

Meereswissenschaftliche Berichte

MARINE SCIENCE REPORTS

No. 69

Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2005

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
2006

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abstract	3
Kurzfassung	4
1. Einleitung	5
2. Material und Methoden	6
2.1 Beprobungs-Strategie	6
2.2 Phytoplankton	10
2.3 Algenpigmente	10
2.4 Mesozooplankton	11
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	18
4.1.2.1 Mecklenburger Bucht (einschl. Lübecker Bucht)	20
4.1.2.2 Arkonasee	23
4.1.2.3 Pommersche Bucht	27
4.1.2.4 Bornholmsee und östliche Gotlandsee	33
4.1.3 Sedimentation	35
4.1.4 Jahrgang der Chlorophyll a – Konzentration	41
4.1.5 Langzeittrend der Artenzusammensetzung	43
4.1.6 Langzeittrend der Chlorophyll a – Konzentration	44
4.1.7 Räumliche Phytoplanktonverteilung	50
4.2 Mesozooplankton	53
4.2.1 Jahreszeitliche Präsenz und mehrjähriger Vergleich	53
4.2.2 Nachwirkung der Salzwassereinträge von 2002/2003	54
4.2.3 Zooplankton-Abundanzrückgang seit Anfang der neunziger Jahre	55
4.3 Makrozoobenthos	57
Zusammenfassung	67
Summary	71
Danksagung	75
Literaturverzeichnis	75

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 2005.

The phytoplankton spring bloom appeared in all sea areas more or less simultaneously (March-April 05). In contrast to usual blooms, the diatom bloom (*Rhizosolenia setigera*) persisted, according to microscopical data, until late May in Mecklenburg Bight. The spring bloom in the Arkona Sea and Bornholm Sea consisted mainly of *Skeletonema* sp. and *Chaetoceros* spp. A weak diatom growth started in the southern Gotland Sea (*Chaetoceros subtilis*) and in the eastern Gotland Sea (*Thalassiosira* sp., *Skeletonema costatum*) at the beginning of April. A strong diatom bloom (*Dactyliosolen fragilissimus*) grew in June-July 2005 in Mecklenburg Bight incl. Darss Sill, but no summer diatom bloom occurred in the eastern part of the Arkona Sea and the regions farther east. The expected cyanobacteria bloom was found only in the Gotland Sea in July. The autumn bloom in Mecklenburg Bight was dominated by *Ceratium tripos* and *C. fusus* whereas diatoms were infrequent in November 2005.

Data of sedimentation of organic matter in the Gotland Basin from the year 2004 are shown. The spring maximum was dominated by *Skeletonema costatum* and *Thalassiosira levanderi*. The main export of silica occurred in spring and autumn whereas the contribution of *Nitzschia paleacea* was lower than in previous years. Aggregates of cyanobacteria dominated the summer flux of carbon, nitrogen and phosphorus again. The sedimentation peak in late autumn became quantitatively more important than in the previous year. Mass flux amounted to 101 g a⁻¹.

Chlorophyll a spring data revealed a decreasing trend 1979-2005 in Mecklenburg Bight but an increase in the Baltic Proper, whereas summer data did not show any trend.

The mesozooplankton comprised 31 taxa in the samples of 2005. The marine *Paracalanus parvus* and *Noctiluca scintillans* were not found anymore. After the strong salt water influx from 2003, the abundance of the marine *Alaurina composite* and *Oithona similis* decreased. The most striking event in 2005 was the decrease in total maximum abundance of mesozooplankton to one third of the concentration of the period between 1991-1995. It was mainly a result of the strong reduction of rotifer abundance. The concentrations of the cladocerans (*Bosmina* spp., *Evadne nordmanni*, Podonidae) increased in comparison to 2004 because of the high temperature in summer 2005, but accounted only for 1/10 of the extraordinary mass development in 2002.

The 78 species found in the macrozoobenthos in 2005 mark one of the lowest diversities during the last 5 years at the 7 monitoring stations. The benthic communities were affected by severe oxygen deficiency in 2005. Only few organisms survived this event. At Darss Sill, the species number was fairly stable, but abundance and biomass decreased since the beginning of the 1990s, mainly due to the disappearance or decline of *Hydrobia ulvae* and *Pygospio elegans*. A slight decrease in biodiversity in the Arkona Sea has been detected for 2 years. The northern Pomeranian Bay shows relatively stable conditions with respect to colonisation by macrozoobenthos. The Bornholm Sea was characterised by high amounts of hydrogen sulphide and lack of macrozoobenthos.

Kurzfassung

Die 1979 begonnene HELCOM-Datenreihe der Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos wurde im Jahre 2005 in der Beltsee und der eigentlichen Ostsee fortgesetzt.

Die Phytoplankton-Frühjahrsblüte erschien in allen Seegebieten mehr oder weniger gleichzeitig (März-April 05). Sie hatte in der Mecklenburger Bucht (*Rhizosolenia setigera*) eine erstaunliche Dauer von 2 Monaten. Die Frühjahrsblüte bestand in der Arkonasee und der Bornholmsee hauptsächlich aus *Skeletonema* sp. und *Chaetoceros* spp. Eine schwache Kieselalgenblüte entwickelte sich in der südlichen und östlichen Gotlandsee Anfang April. Eine starke Kieselalgenblüte (*Dactyliosolen fragilissimus*) wuchs im Juni-July 2005 in der Mecklenburger Bucht einschl. Darßer Schwelle, aber nicht in den weiter östlich gelegenen Gebieten. Eine Cyanobakterienblüte wurde nur in der Gotlandsee nachgewiesen. Die Herbstblüte war in der Mecklenburger Bucht durch *Ceratium*-Arten dominiert, während Kieselalgen seltener waren.

Daten der Sedimentation des organischen Materials im Gotlandbecken für das Jahr 2004 zeigten, dass das Frühjahrsmaximum wiederum hauptsächlich von *Skeletonema costatum* und *Thalassiosira levanderi* gebildet wurde. Der Hauptexport von Silikat aus der Deckschicht fand im Frühjahr und Herbst statt, während in diesem Sommer höhere Silikatflüsse durch *Nitzschia paleacea* ausblieben. Die vertikalen Flüsse von C, N und P wurden im Sommer von Cyanobakterien dominiert. Das herbstliche Sedimentationsmaximum war bedeutender als im Vorjahr und erreichte fast die Menge der Frühjahrsedimentation. Der Massefluß betrug 101 g a^{-1} und war niedriger als im Vorjahr.

Die Frühjahrsdaten des Chlorophyll a zeigten von 1979 bis 2005 einen abnehmenden Trend in der Mecklenburger Bucht und eine Zunahme in der eigentlichen Ostsee, während die Sommerdaten keinen Trend zeigten.

Das Mesozooplankton umfasste 31 Taxa. Die marinen Arten *Paracalanus parvus* und *Noctiluca scintillans* wurden nicht mehr gefunden. Nach dem starken Salzwassereinstrom von 2003 nahmen die Abundanzen der marinen Arten *Acartia composita* und *Oithona similis* ab. Die Maximalwerte der Abundanz reduzierten sich auf 1/3 im Vergleich zur Periode von 1991 bis 1995, hauptsächlich wegen Reduktion der Rotatorien-Abundanz. Die Konzentration der Cladoceren (*Bosmina* spp., *Evadne nordmanni*, Podonidae) stieg im Vergleich zu 2004 wegen höherer Wassertemperatur im Sommer 2005, machte aber nur 1/10 des Extremwertes von 2002 aus.

Die Artenzahl des Makrozoobenthos lag im Jahre 2005 mit insgesamt 78 im Vergleich zu den Vorjahren unter dem Durchschnitt. Ein erneuter Sauerstoffmangel führte zum wiederholten Zusammenbruch der westlichen Lebensgemeinschaften (Fehmarnbelt und Mecklenburger Bucht). An der Darßer Schwelle pegelte sich die Biodiversität des Makrozoobenthos im Bereich der Vorjahre ein, jedoch ist seit Jahren ein deutlich negativer Trend bei der Abundanz und Biomasse zu erkennen, der auf das Verschwinden bzw. starke Zurückgehen von *Hydrobia ulvae* und *Pygospio elegans* zurückzuführen ist. In der Arkonasee ist seit 2 Jahren ein leicht negativer Trend sowohl bei der Artenzahl als auch bei der Abundanz zu beobachten. Die nördliche Pommernbucht weist seit Jahren stabile Verhältnisse bezüglich der Besiedlung durch das Makrozoobenthos auf. Die Bornholmsee zeigte erneut und andauernd Sauerstoffmangel und war frei von jeglicher Fauna.

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 die HELCOM-Datenbank, die beim ICES (International Council for the Exploration of the Sea) angesiedelt ist, gemeldet (zusammen mit einem nationalen Kommentar). Im Abstand von 5 Jahren wurden die Ergebnisse in Periodischen Assessments der HELCOM zusammengefaßt und in internationalen Arbeitsgruppen wissenschaftlich bewertet (HELCOM 1987, 1990, 1996, 2002). Gegenwärtig legt HELCOM verstärkt Wert auf aktuellere Berichte in Form der „Indicator Fact Sheets“. 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.

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 2005 bereits erschienen ist (NAUSCH et al. 2006).

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, 2005) 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 2005) verbindlich vorgeschrieben. Für die Auswertung der Sinkstoff-Fallen und der Satellitenbilder gibt es noch keine HELCOM-Methodenvorschriften.

Die traditionellen fünf Terminfahrten wurden im Februar, April, Mai, Juli und Oktober/November mit dem Forschungsschiff „Gauss“ 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 „Chemocline“ (Prof. Dr. Klaus Jürgens) 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 022 konnte im Jahre 2005 fortgesetzt werden. Im Gegenzug wurden dem LANU Proben der Station 360 zur Verfügung gestellt.

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

Die Auswertung der Sinkstoff-Fallen ist sehr aufwändig, so dass noch nicht der komplette Datensatz des Jahres 2005 vorliegt. Stattdessen werden hier die Daten der Sinkstoff-Fallen des Jahres 2004 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.

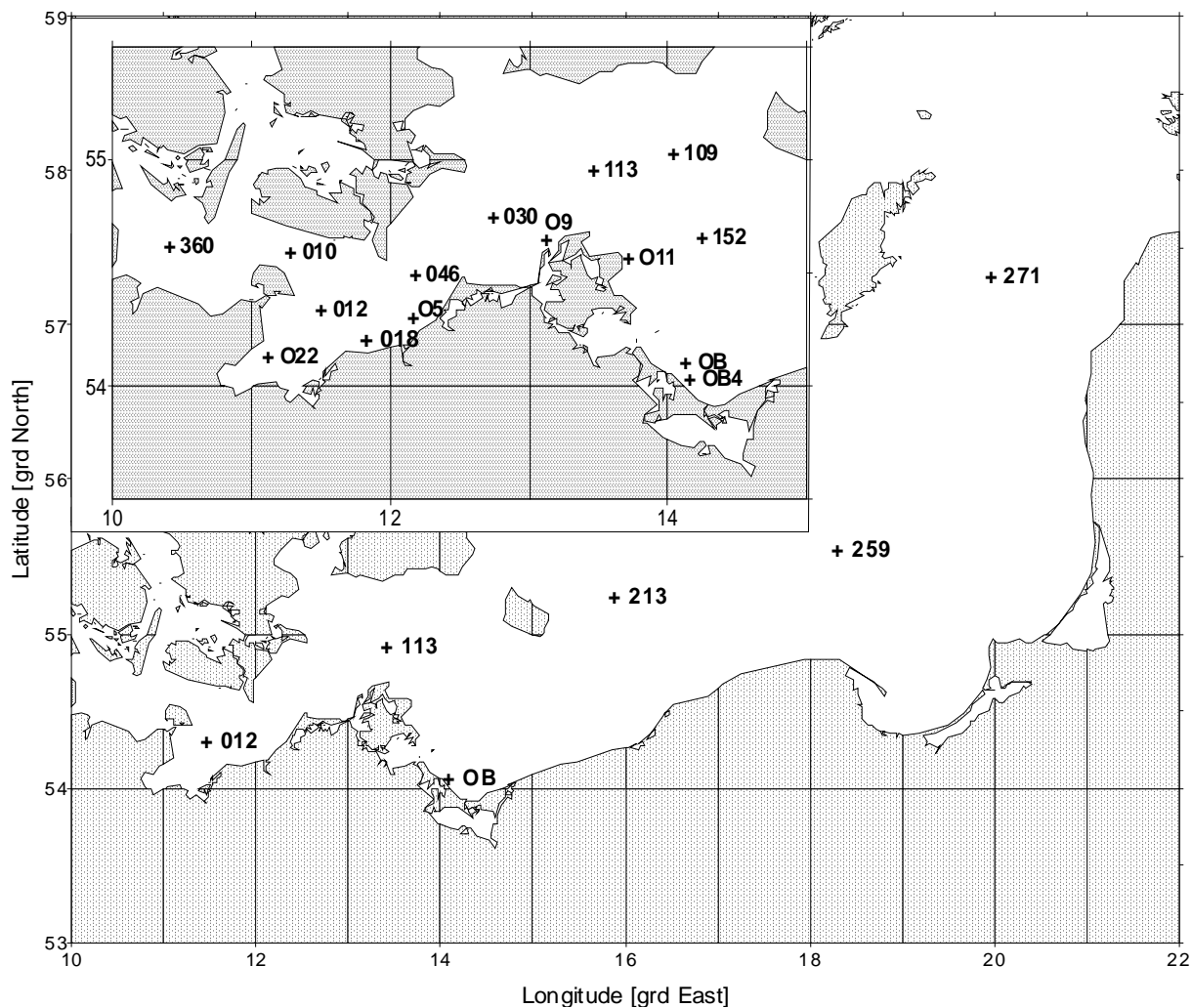


Abb. 1

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 2005 (für Sinkstoff-Fallen: 2004). Angaben in Klammern kennzeichnen 0 m-Proben für das LUNG M-V.

)¹ einschl. 9-10 Proben vom LANU S-H,

)² einschl. 2 Proben aus dem Projekt SIBER

)³ einschl. 2 Proben aus Projekt SIBER und 4 Probe von "Phosphordynamik"

)⁴ einschl. 2 Proben von "Phosphordynamik"

)⁵ einschl. 4 Proben von "Phosphordynamik" und 1 Probe von „Chemokline 05“

Table 1

Sampling statistics for different parameters specified for sampling stations in 2005 (for sedimentation traps from year 2004). International station number inserted in column 2. Numbers in brackets indicate samples from 0 m only, delivered to Environmental Agency Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) and in the case of Stat. 360 to the Environmental Agency Schleswig-Holstein (LANU S-H)

)¹ incl. 9-10 samples from the Environmental Agency Schleswig-Holstein (LANU S-H),

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

)³ incl. 2 samples taken by project "SIBER" and 4 sample by "Phosphordynamik"

)⁴ incl. 2 samples by "Phosphordynamik"

)⁵ incl. 4 samples by "Phosphordynamik" and 1 sample by "Chemokline 05"

IOW- Stationsnummer	Stations- nummer	Chlorophyll u. Phaeopigment	Phyto- plankton	Zoo- plankton	Zoo- benthos	Sinkstoff- Fallen (2004)
Beltsee						
360	OM BMP N3	4	(5)	5	-	-
010	OM BMP N1	-	-	-	1	-
012	OM BMP M2	10	18) ¹	10	1	-
O22		4 (5)	15) ¹ (5)	-	-	-
018		-	-	-	1	-
O5		(5)	(5)	-	-	-
046	OM BMP M1	10	12) ²	10	-	-
Arkonasee						
030	OM BMP K8	10	10	10	1	-
109	OM BMP K4	6	5	-	1	-
113	OM BMP K5	10	12) ²	10	-	-
O9		(5)	(5)	-	-	-
O11		(5)	(5)	-	-	-
152	OM BMP K3	-	-	-	1	-
Pommernbucht						
OB	OM OB	5	5	5	-	-
OB4		(5)	(5)	-	-	-
Bornholmsee						
213	OM BMP K2	10	16) ³	9	1	-
Östl. Gotlandsee						
259	OM BMP K1	5	7) ⁴	5	-	-
271	OM BMP J1	5	10) ⁵	5	-	52

Tab. 2

Statistik der Zooplankton-Probenentnahmen in den jeweiligen Tiefenstufen [m] auf den in Abb. 1 verzeichneten Stationen vom Februar bis November 2005

Table 2

Sample statistic of zooplankton hauls (cf. Fig. 1) and sampling depth intervals [m] on cruises between February and November 2005

Stationsbezeichnung		Zeitraum:				
		10.02. - 20.02.	02.04. - 10.04.	10.05. - 18.05.	20.07. - 28.07.	25.10. -04.11.04
BMP	IOW	Tiefe von - bis (m)	Tiefe von - bis (m)	Tiefe von - bis (m)	Tiefe von - bis (m)	Tiefe von - bis (m)
OMBMPN3	TF0360	12 - 0	12 - 0	14 - 0	14 - 0	12 - 0
OMBMPM2	TF0012	14 - 0	4 - 0	19 - 0	12 - 0	14 - 0
OMBMPM2	TF0012	20 - 14	20 - 4		19 - 12	20 - 14
OMBMPM2	TF0012		20 - 0			
OMBMPM1	TF0046	16 - 0	14 - 0	19 - 0	8 - 0	13 - 0
OMBMPM1	TF0046	19 - 16	19 - 14		20 - 8	20 - 13
OMBMPK8	TF0030	16 - 0	18 - 0	17 - 0	11 - 0	18 - 0
OMBMPK8	TF0030				19 - 11	
OMBMPK5	TF0113	25 - 0	30 - 0	22 - 0	16 - 0	27 - 0
OMBMPK5	TF0113	40 - 25	40 - 30	40 - 22	30 - 16	33 - 27
OMBMPK5	TF0113				41 - 30	41 - 33
OMOB	OBBoje	10 - 0	10 - 0	9 - 0	11 - 0	11 - 0
OMBMPK2	TF0213		18 - 0	50 - 0	14 - 0	35 - 0
OMBMPK2	TF0213		48 - 18	130 - 50	50 - 14	45 - 35
OMBMPK2	TF0213		83 - 48		80 - 50	70 - 45
OMBMPK1	TF0259	55 - 0	18 - 0	25 - 0	17 - 0	39 - 0
OMBMPK1	TF0259	82 - 55	70 - 18	68 - 25	86 - 62	67 - 39
OMBMPK1	TF0259		82 - 70	130 - 68	62 - 17	80 - 67
OMBMPJ1	TF0271	65 - 0	32 - 0	25 - 0	17 - 0	36 - 0
OMBMPJ1	TF0271	210 - 65	65 - 32	60 - 25	60 - 17	64 - 36
OMBMPJ1	TF0271		170 - 65	130 - 60	140 - 60	140 - 64
OMBMPK2	TF0213	45 - 0	30 - 0	18 - 0	16 - 0	34 - 0
OMBMPK2	TF0213	82 - 45	57 - 30	44 - 18	50 - 16	43 - 34
OMBMPK2	TF0213		80 - 57	78 - 44	85 - 50	76 - 43
OMBMPK5	TF0113	40 - 0	15 - 0		17 - 0	25 - 0
OMBMPK5	TF0113		38 - 15		44 - 17	37 - 25
OMBMPK5	TF0113					41 - 37
OMBMPK8	TF0030	18 - 0	16 - 7		19 - 10	17 - 4
OMBMPK8	TF0030		7 - 0		10 - 0	4 - 0
OMBMPM1	TF0046	15 - 0	8 - 0		12 - 0	14 - 0
OMBMPM1	TF0046	21 - 15	19 - 8		20 - 12	20 - 14
OMBMPM2	TF0012	20 - 0	6 - 0		17 - 0	7 - 0
OMBMPM2	TF0012		18 - 6		22 - 17	20 - 7

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 aus diesen Wassertiefen zusätzliche Proben genommen. 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, 2005). 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 PHYTO (DOS-Version) der Softwarefirma Kahma Ky (Helsinki) sowie einer selbst erstellten Biovolumina-Liste. Eine weitere Umrechnung in Kohlenstoff-Einheiten wurde, wie schon in den Vorjahren, mit den von HELCOM empfohlenen konstanten Umrechnungsfaktoren (im allgemeinen $F=0,11$) vorgenommen. Sie werden aber in diesem Bericht nicht verwendet, da diese Faktoren fragwürdig sind.

2.3 Algenpigmente

Da das Chlorophyll a in allen Pflanzenzellen, also auch im Phytoplankton, in mehr oder weniger konstanten Verhältnissen zur Biomasse vorkommt, kann man seine Konzentration als ein Maß für die Gesamtbiomasse des Phytoplanktons annehmen. 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.

Wenn das Interesse nicht auf die Zusammensetzung des Phytoplanktons, sondern lediglich auf dessen Gesamt-Biomasse gerichtet ist, empfiehlt sich die Betrachtung der Chlorophyll a – Konzentration. Sie hat folgende Vorteile:

- robuste Methode, dadurch geringere Gefahr von Fehlbestimmungen,
- schnelle und preiswerte Methode, dadurch Möglichkeit einer häufigeren Bestimmung,
- erfordert keine Expertise bezüglich Phytoplanktonarten,
- einfache Datenstruktur, dadurch einfache Datenbearbeitung und Datenaustausch.

Proben zur Bestimmung der Chlorophyll a – Konzentration wurden in der Regel parallel zu den Phytoplankton-Proben entnommen. 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-gefrosten. 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. Die verwendete Methode zur Bestimmung des Chlorophyll a wurde ausführlich von WASMUND et al. (2006) beschrieben.

2.4 Mesozooplankton

Zur Erfassung des Mesozooplanktons wurde entsprechend der HELCOM-Vorschrift ein WP-2 Netz (100µm Maschenweite) in möglichst drei Tiefenstufen pro Station eingesetzt. Die Details der Probenentnahme und -analyse sind einem vorherigen Bericht zu entnehmen (WASMUND et al. 2004). Insgesamt beruht die Einschätzung des Jahres 2005 auf 130 Netzproben. Sie wurden auf 9 Standard-Stationen während 5 Terminfahrten gewonnen (Abb. 1). Die Beprobung erfolgte teilweise auf der Hin- und Rückfahrt (Tab. 2), was zur Erfassung kurzfristiger Konzentrationsschwankungen infolge der parthenogentischen Vermehrung von Rotatorien und Cladoceren notwendig war.

Im Jahre 2005 wurden erstmals erfolgreich auf allen Fahrten Durchflusszähler zur Bestimmung der filtrierte Wassermenge benutzt, wobei bis zur Augustfahrt ein digitales Gerät der Firma General Oceanics (Miami, USA) eingesetzt wurde. Im Oktober wurde das analog registrierende TSK-Gerät der Firma Tsurumi-Seiki Co. (Yokohama, Japan) benutzt. Beide Durchflusszähler waren geeicht und für die Hiegeschwindigkeit von 0.5 m/s geeignet.

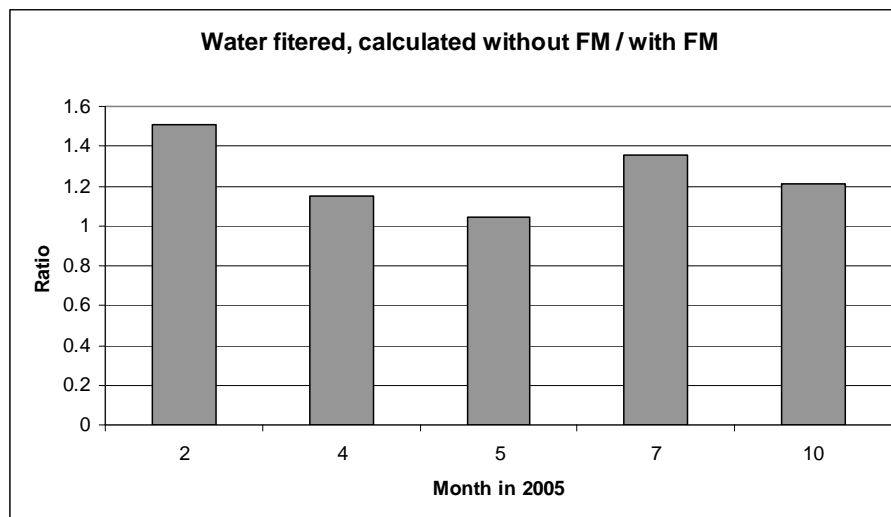


Abb. 2

Mittlere Verhältnisse der filtrierte Wassermengen die mit und ohne Durchflusszähler ermittelt wurden

Fig. 2

Average ratio of the amount of filtered water determined by flow-meter and without flow-meter

Durchflusszähler berücksichtigen zusätzliches Filtrieren des Netzes durch Schiffsbewegungen infolge von Wellengang und Drift bei stärkerem Wind. Geringere Werte resultieren aus der Verstopfung der Maschen zu Zeiten der Frühjahrs- bzw. Herbstblüte des Phytoplanktons. Die mittels Trossenlänge ermittelte, filtrierte Wassermenge überstieg stets diejenige, die sich aus den Durchflusszählerwerten ergab (Abb. 2).

Die Anzahl der Messungen, beginnend mit Februar, betrug 20, 30, 18, 31 bzw. 31. Dem standen Ausfälle von 6, 3, 3, 13 und 3 gegenüber. Die Fehlmessungen sind zum Teil subjektiver Natur und hängen von Geräteproblemen ab. Die hohen Ausfälle im August lagen an der nicht eindeutigen Ablesbarkeit des Digitaldurchflusszählers. Die Ausfälle wurden mit dem Produkt aus der jeweilig für eine Reise berechneten mittleren Verhältnis (Abb. 2) und der aktuellen Trossenlänge ersetzt.

Tab. 3

Liste der 2005 gefundenen Taxa mit Erstbeschreibung, taxonomische Stellung, ITIS Code und Synonyme

Table 3

Compilation of taxa found in 2005 with author and year of original description, taxonomic rank, ITIS code and synonyms

Scientific name	Author, year	Taxonomic rank	ITIS-code / TSN	Synonym
ACARTIA BIFILOSA	Giesbrecht, 1881	SPECIES	86095	
ACARTIA LONGIREMIS	(Lilljeborg, 1853)	SPECIES	86087	
ACARTIA TONSA	Dana, 1849	SPECIES	86088	
ALAURINA COMPOSITA		SPECIES	54024	
BALANUS IMPROVISUS	Darwin, 1854	SPECIES	89622	
BIVALVIA	Linnaeus, 1758	CLASS	79118	
BOSMINA SP.	Baird, 1845	GENUS	83936	
CALANUS FINMARCHICUS		SPECIES		
CENTROPAGES HAMATUS	Lilljeborg, 1853	SPECIES	85766	
CYCLOPS SP.	O.F.Müller, 1776	GENUS	88640	
DAPHNIA SP.		GENUS		
ECHINODERMATA		PHYLUM		
EUPHYSA AURATA	Forbes, 1848	SPECIES	48976	
EURYTEMORA AFFINIS	Giesbrecht, 1881	SPECIES	85862	
EVADNE NORDMANNI	Lovén, 1836	SPECIES	83961	
FRITILLARIA BOREALIS	Lamarck, 1816	SPECIES	159675	
GASTROPODA	Cuvier, 1797	CLASS	69459	
GYMNOLAEMATA		CLASS	155470	syn. BRYOZOA
HARPACTICOIDA	G.O.Sars, 1903	ORDER	86110	
KERATELLA SP.	Bory de St. Vincent, 1822	GENUS	58348	
LIMNOCALANUS MACRURUS		SPECIES		
MALACOSTRACA	Latreille, 1802	CLASS	89787	
LOPHOGASTRIDA	Sars, 1870	ORDER	89807	syn. MYSIDACEA
OIKOPLEURA DIOICA		SPECIES	159669	
OITHONA SIMILIS	Claus, 1866	SPECIES	88805	
PARASAGITTA SP.	Tokioka, 1965	GENUS	158783	
PLEUROBRACHIA PILEUS		SPECIES		
PODONIDAE	Mordukhai-Boltovskoi, 1968	FAMILY	83964	
POLYCHAETA		CLASS	64358	
PSEUDOCALANUS SP.	(Boeck, 1865)	GENUS	85369	
SYNCHAETA SP.	Ehrenberg, 1832	GENUS	59255	
TEMORA LONGICORNIS	(O. F. Müller, 1785)	SPECIES	85877	
TINTINNIDAE		FAMILY	46743	

Im Labor erfolgte, neben der bekannten Teilprobenanalyse, eine zusätzliche Durchmusterung der Gesamtprobe, um seltene Taxa erfassen zu können. Des Weiteren wurden *Bosmina* spp. und *Pseudocalanus* spp. wegen taxonomischer Unsicherheiten (WASMUND et al. 2005) nur auf dem Gattungsniveau berücksichtigt. Um aus Zeitgründen nicht die Gattungen *Podon* spp. und *Pleopsis* sp. unterscheiden zu müssen, wurde sich auf das übergeordnete Niveau der Podonidae festgelegt. Dem Standard des „Integrated Taxonomic Information System“ folgend, wurden *Sagitta* als *Parasagitta* geführt, die Bryozoa als Gymnolaemata und die Mysidacea als Lophogastrida.

Die Tabelle 3 gibt die Namen der Taxa mit Autor, Jahreszahl der Beschreibung und ITIS Code wieder, die 2005 in der westlichen und zentralen Ostsee angetroffen wurden.

Gemäß der Vorschrift wurden ca. 500 Individuen pro Probe analysiert. Dazu wurden zwischen 1/1 und 1/769, im Durchschnitt $1/32 \pm 1/8$, der Proben durchgemustert. Statistisch gesehen gilt für eine Anzahl von 400 Individuen ein 10%iger Zählfehler. Er nimmt für alle seltenen Vertreter drastisch zu (50% bei 16 Organismen, 100 % bei 4). In den 2005er Analysen wurden pro taxonomische Gruppe zwischen 1 und 774 Individuen gezählt, im Mittel 24 ± 50 . Das Maximum betraf *Synchaeta* spp. aus einer Probe vom 14.05.2005 aus den oberen 25 m der Station 259.

2.5 Makrozoobenthos

Beginnend vom Fehmarnbelt wurden bis zur Bornholmsee im Oktober 2005 an 7 Stationen Benthosuntersuchungen durchgeführt. Je nach Sedimenttyp wurden zwei verschiedene van-Veen-Greifer (980 cm² und 1060 cm²) mit unterschiedlichen Gewichten (38 kg bzw. 70 kg sowie 23 kg) eingesetzt. Pro Station wurden 3 Parallelproben (Hols) 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 2005). 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. Es ging hauptsächlich darum, die Oberflächenstruktur und epibenthische Arten zu erfassen. Da wir die Stationen seit 1998 regelmäßig mit Video überwachen, war der Einsatz dieses im Vergleich zum Videoschlitten einfacheren 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., Halacaridae indet.) bis zur Art bestimmt. Bei der Nomenklatur wurde weitestgehend dem „European Register of Marine Species“ gefolgt (COSTELLO et al. 2001). Außerdem wurden die Abundanzen und Biomassen (Aschefreie Trockenmasse, AfTM) erfasst. Für eine vergleichbare Gewichtsbestimmung wurde der Helcom-Richtlinie (HELCOM 2005) 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 in der zentralen Gotlandsee gemessen. Hier wurde zur Erfassung der Menge und Qualität des aus der Deckschicht absinkenden Materials eine automatische Sinkstoffalle 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 2004 lief planmäßig ab. Es gab keine größeren technischen oder logistischen Probleme. Die Fangereigenschaften könnten in einer Periode von 6 Wochen zwischen April und Juni jedoch durch einen reduzierten Transport vom Fangtrichter in die Auffanggläser beeinträchtigt worden sein.

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 2005) 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 2005 fand der jährliche Phytoplanktonkurs und -workshop der HELCOM vom 26. bis 29. September 2005 in Helsingborg statt.

Wir beteiligten uns im Mai und November 2005 an den Chlorophyll-Vergleichen (AQ-11) im Rahmen von QUASIMEME (Runde 41 und 43). Unsere z-scores von Runde 41 lagen im zulässigen Bereich (0,74 und 1,12). Durch Vertauschen von Filtern lagen unsere Ergebnisse der Runde 43 anfänglich im unbefriedigenden Bereich, nach Behebung des Vertauschens aber bei sehr guten z-scores von 0,31 und 0,12.

Die Chlorophyll-Methode wurde in den vergangenen Jahren bei uns im Hause optimiert. Umfangreiche Experimente ergaben, dass bei Verwendung von 96 % Ethanol anstelle von 90 % Aceton auf das Homogenisieren der Filter verzichtet werden konnte. Dadurch kam es zu keiner Trübung des Extrakts, so dass auf Zentrifugation verzichtet werden konnte, die sonst weitere Einflüsse verursacht hätte, wie verstärkte Verdunstung und unkontrollierte Erhitzung. Das

Entfernen überschüssiger Feuchtigkeit von den Filtern und das Schock-Frosten in flüssigem Stickstoff verringerten den unerwünschten Chlorophyll-Abbau. Die methodischen Verbesserungen wurden von WASMUND et al. (2006) publiziert.

3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2005

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. (2006), aus dem detailliertere Daten zu entnehmen sind. Der Winter 2004/05 war ein mittelkalter Winter, der drittkälteste der letzten Dekade nach 1995/96 und 2002/03. Die Vereisung war schwach. Januar und Februar waren sehr mild, der März 2005 war ziemlich kalt. Der Sommer 2005 war überdurchschnittlich warm. Nur der August fiel zu kühl aus. Spezifische meteorologische und hydrographische Erscheinungen werden im Zusammenhang mit der Phytoplanktonentwicklung in Kap. 4.1.1 diskutiert.

Das gesamte Jahr 2005 war durch nur geringe Einstromaktivitäten gekennzeichnet. Der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers war wegen des Einstroms von 2003 noch relativ hoch, nahm aber aufgrund der Zehrungsprozesse kontinuierlich ab. Unterhalb von 150 m Wassertiefe haben sich im Bereich des Gotlandtiefs bereits wieder anoxische Verhältnisse eingestellt. Der Rückgang des Sauerstoffgehalts im Tiefenwasser bewirkt einen Anstieg der winterlichen Phosphat-Konzentrationen. Die winterlichen Nitratkonzentrationen blieben im Oberflächenwasser etwa im Bereich der Vorjahre. Daraus resultiert ein weiteres Absinken der N/P-Verhältnisse. Der niedrigste Wert wurde mit 3.0 im Bornholmbecken beobachtet. Damit wären gerade hier ideale Bedingungen für die Entwicklung stickstoff-fixierender Cyanobakterien gegeben.

4. Ergebnisse

4.1 Phytoplankton

4.1.1 Die Phytoplanktonentwicklung (Chlorophyll) anhand von Satellitendaten

Die Besonderheiten in der Planktonentwicklung des Jahres 2005 wurden anhand von Chlorophyllkarten erarbeitet, die aus Satellitendaten der amerikanischen MODIS Sensoren auf den Satelliten Aqua und Terra mit einer räumlichen Auflösung von 1 km abgeleitet worden sind. Speziell für die Untersuchung der Cyanobakterienentwicklung wurden die Daten mit einer Auflösung von 250 m einbezogen.

Das Jahr 2005 war im Januar und Februar durch hohe Wolkenbedeckung gekennzeichnet. Dadurch lag das erste nutzbare Bild Anfang März vor. Am 4. März waren nur leicht erhöhte Chlorophyllkonzentrationen in der Arkonasee und in der nördlichen Bornholmsee zu verzeichnen. Danach war es wieder bis zum 20. März bedeckt. Zu diesem Zeitpunkt war die Frühjahrsblüte im Oderhaff und im Greifswalder Bodden voll entwickelt, was natürlich Auswirkungen auf die Pommersche Bucht hatte. Von der Beltsee bis zur Darßer Schwelle hatte die Frühjahrsblüte auch begonnen und leicht erhöhte Konzentrationen waren auch in der Arkonasee, in der Bornholmsee

und in der westlichen Gotlandsee vorhanden. Am Folgetag erhöhten sich die Konzentrationen in der westlichen Ostsee bis zur Arkonasee, aber in den anderen Gebieten waren sie wieder geringer. Durch anhaltende östliche Winde ab 25. März hatte sich am 30. März der Einflussbereich der wichtigsten Zuflüsse, wie Oder, Weichsel und Ausstrom Kurisches Haff, vergrößert und die Konzentration im Westteil bis zur Darßer Schwelle auf ca. 3-6 mg m⁻³ erhöht. Das setzte sich fort bis zum 1. April. Windrichtungsänderungen in den folgenden Tagen führten zur Auflösung der Flusswassersignaturen und in der westlichen Ostsee sind am 12. April die Konzentrationen wieder reduziert. Allerdings beginnt eine Planktonentwicklung von der nördlichen Gotlandsee aus. Die nordöstlichen Winde vom 15. bis 20. April fördern den Küstenabfluss und bewirken am 19. April hohe Chlorophyllkonzentration an der gesamten Küste zwischen Kurischem Haff und Rigaer Meerbusen. Dieses Wasser löst sich an den folgenden Tagen von der Küste und erreicht am 26. April verdünnt die zentralen Bereiche der östlichen Gotlandsee. Ab 19. April beginnt auch wieder eine Planktonentwicklung in der westlichen bis zum Westteil der Arkonasee, was bis zum 26. April andauert. Am 7. Mai sind in der gesamten Ostsee Konzentrationen von 3-5 mg m⁻³ außer in der Bornholmsee vorhanden. Das setzt sich bis Ende Mai fort, wo wir am 28. Mai Konzentrationen von 5-10 mg m⁻³ in weiten Teilen der westlichen Ostsee, der Pommerschen Bucht und im Süden der Östlichen Gotlandsee vorfinden. In den Küstenabflussbereichen werden diese Konzentrationen noch übertroffen.

Das Auftreten von Cyanobakterien ist durch erhöhte Konzentrationen im Oberflächenwasser bzw. Oberflächenakkumulationen gekennzeichnet, die durch Wind und Strömung in Filamenten angeordnet sind. Sie erhöhen die Rückstreuung des Meerwassers und können somit sehr gut mit Satellitendaten der Wasserfarbe verfolgt werden. Erste Anzeichen für erhöhte Konzentrationen von Cyanobakterien wurden am 20. Juni nordwestlich von Gotland beobachtet, die klar sichtbar ab 26. Juni waren, während einer starken Erwärmungsphase in dieser Region. Nach bewölkten Tagen sind sie noch im gleichen Bereich am 1. Juli vorhanden. Eine Zunahme der Intensität der Blüte trat an den folgenden Tagen auf. Am 2. Juli wurden hohe Konzentrationen nördlich und westlich von Gotland und im Eingang des Finnischen Meerbusen beobachtet. Geringere Konzentrationen traten östlich Gotland auf. Am 3. Juli entwickelten sich die Cyanobakterien weiter nach Süden und bedeckten die gesamte Gotlandsee. Die Konzentrationen erhöhten sich zum 4. Juli in der gesamten Gotlandsee, aber die Bornholmsee war noch unbeeinflusst. Am 6. Juli waren die gesamte Gotlandsee und der Golf von Finnland bedeckt. Speziell in der Gotlandsee waren die Filamente besonders ausgeprägt. Die Entwicklung setzte sich in die südliche Bornholmsee am 9. Juli fort. Am 11. Juli wurden Filamente in der gesamten Gotlandsee und in der südlichen und östlichen Bornholmsee beobachtet. Die höchsten Konzentrationen traten südlich der Insel Gotland auf. Am 13. Juli wurde das Maximum der Oberflächenakkumulationen erreicht, dem Tag mit den höchsten Wasseroberflächentemperaturen in der zentralen Ostsee (NAUSCH et al. 2006). Wie die Abb. 3 zeigt, bedeckten Cyanobakterienfilamente die gesamte Gotlandsee, die südliche Alandsee, den Golf von Finnland und die Bornholmsee auch entlang der schwedischen Küste. Nur ein Teil der Bornholmsee nordöstlich der Insel Bornholm und die westliche Ostsee waren unbeeinflusst, sowie auch Küstenbereiche der baltischen Länder und Polens wegen der Auftriebsprozesse bei östlichen Winden.

Am 15. Juli begann eine wolkenreiche Phase nach einer Wetterumstellung, aber die Filamente waren noch in den meisten Gebieten sichtbar, allerdings mit geringerer Intensität. Geringere Konzentrationen und weniger Filamente waren im Golf von Finnland zu verzeichnen. Am 18. und

19. Juli war die gleiche Verteilung wie am 15. Juli unter Wolken vorhanden, aber auch wieder im Golf von Finnland. An den folgenden Tagen war der Himmel fast komplett mit Wolken bedeckt, so dass keine nutzbaren Daten zur Verfügung standen. Am bewölkten 27. Juli konnten erstmals wieder Cyanobakterien beobachtet werden, hauptsächlich in der westlichen und nördlichen Gotlandsee, weniger im östlichen Teil und keine in der Bornholmsee. Am 28. Juli waren erstmals Filamente auch nördlich der Aland-Inseln zu sehen. Am 31. Juli bedeckten sie die nördliche und zentrale Gotlandsee und die gesamte Bottensee. Am 3. August war die gesamte Bottensee beeinflusst, aber in der eigentlichen Ostsee nur noch die nördliche Gotlandsee bis 5. August.



Abb. 3

Satellitenbild der Cyanobakterienblüte vom 13. Juli 2005 mit ihrer maximalen Ausdehnung und Intensität in Quasi-Echtfarbendarstellung, aufgenommen vom Sensor MODIS-Terra.
Daten: MODIS Rapid Response Project (NASA/GSFC)

Fig. 3

Quasi-real colour image of the cyanobacteria bloom during its largest extension on 13 July 2005, recorded by the satellite sensor MODIS-Terra. Data: MODIS Rapid Response Project (NASA/GSFC)

Ab 9. bis 19. August war noch die gesamte Bottensee beeinflusst, aber die Intensität der Filamente war dort über den gesamten Zeitraum wesentlich geringer als in der eigentlichen Ostsee. Am 19. August waren dann südlich der Aland-Inseln wieder geringe Konzentrationen vorhanden. Diese Situation setzte sich bis 22. August fort. Danach war die Ostsee mit Wolken bedeckt und am 28. August, dem nächsten nutzbaren Datum, waren keine Cyanobakterien in der gesamten Ostsee mehr vorhanden. Zukünftige Untersuchungen müssen zeigen, ob die in der Bottensee beobachteten Filamente wirklich auch durch Cyanobakterien verursacht worden sind und welche Art dafür verantwortlich war.

4.1.2 Jahresgang 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 022 einreihen lassen.

In der Diskussion beschränken wir uns auf wenige ausgewählte Arten. Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Arten (nach Biomasse) sind für die einzelnen Seegebiete und Jahreszeiten in Tabelle 5 (Seite 28-29) zusammengestellt. Die komplette Phytoplankton-Artenliste des Jahres 2005, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Terminfahrten, ist in Tabelle 6 zu finden. Die Arten sind dort alphabetisch sortiert. Die Rangfolge der Arten nach ihrer Biomasse, gemittelt über alle Stationen und Fahrten des Jahres 2005, ist ebenfalls angegeben. Es muß aber darauf hingewiesen werden, dass der Rangfolge seltener Arten keine Bedeutung beizumessen ist, da deren Biomasse nur mit größerer Ungenauigkeit zu bestimmen ist und deshalb keine feine Differenzierung mehr erlaubt. Nützliche Informationen zur taxonomischen Zugehörigkeit der Arten finden sich ebenfalls in Tabelle 6.

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. 5-7 für die untersuchten 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 ELMIRA BOIKOVA, 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. 5 und 6) einbezogen, aber nicht in die Phytoplankton-Biomasseangaben (Abb. 5-7 und 16).

Die *Aphanizomenon*-Art der eigentlichen Ostsee ist bis Mitte der 90er Jahre als *Aphanizomenon flos-aquae* bezeichnet worden. Sie unterscheidet sich phänotypisch aber von der Originalbeschreibung der Art *A. flos-aquae*. Deshalb ist sie provisorisch als *Aphanizomenon „baltica“* bezeichnet worden, solange keine gültige Artbeschreibung vorliegt. Dieses ist aber nur ein Arbeitsname; die taxonomisch richtige Bezeichnung ist *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.

Die Gattung *Skeletonema* ist einer taxonomischen Revision unterzogen worden (SARNO et al. 2005, ZINGONE et al. 2005). Das machte eine Neubestimmung der typischen Frühjahrs-Kieselalge *Skeletonema costatum* erforderlich. Es stellte sich aufgrund elektronenmikroskopischer Untersuchungen heraus, dass die in unseren Proben gefundene Art als *S. marinoi* bezeichnet werden muß (Abb. 4). Aufgrund der Entscheidung der HELCOM-Phytoplankton-Expertengruppe, sich strikt an die gemeinsame Artenliste (OLENINA et al. 2006) zu halten, belassen wir es vorerst bei dem bisher gebrauchten Namen *S. costatum*.

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

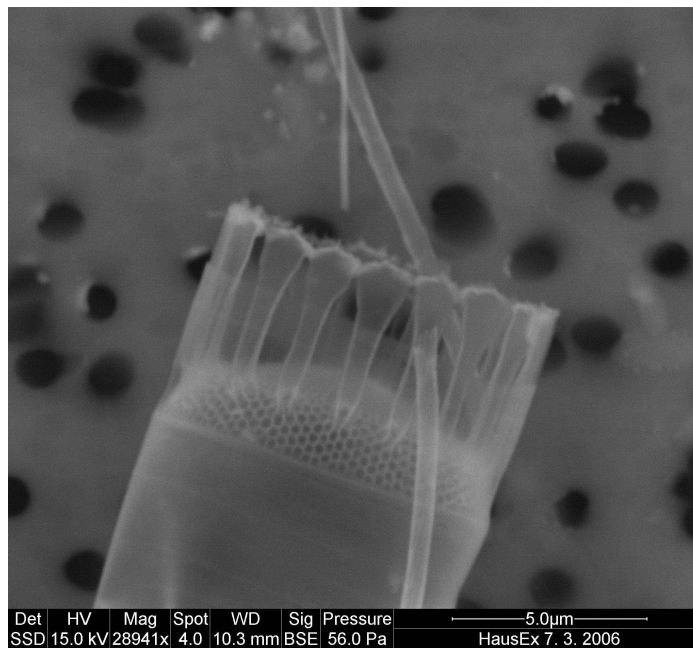


Abb. 4

Elektronenmikroskopische Aufnahme von *Skeletonema marinoi* vom 7.3.2006, Heiligendamm (Foto: Busch, Bahlo)

Fig. 4

Elektron microscopical photo of *Skeletonema marinoi* from 7.3.2006, Heiligendamm (Photo: Busch, Bahlo)

4.1.2.1 Mecklenburger Bucht (einschl. Lübecker Bucht)

Winter und Frühjahr

Die relativ hohen Biomassewerte vom Januar (Abb. 5 a, b) enthielten erstaunlich wenig Cryptophyceen (meist *Teleaulax* sp.) und Dinoflagellaten (meist *Ceratium tripos*), sondern ungewöhnlich viele Kieselalgen (*Chaetoceros curvisetus*, *Thalassiosira* sp., *Proboscia alata*, *Rhizosolenia setigera*, auf Stat. 012 zusätzlich noch *Coscinodiscus concinnus*, auf Stat. 022 auch *Thalassionema nitzschioides*). Es sind die Reste der vorjährigen Vegetationsperiode, die sich vielleicht wegen des recht warmen Januar noch halten konnten. Die Biomasse sank bis Anfang März aber deutlich ab. Der März war kalt. Deshalb dürfte sich die Frühjahrsblüte relativ spät entwickelt haben. Da die Frühjahrsfahrt im Jahre 2005 erst Anfang April stattfand, lassen sich keine konkreteren Aussagen zum Blütenbeginn in den verschiedenen Seegebieten machen. Anfang April war die Blüte in fast allen Seegebieten bereits entwickelt. Eine zusätzliche Probe aus der Lübecker Bucht vom 15.3.05 (Abb. 5 b) zeigt schon eine deutliche Phytoplanktonentwicklung an, aber im Vorjahr hatte die Blüte speziell in dieser Bucht zu diesem Zeitpunkt sogar schon fast ihr Maximum erreicht.

Der Zeitpunkt des Algenwachstums läßt sich auch aus dem Verbrauch der Nährstoffe in der euphotischen Zone des Wasserkörpers ableiten. Innerhalb der Mecklenburger Bucht zeigte sich im

Jahre 2005 die häufig beobachtete Erscheinung der Verzögerung des Blütenbeginns in östliche Richtung. Während die Nährstoffe Anfang April an Station O22 schon fast komplett aufgebraucht sind, wurden an Station 046 noch fast 20 % der Winter-Konzentration an gelöstem anorganischem Stickstoff (DIN) und deutlich höhere Anteile beim Phosphat und Silikat gemessen (Tab. 4). Es ist erwähnenswert, dass die Algen den Stickstoff besonders begierig aufnehmen und möglicherweise speichern. Die Nährstoffabnahme ist im wesentlichen bis Mitte April beendet.

Tab. 4

Mittlere Nährstoffkonzentrationen (in mmol m^{-3}) in 0-10 m Wassertiefe an den genannten Stationen in der Periode der Frühjahrsblüte (NAUSCH, unveröff.). $\text{N} = \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$, $\text{P} = \text{PO}_4^{3-}$. Daten vom 2.-3.3.05 und 13.-14.4.05 vom Projekt SIBER (BRODHERR 2006).

Table 4

Mean nutrient concentrations (mmol m^{-3}) at 0-10 m water depth at five stations in the period of the spring bloom (NAUSCH, unpubl). $\text{N} = \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$, $\text{P} = \text{PO}_4^{3-}$. Data from 2.-3.3.05 and 13.-14.4.05 from project SIBER (BRODHERR 2006).

Datum	Stat. 012			Stat. 046			Stat. 113			Stat. 213			Stat. 271		
	N	P	Si	N	P	Si	N	P	Si	N	P	Si	N	P	Si
10.2.-16.2.05	3.06	0.69	14.8	2.97	0.68	14.6	2.48	0.72	14.1	2.91	0.88	15.3	3.26	0.80	16.0
18.2.-20.2.05	3.43	0.50	9.3	3.12	0.71	16.5	3.35	0.90	17.7	3.36	1.14	20.2			
2.3.-3.3.05				3.38	0.71	13.7	3.70	1.00	18.2	3.83	1.20	21.2			
2.4.-7.4.05	0.29	0.25	6.2	0.56	0.57	13.0	1.27	0.81	17.4	0.03	0.74	15.7	0.90	0.57	12.2
9.4.-10.4.05				0.04	0.21	5.7	0.07	0.49	11.1	0.03	0.71	14.6			
13.4.-14.4.05				<0.1	0.21	4.6	<0.1	0.60	12.3	<0.1	0.70	13.7			
10.5.-15.5.05	0.01	0.11	5.0	0.13	0.13	4.2	0.04	0.17	5.7	0.01	0.61	14.6	0.00	0.16	10.1
17.5.-19.5.05				2.09	0.43	15.9	0.02	0.34	8.4	0.02	0.53	13.2			

Als wesentliche Beobachtung ist hervorzuheben, dass erstmalig im Jahre 2005 in der Mecklenburger Bucht eine lang anhaltende Kieselalgenblüte beobachtet wurde: mindestens von Anfang April bis Mitte Mai. Ein zusätzlicher Meßtermin in der Lübecker Bucht zeigt, dass sich schon zum 15.3. eine hohe Biomasse gebildet hatte. Innerhalb der Kieselalgenblüte trat eine gewisse Sukzession auf:

Die dominierenden Arten an den Stationen O22 und 012 waren:

am 13.5.05: *Rhizosolenia setigera*,

am 1.-2.4.05: *Porosira glacialis*, *Rhizosolenia setigera*, *Skeletonema costatum*,

am 10.4.05: *Rhizosolenia setigera*, *Skeletonema costatum*,

am 21.4. und 10.5.05: *Rhizosolenia setigera*,

am 18.5. und 19.5.05: *Rhizosolenia setigera*, *Dictyocha speculum*

Die dominierenden Arten an Stationen 046 waren:

am 2.4.05: *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira anguste-lineata*,

am 10.4.05: *Skeletonema costatum*, *Rhizosolenia setigera*,

am 21.4.05: *Rhizosolenia setigera*,

am 11.5. und 19.5.05: *Rhizosolenia setigera*, *Dictyocha speculum*

Porosira glacialis ist eine marine Kaltwasserart, die von uns im Jahre 2004 erstmals gefunden wurde. Sie ist offensichtlich durch die Belte eingeschwemmt worden. Auch die über 2 Monate in der westlichen Mecklenburger Bucht dominierende *Rhizosolenia setigera* ist marinen Ursprungs. Sie bildete offensichtlich eine einheitliche, langanhaltende Blüte. Es muß aber vermerkt werden, dass die Blüte von *Rhizosolenia setigera* an der Küstenstation Heiligendamm bereits am 3.5.05 ihr Maximum mit 660 mg m^{-3} erreicht hatte und dann verschwand. Diese Küstendaten, nur von Oberflächenproben, werden hier nicht weiter betrachtet. 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. Es muß hervorgehoben werden, dass der Befund einer sehr lang andauernden Blüte aus den Nährstoff- und Chlorophylldaten nicht erklärt werden kann. Die limitierenden Stickstoff-Salze waren bereits im April fast aufgebraucht und dürften kein weiteres Wachstum erlauben. Das Phytoplankton hatte möglicherweise zuvor Stickstoff gespeichert oder nutzt auch organische Stickstoff-Quellen oder es kam zwischenzeitlich zum Eintrag neuer Nährstoffe, die schnell aufgenommen wurden. Die Chlorophyll-a-Konzentrationen hatten Anfang April ihren Maximalwert erreicht (Tab. 7). Eventuell handelt es sich um eine alternde Blüte, die kaum noch produktiv war und sich trotzdem noch lange im Wasser suspendiert hielt. Es muss auch berücksichtigt werden, dass bei Angabe der Biovolumina solche sehr großen Kieselalgenzellen wie *Rhizosolenia setigera* in ihrer Bedeutung überschätzt werden, da sie eine große wässrige Vakuole enthalten, die kaum organische Substanz beinhaltet.

Eine 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. Im Jahre 2005 fand keine signifikante Dinoflagellaten-Entwicklung statt.

Der in den Jahren 2001-2003 nach der Kieselalgenblüte häufige Flagellat *Dictyocha speculum* trat im Jahre 2004 an den Stationen 012 und O22 im April und Mai mit fast 2000 mg m^{-3} sogar als absolut dominante Art auf. Im Jahre 2005 war *Dictyocha speculum* im wesentlichen Mitte Mai zu finden. Es trat wieder als „nackte“ Form, also ohne Kieselskelett auf. In den Abb. 5-7 wurde es der Einfachheit halber immer noch zu den Chrysophyceen gezählt, obwohl es nach neueren taxonomischen Gesichtspunkten eine eigene Klasse bildet.

Der im Jahre 1999 stark aufgekommene Ciliat *Mesodinium rubrum* (Synonym: *Myrionecta rubra*) ist inzwischen wieder deutlich zurück gegangen. Er ist in der Mecklenburger Bucht ohnehin weniger präsent als in der eigentlichen Ostsee.

Die wichtigsten Arten des Frühjahrs 2005 sind der Tabelle 5 (Seite 28-29) zu entnehmen.

Sommer

Die Frühjahrsblüte (*Rhizosolenia setigera*, *Dictyocha speculum*) war Anfang Juni beendet, wenn das sommerliche Biomasseminimum auftritt. Zu dieser Zeit fanden aber keine Fahrten statt. Nur dank der Proben vom LANU-SH kann für die Stationen 012 und O22 eine Aussage getroffen werden. Es zeigte sich am 8.6.05 der Beginn einer Entwicklung der Kieselalge *Dactyliosolen fragilissimus*, die zum 28.6.05 bereits auf eine Biomasse von $1800-1900 \text{ mg m}^{-3}$ angestiegen war.

Das Maximum wurde am 20.7.05 an Station O22 mit 12932 mg m^{-3} registriert. An Station 046 war diese Blüte deutlich schwächer. An der Küstenstation Heiligendamm wurde das Maximum von *Dactyliosolen fragilissimus* am 26.7.05 mit 3560 mg m^{-3} ermittelt. Die sommerliche Dominanz von *Dactyliosolen fragilissimus* war bis zum Jahre 2002 gegeben. Im Sommer 2003 war *Guinardia flaccida* die häufigste Kieselalge, im Juli 2004 dagegen *Cerataulina pelagica* und *Proboscia alata*. Im Jahre 2005 trat also wieder der „Normalfall“ ein. Selbstverständlich waren auch andere Kieselalgen beigemischt, insbesondere *Proboscia alata*, z.B. am 28.7.05 an Station 012 in 17 m Tiefe (3873 mg m^{-3}). Cyanobakterien traten nur kurzzeitig im Juli in geringen Biomassen auf.

Herbst

Anfang September war die *Dactyliosolen*-Blüte bis auf geringe Reste zusammengebrochen. Es kamen insbesondere an Station O22 weitere Kieselalgenarten (*Cerataulina pelagica*, *Rhizosolenia pungens*) und Dinoflagellaten (*Prorocentrum micans*, *Ceratium tripos*) hinzu. Insbesondere *Ceratium tripos* und *C. fusus* wuchsen zur typischen Herbstblüte mit ihrem Maximum im November an. Die Dinoflagellaten-Herbstblüte wird im allgemeinen von Kieselalgen begleitet. Die dominante Herbst-Kieselalge war, wie schon in 2004, *Guinardia flaccida*.

4.1.2.2 Arkonasee

In der Arkonasee wurden eine westliche Station nahe der Darßer Schwelle (Stat. 030, Abb. 6a), eine zentrale Station (Stat. 113, Abb. 6b) und eine östliche Station (Stat. 109, Abb. 6c) untersucht.

Winter und Frühjahr

Die oben für die Mecklenburger Bucht beschriebene Tendenz der Verringerung der Nährstoff-Konsumtion vom 10.2. bis 2.4.05 in östliche Richtung setzte sich nicht weiter fort. Im Gegenteil: An Station 030 (und Station 213, siehe Kap. 4.1.2.4) waren die Nitrat+Nitrit-Konzentrationen Anfang April fast auf Null gesunken. Das heißt, Anfang April dürfte sich das Wachstumspotenzial des Phytoplanktons wegen Mangels des limitierenden Nährstoffs bereits erschöpft haben, und zwar gleichzeitig an den weit voneinander entfernten Stationen O22, 030 und 213 (vgl. Tab. 4). Wie bereits in der Mecklenburger Bucht, hielt sich jedoch im April auch in der Arkonasee eine relativ hohe Biomasse. Aber im Gegensatz zur Mecklenburger Bucht war die Kieselalgenblüte im Mai beendet.

Diese Unterschiede sind in unterschiedlichen Artenzusammensetzungen begründet. Schon die bekannte Tatsache (z.B. Abb. 18a in WASMUND et al. 2005), dass die Bedeutung von *Mesodinium rubrum* in östliche Richtung zunimmt, schlägt hier voll durch. Während die ersten Anzeichen einer Blüte in der Lübecker Bucht am 15.3.05 mit einer Dominanz von *Rhizosolenia setigera* beobachtet wurden, konnte an Station 113 bereits am 2.3.05 eine Blüte von *Mesodinium rubrum* registriert werden. So früh im März war in der Mecklenburger Bucht noch ein winterliches Biomasse-Minimum zu verzeichnen.

Bezüglich der relativ schwachen Entwicklung von *Mesodinium rubrum* ähnelt die Station 030 eher der Mecklenburger Bucht (vgl. Abb. 5c mit Abb. 6a, siehe auch Abb. 17a). Bezüglich der Kieselalgenarten stellt eher Station 046 den Übergang dar, denn hier fanden wir sowohl das in der Mecklenburger Bucht dominierende *Rhizosolenia setigera* (bes. 14.4.-19.5.) als auch das in der

Arkonasee dominierende *Skeletonema costatum* (2.4.-10.4.) als häufigste Arten. Aber selbst an Station 030 kamen am 10.4.06 *Porosira glacialis* (Oberfläche: 8 mg m⁻³, 15 m Tiefe: 81 mg m⁻³) und *Rhizosolenia setigera* (Oberfläche: 53 mg m⁻³, 15 m Tiefe: 150 mg m⁻³) neben *Skeletonema costatum* (Oberfläche: 386 mg m⁻³, 15 m Tiefe: 306 mg m⁻³) und *Chaetoceros* spp. (Oberfläche: 152 mg m⁻³, 15 m Tiefe: 108 mg m⁻³) vor. Bis zum 11.5.06 war die Kieselalgenblüte an Station 030 abgesunken, denn im Gegensatz zur Oberflächenprobe (0-10m: gesamt = 808 mg m⁻³, davon *Rhizosolenia setigera* = 90 mg m⁻³) finden sich in 20 m Tiefe 1870 mg m⁻³, davon *Rhizosolenia setigera* = 990 mg m⁻³.

An Station 113 dominierten unter den Kieselalgen am 10.4.06 ebenfalls *Skeletonema costatum* (Oberfläche: 442 mg m⁻³, 42 m Tiefe: 377 mg m⁻³) und *Chaetoceros* spp. (Oberfläche: 227 mg m⁻³, 42 m Tiefe: 125 mg m⁻³). An Station 109 wurde das Kieselalgenmaximum am 4.4.06 beobachtet mit *Skeletonema costatum* (Oberfläche: 365 mg m⁻³) und *Thalassiosira* spp. (Oberfläche: 551 mg m⁻³).

Im Gegensatz zur Mecklenburger Bucht geht die Kieselalgenblüte in der Arkonasee bereits ab Mitte April deutlich zurück, und sie ist bis Mitte Mai beendet. Auch der die Kieselalgenblüte begleitende Ciliat *Mesodinium rubrum* verschwand. Speziell an Station 030 wurde nach dem Absinken der Kieselalgen bis in 20 m Tiefe (siehe oben) am 11.5.06 in den oberen 10 m der Wassersäule eine Blüte des nackten Flagellaten *Dictyocha speculum* beobachtet, der zu dieser Zeit für die Mecklenburger Bucht typisch ist (vgl. auch Abb. 17a). Er war aber bereits am 19.5.06 verschwunden. Zu dieser Zeit wurde das Biomasseminimum registriert.

Sommer

Die im Sommer für die eigentliche Ostsee typische Cyanobakterienblüte konnte in der Arkonasee nicht nachgewiesen werden (vgl. Abb. 3). Am 21.7.05 kam die Kieselalge *Dactyliosolen fragilissimus* an Station 030 mit 780 mg m⁻³ vor, in 15 m Tiefe sogar mit 1548 mg m⁻³. In 20 m Tiefe gab es nur noch 259 mg m⁻³ *Dactyliosolen fragilissimus*, dafür aber 134 mg m⁻³ *Proboscia alata*. Die *Dactyliosolen*-Blüte trat auch in der Mecklenburger Bucht auf, aber nicht an den anderen Stationen der Arkonasee (vgl. Abb. 17b). Sie war an Station 030 aber bereits am 27.7.05 wieder beendet. Dann wurden Cryptophyceen (*Plagioselmis prolonga*, *Teleaulax* sp.) dominant. In den östlichen Teilen der Arkonasee war noch *Chaetoceros impressus* signifikant.

Herbst

Im Gegensatz zur Mecklenburger Bucht war in der Arkonasee im Spätherbst 2005 keine Blüte festzustellen. Es herrschten Cryptophyceen (*Teleaulax* sp., *Plagioselmis prolonga*) vor. Auch der heterotrophe Flagellat *Ebria tripartita*, der Dinoflagellat *Heterocapsa rotundata* und die Kieselalge *Coscinodiscus granii* sind erwähnenswert.

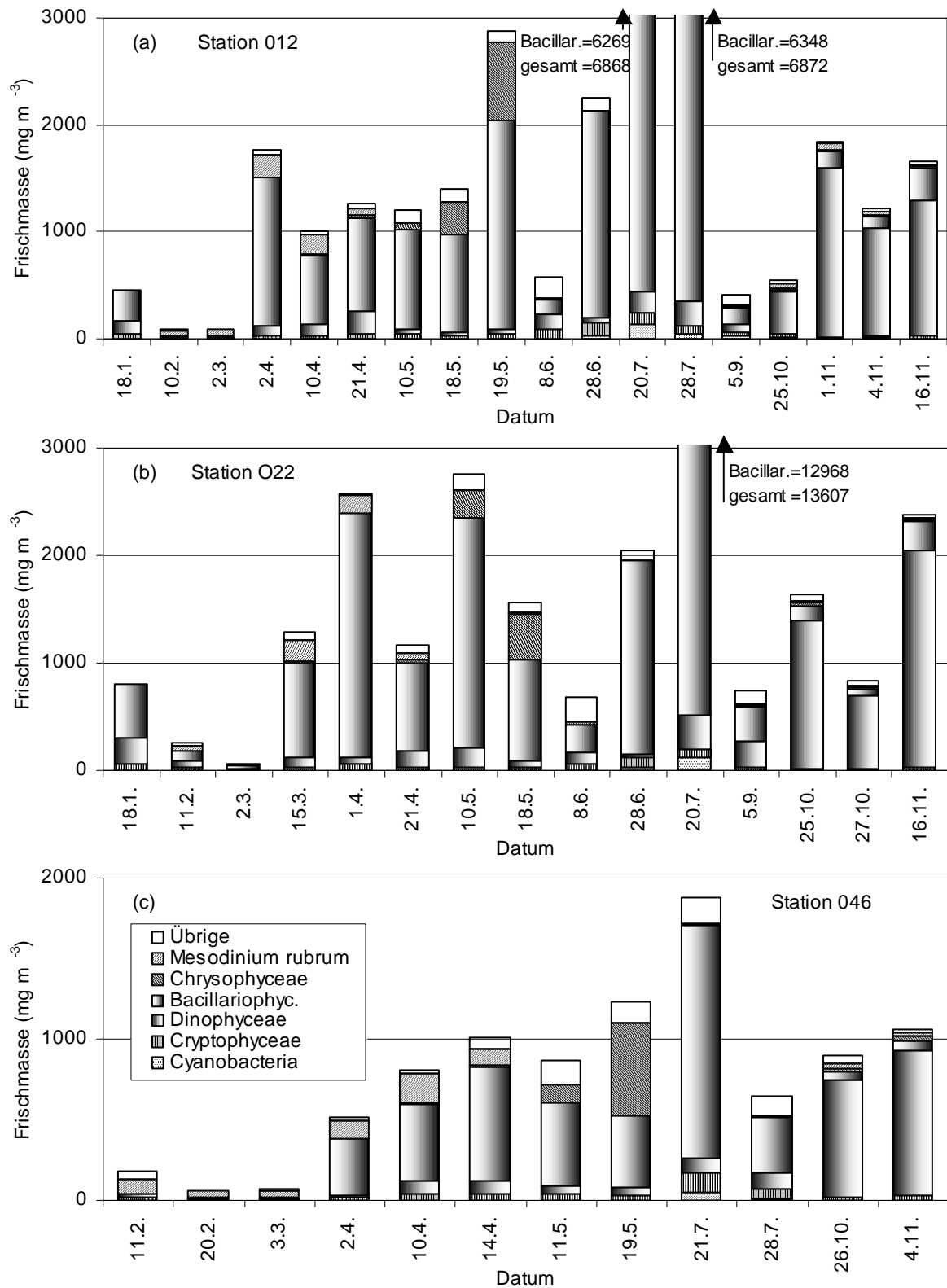


Abb. 5

Jahresgang 2005 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der zentralen Mecklenburger Bucht (a), der Lübecker Bucht (b) und der östlichen Mecklenburger Bucht (c)

Fig. 5

Seasonal variation of phytoplankton wet weight, splitted into main taxonomical groups, in the central Mecklenburg Bight (a), Lübeck Bight (b) and eastern Mecklenburg Bight (c) in 2005

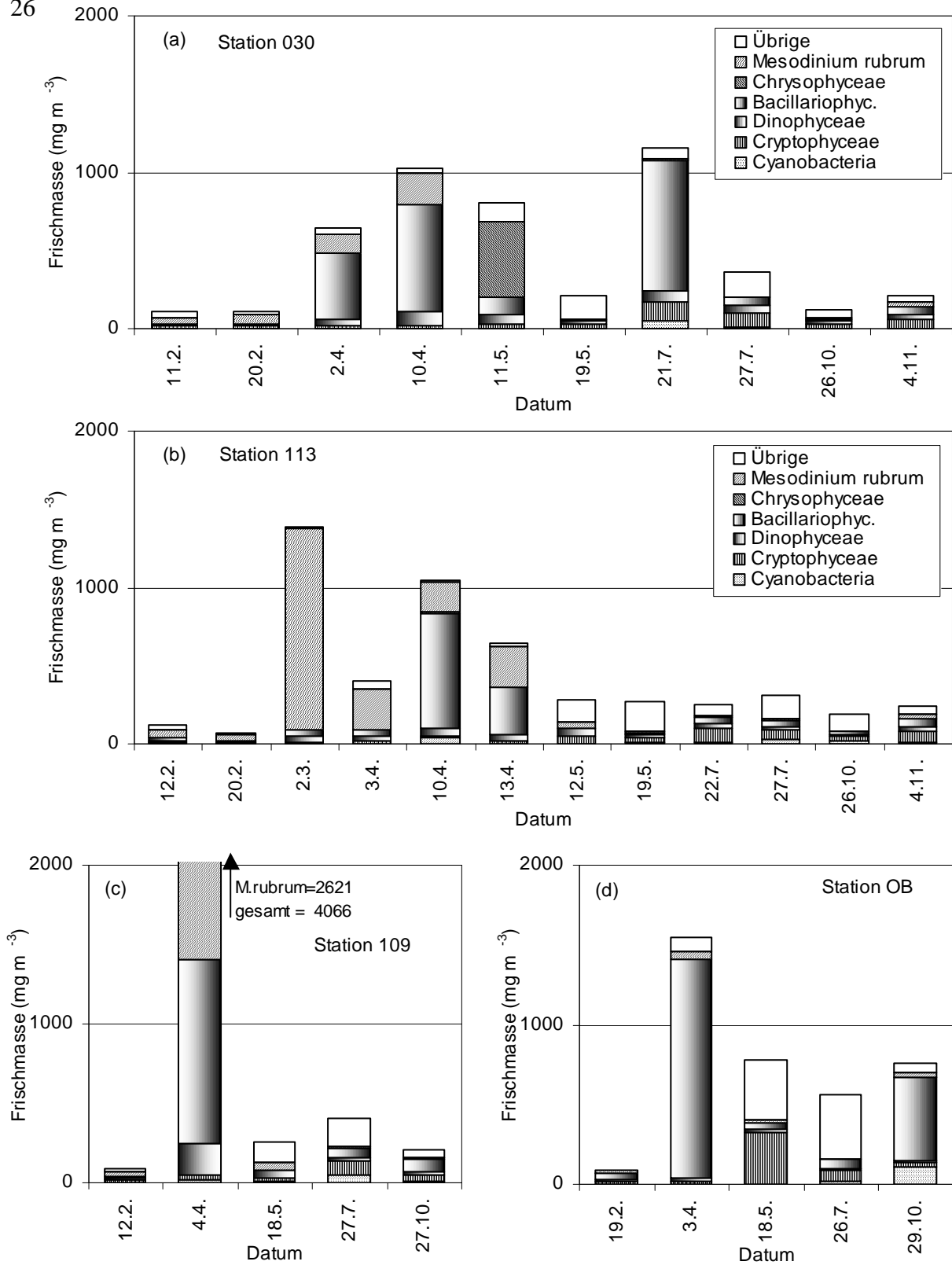


Abb. 6

Jahresgang 2005 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der westlichen (a), zentralen (b) und östlichen (c) Arkonasee sowie der Pommerschen Bucht (d)

Fig. 6

Seasonal variation of phytoplankton wet weight, splitted into main taxonomical groups, in the western (a), central (b) and easter (c) Arkona Sea and in Pomeranian Bight (d) in 2005

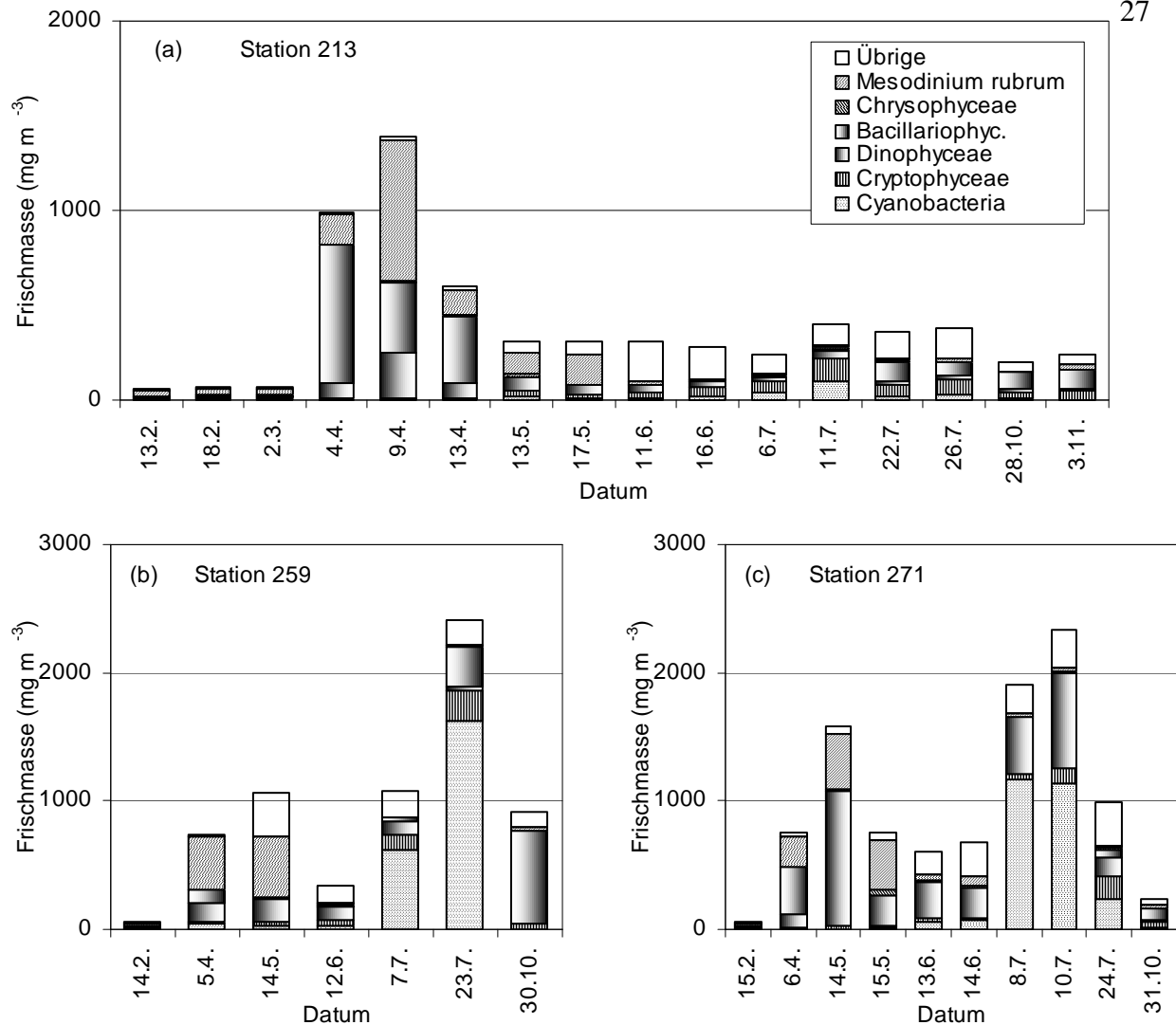


Abb. 7

Jahresgang 2005 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Bornholmsee (a), der südlichen (b) und der östlichen (c) Gotlandsee

Fig. 7

Seasonal variation of phytoplankton wet weight, splitted into main taxonomical groups, in the Bornholm Sea (a), the southern (b) and the eastern (c) Gotland Sea in 2005

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 3.4.2005 gefundene klassisch ausgeprägte Frühjahrsblüte nachweisen (Abb. 6d). Sie wurde von *Skeletonema costatum* (1024 mg m^{-3}) und *Diatoma tenuis* (123 mg m^{-3}) gebildet. Am 18.5.05 waren nur noch 22 mg m^{-3} *Skeletonema costatum* und 5 mg m^{-3} *Diatoma tenuis* verblieben; es dominierten Cryptophyceen (z.B. *Plagioselmis prolunga*: 201 mg m^{-3}) und unbestimmtes Nanoplankton einer Größe von 2-5 μm . Auch am 26.7.05 waren unbestimmtes Nanoplankton und *Plagioselmis prolunga* dominant, doch es kamen auch *Coscinodiscus granii* und *Chaetoceros impressus* vor. Die Kieselalgen-Herbstblüte wurde mit der Probe vom 29.10.05 repräsentiert. Sie bestand wie im Vorjahr hauptsächlich aus *Coscinodiscus granii* (420 mg m^{-3}) und *Skeletonema subsalsum* (64 mg m^{-3}).

Tab. 5

Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Arten (in Prozent der Phytoplankton-Biomasse) in den oberen 10 m der Wassersäule im Frühjahr, Sommer und Herbst 2005 in den verschiedenen Seegebieten. Fortsetz. auf Seite 29 !

Table 5

The 10 most abundant phytoplankton species (percentage of total phytoplankton biomass) in the different sea areas (upper 10 m) in spring, summer and autumn 2005. Continued on page 29 !

Frühjahr (Febr.-Mai)	(%)	Sommer (Juni-Sept.)	(%)	Herbst (Okt.-Dez.)	(%)
Lübecker Bucht (Stat. 022)					
<i>Rhizosolenia setigera</i>	47.9	<i>Cerataulina pelagica</i>	15.8	<i>Ceratium tripos</i>	54.7
<i>Porosira glacialis</i>	12.2	<i>Ceratium tripos</i>	13.2	<i>Ceratium fusus</i>	26.1
<i>Dictyocha speculum</i>	7.2	<i>Prorocentrum micans</i>	11.9	<i>Guinardia flaccida</i>	4.5
<i>Mesodinium rubrum</i>	5.0	<i>Rhizosolenia pungens</i>	8.9	<i>Cerataulina pelagica</i>	1.7
<i>Skeletonema costatum</i>	3.0	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	7.4	<i>Mesodinium rubrum</i>	1.5
<i>Teleaulax</i> sp.	1.4	<i>Proboscia alata</i>	4.8	<i>Protoperdinium</i> sp.	1.1
<i>Ceratium tripos</i>	1.2	<i>Guinardia flaccida</i>	3.7	<i>Teleaulax</i> sp.	1.0
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	1.2	<i>Mesodinium rubrum</i>	2.6	<i>Dictyocha speculum</i>	0.9
<i>Thalassiosira</i> sp.	1.1	<i>Heterocapsa rotundata</i>	1.7	<i>Prorocentrum micans</i>	0.8
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0.9	<i>Plagioselmis prolonga</i>	1.6	<i>Chaetoceros socialis</i>	0.7
Zentrale Mecklenburger Bucht (Stat. 012)					
<i>Rhizosolenia setigera</i>	52.5	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	77.0	<i>Ceratium tripos</i>	46.1
<i>Dictyocha speculum</i>	11.2	<i>Proboscia alata</i>	5.1	<i>Ceratium fusus</i>	28.8
<i>Mesodinium rubrum</i>	5.6	<i>Cerataulina pelagica</i>	1.5	<i>Guinardia flaccida</i>	4.8
<i>Porosira glacialis</i>	4.8	<i>Ceratium tripos</i>	1.2	<i>Mesodinium rubrum</i>	3.1
<i>Skeletonema costatum</i>	4.5	<i>Plagioselmis prolonga</i>	1.2	<i>Prorocentrum micans</i>	1.6
<i>Chaetoceros</i> sp.	2.8	<i>Teleaulax</i> sp.	0.6	<i>Dinophysis</i> sp.	1.6
<i>Teleaulax</i> sp.	1.5	<i>Nodularia spumigena</i>	0.5	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	1.5
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1.4	<i>Mesodinium rubrum</i>	0.4	<i>Teleaulax</i> sp.	1.4
<i>Thalassiosira</i> sp.	0.7	<i>Guinardia flaccida</i>	0.4	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	1.1
<i>Phacus</i> sp.	0.6	<i>Phacus</i> sp.	0.4	<i>Protoperdinium</i> sp.	1.1
Östliche Mecklenburger Bucht (Stat. 046)					
<i>Rhizosolenia setigera</i>	33.5	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	56.5	<i>Ceratium tripos</i>	46.6
<i>Dictyocha speculum</i>	14.3	<i>Proboscia alata</i>	8.9	<i>Ceratium fusus</i>	31.4
<i>Mesodinium rubrum</i>	11.5	<i>Plagioselmis prolonga</i>	4.1	<i>Guinardia flaccida</i>	2.9
<i>Skeletonema costatum</i>	10.9	<i>Ceratium tripos</i>	2.6	<i>Mesodinium rubrum</i>	2.4
<i>Teleaulax</i> sp.	2.3	<i>Cerataulina pelagica</i>	1.4	<i>Protoperdinium</i> sp.	2.2
<i>Chaetoceros</i> sp.	1.8	<i>Chaetoceros impressus</i>	0.9	<i>Teleaulax</i> sp.	2.0
<i>Thalassiosira</i> sp.	1.6	<i>Anabaena</i> sp.	0.7	<i>Dictyocha speculum</i>	1.9
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	1.4	<i>Nodularia spumigena</i>	0.7	<i>Prorocentrum micans</i>	1.8
<i>Phacus</i> sp.	1.4	<i>Teleaulax</i> sp.	0.5	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	1.3
<i>Heterocapsa rotundata</i>	1.3	<i>Guinardia flaccida</i>	0.4	<i>Ebria tripartita</i>	1.0
Westliche Arkonasee (Stat. 030)					
<i>Skeletonema costatum</i>	24.7	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	51.3	<i>Teleaulax</i> sp.	12.6
<i>Dictyocha speculum</i>	16.5	<i>Plagioselmis prolonga</i>	5.1	<i>Mesodinium rubrum</i>	10.3
<i>Mesodinium rubrum</i>	14.4	<i>Anabaena</i> sp.	1.0	<i>Plagioselmis prolonga</i>	7.2
<i>Chaetoceros</i> sp.	6.5	<i>Cerataulina pelagica</i>	1.0	<i>Ebria tripartita</i>	6.2
<i>Rhizosolenia setigera</i>	4.9	<i>Proboscia alata</i>	0.8	<i>Coscinodiscus granii</i>	4.9
<i>Phacus</i> sp.	3.8	<i>Ceratium tripos</i>	0.7	<i>Ceratium tripos</i>	4.9
<i>Thalassiosira</i> sp.	2.8	<i>Nodularia spumigena</i>	0.7	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	4.6
<i>Teleaulax</i> sp.	2.6	<i>Teleaulax</i> sp.	0.7	<i>Eutreptiella</i> sp.	3.7
<i>Heterocapsa rotundata</i>	2.0	<i>Chaetoceros impressus</i>	0.6	<i>Cerataulina pelagica</i>	3.0
<i>Plagioselmis prolonga</i>	1.1	<i>Heterocapsa rotundata</i>	0.6	<i>Heterocapsa rotundata</i>	2.9

Zentrale Arkonasee (Stat. 109, 113)					
<i>Mesodinium rubrum</i>	58.4	<i>Plagioselmis prolunga</i>	11.8	<i>Coscinodiscus granii</i>	21.4
<i>Skeletonema costatum</i>	10.1	<i>Aphanizomenon</i> sp.	6.6	<i>Teleaulax</i> sp.	11.7
<i>Thalassiosira</i> sp.	9.5	<i>Chaetoceros impressus</i>	5.3	<i>Plagioselmis prolunga</i>	7.8
<i>Ebria tripartita</i>	5.6	<i>Mesodinium rubrum</i>	3.0	<i>Mesodinium rubrum</i>	4.6
<i>Chaetoceros</i> sp.	4.1	<i>Teleaulax</i> sp.	3.0	<i>Aphanizomenon</i> sp.	4.0
<i>Heterocapsa rotundata</i>	1.5	<i>Pseudanabaena</i> sp.	2.6	<i>Heterocapsa rotundata</i>	3.3
<i>Phacus</i> sp.	1.1	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	1.4	<i>Ebria tripartita</i>	3.1
<i>Teleaulax</i> sp.	1.0	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	1.0	<i>Eutreptiella</i> sp.	2.0
<i>Plagioselmis prolunga</i>	0.8	<i>Heterocapsa rotundata</i>	0.9	<i>Actinocyclus</i> sp.	2.0
<i>Aphanizomenon</i> sp.	0.8	<i>Pyramimonas</i> sp.	0.9	<i>Chaetoceros impressus</i>	1.5
Pommersche Bucht (Stat. OB)					
<i>Skeletonema costatum</i>	44.1	<i>Plagioselmis prolunga</i>	8.5	<i>Coscinodiscus granii</i>	55.2
<i>Plagioselmis prolunga</i>	8.6	<i>Coscinodiscus granii</i>	5.2	<i>Planktothrix</i> sp.	11.9
<i>Thalassiosira</i> sp.	7.2	<i>Nodularia spumigena</i>	3.0	<i>Skeletonema subsalsum</i>	8.4
<i>Diatoma tenuis</i>	5.5	<i>Teleaulax</i> sp.	2.9	<i>Ebria tripartita</i>	5.7
<i>Teleaulax</i> sp.	4.5	<i>Chaetoceros impressus</i>	2.0	<i>Mesodinium rubrum</i>	4.2
<i>Mesodinium rubrum</i>	3.8	<i>Pyramimonas</i> sp.	1.6	<i>Teleaulax</i> sp.	2.2
<i>Chaetoceros wighamii</i>	1.9	<i>Ebria tripartita</i>	1.2	<i>Coscinodiscus</i> sp.	1.8
<i>Hemiselmis</i> sp.	0.9	<i>Actinocyclus</i> sp.	1.1	<i>Diatoma tenuis</i>	1.4
<i>Chaetoceros</i> sp.	0.6	<i>Mesodinium rubrum</i>	0.8	<i>Plagioselmis prolunga</i>	1.2
<i>Ebria tripartita</i>	0.6	<i>Trachelomonas</i> sp.	0.7	<i>Chaetoceros</i> sp.	0.8
Bornholmsee (Stat. 213)					
<i>Mesodinium rubrum</i>	36.3	<i>Plagioselmis prolunga</i>	9.8	<i>Coscinodiscus granii</i>	38.7
<i>Skeletonema costatum</i>	18.1	<i>Chaetoceros impressus</i>	6.8	<i>Teleaulax</i> sp.	8.9
<i>Chaetoceros</i> sp.	10.7	<i>Nodularia spumigena</i>	5.0	<i>Mesodinium rubrum</i>	7.6
<i>Chaetoceros ceratosporus</i>	4.5	<i>Chrysochromulina</i> sp.	4.6	<i>Plagioselmis prolunga</i>	6.7
<i>Heterocapsa rotundata</i>	2.7	<i>Mesodinium rubrum</i>	3.9	<i>Actinocyclus</i> sp.	2.3
<i>Thalassiosira</i> sp.	2.0	<i>Teleaulax</i> sp.	2.8	<i>Eutreptiella</i> sp.	2.0
<i>Chaetoceros similis</i>	1.9	<i>Aphanizomenon</i> sp.	2.4	<i>Heterocapsa rotundata</i>	1.9
<i>Teleaulax</i> sp.	1.7	<i>Pyramimonas</i> sp.	1.5	<i>Ebria tripartita</i>	1.9
<i>Peridiniella catenata</i>	1.6	<i>Aphanothece</i> sp.	1.3	<i>Aphanizomenon</i> sp.	1.6
<i>Aphanizomenon</i> sp.	1.3	<i>Snowella</i> sp.	0.6	<i>Hemiselmis</i> sp.	1.6
Südliche Gotlandsee (Stat. 259)					
<i>Mesodinium rubrum</i>	48.3	<i>Nodularia spumigena</i>	52.5	<i>Coscinodiscus granii</i>	45.7
<i>Aphanizomenon</i> sp.	4.4	<i>Nitzschia paleacea</i>	7.9	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	32.5
<i>Peridiniella catenata</i>	2.9	<i>Plagioselmis prolunga</i>	6.2	<i>Plagioselmis prolunga</i>	2.3
<i>Chaetoceros</i> sp.	2.8	<i>Aphanizomenon</i> sp.	5.9	<i>Mesodinium rubrum</i>	2.2
<i>Pyramimonas</i> sp.	2.2	<i>Eutreptiella</i> sp.	2.4	<i>Teleaulax</i> sp.	1.4
<i>Chaetoceros subtilis</i>	1.7	<i>Ebria tripartita</i>	1.1	<i>Hemiselmis</i> sp.	0.6
<i>Amylax triacantha</i>	1.3	<i>Teleaulax</i> sp.	1.0	<i>Chaetoceros impressus</i>	0.4
<i>Teleaulax</i> sp.	1.0	<i>Mesodinium rubrum</i>	0.7	<i>Eutreptiella</i> sp.	0.3
<i>Skeletonema costatum</i>	1.0	<i>Chaetoceros impressus</i>	0.6	<i>Heterocapsa rotundata</i>	0.3
<i>Katodinium glaucum</i>	0.8	<i>Trachelomonas</i> sp.	0.5	<i>Cerataulina pelagica</i>	0.3
Östliche Gotlandsee (Stat. 271)					
<i>Mesodinium rubrum</i>	26.8	<i>Nodularia spumigena</i>	25.4	<i>Coscinodiscus granii</i>	34.0
<i>Coscinodiscus granii</i>	10.3	<i>Aphanizomenon</i> sp.	13.4	<i>Mesodinium rubrum</i>	11.4
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	7.3	<i>Ebria tripartita</i>	3.0	<i>Plagioselmis prolunga</i>	8.6
<i>Thalassiosira</i> sp.	3.7	<i>Plagioselmis prolunga</i>	2.9	<i>Teleaulax</i> sp.	5.3
<i>Heterocapsa rotundata</i>	3.6	<i>Mesodinium rubrum</i>	2.8	<i>Actinocyclus</i> sp.	4.6
<i>Skeletonema costatum</i>	2.6	<i>Chrysochromulina</i> sp.	1.6	<i>Aphanizomenon</i> sp.	4.0
<i>Peridiniella catenata</i>	1.8	<i>Dinophysis norvegica</i>	1.2	<i>Hemiselmis</i> sp.	2.5
<i>Chaetoceros</i> sp.	1.6	<i>Aphanothece</i> sp.	0.9	<i>Chaetoceros impressus</i>	1.8
<i>Dinobryon</i> sp.	1.4	<i>Eutreptiella</i> sp.	0.9	<i>Eutreptiella</i> sp.	1.2
<i>Teleaulax</i> sp.	1.0	<i>Pyramimonas</i> sp.	0.7	<i>Heterocapsa rotundata</i>	1.0

Tab. 6

Alphabetische Liste der im Jahre 2005 gefundenen Phytoplanktonarten und ihrer taxonomischen Zugehörigkeit mit Angabe der Rangfolge (nach Biomasse, alle Stationen) und saisonalem Vorkommen. Fortsetzung Seite 31-33.

Table 6

Phytoplankton species list of 2005, with class affiliation, biomass rank (for all stations) and seasonal occurrence (continued on page 31-33)

Artname (Gesamtliste)	Klasse	Rang	Febr.	März	Mai	Juli	Okt./Nov.
<i>Achnanthes taeniata</i>	Bacillarioph.	57		X			
<i>Actinocyclus</i> sp.) ¹	Bacillarioph.	44	X	X	X	X	X
<i>Amphidinium crassum</i>	Dinophyceae	134			X	X	
<i>Amphidinium sphenoides</i>	Dinophyceae	132		X			
<i>Amphora</i> sp.	Bacillarioph.	63				X	X
<i>Amylax triacantha</i>) ²	Dinophyceae	52		X	X	X	X
<i>Anabaena</i> spp.	Cyanobact.	29				X	X
<i>Anabaenopsis</i> spp.	Cyanobact.	131					X
<i>Apedinella radians</i>	Chrysophyc.	82		X	X	X	X
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> f. <i>gracile</i>	Cyanobact.	107					X
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Cyanobact.	18	X	X	X	X	X
<i>Aphanocapsa</i> spp.	Cyanobact.	65	X	X	X	X	X
<i>Aphanothece paralleliformis</i>	Cyanobact.	69	X	X	X	X	X
<i>Aphanothece</i> sp.	Cyanobact.	58	X	X	X	X	X
<i>Attheya septentrionalis</i>	Bacillarioph.	64	X	X	X	X	X
<i>Aulacoseira granulata</i>	Bacillarioph.	104					X
<i>Cerataulina pelagica</i>	Bacillarioph.	26				X	X
<i>Ceratium fusus</i>	Dinophyceae	8	X		X	X	X
<i>Ceratium lineatum</i>	Dinophyceae	68				X	X
<i>Ceratium longipes</i>	Dinophyceae	79				X	
<i>Ceratium tripos</i>	Dinophyceae	5	X		X	X	X
<i>Chaetoceros affinis</i>	Bacillarioph.	126				X	X
<i>Chaetoceros brevis</i>	Bacillarioph.	100	X	X			
<i>Chaetoceros ceratosporus</i>	Bacillarioph.	53		X		X	
<i>Chaetoceros contortus</i>	Bacillarioph.	122				X	X
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Bacillarioph.	59	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros danicus</i>	Bacillarioph.	51	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros debilis</i>	Bacillarioph.	112		X	X	X	
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Bacillarioph.	90	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros impressus</i>	Bacillarioph.	21	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros similis</i>	Bacillarioph.	30	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros socialis</i>	Bacillarioph.	113				X	X
<i>Chaetoceros</i> sp.	Bacillarioph.	11	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros subtilis</i>	Bacillarioph.	37	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros thronsdonii</i>	Bacillarioph.	102		X		X	X
<i>Chaetoceros wighamii</i>	Bacillarioph.	32	X	X	X		

<i>Chrysochromulina</i> spp.	Prymnesioph.	50	X		X	X	X
<i>Closterium</i> spp.	Conjugatoph.	135					X
<i>Coelastrum microporum</i>	Chlorophyc.	127					X
<i>Coelosphaerium minutissimum</i>	Cyanobact.	115		X	X	X	X
<i>Coscinodiscus granii</i>	Bacillarioph.	13				X	X
<i>Coscinodiscus radiatus</i>) ³	Bacillarioph.	23	X	X	X	X	X
<i>Coscinodiscus</i> sp.	Bacillarioph.	73					X
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	Cyanobact.	76	X	X	X	X	X
<i>Cyanonephron styloides</i>	Cyanobact.	123				X	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Bacillarioph.	101	X	X	X	X	X
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Bacillarioph.	1	X		X	X	X
<i>Detonula confervacea</i>	Bacillarioph.	106		X			
<i>Diatoma tenuis</i>) ⁴	Bacillarioph.	31	X	X	X		X
<i>Dictyocha speculum</i>	Dictyochoph.	6	X	X	X	X	X
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	Chlorophyc.	93					X
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	Chlorophyc.	114		X			
<i>Dinobryon balticum</i>	Chrysophyc.	38		X	X		
<i>Dinobryon faculiferum</i>) ⁵	Chrysophyc.	91		X	X	X	X
<i>Dinobryon</i> sp.	Chrysophyc.	83		X	X	X	
<i>Dinophysis acuminata</i>	Dinophyceae	130			X		
<i>Dinophysis acuta</i>	Dinophyceae	81		X	X		X
<i>Dinophysis norvegica</i>	Dinophyceae	36	X	X	X	X	X
<i>Dinophysis rotundata</i>	Dinophyceae	120			X	X	X
<i>Dinophysis</i> sp.	Dinophyceae	46	X	X	X	X	X
<i>Dissodinium pseudolunula</i>	Dinophyceae	119					X
<i>Ditylum brightwellii</i>	Bacillarioph.	86	X	X			X
<i>Ebria tripartita</i>	Ebriidea	16	X	X	X	X	X
<i>Eutreptiella</i> sp.	Euglenophyc.	25	X	X	X	X	X
<i>Guinardia delicatula</i>	Bacillarioph.	98	X	X	X	X	X
<i>Guinardia flaccida</i>	Bacillarioph.	24			X	X	X
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>albulum</i>	Dinophyceae	47	X	X	X	X	X
<i>Gymnodinium</i> spp.) ⁶	Dinophyceae	71	X	X	X	X	X
<i>Hemiselmis</i> spp.	Cryptophyc.	34	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa rotundata</i>) ⁷	Dinophyceae	17	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa triquetra</i>	Dinophyceae	125					X
<i>Katodinium glaucum</i>	Dinophyceae	43	X	X	X	X	X
<i>Koliella longiseta</i>	Chlorophyc.	110	X	X			X
<i>Koliella spiralis</i>	Chlorophyc.	138		X			
<i>Lemmermanniella pallida</i>	Cyanobact.	88	X	X	X	X	X
<i>Lemmermanniella parva</i>	Cyanobact.	116	X		X	X	X
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillarioph.	61		X	X	X	
<i>Limnothrix redekei</i>	Cyanobact.	108					X
<i>Melosira arctica</i>	Bacillarioph.	45		X			
<i>Merismopedia punctata</i>	Cyanobact.	136				X	X
<i>Mesodinium rubrum</i>) ⁸	Ciliophora	2	X	X	X	X	X
<i>Monoraphidium contortum</i>	Chlorophyc.	95		X	X	X	X
<i>Monoraphidium</i> sp.	Chlorophyc.	133			X		
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillarioph.	89		X			
<i>Nitzschia paleacea</i>	Bacillarioph.	20				X	X

<i>Nitzschia seriata</i>	Bacillarioph.	60					
<i>Nodularia spumigena</i>	Cyanobact.	7	X	X	X	X	X
<i>Oocystis</i> spp.	Chlorophyc.	105	X	X	X	X	X
<i>Pediastrum boryanum</i>	Chlorophyc.	87			X		X
<i>Pediastrum duplex</i>	Chlorophyc.	109					X
<i>Peridiniella catenata</i>	Dinophyceae	28		X	X		
<i>Phacus</i> spp.	Euglenophyc.	19	X	X	X	X	X
<i>Phaeoceros</i> spp.	Bacillarioph.	96	X	X	X		
<i>Plagioselmis prolonga</i>	Cryptophyc.	10	X	X	X	X	X
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Chlorophyc.	54	X	X	X	X	X
<i>Planktoynghya contorta</i>) ⁹	Cyanobact.	129		X	X		
<i>Planktoynghya</i> spp.	Cyanobact.	103	X	X	X	X	X
<i>Planktothrix</i> sp.) ¹⁰	Cyanobact.	40					X
<i>Porosira glacialis</i>	Bacillarioph.	9		X			
<i>Proboscia alata</i>	Bacillarioph.	15	X	X	X	X	X
<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae	33			X	X	X
<i>Prorocentrum minimum</i>	Dinophyceae	84				X	X
<i>Protoperidinium bipes</i>) ¹¹	Dinophyceae	75		X	X	X	
<i>Protoperidinium divergens</i>	Dinophyceae	55					X
<i>Protoperidinium</i> spp.	Dinophyceae	41	X	X	X	X	X
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	Cyanobact.	66	X	X	X	X	X
<i>Pseudanabaena</i> sp.	Cyanobact.	42	X	X		X	X
<i>Pseudanabaena/Limnothrix</i>) ¹²	Cyanobact.	62		X		X	
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>seriata</i>	Bacillarioph.	118	X	X		X	X
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i>	Bacillarioph.	74		X	X	X	X
<i>Pseudopedinella</i> spp.	Chrysophyc.	35	X	X	X	X	X
<i>Pterosperma</i> spp.	Prasinophyc.	78	X	X		X	X
<i>Pterosperma/Pachysphaera</i>) ¹³	Prasinophyc.	99			X	X	X
<i>Pyramimonas</i> spp.	Prasinophyc.	22	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	Bacillarioph.	56	X	X	X	X	
<i>Rhizosolenia pugens</i>	Bacillarioph.	121				X	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	Bacillarioph.	3	X	X	X	X	
<i>Romeria</i> spp.	Cyanobact.	97			X	X	
<i>Scenedesmus ecornis</i>	Chlorophyc.	137	X				
<i>Scenedesmus</i> spp.	Chlorophyc.	77	X		X		X
<i>Skeletonema costatum</i>) ¹⁴	Bacillarioph..	4	X	X	X	X	X
<i>Skeletonema subsalsum</i>	Bacillarioph.	48					X
<i>Snowella septentrionalis</i>	Cyanobact.	92		X	X	X	
<i>Snowella</i> sp.	Cyanobact.	67	X	X	X	X	X
<i>Teleaulax</i> spp.	Cryptophyc.	14	X	X	X	X	X
<i>Telonema</i> sp.	Incertae sedis	72				X	X
<i>Tetrastrum</i> spp.	Chlorophyc.	128		X			X
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	Chlorophyc.	117		X			
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Bacillarioph.	27	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	Bacillarioph.	39		X			
<i>Thalassiosira baltica</i>	Bacillarioph.	111		X			X
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	Bacillarioph.	85				X	X
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	Bacillarioph.	70		X			X
<i>Thalassiosira punctigera</i>	Bacillarioph.	80					X

<i>Thalassiosira</i> sp.	Bacillarioph.	12	X	X	X	X	X
<i>Trachelomonas</i> spp.	Euglenoph.	49	X	X	X	X	X
<i>Woronichinia compacta</i>	Cyanobact.	124				X	
<i>Woronichinia</i> spp.	Cyanobact.	94	X	X	X	X	X
Anzahl der Taxa: insgesamt 138			65	89	82	94	103

)¹ wahrscheinlich *Actinocyclus octonarius*

)² bisheriges Synonym war *Gonyaulax triacantha*

)³ Gültiges Synonym nach ITIS-Code wäre: *Actinocyclus normanii* f. *subsalsa*

)⁴ Gültiges Synonym nach ITIS-Code wäre: *Diatoma tenue* var. *elongatum*, früheres synonym: *Diatoma elongatum*

)⁵ Gültiges Synonym nach ITIS-Code wäre: *Dinobryon petiolatum*

)⁶ *Gymnodinium* sp. wurde bis Ende 2000 größtenteils als *Gymnodinium* cf. *lohmannii* geführt

)⁷ Gültiges Synonym nach ITIS-Code wäre: *Katodinium rotundatum*

)⁸ für *Mesodinium rubrum* wurde bis Ende 1999 das Synonym *Myrionecta rubra* verwendet

)⁹ Gültiges Synonym nach ITIS-Code wäre: *Lyngbya contorta*

)¹⁰ wahrscheinlich größtenteils *Planktothrix agardhii*

)¹¹ Gültiges Synonym nach ITIS-Code wäre: *Minuscula bipes*

)¹² Unterscheidung der Gattungen *Pseudanabaena* und *Limnothrix* war in diesem Falle nicht möglich

)¹³ Unterscheidung der Gattungen *Pterosperma* und *Pachysphaera* war in diesem Falle nicht möglich

)¹⁵ Diese Art dürfte in Wirklichkeit *Skeletonema marinoi* sein, doch es wurde in Anlehnung an die Hällfors-Liste noch der bisher verwendete Name *Skeletonema costatum* beibehalten.

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 in den bisherigen Berichten 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 wie bereits im vorigen Bericht die Bornholmsee nicht mehr strikt von der östlichen Gotlandsee trennen und behandeln sie deshalb in einem gemeinsamen Kapitel.

Winter und Frühjahr

Wie bereits in Kapitel 4.1.2.2 angedeutet, sind die anorganischen Stickstoff-Konzentrationen im Wasser (0-10 m Tiefe) der Bornholmsee erstaunlich früh (Anfang April) aufgebraucht (Tab. 4). Sogar in der Gotlandsee sind sie zu dieser Zeit schon stark reduziert. Dementsprechend sollte man im April kein signifikantes Wachstum mehr erwarten. Trotzdem finden wir die höchsten Werte an Stat. 213 erst am 9.4.05 (Abb. 7a) und an Stat. 259 und 271 am 14.5.05 (Abb. 7 b,c). Die Erfahrungen der vergangenen Jahre gehen von einer Blüte in der Bornholmsee Ende April und in

der östlichen Gotlandsee Anfang Mai aus (z.B. WASMUND et al. 2005). Wegen der weitabständigen Zeitserie ist der genaue Blütenzeitpunkt insbesondere in der Gotlandsee natürlich nicht festzulegen. Er könnte durchaus viel eher eintreten. So zeigen die Chlorophylldaten die höchsten Werte für Station 213 und 271 bereits Anfang April an (Tab. 7) und auch die Sinkstoffe zeigen ein Maximum in der ersten Aprilhälfte (Abb. 8a, dort allerdings für das Jahr 2004). Station 259 scheint, wie schon im Vorjahr, in der Entwicklung leicht verzögert zu sein. So zeigen die Satellitenbilder in der südöstlichen Gotlandsee noch Ende Mai hohe Chlorophyll-Konzentrationen an.

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. Allerdings zeigen die Daten der Sinkstoff-Falle durchaus eine Kieselalgen-Entwicklung im Frühjahr 2004 an (Abb. 8a). Eine moderate Silikat-Abnahme spricht ebenfalls für Kieselalgenwachstum (Tab. 4). Im Vergleich zu den anderen Seegebieten war die Silikat-Abnahme allerdings auch im Jahre 2005 sehr gering. Die Frühjahrsblüte dürfte also in der Bornholmsee und der Gotlandsee nach wie vor nicht von Kieselalgen dominiert sein.

Erstaunlicherweise finden wir aber trotzdem am 4.4.05 in der Bornholmsee eine Kieselalgen-Blüte, hauptsächlich von *Skeletonema costatum* (382 mg m^{-3}) und *Chaetoceros* spp. (293 mg m^{-3}). Bereits zum 9.4.05 ging *S. costatum* zurück auf 183 mg m^{-3} und *Chaetoceros* spp. auf 129 mg m^{-3} , aber sie hatten sich in 65 m Tiefe angereichert auf 1084 mg m^{-3} (*S. costatum*) bzw. 935 mg m^{-3} (*Chaetoceros* spp.). Gleichzeitig waren *Mesodinium rubrum* und Dinoflagellaten (meist Unbestimmte, aber auch etwas *Peridiniella catenata* und *Heterocapsa rotundata*) gewachsen. Zum Ende der Blüte an Station 213 traten am 13.5. und 17.5. neben *Mesodinium rubrum* vermehrt Chrysophyceen-Cysten, *Chrysochromulina* spp. und *Heterocapsa rotundata* auf.

Wie bereits oben vermutet, war die Kieselalgenentwicklung an den Stationen 259 und 271 nur schwach. Sie bestand Anfang April an Station 259 im wesentlichen aus *Chaetoceros subtilis* und an Station 271 aus *Thalassiosira* sp. und *S. costatum*. Bedeutender waren *Mesodinium rubrum* und Dinoflagellaten. Letztere wurden an Stat. 259 am 5.4.05 meistens durch *Peridiniella catenata* repräsentiert, am 14.5.06 aber durch *Amylax triacantha* und *Katodinuim glaucum*. An Station 271 waren die Dinoflagellaten (*Peridiniella catenata*) am 6.4.05 noch schwach entwickelt. Zum 14.5.05 wuchsen insbesondere unbestimmte Dinoflagellaten und *Heterocapsa rotundata* stark an. Bereits einen Tag später hatte sich die Biomasse bei gleicher Artenzusammensetzung etwa halbiert, was aber durchaus im Bereich der patchiness liegen könnte.

Sommer und Herbst

Bereits in den April- und Maiprobe war *Aphanizomenon* sp. enthalten, an Stat. 259 mehr als an Stat. 271 und 213. Diese Art wuchs im Juni in der Gotlandsee, zusammen mit Chrysophyceen-Cysten, *Chrysochromulina* spp. und *Ebria tripartita* leicht an. Im Juli kam es in der Gotlandsee zur erwarteten Cyanobakterienblüte. In der Bornholmsee konnte keine Blüte nachgewiesen werden (11.7.05 an Stat. 213: *Nodularia spumigena* nur 83 mg m^{-3}). Während der Sommerfahrt des Jahres 2005 wurde eine leichte Cyanobakterienblüte lediglich südlich der Station 271 und nördlich der Insel Gotland angetroffen (23./24.7.05). Zu dieser Zeit war der Höhepunkt der Blüte wahrscheinlich bereits überschritten. (vgl. Kap. 4.1.1). So berichtete beispielsweise die

Tageszeitung „TAZ“ am 15.7.2005 von der „schlimmsten Algenblüte seit Jahren“ im Bereich von Stockholm bis südlich von Öland und rund um Gotland. Erstaunlich ist das bereits im Vorjahr beobachtete Ausbleiben von Blüten der stickstoff-fixierenden Cyanobakterien in der Bornholmsee.

Im Juli traten an Station 213 im wesentlichen *Plagioselmis prolunga* und *Chaetoceros impressus* auf. Die Cyanobakterienblüte (*Aphanizomenon* sp., *Nodularia spumigena*) in der Gotlandsee wurde begleitet durch meist unbestimmte Dinoflagellaten und *Plagioselmis prolunga*. Am 24.7.05 war an Station 271 von der Blüte lediglich *Nodularia spumigena* verblieben, das größtenteils von *Nitzschia paleacea* bewachsen war.

Eine Herbstblüte konnte an den Stationen 213 und 271 nicht nachgewiesen. Wahrscheinlich wurde die Blüte nur verpasst, denn die in einigen Jahren blütenbildende Kieselalge *Coscinodiscus granii* war durchaus als dominante Art vorhanden. An Station 259 wurde sie jedoch getroffen (*Coscinodiscus granii*: 418 mg m⁻³, *Dactyliosolen fragilissimus*: 310 mg m⁻³).

4.1.3 Sedimentation

Die Sedimentationsdaten beziehen sich auf das Jahr 2004 und nur auf Station 271. Wie in den vergangenen Jahren zeigen die mikroskopischen Analysen des in den Fallen aufgefangenen Materials die typische saisonale Abfolge von Phytoplanktongemeinschaften der zentralen Ostsee (Abb. 8) die sich in Frühjahrsblüte, Sommerphase und herbstliches Sedimentationsmaximum aufteilen läßt.

Die Frühjahrsblüte trat 2004 wieder etwas früher als 2003 im März/April auf wobei aber wie im Vorjahr *Skeletonema costatum* und *Thalassiosira levanderi* einen Großteil der Biomasse stellten und als weitere wichtige Arten *Achnanthes taeniata* und *Thalassiosira baltica* hinzukamen. Trotz unterschiedlichen zeitlichen Einsetzens der Blüte und komplett unterschiedlichen physikalischen Hintergrunds (das Frühjahr 2003 wurde durch einen sehr großen Einstrom von salz- und sauerstoffreichem Bodenwasser gekennzeichnet) bildete sich das nicht in einem Unterschied der taxonomischen Struktur der Diatomeen als wichtigste Primärproduzenten in dieser Phase ab (Abb. 8 a).

In der Sommerphase waren bei den Diatomeen weiterhin *Chaetoceros* spp., *Cyclotella* spp., *Actinocyclus octonarius* und *Nitzschia paleacea* in geringeren Beständen anzutreffen. Dinoflagellaten waren ab Juni/Juli und damit später als im Vorjahr präsent und traten in höherer Abundanz auf. Wie im Vorjahr wurde allerdings die im Frühsommer häufigere Gattung *Glenodinium* im Sommer von *Dinophysis norvegica* und *Prorocentrum minimum* abgelöst. Ab August kamen *Dinophysis rotundata* und *Dinophysis acuminata* hinzu (Abb. 8 b).

Der quantitativ wichtigste Beitrag zum vertikalen Partikelfluß wurde aber auch in diesem Jahr wieder von den diazotrophen, fädigen Cyanobakterien gestellt. Es traten die Gattungen *Nodularia*, *Aphanizomenon* und *Anabaena* zu fast gleichen Teilen auf. Das Maximum der Sedimentation wurde jedoch früher als in den Vorjahren im Juni/Juli erreicht (Abb. 8 c). Alle diese Arten zeigten jedoch noch ein erhöhtes Vorkommen bis Ende Oktober.

Koloniebildende Cyanobakterien kamen im gleichen Zeitraum vor, zeigten aber erhöhte Vorkommen gegen Ende der Herbstperiode im Oktober /November (Abb. 8 d). Der Herbst vom Oktober bis in den Dezember hinein wurde aber wieder von Diatomeen geprägt, bei denen *Actinocyclus octonarius*, *Chaetoceros* spp., *Coscinodiscus granii*, *Cyclotella*-Arten und einige pennate Diatomeen in vergleichbaren Mengen vorkamen.

Sowohl das Vorkommen von Diatomeen wie auch die damit verbundenen Silikatflüsse (Abb. 9 a) waren in diesem Jahr im gleichen Bereich wie im langjährigen Mittel, so daß 2003 als ein besonderes Ausnahmejahr gelten kann. Eine gegenüber dem langjährigen Mittel reduzierte Silikatsedimentation während des Sommers, die sonst durch mit Cyanobakterien assoziierte *Nitzschia paleacea* hervorgerufen wurde, bildete sich allerdings in beiden Jahren heraus.

Die saisonalen Muster des Vertikaltransportes der Hauptelemente Kohlenstoff (Abb. 9 b), Stickstoff (Abb. 9 c) und Phosphor (Abb. 10) spiegeln die Biomasse-Entwicklung wider. Neben der Frühjahrsblüte ist die Sommerperiode vom Juli bis September durch hohe Masseflüsse gekennzeichnet. Die Maxima dieser Ereignisse im Juli gehen mit niedrigen isotopischen Signaturen des Stickstoffs ($\delta N 15$, Abb. 11) einher, so dass sich auch in diesem Jahr wieder die Hauptzufuhr von organischem Material zum Sediment durch Material ergibt, das aus der C- und N-Fixierung von Cyanobakterien stammt. Damit geht ein Anstieg der C/P-Verhältnisse (Abb. 12) ab Ende Juni einher, der ebenfalls auf den Einfluß der in ihren Elementverhältnissen flexibleren Cyanobakterienaggregate hindeutet. Die absolute Menge an partikulärem Phosphor, die aus der Deckschicht exportiert wird, ist jedoch in der Sommerphase am höchsten. Die P-Flüsse können allerdings 2004 nicht die Höhe der 2003 gemessenen erreichen, da diese zu einem Großteil auf an Eisen und Mangan gebundenem anorganischem Phosphor beruhten. Ungewöhnlich hoch ist das C/N-Verhältnis mit einem Mittelwert von 10,5 und noch zunehmenden Werten im Hochsommer (Abb. 13). Hier scheinen strukturelle Unterschiede im Alter und vielleicht Effekte verringerter Sedimentationsgeschwindigkeit der Aggregate eine Rolle zu spielen, die das C/P-Verhältnis allerdings nicht berühren.

Hohe Winterwerte im Massefluß (Abb. 14), die im Wesentlichen auf dem lateralen Eintrag resuspendierten Materials beruhen, traten in diesem Jahr nur in einer kurzen Periode im Dezember mit den zugehörigen hohen Werten von Silikat und Phosphor aus mineralischen Quellen auf. Der insgesamt wieder etwas niedrigere mittlere Anteil von 10% organischem Kohlenstoff an der Gesamtmasse resultiert aus diesen Einträgen.

Das Jahr 2004 läßt sich sowohl qualitativ wie auch quantitativ als im oberen Bereich der langjährigen Mittel liegend einordnen. Die Gesamtsumme für den jährlichen Vertikalfluß lag für die einzelnen Elemente bei 950 mmol C, 88 mmol N ($C/N=10,5$), 179 mmol Si und 12,5 mmol P pro m^2 und Jahr. Der Massefluß betrug im Jahr 2004 101 g Trockenmaterial pro Jahr. Mit $11,3 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ lag die Zufuhr von organischem Material leicht über dem für alle bisherigen Beobachtungsjahre, mit Ausnahme von 2003 ($30 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$), relativ konstanten Bereich von $4-6 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$.

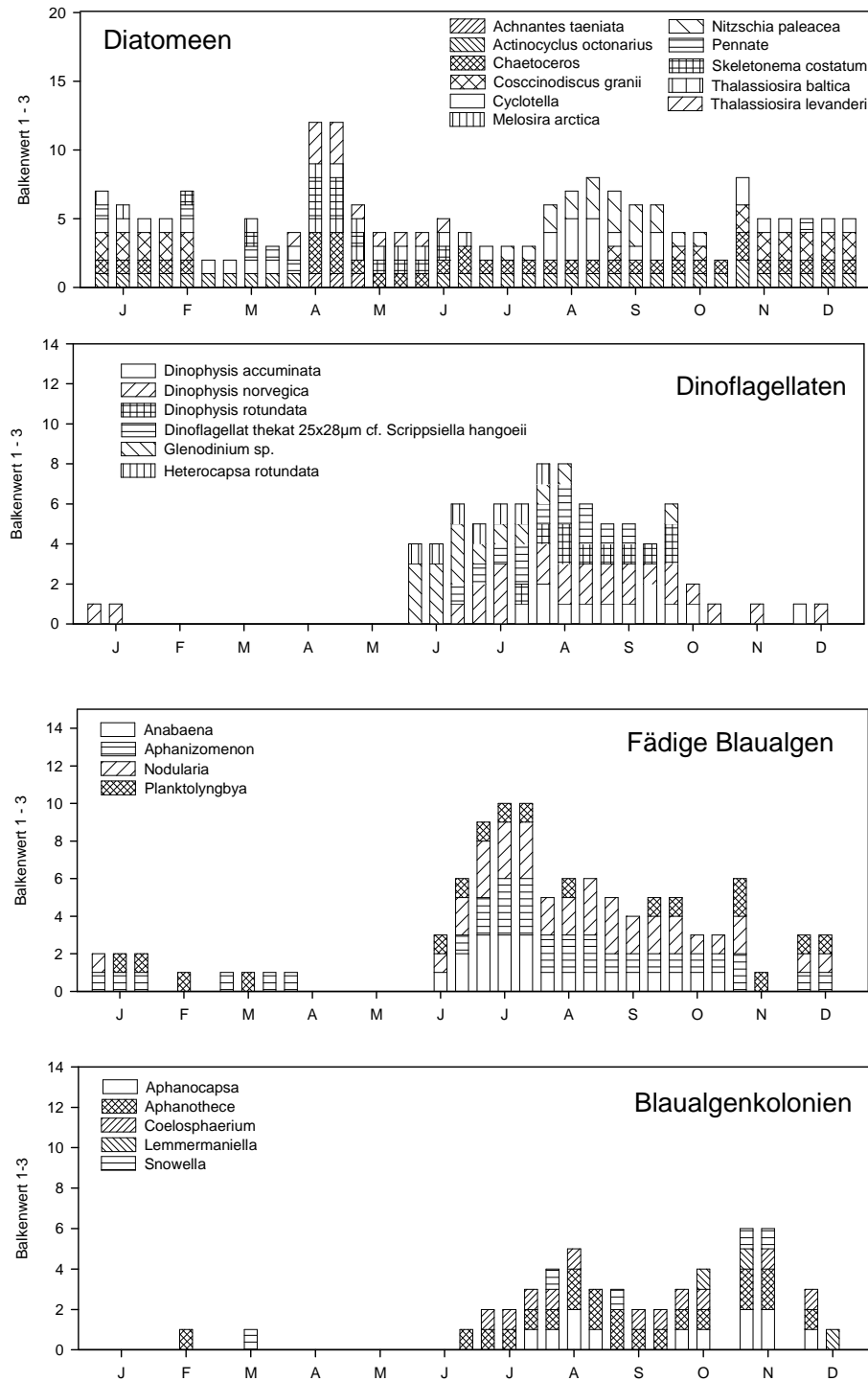


Abb. 8 a-d

Relative Häufigkeit einzelner Arten von Diatomeen, Dinoflagellaten sowie fädiger und kolonialer Cyanobakterien im sedimentierenden organischen Material im Jahre 2004

Fig. 8 a-d

Relative frequency of selected species of diatoms (a), dinoflagellates (b), filamentous (c) and colony-forming (d) cyanobacteria in sedimented organic material in 2004

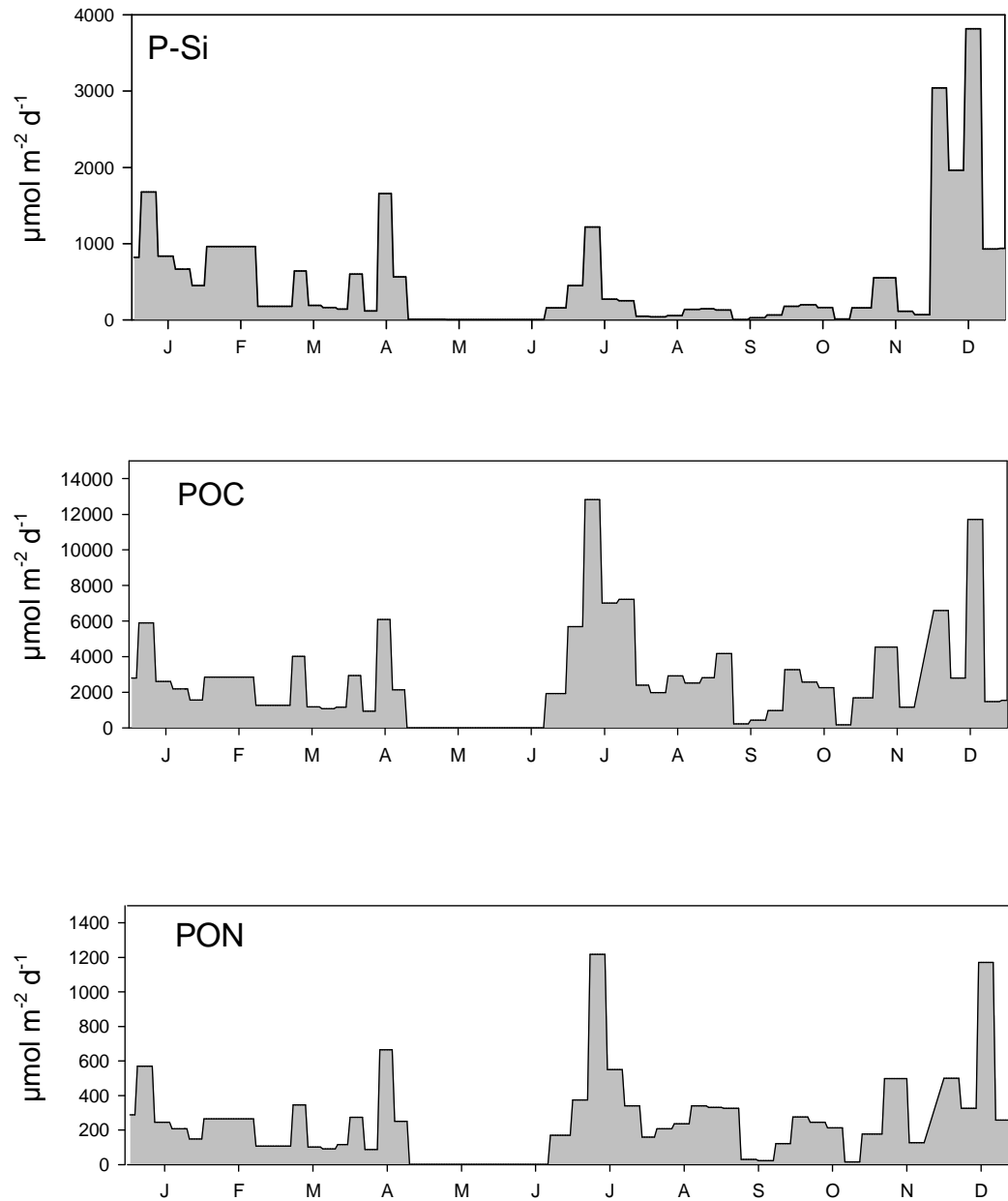


Abb. 9

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 2004

Fig. 9

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 2004

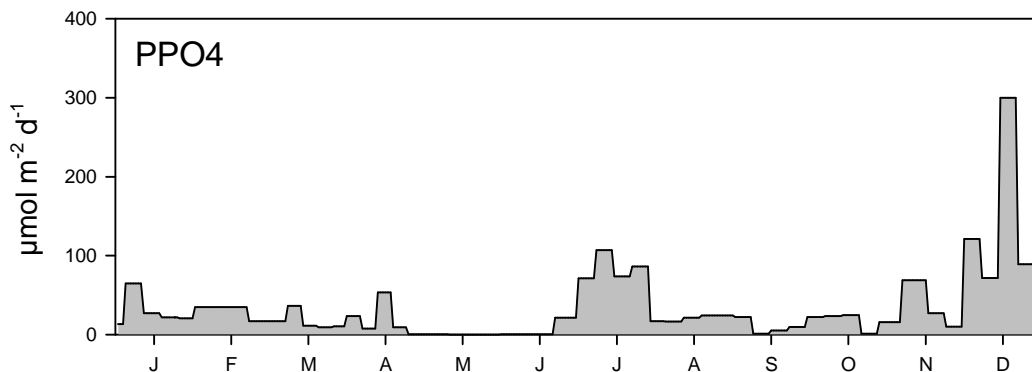


Abb. 10

Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem Phosphor im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2004

Fig. 10

Daily sedimentation rates of particulate phosphorus at 180 m depth at Station 271 in 2004

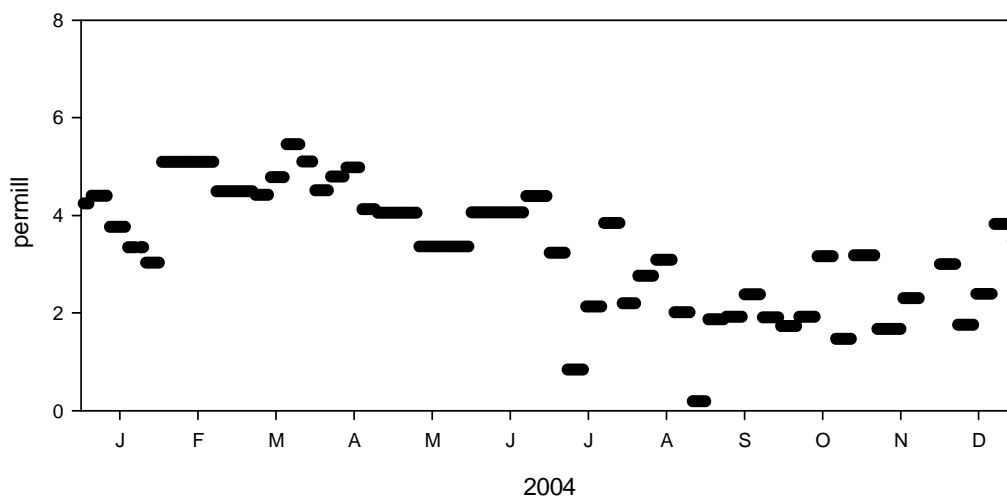


Abb. 11

Isotopie des Stickstoffs (permil delta 15 N) im Fallenmaterial im Jahr 2004

Fig. 11

Isotopic composition (permil delta 15 N) in sedimented material at Stat. 271 in 2004

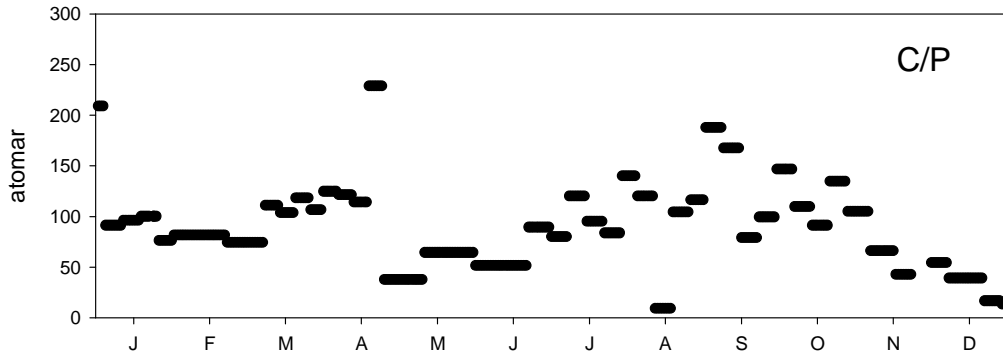


Abb.12

Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Phosphor in Partikeln im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2004

Fig. 12

Atomic ratio of particulate carbon and particulate phosphorus at 180 m depth at Stat. 271 in 2004

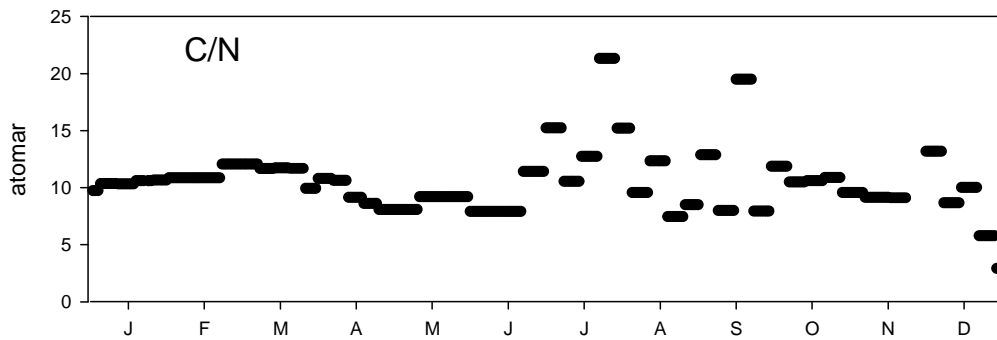


Abb. 13

Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff in Partikeln im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2004

Fig. 13

Atomic ratio of particulate nitrogen and particulate phosphorus at 180 m depth at Stat. 271 in 2004

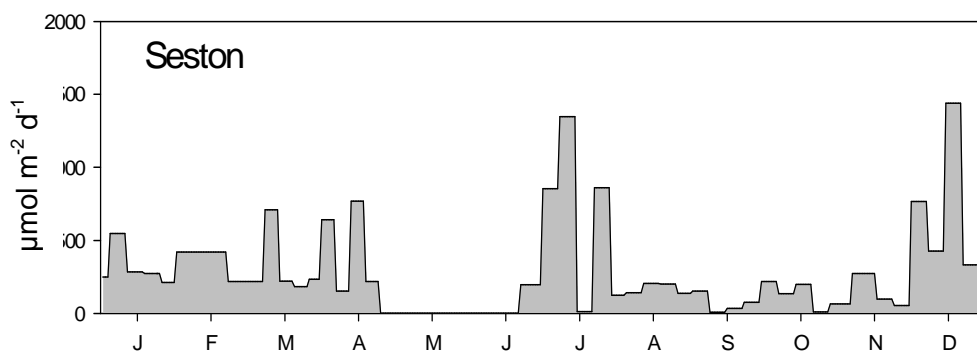


Abb. 14

Tägliche Sedimentationsraten von Trockenmasse (Seston) im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2004

Fig. 14

Daily sedimentation rates of seston (dry mass) at 180 m depth at Stat. 271 in 2004

4.1.4 Jahrgang der Chlorophyll a – Konzentration

Der Chlorophyll-Jahrgang entspricht etwa den bereits in Abb. 5-7 dargestellten Jahrgängen der Biomasse. Deutliche Abweichungen wurden bereits erwähnt, z.B. in Kap. 4.1.2.1.

Tab. 7

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

Table 7

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

Station	Datum	Chl a (mg m^{-3})	Phaeo a (mg m^{-3})	Station	Datum	Chl a (mg m^{-3})	Phaeo a (mg m^{-3})
360	10.2.2005	2.32	1.18	113	3.4.2005	3.02	0.55
360	2.4.2005	1.81	0.61	113	10.4.2005	3.26	1.51
360	10.5.2005	1.78	0.47	113	12.5.2005	2.14	0.73
360	20.7.2005	4.51	0.90	113	19.5.2005	1.95	0.73
O22	11.2.2005	0.91	0.37	113	22.7.2005	1.38	0.45
O22	1.4.2005	4.88	0.91	113	27.7.2005	1.33	0.39
O22	10.5.2005	2.45	0.75	113	26.10.2005	2.51	1.27
O22	20.7.2005	4.62	0.85	113	4.11.2005	2.72	2.33
012	10.2.2005	1.31	0.52	109	12.2.2005	1.13	0.33
012	20.2.2005	1.77	0.87	109	4.4.2005	3.99	1.21
012	2.4.2005	6.02	1.16	109	12.5.2005	1.71	0.66
012	10.4.2005	2.62	0.76	109	18.5.2005	2.25	0.79
012	10.5.2005	1.48	0.44	109	27.7.2005	1.59	0.48
012	19.5.2005	1.87	0.33	109	27.10.2005	2.08	1.92
012	20.7.2005	4.98	0.64	OB	19.2.2005	2.01	1.72
012	28.7.2005	3.09	0.62	OB	3.4.2005	9.92	3.23
012	25.10.2005	3.52	1.32	OB	18.5.2005	3.49	1.88
012	4.11.2005	2.65	1.34	OB	26.7.2005	4.42	1.83
046	11.2.2005	1.82	0.69	OB	29.10.2005	3.93	2.75
046	20.2.2005	1.33	0.83	213	13.2.2005	0.88	0.25
046	2.4.2005	5.15	1.03	213	18.2.2005	1.05	0.19
046	10.4.2005	1.84	0.67	213	4.4.2005	4.51	1.20
046	11.5.2005	1.38	0.41	213	9.4.2005	5.34	1.25
046	19.5.2005	1.68	0.47	213	13.5.2005	1.44	0.24
046	21.7.2005	2.78	0.68	213	17.5.2005	2.05	0.42
046	28.7.2005	1.31	0.93	213	22.7.2005	2.01	0.89
046	26.10.2005	2.82	0.92	213	26.7.2005	1.84	0.51
046	4.11.2005	2.56	1.60	213	28.10.2005	2.59	2.24
030	11.2.2005	1.34	0.45	213	3.11.2005	2.47	2.27
030	20.2.2005	1.55	0.51	259	14.2.2005	0.72	0.19
030	2.4.2005	2.84	0.82	259	5.4.2005	3.63	0.63
030	10.4.2005	1.75	0.84	259	14.5.2005	4.16	1.26
030	11.5.2005	1.67	0.59	259	23.7.2005	5.56	1.07
030	19.5.2005	1.36	0.50	259	30.10.2005	3.30	2.10
030	21.7.2005	1.82	0.47	271	15.2.2005	0.65	0.19
030	27.7.2005	1.56	0.42	271	7.4.2005	6.24	1.06
030	26.10.2005	2.58	1.29	271	15.5.2005	3.39	0.55
030	4.11.2005	1.96	2.17	271	24.7.2005	4.76	0.73
113	12.2.2005	1.46	0.41	271	31.10.2005	2.21	1.19
113	20.2.2005	0.89	0.29				

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 7. Die Spitze der Chlorophyll-a-Werte findet man in der westlichen Ostsee Anfang April 2005, im Vorjahr aber bereits im März. Die Frühjahrsblüte mag im Jahre 2005 tatsächlich etwas später stattgefunden haben, aber die zeitlichen Unterschiede hängen natürlich vom Zeitplan der Beprobungen ab. In den östlichen Seegebieten werden die tatsächlichen Maxima wegen großer Lücken in der Beprobung noch schlechter getroffen.

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 2005 sind in Tabelle 8 mit den Vorjahren verglichen. Es zeigt sich, dass die hohen Februar-Werte des Jahres 2003 eine Ausnahme bleiben. Eine Vorverlagerung der Frühjahrsblüte in die Wintermonate hinein fand in den Jahren 2004 und 2005 nicht mehr statt. Die hohen Herbstwerte von 2004 kamen 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/ifs2006/en_GB/springbloom/. Es wird der Beginn und die Dauer der Frühjahrsblüte in der Arkonasee, der nördlichen eigentlichen Ostsee und dem Finnischen Meerbusen angegeben; allerdings fehlen für das Jahr 2005 Angaben zur Arkonasee. Dieser Index wird seit dem Jahre 1992 errechnet und ist deshalb auch für Langzeit-Betrachtungen geeignet.

Tab. 8

Saisonale Mittelwerte, Standardabweichungen und Anzahl der Proben aller Chlorophyll a- Daten von den 5 Terminfahrten des IOW von 2005 aus der eigentlichen Ostsee (einschl. Pommersche Bucht), integriert über die oberen 10 m, im Vergleich mit entsprechenden Daten von 2000-2004.

Table 8

Seasonal means, standard deviations and number of samples (n) of all IOW monitoring chlorophyll a data of 2005 from the Baltic proper (incl. Pomeranian Bight), of the upper 10 m, in comparison with corresponding data of 2000-2004.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005		
	Mittelw	Mittelw	Mittelw	Mittelw	Mittelw	Mittelw	Stand.abw.	n
Winter (Jan-Feb)	0.63	1.08	0.74	2.40	1.59	1.17	0.42	10
Frühjahr (März-Mai)	3.00	3.18	3.94	2.56	3.51	3.34	2.00	21
Sommer (Juni-Sep)	2.05	1.91	2.48	2.16	1.95	2.63	1.62	10
Herbst (Okt-Dez)	2.86	2.49	1.80	1.96	3.30	2.64	0.59	10
Jahresmittel	2.25	2.24	2.39	2.27	2.59	2.56		

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 wurden im Bericht zum Jahre 2001 (WASMUND et al. 2002) ausführlich diskutiert und sollen hier nicht wiederholt werden. Auch auf die bis zum Jahre 2003 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. Im Jahre 2004 konnte in den Wasserproben aus der Bornholmsee und der östlichen Gotlandsee aber keine Frühjahrs-Kieselalgenblüte nachgewiesen werden. Die Sinkstoff-Falle zeigte in der östlichen Gotlandsee Anfang April 2004 allerdings eine erhöhte Sedimentation von Kieselalgen (Abb. 8a) und von biogenem Silikat (Abb. 9a) an. Auch die Silikatabnahme im Wasser (Tab. 4) hat ein gewisses Kieselalgenwachstum in diesen Seegebieten angezeigt. Im Jahre 2005 war Anfang April in der Bornholmsee eine deutliche Kieselalgenblüte aufgetreten (Abb. 7a), in der östlichen Gotlandsee in geringerer Ausprägung (Abb. 7c).

Erstaunlich ist, dass gerade in der westlichen Ostsee, wo 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 *Cerataulina pelagica* und *Proboscia alata*. Im Sommer 2005 war in der Mecklenburger Bucht und dem westlichen Teil der Arkonasee (Stat. 030) wiederum eine kräftige *Dactyliosolen*-Blüte festzustellen. In den östlicheren Seegebieten können keine Kieselalgen-Sommerblüten nachgewiesen werden, obwohl gerade hier wegen der geringen oder ganz fehlenden Kieselalgen-Frühjahrsblüten noch ausreichend Silikat vorhanden ist. Die ausnahmsweise bis kurz vor die litauische Küste vorgedrungenen Kieselalgen

marinen Ursprungs (*Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros brevis*, *Dactyliosolen fragilissimus*) sind mit einer oberflächennahen Strömung eingetragen worden; sie können als Indikator von Einstromereignissen genutzt werden, die nicht an Tiefenwasser gebunden sind (http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2006/en_GB/phyto/). Früher 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 bis 2005 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 2005 nicht in großen Biomassen gefunden.

Der bereits in Kapitel 4.1.4 erwähnte, in den jährlichen HELCOM-Indikatorreports vorgestellte „spring bloom intensity index“ macht für 2005 erstmalig für die Arkonasee keine Angaben (http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2006/en_GB/springbloom/). Im westlichen Finnischen Meerbusen soll die Frühjahrsblüte im Jahre 2005 extrem spät und extrem stark aufgetreten sein. Der „Cyanobacteria bloom index“ lag im Jahre 2005 leicht unter dem langjährigen Durchschnitt (http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2006/en_GB/CyanobacteriaBloom/).

4.1.6 Langzeittrend der Chlorophyll a – Konzentration

In den vorangegangenen Jahresberichten (z.B. WASMUND et al. 2005) basierten die Untersuchungen zu Chlorophyll-a-Trends auf der HELCOM-Datenbank, die allerdings nur bis zum Jahre 1993 (also dem Stand des 3.Periodischen Assessments der HELCOM) geführt wurde. Die Daten für weitere 5 Jahre (also für das 4.Periodische Assessment, vgl. WASMUND 2002) wurden direkt von den Daten-Originatoren der verschiedenen Ostsee-Institute besorgt. Ab dem Jahre 1999 konnte die Datenreihe nur noch mit den eigenen Daten fortgeführt werden. Die Datenreihe wurde folglich immer „dünnere“. Dem wollten wir durch Akquirierung aktuellerer Fremddaten entgegenwirken. Das wurde möglich, da die neue Datenpolitik des ICES nun stärker als bisher auf die Datenverfügbarkeit gerichtet ist (siehe http://www.ices.dk/Datacentre/Data_Policy_2006.pdf). So haben wir uns im April 2006 die nach der LORENZEN-Methode bestimmten Chlorophyll-a-Daten („CPHL“) aus der ICES-Datenbank besorgt, die für die Ostsee ausschließlich die HELCOM-Daten enthält. Es erwies sich allerdings als Trugschluß, dass in unserer Datenbank lediglich die neueren Daten ergänzt werden müssten.

Folgende Probleme traten in den Daten der ICES-Datenbank auf:

1.) Die als „CPHL“ deklarierten Chlorophyll-Werte basierten zum Teil fälschlicherweise auf der UNESCO (1966)-Methode. Da die Abweichungen der beiden Methoden relativ gering sind und die Methoden-Informationen für die Fremddaten nicht mehr ohne weiteres rekapitulierbar sind, wurde auf aufwändige Korrekturen verzichtet.

2.) Die älteren Daten aus der ICES-Datenbank waren um eine Zehnerpotenz zu gering. Das betraf für die untersuchten 6 Stationen folgende Zeiträume:

Station 012 (= OM BMPM2): bis einschl. 1999 (Daten ab 2000 in Ordnung)

Station 069 (= OM BMPK7): bis einschl. 1999 (Daten ab 2000 in Ordnung)

Station 113 (= OM BMPK5): 1987 (es ist insgesamt nur 1 Datensatz erfasst)

Station 109 (= OM BMPK4): bis einschl. 1996 (neuere Daten nicht in ICES-Datenbank vorhanden)

Station 213 (= OM BMPK2): bis einschl. 1996 (Daten ab 1999 in Ordnung)

Station 271 (= OM BMPJ1): bis einschl. 1996 (neuere Daten nicht in ICES-Datenbank vorhanden).

In unserer bisherigen, auf HELCOM basierten Datenbank, trat dieser Fehler nicht auf. Beim Eintragen neuer Daten wurden die Fehler gleich korrigiert. Der Befund wurde umgehend an ICES gemeldet. Es stellte sich heraus, dass die ICES-Datenbank in Ordnung ist, aber das Herunterladen der Daten Fehler erzeugt.

3.) Die bisher verwendeten HELCOM-Datensätze stimmten mit den ICES-Datensätzen oftmals nicht überein. So kam es vor, dass die ICES-Datenbank noch einige weitere Alt-Daten enthielt, die in der HELCOM-Datenbank (bis 1993) nicht enthalten waren. Häufiger waren jedoch alte HELCOM-Daten in der ICES-Datenbank nicht auffindbar. Das wird oben (Punkt 2) für die ausgewählten Stationen deutlich. Die Kombination unserer bisherigen Datei mit der ICES-Datei dürfte nunmehr den weitgehend vollständigen Datensatz enthalten. Die Daten wurden „handverlesen“ abgeglichen und jeweils mit einer Information über den Datenoriginatoren versehen. Bei dieser Gelegenheit wurden auch Daten der Projekte CARFIX, Phosphordynamik und SIBER aus den Jahren 2001, 2004 und 2005 eingetragen.

Insbesondere der Punkt 3 führt zu Unterschieden zwischen der bisher verwendeten und der neuen Datei. Wir haben deshalb für das Jahr 2005 parallel zu der neuen Datenbasis auch noch die alte Datei weitergeführt durch Hinzufügen der in Tab. 7 gezeigten Messwerte und diese in Tab. 9, Spalte „1979-2005“ dargestellt. Zum Vergleich wurde die gleiche Analyse nur mit der neuen Datenbasis gemacht und in Tab. 10, Spalte „1979-2005“ gezeigt. In Zukunft wird nur noch diese neue Datenbasis zugrunde gelegt.

Die Veränderungen in der Statistik durch Hinzufügen der Daten von 2005 werden in Tab. 9 gezeigt. Die Daten des Zeitraumes von 1979-2004 sind den Abb. 15 und 16 aus WASMUND et al. (2005) entnommen. Die jährlich fortgeschriebene grafische Darstellung der langjährigen Einzelwerte (z.B. WASMUND et al. 2005, Abb. 15-16) wird nun nicht mehr weitergeführt. Es werden lediglich die statistischen Parameter tabellarisch zusammengefasst. Durch Hinzufügen der Daten von 2005 (Tab. 9) blieb der negative Trend der Chlorophyll a-Konzentrationen in der Mecklenburger Bucht stabil (t-Test, Irrtumswahrscheinlichkeit p von 0,05). Für die betrachteten Seegebiete der eigentlichen Ostsee war von Beginn der Chlorophyll-Messreihe an eine zunehmende Tendenz zu erkennen, die für die Arkonasee ab dem Jahre 1998 signifikant wurde. Es deutete sich rein visuell aber bereits ab 1996 eine Verringerung der Chlorophyll-a-Konzentrationen an, die sich wegen der hohen Anzahl der Messwerte aber statistisch nur wenig manifestierte. Erst mit Einbeziehung der Werte von 2005 ging die Signifikanz erstmals verloren. Der Chlorophyll-Anstieg in der Bornholmsee war nur bis einschl. 1997 signifikant (WASMUND et al. 1998).

Interessant war die Frage, ob dieselben Trends auch mit der neuen Datei gefunden werden. Wie Tab. 10 zeigt, konnte nun keinerlei signifikante Entwicklung gefunden werden. Da in den meisten Seegebieten etwa ab dem Jahre 1996 eine Abnahme die Chlorophyll a – Konzentrationen beobachtet wurde, wurde parallel auch eine Analyse nur für den Zeitraum des Anstiegs von 1979-1996 durchgeführt und diese in Tab. 10 dem Gesamt-Datensatz gegenübergestellt. Auch hier waren die Ergebnisse nicht signifikant.

Tab. 9

Statistik der linearen Regression aller Chlorophyll *a*-Daten (Mittelwerte aus 0-10 m Wassertiefe) der Jahre 1979-2005 für 4 ausgewählte Seegebiete im Vergleich zum vorjährigen Bericht (WASMUND et al. 2005), basierend auf der „alten“ Datei (Erläuterung oben). Für signifikante ($p=0.05$) Regressionen wurde der Regressionskoeffizient (*r*) fett gedruckt. *n* = Anzahl der Messwerte.

Table 9

Statistics of the linear regression of all chlorophyll *a* data (average of 0-10 m depth) in the period 1979-2005 in comparison with the period 1979-2004 (according to WASMUND et al. 2005), based on the „old“ data bank (explanation see above). Regression coefficient (*r*) in bold letters if significant ($p=0.05$). *n* = number of data for the selected stations.

Stationen	1979-2005		1979-2004 (WASMUND et al. 2005)	
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>n</i>	<i>r</i>
012	199	-0.151	190	-0.172
069, 109 und 113	700	0.072	685	0.086
213	414	0.039	404	0.039
271	305	0.051	300	0.040

Tab. 10

Statistik der linearen Regression aller Chlorophyll *a*-Daten (Mittelwerte aus 0-10 m Wassertiefe) der Jahre 1979-2005 für 4 ausgewählte Seegebiete, basierend auf der „neuen“ Datei (Erläuterung oben) im Vergleich mit der Periode von 1979-1996. *r* = Regressionskoeffizient, *n* = Anzahl der Messwerte. Es wurde keine signifikante ($p=0.05$) Regression gefunden.

Table 10

Statistics of the linear regression of all chlorophyll *a* data (average of 0-10 m depth) in the period 1979-2005 in comparison with the period 1979-1996, based on the „new“ data bank (explanation see above). *r* = regression coefficient. *n* = number of data for the selected stations. No significant ($p=0.05$) regression was found.

Stationen	für 1979-2005		für 1979-1996	
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>n</i>	<i>r</i>
012	229	-0.106	125	-0.163
069, 109 und 113	746	0.052	546	0.060
213	436	0.035	296	0.108
271	339	0.069	203	0.089

Anschließend wurde mit dem neuen Datensatz eine Analyse für die einzelnen Jahreszeiten durchgeführt. Die Jahreszeiten wurden einfach nach Monaten definiert, wie das bereits von HELCOM (1996) vorgeschlagen wurde (Table 11). Da die Phytoplankton-Entwicklung in der westlichen Ostsee eher beginnt als in der eigentlichen Ostsee, wurden für die Seegebiete unterschiedliche Festlegungen getroffen. Es ist zu beachten, dass der Winter nur 2 Monate, der Sommer aber 4 Monate umfasst.

Tab. 11
Definition der Jahreszeiten anhand der Monate nach HELCOM-Strategie.

Table 11
Definition of seasons according to the HELCOM strategy

Jahreszeit	Beltsee (einschl. Mecklenburger Bucht)	Eigentliche Ostsee
Winter	Dezember-Januar	Januar-Februar
Frühjahr	Februar-April	März-Mai
Sommer	Mai-August	Juni-September
Herbst	September-November	Oktober-Dezember

Es stellte sich heraus, dass die Trends in den unterschiedlichen Jahreszeiten deutlich verschieden waren (vgl. auch WASMUND et al. 1996), unabhängig davon, ob sie auf Einzelwerten oder Saison-Mittelwerten basierten (Tab. 12). Die Saison-Mittelwerte wurden berechnet, indem aus den Einzelwerten erst Monatmittelwerte gebildet wurden, die wiederum zu Saisonwerten gemittelt wurden. Es zeigte sich, dass in erster Linie die Frühjahrswerte einen Trend zeigten, während die Sommerwerte im Langzeit-Verlauf recht gleichbleibend waren. Das wird besonders deutlich bei einer grafischen Darstellung (Abb. 15). Die Frühjahrswerte zeigen in der Mecklenburger Bucht einen stark signifikanten Abfall, aber in der Arkonasee und in der Bornholmsee schwächer bis stärker signifikante Anstiege. Die Sommerwerte ergaben dagegen gar keinen Trend.

Erstmals wurde auch der Mann-Kendall-Test angewendet (KENDALL 1975), ein nicht-parametrischer Test auf monotone Trends in Zeitserien. Er ist robust bei Datenlücken, kann aber bei stark nicht-linearen Trends nicht angewendet werden. Dazu wurde das Programm MULTMK/PARTMK von LIBISELLER (2004) benutzt. Die errechneten Irrtumswahrscheinlichkeiten (p) für zweiseitige Fragestellungen für die oben genannten Stationen und Jahreszeiten sind in Tab. 13 zusammengefaßt. Sind sie kleiner als 0.05, so ist der Trend signifikant. Es waren dieselben Aussagen zu gewinnen wie aus den linearen Regressionen außer für Station 271; hier zeigten auch die Frühjahrswerte einen hoch signifikanten Trend an.

Tab. 12

Regressionskoeffizienten (r) der linearen Regression der Chlorophyll a -Daten (Einzelwerte und Saison-Mittelwerte; immer Mittelwerte aus 0-10 m Wassertiefe) der Jahre 1979-2005 für 4 ausgewählte Seegebiete, basierend auf der „**neuen**“ Datei (Erläuterung oben). r kursiv gedruckt für Signifikanz bei $p=0.05$, fett gedruckt für Signifikanz bei $p=0.01$. Anzahl der Messwerte (n) ist der Abb. 15 zu entnehmen.

Table 12

Regression coefficients (r) of the linear regression of all chlorophyll a data (single data and seasonal means, always averages of 0-10 m depth) in the period 1979-2005 for 4 selected sea areas, based on the „**new**“ data bank (explanation see above). r in italics if significant for $p=0.05$, bold if significant for $p=0.01$. Number of data (n) is given in Fig. 15.

Stationen	aus Einzel-Meßwerten			aus Saisonmittelwerten		
	Frühjahr	Sommer	Herbst	Frühjahr	Sommer	Herbst
012	-0.413	0.048	0.158	-0.575	0.254	0.117
069, 109 und 113	<i>0.156</i>	0.014	0.041	<i>0.410</i>	0.022	0.154
213	0.172	-0.120	0.014	0.602	-0.271	0.049
271	0.088	0.151	<i>0.243</i>	0.341	0.364	<i>0.392</i>

Tab. 13

Irrtumswahrscheinlichkeiten (p) für Trends der Chlorophyll a -Daten (Saison-Mittelwerte; immer Mittelwerte aus 0-10 m Wassertiefe) der Jahre 1979-2005 für 4 ausgewählte Seegebiete, basierend auf der „**neuen**“ Datei (Erläuterung oben) und dem Mann-Kendall-Test. Kursiv gedruckt für Signifikanz bei $p=0.05$, fett gedruckt für Signifikanz bei $p=0.01$.

Table 13

Probability of error (p) for trends of chlorophyll a data (seasonal means, always averages of 0-10 m depth) in the period 1979-2005 for 4 selected sea areas, based on the „**new**“ data bank (explanation see above), derived from the Mann-Kendall test. Data in italics if $p<0.05$, bold if $p<0.01$.

Station:	Frühjahr	Sommer	Herbst
012	0.0025	0.2427	0.2057
069, 109 und 113	<i>0.0476</i>	0.9170	0.3700
213	0.0006	0.0579	0.6316
271	0.0067	0.1333	<i>0.0163</i>

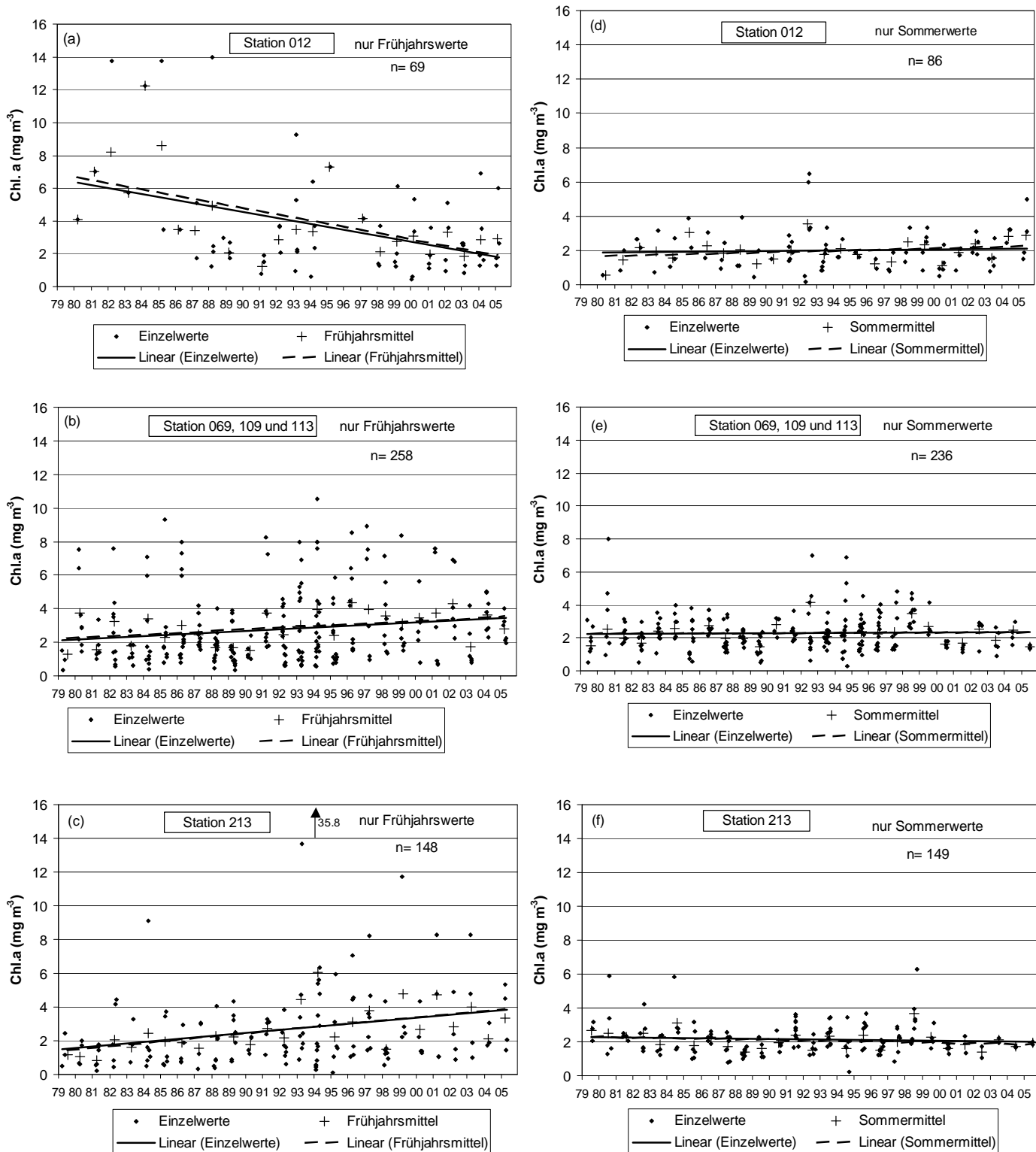


Abb. 15: Trends der Chlorophyll a-Konzentrationen (mittels linearer Regression), sowohl für Einzelwerte als auch Saison-Mittelwerte, für die Frühjahrswerte (a-c) und Sommerwerte (d-f) in der Mecklenburger Bucht (a,d), Arkonasee (b,e) und Bornholmsee (c,f).

Fig. 15: Trends in the chlorophyll a concentration (by linear regression), both for single data and seasonal means, for spring (a-c) and summer (d-f) data in Mecklenburg Bight (a,d), Arkona Sea (b,e) and Bornholm Sea (c,f).

4.1.7 Räumliche Phytoplanktonverteilung

Wie bereits in den vorjährigen Berichten gezeigt wurde, unterscheidet sich sowohl die zeitliche Entwicklung als auch die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons in den einzelnen Seegebieten. Im Jahre 2005 trat der seltenere Fall ein, dass sich verschiedene Seegebiete bezüglich des Zeitpunktes des Beginns der Frühjahrsblüte kaum unterschieden. Der Normalfall wäre, dass die Frühjahrsblüte von West nach Ost fortschreitet (WASMUND et al. 1998 b). In Kapitel 4.1.2.2 wurde schon kurz berichtet, dass Stickstoff Anfang April 2005 an den weit voneinander entfernten Stationen O22, 030 und 213 bereits erschöpft war. Auch aus Satellitendaten (Kap. 4.1.1) war zu erkennen, dass die Algenentwicklung von der Mecklenburger Bucht bis in die Bornholmsee bereits Ende März begann. Das Chlorophyll-a-Maximum wurde in allen Seegebieten (außer Station 259) in der ersten April-Hälfte gefunden. Das frühe Maximum in der östlichen Gotlandsee (Stat. 271) könnte aus einem Fortschreiten der Blüte von der nördlichen eigentlichen Ostsee nach Süden oder von einem Transport küstennahen Wassers von der baltischen Küste in die offene See herrühren, wie aus Satellitendaten zu vermuten ist (Kap. 4.1.1). Dementsprechend fand die Entwicklung der Frühjahrsblüte am spätesten in der südlichen Gotlandsee (Stat. 259) statt.

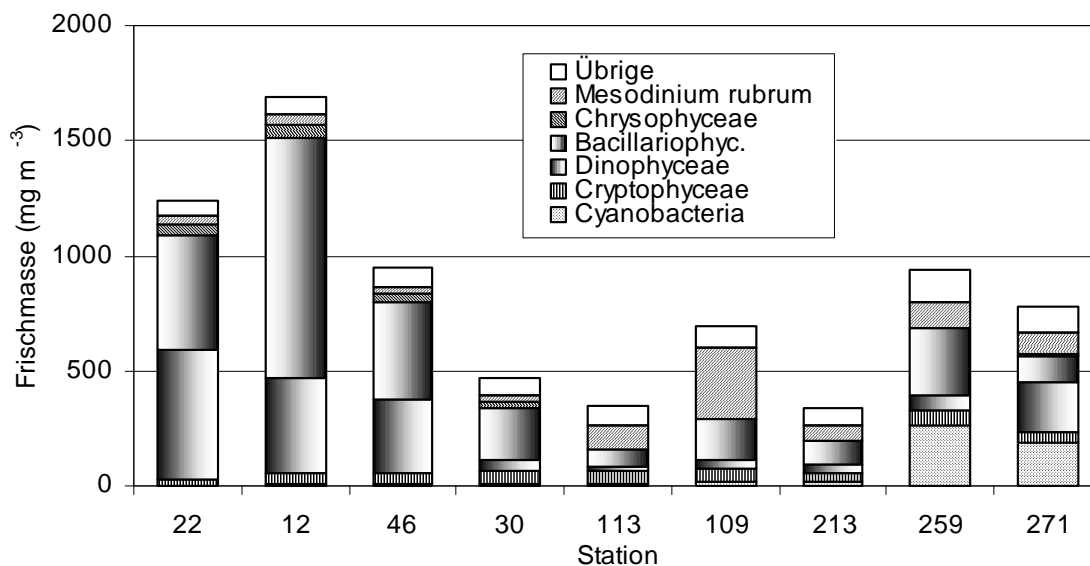


Abb. 16

Biomasseverteilung (Jahresmittel 2005, errechnet aus Saisonmitteln) der wichtigsten Phytoplankton-Klassen entlang eines Längsschnittes durch die Ostsee.

Fig. 16

Biomass (annual mean 2005, calculated from seasonal means) of the most important phytoplankton classes along a transect through the Baltic.

In Abb. 16 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 Mecklenburger Bucht (Stat. O22, 012 und 046) liegt die durchschnittliche Biomasse meistens über 1000 mg m^{-3} und es treten hohe Anteile an Dinoflagellaten (*Ceratium*-Arten im Herbst, vgl. Abb. 17 c) und Kieselalgen sowie relativ viele Chrysophyceen (*Dictyocha speculum*) auf. Die Station 030 (Darßer Schwelle) stellt den Übergang zur eigentlichen Ostsee dar, während sich im Jahre 2004 diese Übergangsbedingungen bis zur Station 046 erstreckten.. Auf allen östlicher gelegenen Stationen gibt es keine Chrysophyceen mehr, dafür aber hohe Biomassen an *Mesodinium rubrum*. In der Gotlandsee treten Cyanobakterienblüten auf. Solche räumliche Abhängigkeit lässt sich für die meisten Arten finden.

In Abb. 17 sind die Biomassen der 4 wichtigsten Arten jeder Saison auf diesem Längsschnitt dargestellt. Sie zeigen vom Grundsatz her die gleiche, hauptsächlich vom Salzgehalt bestimmte Verteilung wie in den Vorjahren (z.B. WASMUND et al. 2005). *Skeletonema costatum* war im Frühjahr 2005 schwächer als sonst entwickelt, während *Rhizosolenia setigera* in der Mecklenburger Bucht stark auftrat. Im Sommer 2005 kam in der Mecklenburger Bucht eine starke Blüte von *Dactyliosolen fragilissimus* vor, im Sommer 2004 dagegen *Cerataulina pelagica*. Die Gotlandsee (insbesondere Station 259) ist im Sommer durch Cyanobakterienblüten (*Nodularia spumigena*) und im Herbst durch *Coscinodiscus granii* ausgezeichnet.

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).

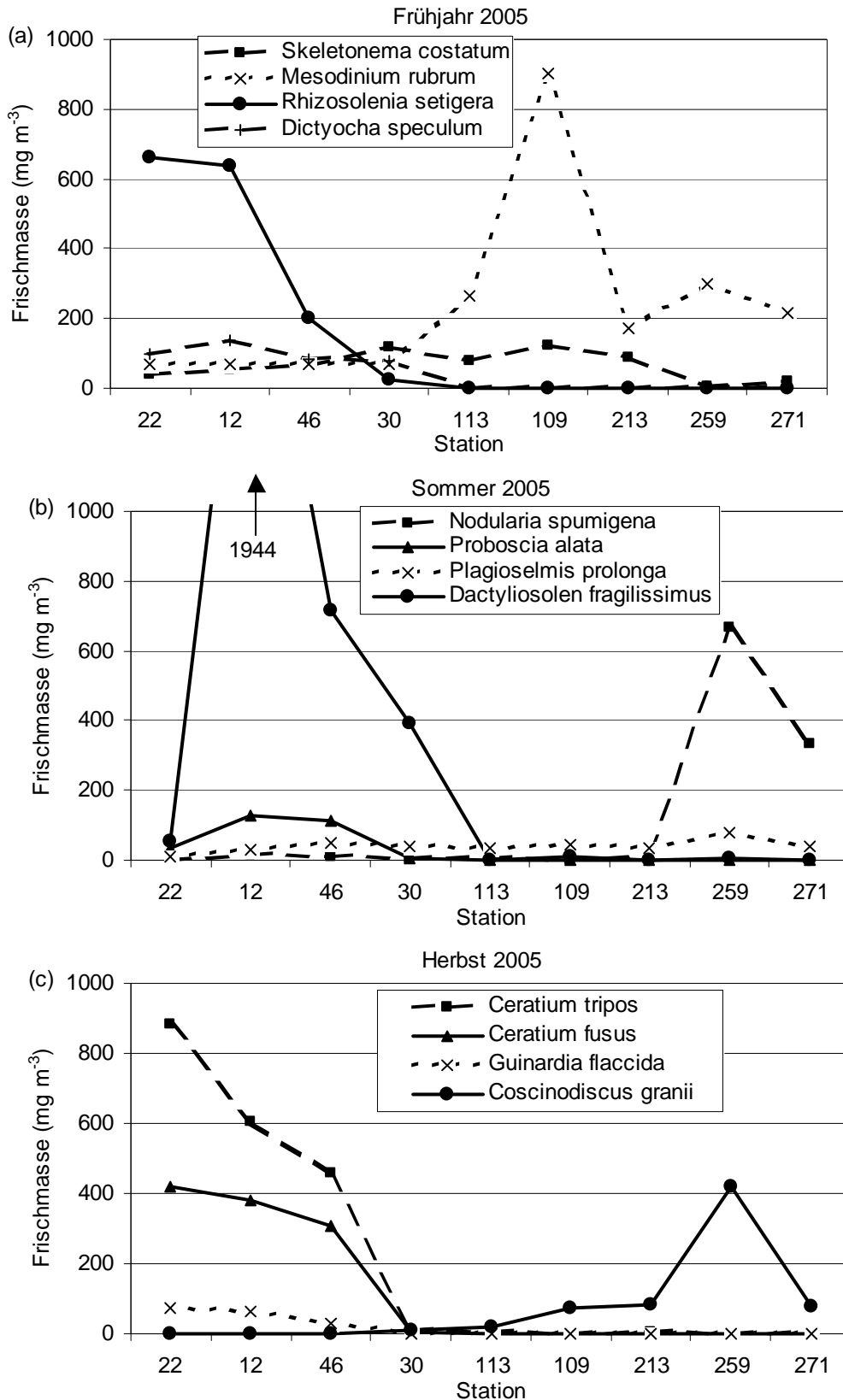


Abb. 17

Biomasseverteilung ausgewählter Arten entlang eines Längsschnittes durch die Ostsee im Februar-Mai (a), Juni-September (b) und Oktober-Dezember (c) 2005.

Fig. 17

Biomass of selected species along a transect through the Baltic Sea in February-May (a), June-September (b) and October-December (c) 2005.

dioca, Podonidae, *Acartia tonsa*, *Bosmina* spp., *Keratella* sp., *Aleurina composita*). *Limnocalanus macrurus* indizierte im Oktober salzärmeres Wasser in den tieferen Horizonten der östlichen und südlichen Gotlandsee, währenddessen einige Exemplare von *Calanus finmarchicus*, *Parasagitta* sp. sowie Echinodermaten-Larven auf anhaltenden Zustrom salzreicheren Wassers unterhalb der Haloklinen westlich der Darßer Schwelle schließen ließen.

4.2.2 Nachwirkung der Salzwassereinbrüche von 2003

Mit dem stärkeren Salzwassereinstrom im Jahre 2003 erreichte im gleichen Jahr die Abundanz der in der Nordsee heimischen Strudelwürmer *Aleurina composita* mit maximal 10300 Ind./m³ einen Höhepunkt im Ostseeraum. Der Rückgang auf die übliche Konzentration von maximal 2200 Ind./m³ im letzten Jahr ging mit dem Ausbleiben weiterer Einstromereignisse einher. Das betraf auch den zweiten Indikator in dieser Hinsicht, die Abundanz des marinen Cyclopoiden *Oithona similis* unterhalb der Haloklinen im Gotlandtief. Hier wurde gegenüber den höchsten Werten seit Beginn der Untersuchungen im Jahre 1979, die im Vorjahr zu beobachten waren, eine 7-fache Reduktion verzeichnet (Abb. 18). Damit hat sich die Abundanz von *Oithona similis* nach einer Periode mit überdurchschnittlichen Werten der drei Vorjahre wieder auf das gewohnte Maß von weniger als 100 Ind./m³ reduziert. Die Wirkung des 2003 erneuerten Tiefenwassers ist somit vorüber.

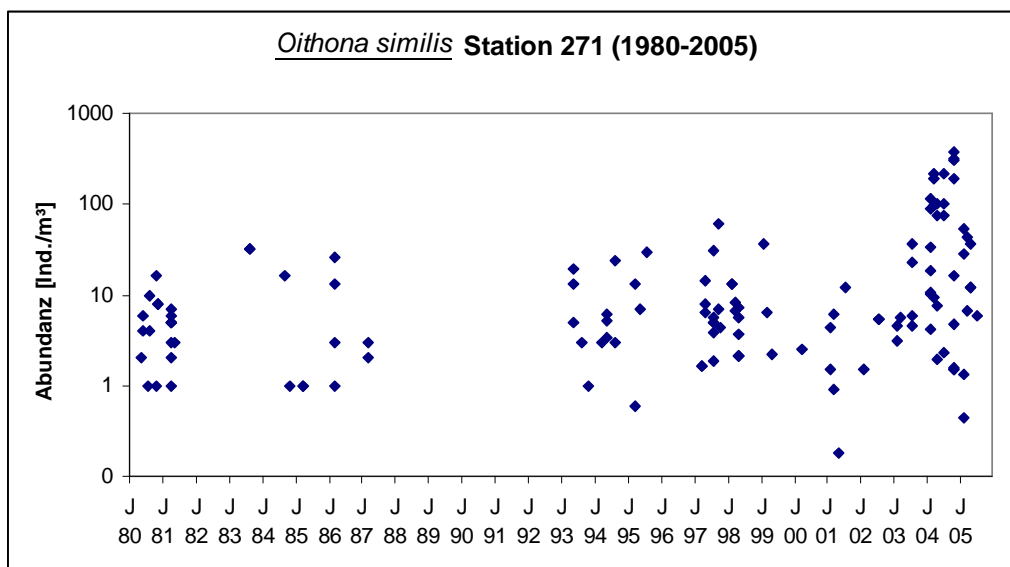


Abb. 18

Oithona similis - Abundanz unterhalb der Haloklinen des Gotlandtiefs zwischen 1980 and 2005 als Indikator für biotische bzw. abiotische Phasen im Tiefenwasser

Fig. 18

Oithona similis abundance below the halocline as an indication of the shift between abiotic and abiotic phases in deep water east of Gotland island between 1980 and 2005

4.2.3 Zooplankton - Abundanzrückgang seit Anfang der neunziger Jahre

Die augenfälligste Erscheinung war 2005 der Rückgang in der Gesamtabundanz des Mesozooplanktons auf ein Drittel gegenüber der Periode in den frühen 90er Jahren (Tab. 15, Abb. 19). Dies war vor allem ein Ergebnis der Reduktion im Bereich der Rotatorien, die im Vergleichszeitraum auf ein Fünftel zurückgingen. Die Cladocera (*Bosmina* spp., *Evadne nordmanni*, Podonidae) verzeichneten gegenüber dem Vorjahr wieder einen Zuwachs, als Folge der um drei Grad höheren Sommertemperatur, blieben aber weiter um das Zehnfache unter der Massenentwicklung von maximal 564.000 Ind./m³ im Jahre 2002. Bei dieser Zahl muss es sich jedoch um eine Ausnahmesituation gehandelt haben, wie Tab. 15 und Abb. 20 zeigt. In Abb. 20 wurde die Cladoceren – Konzentration in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt, wodurch sich fast 70% der Varianz erklären lassen ($R^2 = 0.70$). Ohne den Ausnahmewert wären es 78%. Die Maxima der adulten calanoiden Copepoden schwanken in der Gesamtmenge seit Mitte der neunziger Jahre relativ wenig um ein Mittel von etwa 30 000 Ind./m³. Das ist im Vergleich zu Beginn der neunziger Jahre jedoch nur halb so hoch. Im Jahre 2005 war der höchste Wert seit 1999 zu verzeichnen. Allerdings gibt es von Jahr zu Jahr beträchtliche Schwankungen der Arten zueinander. Im Gegensatz zu den Vorjahren dominierte im Jahre 2005 *Acartia longiremis* sowie *Temora longicornis* (Tab. 16). Der Bestand von *Centropages hamatus*, die Art, die vom kühleren Vorjahr profitierte, verringerte sich 2005 auf ein Viertel. Die *Pseudocalanus* spp. – Konzentrationen lagen im Optimum der letzten Jahre, was allerdings um das Dreifache unter den Spitzen – Abundanzen der 80er Jahre befindet. Cyclopoide Copepoden (meist *Oithona similis*) befinden sich wieder auf dem Rückzug, wie schon in Zusammenhang mit Abb. 18 erwähnt wurde.

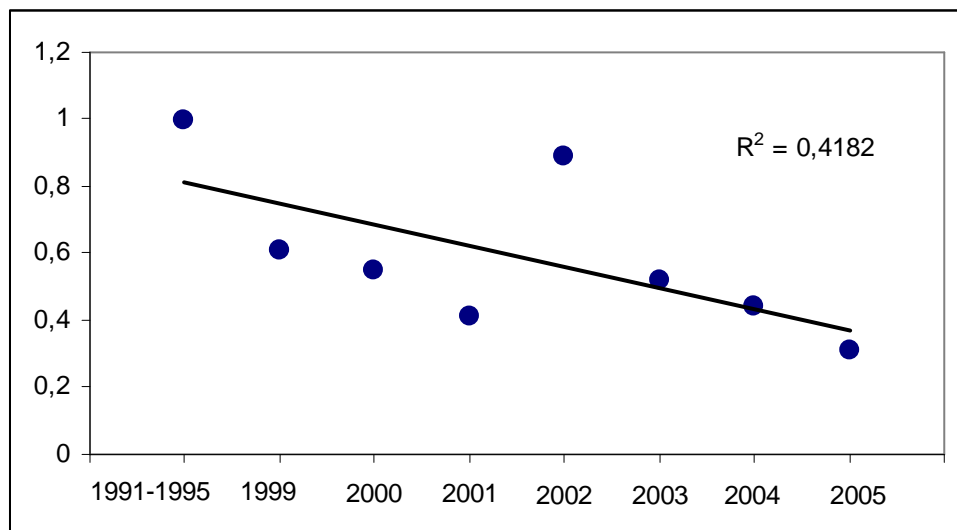


Abb. 19

Relativer Rückgang in der Summe der Abundanzmaxima von fünf holo- und drei meroplanktischen Gruppen (Tab. 15) seit der Beginn der neunziger Jahre (1991-1995 = 1)

Fig. 19

Relative decrease in total abundance maxima of five holo- and three meroplanktic taxa (Tab. 15) since the beginning of the nineties of the last century (1991-1995 = 1)

Tab. 15

Maximale Abundanz von fünf holo- und drei meroplanktischen Gruppen in allen, im Jahre 2005 gewonnenen Proben, im Vergleich mit der Rangordnung aus den Jahren 1991-95 und den Ergebnissen seit 1999. Die vorletzte Zeile erlaubt den relativen Vergleich der Summe aller Werte zwischen 1999 und 2005 mit derjenigen des Vergleichszeitraumes von 1991–95. Die unterste Zeile enthält die jährliche maximale Wassertemperatur in der mittleren Gotlandsee.

Table 15

Abundance maximum of five holoplanktic and three meroplanktic taxa of all samples collected in 2005 in comparison to the pervious years and the period between 1991 and 1995. The relative numbers in comparison to the 1991 to 1995 period are shown in the row before the last one. Annual sea temperature maxima are shown in the last row.

Taxa	Maximale Abundanz (Ind. /m ³)							
	1991-1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Rotatoria	500 000	101 500	350 000	135 000	124 000	152 700	264 000	92 500
Cladocera	245 000	357 900	60 000	130 000	564 600	116 600	7 200	55 638
Calanoida	68 000	24 800	30 400	25 900	31 600	30 400	24 940	36 600
Cyclopoida	14 000	8 533	8 000	9 500	4 700	35 300	22 800	15 935
Appendicularia	8 000	4 700	3 500	12 000	13 800	8 300	8 900	7 540
Polychaeta - Larven	5 000	3 500	3 000	2 000	3 900	53 800	17600	38 274
Bivalvia - Larven	4 000	10 200	9 000	28 000	12 100	37 300	24500	8 459
Gastropoda - Larven	500	900	800	1 300	2 200	2 000	900	2 398
Summe	1	0,61	0,55	0,41	0,89	0,52	0,44	0,31
Maximale Wassertemperatur, mittlere Gotlandsee		21°C	17°C	20°C	20°C	21°C	16°C	19°C

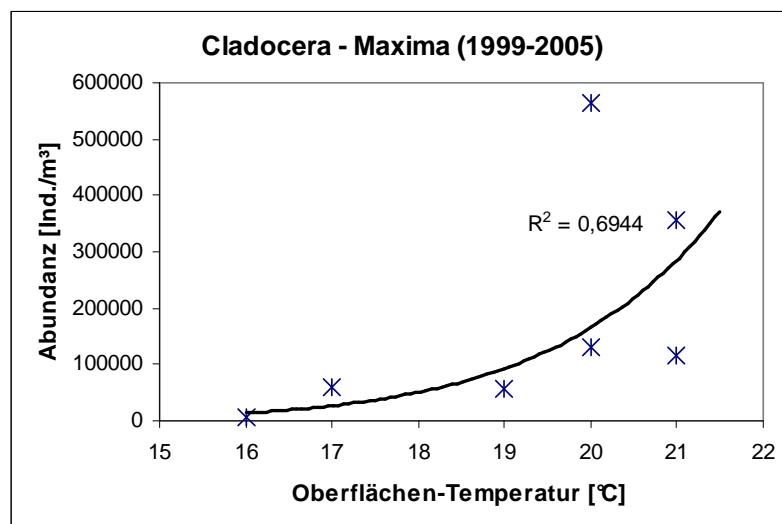


Abb. 20

Maxima der Cladoceren – Abundanz zwischen 1999 und 2005 im Vergleich zur jährlichen maximalen Wassertemperatur

Fig. 20

Maxima of the abundance of cladocerans between 1999 and 2005 in comparison to the annual maximum sea temperature.

Tab. 16

Maximale Abundanz von sieben calanoiden Copepoden-Gattungen bzw. -Arten aus allen im Jahre 2005 gewonnenen Proben im Vergleich mit den Situationen aus den Jahren 1995 und von 2000 bis 2004

Table 16

Maximum abundance of seven calanoid copepods species and genera, respectively from all samples of 2005 in comparison to 1995 and to the period between 2000 and 2004

Calanoide Copepoden	Maximale Abundanz [Individuen / m ³]						
	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<i>Acartia tonsa</i>	11 000	2 000	2 000	3 400	2 100	340	2 600
<i>Acartia bifilosa</i>	6 500	4 100	9 100	10 900	8 700	2 000	3 000
<i>Acartia longiremis</i>	5 000	5 500	4 000	3 500	1 300	4 600	12 400
<i>Temora longicornis</i>	4 000	12 000	4 500	9 300	8 200	4 500	11 800
<i>Centropages hamatus</i>	1 500	3 000	1 600	2 000	6 200	12 000	3 300
<i>Pseudocalanus</i> spp.	1 000	3 600	3 300	1 200	3 300	1 100	3 200
<i>Eurytemora affinis</i>	100	200	1 400	1 300	600	400	250
Summe	29 100	30 400	25 900	31 600	30 400	24 940	36 600

4.3. Makrozoobenthos

Im Oktober 2005 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 vor allem epibenthische Arten nachzuweisen sowie die Sediment- und Habitateigenschaften zu charakterisieren. Mit 78 war die Artenzahl im Vergleich zu den Jahren 1991 bis 2004 verhältnismäßig gering (WASMUND et al. 2005) (Tab. 17, Abb. 21). Nach den verheerenden Bestandseinbußen und Artenrückgängen im Jahre 2002 hatte sich insbesondere die Fauna an den Stationen 010 (Fehmarnbelt) und 012 (Mecklenburger Bucht) im Jahr 2003 und 2004 deutlich erholt. Allerdings kam es im Jahr 2005 erneut zu Bestandseinbußen durch Sauerstoffmangelsituationen. Wiederum waren insbesondere die Stationen am Fehmarnbelt (010) und in der Mecklenburger Bucht (012 und 018) betroffen. Allerdings fiel der Artenrückgang nicht ganz so drastisch aus wie im Jahr 2002.

Tab. 17

Verbreitung des Makrozoobenthos an den 7 Stationen im Oktober 2005

Table 17

Distribution of macrozoobenthos at 7 stations in October 2005

Taxa	10	12	18	30	109	152	213
PORIFERA							
<i>Haliclona oculata</i>	X						
CNIDARIA							
<i>Dynamena pumila</i>			X				
<i>Edwardsia danica</i>			X				
<i>Halitholus yoldia-arcticae</i>	X					X	
<i>Hartlaubella gelatinosa</i>	X	X				X	
<i>Metridium senile</i>			X				
<i>Rathkea octopunctata</i>						X	
PRIAPULIDA							
<i>Halicryptus spinulosus</i>		X		X		X	
NEMATHELMINTHES							
<i>Cyanophthalma obscura</i>				X			
<i>Lineus ruber</i>				X			
<i>Malacobdella grossa</i>		X	X				
Nemertini indet.			X	X			
MOLLUSCA							
<i>Acanthodoris pilosa</i>				X			
<i>Arctica islandica</i>	X	X	X		X		
<i>Astarte borealis</i>			X	X	X		
<i>Astarte elliptica</i>			X				
<i>Cerastoderma glaucum</i>				X			
<i>Corbula gibba</i>	X	X	X				
<i>Hydrobia ulvae</i>				X		X	
<i>Littorina littorea</i>			X				
<i>Macoma balthica</i>				X	X	X	
<i>ya arenaria</i>				X		X	
<i>Mya truncata</i>			X				
<i>Mysella bidentata</i>	X		X				
<i>Mytilus edulis</i>	X	X	X	X	X	X	
<i>Retusa obtusa</i>				X			
ANNELIDA							
<i>Tubifex costatus</i>				X		X	
<i>Tubificoides benedeni</i>				X		X	
<i>Ampharete acutifrons</i>			X				
<i>Ampharete baltica</i>			X	X	X		
<i>Arenicola marina</i>		X		X			
<i>Aricidea suecica</i>				X			
<i>Bylgides sarsi</i>	X	X	X	X	X	X	
<i>Capitella capitata</i>	X			X			
<i>Eteone longa</i>				X			
<i>Hediste diversicolor</i>				X		X	
<i>Heteromastus filiformis</i>		X	X		X		

<i>Lagis koreni</i>	X	X	X					
<i>Marenzelleria viridis</i>				X				
<i>Myriochele oculata</i>	X							
<i>Nephtys caeca</i>	X		X					
<i>Nephtys ciliata</i>			X		X			
<i>Nephtys hombergii</i>	X	X	X		X			
<i>Nereimyra punctata</i>			X					
<i>Pholoe assimilis</i>			X					
<i>Pholoe baltica</i>	X	X	X					
<i>Pholoe inornata</i>			X					
<i>Polydora ciliata</i>			X					
<i>Polydora quadrilobata</i>		X	X	X				
<i>Pygospio elegans</i>				X		X		
<i>Scoloplos armiger</i>				X	X			
<i>Spio gonocephala</i>				X				
<i>Terebellides stroemi</i>			X		X			
<i>Travisia forbesi</i>				X		X		
<i>Trochochaeta multisetosa</i>			X					
CRUSTACEA								
<i>Balanus crenatus</i>				X				
<i>Corophium crassicorne</i>				X				
<i>Crangon crangon</i>				X				
<i>Diastylis rathkei</i>	X	X	X	X	X	X		
<i>Gammarus oceanicus</i>							X	
<i>Gammarus salinus</i>							X	
<i>Gammarus zaddachi</i>							X	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>				X				
<i>Jaera albifrons</i>							X	
<i>Neomysis integer</i>							X	
<i>Pontoporeia femorata</i>							X	
<i>Processa nouveli</i>	X							
<i>Saduria entomon</i>							X	
ARACHNIDA								
Halacaridae indet.			X				X	
PYCNOGONIDA								
<i>Nymphon brevirostre</i>		X						
BRYOZOA								
<i>Alcyonidium polyoum</i>				X		X		
<i>Callopora lineata</i>			X					
<i>Electra crustulenta</i>	X	X		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				
TUNICATA								
<i>Dendrodoa grossularia</i>	X							
Summe 78 Taxa	19	16	36	35	13	25	0	
Abundanz (Ind./m²)	291	285	906	1966	206	3986	0	
Biomasse (gAFTG/m²)	6,7	55,9	12,8	13,1	3,4	9,7	0,0	

k
e
i
n
e
M
a
k
r
o
f
a
u
n
a

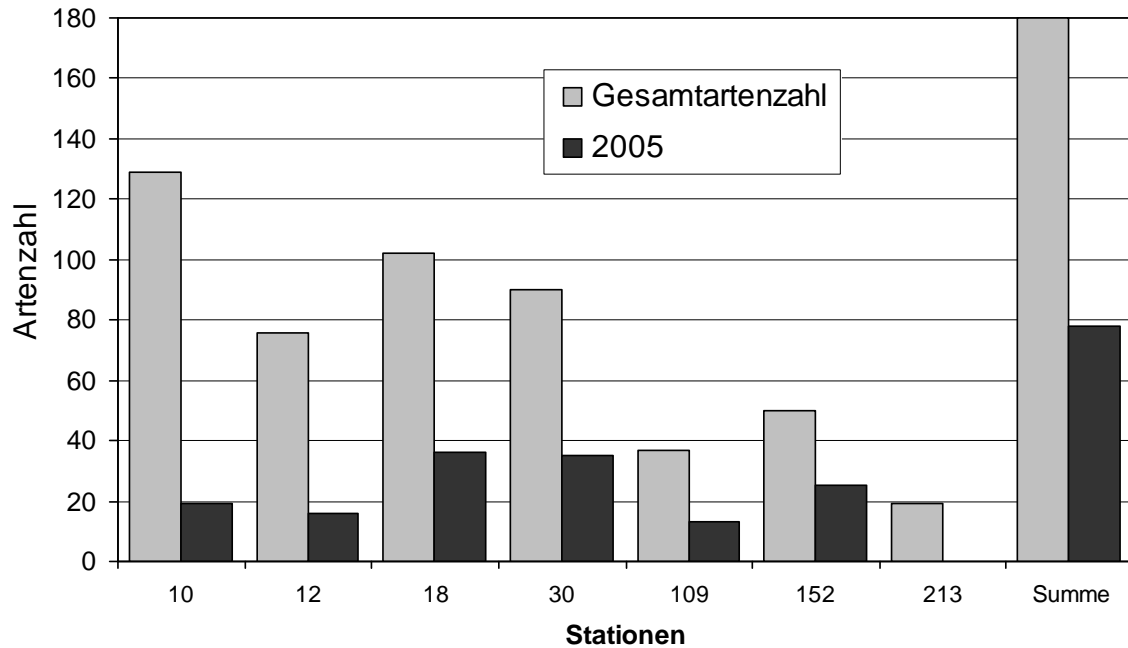


Abb. 21

Zusammenfassung der Artenzahl an den 7 untersuchten Stationen im Jahr 2005. Die 2005 beobachtete Artenzahl lag meist deutlich unter 50 % des potentiellen Arteninventars (alle Taxa, die in dem Zeitraum von 1991 bis 2005 gefunden wurden)

Fig. 21

The species number at 7 monitoring stations in 2005 in comparison with the complete species number of each station sampled between 1991 and 2005. Mostly less than 50 % of the potential species number was observed in 2005

Die festgestellten Artenzahlen lagen meist deutlich unter 50 % des seit 1991 an den jeweiligen Stationen beobachteten Gesamtarteninventars (Abb. 21). Am Fehmarnbelt (010) konnten nur 15 % und im Becken der Mecklenburger Bucht (012) nur 21 % nachgewiesen werden. Am Randbereich vor Kühlungsborn in 20 m Wassertiefe (018) fiel der Artenverlust etwas geringer aus. Etwa 35 % des Gesamtarteninventars wurde gefunden. In gleicher Größenordnung (39 bzw. 35 %) lagen die Werte an der Darßer Schwelle (030) und im Becken der Arkonasee (109). Nur die Station in der nördlichen Pommernbucht (152) erreichte mit 50 % des Arteninventars einen vergleichbar hohen Wert. Die Station in der Bornholmsee (213) in 90 m Tiefe war auf Grund erneuter und andauernder Sauerstoffarmut (deutliche H₂S-Bildung) ohne Makrofauna.

An den drei westlichen Stationen 010 (Fehmarnbelt), 012 und 018 (Mecklenburger Bucht) wurde erneut eine Artenreduktion beobachtet (Abb. 22). Mit 19, 16 bzw. 36 Arten stellten sich die Stationen als relativ schlecht besiedelt heraus. Im Vergleich mit den Vorjahren konnten ein Einbruch beobachtet werden. In der Arkonasee (109) wurde nach 2004 erneut eine Abnahme in der Artenzahl festgestellt, so dass sich ein leicht negativer Trend herausbildete. Die Stationen an der Darßer Schwelle (030) und in der nördlichen Pommernbucht (152) pegelten sich bei den Vorjahreswerten ein und waren bezüglich der Artenzahl relativ stabil.

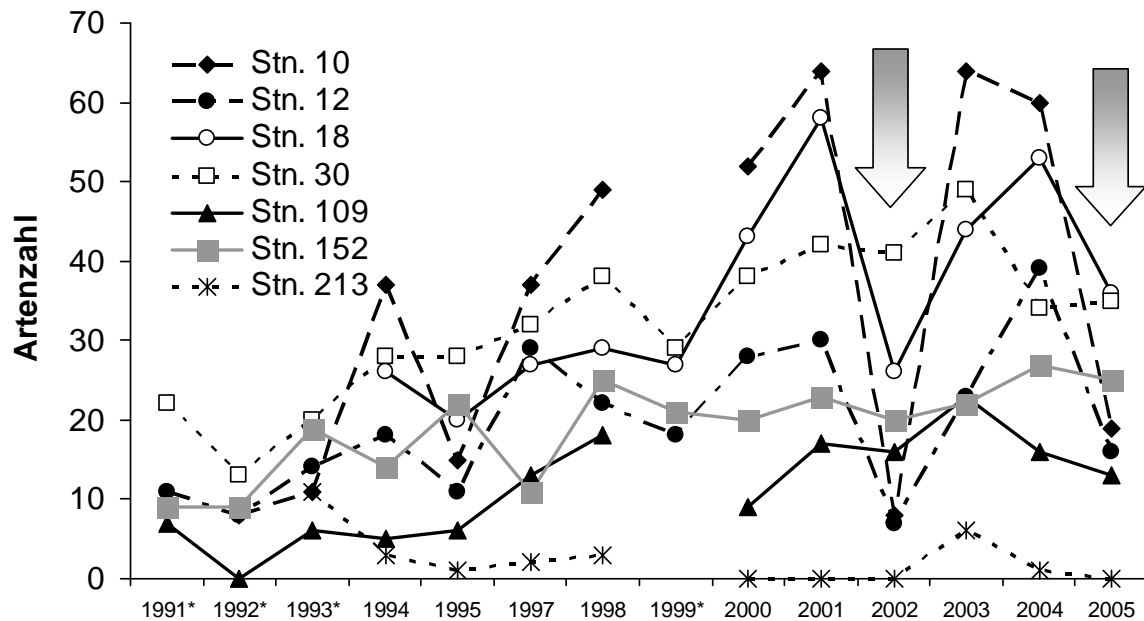


Abb. 22

Entwicklung der Artenzahlen an den einzelnen Monitoringstationen von 1991 bis 2005. Die Pfeile markieren den Sauerstoffmangel an den westlichen Stationen in den Jahren 2002 und 2005. (*=Jahre, in denen nicht alle Stationen beprobt wurden)

Fig. 22

Development of the species number at the different stations from 1991 to 2005. The arrows indicate the oxygen depressions in the western part in 2002 and 2005. (*=in some years not all stations were sampled)

Im Vergleich zu den Vorjahren konnten insgesamt 12 neue Arten für die Gebiete der Monitoringstationen nachgewiesen werden. Dazu gehörten im Bereich des Fehmarnbelts die Hydrozoe *Halitholus yoldia-arcticae*, der Polychaet *Myriochele oculata* und der dekapode Krebs *Processa noveli*. Letzte Art (eine Garnele) wurde bisher (nach Literatur und eigenen Erhebungen) noch nie in der Ostsee beobachtet, gehört aber zum Fauneninventar des angrenzenden Kattegat. Im zentralen Bereich der Mecklenburger Bucht (012) wurden erstmals der Wattwurm *Arenicola marina* und die Asselspinne *Nymphon brevirostre* nachgewiesen. An der Station 018 vor Kühlungsborn wurden die Hydrozoe *Dynamena pumila*, die Strandschnecke *Littorina littorea*, Wassermilben (Halacaridae indet) und das Moostierchen *Mucronella immersa* neu gefunden. Der Polychaet *Ampharete baltica* war neu für die Station 109 (Arkonasee). In der nördlichen Pommernbucht (152) wurde die Hydrozoe *Rathkea octopunctata* und Wassermilben (Halacaridae indet.) erstmals seit 1991 nachgewiesen.

In allen Jahren seit 1991 war die artenreichste Gruppe die der Polychaeta (Abb. 23), gefolgt von den Mollusca und Crustacea. Der deutlichste Artenrückgang waren auch innerhalb dieser drei Gruppen im Jahr 2005 festzustellen. Jeweils 30 bis 40 % weniger Arten als im Vorjahr wurden registriert.

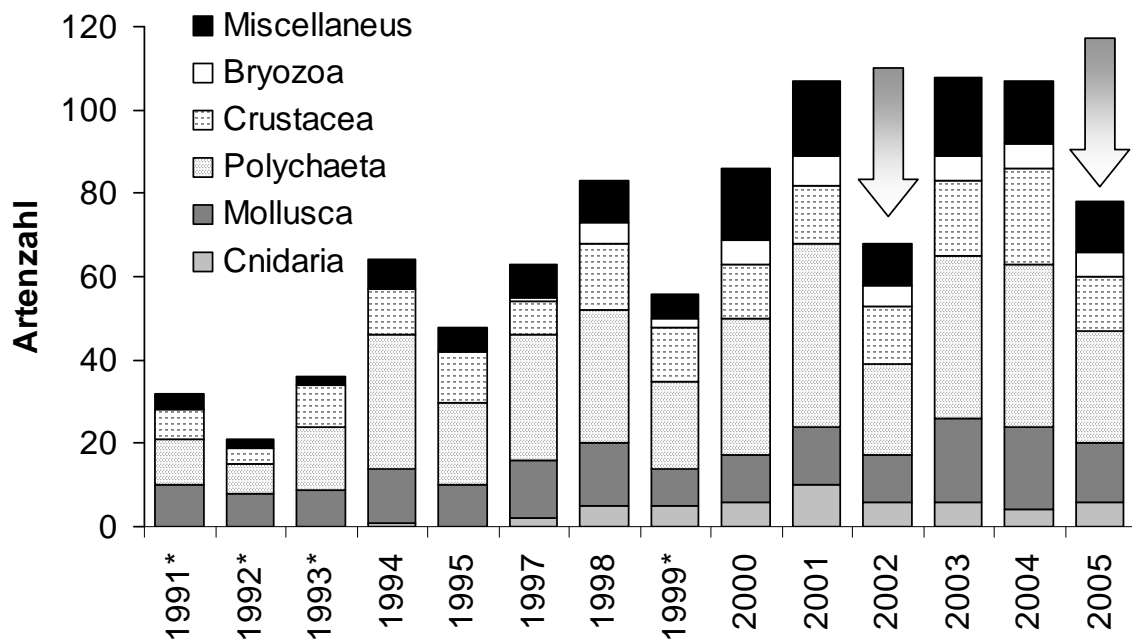


Abb. 23

Zusammensetzung des Makrozoobenthos an den 7 Monitoringstationen von 1991 bis 2005. Die Pfeile markieren den Sauerstoffmangel an den westlichen Stationen in den Jahren 2002 und 2005. (*=Jahre, in denen nicht alle Stationen beprobt wurden)

Fig. 23

Composition of the macrozoobenthos at the 7 monitoring stations from 1991 to 2005. The arrows indicate the oxygen depressions in the western part in 2002 and 2005. (*=in some years not all stations were sampled)

Im Nachfolgenden sollen die einzelnen Stationen charakterisiert werden. Dabei wird auf die Entwicklung der Artenzahlen, der Abundanz und der Biomasse näher eingegangen (Abb. 24). Die Biomasse wird nicht abgebildet, aber textlich behandelt. Die Abbildung 24 bezieht sich jeweils auf die Maximalwerte bei Artenzahl und Abundanz. Die maximale Artenzahl der Stationen kann aus Abbildung 21 abgelesen werden. Die Artenzahlen, Abundanzen und Biomassen des Jahres 2005 sind aus Tabelle 17 ersichtlich. Auf die Bornholmsee (Station 213) wird auf Grund anhaltender Defaunation nicht eingegangen.

Fehmarnbelt (Station 010)

Bis 2001 wurde eine stetige Artenzunahme beobachtet, die durch den Sauerstoffmangel im Jahr 2002 unterbrochen wurde. Die Artenzahl fiel um mehr als 90 % ab. Nach einer kurzzeitigen Erholung in den Jahren 2003 und 2004 kam es 2005 erneut zum Zusammenbruch (etwa um 65 %) der Populationen. Auch bei der Besiedlungsdichte wurde dieser Prozess beobachtet, allerdings scheint es hierbei größere Schwankungen zu geben, die nicht immer auf die Sauerstoffsituation zurückzuführen sind. Die Schwankungsbreite liegt bei über 90 %. Die Biomasse zeigt seit 2001 einen deutlich negativen Trend und erreichte mit 6,7 g AFTG/m² im Jahr 2005 den geringsten Wert seit 1995.

Zentrale Mecklenburg Bucht (Station 012)

Der kontinuierliche Trend bei der Zunahme der Artenzahl wurde durch die Sauerstoffmangelereignisse in den Jahren 2002 und 2005 unterbrochen. Ergebnisse aus 2004 zeigten potentiell eine sehr schnelle Regenerierbarkeit. Es bleibt abzuwarten, wie lange die Erholungsphase nach dem erneuten Artenverlust (ca. 60 %) dauert. Bei der Abundanz wurden mit Ausnahme von 2000 eher niedrige Werte und erhebliche Schwankungen beobachtet. Im Vergleich dazu lagen 2005 die Dichten um etwa 90 % niedriger. Allerdings konnten bei der Biomasse, verursacht durch das vermehrte Auftreten großer *Arctica islandica*, die höchsten Biomassen (55,9 gAFTG/m²) seit 1991 gemessen werden.

Südliche Mecklenburger Bucht (Station 018)

Seit 1994 ist ein positiver Trend sowohl bei der Artenzahl- als auch bei der Abundanzentwicklung zu beobachten. Allerdings verursachten die Sauerstoffmangelsituationen im Jahr 2002 und 2005 leichte Verluste bei der Artenzahl und starke Rückgänge (bis zu 90 %) bei der Abundanz. Die Biomasse war nicht so stark betroffen. Hier gingen die Werte um etwa 50-60 % gegenüber den Maximalwerten zurück.

Darßer Schwelle (Station 030)

Bei der Artenzahlentwicklung kann ein positiver Trend festgestellt werden. Betrachtet man allerdings nur die Jahre seit 1998 ist der Wert in einer Schwankungsbreite von 30 % relativ stabil. Im Gegensatz dazu zeigte sich bei der Abundanz eine deutliche Abnahme, die seit Beginn der Untersuchungen anhält. Es werden nur noch 10-20 % der Ausgangswerte von 1991 bzw. 1992 gemessen. Die Biomasseentwicklung sieht ähnlich aus, allerdings ist der negative Trend erst seit 1998 stabil. 20-30 % der Maximalwerte wurden 2004 bzw. 2005 festgestellt.

Zentrale Arkonasee (Station 109)

Die Artenzahl nimmt seit 2 Jahren ab und erreicht 2005 etwa 60 % des 2003 beobachteten Maximalwertes. Es bleibt abzuwarten, ob es sich um ein Trend oder eher um natürliche Schwankungen handelt. Die geringsten Werte wurden Anfang der 1990er Jahre beobachtet, wofür eine damalige schlechte Sauerstoffversorgung verantwortlich gemacht wurde. Die Abundanz zeigte eine sehr hohe Schwankungsbreite (über 90 %). Die Werte liegen seit Jahren bei bzw. unter 60 % des Maximalwertes von 1991. Von den beiden „Spitzenwerten“ in den Jahren 1998 und 2000 abgesehen, die durch das Auftreten von größeren *Arctica islandica* verursacht wurden, liegt die Biomasse meist deutlich unter 40 % der Maximalwerte. Seit 2001 ist ein leicht positiver Trend (oder Stabilität) zu beobachten.

Nördliche Pommernbucht (Station 152)

Auch hier wurde seit den 1990er Jahren eine Zunahme der Artenzahl festgestellt. Seit 1998 ist die Artenzahl relativ stabil und schwankt mit einer Varianz von etwa 20 %. Bei der Abundanz lässt sich ein negativer Trend seit Mitte der 1990er Jahre beobachten. Etwa 30 % des Maximalwertes wurden 2005 gefunden. Auch bei der Biomasse lässt sich der negative Trend (mit Ausnahme des Jahres 2000) nachweisen. Mit ca. 10 g AFTG/m² wurden etwa 30 % des Maximalwertes vom Jahr 2000 gemessen.

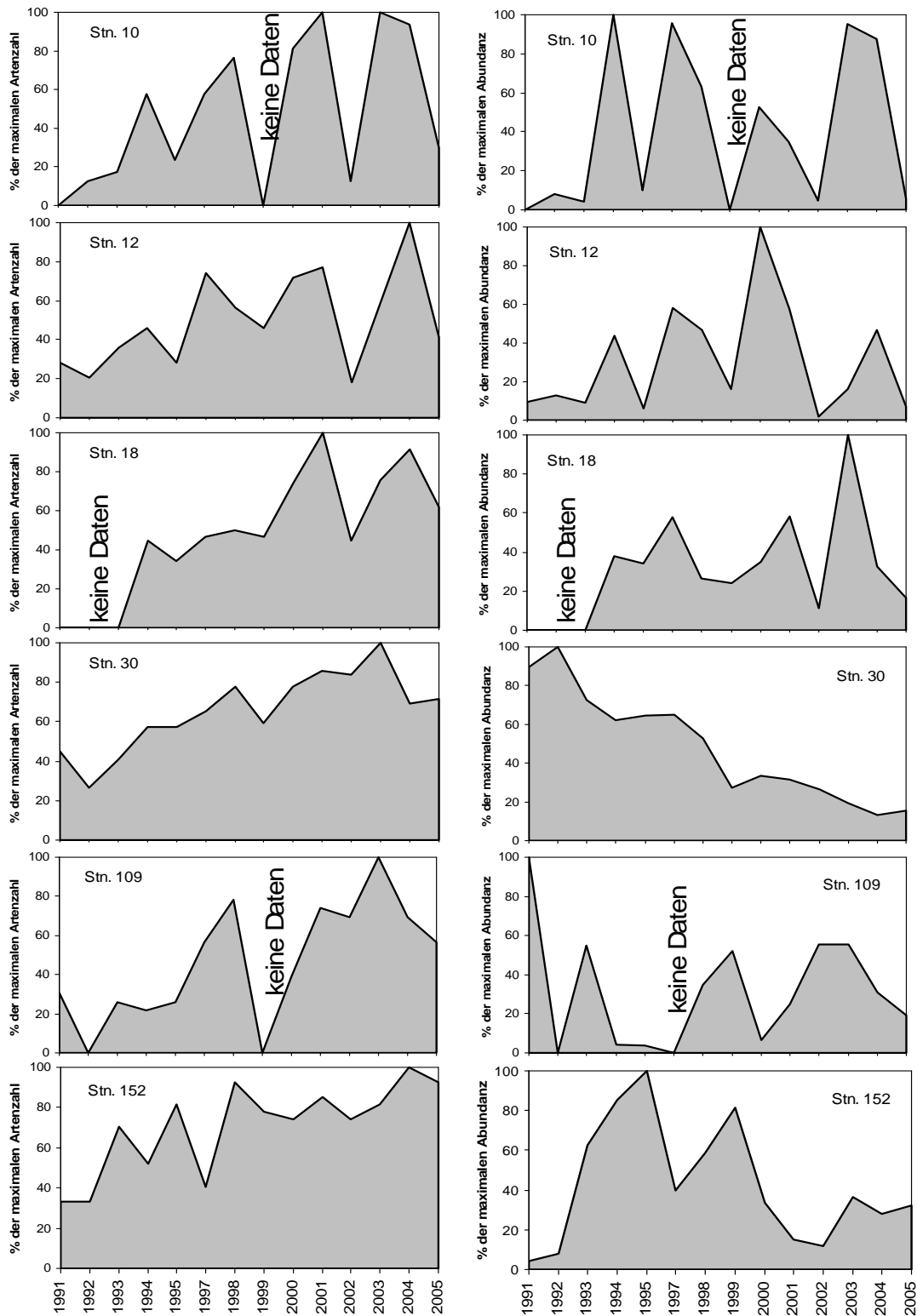


Abb. 24

Relative Artenzahl und Abundanz an den einzelnen Monitoringstationen von 1991 bis 2005. Bezugsgröße (=100 %) ist jeweils der größte an der Station gefundene Wert

Fig. 24

Relative species number and abundance at the distinct monitoring stations from 1991 to 2005. The reference value (=100 %) is the greatest value of each station

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. 2005, WEBER et al. 2005). Die aus den Vorjahren bekannte hohe Biodiversität (ZETTLER et al. 2000) war 2004 weitestgehend wieder hergestellt. Der erneute Sauerstoffmangel im Jahr 2005 verursachte wiederum an den drei westlichen Stationen einen Arten-, Abundanz- und Biomasserückgang, der diesmal dazu führte, das auch die längerlebigen Muscheln (*Arctica islandica*, *Astarte borealis*) stark in ihrer Zahl der Adulten und damit auch Biomasse abnahmen (Abb. 25). Es bleibt abzuwarten, ob sich die Lebensgemeinschaft nach diesem wiederholten drastischen Einschnitt genauso schnell erholen kann, wie im Vorjahr. Das Auftreten der Garnele *Processa nouveli* ist als Besonderheit hervorzuheben, allerdings kann man nur von einem Irrgast sprechen, da nur 1 Exemplar gefunden wurde. Gelegentlich dringen aus dem angrenzenden Kattegat solche „Exoten“ in die eigentliche Ostsee vor, können sich hier jedoch nicht etablieren.

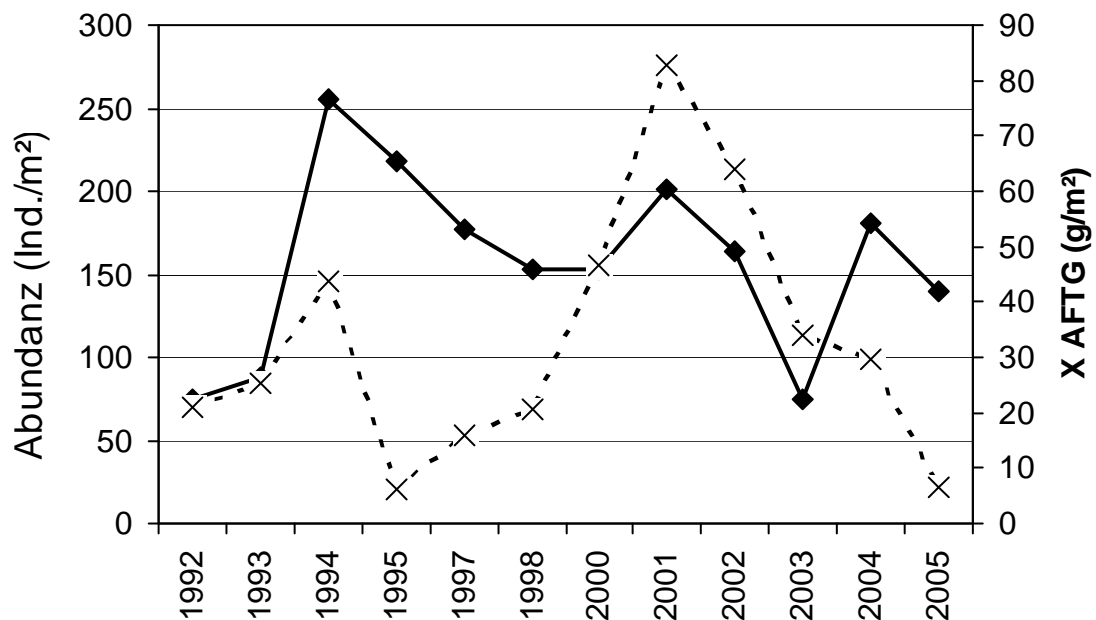


Abb. 25

Entwicklung der Abundanz (◆) und Biomasse (×) von *Arctica islandica* am Fehmarnbelt (010)

Fig. 25

Development of abundance (◆) and biomass (×) of *Arctica islandica* at Fermanbelt (010)

Am Fehmarnbelt und in der Mecklenburger Bucht wurden bezüglich der Artenzahl die viertniedrigsten Werte seit 1991 beobachtet. Auch an den meisten anderen Stationen pegelte sich die Biodiversität des Makrozoobenthos eher im Mittelbereich ein. Nur die nördliche Pommernbucht erwies sich mit dem gefundenen Fauneninventar als vergleichbar divers mit den Vorjahren. Die Ursachen sind zum einen in der schon erwähnten Sauerstoffmangelsituation an den westlichen Stationen zu erklären. Zum anderen spielt möglicherweise auch der relativ niedrige Salzgehalt an der Darßer Schwelle eine Rolle.

Die stetige Abnahme der Abundanz (und zum Teil auch der Biomasse) an der Darßer Schwelle (Stat. 030) ist auf das drastische Zurückgehen der Populationen der Wattschnecke *Hydrobia ulvae* und des Polychaeten *Pygospio elegans* zurückzuführen (Abb. 26). Beide Arten konnten bis Mitte der 1990er Jahre große Bestände aufbauen, die dann seit Ende der 1990er kontinuierlich abnahmen. Ursachen für das Zurückgehen bzw. Verschwinden dieser Arten an dieser Station können nicht genannt werden.

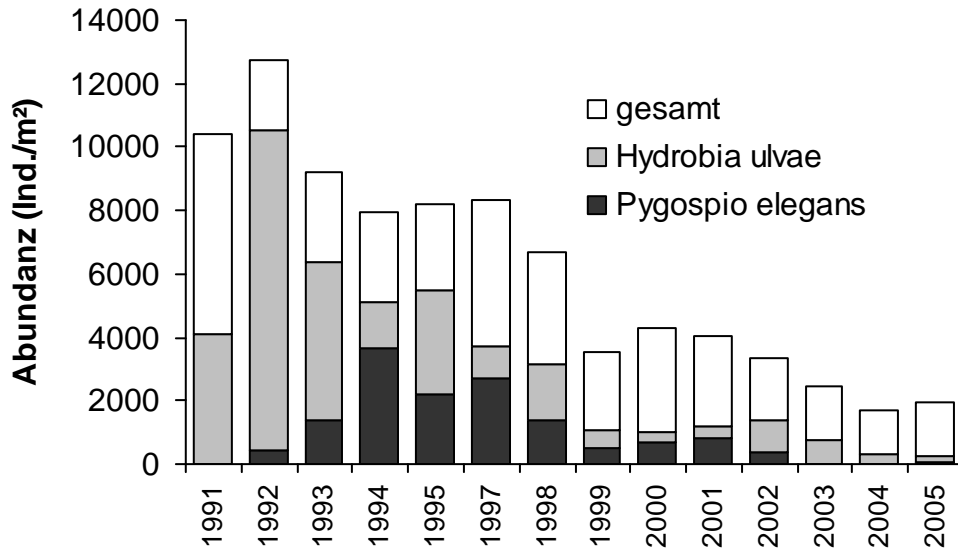


Abb. 26

Abundanzentwicklung an der Darßer Schwelle (030) von 1991 bis 2005. Die Anteile von *Hydrobia ulvae* und *Pygospio elegans* sind gekennzeichnet

Fig. 26

Development of abundance at Darss Sill (030) from 1991 to 2005. The fractions of *Hydrobia ulvae* und *Pygospio elegans* are indicated

Zusammenfassung

Im Rahmen des HELCOM-Monitorings wurden Daten über die Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos des Jahres 2005 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 2004 aus dem Gotlandbecken vervollständigen saisonale Angaben zur Phytoplanktodynamik. 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 18 Probentermine pro Station (Tab. 1). Eine spezielle Probenstatistik zum Zooplankton wird in Tab. 2 gezeigt.

Aus dem Rückgang der Nährstoff-Konzentrationen in den oberen 10 m (Tab. 4) kann auf die Entwicklung der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons geschlossen werden. Die Nitrat+Nitrit-Konzentrationen sanken in der Lübecker Bucht (Stat. O22), an der Darßer Schwelle (Stat. 030) und in der Bornholmsee (Stat. 213) bis Anfang April fast bis auf Null ab, an den anderen Stationen aber erst bis zum nächsten Meßtermin (10.-15. Mai). Abgesehen von diesen räumlichen Variabilitäten scheint sich die Frühjahrsblüte im Jahre 2005 in allen Seegebieten relativ gleichzeitig (März-April) entwickelt zu haben. So findet sich das Chlorophyll-a-Maximum an allen Stationen (außer Stat. 259) in der ersten April-Hälfte (Tab. 7). Der früheste Blütennachweis im Jahre 2005 wurde am 2. März registriert, und zwar erstaunlicherweise nicht in der Mecklenburger Bucht, sondern in der Arkonasee (Stat. 113, Abb. 6 b). Dieses erste Blütenstadium wurde vom photoautotrophen Ciliaten *Mesodinium rubrum* gebildet, der schwerpunktmäßig in der eigentlichen Ostsee vorkommt. Erstaunlicherweise hält sich die Kieselalgen-Blüte (*Rhizosolenia setigera*) nach mikroskopischen Befunden in der Mecklenburger Bucht noch bis spät in den Mai hinein (Abb. 5 a-c). Eventuell war es eine alternde Blüte, die kaum noch produktiv war und sich trotzdem noch lange im Wasser suspendiert hielt. Es muß berücksichtigt werden, dass solche sehr großen Kieselalgenzellen wie *Rhizosolenia setigera* bei Angabe der Biovolumina in ihrer Bedeutung überschätzt werden, da sie eine große wässrige Vakuole enthalten, die kaum organische Substanz beinhaltet.

Bezüglich der Artenzusammensetzung unterscheidet sich die Frühjahrsblüte der zentralen Arkonasee (Abb. 6 a-c) deutlich von der der Mecklenburger Bucht, denn nach der *Mesodinium*-Blüte im März kamen hauptsächlich *Skeletonema costatum* und *Chaetoceros* spp. zur Entwicklung, an Station 109 *Thalassiosira* spp. und *Skeletonema costatum*. Es muß erwähnt werden, dass der Name *Skeletonema costatum* nach neueren taxonomischen Arbeiten nur noch als vorläufiger Arbeitsname anzusehen ist, denn wir konnten die gefundene *Skeletonema*-Art als *S. marinoi* identifizieren (Abb. 4), behalten den bisherigen Namen in Abstimmung mit der Phytoplankton-Expertengruppe bis zur endgültigen Bestätigung aber vorläufig noch bei. Die Kieselalgenblüte geht in der Arkonasee bereits Mitte April zurück, und es schließt sich Mitte Mai in der westlichen Arkonasee (Stat. 030, Abb. 6 a), genauso wie in der Mecklenburger Bucht, eine kurze Blüte von *Dictyocha speculum* an.

In der Pommerschen Bucht trat am 3.4.05 eine reine Kieselalgenblüte aus *Skeletonema costatum* und *Diatoma tenuis* auf (Abb. 6 d). Zur gleichen Zeit fand auch in der Bornholmsee (Abb. 7 a) eine Kieselalgen-Blüte (*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* spp.) statt, was für dieses Seegebiet sehr früh ist. Bereits zum 9.4.05 waren die Kieselalgen im wesentlichen in die Tiefe abgesunken, während sich *Mesodinium rubrum* und Dinoflagellaten entwickelten. Eine schwache Kieselalgenentwicklung hatte Anfang April auch in der südlichen Gotlandsee (Stat. 259, *Chaetoceros subtilis*, Abb. 7 b) und in der östlichen Gotlandsee (Stat. 271, *Thalassiosira* sp., *Skeletonema costatum*, Abb. 7 c) eingesetzt. Bis Mitte Mai hatten sich *Mesodinium rubrum* und meist unbestimmte Dinoflagellaten durchgesetzt.

Die Sommerblüte aus Kieselalgen hatte sich im Juni-Juli 2005 in der Mecklenburger Bucht bis an die Darsser Schwelle (Stat. 030) kräftig entwickelt. Das bis zum Jahre 2002 für die Sommerblüte typische Art *Dactyliosolen fragilissimus* bildete nach 2 Jahren mit abweichender Artenzusammensetzung nun wieder den Hauptteil der Blüte und erreichte in der Lübecker Bucht (Station O22, Abb. 5 b) eine Biomasse von 12932 mg m⁻³. In den östlichen Teilen der Arkonasee gab es keine Kieselalgenblüte; hier war, wie auch in der Bornholmsee, *Chaetoceros impressus* die wichtigste Sommer-Kieselalge. Im Juli kam es in der Gotlandsee (Abb. 7 b, c) zur erwarteten Cyanobakterien-Blüte. In den anderen Seegebieten einschl. der Bornholmsee konnte keine Cyanobakterien-Blüte nachgewiesen werden.

Die Herbstblüte war in der Mecklenburger Bucht wieder von den typischen Dinoflagellaten *Ceratium tripos* und *C. fusus* dominiert. Sie erreichten ihr Maximum im November. Die Dinoflagellaten-Herbstblüte wird im allgemeinen von Kieselalgen begleitet. Diese waren in den November-Proben nur gering vertreten und, wie schon in 2004, im wesentlichen durch *Guinardia flaccida* repräsentiert. Eine Herbstblüte konnte in der Arkonasee sowie an den Stationen 213 und 271 nicht nachgewiesen werden. Wahrscheinlich wurde die Blüte nur verpasst, denn die in einigen Jahren blütenbildende Kieselalge *Coscinodiscus granii* war durchaus als dominante Art vorhanden. An Station 259 (Abb. 7 b) wurde sie jedoch getroffen (*Coscinodiscus granii*: 418 mg m⁻³, *Dactyliosolen fragilissimus*: 310 mg m⁻³).

Die wichtigsten Phytoplanktonarten jeder Saison sind für jedes Seegebiet in Tabelle 5 zusammengestellt. Eine komplette Artenliste des Jahres 2005, einschl. eines saisonalen Indikators, findet sich in Tabelle 6.

Die Sedimentation organischen Materials in der Gotlandsee konnte auch im Jahr 2004 über den ganzen Jahresverlauf ohne Ausfälle gemessen werden. In einer 6-wöchigen Periode zwischen Mitte Mai und Anfang Juni traten allerdings ungewöhnlich niedrige Werte auf, die eine mögliche Verstopfung des Fangtrichters andeuten. Dem widersprechen allerdings qualitative Unterschiede des gefangenen Materials in dieser Periode, so dass wir vorerst von einer realen Schwankung des Sedimentationsgeschehens ausgehen.

Die typische Trennung in drei qualitativ und quantitativ getrennte Sedimentationsperioden, die unterschiedlichen Antriebsprozessen für die pelagische Produktion zuzuordnen sind, trat auch in diesem Jahr wieder auf. Das Sedimentationsmaximum im Frühjahr (März/April) wurde wieder fast ausschließlich von Diatomeen gebildet, wobei wie in den Vorjahren *Skeletonema costatum* und *Thalassiosira levanderi* einen Großteil der Biomasse stellten, als weitere wichtige Arten aber

Achnanthes taeniata und *Thalassiosira baltica* hinzukamen (Abb. 8 a). Der Hauptexport von Silikat aus der Deckschicht fand im Frühjahr und Herbst statt, wobei in diesem Sommer höhere Silikatflüsse durch auf Cyanobakterienaggregaten siedelnde Diatomeen der Art *Nitzschia paleacea* trotz des sommerlichen Vorhandenseins ausblieben (Abb. 9 a). Die Aggregate von Cyanobakterien (*Aphanizomenon* sp., *Nodularia spumigena*) dominierten die vertikalen Flüsse von Kohlenstoff (Abb. 9 b), Stickstoff (Abb. 9 c) und Phosphor (Abb. 10) in der Sommerperiode. Die Bedeutung dieser Stickstofffixierer zeigte sich wiederum durch die extrem niedrige isotopische Signatur des Stickstoffs in der Hauptsedimentationsphase im August (Abb. 11). Das spätherbstliche Sedimentationsmaximum war quantitativ wieder bedeutender als im Vorjahr und erreichte fast die Menge der Frühjahrsedimentation. Es wurde von einem Gemisch verschiedener Diatomeenarten gebildet, wobei die Gattungen *Cyclotella* und *Chaetoceros*, sowie die Arten *Coscinodiscus granii* und *Actinocyclus octonarius* den Bestand dominierten.

Die Gesamtsumme für den jährlichen Vertikalfluss lag für die einzelnen Elemente bei 950 mmol C, 88 mmol N (C/N=10,5), 179 mmol Si und 12,5 mmol P pro m² und Jahr. Der Massefluss betrug im Jahr 2004 101 g Trockenmaterial pro Jahr und war damit erheblich niedriger als im Vorjahr. Gegenüber den insgesamt höheren Raten des Vorjahres nahm die Sedimentation 2004 wieder eine Stellung im oberen Mittel ein. Eine an der Falle angebrachte automatische Kamera zeigte einen über das Jahr in Menge und Größe variierenden Bestand von Aggregaten. Es ist geplant, diese Videodaten mit Hilfe von Bildauswerteverfahren vorwiegend im Rahmen von Examensarbeiten weiter auszuwerten.

Die jahreszeitliche Entwicklung der Chlorophyll a-Konzentrationen ist in Tab. 7 dargestellt. Ein Vergleich der Saisonmittelwerte der Chlorophyll a-Konzentration in der eigentlichen Ostsee mit den entsprechenden Werten der 5 vorangegangenen Jahre (Tab. 8) zeigt, dass die extrem frühe Frühjahrsblüte (z.T. schon im Februar) des Jahres 2003 eine Ausnahme geblieben ist.

Durch Hinzufügen der Chlorophyll a-Daten des Jahres 2005 zur bisherigen Datenbasis blieb der abnehmende Trend (seit 1979, mittels linearer Regression) in der Mecklenburger Bucht erhalten, während er in der Arkonasee erstmalig nicht signifikant ($p=0.05$) wurde (Tab. 9). Nach dieser Analyse wurden zu der bisherigen Datenbasis weitere Alt-Daten nachgetragen mit dem Effekt, dass nun keinerlei signifikante Regression gefunden werden konnte (Tab. 10). In den meisten Seegebieten wurde etwa ab dem Jahre 1996 eine Abnahme der Chlorophyll a – Konzentrationen beobachtet; ein Ausschluß dieser Werte führte aber nicht zur neuerlichen Signifikanz des Anstiegs (Tab. 10). Anschließend wurde mit dem neuen Datensatz eine Analyse für die einzelnen Jahreszeiten (Tab. 11) durchgeführt. Es zeigte sich, dass in erster Linie die Frühjahrswerte einen Trend zeigten, während die Sommerwerte im Langzeit-Verlauf recht gleichbleibend waren (Tab. 12, Abb. 15). Die Frühjahrswerte zeigen in der Mecklenburger Bucht einen stark signifikanten Abfall, aber in der Arkonasee und in der Bornholmsee schwächer bis stärker signifikante Anstiege. Die Sommerwerte ergaben dagegen gar keinen Trend. Mit dem Mann-Kendall-Test waren dieselben Aussagen zu gewinnen wie aus den linearen Regressionen außer für Station 271; hier zeigten auch die Frühjahrswerte einen hoch signifikanten Trend an (Tab. 13).

Viele Arten zeigen typische räumliche Verteilungsmuster, die sicher durch den Salzgehaltsgradienten bestimmt sind. Demnach ist der Bereich der Darßer Schwelle eine wichtige

Verbreitungsgrenze, während sich die Artenzusammensetzung in der eigentlichen Ostsee weniger abrupt verändert (Abb. 16, 17).

Zur Erfassung des Mesozooplanktons wurde entsprechend der HELCOM-Vorschrift ein WP-2 Netz (100µm Maschenweite) in maximal drei Tiefenstufen pro Station eingesetzt. Insgesamt beruht die Einschätzung auf 130 Proben. Sie wurden auf 9 Standard-Stationen während 5 Terminfahrten gewonnen. *Bosmina* spp. und *Pseudocalanus* spp. wurden wegen taxonomischer Unsicherheiten nur auf dem Gattungsniveau berücksichtigt. Um aus Zeitgründen nicht die Gattungen *Podon* spp. und *Pleopsis* sp. unterscheiden zu müssen, wurde sich auf das übergeordnete Niveau der Podonidae festgelegt. Dem Standard des „Integrated Taxonomic Information System“ folgend, wurden *Sagitta* als *Parasagitta* geführt, die Bryozoa als Gymnolaemata und die Mysidacea als Lophogastrida.

Über die letzten sieben Jahre betrachtet, wurden insgesamt 36 Taxa registriert (Tab. 14). Davon wurden 2005 maximal 31 Gruppen beobachtet. *Paracalanus parvus* sowie *Noctiluca scintillans*, Gäste aus dem marinen Bereich, fehlten. In der zweiten Jahreshälfte waren mehr Taxa zu verzeichnen als in der ersten, als Ergebnis der späten jahreszeitlichen Entwicklung (*Oikopleura dioica*, Podonidae, *Acartia tonsa*, *Bosmina* spp., *Keratella* sp., *Aleurina composita*). *Limnocalanus macrurus* indizierte im Oktober salzärmeres Wasser in den tieferen Horizonten der östlichen und südlichen Gotlandsee., währenddessen einige Exemplare von *Calanus finmarchicus*, *Parasagitta* sp. sowie Echinodermaten -Larven auf anhaltenden Zustrom salzreicheren Wassers unterhalb der Haloklinen westlich der Darßer Schwelle schließen ließen.

Nach dem stärkeren Salzwassereinstrom im Jahre 2003 ging die Abundanz der in der Nordsee heimischen Strudelwürmer *Aleurina composita* wieder auf die übliche Konzentration von maximal 2200 Ind./m³ zurück. Die 7fache Reduktion in der Konzentration des marinen Cyclopoiden *Oithona similis* unterhalb der Haloklinen im Gotlandtief stand ebenfalls damit im Zusammenhang (Abb. 19). Die positive Wirkung des 2003 erneuerten Tiefenwassers ist somit vorerst vorüber.

Die augenfälligste Erscheinung war 2005 der Rückgang in der Gesamtabundanz des Mesozooplanktons auf ein Drittel gegenüber der Periode in den 90er Jahren (Tab. 15, Abb. 19). Dies war vor allem ein Ergebnis der Reduktion im Bereich der Rotatorien, die im Vergleichszeitraum auf ein Fünftel zurückgingen. Die Cladocera (*Bosmina* spp., *Evadne nordmanni*, Podonidae) verzeichneten gegenüber dem Vorjahr wieder einen Zuwachs, als Folge der um drei Grad höheren Sommertemperatur, blieben aber weiter bei Konzentrationen, die um das Zehnfache unter der außergewöhnlichen Massenentwicklung im Jahre 2002.

Die Maxima der adulten calanoiden Copepoden schwanken in der Gesamtmenge seit Mitte der neunziger Jahre relativ wenig um ein Mittel von etwa 30 000 Ind./m³. Allerdings gibt es von Jahr zu Jahr beträchtliche Schwankungen der Arten zueinander. Im Gegensatz zu den Vorjahren dominierte im Jahre 2005 *Acartia longiremis* sowie *Temora longicornis* (Tab. 16). Der Bestand von *Centropages hamatus*, die Art, die vom kühleren Vorjahr profitierte, verringerte sich 2005 auf ein Viertel. Die *Pseudocalanus* spp. – Konzentrationen lagen im Optimum der letzten Jahre, was sich allerdings um das Dreifache unter den Spitzen – Abundanzen der 80er Jahre befand.

Im Makrozoobenthos lag die Artenzahl der 7 off-shore-Stationen im Jahr 2005 im Vergleich zu den Vorjahren mit insgesamt 78 unter dem Durchschnitt (Tab. 17, Abb. 21). Nach einer schneller

Erholung nach den Sauerstoffmangelereignissen im Jahre 2002 in der westlichen Ostsee (Stat. 010, 012, 018) führte ein erneuter Sauerstoffmangel im Jahre 2005 zum wiederholten Zusammenbruch der westlichen Lebensgemeinschaften (Fehmarnbelt und Mecklenburger Bucht; Abb. 22). Nur wenige Organismen überlebten diese widrigen Lebensumstände. An der Darßer Schwelle (Stat. 030) pegelte sich die Biodiversität des Makrozoobenthos im Bereich der Vorjahre ein, jedoch ist seit Beginn der 1990er Jahren ein deutlich negativer Trend bei der Abundanz und Biomasse zu erkennen, der auf das Verschwinden bzw. starke Zurückgehen von *Hydrobia ulvae* und *Pygospio elegans* zurückzuführen ist (Abb. 26). Verursachende Faktoren sind hierfür derzeit nicht festzustellen. In der Arkonasee ist seit 2 Jahren ein leicht negativer Trend sowohl bei der Artenzahl als auch bei der Abundanz zu beobachten, der jedoch keineswegs als stabil zu bezeichnen ist. Die nördliche Pommernbucht (Stat. 152) weist seit Jahren stabile Verhältnisse bezüglich der Besiedlung durch das Makrozoobenthos auf. Die Bornholmsee zeigte erneut und andauernd Sauerstoffmangel und war frei von jeglicher Fauna.

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 2005 together with physico-chemical data in order to continue the time series which exists since 1979. Data from sediment traps deployed in 2004 in the Gotland Basin give information on particle dynamics. The data based on five regular monitoring cruises (February, 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, "Phosphordynamik", "Chemokline 05"). By this strategy, up to 18 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.

From the decrease in nutrient concentrations in the upper 10 m (Tab. 4), the timing of the spring bloom of the phytoplankton can be concluded. The nitrate+nitrite concentrations were exhausted in Lübecker Bight (Stat. O22), at Darss Sill (Stat. 030) and in the Bornholm Sea (Stat. 213) by the beginning of April, at other stations by the next measuring date (10-15 May). Irrespective of these spatial inhomogeneities, the spring bloom appeared in all sea areas more or less simultaneously (March-April). The chlorophyll *a* maximum was found in the first half of April at all stations except for Stat. 259 (Tab. 7). The earliest evidence of the bloom in 2005 was noticed on 2 March, surprisingly not in Mecklenburg Bight but in the Arkona See (Stat. 113, Fig. 6 b). It was based on the growth of the photoautotrophic ciliate *Mesodinium rubrum*, which occurs primarily in the Baltic Proper. In contrast to usual blooms, the diatom bloom (*Rhizosolenia setigera*) persisted, according to microscopical data, until late May in Mecklenburg Bight (Fig. 5 a-c). Probably, this was a senescent bloom that kept suspended in the water for a long time. It has to be noted that the biovolume of such big diatom cells like *Rhizosolenia setigera* overestimates their nutritional importance because of its big vacuole that contains only little organic substance.

Concerning the species composition, the spring bloom in the central Arkona Sea (Fig. 6 b) deviates clearly from that of Mecklenburg Bight since mainly *Skeletonema costatum* and *Chaetoceros* spp.

develop after the *Mesodinium* bloom, in the eastern Arkona Sea (Stat. 109, Fig. 6 c) even *Thalassiosira* spp. and *Skeletonema costatum*. It has to be noted that the *Skeletonema* species was identified as *S. marinoi* (Fig. 4), but the old name is provisionally kept in accordance with the HÄLLFORS list. In the Arkona Sea, the spring bloom declines already in the mid of April. In the western Arkona Sea (Stat. 030, Fig. 6 a), it is followed by a short bloom of *Dictyocha speculum*, which is typical for Mecklenburg Bight at that time.

A pure diatom bloom (*Skeletonema costatum*, *Diatoma tenuis*) appeared on 3.4.05 in Pomeranian Bight (Fig. 6 d). At the same time, a diatom bloom (*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* spp.) occurred in the Bornholm Sea (Fig. 7 a), which is rather early for this region. It sank down already by the 9.4.05, while *Mesodinium rubrum* and dinoflagellates developed. A weak diatom growth started also in the southern Gotland Sea (Stat. 259: *Chaetoceros subtilis*; Fig. 7 b) and in the eastern Gotland Sea (Stat. 271: *Thalassiosira* sp., *Skeletonema costatum*) at the beginning of April. *Mesodinium rubrum* and unidentified dinoflagellates prevailed until mid of May.

A strong summer bloom of diatoms grew in June-July 2005 in Mecklenburg Bight incl. Darss Sill (Stat. 030, Fig. 6 a). *Dactyliosolen fragilissimus*, which was the dominating summer diatom until 2002, was the blooming species again, after 2 years of deviating species composition. It reached a biomass of 12932 mg m⁻³ in Lübeck Bight (Stat. O22, Fig. 5 b). No summer diatom bloom occurred in the eastern part of the Arkona Sea and the regions farther east. The most important diatom in the eastern Arkona Sea and the Bornholm Sea was *Chaetoceros impressus*. The expected cyanobacteria bloom was found in the Gotland Sea in July (Fig. 7 b, c), but not in the other investigated areas incl. Bornholm Sea.

The autumn bloom in Mecklenburg Bight was dominated by the typical dinoflagellates *Ceratium tripos* and *C. fusus*. They reached their maximum in November. The autumn dinoflagellate bloom is in general accompanied by diatoms. However, diatoms, mostly represented by *Guinardia flaccida*, were infrequent in November 2005. An autumn bloom was not recorded in the Arkona Sea and at Stations 213 and 271. Probably it occurred but was missed, as the typical diatom of the autumn bloom, *Coscinodiscus granii*, was absolutely present in moderate numbers. The bloom was met at Station 259: *Coscinodiscus granii*: 418 mg m⁻³, *Dactyliosolen fragilissimus*: 310 mg m⁻³.

The 10 most important phytoplankton species of each season in each sea area are compiled in Table 5. A complete species list of the year 2005, including a seasonal indicator, is given in Table 6.

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 2004 can be presented up to now. The sedimentation of organic matter in the central Gotland Basin could be recorded in 2004 without major instrumental failure. Within a period of 6 weeks between the middle of April and June exceptionally low rates occurred, which may indicate a clogging of the entrance to the sampling cup. As, however, the material in the respective sampling periods showed a distinct difference in biological and chemical composition, we consider the data as valid for the time being. This year again displayed the typical separation in three qualitative and quantitative different sedimentation periods related to the seasonal difference in physical and biological drivers for the vertical particle flux.

The spring maximum in sedimentation was mainly supplied by diatoms with major contributions of *Skeletonema costatum* and *Thalassiosira levanderi* like in the previous years and *Achnanthes taeniata* and *Thalassiosira baltica* as additional important species (Fig. 8 a). The main export of silica occurred in spring and autumn (Fig. 9 a). The contribution of *Nitzschia paleacea* as a summer species attached to cyanobacterial aggregates remained low in 2004 compared to the previous year. Aggregates of cyanobacteria (*Aphanizomenon* sp., *Nodularia spumigena*) dominated the summer flux of carbon (Fig. 9 b), nitrogen (Fig. 9 c) and phosphorus (Fig. 10) again. The importance of these transport agents is supported by the low isotopic signature of particulate nitrogen in the main sedimentation phase in August (Fig. 11). The sedimentation peak in late autumn became quantitatively more important than in the previous year being in the same range as the spring sedimentation (Fig. 14). It was formed by a mixture of diatoms, among which the orders *Cyclotella* and *Chaetoceros*, as well as the species *Coscinodiscus granii* and *Actinocyclus octonarius* dominated the stock.

The absolute amount of the annual flux was estimated for the single elements with 950 mmol C, 88 mmol N (C/N=10,7), 179 mmol Si and 12,5 mmol P per m² and year. Mass flux amounted to 101 g dry weight per year and was significantly lower than in the previous year. Compared with the elevated rates of 2003, this year was again in the upper mean range of the observations up to now. An automatic video camera, mounted on the trap, provided periodical video observations of particle distribution at the trap depth (180 m). It showed distinct differences in size and numbers of suspended aggregates over the different seasons.

The seasonal development of chlorophyll a concentrations is shown in Table 7. A comparison of seasonal mean values with the five preceding years indicates that the extremely early spring bloom (in some areas even in February) in 2003 stayed an exception (Table 8).

By adding the chlorophyll data from 2005 to the current data basis of 1979 to 2004, the decreasing trend (by linear regression, t test, $p = 0.05$) in Mecklenburg Bight remains, but the increase in the Arkona Sea became non-significant (Table 9). After this analysis, newly acquired “old data” were added to the data base, which resulted in a disappearance of the significance in linear regressions (Table 10). In most of the sea areas, a decrease in chlorophyll *a* concentrations occurred since 1996, but even the exclusion of these data did not lead to significance of the increase 1979-1996 (Table 10). If the seasons (Table 11) are analysed separately, the spring data reveal long-term trends, but not the summer data (Table 12, Fig. 15). The spring data were decreasing in Mecklenburg Bight but increasing in the Arkona Sea and the Bornholm Sea. The Mann-Kendall-Test gave the same results except for Station 271, where the trend showed a strong increase in the spring data (Table 13).

The regional distribution of phytoplankton species is mainly caused by the salinity gradient. For this reason, Darss Sill is an important border while there is no such steep change in the species composition within the Baltic proper (Fig. 16, 17).

Mesozooplankton was collected in up to three depth layers at 9 stations during five cruises between February and November 2005. We applied the HELCOM guidelines using a WP-2 type net equipped with a 100 µm mesh aperture. The analysis bases on 130 samples in total. We analysed

sub-samples as usually supplemented by a survey of the entire sample in order to consider rare species as we already did in the nearest past. There are still taxonomic uncertainties concerning species levels of *Bosmina* spp. und *Pseudocalanus* spp.. Therefore we considered them on genus level. For time reasons, we did not distinguish genera like *Podon* spp. und *Pleopsis* sp.. Consequently we used Podonidae as the joint group. Following the „Integrated Taxonomic Information System“, *Parasagitta* was used instead of *Sagitta*, Gymnolaemata instead of Bryozoa and Lophogastrida instead of Mysidacea..

During the last seven years, 36 taxa were distinguished (Tab. 14). In 2005, we found 31 of them. There were no *Paracalanus parvus* and *Noctiluca scintillans* which are of marine origin. During the second half of the year, there were more taxa than in the first half of it due to the late seasonal development of *Oikopleura dioica*, Podonidae, *Acartia tonsa*, *Bosmina* spp., *Keratella* sp., and *Alaurina composita*. The limnetic species *Limnocalanus macrurus* indicated lower saline water in deeper layers of the central and southern Gotland basin, while some specimen of *Calanus finmarchicus*, *Parasagitta* sp. and Echinodermaten – larvae respectively occurred west of Darss sill as a result of continuing marine influence in this area.

After the strong salt water influx in 2003, the abundance of the turbellarian *Alaurina composita* which is of North Sea origin successively decreased up to the normal of about 2.200 individuals per m³ as a sign of stagnating salt water influx. Consequently, the concentration of the marine cyclopid copepod *Oithona similis* declined accordingly below the halocline of the Gotland Deep (Fig. 18).

The most striking event in 2005 was the decrease in total maximum abundance of mesozooplankton up to one third of the concentration compared with the maximum abundance of the period between 1991 and 1995 (Tab. 15, Fig. 19). It was mainly a result of the strong reduction of rotifer abundance by one fifth in the same time. The concentrations of the cladocerans (*Bosmina* spp., *Evadne nordmanni*, Podonidae) increased again in comparison to 2004 because of the higher temperature by 3°C in summer 2005. But their concentrations remained small by a factor of ten in comparison to their extraordinary mass development in 2002.

The total of all maximum abundances of adult calanoids vary only a little around a long term average of about 30 000 Ind./m³. However, there are significant variations between different taxa. In contrast to the previous year, *Acartia longiremis* and *Temora longicornis* were more abundant in 2005 (Tab. 16). The concentrations of *Pseudocalanus* spp. were in the optimal range of the last years again, but three times below the optimum of the late eighties.

The 78 species found in the macrozoobenthos in 2005 mark one of the lowest diversity during the last 5 years at the 7 monitoring stations sampled by the IOW (Tab. 17, Fig. 21). After the quick recovery following the oxygen depletions in 2002 in the western Baltic (Stat. 010, 012 and 018), the benthic communities were affected again by severe oxygen depletion in 2005 (Fig. 22). Only few organisms survived this event. Furthermore, due to the loss of adult long-living bivalves both the abundance and the biomass decreased rapidly. At Darss Sill (Stat. 030), the species number was comparable with the years before. Otherwise, a strong negative trend in abundance and biomass has been observed since the beginning of the 1990ies, mainly due to the disappearance or decline of *Hydrobia ulvae* and *Pygospio elegans* (Fig. 26). No reasons for this observations could be assessed.

A slight decrease in biodiversity has been detected in the Arkona Sea (Stat. 109) for 2 years. Currently no general conclusions or assessments could be made. The northern Pomeranian Bay (Stat. 152) shows relatively stable conditions in respect to colonisation by macrozoobenthos for several years. The Bornholm Sea (Stat. 213) was characterised by high amounts of hydrogen sulfide. No macrozoobenthos was found there.

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. Dem Kapitän und der Besatzung des Forschungsschiffes „Gauss“ sowie den Fahrleitern sei gedankt für die Unterstützung während der Messfahrten. Lücken in unserer Probennahme-Datenreihe konnten geschlossen werden durch zusätzliche Proben, die uns von JEANNETTE GÖBEL (Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein), BJÖRN BRODHERR (Projekt SIBER), Dr. MONIKA NAUSCH (Projekt Phosphordynamik) und Prof. Dr. KLAUS JÜRGENS (Projekt Chemocline) zur Verfügung gestellt wurden. Das vom Institut für Ostseeforschung durchgeführte biologische Monitoring wird finanziell getragen durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie.

Literaturverzeichnis

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.

COSTELLO, M.K., EMBLOW, C.S., WHITE, R. 2001: European Register of Marine Species. A Check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification. - *Patrimoines Naturels* **50**, 1-463.

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

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

HÄLLFORS, G. 2004: Checklist of Baltic Sea Phytoplankton Species (including some heterotrophic protistan groups). - Baltic Sea Environment Proceedings **95**, 1-208.

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

HELCOM, 2005: Manual for marine monitoring in the COMBINE programme of HELCOM, Part C. – Internet, updated 2005: <http://sea.helcom.fi/Monas/CombineManual2/PartC/CFrame.htm>

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.

KENDALL, M.G., 1975: Rank correlation methods. Charles Griffin, London.

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

LIBISELLER, C., 2004: MULTMK/PARTMK. A program for the computation of multivariate and partial Mann-Kendall test. <http://www.mai.liu.se/~cllib/welcome/PMKtest.html>

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

NAUSCH, G., FEISTEL, R., LASS, H.U., NAGEL, K., SIEGEL, H., 2006: Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2005. - Meereswiss. Ber., Warnemünde, **66**, 1-82.

OLENINA, I., HAJDU, S., ANDERSSON, A., EDLER, L., WASMUND, N., BUSCH, S., GÖBEL, J., GROMISZ, S., HUSEBY, S., HUTTUNEN, M., JAANUS, A., KOKKONEN, P., LEDAINE, I., NIEMKIEWICZ, E., 2006: Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. - Baltic Sea Environment Proceedings, **106**, 1-144.

SARNO, D., KOOISTRA, W.H.C.F., MEDLIN, L., PERCOPO, I., ZINGONE, A.J., 2005: Diversity in the genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae). II. An assessment of the taxonomy of *S. costatum*-like species with the description of four new species. - J. Phycol. **41**, 151-176.

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.

UNESCO, 1966: Determination of photosynthetic pigments in sea-water. - Monographs on oceanographic methodology, **1**, 1-69.

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

WASMUND, N., 2002: 5.5.3. Structure and function of the pelagic system. Chlorophyll a. In: Helsinki Commission: Environment of the Baltic Sea area 1994-1998. Baltic Sea Environment Proceedings, **82 B**, 102-104.

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., BREUEL, G., EDLER, L., KUOSA, H., OLSONEN, R., SCHULTZ, H., PYS-WOLSKA, M., WRZOLEK, L., 1996: Chapter 4.4.3, Pelagic Biology. In: HELCOM: Third Periodic Assessment of the State of the Marine Environment of the Baltic Sea, 1989-1993; Background document. Balt. Sea Environ. Proc., **64 B**, 89-100.

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., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L. 2005: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2004. – *Meereswiss. Ber., Warnemünde*, **64**, 1-78.

WASMUND, N., TOPP, I., SCHORIES, D. 2006: Optimising the storage and extraction of chlorophyll samples. – *Oceanologia*, **48**, 125-144.

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

WEBER, M. VON, VOB, 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., BÖNSCH, R., GOSSELCK, F. 2000: Das Makrozoobenthos der Mecklenburger Bucht – rezent und im historischem Vergleich. – *Meereswiss. Ber., Warnemünde*, **42**, 1-144.

ZINGONE, A., PERCOPO, I., SIMS, P.A., SARNO, D., 2005: Diversity in the genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae). I. A reexamination of the type material of *S. costatum* with the description of *S. grevillei* sp. nov. – *J. Phycol.* **41**, 140-150.

Meereswissenschaftliche Berichte

MARINE SCIENCE REPORTS

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

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

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

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

- Siegfried; Buch, Erik; Hagen, Eberhard:
Background Data to the Exceptionally Warm Inflow into the Baltic Sea
in late Summer of 2002
- 59 (2004) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2003
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2003
- 60 (2004) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2003
- 61 (2004) Petry, Carolin:
Mikrobieller Abbau von partikulärem organischen Material in der
tiefen Wassersäule
- 62 (2005) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2004
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2004
- 63 (2005) Umlauf, Lars; Burchard, Hans; Bolding, Karsten:
GOTM – Scientific Documentation. Version 3.2
- 64 (2005) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2004
- 65 (2006) Matthäus, Wolfgang:
The history of investigation of salt water inflows into the Baltic Sea
- from the early beginning to recent results
- 66 (2006) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2005
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2005
- 67 (2006) Rößler, Doreen:
Reconstruction of the Littorina Transgression in
the Western Baltic Sea
- 68 (2006) Yakushev, Evgeniy V.; Pollehne, Falk; Jost, Günter; Kuznetsov, Ivan; Schneider, Bernd; Umlauf, Lars:
Redox Layer Model (ROLM): a tool for analysis of the water column
oxic/anoxic interface processes
- 69 (2006) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2005