitäten im Rahmen des GLOBEC-Programms prüfen dagegen unter anderem, ob klimatische Veränderungen eine Ursache sein können. Das EU-Projekt CHARM griff auf die Langzeit-Daten zurück, um Indikatoren und unbeeinflusste "Hintergrundwerte" für Umweltveränderungen zu ermitteln, die schließlich für die EU-Wasserrahmenrichtlinie verwendet werden sollen. Auch das EU-Netzwerk MARBEF nutzt die HELCOM-Daten zur Erfassung von Veränderungen in der Biodiversität.

Die umfassende Auswertung der Daten wird im IOW ermöglicht durch die enge Zusammenarbeit von Hydrographen, Meereschemikern und Biologen. Die biologischen Daten werden vor dem Hintergrund der hydrographisch-chemischen Zustandseinschätzung interpretiert, die für das Jahr 2004 bereits erschienen ist (NAUSCH et al. 2005).

Für rückblickende Betrachtungen wird das Studium vorjähriger biologischer Berichte (SCHULZ et al. 1992; BREUEL et al. 1993, 1994, 1995; v. BODUNGEN et al. 1996; WASMUND et al. 1998a, 1999, 2000a, 2001, 2002, 2003, 2004) empfohlen.

2. Material und Methoden

2.1 Beprobungs-Strategie

Die Aufgabenstellung für das wissenschaftliche Programm orientiert sich an den Vorschriften der HELCOM. Im Einzelnen umfasst das biologische Monitoring am IOW die Bestimmung der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Phytoplanktons, Mesozooplanktons und Makrozoobenthos, die Bestimmung des Chlorophyll-a und Phaeopigment-a-Gehalts von Wasserproben und die Auswertung von Sinkstoff-Fallen. Die Phytoplanktonentwicklung wird auch anhand von Satellitenbildern verfolgt. Die Methoden sind in einem Manual (HELCOM 2001) verbindlich vorgeschrieben. Für die Auswertung der Sinkstoff-Fallen und der Satellitenbilder gibt es noch keine HELCOM-Methodenvorschriften.

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

Da Planktonproben in der westlichen und südlichen Ostsee sowohl auf den Hin- als auch Rückreisen genommen wurden, können von unseren 5 Fahrten maximal 10 Proben pro Station und Jahr gewonnen werden. Außerdem wurden auf Fahrten der Projekte SIBER (Björn Brodherr), Phosphordynamik (Dr. Monika Nausch) und „Geo-Kartierung“ (Dr. Thomas Leipe) Phytoplankton-Proben auf Standardstationen nach den HELCOM-Vorschriften genommen und ebenfalls für unsere Auswertung verwendet.

Die seit 1998 praktizierte Übergabe von Phytoplanktonproben vom Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU) an das IOW zum Zwecke der Erhöhung der Probenfrequenz für die Stationen 012 und O22 konnte im Jahre 2004 fortgesetzt werden. Im Gegezug wurden dem LANU Proben der Station 360 zur Verfügung gestellt.

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

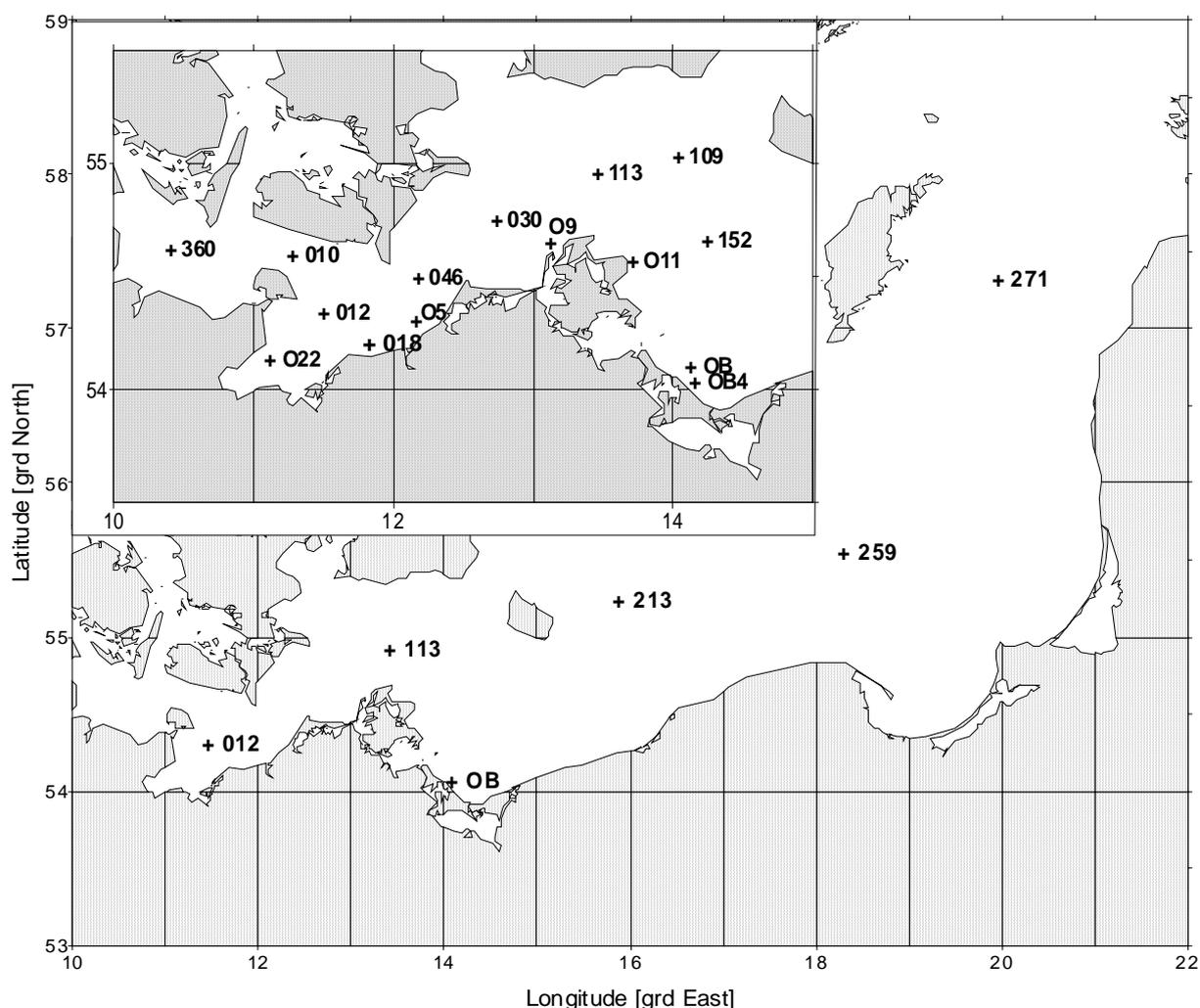


Abb. 1

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

Fig. 1

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

Tab. 1

Häufigkeit der Probenahme (= Anzahl der Probentermine) zur Gewinnung der biologischen Daten des IOW im Jahre 2004 (für Sinkstoff-Fallen: 2003). Angaben in Klammern kennzeichnen 0 m-Proben für das LUNG M-V.

)¹ einschl. 9 Proben vom LANU S-H,

)² einschl. 4 Proben aus dem Projekt SIBER

)³ einschl. 3 Proben aus Projekt SIBER, 2 Proben von "Geo-Kartierung" und 1 Probe von "Phosphordynamik"

)⁴ einschl. 1 Probe von "Geo-Kartierung" und 1 Probe von "Phosphordynamik"

)⁵ einschl. 1 Probe von "Geo-Kartierung" und 3 Proben von "Phosphordynamik"

Table 1

Sampling statistics for different parameters specified for sampling stations in 2004 (for sedimentation traps from year 2003). International station number inserted in column 2. Numbers in brackets indicate samples from 0 m only, delivered to Environmental Agency Mecklenburg-Vorpommern (LUNG)

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

)² incl. 4 samples taken in the frame of the project "SIBER"

)³ incl. 3 samples taken by project "SIBER", 2 samples by "Geo-Kartierung", 1 sample by "Phosphordynamik"

)⁴ incl. 1 sample by "Geo-Kartierung" and 1 sample by "Phosphordynamik"

)⁵ incl. 1 sample by "Geo-Kartierung" and 3 samples by "Phosphordynamik"

IOW- Stationsnummer	Stations- nummer	Chlorophyll u. Phaeopigment	Phyto- plankton	Zoo- plankton	Zoo- benthos	Sinkstoff- Fallen (2003)
Beltsee						
360	OM BMP N3	6	-	6	-	-
010	OM BMP N1	-	-	-	1	-
012	OM BMP M2	10	19) ¹	10	1	-
O22		4	16) ¹ (4)	-	-	-
018		-	-	-	1	-
O5		(5)	(5)	-	-	-
046	OM BMP M1	10	14) ²	10	-	-
Arkonasee						
030	OM BMP K8	10	10	10	1	-
109	OM BMP K4	6	6	-	1	-
113	OM BMP K5	11	14) ²	10	-	-
O9		(5)	(5)	-	-	-
O11		(5)	(5)	-	-	-
152	OM BMP K3	-	-	-	1	-
Pommernbucht						
OB	OM OB	4	5	5	-	-
OB4		(5)	(5)	-	-	-
Bornholmsee						
213	OM BMP K2	9	15) ³	9	1	-
Östl. Gotlandsee						
259	OM BMP K1	5	7) ⁴	5	-	-
271	OM BMP J1	5	9) ⁵	5	-	58

Tab. 2

Statistik der Zooplankton-Probenentnahmen in den jeweiligen Tiefenstufen [m] auf den in Abb. 1 verzeichneten Stationen vom Februar bis November 2004

Table 2

Sample statistic of zooplankton hauls (cf. Fig. 1) and sampling depth intervals [m] on cruises between February and November 2004

Stationsbezeichnung		11.02.-22.02.		16.03.-26.03.		30.04.-09.05.		14.07.-22.07.		29.10.-9.11.	
BMP	IOW	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
OM BMPN3	360	0	15	0	12	0	16	0	16	0	14
OM BMPM2	012	0	19	0	12	0	8	0	10	0	15
				12	18	8	21	10	19	15	21
OM BMPM1	046	0	7	0	12	0	10	0	12	0	20
		7	20	12	18	10	22	12	21	0	23
OM BMPK8	030	0	10	0	16	0	19	0	7	0	19
		10	18					7	18		
OM BMPK5	113	0	20	0	36	22	44	0	18	0	35
		20	35	36	44	0	22	18	42	35	42
		35	41								
OM BMPK2	213	0	25	0	50	0	23	0	29	0	30
		25	47	50	75	23	49	29	84	30	48
		47	84			49	95			48	68
										68	83
OM BMPK1	259	0	25			0	8	0	26	0	35
		25	58			8	68	26	62	35	84
		58	82			68	85	62	84		
OM BMPJ1	271	0	25	0	60	0	15	0	18	0	35
		25	63	60	230	15	66	18	58	35	60
		63	226			66	229	58	230	60	220
										100	200
OM BMPK2	213	49	84			0	15	0	27	0	30
		25	49			15	47	27	55	30	50
		0	25			47	84	55	83	50	65
										65	83
OM OB	OB	0	9	0	11	0	8	0	11	0	11
						8	12				
OM BMPK5	113	0	25	0	34	0	15	0	15	0	34
		25	42	34	40	15	38	15	42	34	38
						38	44				
OM BMPK8	030	0	16	0	18	0	13	0	9	0	9
						13	18	9	17	9	16
OM BMPM1	046	0	10	0	6	0	10	0	6	0	12
		10	19	6	20	10	22	6	21	12	21

OM BMPM2	012	0	6	0	21	0	9	0	11	0	8
		6	21			9	21	11	19	8	19
OM BMPN3	360									0	8
										8	12

Die Auswertung der Sinkstoff-Fallen ist sehr aufwändig, so dass noch nicht der komplette Datensatz des Jahres 2004 vorliegt. Stattdessen werden hier die Daten der Sinkstoff-Fallen des Jahres 2002 gezeigt, die im vorigen Bericht noch nicht vorgestellt werden konnten.

Zu den Zooplanktonproben gibt es in Tabelle 2 noch eine gesonderte Statistik, aus der die Anzahl der Hols pro Station abzuleiten ist.

Makrozoobenthos-Proben werden nur einmal im Jahr (im Oktober/November) an 7 Stationen genommen. Zusätzlich zu den Greifer-Proben kam eine Dredge zum Einsatz, um die selteneren und vagilen Arten zu erfassen, sowie eine Videokamera, um v.a. epibenthische Arten nachzuweisen sowie die Sediment- und Habitateigenschaften zu charakterisieren.

2.2 Phytoplankton

Im allgemeinen wurden an jeder Station 2 Phytoplanktonproben genommen: eine Oberflächen-Mischprobe, für die Wasser von 1 m, 2,5 m, 5 m, 7,5 m und 10 m Tiefe zu gleichen Teilen gemischt wurde sowie eine Probe unterhalb der obersten Sprungschicht (meistens aus 15 oder 20 m Tiefe). Bei Vorliegen interessanter Strukturen (z.B. markante Fluoreszenzmaxima im Tiefenprofil) wurden auch diese Wassertiefen zusätzlich beprobt. Die Proben (200 ml) wurden mit 1 ml saurer Lugolscher Lösung fixiert und so bis zur Auswertung gelagert (max. 6 Monate).

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

2.3 Algenpigmente

Pro Entnahmetiefe (1 m, 5 m, 10 m, 15 m und 20 m) wurden 200-500 ml Probenwasser durch Glasfaserfilter (Whatman GF/F) filtriert. Die Filter wurden dann in flüssigem Stickstoff (-196 °C) schock-gefrostet. Im Institut wurden sie für maximal 3 Monate bei -80 °C gelagert. Sie wurden

dann mit 96 %igem Ethanol extrahiert, wie es von HELCOM vorgeschrieben ist. Dadurch konnte auf Homogenisation und Zentrifugation verzichtet werden. Die fluorometrische Messung erfolgte am Fluorometer (TURNER 10-AU) nach der Ansäuerungs-Methodik von LORENZEN (1967). Zur Berechnung der Chlorophyll a – und Phaeopigment a –Konzentrationen wurden Formeln von EDLER (1979) und JGOFS (1993) benutzt.

2.4 Mesozooplankton

Zur Erfassung des Mesozooplanktons wurde entsprechend der HELCOM-Vorschrift (HELCOM, 2001) ein WP-2 Netz (100µm Maschenweite) in möglichst drei Tiefenstufen pro Station eingesetzt. Die Details der Probenentnahme und –analyse sind dem vorjährigem Bericht zu entnehmen (WASMUND et al. 2004). Insgesamt beruht die Einschätzung des Jahres 2004 auf 141 Netzproben. Sie wurden auf 9 Standard-Stationen gewonnen (Abb. 1), deren Beprobung teilweise auf der Hin- und Rückfahrt erfolgte (Tab. 2).

Entsprechend den COMBINE-Vorgaben wurden ca. 500 Individuen pro Probe analysiert. Dazu wurden zwischen 1/5 und 1/800, im Durchschnitt $1/48 \pm 1/32$, der Proben durchgemustert. Statistisch gesehen gilt für eine Anzahl von 400 Individuen ein 10%iger Zählfehler (z.B. LUND et al. 1958). Er nimmt für alle seltenen Vertreter drastisch zu (50% bei 16 Organismen, 100 % bei 4). In den 2004er Analysen wurden pro taxonomischer Gruppe zwischen 1 und 1332 Individuen gezählt, im Mittel 24 ± 50 . Das Maximum betraf eine Zählung von *Synchaeta* spp. Zusätzlich zur Analyse von Teilproben wurde die gesamte Probe durchgemustert, speziell um seltene Individuen zu entdecken, z.B. einzelne Medusen oder Chaetognathen.

Die seit dem Jahre 2000 angesprochenen Zweifel bei der Bestimmung von *Pseudocalanus*- und *Bosmina*-Arten sind noch nicht ausgeräumt. Bezüglich der *Pseudocalanus*-Arten kristallisiert sich jedoch heraus, dass im westlichen Bereich bis einschließlich Arkona- und Bornholmsee *Pseudocalanus acuspes* dominiert, während es sich weiter östlich um *P. elongatus* (oder *P. elongatus minutus*) handelt. Das ist zunächst der Arbeit von BUCKLIN et al. (2003) zu entnehmen, die aus der Arkonasee stammende Individuen als *P. acuspes* identifizierten, ohne auszuschließen, dass noch weitere Arten in der Ostsee existieren. Ferner wurde in Untersuchungen von DZIERZBICKA-GLOWACKA und ZIELINSKI (2004) und ŁOTOCKA et al. (2004) diese Frage berührt. Nach ŁOTOCKA (mündl. Mitteilung) waren dabei im Bornholm-Tief und in der Danziger Bucht mehrheitlich *P. acuspes* und nachgeordnet *P. elongatus minutus* festgestellt worden.

Gegenüber der bisherigen Praxis wurde die Bezeichnung einiger Taxa präzisiert (Bryozoa → Gymnolaemata, Sagitta → Parasagitta), wobei das „Integrated Taxonomic Information System (<http://www.itis.usda.gov>) zugrunde gelegt wurde.

2.5 Makrozoobenthos

Beginnend vom Fehmarnbelt wurden bis zur Bornholmsee im Oktober/November 2004 an 7 Stationen Benthosuntersuchungen durchgeführt. Im Gegensatz zu den Vorjahren wurde 2004 eine zusätzliche Station ins Monitoringprogramm aufgenommen. Dabei handelte es sich um die Stn. 018 vor Kühlungsborn [$54^{\circ} 11,0$ N; $11^{\circ} 46,0$ E; 20 m tief], die bis zur politischen Wende zum Monitoringprogramm gehörte und für die eine Reihe von Daten vorliegen. Je nach Sedimenttyp

wurden zwei verschiedene van-Veen-Greifer (980 cm² und 1060 cm²) mit unterschiedlichen Gewichten (38 kg bzw. 70 kg sowie 23 kg) eingesetzt. Pro Station wurden 3 Parallelproben (Hol) entnommen. Die einzelnen Hols wurden über ein Sieb mit 1 mm Maschenweite mit Seewasser gespült, der Siebrückstand in Gefäße überführt und mit 4%igem Formalin fixiert (Helcom 2000). An allen Stationen wurde eine Dredge (Kieler Kinderwagen) mit einer Spannweite von 1,5 m und einer Maschenweite von 5 mm eingesetzt. Die Dredge erbrachte insbesondere bei den vagilen und selteneren Arten Nachweise, die mit Hilfe des Greifers übersehen worden wären. Aus gleichem Grund und zur besseren Beurteilung der Sediment- und Habitateigenschaften wurden mit einer Videokamera (Fa. Mariscope) Aufnahmen von der Sedimentoberfläche gemacht. Gegenüber der in den Vorjahren verwandten Videoschlittenmethode hatte die handgeführte Kamera den Vorteil der schnellen und unkomplizierten Einsatzweise. Allerdings wurden auf einige Vorteile der Videoschlittenkamera verzichtet (z.B. Schwenk-Neige, Zoom, Laserskalierung). Da es aber hauptsächlich darum ging die Oberflächenstruktur und epibenthische Arten zu erfassen und wir die Stationen seit 1998 regelmäßig mit Video überwachen, war der Einsatz des vereinfachten Systems völlig ausreichend.

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

2.6 Sedimentation

Die Raten des vertikalen Partikelflusses (Sedimentation) wurden auf der Station 271 im zentralen Tief der östlichen Gotlandsee gemessen. Hier wurden zur Erfassung der Menge und Qualität des aus der Deckschicht absinkenden Materials eine automatische Sinkstofffalle des Typs SM 234 mit einer Fangfläche von 0,5 m² verankert, die 21 in programmierbaren Zeitschritten auswechselbare Fanggläser besitzt. Die Verankerung wurde bei einer Wassertiefe von 249 m ohne Oberflächenmarkierung ausgelegt und mit Hilfe von akustischen Auslösern nach 3 - 6 Monaten wieder aufgenommen. Die einzelnen Fangintervalle betragen zwischen 5 und 7 Tagen. In der Verankerung befand sich die Falle unter der Halokline und der Redoxgrenze in 180 m Tiefe im sauerstofffreien Tiefenwasser. Am aufgefangenen Material wurden Elementanalysen, Bestimmungen der natürlichen Isotopenzusammensetzung, Pigmentuntersuchungen sowie mikroskopisch-taxonomische Analysen durchgeführt. Die Probengewinnung im Jahr 2003 lief planmäßig ab. Es gab es keine technischen oder logistischen Probleme.

2.7 Qualitätssicherung

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

Gerade die Artbestimmung der Organismen ist subjektiv beeinflusst und wesentlich vom Kenntnisstand des Bearbeiters abhängig. Aus diesem Grunde gab es bereits in der Vergangenheit regelmäßige Weiterbildungsveranstaltungen, die auch in den Jahresberichten (WASMUND et al. 1998 a und folgende Jahre) erwähnt wurden. Im Jahre 2004 fand der jährliche Phytoplanktonkurs und –workshop der HELCOM vom 26. bis 30. Oktober 2004 in Gdynia statt.

Wir beteiligten uns im November 2004 an den Chlorophyll-Vergleichen (AQ-11) im Rahmen von QUASIMEME (Runde 39). Unsere Analyseergebnisse lagen stets im zulässigen Bereich (z-score < 2).

3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2004

Die klimatologischen und hydrographischen Verhältnisse beeinflussen die Entwicklung der Organismen und sollen deshalb in diesem Kapitel kurz dargestellt werden. Diese Darstellung beruht auf dem Bericht von NAUSCH et al. (2005), aus dem detailliertere Daten zu entnehmen sind. Der Winter 2003/04 war ein mittelkalter Winter, milder als 2002/03, aber kälter als im langjährigen (seit 1947) Mittel der Kältesummen. Der Sommer 2004 war durchschnittlich, mit kühlem Juni und Juli, aber warmem August. Spezifische meteorologische und hydrographische Erscheinungen werden im Zusammenhang mit der Phytoplanktonentwicklung in Kap. 4.1.1 diskutiert.

Das gesamte Jahr 2004 war durch nur geringe Einstromaktivitäten gekennzeichnet. Der Sauerstoffgehalt des Teifenwassers war wegen des Einstroms von 2003 noch relativ hoch, nahm nun aber aufgrund der Zehrungsprozesse kontinuierlich ab. Unterhalb von 200 m Wassertiefe haben sich im Bereich des Gotlandtiefs bereits wieder anoxische Verhältnisse eingestellt. Das bodennah einströmende Wasser hob das alte sauerstoffarme bzw. sogar sauerstofffreie Wasser, das einen hohen Phosphat, aber niedrigen Nitratgehalt hat, bis in den Tiefenbereich unterhalb der Halocline an, wo eine Erosion durch Vertikalkonvektion im Winter möglich wurde. Dementsprechend sank auch im Oberflächenwasser die Nitratkonzentration, während die Winter-Phosphatkonzentrationen über den Tiefs der zentralen Ostsee im Vergleich zum Vorjahr leicht anstiegen.

4. Ergebnisse

4.1 Phytoplankton

4.1.1 Die Phytoplanktonentwicklung (Chlorophyll) anhand von Satellitendaten

Die Besonderheiten in der Planktonentwicklung des Jahres 2004 wurden anhand von Chlorophyllkarten erarbeitet, die aus Satellitendaten des Sensors SeaWiFS mit einer räumlichen Auflösung von 1 km abgeleitet worden sind. Speziell für die Untersuchung der Cyanobakterienentwicklung wurden MODIS-Daten mit einer Auflösung von 250 m einbezogen.

Das Jahr 2004 war durch hohe Wolkenbedeckung gekennzeichnet, die die Zahl der verwendbaren Szenen stark reduzierte. So gab es im Januar, Februar, November und Dezember keine nutzbaren Szenen. Das erste Bild mit wolkenfreien Pixeln liegt vom 29.02.04 vor. Leicht erhöhte Konzentrationen waren in der Pommernbucht und an der Küste der Baltischen Länder vorhanden. Eine ähnliche Situation war nach dem 10.03.04 zu verzeichnen. Die Gebiete höherer Chlorophyllgehalte an der Küste der Baltischen Länder verbreiterten sich. Am 14.03.04 entwickelte sich die Frühjahrsblüte in der westlichen Ostsee bis zur Darßer Schwelle und erreichte am 17.03.04 die Arkonasee. Nach einem Windereignis am 20./21.03.04 mit westlichen Winden bis 22 m/s waren kaum noch erhöhte Konzentrationen im Oberflächenwasser der Ostsee zu erkennen. Anfang April waren im Bereich der Darßer Schwelle wieder erhöhte Konzentrationen zu verzeichnen. Leicht erhöht waren sie auch in der Arkona- und Bornholmsee, an der Südküste Schwedens und an der Küste der Baltischen Länder. Das für westliche Winde typische Transportband entlang der Polnischen Küste reichte bis zur Danziger Bucht. Geringe Konzentrationen wurden in der Gotlandsee registriert.

In der folgenden Periode hoher Wolkenbedeckung nehmen die Konzentrationen bis zum 11.04.04 ab und blieben bis zum 21.04.04 gering. Ab 01.05.04 initiierte Auftrieb an der Nordküste des Finnischen Meerbusens eine Planktonentwicklung, die mit leichten Variationen bis 09.05.04 anhielt.



Abb. 2

MODIS Szene der Cyanobakterienentwicklung vom 29.07.2004 zeigt intensive Filamente in der östlichen Gotlandsee und in der Arkonasee.

Fig. 2

MODIS scene of the cyanobacterial bloom on 29.07.2004 showing surface structures in the eastern Gotland Sea and Arkona Sea.

Am 13.05.04 gab es leicht erhöhte Konzentrationen in der südlichen Gotlandsee, ab 16.05.04 in der westlichen Ostsee, was sich bis zum 23.05.04 fortsetzte, und ab 28.05.04 in der östlichen Gotlandsee. Anfang Juni setzt sich diese Entwicklung fort und hält bis Anfang Juli an. Ab 28.06.04 waren Oberflächenfilamente von Cyanobakterien nordöstlich von Gotland erkennbar, die dann auch Anfang Juli in der östlichen Gotlandsee und vor der lettischen Küste vom Schiff beobachtet wurden. Diese Entwicklungsphase dauerte bis zum 08.07.04 und hatte sich dann auch noch weiter nach Süden ausgebreitet. Ein Starkwindereignis vom 10.-15.07.04 mit Westwinden von 10-15 m/s reduzierte die Oberflächenkonzentrationen in der gesamten eigentlichen Ostsee (außer Finnischer Meerbusen) stark.

Ab 17.07.04 waren wieder höhere Konzentrationen und Filamente vorwiegend im Nordwesten und Süden der Gotlandsee zu sehen. Danach lassen sie sich wegen der starken Wolkenbedeckung erst wieder ab 27.07.04 verfolgen. Zu der Zeit waren auch Oberflächenakkumulationen in der Arkonasee vorhanden. Nur geringe Konzentrationen traten dagegen in der Bornholmsee auf. Das Beispiel vom 29.07.04 zeigt das eindrucksvoll (Abb. 2). Maximale Konzentrationen wurden in der südlichen Gotlandsee am 11.08.04 registriert. Während der bis 13.08.04 schwachen östlichen Winde unter 10 m/s bleiben noch höhere Konzentrationen erhalten. Die folgende Zunahme des Windes und Drehung auf westliche Richtungen sorgte für eine starke Reduktion, die in der westlichen Ostsee begann. Nach dem 15.08.04 waren keine auf Cyanobakterien hindeutenden Filamente in der Ostsee erkennbar, obwohl in der westlichen und nördlichen Gotlandsee noch höhere Chlorophyllkonzentrationen vorhanden waren. Auch Ende August/Anfang September gab es noch höhere Konzentrationen in der östlichen und nördlichen Gotlandsee sowie im Finnischen Meerbusen. Ab dem 15.09.04 gab es in den Satellitendaten kaum noch auswertbare, wolkenfreie Bereiche.

4.1.2 Jahrgang von Artenzusammensetzung und Biomasse

Während Satellitendaten einen sehr guten synoptischen Überblick über die Phytoplanktonentwicklung geben, sind sie für die Angabe konkreter Biomassewerte zu ungenau. Darüber hinaus geben sie keine Informationen über die Artenzusammensetzung und über die Tiefenverteilung. Diese Informationen sind nur durch diskrete Probennahmen auf Schiffsfahrten mit anschließender mikroskopischer Auswertung zu gewinnen. Die Ergebnisse der mikroskopischen Analysen sollen in diesem Kapitel dargestellt werden. Dabei beschränken wir uns aus Gründen der Übersichtlichkeit weitgehend auf die Proben aus der Oberflächenschicht des Wassers: Mischproben aus 0-10 m entsprechend der HELCOM-Vorschrift oder Oberflächenproben (0-1 m Tiefe), die uns vom LANU Schleswig-Holstein zur Verfügung gestellt wurden und sich in die Dateireihe der Stationen 012 und O22 einreihen lassen (vgl. 0-10 m und 0 m Probe vom 16. Und 17.3.2004 in Abb. 3b). Es sind aber auch große Unterschiede möglich, wie zwischen dem 16.3. (Mischprobe) und dem 17.3.04 (0 m-Probe) auf Station 012 (Abb. 3a), wo das Chlorophyll-a-Maximum in 10 m Tiefe zu finden war (10 mg m^{-3}) im Gegensatz zur Oberfläche (4 mg m^{-3}).

In der Diskussion beschränken wir uns auf wenige ausgewählte Arten. Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Arten (nach Biomasse) sind für die einzelnen Seegebiete und Jahreszeiten in Tabelle 4 (Seite 23-24) zusammengestellt. Die komplette Phytoplankton-Artenliste des Jahres 2004, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Terminfahrten, ist in Tabelle 5 zu finden. Die Arten sind dort alphabetisch sortiert. Die Rangfolge der Arten nach ihrer Biomasse, gemittelt über alle

Stationen und Fahrten des Jahres 2004, ist ebenfalls angegeben. Eine solche Rangfolge erschien uns nur sinnvoll bis zum Rang 100. Die Biomasse seltenerer Arten ist nur mit größerer Ungenauigkeit zu bestimmen und erlaubt keine Differenzierung mehr. Nützliche Informationen zur taxonomischen Zugehörigkeit der Arten finden sich ebenfalls in Tabelle 5.

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

Wie schon in den Vorjahren, ist auch der photoautotrophe Ciliat *Mesodinium rubrum* zum Phytoplankton gezählt worden. Er gehört zwar nicht zu den Algen, betreibt aber wie diese Photosynthese und macht oft einen erheblichen Anteil an der Biomasse aus. Er wurde in den Berichten der Jahre 1998 und 1999 mit dem neueren Synonym *Myrionecta rubra* bezeichnet. Dieses scheint sich aber nicht durchzusetzen (pers. Mitteilung von Irina Olenina, Juni 2001), so dass wir jetzt wieder den geläufigen Namen *Mesodinium rubrum* verwenden. Seine extreme Biomasseentwicklung der Jahre 1998-2000 wurde von WASMUND et al. (2001) ausführlich dokumentiert.

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

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

Aus unseren langjährigen Datenreihen wissen wir, dass im Untersuchungsgebiet jährlich drei markante Blüten (Frühjahrsblüte, Sommerblüte, Herbstblüte) vorkommen, die oft noch in Phasen unterschiedlicher Artensukzession unterteilt werden können. Da sich Verlauf und Artenzusammen-

setzung der Blüten in den verschiedenen Seegebieten unterscheiden, sollen die Seegebiete separat behandelt werden.

4.1.2.1 Mecklenburger Bucht (einschl. Lübecker Bucht)

Winter und Frühjahr

Wie in den Vorjahren begann auch im Jahre 2004 die Phytoplanktonentwicklung in der westlichen Ostsee, insbesondere der Lübecker Bucht, sowie in der Pommerschen Bucht (siehe Kap. 4.1.2.3). Während die Frühjahrsblüte im Jahre 2002 erst im März begann, war sie im Jahre 2003 in der Mecklenburger Bucht bereits im Februar zu verzeichnen. Das Jahre 2004 war wieder ein "normales" Jahr bezüglich des Zeitpunktes der Frühjahrsblüte, denn diese erreichte ihren Höhepunkt in der Mecklenburger Bucht Mitte März (Abb.3 a-b). Das wird durch Satellitendaten (Kap. 4.1.1.) bestätigt.

Der Zeitpunkt des Algenwachstums läßt sich auch aus dem Verbrauch der Nährstoffe in der euphotischen Zone des Wasserkörpers ableiten. Im Jahre 2002 hatten die Nährstoffe in der Mecklenburger Bucht bis Mitte Februar noch nicht abgenommen, was dafür spricht, dass noch kein signifikantes Algenwachstum stattgefunden hat. Im Jahre 2003 wurden vom 9.2. zum 19.2. von den Winter-Konzentrationen des Stickstoff und des Phosphor bereits rund 1/3 an Station 012 und rund 1/5 an Station 046 verbraucht. Im Jahre 2004 fand ebenfalls bereits vom 12.2. zum 22.2. eine deutliche Reduktion des Silikat und des gelösten anorganischen Stickstoff (DIN) an Station 046 und an Station 012 eine etwas geringere Reduktion statt (Tab. 3), insbesondere in den oberen 5 m. Es kam offensichtlich schon vor dem größten Biomassezuwachs zu einer deutlichen Nährstoffaufnahme. Der Mechanismus dieses Nährstoffrückgangs ist zur Zeit noch unklar. Eventuell nehmen die jungen Algen die potenziell limitierenden Nährstoffe erst mal begierig auf und speichern sie, solange sie noch vorhanden sind („luxury uptake“). Ein spezieller Silikat-Speicher ist allerdings nicht bekannt. Silikat könnte in den Zellwänden der Kieselalgen eingelagert werden. Das heißt, die jungen Algen müßten dickwandiger sein als die späteren Stadien. Zumindest wäre bereits der Fakt einer Entkopplung zwischen Nährstoff-Aufnahme und Biomasse-Wachstum interessant. Das gemessene Biomasse-Maximum am 16./17.3.04 ist wahrscheinlich noch nicht die Spitze der Entwicklung, denn es liegen zu diesem Zeitpunkt noch Nährstoffe vor, die erst bis zum 26.3. weitgehend aufgebraucht wurden. Das Frühjahrs-Maximum wird durch *Thalassiosira*-Arten (meist *Th. nordenskiöldii*), *Porosira glacialis* und das sonst übliche *Skeletonema costatum* gebildet. *Porosira glacialis* ist eine marine Kaltwasserart, die von uns im Jahre 2004 erstmals gefunden wurde.

Nach der Kieselalgenblüte entwickelten sich bisher hauptsächlich Dinoflagellaten. Die Ablösung der Kieselalgen durch Dinoflagellaten innerhalb der Frühjahrsblüte wurde in der zentralen Mecklenburger Bucht bis 1999 allgemein beobachtet, in den Jahren 2000-2002 aber nicht mehr. In den Jahren 2003 und 2004 waren die Dinoflagellaten in der zweiten Phase der Frühjahrsblüte wieder vertreten. Die in den Jahren 2001-2003 nach der Kieselalgenblüte häufige Chrysophyceen *Dictyocha speculum* war an den Stationen 012 und O22 im April und Mai 2004 dominant. Sie trat wieder als „nackte“ Form, also ohne Kieselskelett auf. Laut Nationalem Report Dänemarks 2004 an die IOC/ICES Working Group on Harmful Algal Bloom Dynamics verursachte die nackte Form von *Dictyocha speculum* Fischsterben in Netzkäfigen. Der im Jahre 1999 stark aufgekommene Ciliat *Mesodinium rubrum* war nicht mehr so stark präsent. In der östlichen Mecklenburger Bucht

(Kadetrinne, Station 046) traten Dinoflagellaten und *Dictyocha speculum* zugunsten von *Mesodinium rubrum* aber stark zurück (Abb. 3 c). In dieser Beziehung ähnelt Station 046 schon sehr der Arkonasee. Eine Übersicht der wichtigsten Arten des Frühjahrs 2004 ist in Tabelle 4 (Seite 25-26) zusammengestellt.

Tab. 3

Mittlere Nährstoffkonzentrationen (in mmol m⁻³) in 0-10 m Wassertiefe an den genannten Stationen in der Periode der Frühjahrsblüte (Nausch, unveröff.). N = NO₃⁻ + NO₂⁻, P = PO₄³⁻.

Table 3

Mean nutrient concentrations (mmol m⁻³) at 0-10 m water depth at five stations in the period of the spring bloom (Nausch, unpubl.). N = NO₃⁻ + NO₂⁻, P = PO₄³⁻.

Datum	Stat. 012			Stat. 046			Stat. 113			Stat. 213			Stat. 259		
	N	P	Si	N	P	Si	N	P	Si	N	P	Si	N	P	Si
12.2.-16.2.04	6,03	0,52	15,8	6,25	0,50	15,4	2,71	0,35	8,9	2,49	0,49	11,0	2,75	0,59	12,7
20.2.-22.2.04	5,17	0,84	12,0	2,97	0,19	7,2	2,63	0,36	9,6	2,58	0,46	11,3			
16.3.-22.3.04	1,11	0,11	8,6	0,73	0,20	7,8	1,27	0,34	9,0	1,81	0,57	12,4	2,83	0,66	13,2
25.3.-26.3.04				0,07	0,08	1,9	0,16	0,18	4,1						
30.4.-3.5.04	0,15	0,07	2,3	0,15	0,19	4,1	0,05	0,00	0,0	0,02	0,29	6,5	0,03	0,11	3,6
7.5.-9.5.04				0,01	0,04	3,2	0,02	0,11	4,2	0,10	0,25	9,4			

Sommer

Das sommerliche Biomasseminimum ist im Juni zu erwarten. Zu dieser Zeit fanden aber keine Fahrten statt. Regelmäßige wöchentliche Messungen an der Küstenstation Heiligendamm geben jedoch ein detailliertes Bild über die jahreszeitliche Entwicklung des Phytoplanktons in der Mecklenburger Bucht. Die Daten sind auf der Homepage des IOW unter Forschung und Lehre → Daten und Bilder → Mikroalgen im Meer und unter dem Mikroskop → Algenblüten vor Heiligendamm nachzulesen. Bis zum 5./6.7.2004 hatte sich an den Stationen 012 und O22 eine Blüte von großen Kieselalgen gebildet. Bis zum Jahre 2002 dominierte *Dactyliosolen fragilissimus* im Sommer. Im Sommer 2003 war *Guinardia flaccida* die häufigste Kieselalge, im Juli 2004 dagegen *Cerataulina pelagica* und *Proboscia alata*. Auch der Dinoflagellat *Ceratium tripos* kam wie jedes Jahr stark zur Entwicklung. Cyanobakterien (meist *Anabaena* sp.) traten nur kurzzeitig im Juli in geringen Biomassen auf. Die im Mai in der zentralen Mecklenburger Bucht dominierende Chrysophyce *Dictyocha speculum* sowie der in der östlichen Mecklenburger Bucht dominierende Ciliat *Mesodinium rubrum* verschwanden zum Juli 2004 fast vollständig.

Herbst

Der Herbst wird wiederum durch starkes Algenwachstum geprägt, das zu einer Herbstblüte führt. Bei hohen Salzgehalten, also in der westlichen und zentralen Mecklenburger Bucht dominiert im allgemeinen die Dinoflagellaten-Gattung *Ceratium*, die sich seit dem Sommer kontinuierlich entwickelt, da sie möglicherweise durch ihre Zellgröße und bizarre Zellform dem Fraßdruck entgeht. Diese Blüte zeigte sich deutlich am 30.10.2004 an Station 012 (*Ceratium tripos*, *C. fusus*). Den zweiten wesentlichen Bestandteil der Herbstblüte stellen im allgemeinen die Kieselalgen. Ihre

Artenzusammensetzung ist stärkeren Schwankungen unterworfen. Die beispielsweise im Sommer 2003 dominante Art *Guinardia flaccida* war die Haupt-Kieselalge des Herbst 2004. Dagegen trat die dominante Kieselalge des Herbst 2003, *Proboscia alata*, im Jahre 2004 hauptsächlich schon in Sommer auf. Die Hauptart des Sommers 2004, *Cerataulina pelagica*, hatte im November 2002 eine bedeutende Blüte gebildet. Der im Herbst 2002 gut entwickelte Dinoflagellat *Prorocentrum minimum* war in den Jahren 2003 und 2004 unbedeutend. Die toxische Kieselalgengattung *Pseudonitzschia*, die im Herbst 1999 eine beeindruckende Blüte gebildet hatte, war im Jahre 2004 völlig unbedeutend. Neben *Guinardia flaccida* waren am 16.11.2004 weitere Kieselalgen an Station 012 und O22 bedeutsam: *Thalassiosira* sp., *Ditylum brightwellii*, *Chaetoceros socialis*, *Ch. curvisetus*, *Rhizosolenia setigera*, *Proboscia alata*, *Thalassionema nitzschioides*. Die in der eigentlichen Ostsee dominante typische Herbst-Kieselalge *Coscinodiscus granii* kam im Bereich der Mecklenburger Bucht nur am 30.10.04 an Station 046 und am 19.10.04 an Station 012 vor.

4.1.2.2 Arkonasee

In der Arkonasee wurden eine westliche Station nahe der Darßer Schwelle (Stat. 030, Abb. 4a), eine zentrale Station (Stat. 113, Abb. 4b) und eine östliche Station (Stat. 109, Abb. 4c) untersucht.

Winter und Frühjahr

Im Gegensatz zur Mecklenburger Bucht fand keine signifikante Nährstoffabnahme vom 12.2. zum 22.2.03 statt (Tab. 3). Nur an Station 030 nahm die Phosphat-Konzentration in den oberen 10 m in diesem Zeitraum bereits von 0.42 auf 0.27 mmol m⁻³ ab. Solche starke P-Abnahme war auch an Station 046 beobachtet worden, aber nicht an Station 012. In jedem Falle war aber kein entsprechendes Algenwachstum nachzuweisen. Interessant ist, dass die P-Konzentration an Station 030 vom 22.2. bis 26.3.04 nicht weiter abnahm, obwohl in diesem Zeitraum starkes Algenwachstum stattfand. Offensichtlich hatten die Algen zuvor den Phosphor gespeichert. Dagegen nahm die P-Konzentration an Station 113 parallel zum Algenwachstum vom 17.3. zum 25.3.04 ab. Mit der Interpretation einer scheinbaren Entkopplung von Nährstoff-Abnahme im Wasser und Phytoplanktonwachstum an einzelnen Stationen muß man allerdings vorsichtig sein, da in den flachen und dynamischen Gewässern der westlichen Ostsee Transportprozesse, Einmischungen von Tiefenwasser und Flusseinträge die Nährstoffbilanz stark modifizieren.

Wir können hier lediglich festhalten, dass die Frühjahrsblüte in der zentralen Arkonasee Ende März registriert wurde und die Nährstoffe zu diesem Zeitpunkt fast erschöpft waren. Die Blüte wurde hauptsächlich von Kieselalgen (*Skeletonema costatum*; Stat.113+109 auch *Chaetoceros wighamii*; Stat. 030 auch *Thalassiosira* spp.) und *Mesodinium rubrum* gebildet. Sie wurde durch Stickstoff-Limitation beendet. Im April und Mai wurden nur noch sehr geringe Biomassen gemessen. Die erwartete Entwicklung von Dinoflagellaten blieb aus. Auch Kieselalgen (*Diatoma elongatum*), Cryptophyceen (*Plagioselmis prolunga*, *Teleaulax* sp.) und Chrysophyceen (*Dinobryon balticum*, *Dictyocha speculum*) waren nur gering vertreten. An Station 030 kam *Dictyocha speculum* am 1.5.04 in 20 m Tiefe mit einer Biomasse von 1004 mg m⁻³ und am 9.5.04 in 15 m Tiefe mit sogar 8455 mg m⁻³ vor. *Mesodinium rubrum* hatte sich in den oberen 10 m noch relativ gut gehalten und wurde dort dominant.

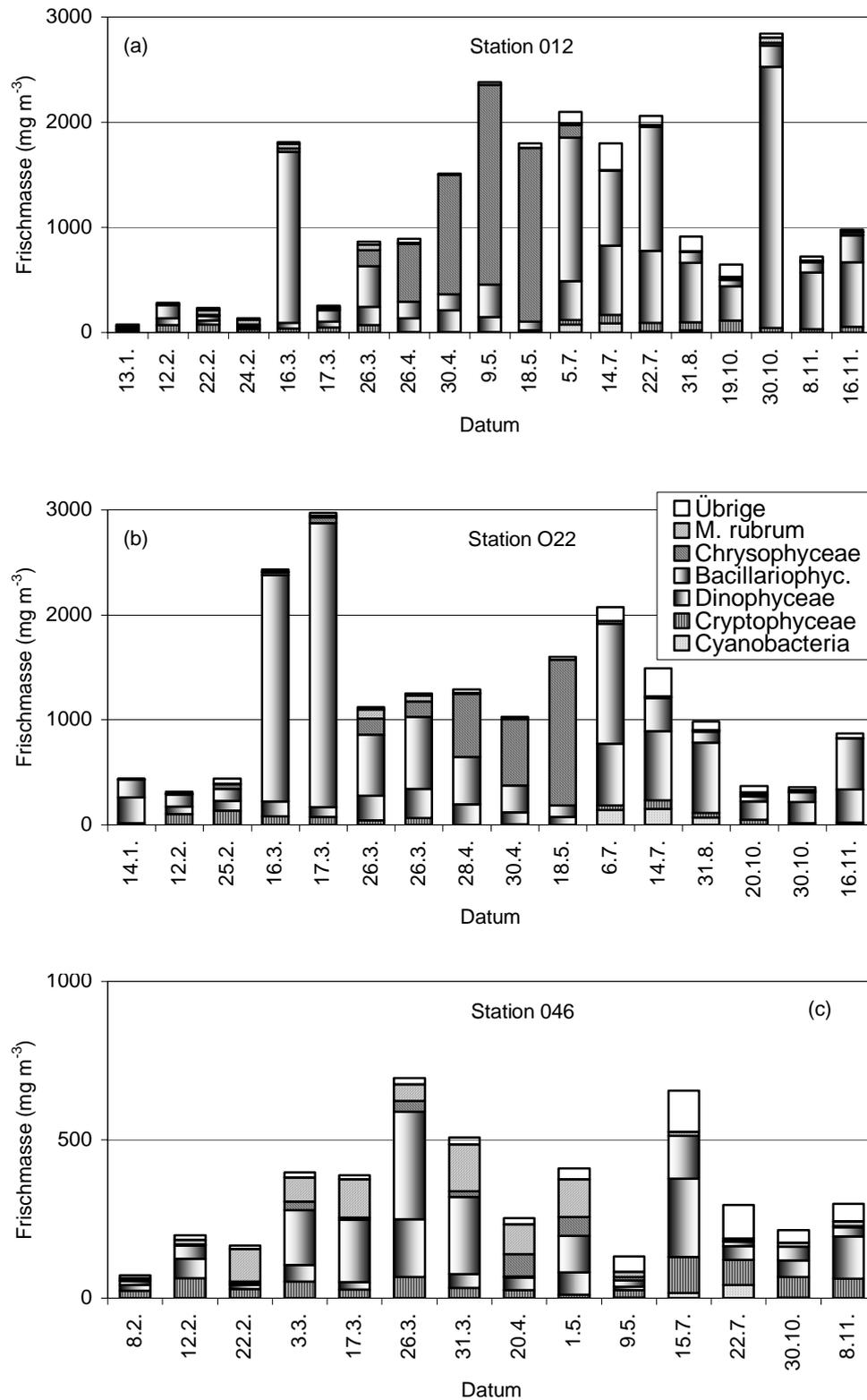


Abb. 3

Jahresgang 2004 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der zentralen Mecklenburger Bucht (a), der Lübecker Bucht (b) und der östlichen Mecklenburger Bucht (c)

Fig. 3

Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in the central Mecklenburg Bight (a), Lübeck Bight (b) and eastern Mecklenburg Bight (c) in 2004

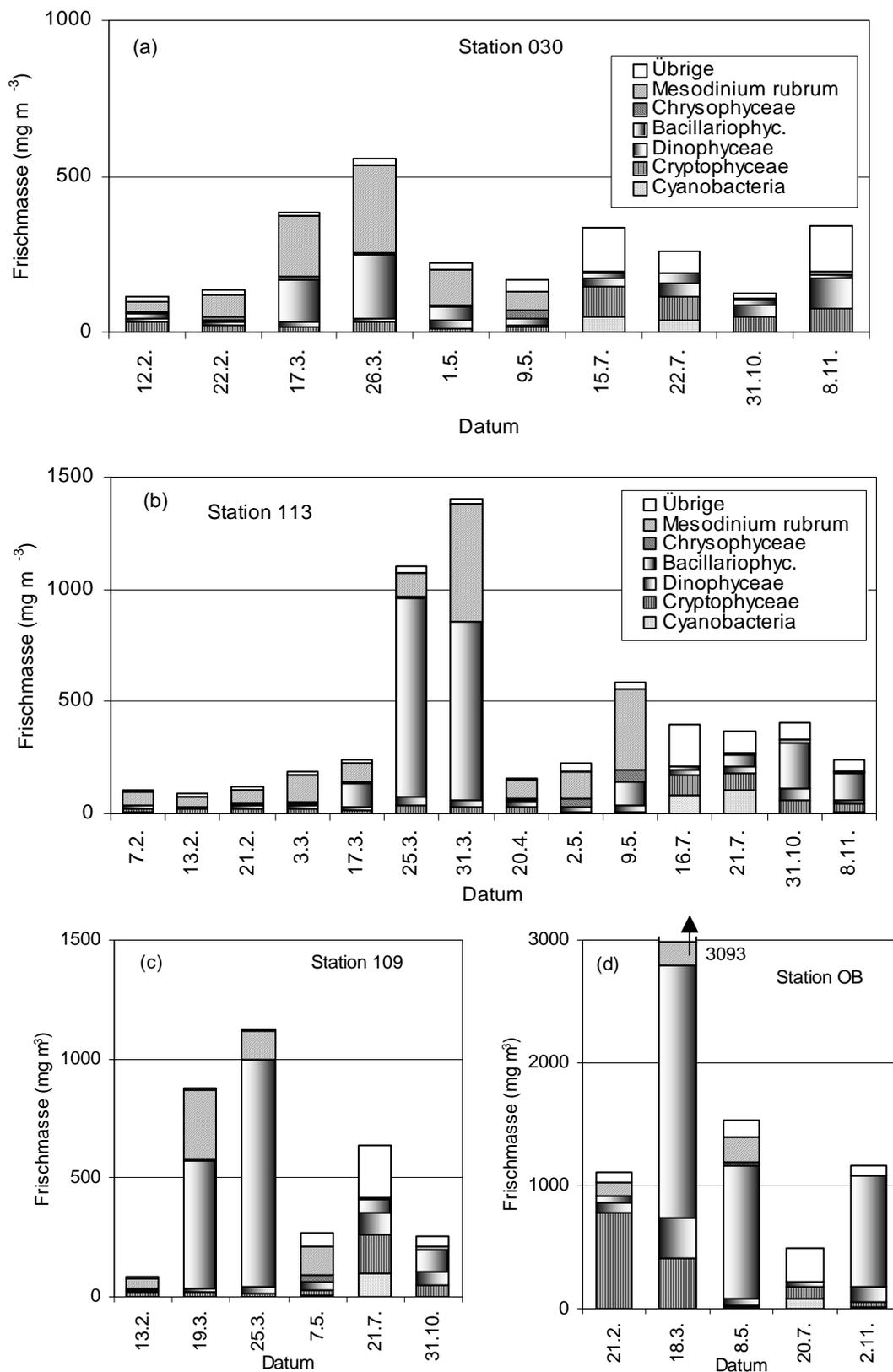


Abb. 4

Jahresgang 2004 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der westlichen (a), zentralen (b) und östlichen (c) Arkonasee sowie der Pommerschen Bucht (d)

Fig. 4

Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in the western (a), central (b) and eastern (c) Arkona Sea and in Pomeranian Bight (d) in 2004

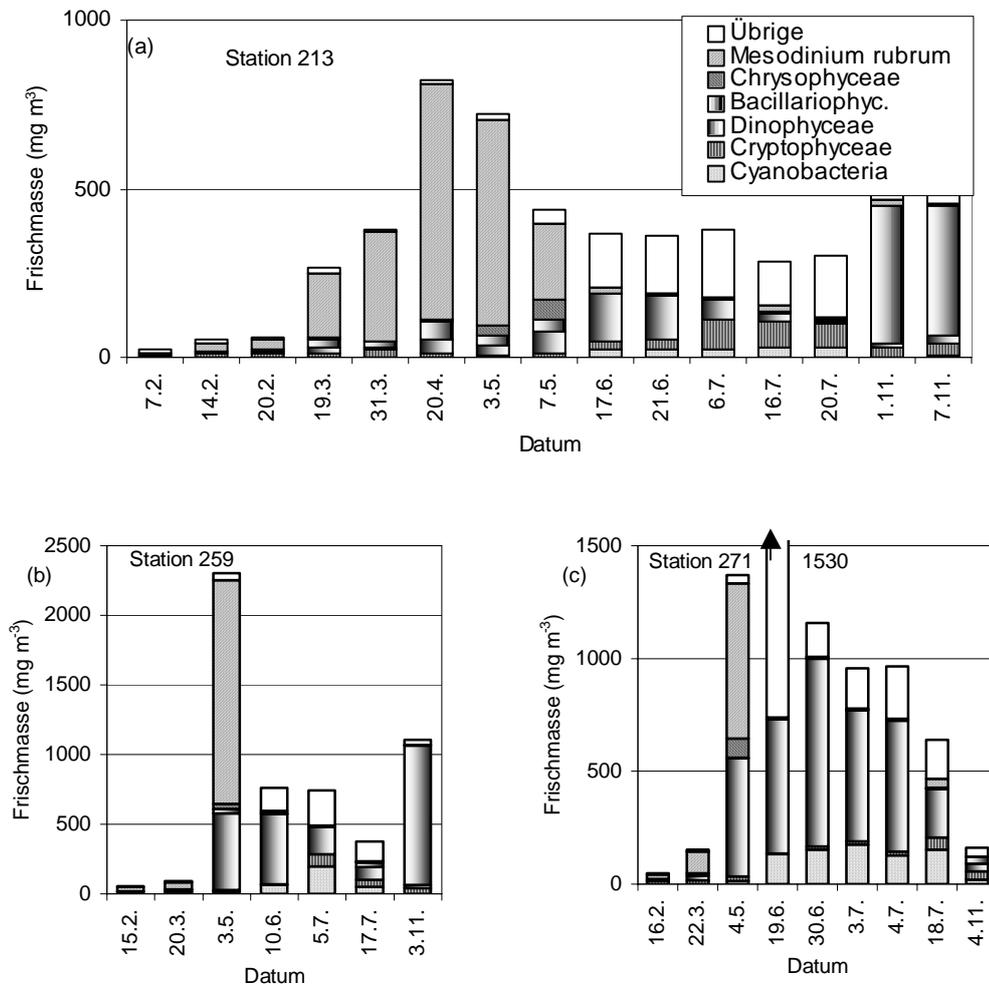


Abb. 5

Jahresgang 2004 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Bornholmsee (a), der südlichen (b) und der östlichen (c) Gotlandsee

Fig. 5

Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in the Bornholm Sea (a), the southern (b) and the eastern (c) Gotland Sea in 2004

Sommer

Die im Sommer für die eigentliche Ostsee typische Cyanobakterienblüte entwickelte sich in der Arkonasee nur schwach (*Aphanizomenon* sp.). Auf der Terminfahrt (16./21.7.04) wurde in der Arkonasee keine Blüte beobachtet. Das Satellitenbild vom 29.7.04 (Abb. 2) zeigt allerdings Oberflächen-Akkumulationen an. Im Juli waren Cryptophyceen (*Plagioselmis prolunga*, *Teleaulax* sp.) dominant. Eine in manchen Jahren gefundene Kieselalgenblüte (*Dactyliosolen fragilissimus*) oder erhöhte Dinoflagellaten-Biomassen (*Gymnodinium* sp., *Prorocentrum minimum*) konnten nicht nachgewiesen werden.

Herbst

Im Gegensatz zur Mecklenburger Bucht war in der Arkonasee im Spätherbst 2004 keine Blüte festzustellen. Interessant ist, dass neben Cryptophyceen an Station 030 hauptsächlich der Dinoflagellat *Heterocapsa rotundata* und die Prasinophyceae *Pyramimonas* sp. auftrat, während an den Stationen 113 und 109 die Kieselalge *Coscinodiscus granii* vorherrschte.

Tab. 4

Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Arten (in Prozent der Phytoplankton-Biomasse) in den oberen 10 m der Wassersäule im Frühjahr, Sommer und Herbst 2004 in den verschiedenen Seegebieten. Fortsetz. auf Seite 26 !

Table 4

Percentage of wet weight of the 10 most abundant phytoplankton species in the upper 10 m, separated for seasons and sea areas, in 2004. Continued on page 26 !

Frühjahr (Febr.-Mai)	(%)	Sommer (Juni-Sept.)	(%)	Herbst (Okt.-Dez.)	(%)
Lübecker Bucht (Stat. 022)					
Porosira glacialis	17,6	Ceratium tripos	40,2	Ceratium tripos	29,6
Skeletonema costatum	14,1	Cerataulina pelagica	13,5	Ceratium fusus	15,1
Thalassiosira nordenskiöldii	11,3	Phacus sp.	11,0	Guinardia flaccida	4,8
Dictyocha speculum	10,9	Anabaena sp.	9,6	Mesodinium rubrum	4,2
Thalassionema nitzschioides	5,4	Proboscia alata	4,0	Thalassiosira sp.	3,7
Pseudopedinella sp.	5,2	Dactyliosolen fragilissimus	2,5	Teleaulax sp.	3,4
Thalassiosira anguste-lineata	3,7	Plagioselmis prolonga	2,3	Ceratium lineatum	3,1
Gymnodinium sp.	3,1	Teleaulax sp.	2,3	Dactyliosolen fragilissimus	2,7
Rhizosolenia setigera	3,0	Ceratium longipes	1,5	Proboscia alata	2,6
Teleaulax sp.	2,7	Ceratium fusus	1,3	Chaetoceros curvisetus	2,2
Zentrale Mecklenburger Bucht (Stat. 012)					
Dictyocha speculum	44,8	Cerataulina pelagica	36,6	Ceratium tripos	61,5
Thalassiosira nordenskiöldii	7,7	Ceratium tripos	29,9	Ceratium fusus	15,3
Porosira glacialis	6,9	Proboscia alata	9,9	Guinardia flaccida	2,9
Skeletonema costatum	6,1	Ceratium fusus	2,8	Mesodinium rubrum	1,7
Thalassionema nitzschioides	4,9	Phacus sp.	2,4	Prorocentrum micans	1,5
Thalassiosira sp.	4,5	Anabaena sp.	2,2	Teleaulax sp.	1,5
Pseudopedinella sp.	3,4	Plagioselmis prolonga	2,1	Ceratium lineatum	1,5
Thalassiosira anguste-lineata	1,9	Dactyliosolen fragilissimus	1,2	Dactyliosolen fragilissimus	0,8
Mesodinium rubrum	1,6	Teleaulax sp.	1,1	Dictyocha speculum	0,7
Teleaulax sp.	1,5	Planctonema lauterbornii	0,9	Dinophysis norvegica	0,7
Östliche Mecklenburger Bucht (Stat. 046)					
Mesodinium rubrum	18,9	Ceratium tripos	23,5	Ceratium tripos	17,3
Skeletonema costatum	10,4	Plagioselmis prolonga	12,1	Teleaulax sp.	10,6
Attheya decora	7,0	Teleaulax sp.	4,1	Plagioselmis prolonga	7,9
Gymnodinium sp.	5,7	Phacus sp.	3,8	Heterocapsa rotundata	5,0
Porosira glacialis	5,5	Cerataulina pelagica	3,0	Mesodinium rubrum	4,8
Thalassiosira levanderi	5,5	Proboscia alata	3,0	Pyramimonas sp.	4,7
Teleaulax sp.	5,3	Dactyliosolen fragilissimus	2,9	Coscinodiscus granii	3,9
Rhizosolenia setigera	4,9	Ceratium fusus	2,8	Hemiselmis sp.	3,0
Dictyocha speculum	4,2	Aphanizomenon sp.	2,5	Phacus sp.	2,5
Heterocapsa rotundata	2,3	Mesodinium rubrum	2,2	Thalassiosira sp.	2,0
Westliche Arkonasee (Stat. 030)					
Mesodinium rubrum	48,0	Plagioselmis prolonga	13,1	Heterocapsa rotundata	12,3
Skeletonema costatum	11,0	Teleaulax sp.	7,3	Teleaulax sp.	11,1
Thalassiosira levanderi	7,4	Aphanizomenon sp.	6,5	Plagioselmis prolonga	9,1
Diatoma elongatum	4,5	Aphanothece sp.	3,3	Mesodinium rubrum	3,7
Chaetoceros spp.	3,3	Actinocyclus sp.	2,7	Hemiselmis	3,6
Teleaulax sp.	2,8	Ceratium tripos	2,6	Eutreptiella sp.	2,6
Thalassiosira sp.	2,3	Phacus sp.	2,6	Phacus sp.	2,5
Pseudopedinella sp.	2,1	Heterocapsa rotundata	2,6	Coscinodiscus granii	2,2
Plagioselmis prolonga	1,7	Chaetoceros impressus	2,4	Actinocyclus sp.	1,2
Dictyocha speculum	1,0	Planctonema lauterbornii	2,0	Prorocentrum micans	1,1

Zentrale Arkonasee (Stat. 109, 113)					
Skeletonema costatum	36,6	Plagioselmis prolunga	14,5	Coscinodiscus granii	40,6
Mesodinium rubrum	26,3	Aphanizomenon sp.	9,9	Teleaulax sp.	9,2
Chaetoceros wighamii	7,3	Dactyliosolen fragilissimus	5,5	Plagioselmis prolunga	4,3
Thalassiosira levanderi	5,1	Aphanothece sp.	3,2	Pyramimonas sp.	3,7
Melosira arctica	4,0	Teleaulax sp.	3,0	Heterocapsa rotundata	3,5
Chaetoceros sp.	2,1	Nodularia spumigena	3,0	Mesodinium rubrum	2,9
Dinobryon balticum	1,9	Ebria tripartita	2,4	Phacus sp.	2,1
Diatoma elongatum	1,9	Actinocyclus sp.	2,0	Eutreptiella sp.	1,7
Teleaulax sp.	1,5	Phacus sp.	1,6	Chaetoceros impressus	1,6
Thalassiosira baltica	1,2	Planctonema lauterbornii	1,5	Ceratium tripos	1,4
Pommersche Bucht (Stat. OB)					
Diatoma elongatum	19,6	Plagioselmis prolunga	8,4	Coscinodiscus granii	57,0
Skeletonema costatum	15,2	Teleaulax sp.	5,5	Dactyliosolen fragilissimus	17,3
Melosira arctica	10,2	Snowella sp.	4,8	Heterocapsa rotundata	5,3
Mesodinium rubrum	8,5	Aphanizomenon sp.	4,3	Ceratalina pelagica	2,5
Teleaulax sp.	8,5	Planctonema lauterbornii	3,8	Teleaulax sp.	2,0
Thalassiosira baltica	7,2	Ebria tripartita	3,3	Pyramimonas sp.	1,8
Thalassiosira sp.	7,0	Woronichinia sp.	1,6	Plagioselmis prolunga	1,1
Chaetoceros sp.	3,1	Trachelomonas sp.	1,4	Skeletonema costatum	0,8
Thalassiosira levanderi	1,7	Anabaenopsis sp.	1,1	Phacus sp.	0,7
Chaetoceros wighamii	1,3	Dinophysis sp.	1,0	Chrysochromulina sp.	0,5
Bornholmsee (Stat. 213)					
Mesodinium rubrum	72,0	Plagioselmis prolunga	11,4	Coscinodiscus granii	79,2
Dinobryon balticum	6,1	Aphanothece sp.	6,9	Teleaulax sp.	3,1
Katodinium glaucum	4,2	Phacus sp.	6,3	Mesodinium rubrum	2,6
Chaetoceros similis	2,4	Teleaulax sp.	4,6	Heterocapsa rotundata	1,6
Chaetoceros sp.	1,3	Planctonema lauterbornii	4,3	Plagioselmis prolunga	1,5
Teleaulax sp.	0,8	Mesodinium rubrum	3,2	Hemiselms sp.	0,9
Pseudopedinella sp.	0,7	Ebria tripartita	2,4	Pyramimonas sp.	0,8
Plagioselmis prolunga	0,7	Pyramimonas sp.	1,6	Aphanizomenon sp.	0,7
Skeletonema costatum	0,5	Eutreptiella sp.	1,4	Phacus sp.	0,5
Attheya septentrionalis	0,4	Aphanizomenon	1,0	Eutreptiella sp.	0,5
Südliche Gotlandsee (Stat. 259)					
Mesodinium rubrum	69,3	Chaetoceros impressus	7,7	Coscinodiscus granii	90,3
Peridiniella catenata	5,1	Dinophysis norvegica	7,5	Teleaulax sp.	1,7
Dinobryon balticum	1,1	Plagioselmis prolunga	7,1	Heterocapsa rotundata	1,0
Pyramimonas sp.	0,9	Aphanothece sp.	7,1	Plagioselmis prolunga	0,8
Dinophysis sp.	0,7	Teleaulax sp.	4,7	Hemiselms	0,7
Katodinium glaucum	0,6	Planctonema lauterbornii	3,1	Mesodinium rubrum	0,5
Aphanizomenon sp.	0,6	Pyramimonas sp.	2,6	Pyramimonas sp.	0,4
Dinophysis norvegica	0,6	Nodularia spumigena	1,7	Eutreptiella sp.	0,3
Teleaulax sp.	0,6	Heterocapsa rotundata	1,5	Phacus sp.	0,3
Chaetoceros similis	0,6	Mesodinium rubrum	1,3	Gymnodinium album	0,2
Östliche Gotlandsee (Stat. 271)					
Mesodinium rubrum	51,5	Anabaena limnetica	12,4	Coscinodiscus granii	12,8
Peridiniella catenata	11,5	Anabaena sp.	6,7	Dinophysis norvegica	11,9
Dinobryon balticum	5,1	Mesodinium rubrum	5,9	Aphanizomenon sp.	9,7
Heterocapsa rotundata	3,0	Plagioselmis prolunga	4,6	Teleaulax sp.	9,0
Dinophysis norvegica	2,3	Nodularia spumigena	2,9	Hemiselms sp.	7,8
Teleaulax sp.	1,0	Phacus sp.	2,5	Actinocyclus sp.	5,2
Aphanizomenon	1,0	Aphanizomenon	1,6	Plagioselmis prolunga	3,7
Pyramimonas sp.	0,9	Dinophysis norvegica	1,1	Eutreptiella sp.	2,5
Gymnodinium sp.	0,8	Pyramimonas sp.	0,9	Pterosperma sp.	1,8
Dinophysis sp.	0,7	Teleaulax sp.	0,6	Nodularia spumigena	1,4

Tab. 5

Alphabetische Liste der im Jahre 2004 gefundenen Phytoplanktonarten und ihrer taxonomischen Zugehörigkeit. Angabe der Rangfolge (nach Biomasse, alle Stationen) für die 100 häufigsten Arten und saisonales Vorkommen. Fortsetzung Seite 26 und 27.

Table 5

Phytoplankton species list of 2004, with class affiliation, biomass rank (for the 100 most important species, all stations) and seasonal occurrence (continued on page 26 and 27!)

Artname (Gesamtliste)	Klasse	Rang	Febr.	März	April /Mai	Juli	Okt./Nov.
<i>Achnanthes taeniata</i>	Bacillarioph.	58		X			
<i>Actinocyclus</i> sp.) ¹	Bacillarioph.	41	X	X	X	X	X
<i>Amphidinium crassum</i>	Dinophyceae				X		
<i>Amphidinium sphenoides</i>	Dinophyceae	78		X	X		X
<i>Amphidinium</i> sp.	Dinophyceae						X
<i>Anabaena</i> spp.	Cyanobact.	19	X	X	X	X	
<i>Anabaenopsis</i> sp.	Cyanobact.	76				X	
<i>Apedinella radians</i>	Chrysophyc.	59		X	X	X	
<i>Aphanizomenon</i> sp. (A. "baltica")	Cyanobact.	24	X	X	X	X	X
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Cyanobact.	86	X	X	X	X	X
<i>Aphanothece paralleliformis</i>	Cyanobact.	77			X	X	X
<i>Aphanothece</i> sp.	Cyanobact.	35	X	X	X	X	X
<i>Attheya decora</i>	Bacillarioph.	51			X	X	
<i>Attheya septentrionalis</i>	Bacillarioph.	69	X	X	X	X	X
<i>Cerataulina pelagica</i>	Bacillarioph.	7	X	X	X	X	X
<i>Ceratium fusus</i>	Dinophyceae	10	X	X	X	X	X
<i>Ceratium lineatum</i>	Dinophyceae	48					X
<i>Ceratium longipes</i>	Dinophyceae	46	X	X		X	X
<i>Ceratium tripos</i>	Dinophyceae	2	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros affinis</i>	Bacillarioph.	94		X			X
<i>Chaetoceros borealis</i>	Bacillarioph.		X				
<i>Chaetoceros brevis</i>	Bacillarioph.	62	X	X			X
<i>Chaetoceros ceratosporus</i>	Bacillarioph.			X			
<i>Chaetoceros contortus</i>	Bacillarioph.					X	X
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Bacillarioph.	55	X	X	X		X
<i>Chaetoceros danicus</i>	Bacillarioph.	63	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros debilis</i>	Bacillarioph.	71	X	X			
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Bacillarioph.	80	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros diadema</i>	Bacillarioph.	67	X	X			
<i>Chaetoceros didymus</i>	Bacillarioph.		X				
<i>Chaetoceros impressus</i>	Bacillarioph.	38	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	Bacillarioph.	100	X	X			
<i>Chaetoceros similes</i>	Bacillarioph.	45	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros socialis</i>	Bacillarioph.	70		X			X
<i>Chaetoceros subtilis</i>	Bacillarioph.			X	X	X	
<i>Chaetoceros thronsenii</i>	Bacillarioph.					X	
<i>Chaetoceros wighamii</i>	Bacillarioph.	32	X	X	X		
<i>Chaetoceros</i> sp.	Bacillarioph.	23	X	X	X	X	X
<i>Chrysochromulina</i> sp.	Prymnesioph.	65	X	X		X	X
<i>Cocconeis</i> sp.	Bacillarioph.	85	X			X	
<i>Coelastrum microporum</i>	Chlorophyc.	96				X	
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>	Cyanobact.						X
<i>Coelosphaerium minutissimum</i>	Cyanobact.				X	X	
<i>Coscinodiscus granii</i>	Bacillarioph.	3				X	X
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Bacillarioph.	54			X	X	X

<i>Coscinodiscus</i> sp.	Bacillarioph.	60		X			
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	Cyanobact.	57	X	X	X	X	X
<i>Cyanonephron styloides</i>	Cyanobact.				X		
<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i>	Bacillarioph.						X
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Bacillarioph.	81	X		X	X	X
<i>Cylindrotheca</i> cf. <i>closterium</i>	Bacillarioph.			X	X		
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Bacillarioph.	13	X	X	X	X	X
<i>Diatoma elongatum</i>	Bacillarioph.	9	X	X	X		
<i>Dictyocha speculum</i>	Dictyochoph.	6	X	X	X	X	X
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	Chlorophyc.	61			X	X	
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	Chlorophyc.				X		
<i>Dinobryon balticum</i>	Chrysophyc.	30		X	X		
<i>Dinobryon faculiferum</i>	Chrysophyc.			X	X	X	
<i>Dinobryon</i> sp.	Chrysophyc.	84		X		X	
<i>Dinophysis acuta</i>	Dinophyceae	82			X	X	X
<i>Dinophysis norvegica</i>	Dinophyceae	31	X	X	X	X	X
<i>Dinophysis rotundata</i>	Dinophyceae	90			X	X	
<i>Dinophysis</i> sp.	Dinophyceae	47	X	X	X	X	X
<i>Dissodinium pseudolunula</i>	Dinophyceae						X
<i>Ditylum brightwellii</i>	Bacillarioph.	50	X	X	X	X	X
<i>Ebria tripartita</i>	Ebriidea	34	X	X	X	X	X
<i>Eutreptia</i> sp.	Euglenophyc.						X
<i>Eutreptiella</i> sp.	Euglenophyc.	41	X	X	X	X	X
<i>Gonyaulax triacantha</i>	Cyanobact.	72			X		X
<i>Guinardia delicatula</i>	Bacillarioph.	64	X	X	X	X	X
<i>Guinardia flaccida</i>	Bacillarioph.	40	X		X	X	X
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>albulum</i>	Dinophyceae	52	X	X	X	X	X
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	Dinophyceae			X			
<i>Gymnodinium</i> sp.) ²	Dinophyceae	29	X	X	X	X	X
<i>Hemiselmis</i> sp.	Dinophyceae	37	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa rotundata</i>	Dinophyceae	15	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa triquetra</i>	Dinophyceae						X
<i>Katodinium glaucum</i>	Dinophyceae	43			X	X	X
<i>Koliella longiseta</i>	Chlorophyc.		X		X	X	
<i>Koliella spiralis</i>	Chlorophyc.		X				
<i>Lemmermanniella pallida</i>	Cyanobact.	75	X	X	X	X	X
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillarioph.	88		X	X		X
<i>Licmophora</i> sp.	Bacillarioph.		X				
<i>Melosira arctica</i>	Bacillarioph.	18	X	X			
<i>Merismopedia punctata</i>	Cyanobact.	74		X	X	X	X
<i>Mesodinium rubrum</i>) ³	Ciliophora	1	X	X	X	X	X
<i>Monoraphidium contortum</i>	Chlorophyc.	91		X	X	X	X
<i>Nephroselmis</i> sp.	Prasinophyc.					X	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioph.		X	X			
<i>Nitzschia paleacea</i>	Bacillarioph.	99				X	
<i>Nodularia spumigena</i>	Cyanobact.	42	X	X	X	X	X
<i>Oocystis</i> sp.	Chlorophyc.	95	X	X	X	X	X
<i>Pediastrum boryanum</i>	Chlorophyc.		X		X	X	
<i>Peridiniella catenata</i>	Cyanobact.	25	X	X	X		
<i>Phacus</i> sp.	Euglenophyc.	14	X	X	X	X	
<i>Phaeoceros</i> sp.	Bacillarioph.	97	X	X	X	X	
<i>Plagioselmis prolunga</i>	Cryptophyc.	8	X	X	X	X	X
<i>Planktolynghya subtilis</i>	Cyanobact.		X				
<i>Planktolynghya</i> sp.	Cyanobact.		X	X		X	X
<i>Planktonema lauterbornii</i>	Chlorophyc.	33	X	X	X	X	X
<i>Planktothrix</i> sp.) ⁴	Cyanobact.	93		X	X		
<i>Porosira glacialis</i>	Bacillarioph.	12	X	X	X		
<i>Proboscia alata</i>	Bacillarioph.	17	X	X	X	X	X

<i>Pronoctiluca pelagica</i>	Dinophyceae			X			X
<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae	44	X			X	X
<i>Prorocentrum minimum</i>	Dinophyceae	79		X			X
<i>Protooperidinium bipes</i>	Dinophyceae		X	X	X		
<i>Protooperidinium depressum</i>	Dinophyceae				X	X	X
<i>Protooperidinium divergens</i>	Dinophyceae	89					X
<i>Protooperidinium pellucidum</i>	Dinophyceae	92		X	X	X	X
<i>Protooperidinium steinii</i>	Dinophyceae	98					X
<i>Protooperidinium sp.</i>	Dinophyceae	56	X	X	X	X	X
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	Cyanobact.	36			X	X	X
<i>Pseudanabaena sp.</i>	Cyanobact.				X		
<i>Pseudanabaena/Limnothrix</i>) ⁵	Cyanobact.	83	X		X		
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	Bacillarioph.			X			
<i>Pseudo-nitzschia cf. pungens</i>	Bacillarioph.			X	X		X
<i>Pseudo-nitzschia cf. seriata</i>	Bacillarioph.	87	X	X	X		X
<i>Pseudopedinella sp.</i>	Chrysophyc.	21	X	X	X	X	X
<i>Pterosperma sp.</i>	Prasinophyc.	73		X	X	X	X
<i>Pyramimonas sp.</i>	Prasinophyc.	26	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia pungens</i>	Bacillarioph.						X
<i>Rhizosolenia setigera</i>	Bacillarioph.	39	X	X	X		X
<i>Romeria sp.</i>	Cyanobact.					X	
<i>Scenedesmus sp.</i>	Chlorophyc.	68	X	X	X	X	X
<i>Skeletonema costatum</i>	Bacillarioph.	5	X	X	X	X	X
<i>Snowella septentrionalis</i>	Cyanobact.		X		X	X	
<i>Snowella sp.</i>	Cyanobact.	49	X	X	X	X	X
<i>Teleaulax sp.</i>	Cryptophyc.	4	X	X	X	X	X
<i>Tetraedron minimum</i>	Chlorophyc.				X		
<i>Tetrastrum sp.</i>	Chlorophyc.		X		X	X	X
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Bacillarioph.	20	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	Bacillarioph.	27	X	X			
<i>Thalassiosira baltica</i>	Bacillarioph.	22	X	X	X		
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	Bacillarioph.		X		X	X	X
<i>Thalassiosira levanderi</i>	Bacillarioph.	28		X			
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	Bacillarioph.	16	X	X			
<i>Thalassiosira rotula</i>	Bacillarioph.		X				
<i>Thalassiosira sp.</i>	Bacillarioph.	11	X	X	X	X	X
<i>Trachelomonas sp.</i>	Euglenophyc.	53	X	X	X	X	X
<i>Woronichinia compacta</i>	Cyanobact.				X	X	
<i>Woronichinia sp.</i>	Cyanobact.	66		X	X	X	X
Anzahl der Taxa: insgesamt 142			82	91	94	86	86

)¹ wahrscheinlich *Actinocyclus octonarius*

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

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

)⁴ wahrscheinlich größtenteils *Planktothrix agardhii*

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

4.1.2.3 Pommersche Bucht

Die Pommersche Bucht ist stark durch Einträge aus dem Oderhaff und dem Greifswalder Bodden geprägt. Deshalb kann man hier selten die am 18.3.2004 gefundene klassisch ausgeprägte Frühjahrsblüte nachweisen (Abb. 4d). Unsere Probe vom 21.2.2004 zeigte bereits eine Phytoplankton-Biomasse von über 1000 mg m^{-3} , die von typischen Winter-Populationen (*Teleaulax* sp., *Thalassiosira baltica*) dominiert wurde. Auch in Satellitenbildern vom 29.02.2004 konnten leicht erhöhte Chlorophyll-Konzentrationen beobachtet werden. Die eigentliche Blüte am 18.3.2004 wurde von *Thalassiosira baltica*, *Skeletonema costatum*, *Melosira arctica*, *Teleaulax* sp. und *Mesodinium rubrum* gebildet. Die am 12.2.2004 gemessenen Nährstoffkonzentrationen (z.B. in 5 m Tiefe: $60,7 \text{ mmol m}^{-3}$ Si; $1,1 \text{ mmol m}^{-3}$ P; 42 mmol m^{-3} DIN) würden unter Annahme des Redfield-Verhältnisses für die Bildung einer Frischmasse von 12700 mg m^{-3} (auf P-Basis) oder 22470 mg m^{-3} (auf P-Basis) reichen. Zum 8.5.2004 waren Silikat und Phosphat tatsächlich aufgebraucht oder exportiert. Der noch reichlich vorhandene anorganische Stickstoff ($10,9 \text{ mmol m}^{-3}$) zeigt an, dass er im Küstenbereich (im Gegensatz zur offenen See) nicht limitiert (vgl. WASMUND et al. 2000 b). Am 8.5.04 dürfte kein Wachstum mehr möglich sein. Es muß aber berücksichtigt werden, dass gerade im Einzugsbereich großer Flüsse ständig Nährstoffe nachgeliefert werden. Interessant ist, dass sich die Artenzusammensetzung vom 18.3. zum 8.5.04 vollständig geändert hat: *Thalassiosira baltica*, *Melosira arctica* und *Teleaulax* sp. waren verschwunden, und es hatte sich *Diatoma elongatum* (916 mg m^{-3}) entwickelt.

Zum 20.7.04 hat sich das Nährstoffgefüge verändert: Die Nitratkonzentration im Oberflächenwasser war auf Null gesunken, während die Phosphat- und Silikatkonzentrationen auf $0,34$ bzw. $24,8 \text{ mmol m}^{-3}$ gestiegen waren. Offensichtlich verschiebt sich die Phosphorlimitation des Frühjahrs zum Sommer hin in eine Stickstofflimitation. Dieses Phänomen wurde bereits von WASMUND et al. (2000 b) erkannt und auch in den vergangenen Jahren beobachtet. Die N-Limitation führt eigenartigerweise aber nicht zu einem entsprechenden Wachstum stickstofffixierender Cyanobakterien. *Aphanizomenon* sp., *Anabaenopsis* sp., *Nodularia spumigena* und *Anabaena* sp. machten nur 32 mg m^{-3} aus. Neben unbestimmten μ -Algen ($2-5 \mu\text{m}$) waren *Plagioselmis prolunga*, *Teleaulax* sp. und *Snowella* sp. die wichtigsten Arten.

Die Kieselalgen-Herbstblüte wurde mit der Probe vom 2.11.04 repräsentiert. Sie bestand hauptsächlich aus *Coscinodiscus granii* (663 mg m^{-3}) und *Dactyliosolen fragilissimus* (202 mg m^{-3}).

4.1.2.4 Bornholmsee und östliche Gotlandsee

Während sich Bornholmbecken und Gotlandbecken gut voneinander trennen lassen, ist eine Separierung der zugehörigen Wasserkörper kaum möglich. Die Bornholmsee erscheint noch als ein wenig strukturiertes einheitliches Seegebiet. Die Gotlandsee lässt sich zumindest in die westliche und die östliche Gotlandsee einteilen. In der westlichen Gotlandsee (westlich der Insel Gotland) wird vom IOW kein biologisches Monitoring durchgeführt. Auch im nördliche Teil der Gotlandsee, oft als "nördliche eigentliche Ostsee" separat behandelt, gibt es keine Biologie-Stationen. Im Süden stellt die Danziger Bucht ein eigenständiges Seegebiet dar. Die Station 259, die im südlichen Teil des östlichen Gotlandbeckens liegt, stellt ein Bindeglied zwischen östlicher Gotlandsee und Bornholmsee dar. Wir haben sie in den bisherigen Berichten zur östlichen Gotlandsee gezählt, aber

immer wieder diskutiert, ob man sie nicht eher mit der Bornholmsee vereinigen könnte. Nach der HELCOM-Nomenklatur sollte sie mit der Bornholmsee und der Arkonasee zur „südlichen eigentlichen Ostsee“ zusammengefasst werden. Wir konnten die Arkonasee aber bisher deutlich von der Bornholmsee unterscheiden. Andererseits wollen wir jetzt erstmalig die Bornholmsee nicht mehr strikt von der östlichen Gotlandsee trennen und behandeln sie deshalb in einem gemeinsamen Kapitel.

Winter und Frühjahr

Wenn man von den Nährstoffdaten (Tab. 3) ausgeht, hat sich in der Bornholmsee (Stat. 213) im Gegensatz zur zentralen Arkonasee bis zum 20.2.04 noch kein Algenwachstum eingestellt. Daten aus dem Projekt SIBER vom 2.3.04 zeigten ebenfalls noch keinen Nährstoffverbrauch an (Tab. 3). Erst zum 19.-22.3.04 kam es an Station 213 und 271 (aber nicht an Station 259) zu einem signifikanten Rückgang der Nährstoff-Konzentrationen. Dementsprechend stieg die Phytoplankton-Biomasse zu diesen Zeitpunkten an Station 213 und 271 (aber nicht an Station 259) bereits an (Abb. 5 a-c). Die Frühjahrsblüte erreichte an den drei Stationen im Zeitabschnitt vom 20.4. bis 4.5.04 ihren Höhepunkt. Zu dem Zeitpunkt waren die Stickstoff-Konzentrationen fast bis auf Null gesunken (Tab. 3).

Nachdem in den 90er Jahren Kieselalgen fast nicht mehr in den Frühjahrsblüten der südlichen eigentlichen Ostsee auftauchten, waren an Station 213 von 2000 bis 2003 und an Station 259 von 2002 bis 2003 wieder Kieselalgenblüten (*Skeletonema costatum*) registriert worden. Demgegenüber wurden im Jahre 2004 an den Stationen 213, 259 und 271 keine Kieselalgenblüten nachgewiesen. Eine mehr oder weniger starke Silikat-Abnahme, insbesondere an Station 259 (von 13,2 mmol m⁻³ am 20.3.04 auf 3,6 mmol m⁻³ am 3.5.04), würde allerdings für Kieselalgenwachstum sprechen. Die Blüten vom 20.4. bis 4.5.04 waren jedoch hauptsächlich aus *Mesodinium rubrum* und daneben an den Stationen 259 und 271 auch aus unbestimmten thecaten Dinoflagellaten sowie *Peridiniella catenata* zusammengesetzt. Zum Ende der Blüte an Station 213 traten am 3.5. und 7.5. neben *Mesodinium rubrum* vermehrt *Dinobryon balticum*, *Katodinium glaucum* und *Chaetoceros similis* auf.

Sommer und Herbst

Während der Sommerfahrt des Jahres 2004 wurde keine Cyanobakterienblüte angetroffen. Nur in der südöstlichen Gotlandsee, zwischen den Stationen 253 und 250, wurde eine leichte Cyanobakterienblüte gesehen. Es könnte aber durchaus vor der Fahrt eine Blüte gegeben haben, denn die Proben vom Juni und Juli 2004 von Station 271 und 259 enthielten durchaus Cyanobakterien (*Aphanizomenon* sp., *Nodularia spumigena*, *Anabaena* sp.; am 18.7.04 meistens *Pseudanabaena limnetica*). Das Satellitenbild vom 29.7.2004 (Abb. 2) zeigt höhere Cyanobaktereinkonzentrationen insbesondere im südöstlichen Teil an. Das Ausbleiben der stickstoff-fixierenden Cyanobakterien in der Bornholmsee war erstaunlich, da hier zu Beginn des Sommers noch große Mengen Phosphat zur Verfügung standen.

Die dichte Probenfolge im Juni/Juli aufgrund von Projektfahrten ermöglichte uns einen tieferen Einblick in die Sommer-Populationen, der uns bislang wegen fehlender Fahrten nicht möglich war. So war für uns die Blüte von *Chrysochromulina* sp. und *Dinophysis norvegica* am 10.6. bzw. 19.6. an den Stationen 259 und 271 überraschend. Ab Ende Juni war *Chrysochromulina* sp. verschwunden, und es trat nun neben *Dinophysis norvegica* *Heterocapsa rotundata*, *Phacus* sp.

und viele unbestimmte Dinoflagellaten auf. An Station 213 kam fast kein *Chrysochromulina* sp. und *Dinophysis norvegica* vor. Stattdessen fanden wir in der Bornholmsee viele unbestimmte Dinoflagellaten sowie in der Gruppe der "Sonstigen" hauptsächlich *Phacus* sp., *Pyramimonas* sp. und *Planctonema lauterbornii* (bis zum 20.7.04). Auch Cryptophyceen (*Plagioselmis prolunga*, *Teleaulax* sp.) waren hier im Juli stark vertreten. Bezüglich der Artenzusammensetzung sowohl der Frühjahrs- als auch der Sommerblüten unterschieden sich die Stationen 259 und 271 von der Station 213 deutlich. Bezüglich der Herbstblüte von *Coscinodiscus granii* waren jedoch die Stationen 213 und 259 sehr ähnlich, während an Station 271 am 4.11.04 keine Blüte nachgewiesen werden konnte. Hier waren nur geringe Biomassen hauptsächlich von *Coscinodiscus granii*, *Dinophysis norvegica*, *Teleaulax* sp., *Hemiselmis* sp. und *Aphanizomenon* sp. vorhanden.

4.1.3 Sedimentation

Die mikroskopischen Analysen des in den Fallen aufgefangenen Materials zeigen die typische saisonale Abfolge von Phytoplanktongemeinschaften der zentralen Ostsee (Abb. 6 a,b,c,d) mit Frühjahrsblüte, Sommerphase und herbstlichem Sedimentationsmaximum.

Die Frühjahrsblüte trat 2003 etwas später, im April/Mai auf und wurde von vier Arten dominiert (*Thalassiosira levanderi*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* sp., *Achnanthes taeniata*) wobei im Vorjahr nur *Thalassiosira levanderi* und *Skeletonema costatum* in größeren Mengen zu finden war. Die Diatomeenpopulation in dieser Zeit war damit diverser als im Vorjahr, wobei *Coscinodiscus granii* und *Thalassiosira baltica* den Hintergrund bildeten (Abb 6a). In der Sommerphase waren bei den Diatomeen weiterhin *Achnanthes taeniata*, *Thalassiosira levanderi*, *Skeletonema costatum* und auch *Chaetoceros* sp. in geringeren Beständen anzutreffen. *Diatoma tenuis* war in diesem Sommer nicht zu finden und mit der Sedimentation von Aggregaten fädiger diazotropher Cyanobakterien kam *Nitzschia paleacea* in größeren Mengen hinzu und dominierte im Juli und August 2003 die Diatomeenflora.

Dinoflagellaten waren ab April/Mai präsent, insgesamt jedoch weniger abundant als im Vorjahr. Die im Frühsommer häufigere Gattung *Glenodinium* sp. wurde im Sommer von *Dinophysis norvegica* und *Prorocentrum minimum* abgelöst (Abb. 6b). Im Spätherbst kamen noch geringe Mengen von athekaten *Gyrodinium* sp. oder *Gymnodinium* sp. hinzu (genaue Bestimmung an fixiertem Material nicht möglich).

Der quantitativ wichtigste Beitrag zum vertikalen Partikelfluss wurden aber auch in diesem Jahr wieder von den diazotrophen, fädigen Cyanobakterien gestellt. Wiederum dominierte die Gattung *Nodularia*, die ihr Maximum im absinkenden Material zwischen Mitte Juli und Oktober hatte (Abb. 6c). Im Gegensatz zu vorigen Jahren kam allerdings die zweite wichtige Gattung *Aphanizomenon* fast die gesamte Zeit genau so häufig vor. Koloniebildende coccale Cyanobakterien traten zwischen August und Ende Oktober in geringerem Maße als in den Vorjahren auf (Abb. 6d).

Der Herbst vom Oktober bis in den Dezember hinein wurde wiederum von Diatomeen geprägt, bei denen *Actinocyclus octonarius*, *Chaetoceros* sp., *Coscinodiscus granii*, *Cyclotella*-Arten und einige pennate Diatomeen in vergleichbaren Mengen vorkamen.

Phytoplankton 2003

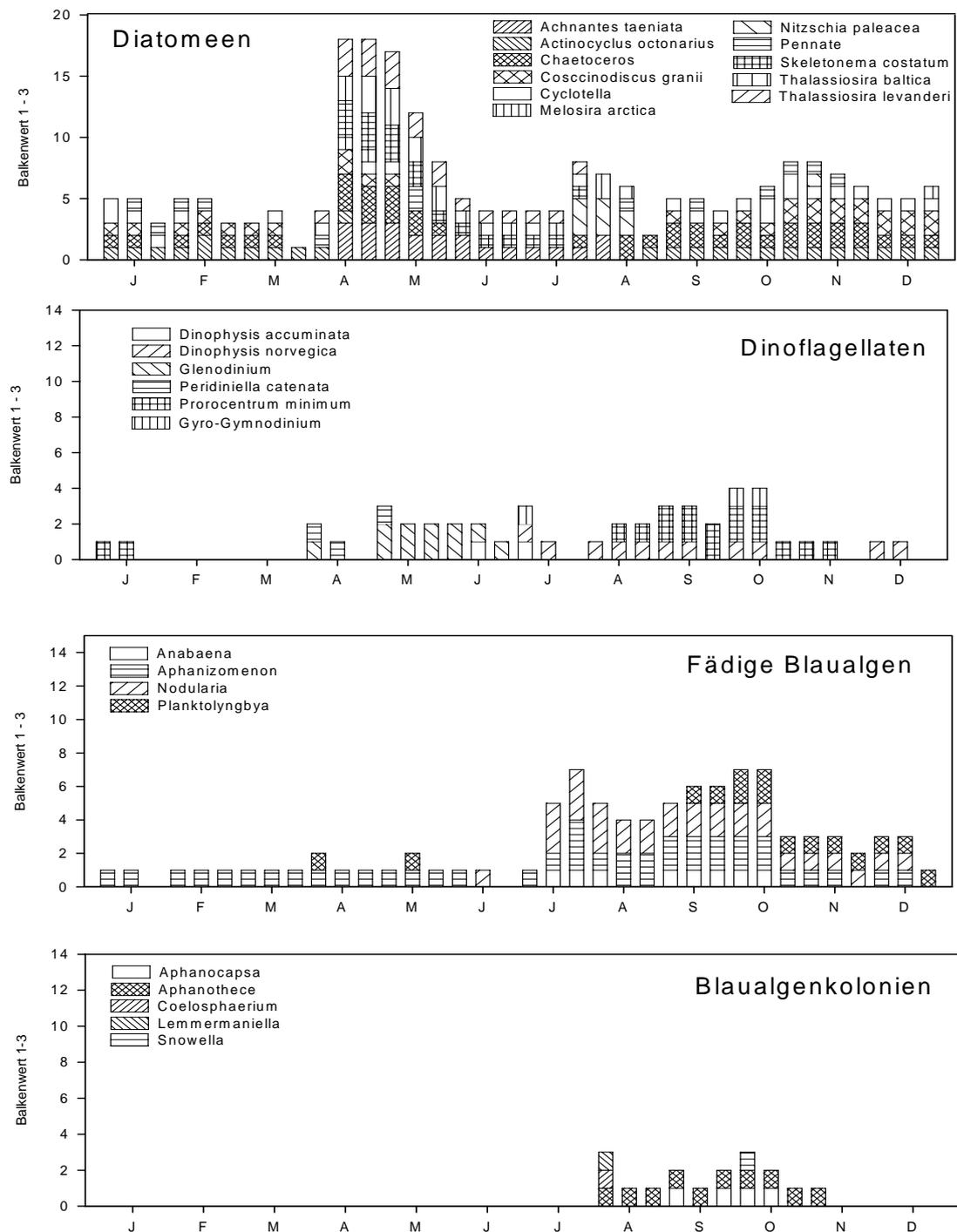


Abb. 6
 Relative Häufigkeit einzelner Arten von Diatomeen (a), Dinoflagellaten (b) sowie fädiger (c) und koloniebildender (d) Cyanobakterien im sedimentierenden organischen Material im Jahre 2003

Fig. 6
 Relative frequency of selected species of diatoms (a), dinoflagellates (b), filamentous (c) and colony-forming (d) cyanobacteria in sedimented organic material in 2003

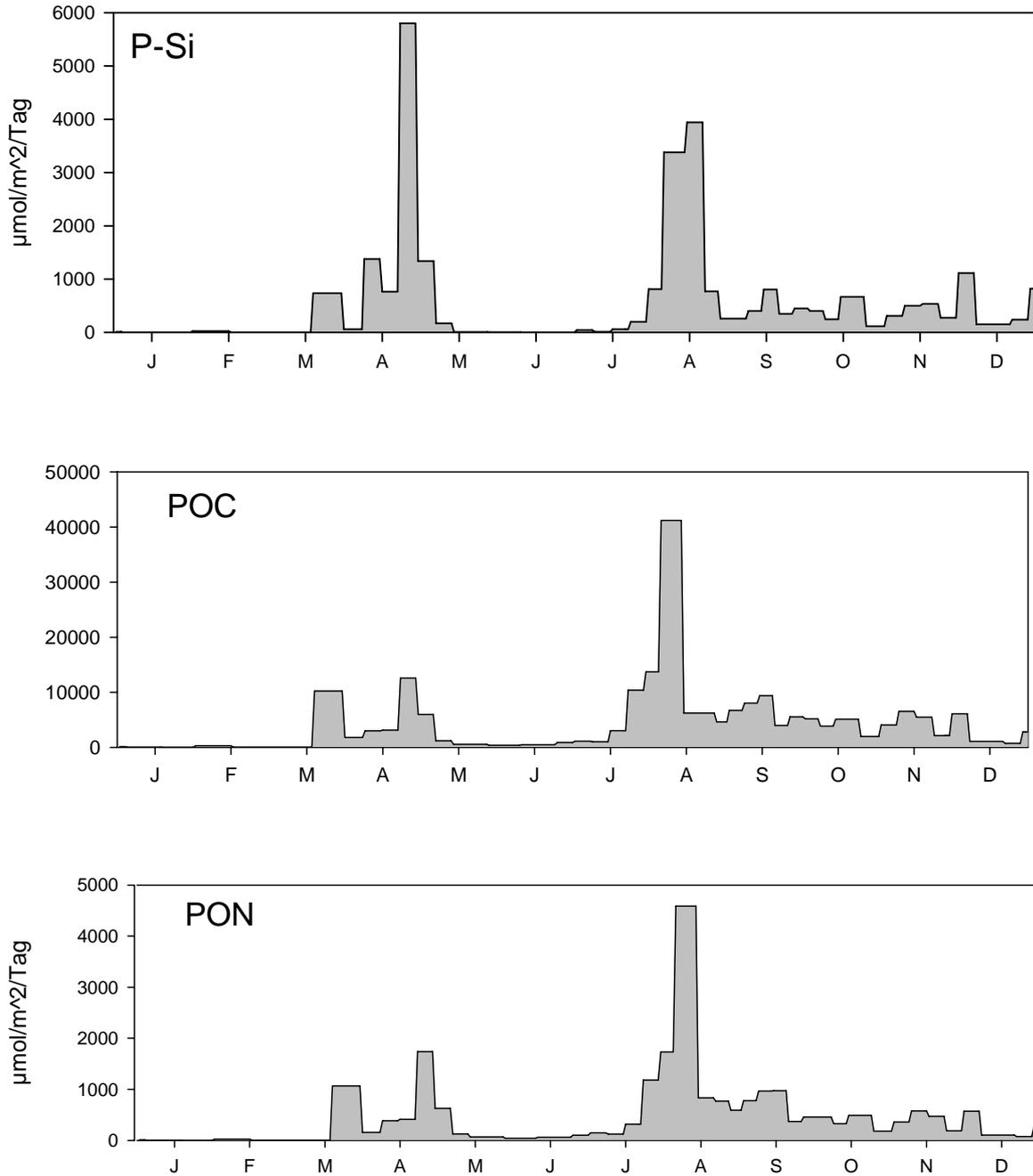


Abb. 7

Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem biogenem Silikat (a), partikulärem organischem Kohlenstoff (b) und partikulärem organischem Stickstoff (c) im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2003

Fig. 7

Daily sedimentation rates of particulate biogenic silicate (a), particulate organic carbon (b) and particulate organic nitrogen (c) at 180 m depth at Station 271 in 2003

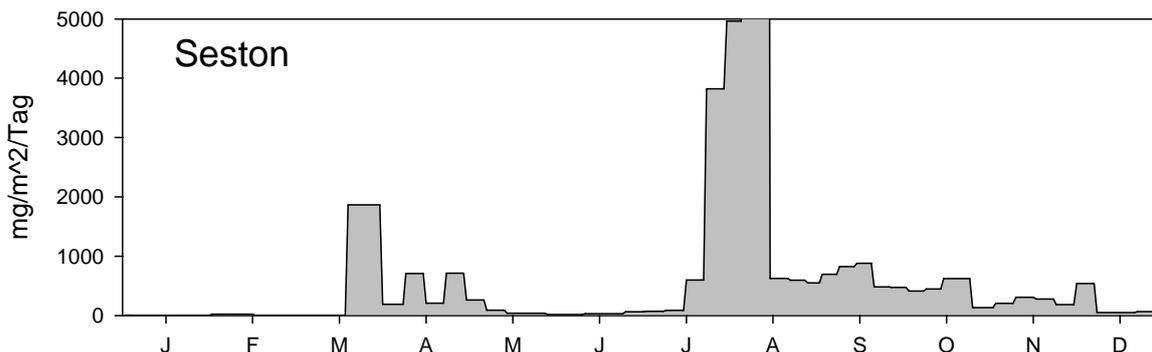


Abb. 8

Tägliche Sedimentationsraten von Trockenmasse (Seston) im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2003

Fig. 8

Daily sedimentation rates of seston (dry mass) at 180 m depth at Stat. 271 in 2003

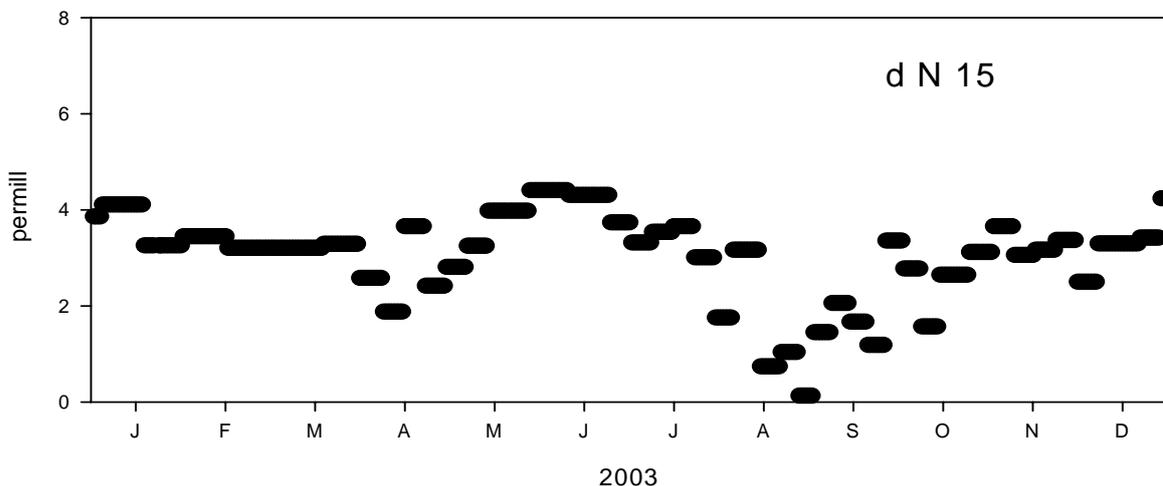


Abb. 9

Isotopie des Stickstoffs (permil delta 15 N) im Fallenmaterial im Jahr 2003

Fig. 9

Isotopic composition (permil delta 15 N) in sedimented material at Stat. 271 in 2003

Sowohl das Vorkommen von Diatomeen wie auch die damit verbundenen Silikatflüsse (Abb. 7a) waren in diesem Jahr höher als in allen vorausgegangenen Jahren, während bei Dinoflagellaten eher eine rückläufige Tendenz zu beobachten ist. Eine langfristige Veränderung der Artensukzession von Diatomeen zu Flagellaten ist somit aus den Resultaten dieses Jahres nicht abzuleiten. Während sich in den vorhergehenden Jahren Silikatpeaks im Frühjahr/Herbst mit sommerlichen durch pennate Diatomeen ausgelöste Maxima abwechselten, kam es in diesem Jahr zu hohen Raten in beiden Jahreszeiten.

Die saisonalen Muster des Vertikaltransportes der Hauptelemente Kohlenstoff und Stickstoff Abb. 7 b, c) spiegeln das wider. Neben der Frühjahrsblüte ist die Sommerperiode vom Juli bis Oktober

durch hohe Masseflüsse gekennzeichnet (Abb. 8). Die Maxima dieser Ereignisse im August und September gehen mit niedrigen isotopischen Signaturen des Stickstoffs ($\delta N 15$, Abb. 9) einher, so dass sich auch in diesem Jahr wieder die Hauptzufuhr von organischem Material zum Sediment durch Material ergibt, das aus der C- und N-Fixierung von Cyanobakterien stammt. Ein hoher Eintrag von Material mit großem mineralischen Anteil (2-3 Gewichts-% Kohlenstoff an der Gesamtmasse gegenüber dem etwa zehnfachen Gehalt in den Vorjahren) im August weist auf eine Phase intensiven Eintrags nichtbiogener Partikel hin. Die mikroskopische Analyse zeigte, daß nicht etwa resuspendiertes Bodenmaterial die Quelle dieses Eintrags war, was auch aufgrund der Entfernung des Sammelgerätes vom Sediment nicht anzunehmen ist. Die Hauptmasse des Materials bestand aus Manganoxidpartikeln (MnO_2), die aus reduziertem gelösten Mangan (Mn^{2+}) gebildet wurden, nachdem das Tiefenwasser der Ostseebecken durch einem Salzwassereinstrom, der im Sommer 2003 auch das Gotlandbecken erreichte, belüftet wurde (NAUSCH et al., 2004). Die Funktion anoxischer Becken als Manganfalle ist, ebenso wie die Fähigkeit von Manganoxiden, Orthophosphat zu binden, bekannt (z.B. SHAFFER 1986; NERETIN et al. 2003). Die Sedimentation der Manganpartikel ab Mitte Juli erklärt die hohen Masseflüsse und ebenso die hohen Phosphorsedimentationsraten (Abb. 10) mit sich mit der P-Adsorption an diese Partikel erklären lassen. Diese führen im Gegensatz zu früheren Jahren zu einer Erniedrigung der C/P-Verhältnisse im Sommer (Abb. 11) wobei die sukzessive Erhöhung der C/P-Verhältnisse während dieser Phase in den Vorjahren durch das Absinken immer phosphorärmerer Organik im Verlauf der Cyanobakterienentwicklung erklärt werden kann. Da 2003 dieses Symptom (C/P molar ~ 100) über den ganzen Sommer zu beobachten war, kann auch nach dem Hauptereignis im August von einer Oxidation weiterer anoxischer Wassermassen im Verlauf des Jahres 2003 ausgegangen werden. Das stimmt mit den Beobachtungen vom Verlauf des ostseeweiten Bodenwassereinstroms überein (NAUSCH et al., 2004) und wird durch die mineralogische Zusammensetzung des Fallenmaterials belegt (Abb. 12). Die prozentuale Zunahme von MnO_2 und Eisenphosphaten zwischen Frühjahr und Sommer bildet sich hier gut ab.

Die Frage, wieso es im Jahre 2003 zu einer generellen Erhöhung des Flusses auch für Kohlenstoff und Stickstoff gekommen ist, kann nun ebenfalls mit diesem Einstromereignis verknüpft werden, wobei mehrere Kopplungsmechanismen in Frage kommen. Erhöhter Fluss biogener Partikel zum Sediment braucht eine vorausgehende Erhöhung der Zufuhr essentieller Nährsalze in die photische Zone. Die erste Möglichkeit besteht darin, dass während des Einstroms im Frühjahr eine Erhöhung der turbulenten Vermischung eine verstärkte Zufuhr von Nährsalzen aus dem Tiefenwasser in die Deckschicht zur Folge hatte, wobei sowohl die Frühjahrsblüte wie auch das im wesentlichen auf Phosphatüberschüssen beruhende Sommerwachstum des Cyanobakterien profitierte. Das lässt sich auf Grund der im Frühjahr sedimentierten Mengen an Biomasse festmachen, die für C, N und biogenes Si um den Faktor drei über dem langjährigen Mittel lagen.

Ein weiterer wichtiger Faktor für den Fluss von organischer Substanz zum Boden ist ein schneller Transport, der den Abbau in der Wassersäule verringert. Das scheint zumindest ein zusätzlicher Antrieb für die hohen Raten im Sommer gewesen zu sein. Im Vergleich der Abbildungen 13 und 14 (Fallenmaterial im Frühjahr und Sommer) zeigt sich, dass die im Sommer gefangenen Aggregate intensiv mit Manganoxidpartikeln belegt sind, die mit ihrer hohen spezifischen Dichte die Sinkraten des organischen Materials und damit den Fluss zum Sediment erhöht haben. Der Unterschied zwischen dem Diatomeenplankton im Frühjahr und den Cyanobakterienaggregaten im Sommer ist hier deutlich zu sehen.

Das Jahr 2003 läßt sich damit sowohl qualitativ wie auch quantitativ als äußerst ungewöhnlich und in jeder Wasserschicht stark von dem Salzwassereinstrom im Winter beeinflusst einordnen. Die Gesamtsumme für den jährlichen Vertikalfluss lag für die einzelnen Elemente bei 1500 mmol C, 168 mmol N ($C/N=9,3$), 197 mmol Si und 15 mmol P pro m^2 und Jahr und damit zwischen dem drei- und vierfachen des langjährigen Mittelwertes. Der Massefluss betrug im Jahr 2003 387 g Trockenmaterial pro Jahr und war damit durch den Fluss anorganischer Manganverbindungen 10-fach erhöht.

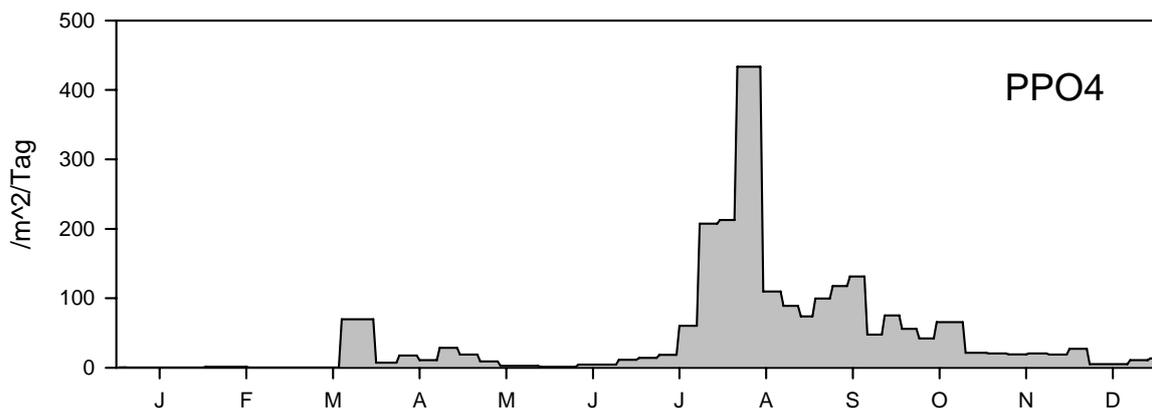


Abb. 10

Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem Phosphor im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2003

Fig. 10

Daily sedimentation rates of particulate phosphorus at 180 m depth at Station 271 in 2003

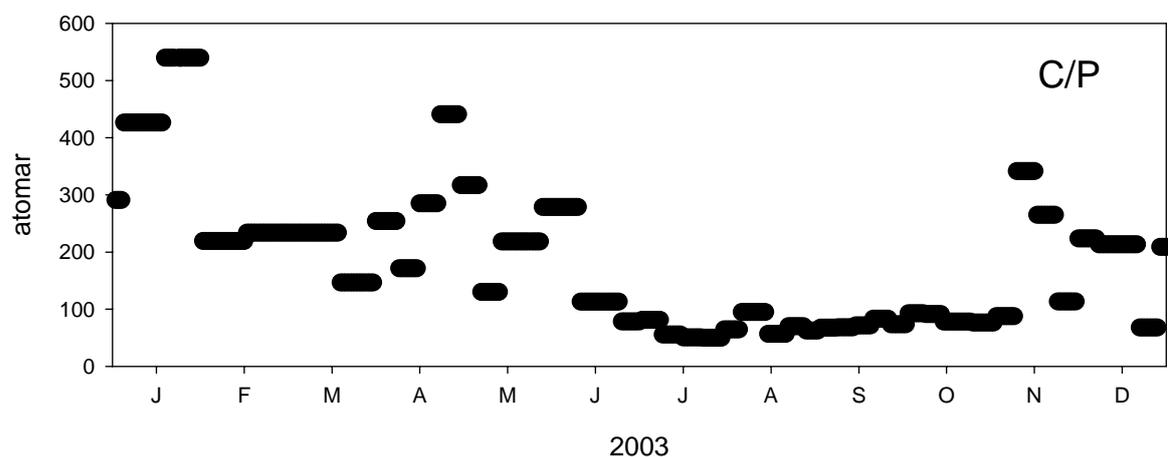


Abb. 11

Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Phosphor in Partikeln im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2003

Fig. 11

Atomic ratio of particulate carbon and particulate phosphorus at 180 m depth at Stat. 271 in 2003

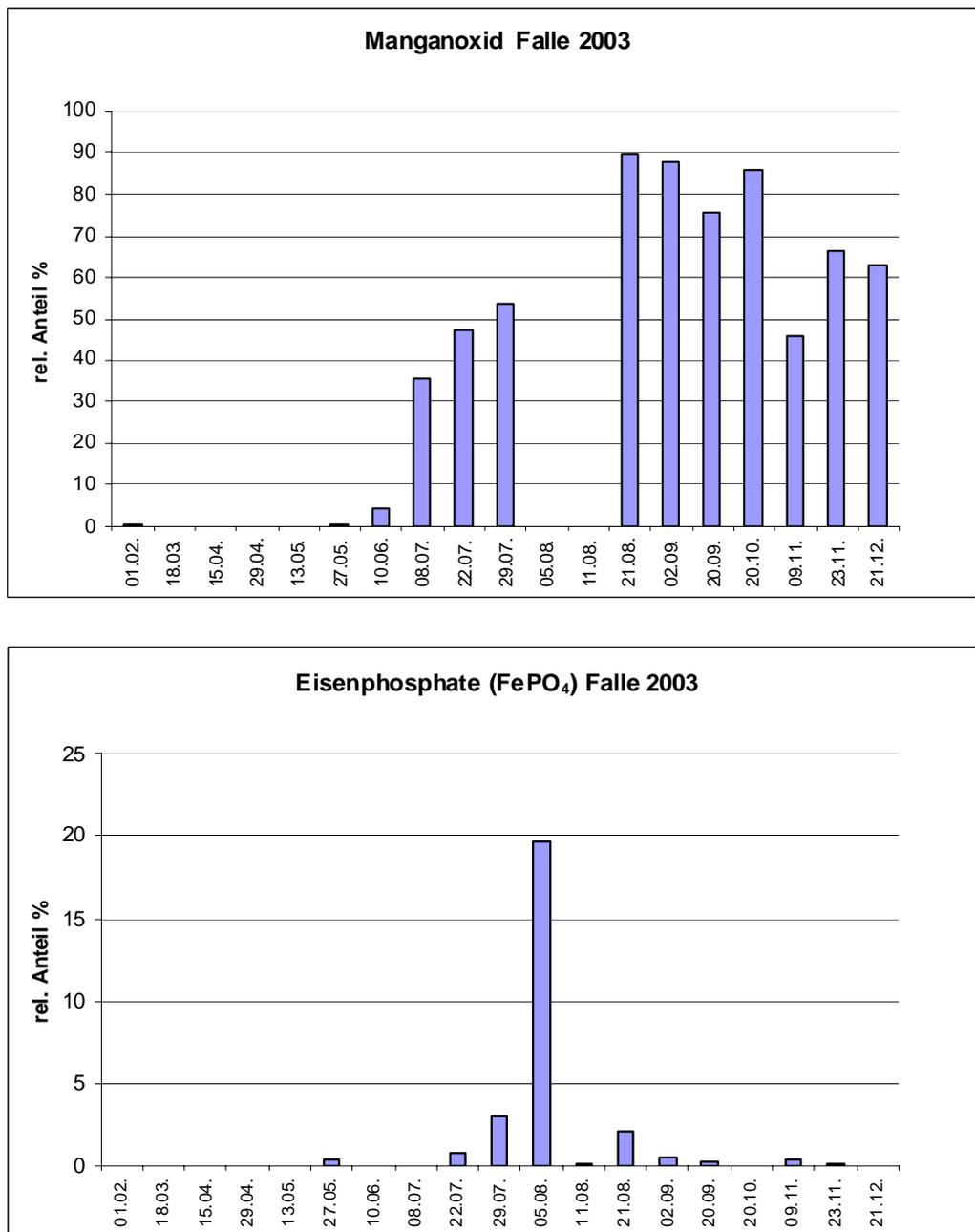


Abb. 12

Relative Anteile von Manganoxiden (a) und Eisenphosphaten (b) am Mineralgehalt der Sinkstoffproben im Jahre 2003

Fig. 12

Relative share of manganese oxide (a) and iron phosphates (b) in the mineral content of the sediment trap samples in 2003

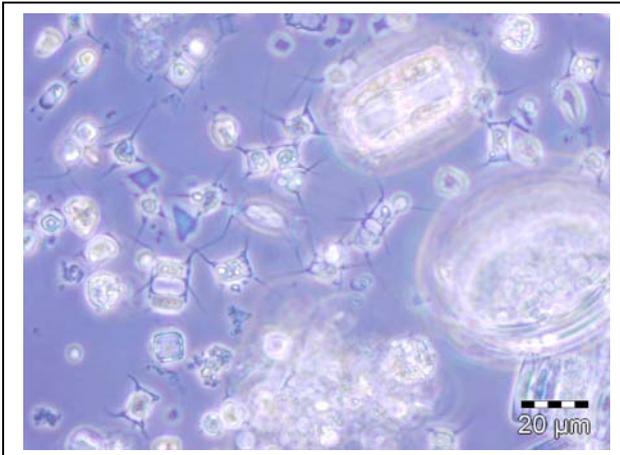


Abb. 13
Mikroskopische Aufnahme von Material (vorwiegend Diatomeen) aus der Phase der Frühjahrssedimentation 2003

Fig. 13
Micro-photo of material (mainly diatoms) from spring 2003

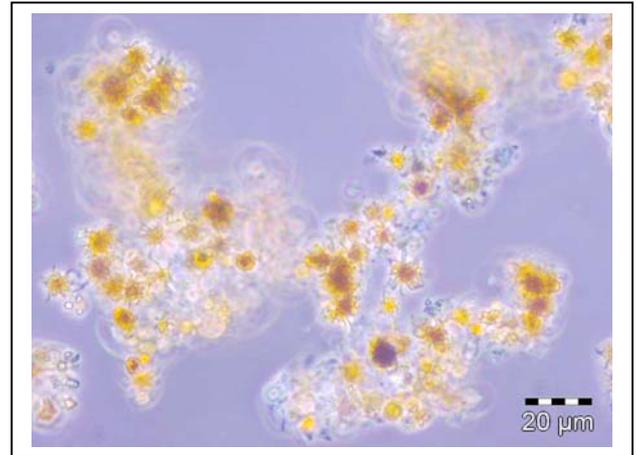


Abb. 14
Mikroskopische Aufnahme von Material (vorwiegend Cyanobakterienaggregate und Manganpartikel) aus der Phase der sommerlichen Sedimentation (August) 2003

Fig. 14
Micro-photo of material (mainly cyanobacteria and manganese particles) from August 2003

4.1.4 Jahrgang der Chlorophyll a – Konzentration

Proben zur Bestimmung der Chlorophyll a – Konzentration wurden in der Regel parallel zu den Phytoplankton-Proben entnommen. Das Chlorophyll gilt als ein Biomasse-Äquivalent. 1 mg Chlorophyll a soll etwa 30 (im Frühjahr und Herbst) bis 60 (im Sommer) mg organischem Kohlenstoff der Algen entsprechen (nach GARGAS et al. 1978). 1 mg organischer Kohlenstoff entspricht etwa 9 mg Algen-Frischmasse (EDLER 1979). Eine Korrelation zwischen Chlorophyll a-Konzentration und Phytoplankton-Frischmasse wurde schon in den Vorjahren (WASMUND et al. 1998 a) nachgewiesen. Der Chlorophyll-Jahresgang entspricht etwa den bereits in Abb. 3-5 dargestellten Jahresgängen der Biomasse. Da im Vergleich zu den Biomasse-Werten deutlich weniger Chlorophyll-Werte vorliegen, verzichten wir auf eine spezielle Darstellung des Chlorophyll-Jahresganges und verweisen nur auf die tabellarische Aufstellung der Meßwerte in Tabelle 6. Ihr Gegensatz zum Jahr 2003, als die Frühjahrsblüte in der westlichen Ostsee besonders früh (im Februar) stattfand, kann das Jahr 2004 wieder als "normales" Jahr angesehen werden, mit Chlorophyll-Maxima im März. In den östlicheren Seegebieten werden die tatsächlichen Maxima wegen großer Lücken in der Beprobung nicht getroffen. So sollte das Maximum in der Pommerschen Bucht (Station OB) ebenfalls im März liegen, in der Bornholm- und Gotlandsee dagegen im April bis Anfang Mai.

Tab. 6

Mittlere Konzentrationen von Chlorophyll *a* und Phaeopigment *a* (in mg m^{-3}) von 0 bis 10 m Tiefe

Table 6

Average chlorophyll *a* and phaeopigment *a* concentration in the upper 10 m

Station	Datum	Chl <i>a</i> (mg m^{-3})	Phaeo <i>a</i> (mg m^{-3})	Station	Datum	Chl <i>a</i> (mg m^{-3})	Phaeo <i>a</i> (mg m^{-3})
360	11.02.2004	3,27	1,25	113	13.02.2004	1,08	0,57
360	17.03.2004	4,86	1,16	113	13.02.2004	1,13	0,60
360	01.05.2004	2,66	0,54	113	21.02.2004	0,84	0,41
360	14.07.2004	1,08	0,24	113	17.03.2004	2,76	0,58
360	29.10.2004	3,10	0,52	113	25.03.2004	3,79	1,30
360	09.11.2004	4,57	0,84	113	02.05.2004	2,31	0,66
O22	12.02.2004	1,82	1,08	113	09.05.2004	4,30	1,13
O22	30.04.2004	2,32	0,84	113	16.07.2004	1,55	0,54
O22	14.07.2004	3,68	0,62	113	21.07.2004	2,00	0,45
O22	30.10.2004	1,43	0,56	113	31.10.2004	2,69	1,66
012	12.02.2004	1,31	1,11	113	08.11.2004	2,54	1,16
012	22.02.2004	1,91	0,76	109	13.02.2004	0,98	0,44
012	16.03.2004	6,93	1,51	109	19.03.2004	4,97	1,05
012	26.03.2004	3,56	1,41	109	25.03.2004	5,04	1,65
012	30.04.2004	1,64	0,64	109	07.05.2004	2,86	1,02
012	09.05.2004	2,46	0,67	109	21.07.2004	2,32	0,57
012	14.07.2004	3,21	0,64	109	31.10.2004	2,16	1,13
012	22.07.2004	3,20	0,72	OB	21.02.2004	8,49	2,93
012	30.10.2004	7,22	0,97	OB	08.05.2004	5,60	2,45
012	08.11.2004	2,98	1,16	OB	20.07.2004	3,09	1,48
046	12.02.2004	1,40	1,02	OB	02.11.2004	7,07	2,72
046	22.02.2004	1,36	0,58	213	14.02.2004	0,71	0,34
046	17.03.2004	4,15	0,72	213	20.02.2004	0,70	0,37
046	26.03.2004	2,07	0,66	213	19.03.2004	1,70	0,53
046	01.05.2004	0,84	0,31	213	03.05.2004	3,06	0,50
046	09.05.2004	0,97	0,41	213	07.05.2004	1,91	0,45
046	15.07.2004	2,49	0,77	213	16.07.2004	1,68	0,50
046	22.07.2004	1,75	0,76	213	20.07.2004	1,71	0,45
046	30.10.2004	2,43	1,54	213	01.11.2004	2,75	1,04
046	08.11.2004	2,56	1,40	213	07.11.2004	3,03	0,90
030	12.02.2004	1,05	0,59	259	15.02.2004	0,74	0,22
030	22.02.2004	1,34	0,74	259	20.03.2004	0,98	0,35
030	17.03.2004	3,38	0,67	259	03.05.2004	11,23	1,74
030	26.03.2004	3,52	0,67	259	17.07.2004	1,81	0,47
030	01.05.2004	1,47	0,38	259	03.11.2004	4,86	0,89
030	09.05.2004	1,27	0,53	271	16.02.2004	0,46	0,15
030	15.07.2004	1,72	0,73	271	22.03.2004	1,05	0,30
030	22.07.2004	1,59	0,48	271	04.05.2004	5,53	0,94
030	31.10.2004	1,76	0,98	271	18.07.2004	2,07	0,56
030	08.11.2004	3,90	2,19	271	04.11.2004	2,26	0,91

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 2004 sind in Tabelle 7 mit den Vorjahren verglichen. Es zeigt sich, dass die hohen Februar-Werte des Jahres 2003 eine Ausnahme waren. Eine Vorverlagerung der Frühjahrsblüte in die Wintermonate hinein fand im Jahre 2004 nicht mehr statt. Die hohen Herbstwerte von 2004 kommen wohl dadurch zustande, dass die Herbstblüte an einigen Stationen gut getroffen wurde. Dadurch ergibt sich auch im Jahresmittel ein relativ hoher Wert. Langzeit-Trends der Chlorophyll-a-Konzentrationen werden speziell in Kapitel 4.1.6. diskutiert.

In HELCOM-Indikatorreports wird die im finnischen Alg@line-Projekt zeitlich und räumlich hochauflösend gemessene Chlorophyll-Konzentration zur Identifikation der verschiedenen Blüten verwendet. Die Phytoplankton-Frühjahrsblüte wird mit dem „spring bloom intensity index“ charakterisiert: http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2004/en_GB/estimates/. Dieser Index wird seit dem Jahre 1992 errechnet und ist deshalb auch für Langzeit-Betrachtungen geeignet. Ähnlich funktioniert auch der Cyanobacteria bloom index (http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2004/cyanobacteriaindex/en_GB/index/).

Tab. 7

Saisonale Mittelwerte, Standardabweichungen und Anzahl der Proben aller Chlorophyll a- Daten von den 5 Terminfahrten des IOW von 2004 aus der eigentlichen Ostsee (einschl. Pommersche Bucht), integriert über die oberen 10 m, im Vergleich mit entsprechenden Daten von 2000-2003.

Table 7

Saisonal means, standard deviations and number of samples (n) of all IOW monitoring chlorophyll a data of 2004 from the Baltic proper (incl. Pomeranian Bight), of the upper 10 m, in comparison with corresponding data of 2000-2003.

	2000	2001	2002	2003	2004		
	Mittelw.	Mittelw.	Mittelw.	Mittelw.	Mittelw.	Stand.abw.	n
Winter (Jan-Feb)	0.63	1.08	0.74	2.40	1.59	2.30	11
Frühjahr (März-Mai)	3.00	3.18	3.94	2.56	3.51	2.40	19
Sommer (Juni-Sep)	2.05	1.91	2.48	2.16	1.95	0.46	10
Herbst (Okt-Dez)	2.86	2.49	1.80	1.96	3.30	1.60	10
Jahresmittel	2.25	2.24	2.39	2.27	2.59		

4.1.5 Langzeittrend der Artenzusammensetzung

Langzeit-Veränderungen in der Artenzusammensetzung können ein wichtiger Indikator für Umweltveränderungen sein. Allerdings ist die Auswertung auf Artebene schwierig, denn taxonomische Auffassungen zu den einzelnen Arten ändern sich über längere Zeiträume, so dass die Konsistenz von Datenbanken über Jahrzehnte oft nicht gewährleistet ist.

Um das Problem der möglicherweise abweichenden Artbestimmung zu umgehen, arbeitet man gern mit taxonomischen Gruppen, denn diese sind nicht so anfällig für Fehlbestimmungen. Außerdem

sind viele Individuen, die einer Artbestimmung nicht zugänglich sind, oftmals wenigstens einer höheren taxonomischen Gruppe (z.B. Klasse) zuzuordnen. Dadurch reduziert sich die Masse der "Unbestimmten". Da die Klassen wesentlich mehr Individuen oder Biomasse enthalten als die einzelnen Arten, werden die Daten bei höheren taxonomischen Rängen robuster und repräsentativer.

Bisherige Phytoplankton-Trendauswertungen wurden deshalb hauptsächlich auf der Ebene der Klasse gemacht (HELCOM 1996, WASMUND und UHLIG 2003). Die Ergebnisse dieser Analysen wurde im Bericht zum Jahre 2001 (WASMUND et al. 2002) ausführlich diskutiert und sollen hier nicht wiederholt werden. Auch auf die jährlich fortgeschriebenen Grafiken zur Phytoplankton-Zusammensetzung (= Abb. 17-21 in WASMUND et al. 2004) wird in diesem Jahr verzichtet; sie sollen in größeren Abständen umfassender analysiert werden.

Über die Zunahme der Dinoflagellaten in der Frühjahrsblüte auf Kosten der Kieselalgen insbesondere in der Bornholmsee, Gotlandsee und in geringerem Maße auch in der Arkonasee wurde bereits von WASMUND et al. (1998 b) berichtet. Es ist interessant, dass sich die Frühjahrs-Kieselalgen in den Jahren 2000-2003 in der Arkonasee und Bornholmsee, ab 2002 auch in der südlichen Gotlandsee wieder stärker entwickelt haben. Das wird auch von den Frühjahrs-Silikat-Signalen in den Proben der Sinkstofffallen gestützt (Abb. 6a, 7a). Im Jahre 2004 konnte in den Wasserproben aus der Bornholmsee und der östlichen Gotlandsee aber keine Frühjahrs-Kieselalgenblüte nachgewiesen werden. Die Silikatabnahme im Wasser würde allerdings für ein z.T. stärkeres Kieselalgenwachstum in diesen Seegebieten sprechen.

Erstaunlich ist, dass gerade in der westlichen Ostsee, wo noch regelmäßig Frühjahrs-kieselalgenblüten auftreten, bereits im Sommer wieder Kieselalgen zur Entwicklung kommen. Hier muß also eine schnelle Silikat-Regeneration stattfinden. Blüten der Kieselalge *Dactyliosolen fragilissimus* wurden im Sommer 1998, 1999, 2001 und 2002 zumindest in der Mecklenburger Bucht und dem westlichen Teil der Arkonasee gefunden. Im Juli 2003 war allerdings *Guinardia flaccida* stärker entwickelt als *Dactyliosolen fragilissimus*. Im Juli 2004 dominierten dagegen *Cerataulina pelagica* und *Proboscia alata*. In den östlicheren Seegebieten können keine Kieselalgen-Sommerblüten nachgewiesen werden, obwohl gerade hier keine Kieselalgen-Frühjahrsblüte stattfand. Dafür kam es in diesen östlichen Seegebieten oft zu einer Kieselalgen-Herbstblüte. Eine in den Jahren 1999-2002 registrierte Ausbreitung der Herbst-Kieselalge *Coscinodiscus granii* in den Sommer und in die westliche Ostsee konnte in den Jahren 2003 und 2004 aber nicht mehr bemerkt werden.

Einige Arten, die bisher ungewöhnliche Herbstblüten gebildet hatten, wie *Gymnodinium cf. lohmannii* (in 1997), *Prorocentrum minimum* (in 1998), *Pseudo-nitzschia* sp. (in 1999), wurden im Jahre 2004 nicht in großen Biomassen gefunden.

Der bereits in Kapitel 4.1.4 erwähnte, in den jährlichen HELCOM-Indikatorreports vorgestellte „spring bloom intensity index“ zeigte für das Jahr 2004 eine moderate Frühjahrsblüte an, im Gegensatz zu der sehr starken Blüte des Jahres 2003. Auch die Cyanobakterienblüte war im Jahre 2004 stärker als in 2003 (http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2004/en_GB/indicators2004/). Der „Cyanobacteria bloom index“ ist detaillierter einzusehen unter http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2004/cyanobacteriaindex/en_GB/index/.

4.1.6 Langzeittrend der Chlorophyll a – Konzentration

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

In der Mecklenburger Bucht zeigt die Darstellung aller Oberflächen-Chlorophyll a - Werte (einschl. der HELCOM-Daten bis 1993) einen negativen Trend (t-Test), der im Gegensatz zum Vorjahr aber nur noch für eine Irrtumswahrscheinlichkeit (p) von 0,05 signifikant ist. Der schwache Anstieg der Werte der Arkonasee (Abb. 15 b) war bis 2002 wegen der hohen Anzahl an Messwerten sogar für $p = 0,01$ noch signifikant. Das Hinzukommen weiterer niedriger Werte im Jahre 2003 weicht den Trend weiter auf, so dass er nun nur noch für $p = 0,05$ signifikant ist. In der Bornholmsee (Abb. 16 a) war der Anstieg bis 1997 für $p = 0,05$ signifikant. Bei Einbeziehung der Daten von 1998 bis 2003 ist er nicht mehr signifikant. Das könnte für eine Trendumkehr sprechen. In der östlichen Gotlandsee (Stat. 271, siehe Abb. 16 b) ist der Trend nach wie vor nicht signifikant.

Schon visuell scheinen die Chlorophyll a Konzentrationen in der eigentlichen Ostsee seit ihren Maxima Mitte der 90er Jahre abzunehmen. Langfristige Tendenzen einer Trendumkehr sind besonders interessant. Deswegen haben wir erstmals in diesem Jahr auch die Perioden von 1979 bis 1996 und 1996 bis 2004 separat auf signifikante Anstiege oder Rückgänge getestet. Es konnte von 1979 bis 1996 aber nur in der Arkonasee ein signifikanter Anstieg gefunden werden. Die Regressionskoeffizienten verbesserten sich für diesen kürzeren Zeitabschnitt im Vergleich zur gesamten Untersuchungsperiode zwar. Signifikanz wurde aber trotzdem noch nicht erreicht.

4.1.7 Räumliche Phytoplanktonverteilung

Wie bereits oben gezeigt wurde, unterscheidet sich sowohl die zeitliche Entwicklung als auch die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons in den einzelnen Seegebieten. Bereits ab dem Jahre 1997 wurde pro Seegebiet nur noch eine zentrale Station beprobt. Lediglich in der Arkonasee wurden zwei Stationen (109 und 113) beibehalten. Außerdem behielten wir zwei Stationen im Übergangsbereich zwischen Mecklenburger Bucht und Arkonasee (Stat. 046, 030) und zwei Küstenstationen (O22 und OB). Dies ermöglicht uns nach wie vor, die Verteilung der Arten auf einem Längsschnitt durch die Ostsee (ohne Pommersche Bucht) zu verfolgen.

In Abb. 17 sind die Jahresmittelwerte der Phytoplankton-Biomasse unter Berücksichtigung der Zusammensetzung nach taxonomischen Gruppen dargestellt. Es zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen der westlichen Ostsee und der eigentlichen Ostsee. In der westlichen Ostsee (Stat. O22 und 012) liegt die durchschnittliche Biomasse über 1000 mg m^{-3} und es treten Chrysophyceen (*Dictyocha speculum*) auf. Alle östlicher gelegenen Stationen ab Stat. 046 sind in ihrer Biomasse deutlich geringer und es gibt keine Chrysophyceen mehr, dafür aber *Mesodinium rubrum*. Solche räumliche Abhängigkeit lässt sich für die meisten Arten finden.

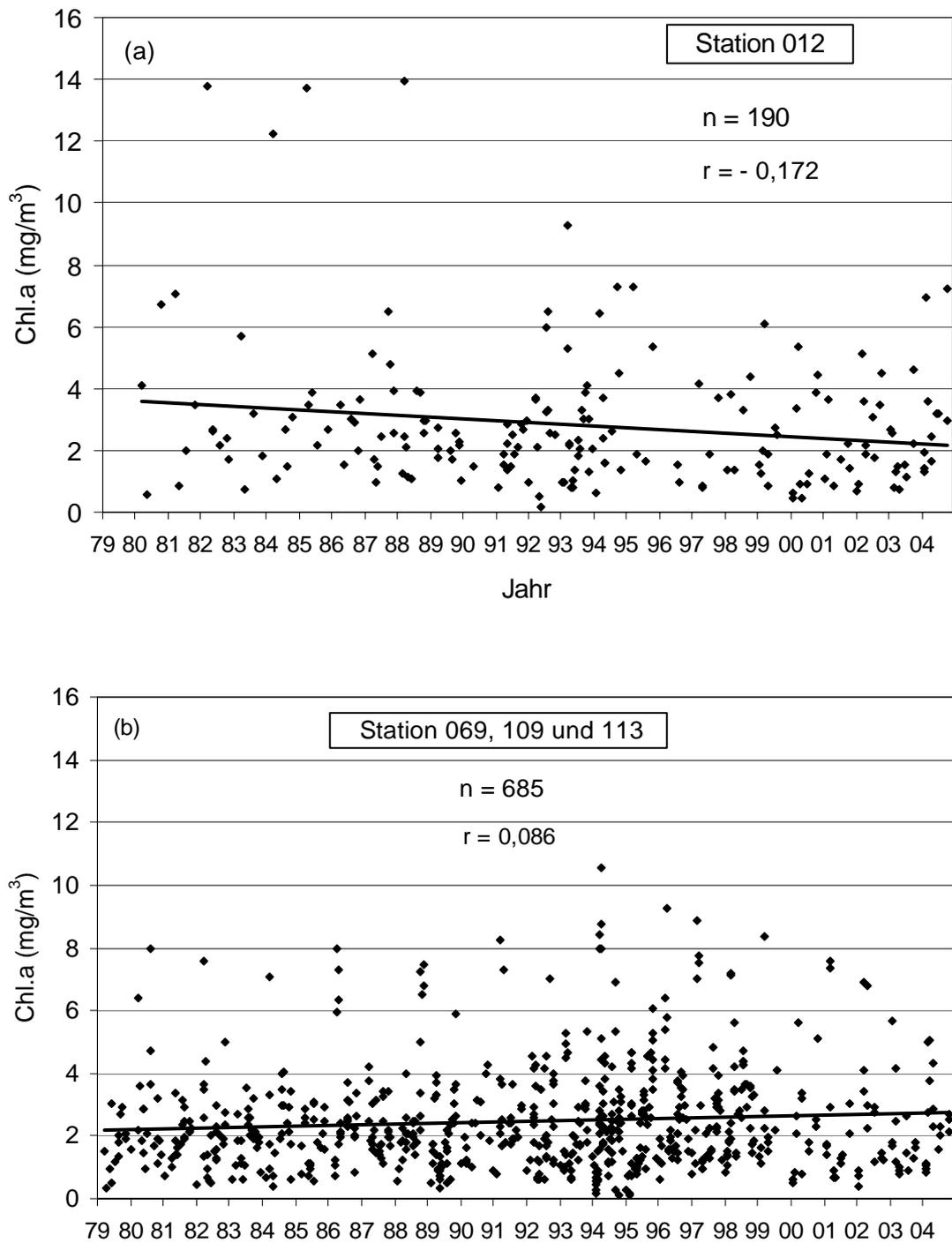


Abb. 15

Trend 1979-2004 der Chlorophyll *a* –Konzentration (Mittelwerte aus 0-10 m Wassertiefe) in (a) der Mecklenburger Bucht und (b) der Arkonasee

Fig. 15

Trend 1979-2004 of the chlorophyll *a* concentration (mean of 0-10 m depth) in (a) Mecklenburg Bight and (b) Arkona Sea

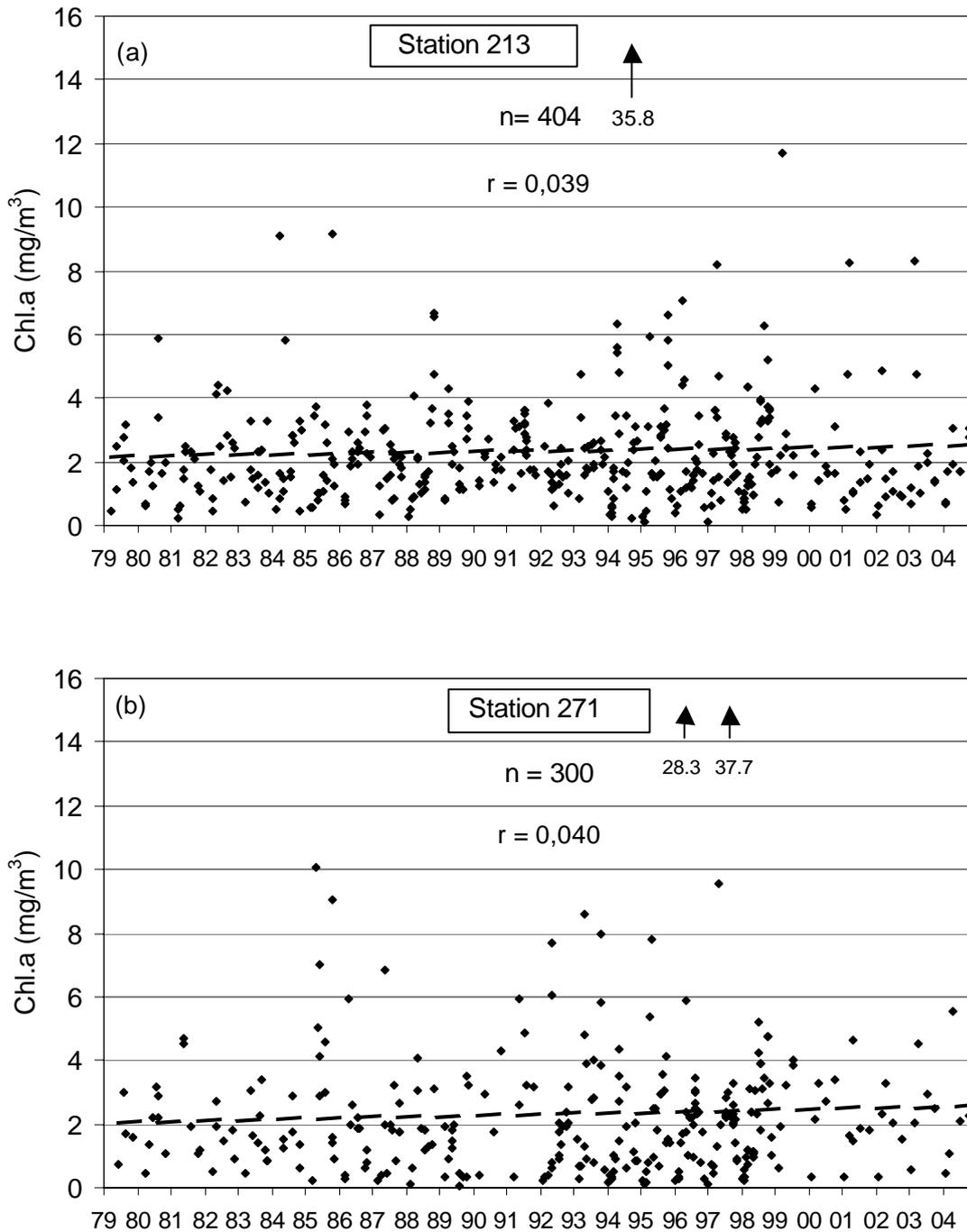


Abb. 16

Trend 1979-2004 der Chlorophyll *a*-Konzentration (Mittelwerte aus 0-10 m Wassertiefe) in (a) der Bornholmsee und (b) der östlichen Gotlandsee

Fig. 16

Trend 1979-2004 of the chlorophyll *a* concentration (mean of 0-10 m depth) in (a) Bornholm Sea and (b) eastern Gotland Sea

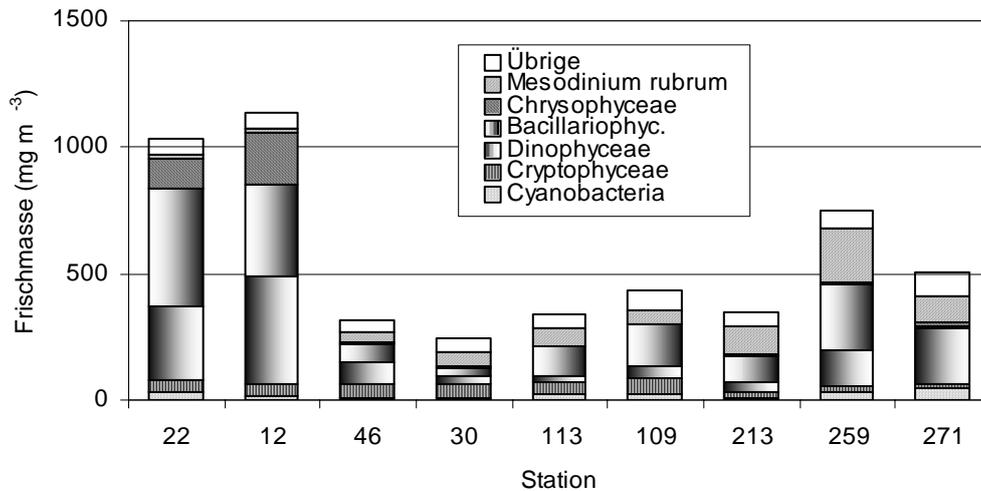


Abb. 17

Biomasseverteilung (Jahresmittel 2004, errechnet aus Saisonmitteln) der wichtigsten Phytoplankton-Klassen entlang eines Längsschnittes durch die Ostsee.

Fig. 17

Biomass (annual mean 2004, calculated from seasonal means) of the most important phytoplankton classes along a transect through the Baltic.

In Abb. 18 sind die Biomassen der 4-5 wichtigsten Arten jeder Saison auf diesem Längsschnitt dargestellt. Sie zeigen vom Grundsatz her die gleiche, hauptsächlich vom Salzgehalt bestimmte Verteilung wie im Vorjahr (WASMUND et al. 2004). *Skeletonema costatum* war im Frühjahr 2004 und *Dactyliosolen fragilissimus* im Sommer 2004 schwächer als sonst entwickelt. Dafür waren aber *Cerataulina pelagica* im Sommer in der Mecklenburger Bucht und *Coscinodiscus granii* im Herbst an Station 259 stark vertreten.

Wir haben in manchen Berichten (z. B. WASMUND et al. 2004) bereits die Frage diskutiert, wo man die biologische Grenze zwischen Beltsee und Arkonasee ziehen könnte. So zeigte beispielsweise im Jahre 2001 die Sommer-Blüte von *Dactyliosolen fragilissimus* ihre Verbreitungsgrenze zwischen den Stationen 030 und 113 (WASMUND et al. 2002). Im Jahre 2002 war *Dactyliosolen fragilissimus* an Station 046 und *Coscinodiscus granii* an Station 012 noch stark vertreten, im Jahre 2003 aber nicht mehr. Im Jahre 2004 finden wir eine deutliche Grenze zwischen den Stationen 012 und 046. Selbstverständlich ist gerade in der Mecklenburger Bucht und der Arkonasee die Phytoplankton-Verteilung stark von der Strömungssituation abhängig. Die Grenze zwischen diesen beiden Seegebieten ist vom Standpunkt der Artenzusammensetzung des Planktons also fließend. Im Mittel kann man die biologische Grenze an der Darßer Schwelle finden, wie bereits von KELL (1973) vorgeschlagen. Das wird gestützt durch benthische Organismen, die keiner Verdriftung unterliegen. Schon vor 7800 Jahren war die Darßer Schwelle eine biologische Grenze (WITKOWSKI et al. 2005).

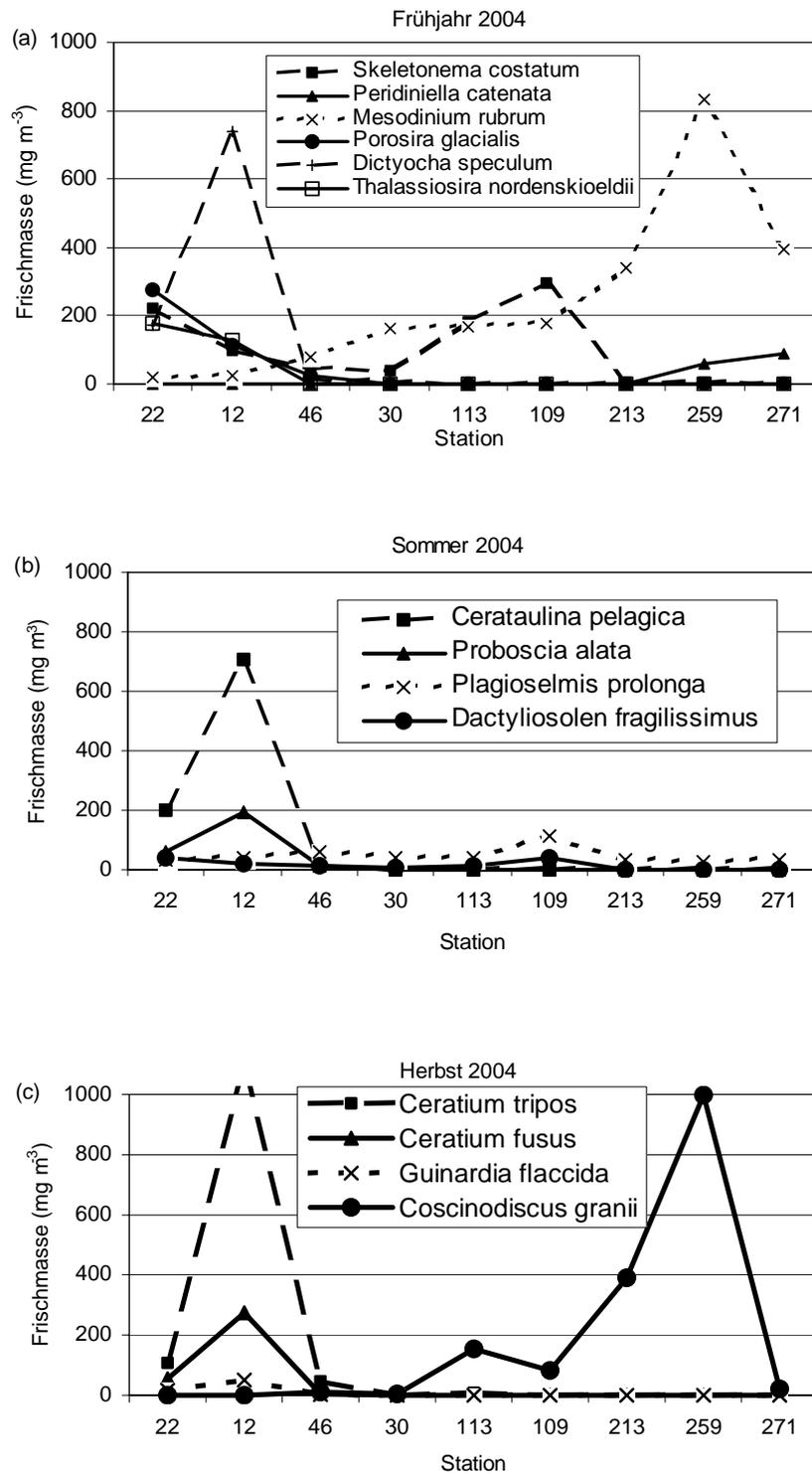


Abb. 18

Biomasseverteilung ausgewählter Arten entlang eines Längsschnittes durch die Ostsee im Februar-Mai (a), Juni-September (b) und Oktober-Dezember (c) 2004.

Fig. 18

Biomass of selected species along a transect through the Baltic Sea in February-May (a), June-September (b) and October-December (c) 2004.

4.2 Mesozooplankton

4.2.1 Jahreszeitliche Präsenz und mehrjähriger Vergleich

2004 waren von insgesamt 35 berücksichtigten Taxa maximal 29 auf einer Terminfahrt nachzuweisen, zwei weniger als im Vorjahr (Tab. 2, Seite 9). 16 Taxa wurden ganzjährig registriert. Die langjährige mittlere Anzahl betrug 22. Die negativen Abweichungen (Tab. 2, unterste Zeile, hellgrau) lagen meist in der ersten, die positiven (unterste Zeile dunkelgrau) in der zweiten Jahreshälfte.

Diese jahreszeitliche Wichtung ist hauptsächlich ein Ergebnis der Jahresganges in der Planktonentwicklung. So traten *Oikopleura dioica* (Appendicularia), *Evadne nordmanni* und *Podon* spp. (Cladocera, Onychopoda) wie gewöhnlich nach der Frühjahrsblüte auf. Zu den regelmäßig im Sommer und Herbst erscheinenden Arten gehören die Warmwasservertreter *Acartia tonsa* und die Cladocera, besonders die zu den Anomopoda gehörenden *Bosmina* spp. sowie die Rotatoria der Gattung *Keratella*. Hinzu kommen dann sporadisch auftretende Nordseevertreter als Zeichen der höheren Wahrscheinlichkeit von Salzwassereintrüben im Herbst und Winter (MATTHÄUS und SCHINKE 1998).

4.2.2 Nachwirkung der Salzwassereintrüben von 2002 / 2003

Die mit dem Salzwassereintrüben 2002/2003 einhergegangenen Veränderungen, wie höhere Artenvielfalt und verstärkter Anteil von Taxa mit marinem Ursprung (WASMUND et al. 2004), waren 2004 bereits wieder leicht im Abklingen begriffen. So war *Paracalanus parvus* nicht auf allen Terminen, zu denen die Art im Vorjahr vorhanden war, nachzuweisen (Tab. 8). Auch blieb die seit 2003 auf allen Terminfahrten nachgewiesene Präsenz der in der Nordsee heimischen Turbellarienart *Alaurina composita* nicht durchgehend erhalten. Der Ausfall betraf die Februarfahrt 2004. Diese jahreszeitliche Einschränkung wurde auch von einer Rückläufigkeit in der maximal zu verzeichnenden Abundanz dieser Strudelwürmer begleitet (10 300 → 3 500 Ind./m³).

In diesen Zusammenhang lässt sich auch der Rückgang in der maximal beobachteten Abundanz der meroplanktischen Larven, besonders von Gastropoden- und Polychaeten-Larven einordnen. Bivalvia-Larven waren davon weniger betroffen (Tab. 8). Andererseits trat der 2002 und 2003 sporadisch vorhandene marine Vertreter, die Anthomeduse *Euphysa aurata*, im Jahre 2004 ganzjährig auf, vermutlich die Folge einer autochthonen Polypengeneration. Im Februar war *E. aurata* sogar mit bis zu 10 Exemplaren pro Kubikmeter im Bornholmbecken und der südlichen Gotlandsee zu finden. Im Mai wurden vereinzelte Exemplare im Tiefenwasser östlich von Gotland nachgewiesen.

Einem weiteren Indikator für salzreiches Tiefenwasser in der Gotlandsee, der Abundanz des euryhalinen cyclopoiden Copepoden *Oithona similis* zufolge, zeigte der Salzwassereinstrom von 2003 hier noch Wirkung. Unterhalb der Salzgehaltssprungschicht waren sowohl 2003 als auch 2004 die höchsten Abundanzen seit 1979 nachzuweisen (Abb. 19). Das Ergebnis deckt sich mit den bekannten Ausbreitungsgeschwindigkeiten des salzreichen Tiefenwassers von Monaten bis zu über einem Jahr (MATTHÄUS 1995).

4.2.3 Nahrungsnetz und Eutrophierungsgrad

Der mehrjährige Vergleich von Abundanz- und Dominanz-Verhältnissen der ökologisch relevanten Gruppen indizieren Veränderungen im Nahrungsnetz und im Eutrophierungsgrad. So mag zum Beispiel die positive Rotatorien-Entwicklung etwas über die Stärke der abklingenden Frühjahrsblüte aussagen, die Bosminen-Entwicklung (Cladocera) korreliert mit warmen Sommern und die *Pseudocalanus* spp.-Menge ist in der zentralen Ostsee neben dem Salz- und Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers auch von der Nutzung im Nahrungsnetz abhängig. Der Trend in der Gesamtabundanz gibt Auskunft über die Tendenz in der Trophie der Ostsee.

Im Jahre 2004 wurde der Zuwachs in der Abundanz der Rotatorien von einer deutlich erhöhten Tintinniden-Konzentration begleitet (Abb. 20). Auch der Bestand an den gleichfalls das Nannoplankton nutzenden Appendikularien überstieg 2004 im Mittel den von 2003. Daraus lässt sich auf eine im Vergleich zum Vorjahr gleich große, wenn nicht höhere Bedeutung des mikrobiellen Nahrungsnetzes schließen (s. WASMUND et al. 2004, ARNDT 1993). Die Summe der beobachteten maximalen Abundanz aller einbezogenen Taxa schrumpfte zum zweitniedrigsten Wert in den letzten 6 Jahren (Tab. 9). Im Vergleichs zu 1991-1995 wurden nur 44% der damaligen Konzentration erreicht. So blieb die maximal erzielte *Pseudocalanus* spp.-Abundanz, einer wichtigen Nahrungskomponente der adulten Heringe in der zentralen Ostsee, unter den Erwartungen, die sich aus der von Salinität und Sauerstoff abhängigen Stärke der Habitatschicht abschätzen lassen (s. „Zooplankton Indicator Fact Sheet 2005“, www.helcom.fi).

4.2.4 Räuberische neue Art, ungeeigneter Messtermin – auf jeden Fall zu kühler Juli

Als das auffälligste Ereignis im „Zooplankton-Jahr 2004“ der Ostsee ist die niedrige Abundanz der Cladoceren, d.h. von *Bosmina* spp., einzuschätzen (Tab. 9). Wie im Jahre 2000 fällt diese Besonderheit mit einer relativ geringen Sommertemperatur zusammen. Die maximal erreichte Temperatur lag in der Gotlandsee mit 16° C noch ein Grad unter der des kühlen 2000er Sommers. Die Abundanz blieb dabei fast zehnfach unter der vom Jahre 2000. Hier dürfte jedoch die bereits beobachtete, gegenläufige Entwicklung der Abundanz der herbivoren *Bosmina* – Art und des aus dem ponto-kaspischen Bereich eingeschleppten und sich karnivor ernährenden *Cercopagis pengoi* mit verantwortlich sein. Dieses Resultat aus den Jahren 2002 und 2003 wurde nicht mit der herkömmlichen Netzbeprobung sondern mit einer Sedimentfalle in der östlichen Gotlandsee erzielt (Abb. 21). Allerdings ist im Moment noch nicht auszuschließen, dass auch der frühe Beprobungstermin im Juli zu diesem Ergebnis geführt haben kann, denn im August stiegen die Temperaturen in den für die Bosminen notwendigen Bereich (NAUSCH et al. 2005). Das wird sich nach baldiger Auszählung der nicht zum Programm gehörigen Sedimentfallenproben klären lassen. Auffälligerweise fehlten im Jahre 2004 auch *Acartia tonsa*, *Keratella* spp., *Podon* spp. und *Oikopleura dioica* im Juli (Tab. 8), ein Hinweis auf einen zu kalten Juli 2004. Die calanoiden Copepoden bleiben in ihrer maximalen Gesamt-Abundanz von Jahr zu Jahr fast unverändert bei ca. 30.000 Ind./m³. Hervorzuheben ist 2004 die Dominanz von *Centropages hamatus* (Tab. 10), deren Reproduktionsoptimum um 12-13 °C liegt. Die geringsten Maximalabundanzen waren bei *Acartia tonsa*, einer Gruppe des hochsommerlichen Planktons aus den wärmen Küstengebieten des Nordatlantiks und bei *Eurytemora affinis* zu verzeichnen, einer Art die sich erst oberhalb von 16 °C verstärkt reproduziert. Hier hat sich, ähnlich wie bei *Bosmina* spp. der kühlere Juli nachteilig ausgewirkt.

Tab. 8

Jahreszeitliche Präsenz der zwischen 1999 und 2004, von Kieler Bucht bis in die mittlere Gotlandsee identifizierten taxonomischen Gruppen des Mesozooplanktons (L = Larven). Schwach grau markiert sind Taxa in den Monaten, in denen sie in allen Vergleichszeiträumen anzutreffen waren. Die beiden untersten Zeilen enthalten die Summe der Taxa pro Messtermin bzw. die aktuelle Abweichung 22, dem langjährigen Mittel.

Table 8

Seasonal presence of mesozooplankton taxa from Kiel Bight to central Gotland Sea between 1999 and 2004 (L = larvae). Areas are hatched in light grey when taxa occurred in all years of observation at the certain months. The two lower panels include the total of taxa and the actual deviation from the long-term mean of 22 taxa respectively.

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	1999	2000	2001	2002	2003	2004	1999	2000	2001	2002	2003	2004	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004						
	Februar						März						Mai						Juli, / August						Okt. / Nov.										
Protozoa																																			
Tintinnoidea	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Noctiluca scintillans</i>																																			
Cnidaria																																			
<i>Euphysa aurata</i>																																			
Ctenophora																																			
<i>Pleurobrachia pilaeus</i>																																			
Calanoida																																			
<i>Acartia bifilosa</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Acartia longiremis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Centropages hamatus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Eurytemora affinis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Pseudocalanus spp.</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Temora longicornis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Acartia tonsa</i>	x	x											x					x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>Paracalanus parvus</i>	x									x		x										x		x				x		x					
<i>Limnocalanus macrurus</i>	x															x																			
<i>Calanus finmarchicus</i>				x																															

Cyclopoida																													
<i>Oithona similis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
<i>Cyclops</i> spp.	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x					x	x			x	x	x	x					
Harpacticoida																													
Harpacticoida	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Cladocera																													
<i>Evadne nordmanni</i>	x		x				x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
<i>Podon</i> spp.		x	x					x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x						
<i>Bosmina</i> spp.		x		x		x		x			x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
<i>Daphnia</i> spp.						x																		x					
Rotatoria																													
<i>Synchaeta</i> spp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
<i>Keratella</i> spp.	x			x		x		x		x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x					
Appendicularia																													
<i>Fritillaria borealis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x					
<i>Oikopleura dioica</i>																	x	x	x			x	x	x					
Turbellaria																													
<i>Alaurina composita</i>		x	x	x	x			x			x	x	x	x		x	x	x			x	x	x	x					
Chaetognatha																													
<i>Parasagitta</i> spp.	x	x	x	x	x		x										x				x	x	x	x					
Meroplanktische Larven																													
Bivalvia - L	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Polychaeta - L	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
<i>Balanus improvisus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Gastropoda - L	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Gymnolaemata - L	x	x	x	x	x	x			x		x	x			x		x	x			x	x	x	x					
Echinodermata - L																								x					
Decapoda - L																								x					
Mysidacea																								x					
Gesamt /Total	23	22	21	22	19	20	17	21	18	19	23	21	20	19	20	17	19	24	21	22	21	24	25	25	22	25	28	30	29
Abweichung von / Deviation from 22	1	0	-1	0	-3	-2	-5	-1	-4	-3	1	-1	-2	-3	-2	-5	-3	2	-1	0	-1	2	3	3	0	3	6	8	7

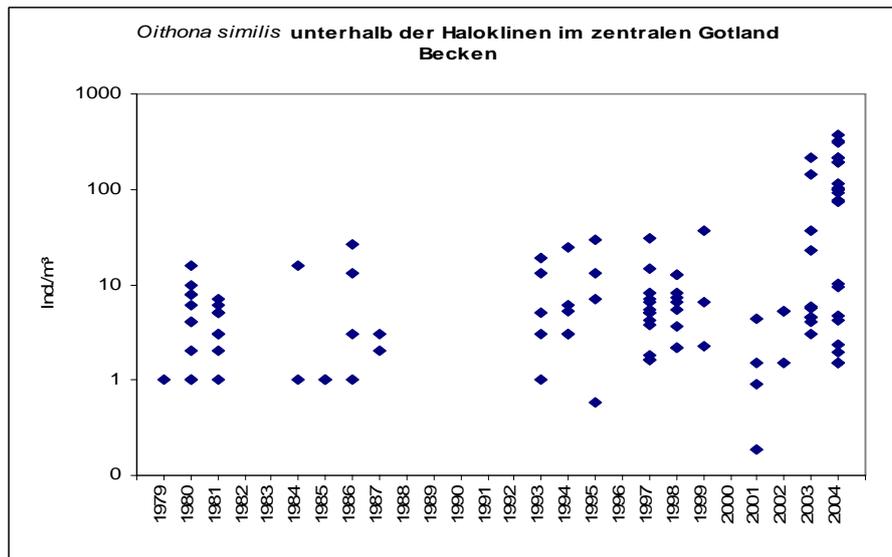


Abb. 19

Oithona similis - Abundanz unterhalb der Haloklinen des zentralen Gotland Beckens zwischen 1979 und 2004 als Indikator für biotische bzw. abiotische Phasen im Tiefenwasser

Fig. 19

Oithona similis abundance below the halocline as an indication of the shift between abiotic and abiotic phases in deep water of the central Gotland Basin between 1979 and 2004

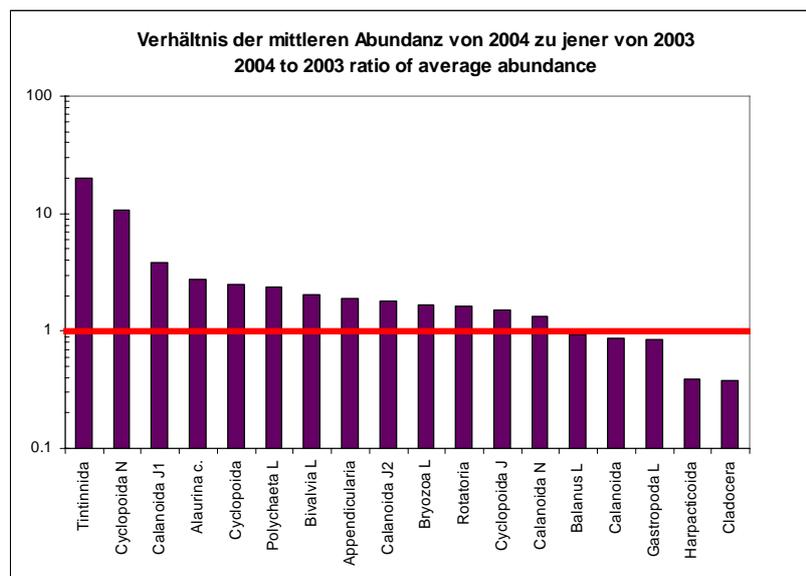


Abb. 20

Verhältnis der mittleren Abundanz von 2004 zu jener von 2003 der zwischen Kieler Bucht und östlicher Gotlandsee im Jahre 2004 vertretenen taxonomischen Gruppen und Entwicklungsstadien (N = Nauplia, J1 = Copepoditstadium 1-3, J2 = Copepoditstadium 4 – 5, L = Larven), unabhängig vom Tiefenniveau (> bzw. < 1 bedeuten Zunahme bzw. Abnahme in 2004 gegenüber dem Vorjahr)

Fig. 20

Ratio between the average abundance of 2004 and 2003 of the taxonomic groups, partly separated into developmental stages (N = nauplia, J1= copepodite stages 1 - 3, J2 = copepodite stages 4 – 5, L = larvae), of all stations from Kiel Bight to the eastern Gotland Sea independent on depth (> and <1 means increase or decrease in 2004 in comparison to 2003 respectively)

Tab. 9

Maximale Abundanz der fünf holo- und drei meroplanktischen Gruppen in allen im Jahre 2004 gewonnenen Proben im Vergleich mit der Rangordnung aus den Jahren 1991-95 und den Ergebnissen von 1999 bis 2004 (Maxima innerhalb der Taxa fett gedruckt). Die vorletzte Zeile erlaubt den prozentualen Vergleich der Summe aller Werte zwischen 1999 und 2004 mit derjenigen des Vergleichszeitraumes von 1991–95

Table 9

Maximum abundances of five holo- and three meroplanktic groups of all samples collected during 2004, compared with the situation of the first decade of the nineties and with the results between 1999 and 2004 (maxima within the taxa in bold letters). The row before the last allows the relative comparison between the sum of all abundances per year with the reference period of 1991-95. The last one includes the temperature maximum per year in the central Gotland Sea

Taxa	Maximale Abundanz (Ind. /m ³)						
	1991 -1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<i>Rotatoria</i>	500 000	101 500	350 000	135 000	124 000	152 700	264 000
<i>Cladocera</i>	245 000	357 900	60 000	130 000	564 600	116 600	7 200
<i>Calanoida</i>	68 000	24 800	30 400	25 900	31 600	30 400	24 940
<i>Cyclopoida</i>	14 000	8 533	8 000	9 500	4 700	35 300	22 800
<i>Appendicularia</i>	8 000	4 700	3 500	12 000	13 800	8 300	8 900
<i>Polychaeta</i> - Larven	5 000	3 500	3 000	2 000	3 900	53 800	17600
<i>Bivalvia</i> - Larven	4 000	10 200	9 000	28 000	12 100	37 300	24500
<i>Gastropoda</i> - Larven	500	900	800	1 300	2 200	2 000	900
Summe	100 %	61 %	55 %	41 %	89 %	52 %	44 %
Max. Wassertemp., mittlere Gotlandsee		21°C	17°C	20°C	20°C	21°C	16°C

Tab. 10

Maximale Abundanz von sieben calanoiden Copepoden-Gattungen bzw. -Arten aus allen im Jahre 2004 gewonnenen Proben im Vergleich mit den Jahren 1995 und 2000-2003

Table 10

Maximum abundances of calanoid copepods of all samples collected during 2004 compared with 1995 and 2000-2003

Calanoide Copepoden	Maximale Abundanz					
	[Individuen / m ³]					
	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<i>Acartia tonsa</i>	11 000	2 000	2 000	3 400	2 100	340
<i>Acartia bifilosa</i>	6 500	4 100	9 100	10 900	8 700	2 000
<i>Acartia longiremis</i>	5 000	5 500	4 000	3 500	1 300	4 600
<i>Temora longicornis</i>	4 000	12 000	4 500	9 300	8 200	4 500
<i>Centropages hamatus</i>	1 500	3 000	1 600	2 000	6 200	12 000
<i>Pseudocalanus</i> spp.	1 000	3 600	3 300	1 200	3 300	1 100
<i>Eurytemora affinis</i>	100	200	1 400	1 300	600	400
Total	29 100	30 400	25 900	31 600	30 400	24 940

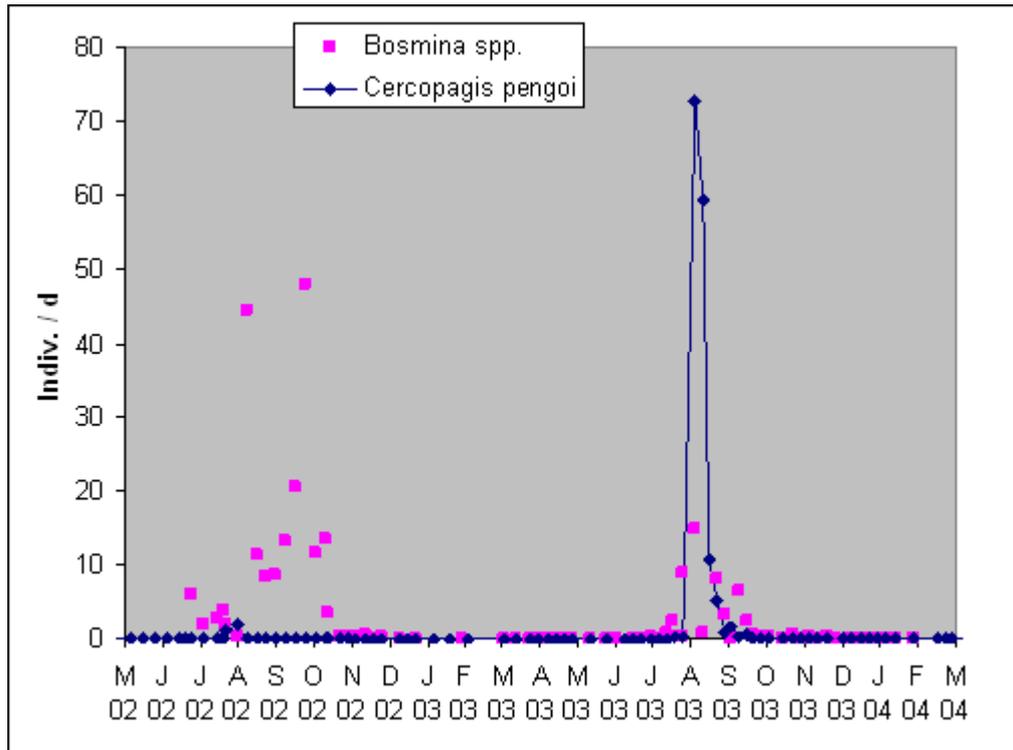


Abb. 21

Bosmina spp.- und *Cercopagis pengoi* – Individuen die zwischen 2002 und 2003 täglich im Gotlandtief bei 180 m Tiefe von einer Hydrobios-Sedimentfalle erfasst wurden

Fig. 21

Bosmina spp.- und *Cercopagis pengoi* - individuals which had been collected per day by a Hydrobios sediment trap at 180 m in Gotland Deep between 2002 and 2003

4.3 Makrozoobenthos

4.3.1 Ergebnisse

Im Oktober/November 2004 wurden an 7 Stationen je 3 Proben mit einem van-Veen-Greifer genommen und auf Makrozoobenthos untersucht. Zusätzlich kam an allen Stationen eine Dredge zum Einsatz, um die selteneren und vagilen Arten zu erfassen. An den gleichen Stationen wurde auch eine Unterwasser-Videokamera eingesetzt, um v. a. epibenthische Arten nachzuweisen sowie die Sediment- und Habitateigenschaften zu charakterisieren. Mit 107 war die Artenzahl im Vergleich zu den Jahren 1991 bis 2003 am höchsten (WASMUND et al. 2004) (Tab. 11, Abb. 22). Nach den verheerenden Bestandseinbußen und Artenrückgängen im Jahre 2002 hatte sich insbesondere die Fauna an den Stationen 010 (Fehmarnbelt) und 012 (Mecklenburger Bucht) deutlich erholt. Allerdings wurde auch eine Station mehr (Stat. 018) ausgewertet.

Tab. 11
Verbreitung des Makrozoobenthos an den 7 Stationen im Oktober 2004

Table 11
Distribution of macrozoobenthos at 7 stations in October 2004

Taxa	10	12	18	30	109	152	213
PORIFERA							
<i>Halichondria panicea</i>			X				
<i>Halisarca duiardini</i>	X		X				
<i>Leucosolenia</i> sp.	X						
CNIDARIA							
<i>Edwardsia danica</i>			X				
<i>Halitholus voldia-arcticae</i>		X					
<i>Hartlaubella aelatinosa</i>	X	X	X			X	
<i>Metridium senile</i>	X		X				
PRIAPULIDA							
<i>Halicrortus spinulosus</i>		X	X	X	X	X	
<i>Priapulus caudatus</i>	X				X	X	
NEMATHELMINTHES							
<i>Lineus ruber</i>	X			X			
<i>Malacobdella grossa</i>			X				
Nemertini indet.	X	X	X	X			
MOLLUSCA							
<i>Abra alba</i>	X	X	X		X		
<i>Arctica islandica</i>	X	X	X	X	X		
<i>Astarte borealis</i>			X	X	X		
<i>Astarte elliptica</i>			X				
<i>Cerastoderma alaucum</i>				X			
<i>Corbula aibba</i>	X	X	X				
<i>Facelina bostoniensis</i>	X		X				
<i>Hydrobia ulvae</i>				X		X	
<i>Macoma balthica</i>	X			X	X	X	
<i>Musculus marmoratus</i>		X					
<i>Mva arenaria</i>	X	X		X		X	
<i>Mvsella bidentata</i>	X	X	X	X			
<i>Mvtilus edulis</i>	X	X	X	X	X	X	
<i>Odostomia rissoides</i>				X			
<i>Parvicardium ovale</i>	X	X					
<i>Phaxas bellucidas</i>	X	X					
<i>Philine aperta</i>		X					
<i>Pusillina inconspicua</i>			X				
<i>Retusa obtusa</i>	X			X			
<i>Retusa truncatula</i>	X			X			
ANNELIDA							
Oligochaeta indet.		X					
<i>Tubifex costatus</i>				X		X	
<i>Tubificoides benedeni</i>				X		X	

<i>Ampharete acutifrons</i>			X				
<i>Ampharete baltica</i>	X	X	X	X			
<i>Arenicola marina</i>				X			
<i>Aricidea suecica</i>				X			
<i>Bvlaides sarsi</i>	X	X	X		X	X	
<i>Capitella capitata</i>	X		X				
<i>Eteone lonaa</i>	X		X				
<i>Euchone papillosa</i>	X	X	X				
<i>Harmothoe imbricata</i>	X	X					
<i>Harmothoe impar</i>	X						
<i>Heteromastus filiformis</i>	X	X		X			
<i>Laais koreni</i>	X	X	X	X			
<i>Lepidonotus sauamatus</i>	X	X					
<i>Nephtvs caeca</i>	X		X	X			
<i>Nephtvs ciliata</i>	X	X			X		
<i>Nephtvs homberaii</i>	X	X	X		X		X
<i>Nephtvs pente</i>	X						
<i>Nereimvra punctata</i>	X	X	X				
<i>Nicolea zostericola</i>	X						
<i>Paradoneis eliasoni</i>		X					
<i>Pherusa plumosa</i>	X	X					
<i>Pholoe assimilis</i>	X	X	X				
<i>Pholoe balthica</i>	X	X	X				
<i>Pholoe inornata</i>	X		X				
<i>Phyllodoce maculata</i>		X					
<i>Phyllodoce mucosa</i>	X	X	X				
<i>Polvdora ciliata</i>			X				
<i>Polvdora quadrilobata</i>		X	X	X			
<i>Prionospio steenstrupi</i>	X						
<i>Pseudopolvdora</i>		X					
<i>Pseudopolvdora pulchra</i>	X		X				
<i>Pvaospio elegans</i>				X		X	
<i>Scalibreama inflatum</i>	X	X					
<i>Scoloplos armiaer</i>	X	X	X	X			
<i>Spio aoniocephala</i>				X			
<i>Streptosyllis websteri</i>	X						
<i>Terebellides stroemi</i>	X		X		X		
<i>Travisia forbesii</i>				X			
<i>Trochochaeta</i>	X	X	X		X		
CRUSTACEA							
<i>Ambithoe rubricata</i>			X				
<i>Balanus crenatus</i>	X	X	X				
<i>Carcinus maenas</i>			X				
<i>Corophium crassicorne</i>				X			
<i>Corophium insidiosum</i>			X				
<i>Cranaon cranaon</i>	X		X	X	X	X	
<i>Diastylis rathkei</i>	X	X	X	X	X	X	
<i>Gammarus oceanicus</i>			X			X	
<i>Gammarus salinus</i>			X			X	

<i>Gammarus zaddachi</i>						X		
<i>Gastrosaccus spinifer</i>			X	X				
<i>Hvperia alba</i>	X					X		
<i>Idotea balthica</i>			X			X		
<i>Idotea chelipes</i>						X		
<i>Jaera albifrons</i>						X		
<i>Microdeutopus</i>			X					
<i>Mysis mixta</i>						X		
<i>Neomysis integer</i>	X			X	X	X		
<i>Phtisica marina</i>	X							
<i>Pontoporeia femorata</i>					X	X		
<i>Praunus flexuosus</i>						X		
<i>Praunus inermis</i>	X							
<i>Saduria entomon</i>						X		
BRYOZOA								
<i>Alcyonidium polvum</i>						X		
<i>Callonora lineata</i>			X					
<i>Electra crustulenta</i>	X		X			X		
<i>Electra pilosa</i>			X					
<i>Eucratea loricata</i>			X	X				
<i>Mucronella immersa</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							
Summe	107 Taxa	60	39	53	34	16	27	1
Abundanz (Ind./m²)	4362	1815	1798	1688	335	3440	3	
Biomasse (α AfTM/m²)	32.8	12.8	33.9	6.5	1.9	8.0	0.0	

An der Station 012 (Mecklenburger Bucht) wurden mit 39 Arten soviel Arten wie noch nie zuvor an dieser Station nachgewiesen (Abb. 23). Die Station zeigte sich nach dem Zusammenbruch im Jahre 2002 (7 Arten) deutlich erholt. Die Stationen 010 (Fehmarnbelt), 030 (Darßer Schwelle) und 109 (Arkonasee) zeigten mit 60, 34 bzw. 16 Arten mittlere bis hohe Biodiversität (Abb. 24). Allerdings lagen die Werte etwas niedriger als in den Untersuchungsjahren davor. Im Vergleich zu den Vorjahren konnten insgesamt 8 neue Arten für das Gebiet der Monitoringstationen nachgewiesen werden. Dazu gehörten die Schnecke (*Philine aperta*), die Polychaeten (*Nephtys pente*, *Nicolea zostericola*), die Krebse (*Idotea chelipes*, *Phtisica marina*, *Praunus flexuosus*, *Praunus inermis*) sowie das Moostierchen (*Mucronella immersa*).

Seit 1991 konnte in der Zusammenfassung aller 7 Stationen eine stetige Zunahme der Artenzahl bis 2001 beobachtet werden (Abb. 22, 24). Im Jahre 2002 kam es zu einem Zusammenbruch des Makrozoobenthos an den westlichen Stationen (Stn. 010, 012, 018). Die ansonsten durch besonders diverse Besiedlung gekennzeichneten Areale waren von Sauerstoffmangel betroffen. 2003 und 2004 kam es zu einer deutlichen Erholung (siehe oben). Insgesamt wurden bisher 164 Taxa nachgewiesen. Jedoch tauchen davon 30-40% nur gelegentlich auf (Abb. 25).

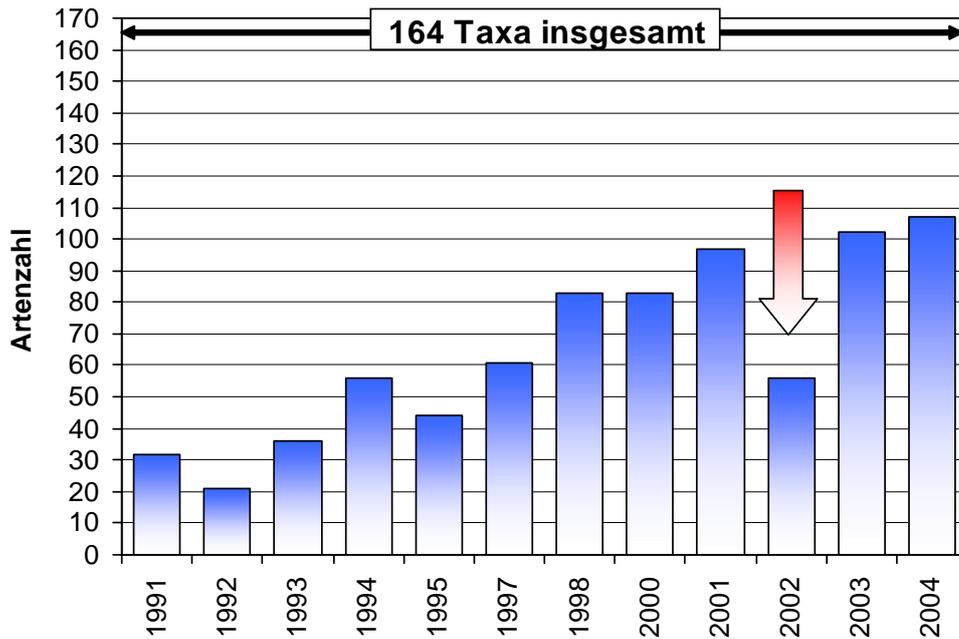


Abb. 22

Gesamtartenzahl der vorgefundenen Taxa an den Stationen 010, 012, 018, 030, 109, 152 und 213 von 1991 bis 2004 (1996 und 1999 keine Daten). Der Pfeil markiert den Sauerstoffmangel im Jahre 2002

Fig. 22

Number of observed taxa at station 010, 012, 018, 030, 109, 152 and 213 from 1991 to 2004, 1996 and 1999 no data. The arrow indicates the oxygen depression in 2002

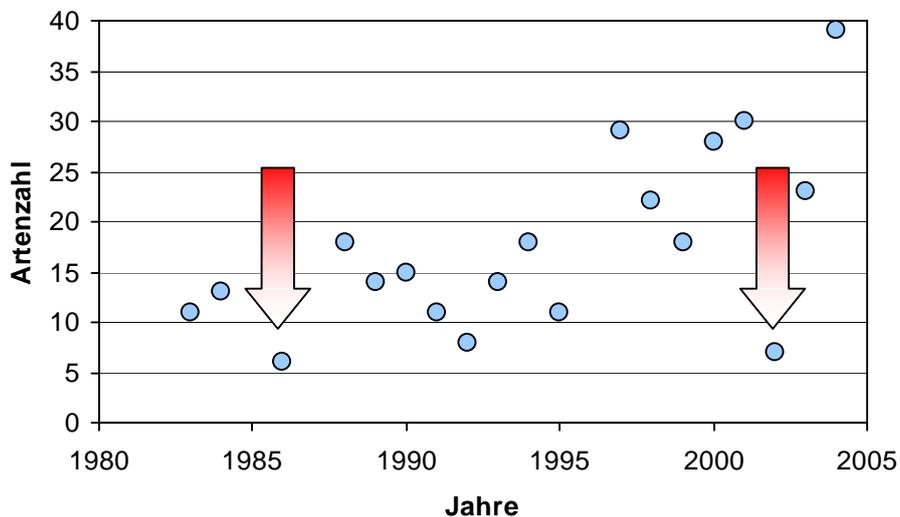


Abb. 23

Entwicklung der Artenzahl an der Station 012 (Mecklenburger Bucht) von 1983 bis 2004. Die Pfeile markieren Zusammenbrüche der Lebensgemeinschaft nach Sauerstoffmangel

Fig. 23

Development of the species number at station 012 (Mecklenburg Bight) from 1983 to 2004. The arrows indicate the oxygen depression events in 1986 and 2002

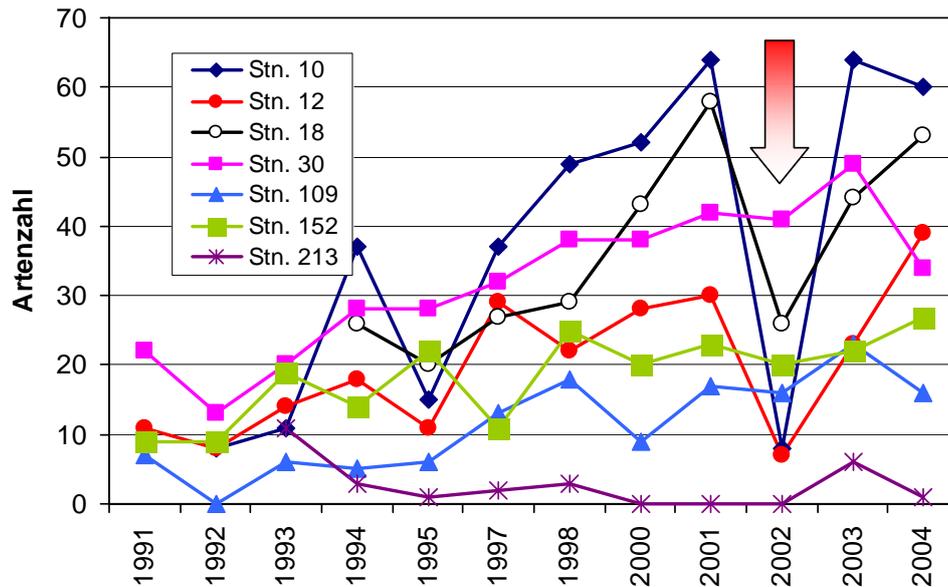


Abb. 24

Entwicklung der Artenzahlen an den einzelnen Stationen von 1991 bis 2004. Der Pfeil markiert den Sauerstoffmangel an den westlichen Stationen im Jahre 2002

Fig. 24

Development of the number of taxa at the different stations from 1991 to 2004. The arrow indicates the oxygen depression in the western part in 2002

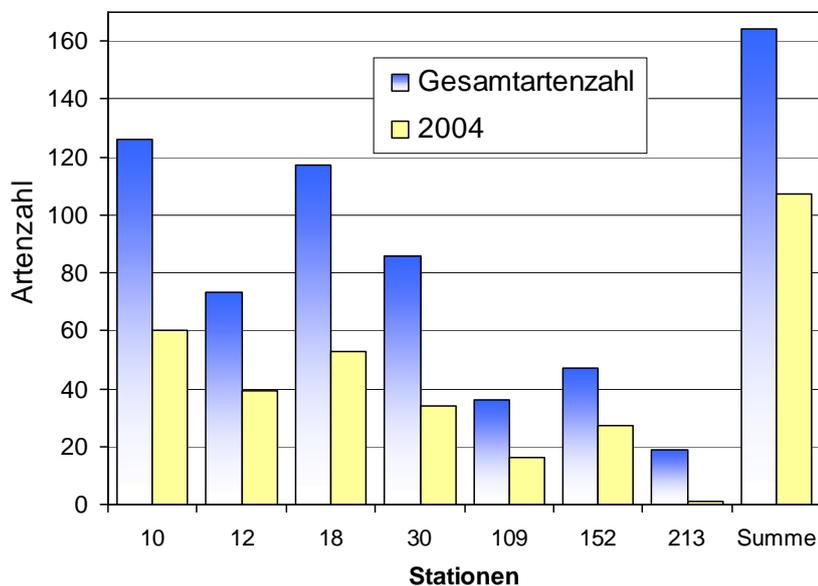


Abb. 25

Zusammenfassung der Artenzahl an den 7 untersuchten Stationen von 1991 bis 2004. Die 2004 beobachtete Artenzahl lag durchschnittlich bei 50 % des potentiellen Arteninventars (alle Taxa, die in dem genannten Zeitraum gefunden wurden)

Fig. 25

The number of taxa at 7 monitoring stations in 1991-2004. Approximate 50 % of the potential species number could be observed in 2004

Die Entwicklung der Artenzahl spiegelte sich auch bei der Betrachtung der Einzelstationen wider. In der Bornholmsee (Stn. 213) ist die Artenarmut auf temporäre bzw. dauerhafte Anoxie zurückzuführen. Hier wurden 2003 seit mehreren Jahren erstmals wieder Organismen gefunden (Abb. 24). Das rasante Auftauchen von Organismen, die Artenzunahme und die Wiederbesiedlung der defaunierten Areale der Bornholmsee gingen mit einem in diesem Zeitraum stattgefundenen Salzwassereinbruch einher, der gleichzeitig auch Sauerstoff ins Becken brachte. An der Station 213 (Bornholmsee) konnte 2004 nur noch 1 Art (*Nephtys hombergii*) nachgewiesen werden. Erneuter Sauerstoffmangel hat die Lebensgemeinschaft absterben lassen. Die wenigen Arten, die 2003 ein kurzes „Intermezzo spielen konnten“, sind komplett verschwunden.

Die Station 018 ist im Jahre 2004 erstmalig ins Monitoringprogramm aufgenommen worden. Allerdings liegen aus der Vergangenheit eine Reihe von Daten vor, da die Station bis zur politischen Wende als Monitoringstation beprobt wurde und sie in den letzten Jahren im Rahmen anderer Projekte ebenfalls untersucht wurde. Ähnlich wie die Stationen 010 und 012 wurde auch an der vor Kühlungsborn auf 20 m Wassertiefe liegenden Station 018 ein drastischer Artenzusammenbruch im Jahre 2002 beobachtet, der seine Ursache in der bis zu Küste von Mecklenburg-Vorpommern reichenden Sauerstoffmangelsituation zu suchen hat (Abb. 24).

Der seit einigen Jahren anhaltende Trend der Abundanzabnahme war an einigen Stationen anhaltend (Abb. 26). An den Stationen 109 (Arkonasee) und 030 (Darßer Schwelle) gingen die Werte auf 335 Ind./m² bzw. 1700 Ind./m² zurück. Die Stationen im Fehmarnbelt (010) und in der Mecklenburger Bucht (012, 018) zeigten nach 2002 deutliche Erholungsanzeichen, wie durch die Artenzunahme (siehe oben) und durch den Anstieg der Abundanz zu erkennen war. Die Station 010 erreichte mit über 4400 Ind./m² nach 2003 erneut wieder Dichten von über 4000 Ind./m² wie es bisher nur 1994 und 1997 der Fall war. An der Station 012 war die Abundanz im Vergleich mit dem Vorjahr erhöht und erreichte mit 1815 Ind./m² vergleichbare Werte vom Ende der 1990er Jahre, in denen zwischen 2000 und 4000 Ind./m² registriert wurden. Im Vergleich zu den letzten 3 Jahren zeigte sich die Station 152 (Pommernbucht) mit erhöhten Individuenzahlen und war mit über 3400 Ind./m² nach dem Fehmarnbelt die Station mit den höchsten Abundanzen.

Bei der Biomasse setzte sich der negative Trend der letzten 3 Jahre fort (Abb. 27). An mehr oder weniger allen Stationen nahm die Biomasse ab bzw. änderte sich nicht nennenswert. Nur an der Station 018 wurde ein leicht positiver Trend beobachtet. Mit über 33 g AfTM/m² wurde im Fehmarnbelt (Stn. 010) und vor Kühlungsborn (Stn. 018) im Vergleich mit den anderen Monitoringstationen wiederum die höchsten Werte (seit 2000 immer der Fall) gemessen. Insbesondere die Islandmuschel (*Arctica islandica*) zeigte die höchste Biomassedomianz. Die zweithöchste Biomasse (13 g/m²) wurden an der Station 012 in der Mecklenburger Bucht (ebenfalls *A. islandica* dominant), gefolgt von Station 152 (Pommernbucht) mit 8 g/m² und Station 030 (Darßer Schwelle) mit 6,5 g/m² gemessen. An diesen Stationen waren hauptsächlich *Macoma balthica* (Stn. 152) und *Astarte borealis* (Stn. 030) für die relativ hohen Werte verantwortlich. Mit 2 g/m² in der Arkonasee (Stn. 109) und 0,006 g/m² in der Bornholmsee (Stn. 213) waren die Biomassen relativ unbedeutend.

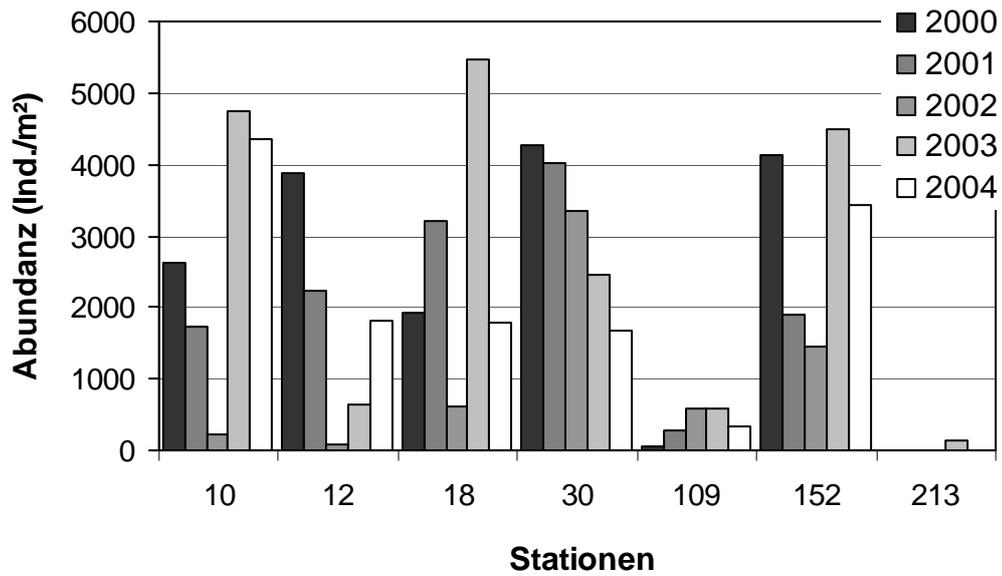


Abb. 26

Entwicklung der Makrozoobenthos-Gesamtabundanz (Ind./m²) an den Monitoringstationen in den letzten 5 Jahren

Fig. 26

Development of abundance of macrozoobenthos (ind./m²) at monitoring stations in the last 5 years

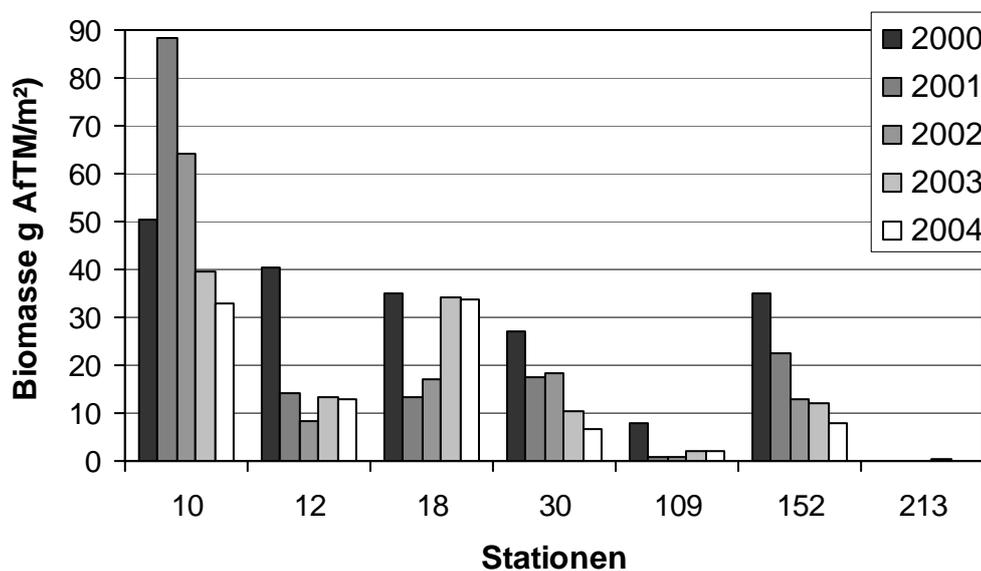


Abb. 27

Entwicklung der Makrozoobenthos-Gesamtbiomasse (AFTM in g/m²) an den Monitoringstationen in den letzten 5 Jahren

Fig. 27

Development of biomass of macrozoobenthos (AFDW in g/m²) at monitoring stations in the last 5 years

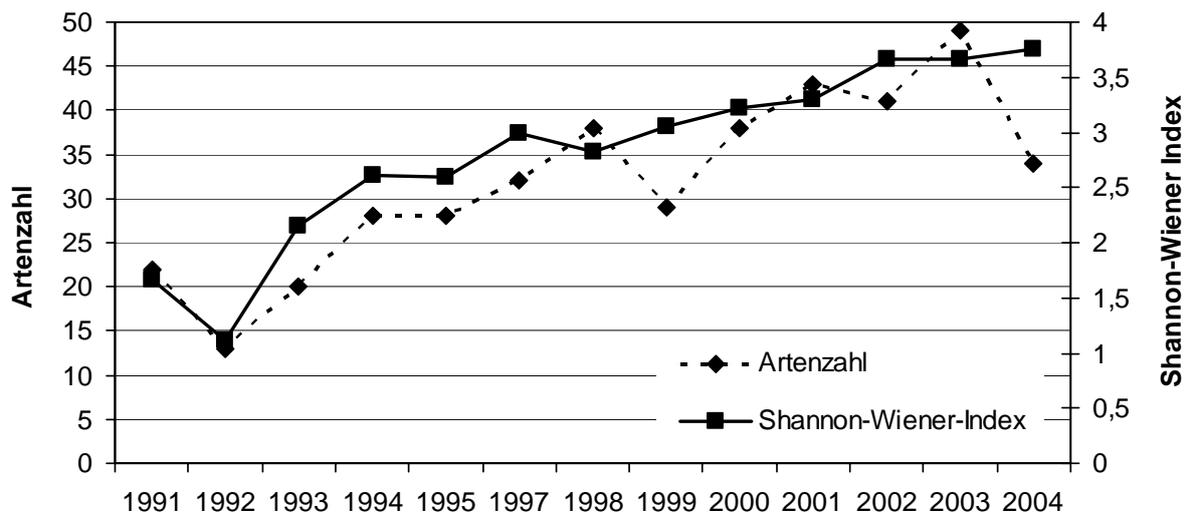


Abb. 28

Entwicklung der Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index an der Stn. 030 (Darßer Schwelle) von 1991 bis 2004

Fig. 28

Development of the species number and the Shannon-Wiener-index at stn. 030 (Darßer Schwelle) from 1991 to 2004

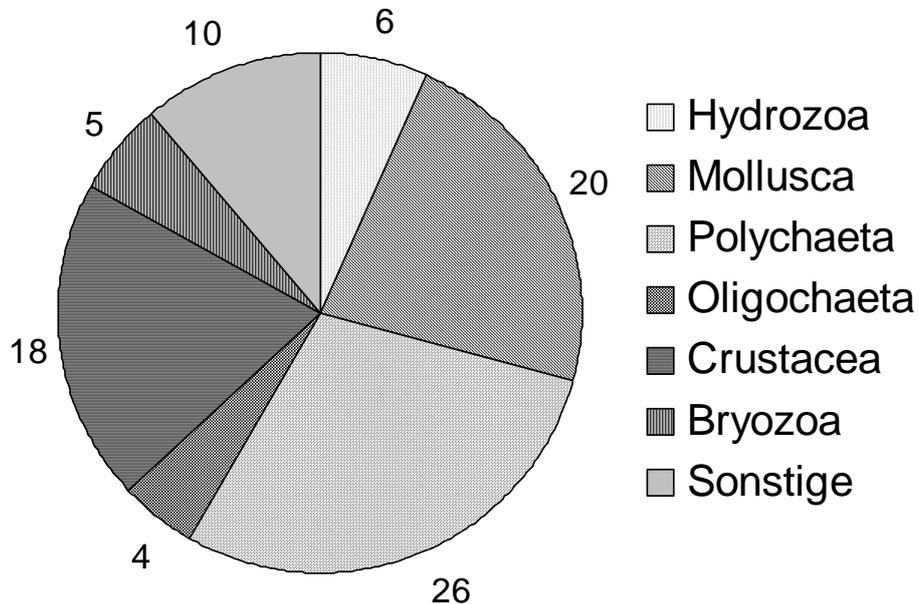


Abb. 29

Hauptgruppen und ihre Artenzahlen an der Stn. 030 (Darßer Schwelle) von 1991 bis 2004.

Fig. 29

Major groups and its species number at stn. 030 (Darßer Schwelle) from 1991 to 2004.

Ähnlich wie in den letzten Jahren wird nachfolgend eine der Monitoringstationen etwas ausführlicher dargestellt. Seit 1991 werden von der Monitoringstation 030 (Darßer Schwelle) Benthosdaten gewonnen. Mit kleinen „Unterbrechungen“ nahmen von Beginn an die Artenzahl und der Diversitätsindex stetig zu (Abb. 28). 2003 wurde mit 49 Arten die höchste je an dieser Station festgestellte Vielfalt nachgewiesen. Letztes Jahr (2004) fiel die Artenzahl allerdings auf 34 ab. Die Abundanzverteilung war ausgeglichener, weshalb der Shannon-Wiener-Index (dichteabhängig) mit 3,76 den höchsten je ermittelten Wert erreichte.

Wertet man alle Untersuchungsjahre von 1991 bis 2004 aus, so ergibt sich an der Stn. 030 eine Gesamtartenzahl von 89 (Abb. 29). Die Hauptgruppe wird durch die Polychaeten gebildet, die mit 26 Arten an dieser Station beobachtet wurden. Weiterhin wurden bisher 20 Mollusca- und 18 Crustacea-Arten nachgewiesen. Hydrozoen waren mit 6, Oligochaeten mit 4 und Bryozoen mit 5 Taxa vertreten. Die Sonstigen setzen sich aus Porifera (1), Priapulida (2), Nemertini (3), Hydracarina (1), Pycnogonida (1), Echinodermata (1) und Ascidiacea (1) zusammen.

4.3.2 Diskussion

Die drastischen Zusammenbrüche im Makrozoobenthos an den drei westlichen Stationen (Fehmarnbelt, Mecklenburger Bucht und vor Kühlungsborn), verursacht durch den anhaltenden Sauerstoffmangel im Jahre 2002, waren bereits nach einem Jahr weitestgehend durch Neubesiedlung und überlebende Organismen (v.a. große Muscheln wie z.B. *Arctica islandica*) ausgeglichen (s.a. WASMUND et al. 2004, WEBER et al. 2005). Die aus den Vorjahren bekannte hohe Biodiversität (ZETTLER et al. 2000) war weitgehend wieder hergestellt. Allerdings war eine deutliche Abnahme von langlebigen Organismen zu erkennen, die Populationen erst sukzessive durch Wiederbesiedlung und Abwachsen aufbauen können (WASMUND et al. 2004). Das betrifft vor allem längerlebige Arten, die sich bei Sauerstoffmangel nicht verschließen können (z. B. Würmer, Krebse) oder die langanhaltene Depressionen nicht abpuffern können (z. B. Kleine Pfeffermuschel *Abra alba*). Hingegen zeigen insbesondere die Islandmuscheln an den westlichen Stationen (nur hier können sie wegen ausreichendem Salzgehalt dauerhafte Populationen aufbauen) erstaunliche Konstanz in der Abundanz und Biomasse. Nur die Reproduktion bzw. Neubesiedlung schien durch die Sauerstoffmangelereignisse unterbrochen zu sein.

Im Fehmarnbelt waren im Jahre 2002 insbesondere die gegenüber Sauerstoffmangel empfindlichen Polychaeten drastisch zurückgegangen. Auch die Kleine Pfeffermuschel konnte den Sauerstoffmangel nicht überleben (Abb. 30). Bereits 1 bis 2 Jahre danach hat sich der Bestand von *Abra alba* deutlich erholt. Sie erreichte 55 % relative Abundanz und war damit dominant an der Station vertreten. Mit fast 2500 Ind./m² wurden die höchsten Individuendichten festgestellt. Die Bioasse war erwartungsgemäß noch niedrig, da die Jungtiere erst abwachsen müssen.

An der Station 012 (Mecklenburger Bucht) war die Erholung im Vergleich zum Vorjahr deutlich ausgeprägt. Die beobachtete Artenvielfalt und auch die erreichten Abundanzen und Biomassen weisen darauf hin, dass sich das Makrozoobenthos in der zentralen Mecklenburger Bucht erholt hat (siehe WASMUND et al. 2004). Am dominantesten waren die Kleine Pfeffermuschel *Abra alba* (170 Ind./m²), der Köcherwurm *Lagis koreni* (192 Ind./m²) und der Kumazeenkrebs *Diastylis rathkei* (890 Ind./m²) vertreten. Alle drei Arten konnten ihre Bestände in 2 Jahren von nahezu „Null“ auf weit über 100 Ind./m² anheben.

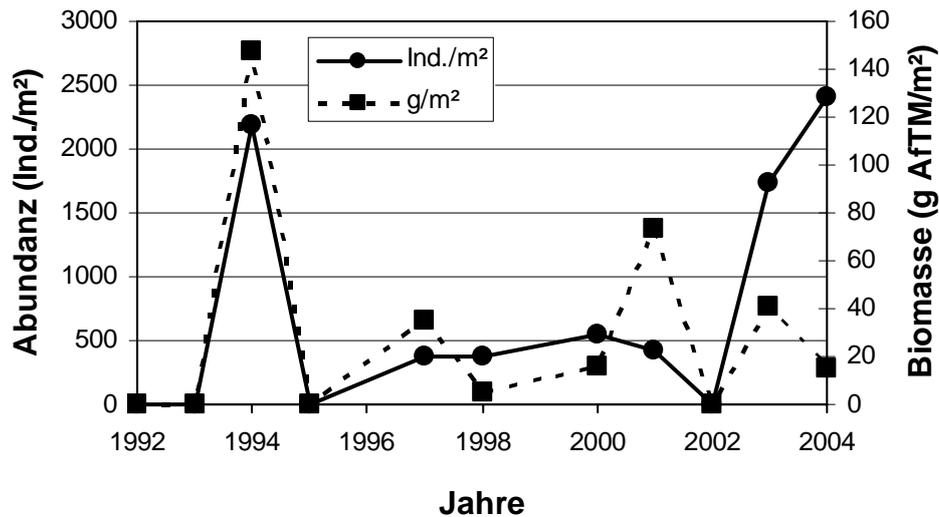


Abb. 30

Entwicklung der Kleinen Pfeffermuschel (*Abra alba*) an der Station 010 im Fehmarnbelt von 1992 bis 2004.

Fig. 30

Development of the bivalve *Abra alba* in Fehmarnbelt at stn. 010 from 1992 to 2004.

In einem begleitenden Projekt konnte gezeigt werden, dass die Islandmuscheln von der Station 012 weniger schwermetallbelastet waren als die aus der inneren Lübecker Bucht, wo eine aus den 1960er Jahren stammenden Altlast (Hüttenschlamm aus Lübeck wurde verklappt) die Sedimente und die Organismen immer noch belastet (LIEHR et al. 2005).

Die Station 018 vor Kühlungsborn gehört zu den artenreichsten Monitoringstationen. Auffällig war die hohe Anzahl an Islandmuscheln. Im Vergleich mit anderen Stationen in der Mecklenburger Bucht lag die Abundanz mit 150 Ind./m² und die Biomasse mit 31 g AfTM/m² relativ hoch (ZETTLER et al. 2001). Der Anteil an juvenilen Tiere überwog (Abb. 31). Das Fehlen der Größenklassen >10 und >15 mm deutet auf den Ausfall der Reproduktion vor etwa 2 Jahren hin, möglicherweise durch die Sauerstoffmangelperiode verursacht. Maximal wurden Schalenlängen von 47,5 mm gemessen.

Für die Darßer Schwelle (Stn. 030) ist der Trend bei der Artenvielfalt seit Jahren als positiv zu werten. Insbesondere filtrierende Arten erreichen hier enorme Abundanzen und Präsenzen. Allein die Sandklaffmuschel (*Mya arenaria*) übt einen erheblichen Einfluss auf den Wasser- und Stofftransport aus. Die potentielle Filtrationsrate von *M. arenaria* an der Stn. 030 lag in den letzten 10 Jahren zwischen 1 und 5 m³ pro m² und Tag (FORSTER und ZETTLER 2004). Die relikte Muschel *Astarte borealis* zeigt seit Jahren einen stabilen Bestand an dieser Station (ZETTLER 2002). Die Größenverteilung ist über die Jahre relativ ausgeglichen (Abb. 32). Die Reproduktion und damit Neubesiedlung durch Juvenile ist gewährleistet.

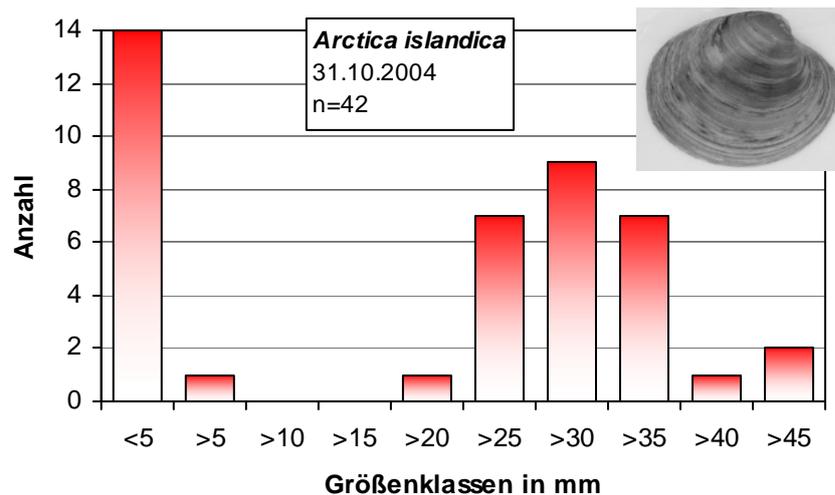


Abb. 31

Größenverteilung der Islandmuschel (*Arctica islandica*) an der Station 018 im Oktober 2004

Fig. 31

Size distribution of the ocean quahog (*Arctica islandica*) at stn. 018 in Oct 2004.

An der Station 109 (Arkonasee) bestehen seit einigen Jahren stabile Verhältnisse, was auf die regelmäßige Sauerstoffversorgung und die relativ hohen Salzgehalte zurückzuführen sein dürfte. Salzwassereinträge führten zu erhöhten Salinitäten im Tiefenwasser. Marine Arten erreichen hier ihre Verbreitungsgrenzen und können auf Grund der relativ hohen Salzgehalte noch überleben. Dazu gehören *Arctica islandica* und *Nephtys hombergii*. Das Vorkommen einiger Arten sind vermutlich auf Salzwassereinträge zurückzuführen, z. B. konnte erstmals *Abra alba* nachgewiesen werden. Die Kleine Pfeffermuschel wird jedoch mit Sicherheit nur als „Irrgast“ für kurze Zeit hier zu finden sein.

Die nördliche Pommernbucht (Stn. 152) ist ebenfalls als relativ stabil einzuschätzen. Allerdings zeigt sowohl die Gesamtabundanz als auch die Gesamtbiomasse leicht negative Trends. Seit den Maximalwerten Mitte der 1990er Jahre sind die Werte rückläufig. Bei der Abundanz liegt es hauptsächlich an *Pygospio elegans*, der in der Mitte der 1990er Jahre sehr hohe Dichten aufwies (WASMUND et al. 2004). Bei der Biomasse liegt es hauptsächlich an den abnehmenden Abundanzen und Biomassen von *Macoma balthica* und *Mytilus edulis*. Zusammen machen sie 82 bis 96 % der Gesamtbiomasse aus. Wodurch diese Muschelabnahmen begründet sind, kann nicht beantwortet werden. Spekulativ sind zunehmender Fraßdruck durch Tauchenten oder schlechtere Nahrungsbedingungen für die filtrierenden Muscheln denkbar.

Durch einen massiven Salzwassereintritt Anfang 2003 kam es in der Bornholmsee seit mehreren Jahren erstmals wieder zu einer Besiedlung makrozoobenthischer Organismen. Die festgestellten 6 Arten zeigten geringe Abundanzen. Die Vermutung von WASMUND et al. (2004), dass die Arten nach kurzer Zeit wieder verschwinden, hat sich bestätigt. Nur 1 Individuum von *Nephtys hombergii* konnte beobachtet werden. Die wiederholten Sauerstoffmangelsituationen lassen jedoch kein andauerndes makrozoobenthisches Leben in der Bornholmsee zu.

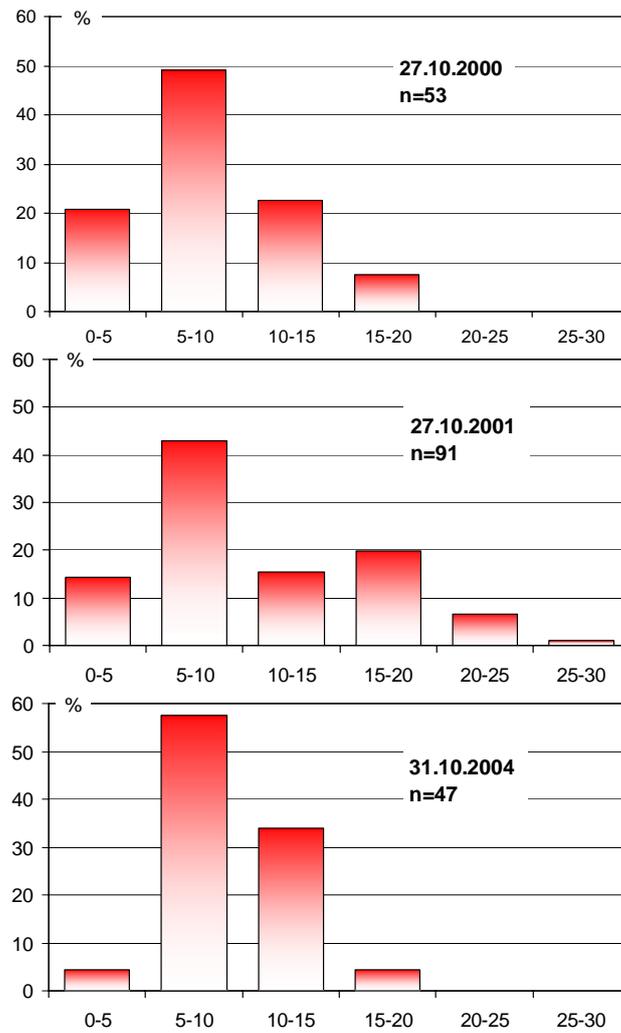


Abb. 32

Größenverteilung der Muschel *Astarte borealis* an der Station 030 in den Jahren 2000, 2001 und 2004.

Fig. 32

Size distribution of the bivalve *Astarte borealis* at stn. 030 in 2000, 2001 and 2004.

Zusammenfassung

Im Rahmen des HELCOM-Monitorings wurden Daten über die Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos des Jahres 2004 von der westlichen Ostsee bis in die östliche Gotlandsee (Abb. 1) gewonnen. Sie werden im Zusammenhang mit satelliten- sowie schiffsgebundenen physiko-chemischen Daten vorgestellt und diskutiert. Die Einbindung in die seit 1979 kontinuierlich weitergeführten Datenreihen soll Aussagen zu eventuellen Trends ermöglichen. Daten von Sinkstoff-Fallen des Jahres 2003 aus dem Gotlandbecken vervollständigen saisonale Angaben zur Phytoplanktondynamik. Die auf 5 regulären Terminfahrten basierende Datenreihe wird ergänzt durch Proben, die uns vom Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU) zur Verfügung gestellt wurden. Außerdem wurden Proben einbezogen, die während projektgebundener Forschungsreisen nach HELCOM-Vorschriften genommen wurden. Dadurch kommen wir auf bis zu 19 Probestermine pro Station (Tab. 1). Eine spezielle Probenstatistik zum Zooplankton wird in Tab. 2 gezeigt.

In der Mecklenburger Bucht und der westlichen Arkonasee, insbesondere an Stat. 046 und 030, deutet ein Rückgang der Nährstoff-Konzentrationen in den oberen 5 m vom 12.2. zum 22.2.2004 auf eine besonders frühe Phytoplankton-Entwicklung hin, wie sie bereits im Jahre 2003 gefunden wurde (Tab. 3). Allerdings konnte eine Biomasse-Zunahme, hauptsächlich von *Thalassiosira nordenskioeldii*, *Porosira glacialis* und *Skeletonema costatum*, erst im März gefunden werden (Abb. 3a-c). Es scheint also eine zur Zeit nicht zu erklärende Entkopplung zwischen Nährstoff-Abnahme und Phytoplankton-Wachstum zu geben. Während im Frühjahr 2003 die Silikat-Konzentration trotz Kieselalgenwachstums kaum abgenommen hatte, beobachteten wir im Jahre 2004 das umgekehrte Phänomen: früher Silikatverbrauch ohne paralleles Kieselalgenwachstum. Solche Diskrepanzen an einzelnen Stationen könnten in der sehr dynamischen westlichen Ostsee allerdings durch Transportprozesse oder zwischenzeitliche Nährstoff-Einträge aus Flüssen oder durch Auftrieb von Tiefenwasser verursacht sein.

Das Maximum der Frühjahrsblüte wurde in der zentralen Mecklenburger Bucht (Abb. 3a), Lübecker Bucht (Abb. 3b) und der Pommerschen Bucht (Abb. 4d) Mitte März, aber in der Kadettrinne (Abb. 3c) und der Arkonasee (Abb. 4a-c) erst Ende März gefunden. Die im Wasser und vom Satelliten gemessenen Chlorophyll a-Konzentrationen zeigten ebenfalls das Frühjahrsmaximum in der Mecklenburger Bucht (hier aber einschl. Kadettrinne) Mitte März und in der Arkonasee Ende März an (Tab. 6). In der zentralen Mecklenburger Bucht schloss sich im April-Mai an die Kieselalgenblüte eine starke Entwicklung der Chrysophyceen *Dictyocha speculum* an, begleitet von einer schwachen Entwicklung von Dinoflagellaten. In der östlichen Mecklenburger Bucht und in der Arkonasee war *Dictyocha speculum* seltener. Hier war *Mesodinium rubrum* von Februar bis Mai, abgesehen von der Zeit der Kieselalgenblüte, dominant. In der Bornholmsee und der östlichen Gotlandsee begann der Stickstoff-Rückgang im Wasser bereits im März (Tab. 3); das Maximum der Blüte (*Mesodinium rubrum*) wurde in der Bornholmsee Ende April erreicht (Abb. 5a). In der südlichen und östlichen Gotlandsee (Abb. 5 b, c) fand die Frühjahrsblüte bis Anfang Mai statt (*Mesodinium rubrum*, *Peridiniella catenata* und unbestimmte Dinoflagellaten). Die Verzögerung des Beginns der Frühjahrsblüte in östlicher Richtung entspricht den früheren Beobachtungen nach kalten Wintern. Interessant ist, dass die Frühjahrsblüte in der Bornholmsee im Jahre 2004 kaum Kieselalgen enthielt, nachdem sie vier Jahre in Folge von Kieselalgen (*Skeletonema costatum*)

dominiert wurde. Die Silikat-Abnahme von Mitte März bis Ende April 2004, insbesondere an Station 259, deutet aber auf eine nicht erkannte Kieselalgen-Entwicklung hin. Das Ende der Frühjahrsblüte wird in der eigentlichen Ostsee durch Stickstofflimitation bestimmt, in der Pommerschen Bucht allerdings durch Phosphor-Limitation. Im Sommer wird in der Pommerschen Bucht aber Stickstoff limitierend. Die N-Limitation führt hier eigenartigerweise aber nicht zur Entwicklung von Cyanobakterien. Insgesamt war die Cyanobakterienentwicklung im Jahre 2004 schwach. Das ist schon deshalb erstaunlich, da z.B. in der Bornholmsee im Sommer noch ausreichend Phosphat für eine Cyanobakterienblüte vorhanden gewesen wäre.

Bis zum 5./6.7.2004 hatte sich an den Stationen 012 und O22 eine Sommerblüte von *Cerataulina pelagica* und *Proboscia alata* gebildet. Auch der Dinoflagellat *Ceratium tripos* kam in der Mecklenburger Bucht wie jedes Jahr stark zur Entwicklung. In der Arkonasee wurde die in manchen Jahren gefundene sommerliche Kieselalgen-Entwicklung (z.B. *Dactyliosolen fragilissimus*) nicht gefunden. Die Bornholmsee war im Juni durch Dinoflagellaten und im Juli durch Cryptophyceen gekennzeichnet. Dagegen trat an Station 271, in geringerem Maße auch an Station 259, Mitte Juni 2004 eine Blüte von *Chrysochromulina* sp. und *Dinophysis norvegica* auf. Im Juli 2004 dominierten an Station 271 Dinoflagellaten (viele unbestimmte, *Heterocapsa rotundata*, *Dinophysis norvegica*).

Die Herbstblüte ist in der Mecklenburger Bucht im allgemeinen durch Koexistenz von Dinoflagellaten (*Ceratium* spp.) und Kieselalgen gekennzeichnet, wobei die Strömungssituation großen Einfluss hat. In der zentralen Mecklenburger Bucht zeigte sich am 30.10.04 eine Blüte von *Ceratium tripos* und *C. fusus*. Die noch im Sommer 2003 dominierende Kieselalge *Guinardia flaccida* war im Sommer 2004 unbedeutend, wurden aber im Herbst 2004 zur dominierenden Kieselalgenart. In östliche Richtung nimmt der Anteil von *Coscinodiscus granii* zu, während *Ceratium* spp. abnimmt (Abb. 18c). Die in der eigentlichen Ostsee für den Herbst typische Blüte von *Coscinodiscus granii* war nur in der Bornholmsee (Stat. 213) und der südöstlichen Gotlandsee (Stat. 259) entwickelt.

Die wichtigsten Phytoplanktonarten jeder Saison sind für jedes Seegebiet in Tabelle 4 zusammengestellt. Eine komplette Artenliste des Jahres 2004, einschl. eines saisonalen Indikators, findet sich in Tabelle 5.

Interessante Informationen zur Phytoplankton-Sukzession können auch aus der an Station 271 (Gotland-Tief) in 180 m Tiefe installierten Sinkstoff-Falle gewonnen werden. Wegen der langen Betriebsperioden und der aufwändigen Probenbearbeitung können jetzt aber nur die Daten des Jahres 2003 berichtet werden. Es traten drei qualitativ und quantitativ getrennte Sedimentationsperioden, die unterschiedlichen Antriebsprozessen für die pelagische Produktion zuzuordnen sind, auf.

Das Sedimentationsmaximum im Frühjahr (März/April) wurde wieder fast ausschließlich von Diatomeen gebildet, wobei wie im Vorjahr *Skeletonema costatum* und *Thalassiosira levanderi* einen Großteil der Biomasse stellten, als weitere dominante Arten aber *Chaetoceros* sp. und *Achnanthes taeniata* hinzukamen (Abb. 6a, 13). Wie schon in einigen Untersuchungsjahren verlagerte sich der Hauptexport von Silikat aber wieder in den Sommer, wo die Besiedlung von Cyanobakterien-Aggregaten durch die Diatomee *Nitzschia paleacea* zum erhöhten Fluss von

Silikat aus der Deckschicht führte (Abb. 6c, 7a). Diese Cyanobakterien (*Aphanizomenon* sp., *Nodularia spumigena*) dominierten auch die vertikalen Flüsse von Kohlenstoff (Abb. 7b), Stickstoff (Abb. 7c) und Phosphor (Abb. 10), die in diesem Jahr weit über dem langjährigen Durchschnitt lagen. Die Bedeutung dieser Stickstofffixierer wird durch die extrem niedrige isotopische Signatur des Stickstoffs in der Hauptsedimentationsphase im August unterstrichen (Abb. 9). Das spätherbstliche Sedimentationsmaximum war quantitativ weniger bedeutend als in den Vorjahren. Es wurde von einem Gemisch verschiedener Diatomeenarten ausgelöst.

Die Gesamtsumme für den jährlichen Vertikalfluss lag für die einzelnen Elemente bei 1,5 mol C, 168 mmol N (C/N=9,4), 197 mmol Si und 15 mmol P pro m² und Jahr. Der Massefluss betrug im Jahr 2003 387 g Trockenmaterial pro Jahr. Dieser extrem hohe Wert wird neben der Cyanobakteriensedimentation durch eine Phase hoher Raten im August bedingt (Abb. 8), deren niedriger organischer Gehalt auf eine zusätzliche Quelle hinweist, die für die hohen Gehalte an mineralischem Material und Phosphor (Fig. 10) verantwortlich ist. Diese wurde als Absinken von Manganoxiden und Eisenphosphaten identifiziert (Abb. 12, 14), die nach einem starken Tiefenwassereinstrom im Frühjahr durch die Oxidation aus vorher im anoxischen Bodenwasser gelösten Mangan- und Eisenverbindungen entstanden. Aber auch ohne diesen Eintrag liegt die Jahresmenge beim zweifachen des langjährigen Mittels und deutet auf erhöhte Mengen verfügbarer Nährsalze hin. Auch hier stellt vermutlich das durch den Einstrom in die Deckschicht gemischte nährsalzreiche Bodenwasser eine primäre Quelle.

Die jahreszeitliche Entwicklung der Chlorophyll a-Konzentrationen ist in Tab. 6 dargestellt. Ein Vergleich der Saisonmittelwerte der Chlorophyll a-Konzentration in der eigentlichen Ostsee mit den entsprechenden Werten der 4 vorangegangenen Jahre (Tab. 7) zeigt, dass die extrem frühe Frühjahrsblüte (z.T. schon im Februar) des Jahres 2003 eine Ausnahme geblieben ist.

Bei Nutzung aller zur Verfügung stehenden HELCOM-Daten seit 1979 ergibt sich nach wie vor für die Mecklenburger Bucht ein abfallender Trend (Abb. 15a) und für die Arkonasee ein ansteigender Trend der Chlorophyll a -Konzentrationen (Abb. 15b). Die tendenziellen Anstiege der Chlorophyll a -Konzentrationen in der Bornholmsee (Abb. 16a) und östlichen Gotlandsee (Abb. 16b) sind nicht signifikant für $p = 0.05$.

Die seit 1989 oder 1990 in der südlichen Ostsee beobachtete Tendenz eines Verdrängens der Kieselalgen durch Dinoflagellaten in der Frühjahrsblüte hatte sich ab dem Jahre 2000 umgekehrt. Die Frühjahrs-Kieselalgen hatten sich in der Bornholmsee, Arkonasee und in geringerem Maße auch in der südlichen Gotlandsee wieder stärker entwickelt, während die Dinoflagellaten zurückgegangen sind. Im Jahre 2004 waren allerdings in der Frühjahrsblüte der Bornholmsee und der Gotlandsee keine signifikanten Kieselalgen-Biomassen nachzuweisen.

Viele Arten zeigen typische Verbreitungsschwerpunkte, die sicher durch den Salzgehaltsgradienten bestimmt sind. Demnach scheint der Bereich der Darßer Schwelle oder die östliche Mecklenburger Bucht eine wichtige Verbreitungsgrenze zu sein, während sich die Artenzusammensetzung in der eigentlichen Ostsee weniger abrupt verändert (Abb. 17, 18).

Die Aussagen zum Mesozooplankton können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die mit dem Salzwassereinbrüchen 2002 / 2003 zu verzeichnenden Folgen im Zooplankton waren 2004 bereits wieder im Abklingen, mit Ausnahme der Situation im zentralen Gotlandbecken (Tab. 8).
- Die Bedeutung des mikrobiellen Nahrungsnetzes dürfte im Vergleich zum Vorjahr von ähnlichem, wenn nicht von größerem Gewicht gewesen sein.
- Die Summe der beobachteten maximalen Abundanz aller einbezogenen Taxa erreichte nur 44% der zwischen 1991 und 1995 erzielten Konzentration (Tab. 9). Die *Pseudocalanus* spp. Abundanz, einer wichtigen Nahrungskomponente der adulten Heringe in der zentralen Ostsee, blieb um den fünffachen Betrag unter den Erwartungen.
- Die Abnahme der Cladoceren (Tab. 9), d.h. von *Bosmina* spp., gilt als das dramatischste Ereignis im „Zooplankton-Jahr“ 2004 der Ostsee und ist vor allem dem zu kühlen Juli zu verdanken sowie (möglicherweise) auch dem Auftreten des carnivoren Wasserfloh *Cercopagis pengoi*. Ob der frühe Beprobungstermin (Juli anstelle von August) das Ergebnis beeinflusste, wird gegenwärtig geprüft.
- Die calanoiden Copepoden bleiben in ihrer maximalen Gesamt-Abundanz von Jahr zu Jahr fast unverändert bei ca. etwa 30.000 Ind./m³ (Tab. 9). Unter ihnen war *Centropages hamatus* am stärksten vertreten, der im Gegensatz zu *Acartia tonsa* und *Eurytemora affinis* vom kühleren Sommer profitierte (Tab. 10).
- Die gegenwärtige Netzbeprobung sollte zukünftig durch die Auswertung von Sedimentfallen und den Einsatz von akustischen Verfahren auf den Messstationen ergänzt werden, um „Abtastfehler“ bei kurzfristigen Massenentwicklungen von Cladoceren und Rotatorien auszuschließen (Abb. 21).

Im Makrozoobenthos konnte im Jahre 2004 im Vergleich zu den letzten Jahren mit insgesamt 107 Arten (Tab. 11) die bislang höchste Artenzahl an den 7 Monitoringstationen des IOW festgestellt werden (Abb. 22). Besonders hervorzuheben ist die sehr schnelle Erholung der durch die Sauerstoffmangelereignisse im Jahre 2002 gezeichneten Stationen der westlichen Ostsee (Fehmarnbelt, Mecklenburger Bucht und vor Kühlungsborn; Abb. 24). Die im Jahre 2003 nach 5 Jahren erstmalige Besiedlung der Bornholmsee war im Jahr 2004 quasi wieder erloschen (Abb. 24, 25). Nur 1 Individuum von *Nephtys hombergii* konnte nachgewiesen werden. Seit Beginn des Benthos-Monitorings im Jahre 1991 wurden für das Gebiet an den Stationen insgesamt 164 Taxa nachgewiesen (Abb. 25). Auf einige ausgewählte Arten wird näher eingegangen. Es wird die Abundanz- und Biomasseentwicklung bzw. die Populationsstruktur von den Muschelarten *Abra alba* (Abb. 30), *Arctica islandica* (Abb. 31) und *Astarte borealis* (Abb. 32) an 3 Stationen aufgezeigt.

Der negative Trend in der Entwicklung der Gesamt-Abundanz (Abb. 26) und -Biomasse (Abb. 27) setzte sich nur teilweise fort. Während die westlichen Stationen Zunahmen aufwiesen, wurden im Osten abnehmende Abundanzen und Biomassen registriert. Am Beispiel der Station 030 (Darßer Schwelle) werden die Langzeitentwicklungen der Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index seit 1991 dargestellt (Abb. 28). Seit dem Beginn der Untersuchung ist eine deutliche Diversifizierung zu beobachten.

Summary

In the frame of the HELCOM monitoring, data on species composition and biomass or abundance of phyto- and zooplankton as well as macrozoobenthos from the western part of the Baltic Sea to the Eastern Gotland Sea (Fig. 1) were gathered in 2004 together with physico-chemical data to continue the time series which exists since 1979. Data from sediment traps deployed in 2003 in the Gotland Basin give information on particle dynamics. The data based on five regular monitoring cruises (February, March, April/May, July and October/November) are supplemented by data gained from additional phytoplankton samples taken by Landesamt für Natur und Umwelt of the German country Schleswig-Holstein (LANU S-H) and different project cruises (SIBER, “Geo-Kartierung”, “Phosphordynamik”). By this strategy, up to 19 samples per station and year were available (Table 1). A sample statistics for zooplankton, with indication of the haul depth, is presented in Table 2.

In Mecklenburg Bight and the western Arkona Sea, especially at Stat. 046 and 030, a decrease in nutrient concentrations in the upper 5 m from 12.2. to 22.2.2004 (Tab. 3) suggests a very early phytoplankton growth, as already found in 2003. However, a biomass increase, mainly of *Thalassiosira nordenskiöldii*, *Porosira glacialis* and *Skeletonema costatum*, could be noticed only in March (Fig. 3a-c). This decoupling between nutrient consumption and phytoplankton growth cannot be understood. While silicate concentration did not decrease despite of diatom growth in spring 2003, early silicate decrease without related diatom increase occurred in 2004. Such discrepancies at selected stations might be caused by transport processes or nutrient pulses by river input or local upwelling in the highly dynamic western Baltic Sea.

The maximum of the spring bloom was found in the central Mecklenburg Bight (Stat. 012, Fig. 3a), Lübeck Bight (Stat. O22, Fig. 3b) and Pomeranian Bight (Stat. OB, Fig. 4d) in the mid of March, but in the Kadet Channel (Stat. 046, Fig. 3c) and the Arkona Sea (Stat. 030-109, Fig. 4a-c) only at the end of March. Also the chlorophyll *a* concentrations, measured in the water (Tab. 6) and by satellite, support these findings. In the central Mecklenburg Bight, the diatom bloom was followed by a strong development of the Chrysophyceae *Dictyocha speculum* in April-May, accompanied by a weak development of dinoflagellates. *Dictyocha speculum* was less abundant in the eastern Mecklenburg Bight and the Arkona Sea. In these areas, *Mesodinium rubrum* was dominating from February to May, except for the time of the diatom bloom. The peak of the *Mesodinium rubrum* bloom was reached in the Bornholm Sea at the end of April. In the southern and eastern Gotland Sea, the spring bloom (*Mesodinium rubrum*, *Peridiniella catenata* and unidentified dinoflagellates) occurred until the beginning of May. The delay of the beginning of the spring bloom in easterly direction is a well-known phenomenon, especially after cold winters. It is interesting that the spring bloom contained only few diatoms in the Bornholm Sea in 2004, after a 4-years period of diatom (*Skeletonema costatum*) dominance. The silicate decrease from the mid of March to the end of April 2004, especially at Station 259, suggests however a non-registered diatom growth. The end of the spring bloom is caused by nitrogen limitation in the open Baltic Proper, but by phosphorus limitation in the Pomeranian Bight. In Summer, nitrogen becomes limiting in the Pomeranian Bight. This N-limitation does not lead to a development of nitrogen-fixing cyanobacteria, for unknown reasons. In general, the cyanobacteria growth was only weak in 2004. This is astonishing because particularly in the Bornholm Sea enough phosphorus was still available in summer.

By the 5./6. July 2004, a summer bloom of *Cerataulina pelagica* and *Proboscia alata* has developed at Stations 012 and O22. In Mecklenburg Bight, the dinoflagellate *Ceratium tripos* developed as in every year. In the Arkonasee, a diatom bloom was not found, in contrast to many previous years. The Bornholm Sea was characterised in June by dinoflagellates and in July by Cryptophyceae. At Station 271, to less degree also at Station 259, a bloom of *Chrysochromulina* sp. and *Dinophysis norvegica* occurred in the mid of June 2004. In July 2004, dinoflagellates (many unidentified, and *Heterocapsa rotundata*, *Dinophysis norvegica*) dominated at Station 271.

The autumn bloom in Mecklenburg Bight is in general characterised by the coexistence of dinoflagellates (*Ceratium* spp.) and diatoms, strongly influence by the currents. In the central Mecklenburg Bight, a bloom of *Ceratium tripos* and *C. fusus* appeared on 30.10.04. *Guinardia flaccida*, which dominated the phytoplankton in summer 2003 but not in 2004, became the dominating diatom in autumn 2004. In easterly direction, the share of *Coscinodiscus granii* increases while *Ceratium* spp. decrease (Fig. 18c). *Coscinodiscus granii* which is typical in autumn in the Baltic Proper formed a weak bloom only in the Bornholm Sea (Stat. 213) and the south-eastern Gotland Sea (Stat. 259).

The 10 most important phytoplankton species of each season in each sea area are compiled in Table 4. A complete species list of the year 2004, including a seasonal indicator, is given in Table 5.

Interesting information on the phytoplankton succession can also be gathered from the sediment trap deployed at station 271 at a depth of 180 m. Because of the long working interval and the laborious sample treatment, only data of the year 2003 can be presented up to now. Three qualitatively and quantitatively distinct periods, that can be allocated to different drivers of pelagic biomass production, were visible again. The sedimentation maximum in spring was dominated by diatoms, of which *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira levanderi*, *Chaetoceros* sp. and *Achnanthes taeniata* were the dominant forms (Fig. 6a, 13). Like in some former years the sedimentation peak of silica shifted to midsummer due to the appearance of the pennate diatom *Nitzschia paleacea* on the cyanobacterial aggregates (Fig. 6c, 7a). The peak of vertical silica transport coincided with this maximum. The cyanobacterial (*Aphanizomenon* sp., *Nodularia spumigena*) aggregates dominated the vertical flux of carbon (Fig. 7b), nitrogen (Fig. 7c) and phosphorus (Fig. 10) as well, which exceeded the long-term means by far in 2003. The importance of this nitrogen fixing primary producers for vertical element transport is confirmed by the extremely low isotopic signature of nitrogen in summer samples (Fig. 9). The autumn peak in sedimentation, which was due to a mixture of diatom species, was not as pronounced as in former years.

The annual sum of vertically transported matter was $1.5 \text{ mol C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ for organic carbon, $168 \text{ mmol N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ for nitrogen, $197 \text{ mmol Si m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ for silica and $15 \text{ mmol P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ for phosphorus. The total mass flux amounted to $387 \text{ g dry material m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ in 2003. Additionally to the high base level of pelagic sedimentation over all seasons these values are influenced by an event which started in August and is characterised by very high mineralic proportions of the material and high phosphorus values (Fig. 10). The source for this material could be identified as large amounts of sedimenting manganese oxides and iron phosphates (Fig. 12, 14). They had been formed, when dissolved reduced forms of manganese and iron in the bottom water were oxidized by a heavy inflow of oxic bottom water in early spring. As even without considering data from this period, the basic flux of organic matter in 2003 is higher by a factor of more than two as compared to the long

annual mean, an equivalent higher input of accessible nutrients to the mixed layer has to be assumed as the driver for particle export. This can as well be attributed to the bottom water exchange, as parts of the old, nutrient rich bottom water were likely mixed up into the surface mixed layer and enhanced new production.

The seasonal development of chlorophyll *a* concentrations is shown in Table 6. A comparison of seasonal mean values with the four preceding years indicates that the extremely early spring bloom (in some areas even in February) in 2003 stayed an exception (Table 7).

The long-term chlorophyll data from 1979 to 2004 confirm the decreasing trend in Mecklenburg Bight (Fig. 15a) and the significant ($p = 0.05$) increase in the Arkona Sea (Fig. 15b). The increasing tendencies in chlorophyll *a* concentrations in the Bornholm Sea (Fig. 16a) and the eastern Gotland Sea (Fig. 16b) are not significant for $p=0.05$, if tested by simple linear regression (t test).

Whereas the share of diatoms in the spring blooms was very low in the 1990s in the southern Baltic proper, it increased since the year 2000. However, in 2004, no significant diatom biomass could be found in the spring blooms of the Bornholm Sea and the Gotland Sea.

The regional distribution of phytoplankton species is mainly caused by the salinity gradient. For this reason, Darss Sill or the eastern Mecklenburg Bight are an important border while there is no such steep change in the species composition within the Baltic proper (Fig. 17, 18).

The results on mesozooplankton can be summarised as follows:

- The saltwater influx during summer 2003 increased the diversity and introduced more species of marine origin. These changes generally abated in 2004 with exception of the Gotland Deep (Tab. 8).
- The importance of the microbial loop in food web kept constant or increased in 2004.
- The total of the maximum abundances of all considered taxa fairly declined in the last years up to 44% in 2004 in comparison to the first half of the 1990s (Tab. 9).
- Also, the maximum abundance of *Pseudocalanus* spp. an important food source of adult herring in the central Baltic Sea, remained on a level which was five times below the expectations.
- The most remarkable event in the “zooplankton year” 2004 of the Baltic Sea was the very low abundance of the cladocerans, mostly *Bosmina* spp. (Tab. 9) as a result of three reasons, the relative low temperature in June/ July, a potential feeding pressure by the carnivore cladoceran *Cercopagis pengoi* and by a too early observation period, because a couple of weeks later the temperature increased up to an optimal range. While the first is an acceptable explanation *per se* the two latter reasons will be currently checked by the analysis of the 2004 sediment trap samples.
- The maximum abundance of the calanoid copepods were kept on a fairly constant level of about 30,000 ind./m³ throughout the years (Tab. 9). *Centropages hamatus* was the most dominant species, which has an reproduction peak at cooler summers in contrast to *Acartia tonsa* and *Eurytemora affinis* which remained at lower quantities in 2004 (Tab. 10).
- The current method of net sampling needs to be supported by the analysis of existent sediment trap samples and by acoustic approaches at existent permanent stations in order to

avoid errors by insufficient sampling intervals especially in case of short term mass occurrences of cladocerans and rotifers (Fig. 21).

The 107 species found in the macrozoobenthos in 2004 (Tab. 11) mark the species maximum of the last 13 years at the 7 monitoring stations sampled by the IOW (Fig. 22). The quick recovery after the oxygen depletions in the western Baltic (Stat. 010, 012 and 018) is remarkable (Fig. 24). The re-colonisation of the Bornholm Sea in 2003 after 5 years stopped again due to oxygen depletion (Fig. 24, 25). Since the beginning of the macrozoobenthos monitoring in 1991, 164 taxa were proved (Fig. 25). Three bivalve species (*Abra alba*, the ocean quahog *Arctica islandica* and *Astarte borealis*) were discussed intensively (Figs. 30-32). The development of abundance (Fig. 26), biomass (Fig. 27) and the population dynamics are shown. The negative trend in abundance and biomass continued only in the eastern regions whereas they increased at the western stations. The long-term tendencies in species number and Shannon-Wiener-Index since 1991 are displayed for Station 030 (Fig. 28). Since the beginning of investigation the macrozoobenthic biodiversity increased continuously.

Danksagung

Die Autoren danken den am Ostseeüberwachungsprogramm beteiligten Mitarbeitern des Instituts für Ostseeforschung, insbesondere den mit der Probengewinnung und -bearbeitung betrauten Kolleginnen und Kollegen BÄRBEL BUUK, SUSANNE BUSCH, INES GLOCKZIN, ANNETT GRÜTTMÜLLER, REGINA HANSEN, UWE HEHL, ANNELI POSTEL, DORIS SETZKORN, INA TOPP sowie den bei der Datenbearbeitung engagierten Kolleginnen und Kollegen JAN DONATH, SABINE FEISTEL, ANNETT GRÜTTMÜLLER, Dr. STEFFEN BOCK und Dr. THOMAS OHDE. Die meteorologisch-hydrographischen sowie chemischen Daten wurden uns von Dr. RAINER FEISTEL und Dr. GÜNTHER NAUSCH zur Verfügung gestellt. Den Kapitänen und Besatzungen der Forschungsschiffe „Gauss“ und „Professor Albrecht Penck“ sowie den Fahrtleitern sei gedankt für die Unterstützung während der Messfahrten. Lücken in unserer Probennahme-Datenreihe konnten geschlossen werden durch zusätzliche Proben, die uns von JEANNETTE GÖBEL (Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein) und BJÖRN BRODHERR (Projekt SIBER) zur Verfügung gestellt wurden. Das vom Institut für Ostseeforschung durchgeführte biologische Monitoring wird finanziell getragen durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie.

Literaturverzeichnis

- ARNDT, H., 1985: Eine Zählkammer für die mikroskopische Auswertung von Zooplanktonproben. - Wiss. Zeitschr. W.-Pieck-Univ. Rostock, **34**, 30-31.
- ARNDT, H., 1993: Rotifers as Predators on Components of the microbial food web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates) - a review. - Hydrobiologia **255/256**, 231-246.
- 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.

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

DZIERZBICKA-GLOWACKA, L., ZIELINSKI, A., 2004. Potential rate of reproduction for some geographically separate populations of *Pseudocalanus* sp. - Oceanologia, **46**(1): 65-83.

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.

FORSTER, S., ZETTLER, M.L. 2004: The capacity of the filter-feeding bivalve *Mya arenaria* L. to affect water transport in sandy beds. - Marine Biology 144: 1183-1189.

GARGAS, E., NIELSEN, G.E., MORTENSEN, S., 1978: Phytoplankton production, chlorophyll-a and nutrients in the open Danish waters 1975-1977. - The Belt Project. The National Agency of Environmental Protection, Denmark, 103 pp.

HELCOM, 1987: First periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea area, 1980-1985; background document. - Baltic Sea Environment Proceedings **17 B**, 1-351.

HELCOM, 1990: Second periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea, 1984-1988; background document. - Baltic Sea Environment Proceedings **35 B**, 1-432.

HELCOM, 1996: Third periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea, 1989-1993; background document. - Baltic Sea Environment Proceedings **64 B**, 1-252.

HELCOM, 2001: Manual for marine monitoring in the COMBINE programme of HELCOM, Part C. - Internet, updated 2001: <http://sea.helcom.fi/Monas/CombineManual2/PartC/CFrame.htm>

HELCOM, 2002: Environment of the Baltic Sea area, 1994-1998. - Baltic Sea Environment Proceedings, 82 B, 1-215.

JGOFS, 1993: Core measurement protocol. - 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.

LAAMANEN, M.J., FORSSSTRÖM, L., SIVONEN, K., 2002: Diversity of *Aphanizomenon* populations (cyanobacteria) on a Baltic Sea salinity gradient - Only one ITS1-S genotype persists in the Baltic Sea. In: LAAMANEN, M.J. - Genetic and species diversity of planktonic cyanobacteria in the northern Baltic Sea. Contributions of the Finnish Inst. of Marine Research, Helsinki, Vol. 4, Part IV, 14 pp.

LIEHR, G., ZETTLER, M.L., LEIPE, T., WITT, G. 2005: The ocean quahog *Arctica islandica* L. - A bioindicator for contaminated sediments. - Marine Biology **147**, 671-679.

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

ŁOTOCKA, M., STYCZYŃSKA-JUREWICZ, E., BŁEDZKI L. A., 2004. Changes in carotenoid composition in different developmental stages of copepods: *Pseudocalanus acuspes* Giesbrecht. - Journal of Plankton Research **26**: 159-166.

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

MATTHÄUS, W., 1995: Temperatur, Salzgehalt und Dichte. In: Rheinheimer, G. (Hrsg.): Meereskunde der Ostsee. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 75-81.

MATTHÄUS, W., SCHINKE, H., 1998: On the causes of major Baltic inflows - an analysis of long time series. Continental Shelf Research **18**, 67-97.

NAUSCH, G., FEISTEL, R., LASS, H.U., NAGEL, K., SIEGEL, H., 2004: Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2003. Meereswiss. Ber., Warnemünde, **59**, 3-80.

NAUSCH, G., FEISTEL, R., LASS, H.U., NAGEL, K., SIEGEL, H., 2005: Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2004. Meereswiss. Ber., Warnemünde, **62**, 1-78.

NERETIN, L.N., POHL, C., JOST, G., LEIPE, T., POLLEHNE, F., 2003: Manganese cycling in the Gotland Deep, Baltic Sea. Marine Chemistry, **82**, 125-143.

SCHULZ, S., KAISER, W., BREUEL, G., 1992: Biologisches Monitoring und Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 1991. - Bericht des IOW im Auftrag des Umweltbundesamtes, 37 S.

SHAFFER, G., 1986: Phosphate pumps and shuttles in the Black Sea. – Nature, **321**, 515-517.

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

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

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

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

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

WASMUND, N., NAUSCH, G., POSTEL, L., WITEK, Z., ZALEWSKI, M., GROMISZ, S., LYSIAK-PASTUSZAK, E., OLENINA, I., KAVOLYTE, R., JASINSKAITE, A., MÜLLER-KARULIS, B., IKAUNIECE, A., OJAVEER, H., KALLASTE, K., JAANUS, A., 2000 b: Trophic status of coastal and open areas of the south-eastern Baltic Sea based on nutrient and phytoplankton data from 1993-1997. - Meereswiss. Ber., Warnemünde, **38**, 1-83.

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

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

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

WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L. 2004: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2003. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **60**, 1-87.

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

WEBER, M. VON, VOß, J. ZETTLER, M.L. 2005: Ostsee: Makrozoobenthos. In: Messprogramm Meeresumwelt: Zustandsbericht 1999-2002 für Nor- und Ostsee. Hamburg, Rostock: Bundesamt f. Seeschifffahrt u. Hydrographie (Bund-Länder-Messprogramm Meeresumwelt; **4**), 243-259.

WITKOWSKI, A., BROSZINSKI, A., BENNIKE, O., JANCZAK-KOSTECKA, B., JENSEN, J.B., LEMKE, W., ENDLER, R., KUIJPERS, A. 2005: Darss Sill as a border in the fossil record of the Baltic Sea: evidence from diatoms. – *Quaternary International*, 130, 97-109.

ZETTLER, M.L. 2002: Ecological and morphological features of the bivalve *Astarte borealis* (Schumacher, 1817) in the Baltic Sea near its geographical range. - *Journal of Shellfish Research* **21**, 33-40.

ZETTLER, M.L., BÖNSCH, R., GOSSELCK, F. 2000: Das Makrozoobenthos der Mecklenburger Bucht – rezent und im historischem 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). - *Journal of Shellfish Research* **20**, 161-169.