

Meereswissenschaftliche Berichte

MARINE SCIENCE REPORTS

No. 74

Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2007

von

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

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

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

Institut für Ostseeforschung
Warnemünde
2008

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abstract	5
Kurzfassung	6
1. Einleitung	7
2. Material und Methoden	8
2.1 Beprobungs-Strategie	9
2.2 Phytoplankton	11
2.3 Algenpigmente	11
2.4 Mesozooplankton	12
2.5 Makrozoobenthos	15
2.6 Sedimentation	15
2.7 Qualitätssicherung	16
3. Ergebnisse	17
3.1 Phytoplankton	17
3.1.1 Satellitengestützte Darstellung der raum-zeitlichen Phytoplanktonentwicklung	17
3.1.2 Jahresgang von Artenzusammensetzung und Biomasse	20
3.1.2.1 Mecklenburger Bucht	21
3.1.2.2 Arkonasee	24
3.1.2.3 Bornholmsee und östliche Gotlandsee	32
3.1.3 Sedimentation	34
3.1.4 Jahresgang der Chlorophyll a – Konzentration	38
3.1.5 Langzeittrend der Artenzusammensetzung	40
3.1.6 Langzeittrend der Chlorophyll a – Konzentration	41
3.2 Mesozooplankton	43
3.2.1 Artenspektrum	43
3.2.2 Situation im östlichen Gotlandbecken nach den Salzwassereinbrüchen von 2003	45
3.2.3 Zooplankton-Abundanzrückgang seit Anfang der neunziger Jahre	45
3.2.4 <i>Bosmina</i> spp. - Nahrungs-Bestandteil kleiner pelagischer Schwarmfische	48
3.2.5 <i>Mnemiopsis leidyi</i> – die neue Rippenqualle in der Ostsee	49
3.3 Makrozoobenthos	50
4 Diskussion (Zur besseren Erfassung von Phytoplanktonblüten)	70
Zusammenfassung	74
Summary	78
Danksagung	82
Literaturverzeichnis	83

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 2007.

The phytoplankton growth started in Mecklenburg Bight in March and reached an extreme peak of *Dictyocha speculum* on 27.3.2007. This early *Dictyocha* bloom is unusual. It should appear after the diatom bloom in April. But in 2007 it has suppressed the diatom bloom. Also dinoflagellates were low in 2007. A moderate diatom spring bloom occurred in the Bornholm Sea and Eastern Gotland Sea. A diatom summer bloom was not found. The typical cyanobacteria bloom appeared in the Baltic Proper in July and August (see also satellite images). The typical *Ceratium* bloom did not develop in the western Baltic in autumn, but diatoms were strong. The autumn bloom in the Bornholm and Gotland Sea was exclusively formed by diatoms.

Data of sedimentation of organic matter in the Gotland Basin from 2006 shown, that the spring sedimentation maximum occurred later than usual and was formed exclusively by diatoms. The main export of silica occurred in spring, whereas it was unusually low in summer and autumn. The total annual flux for the single elements amounted to 270 mmol C, 33 mmol N, 107 mmol Si and 2,04 mmol P per m² and year. With 28.5 g dry material the mass flux was considerable lower than in the previous years.

Chlorophyll a data revealed a decreasing trend from 1979-2007 in Mecklenburg Bight but an increase in the Baltic Proper if only the spring data were considered, whereas summer data did not show any trend.

The number of mesozooplankton taxa amounted to 39 if the last 9 years were considered. The maximum in 2007 was found in July. The occurrence of the marine species *Oithona similis* below the halocline in the Gotland basin is an indication for higher saline water in combination with oxygenated conditions. A long-term decrease in maximum abundance since the 1990s, especially in rotifers was observed. The maximum abundance of *Bosmina* spp. was very low due to low summer temperature. The ctenophore *Mnemiopsis leidyi* over-wintered in Kiel Bight and Mecklenburg Bight with up to 5 ind/m³ and below the halocline in the Baltic proper with less than 1 ind/m³.

The macrozoobenthos species number (= 108) at the 7 traditional monitoring stations in 2007 was the second highest in the data series since 1991. If two new stations, sampled since 2006, are included, species number increased to 133. It showed a quick recovery after oxygen depletions in 2002 and 2005. Some marine species like the bivalve *Abra alba* and the brittle star *Ophiura albida*, dominant in the previous year at the westernmost stations, decreased probably due to a decrease of salinity in 2007. With the whelk *Buccinum undatum* and the common pelican foot *Aporrhais pespelecani* two very rare species of the Baltic Sea were recorded. In the central Arkona Sea, species number, abundance and biomass decreased in comparison with the previous years. The Bornholm Sea (Stat. 213) was characterised by no oxygen and a complete defaunation in 2007.

Kurzfassung

Die 1979 begonnene HELCOM-Datenreihe der Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos wurde im Jahre 2007 in der Beltsee und der eigentlichen Ostsee fortgesetzt.

Das Phytoplankton-Wachstum begann in der Mecklenburger Bucht im März und führte zu einem extremen Maximum von *Dictyocha speculum*. Solche frühe *Dictyocha*-Blüte ist ungewöhnlich. Sie wäre normalerweise nach der Kieselalgenblüte im April zu erwarten, verdrängte im Jahre 2007 jedoch die Kieselalgen. Auch Dinoflagellaten konnten sich nur gering entwickeln. Eine moderate Frühjahrs-Kieselalgenblüte zeigte sich in der Bornholm- und Gotlandsee. Im Sommer wurde keine Kieselalgenblüte gefunden. Die Cyanobakterienblüte erschien wie üblich in der eigentlichen Ostsee im Juli/August (siehe auch Satellitenbilder). Die für die westliche Ostsee typische *Ceratium*-Herbstblüte entwickelte sich nicht, aber Kieselalgen wuchsen stark. Die Herbstblüte in der Bornholm- und Gotlandsee wurde ausschließlich von Kieselalgen gebildet.

Die Sedimentation des organischen Materials im Gotlandbecken für das Jahr 2006 zeigte, dass das Frühjahrsmaximum später als üblich auf trat und ausschließlich von Kieselalgen gebildet wurde. Der Hauptexport von Silikat fand im Frühjahr statt, während er im Sommer und Herbst ungewöhnlich gering war. Der Massefluss (Trockenmasse) war mit $28,5 \text{ g a}^{-1}$ deutlich geringer als in den Vorjahren.

Die Frühjahrsdaten des Chlorophyll a zeigten von 1979 bis 2007 einen abnehmenden Trend in der Mecklenburger Bucht und eine Zunahme in der eigentlichen Ostsee, während die Sommerdaten keinen Trend zeigten.

Die Anzahl der Mesozooplankton-Taxa betrug 39, wenn die letzten 9 Jahre zusammengefasst werden. Das Maximum wurde in 2007 im Juli gefunden. Das Vorkommen der marinen Art *Oithona similis* im Gotlandbecken unterhalb der Salzsprungschicht zeigt salzreiches Wasser in Verbindung mit ausreichend Sauerstoff an. Die Maximal-Abundanz zeigte seit den 1990ern eine abnehmende Tendenz, besonders bei Rotatorien. Die Maximal-Abundanz von *Bosmina* spp. war sehr gering wegen geringer Sommertemperaturen. Die Rippenqualle *Mnemiopsis leidy* hatte in der Kieler und Mecklenburger Bucht mit bis zu 5 Ind/m^3 und unterhalb der Salzsprungschicht in der eigentlichen Ostsee mit weniger als 1 Ind/m^3 überwintert.

Die Artenzahl des Makrozoobenthos an den 7 traditionellen Untersuchungsstationen war mit 108 die zweithöchste seit 1991. Wenn zwei seit 2006 hinzugekommene Stationen einbezogen werden, erhöht sich die Artenzahl sogar auf 133. Dies zeigt eine schnelle Erholung nach dem Sauerstoffschwund von 2002 und 2005 an. Einige marine Arten, wie die Muschel *Abra alba* und der Schlangensterne *Ophiura albida*, die in früheren Jahren an den westlichen Stationen dominant waren, gingen wahrscheinlich wegen eines Absinkens des Salzgehalts zurück. Mit der Wellhornschnecke *Buccinum undatum* und dem Pelikanfuß *Aporrhais pespelecani* wurden zwei für die Ostsee seltene Arten gefunden. In der zentralen Arkonasee sanken Artenzahl, Abundanz und Biomasse ab. Das Bornholmbecken war wegen Sauerstoffmangels ohne Makrofauna.

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 Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) im Auftrag des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) durchgeführte Ostseeüberwachungsprogramm 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“ (HAJDU et al. 2006, JAANUS et al. 2007). 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 2007 bereits erschienen ist (NAUSCH et al. 2008).

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, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005a, 2006a, 2007) 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 2007) verbindlich vorgeschrieben. Für die Auswertung der Sinkstoff-Fallen und der Satellitenbilder gibt es noch keine HELCOM-Methodenvorschriften.

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 werden, ergeben sich von den 5 Fahrten maximal 10 Proben pro Station und Jahr. Während der März-Fahrt traten jedoch erhebliche Probleme mit den Schöpfern und dem Ausleger für die CTD auf, so dass nicht auf allen geplanten Stationen Proben genommen werden konnten.

Die seit 1998 praktizierte Übergabe von Phytoplanktonproben vom Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU-SH) an das IOW zum Zwecke der Erhöhung der Probenfrequenz für die Stationen 012 und 022 konnte im Jahre 2007 fortgesetzt werden. Im Gegenzug wurden dem LANU Proben der Station 360 zur Verfügung gestellt. Da zu den LANU-Proben grundsätzlich aber keine Stammkartenfiles mit der IOW-Routine erstellt sind, sind diese Daten nicht in die ODIN-Datenbank eingegangen. Unsere Datenbearbeitung auf Phytoplankton-Artebene beruht seit 2006 komplett auf den ODIN-Daten und berücksichtigt deshalb die LANU-Daten nicht mehr. Die Phytoplanktonklassen wurden jedoch handschriftlich eingetragen; deshalb sind die LANU- und Projektdaten wenigstens in Abb. 4-6 erfasst.

Die vom IOW genommenen Phytoplanktonproben sowie die Chlorophyll a – und Phaeopigment a-Werte der Küstenstationen O22, O5, O9 und O11 (jeweils nur von der Oberfläche) wurden dem Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) übergeben. Diese sind auch in Tabelle 1 in Klammern gesetzt.

Die Auswertung der Sinkstoff-Fallen ist sehr aufwändig, so dass noch nicht der komplette Datensatz des Jahres 2007 vorliegt. Stattdessen werden hier die Daten der Sinkstoff-Fallen des Jahres 2006 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) von insgesamt 9 Stationen genommen. Zusätzlich zu den Greifer-Proben kam eine Dredge zum Einsatz, um die selteneren und vagilen Arten zu erfassen.

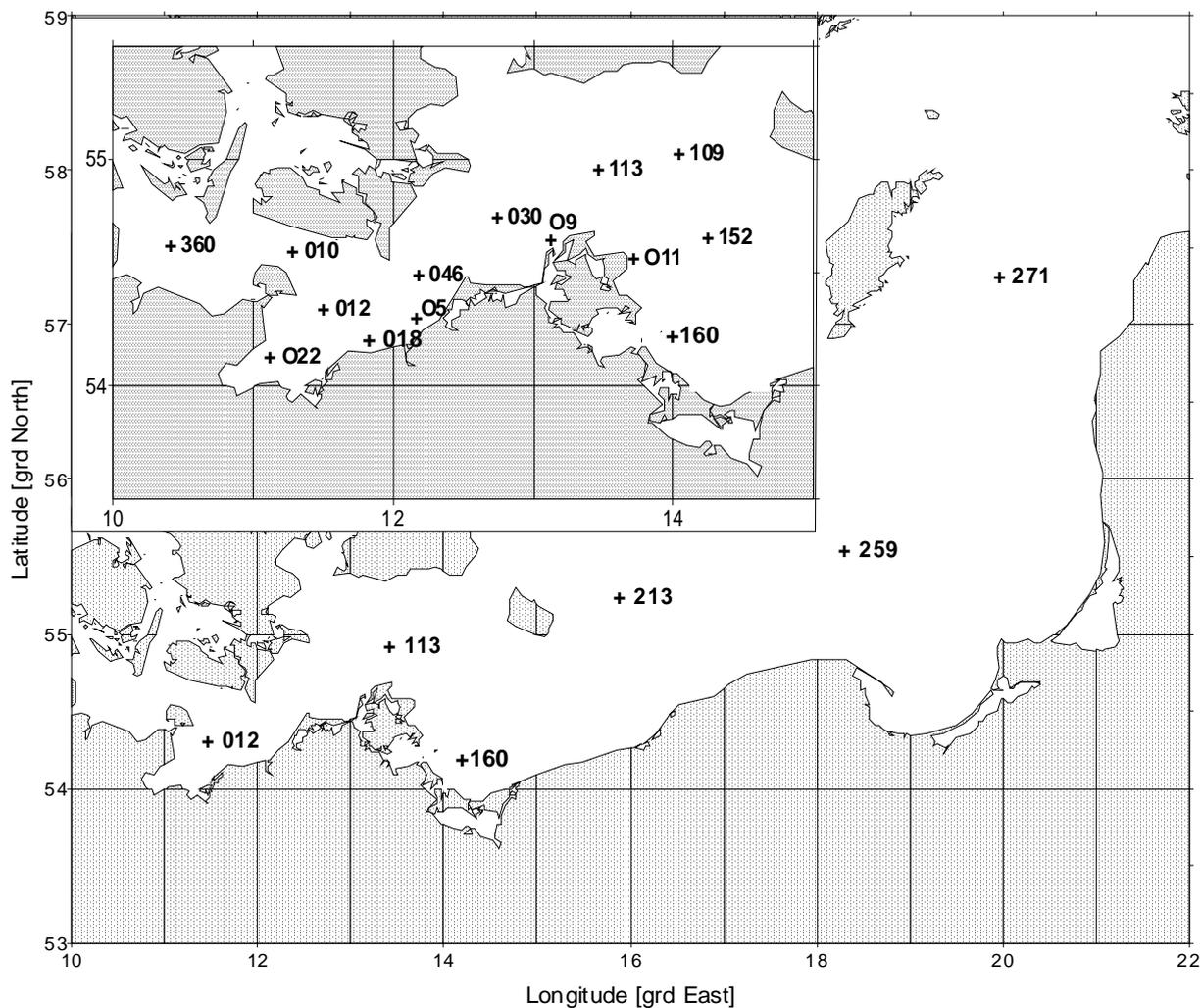


Abb. 1

Die Lage der beprobten Stationen in der Ostsee. Westliche Ostsee siehe Nebenkarte. Die Zentralstationen der einzelnen Seegebiete sind Stat. 012 = Mecklenburger Bucht, Stat. 113 = Arkonasee, Stat. 213 = Bornholmsee, Stat. 271 = östliche Gotlandsee und Pommersche Bucht, Stat.160.

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. 160)

Tab. 1

Häufigkeit der Probenahme (= Anzahl der Probenentnahme) zur Gewinnung der biologischen Daten des IOW im Jahre 2007 (für Sinkstoff-Fallen: 2006). Gültige Stationsnummern nach BLMP-Nomenklatur in Spalte 2. Angaben in Klammern kennzeichnen 0 m-Proben für das LUNG-MV und LANU-SH.

)¹ einschl. 7 Proben vom LANU-SH,

)² einschl. 8 Proben vom LANU-SH.

Table 1

Sampling statistics for different parameters specified for sampling stations in 2007 (for sedimentation traps from year 2006). International station number inserted in column 2. Numbers in brackets indicate samples from 0 m only, delivered to Environmental Agency Mecklenburg-Vorpommern (LUNG-MV) and in the case of Stat. 360 to the Environmental Agency Schleswig-Holstein (LANU-SH)

)¹ incl. 7 samples from the LANU-SH,

)² incl. 8 samples from the LANU-SH.

IOW- Stationsnummer	Stations- nummer	Chlorophyll u. Phaeopigment	Phyto- plankton	Zoo- plankton	Zoo- benthos
Beltsee					
360	OM BMP N3	3 (+2)	(5)	5	1
010	OM BMP N1	-	-	-	1
011		1	-	-	-
012	OM BMP M2	8	15) ¹	7	1
O22		3 (+2)	12) ² (3)	-	-
018		-	-	-	1
O5		(4)	(4)	-	-
046	OM BMP M1	9	9	9	-
Arkonasee					
030	OM BMP K8	8	8	8	1
109	OM BMP K4	4	4	-	1
113	OM BMP K5	9	9	10	-
O9		(4)	(4)	-	-
O11		(4)	(4)	-	-
Pommernbucht					
152	OM BMP K3	-	-	-	1
160		-	-	-	1
Bornholmsee					
213	OM BMP K2	10	12	10	1
Östl. Gotlandsee					
259	OM BMP K1	5	5	5	-
271	OM BMP J1	5	6	5	-

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. Bei der Zählung wurden die Individuen nicht nur nach Taxa, sondern auch nach Größenklassen entsprechend der HELCOM-Vorgaben (OLENINA et al. 2006) eingeteilt. 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, 2007). 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 erfolgte mit dem von HELCOM empfohlenen Programm PhytoWin der Softwarefirma Kahma Ky (Helsinki) sowie der verbindlichen PEG-Arten- und Größenklassenliste (OLENINA et al. 2006).

2.3 Algenpigmente

Da das Chlorophyll a in allen Pflanzenzellen, also auch im Phytoplankton, einen bestimmten Anteil an der Biomasse ausmacht, 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-gefrostet und im Institut für maximal 3 Monate bei -80 °C gelagert. Sie wurden 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 b) beschrieben.

2.4 Mesozooplankton

Die Beprobung erfolgte entsprechend der HELCOM-Vorschrift mit einem WP-2 Netz (100µm Maschenweite) in möglichst drei Tiefenstufen pro Station. Die Details der Probenentnahme und –analyse sind dem Bericht über das Jahr 2004 zu entnehmen (Wasmund et al., 2005a). Insgesamt beruht die Einschätzung des Jahres 2007 auf 121 Netzproben. Sie wurden auf 8 Standardstationen während 5 Terminfahrten gewonnen (Abb. 1). Die Beprobung erfolgte teilweise auf der Hin- und Rückfahrt, speziell für die Erfassung kurzfristiger Konzentrationsschwankungen bei Rotatorien und Cladoceren (Tabelle 2).

Die filtrierte Wassermenge wurde bis auf die Mai-Terminfahrt mit dem analog registrierenden Durchflusszähler TSK der Firma Tsurumi-Seiki Co. (Yokohama, Japan) durchgeführt. Er wurde für das optimale Arbeiten mit WP-2 Netzen entwickelt, speziell für die geforderte Hievgeschwindigkeit von 0.5 m/s. Durchflusszähler berücksichtigen zusätzliches Filtrieren des Netzes durch Schiffsbewegungen infolge von Wellengang und Drift bei stärkerem Wind sowie die Verstopfung der Maschen zu Zeiten der Frühjahrs- bzw. Herbstblüte des Phytoplanktons (siehe Abb.2 in Wasmund et al., 2006a).

Im Labor erfolgte, neben der bekannten Teilprobenanalyse, eine zusätzliche Durchmusterung der Gesamtprobe, um seltene Taxa erfassen zu können. Ferner wurden *Bosmina* spp. und *Pseudocalanus* spp. wegen taxonomischer Unsicherheiten (Wasmund et al., 2005a) nur auf dem Gattungsniveau berücksichtigt. Die Gattung *Podon* spp. Lilljeborg, 1853 umfasst hier *Podon leuckartii* Sars, 1853, *Podon intermedius* Lilljeborg, 1853, sowie *Podon polyphemoides* Leuckart, 1859, das Synonym für die aktuelle Bezeichnung *Pleopsis polyphemoides* Leuckart, 1859. Dem Standard des „Integrated Taxonomic Information System“ folgend, wurden *Sagitta* als *Parasagitta* geführt und die Bryozoa als Gymnolaemata.

Die Tabelle 3 gibt die Namen der Taxa mit Autor, Jahreszahl der Beschreibung und ITIS Code wieder, die 2007 in der westlichen und zentralen Ostsee angetroffen wurden.

Gemäß der Vorschrift wurden ca. 500 Individuen pro Probe mittels Leica Labovert (Objektive: 4x, 6.3x, 10x; Okulare: 12.5x) und einer Mini-Bogorovkammer analysiert. Dazu wurden zwischen 1/1 und 1/769, im Durchschnitt $1/21 \pm 1/6$, 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 Individuen). In den 2007er Analysen wurden pro taxonomische Gruppe zwischen 1 und 2588 Individuen gezählt, im Mittel 25 ± 82 . Das Maximum betraf *Synchaeta* spp. aus einer Probe von 08.05.2007 von oberhalb der Haloklinen auf Station 271 (östlich von Gotland). Die Zahlen entsprechen sich jährlich und betreffen entweder die aufgrund ihrer parthenogentischen Vermehrung bisweilen massenhaft auftretenden Rotatorien oder Cladoceren.

Tab. 2

Statistik der Zooplankton-Probenentnahmen in den jeweiligen Tiefenstufen [m] auf den in Abb. 1 verzeichneten Stationen vom Februar bis November 2007.

Table 2

Sample statistic of zooplankton hauls (stations see Fig. 1) and sampling depth intervals [m] on cruises between February and November 2007.

Stationsbezeichnung		Zeitraum				
		06.02.- 14.02.	23.03.- 01.04.	04.05.-12.05.	26.07.-04.08	26.10.-03.11.
IOW Code	Internationaler Code	Tiefe von-bis (m)				
TFo360	OMBMPN3	10 - 0	15 - 0	13 - 0	15 - 13	15 - 0
TFo360	OMBMPN3	14 - 10			13 - 0	
TFo012	OMBMPM2	8 - 0		19 - 0	11 - 0	20 - 0
TFo012	OMBMPM2	20 - 8			22 - 11	
TFo046	OMBMPM1	6 - 0	21 - 0	14 - 0	7 - 0	22 - 0
TFo046	OMBMPM1	21 - 6		20 - 14	17 - 7	
TFo046	OMBMPM1				22 - 15	
TFo030	OMBMPK8	9 - 0		10 - 0	11 - 0	
TFo030	OMBMPK8	19 - 9	18 - 0	16 - 10	20 - 11	19 - 0
TFo113	OMBMPK5	30 - 0	30 - 0	15 - 0	20 - 0	15 - 0
TFo113	OMBMPK5	42 - 30	39 - 30	35 - 15	42 - 20	42 - 15
TFo113	OMBMPK5			40 - 35		
TFo213	OMBMPK2	22 - 0	25 - 0	25 - 0	10 - 0	35 - 0
TFo213	OMBMPK2	40 - 22	50 - 25	50 - 25	40 - 10	87 - 35
TFo213	OMBMPK2	80 - 40	80 - 50	80 - 50	83 - 40	
TFo259	OMBMPK1	25 - 0	25 - 0	25 - 0	20 - 0	40 - 0
TFo259	OMBMPK1	60 - 25	60 - 25	60 - 25	67 - 20	87 - 40
TFo259	OMBMPK1	85 - 60	81 - 60	80 - 60	87 - 67	
TFo271	OMBMPJ1	25 - 0	25 - 0	25 - 0	20 - 0	40 - 0
TFo271	OMBMPJ1	60 - 25	50 - 25	65 - 25	65 - 20	70 - 40
TFo271	OMBMPJ1	150 - 60	70 - 50	130 - 65	125 - 65	130 - 70
TFo271	OMBMPJ1		130 - 70			
TFo213	OMBMPK2	25 - 0	25 - 0	25 - 0	21 - 0	40 - 0
TFo213	OMBMPK2	42 - 25	50 - 25	45 - 25	40 - 21	87 - 40
TFo213	OMBMPK2	82 - 42	81 - 50	81 - 45	87 - 40	
TFo113	OMBMPK5	35 - 0	25 - 0	30 - 0	12 - 0	32 - 0
TFo113	OMBMPK5	41 - 35	43 - 25	40 - 30	45 - 12	44 - 32
TFo030	OMBMPK8	19 - 0	21 - 0			20 - 0
TFo046	OMBMPM1	13 - 0	21 - 0	19 - 0		21 - 0
TFo046	OMBMPM1	21 - 13				
TFo012	OMBMPM2	10 - 0		19 - 0		21 - 0
TFo012	OMBMPM2	20 - 10				

Tab. 3

Liste der 2007 gefundenen Taxa mit Erstbeschreibung, taxonomischer Stellung und ITIS – Code.

Table 3

Compilation of taxa found in 2007 with author and year of original description, taxonomic rank, and ITIS – code.

Name	Author, Jahr	Rang	ITIS-Code
<i>Acartia bifilosa</i>	Giesbrecht, 1881	Art	86095
<i>Acartia longiremis</i>	Lilljeborg, 1853	Art	86087
<i>Acartia tonsa</i>	Dana, 1849	Art	86088
<i>Alaurina composita</i>		Art	
<i>Balanus improvisus</i>	Darwin, 1854	Art	89622
Bivalvia	Linnaeus, 1758	Klasse	79118
<i>Bosmina</i> spp.	Baird, 1845	Gattung	83936
<i>Calanus finmarchicus</i>	Gunner, 1765	Art	85272
<i>Centropages hamatus</i>	Lilljeborg, 1853	Art	85766
Cumacea	Krøyer, 1846	Ordnung	90745
Echinodermata	Klein, 1734	Stamm	156857
<i>Eurytemora affinis</i>	(Poppe, 1880)	Art	85863
<i>Evadne nordmanni</i>	Lovén, 1836	Art	83961
<i>Fritillaria borealis</i>	Lamarek, 1816	Art	159675
Gastropoda	Cuvier, 1797	Klasse	69459
Gymnolaemata syn Bryozoa		Klasse	155471
Harpacticoida	G.O.Sars, 1903	Ordnung	86110
Hydroidolina syn. Hydroida Johnston, 1836		Unterklasse	718924
<i>Keratella</i> spp.	Bory de St. Vincent, 1822	Gattung	58348
<i>Limnocalanus macrurus</i>	G.O.Sars, 1863	Art	85775
Malacostraca	Latreille, 1802	Klasse	89787
<i>Mnemiopsis leidyi</i>	A. Agassiz, 1865	Art	53917
<i>Noctiluca scintillans</i>	(Macartney) Kofoid und Swezy, 1921	Art	10150
<i>Oikopleura dioica</i>		Art	159669
<i>Oithona similis</i>	Claus, 1866	Art	88805
<i>Parasagitta</i> sp.	Tokioka, 1965	Gattung	158783
<i>Pleurobrachia pileus</i>	(O.F.Müller, 1776)	Art	53862
<i>Podon</i> spp.	Lilljeborg, 1853	Gattung	83964
Polychaeta		Klasse	64358
<i>Pseudocalanus</i> spp.	Boeck, 1872	Gattung	85369
<i>Synchaeta</i> spp.	Ehrenberg, 1832	Gattung	59255
Teleostei		Infraklasse	161105
<i>Temora longicornis</i>	(O.F.Müller, 1785)	Art	85877
Tintinnidae		Familie	46743

2.5 Makrozoobenthos

Beginnend von der Kieler Bucht wurden bis zur Bornholmsee im Oktober 2007 an 9 Stationen Benthosuntersuchungen durchgeführt. Zum zweiten mal wurden auch Stationen in der Kieler Bucht und in der südlichen Pommernbucht mit ins Stationsnetz aufgenommen. Die Erweiterung um diese 2 Stationen dient in erster Linie der besseren Abdeckung der offshore-Bereiche Deutschlands. Die Übersicht in Tabelle 4 soll die Lage der Stationen verdeutlichen. 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 2007). An allen Stationen wurde eine Dredge (Kieler Kinderwagen) mit einer Spannweite von 1 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.

Tab. 4

Übersicht über die Stationen an denen 2007 Makrozoobenthos untersucht wurde.

Table 4

Station list of macrozoobenthic investigations in 2007.

	Datum	Tiefe	Nord	Ost	Seegebiet
Stn. 360 (N3)	27.10.2007	18	54° 36,000	10° 27,000	Kieler Bucht
Stn. 010 (N1)	26.10.2007	28	54° 33,200	11° 20,000	Fehmarnbelt
Stn.012 (M2)	26.10.2007	24	54° 18,900	11° 33,000	Mecklenburger Bucht
Stn. 018	26.10.2007	20	54° 11,000	11° 46,000	Mecklenburger Bucht Süd
Stn. 030 (K8)	27.10.2007	22	54° 44,000	12° 47,400	Darßer Schwelle
Stn. 109 (K4)	28.10.2007	47	55° 00,000	14° 05,000	Arkonasee Zentral
Stn. 152 (K3)	28.10.2007	31	54° 38,000	14° 17,000	Pommernbucht Nord
Stn. 213 (K2)	28.10.2007	90	55° 15,000	15° 59,000	Bornholmsee
Stn. PB160	28.10.2007	15	54° 14,500	14° 04,000	Pommernbucht Zentral

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 2007) gefolgt und die Proben vor der Bearbeitung für 3 Monate gelagert. Alle Gewichtsbestimmungen (Feucht-, Trocken- und Aschefreies Trockengewicht) erfolgte durch Messungen auf einer Mikrowaage.

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 2006 lief wie geplant ab. Es gab es keine größeren technischen oder logistischen Probleme. Die Fangeingenschaften könnten in einer Periode von 3-4 Wochen im 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 2007) 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 führt die Phytoplankton-Expertengruppe (PEG) jährliche Weiterbildungsveranstaltungen durch, an denen regelmäßig der wissenschaftliche Bearbeiter teilnimmt. Im Jahre 2007 fand der jährliche Phytoplanktonkurs und –workshop der HELCOM vom 23. bis 27. April in Klaipeda statt. PEG beteiligte sich geschlossen an dem von der Qualitätssicherungsstelle (Dr. P. Schilling, UBA) organisierten Phytoplankton-Ringversuch. Die zugesandten Proben wurden von den mit Phytoplankton beschäftigten TA des IOW, Susanne Busch und Regina Hansen, im November 2007 bearbeitet. Die zentrale Auswertung des Ringversuchs steht noch aus.

Wir beteiligten uns im April und November 2007 an den Chlorophyll-Vergleichen (AQ-11) im Rahmen von QUASIMEME (Runde 49 und 51). Die komplizierte Datenübermittlung über das Internet hat für Runde 49 nicht geklappt. Da grundsätzlich der Dateneingang nicht bestätigt wird, ist uns die fehlerhafte Datenübertragung nicht bewußt geworden. Dadurch haben wir keinen z-score erhalten. In Runde 51 waren unsere z-scores erstmals unbefriedigend. Wir haben uns nochmals Rückstellproben schicken lassen und diese nach technischer Überprüfung der Geräte (Wartung des Spektralphotometers HITACHI U-3010 durch Firma Scientific Instruments Schwäbisch Gmünd; es wurden keine Gerätefehler festgestellt) nochmals vermessen. Ohne dass unsere Methode geändert wurde, lagen unsere z-scores dieses Mal im akzeptablen Bereich.

3. Ergebnisse

3.1 Phytoplankton

3.1.1 Satellitengestützte Darstellung der raum-zeitliche Phytoplanktonentwicklung

Die raum-zeitliche Entwicklung des Phytoplanktons im Jahr 2007 wurden anhand von Chlorophyllkarten erarbeitet, die aus Satellitendaten der amerikanischen MODIS Sensoren auf den Satelliten Aqua und Terra sowie von MERIS auf dem europäischen Satelliten ENVISAT abgeleitet worden sind. Diese Chlorophyllkarten haben eine räumliche Auflösung von 1 km. Für die Untersuchung der Cyanobakterienentwicklung wurden MODIS Daten mit einer Auflösung von 250 m einbezogen. Cyanobakterien erhöhen durch Aggregatbildung im Oberflächenwasser bzw. durch Oberflächenakkumulationen die Rückstrahlung des Meerwassers und können somit sehr gut mit Quasi-Echtfarbendarstellungen (RGB) der Satellitendaten in höherer räumlicher Auflösung verfolgt werden.

Das Jahr 2007 war durch ein sehr warmes erstes Halbjahr gekennzeichnet. Ein milder Winter, ein sehr warmes Frühjahr und ein schwülwarmer Juni trugen dazu bei. Anfang Juli erfolgte eine Umstellung auf eine typische Siebenschläferwetterlage, die dazu führte, dass der Sommer sehr wolkenreich, teilweise sehr feucht und vergleichsweise kühl war. Dadurch lagen die Wassertemperaturen der Monate Juli und August geringfügig unter den langjährigen Mittelwerten. Durch das warme erste Halbjahr gehörte 2007 im Jahresmittel zu den wärmsten Jahren seit 1990 (Nausch et al. 2008).

Die Monate Januar und Februar waren durch eine hohe Wolkenbedeckung gekennzeichnet, wodurch die erste nutzbare Satellitenszene erst am 12. März vorlag. Sie zeigte bereits relativ hohe Chlorophyllkonzentrationen in der Beltsee, Mecklenburger Bucht sowie in der nördlichen Gotlandsee und leicht erhöhte Werte in der Arkona- und Bornholmsee. Diese Situation blieb in ähnlicher Weise bis ca. 20. März erhalten. Ab 26. März waren dann auch in der östlichen Gotlandsee die Chlorophyllkonzentrationen erhöht. In dieser Phase vom 23.3.-29.03.2007 wurden auf der Monitoringreise 20-35 mg m⁻³ Chlorophyll in der Beltsee und Mecklenburger Bucht gemessen (vgl. Kap. 3.1.4). In der Arkona-, Bornholm- und Gotlandsee lagen die Konzentrationen zwischen 2 und 3 mg m⁻³. Aus dieser Phase ist auch die Satellitenaufnahme von MERIS/ENVISAT in Abb. 2, ein 7-Tage Mittel vom 20.-26.03.2007, das die gemessene Verteilung der Chlorophyllkonzentration gut widerspiegelt.

Diese Verteilung war bis Anfang April zu beobachten. Danach stiegen die Konzentrationen auch in der westlichen Gotlandsee und bis Mitte April weiter in der westlichen und in der nördlichen Gotlandsee und im Finnischen Meerbusen. Bis 23.4. vermindert sich die Chlorophyllkonzentration von der Arkona- bis in die südliche Gotlandsee. Nach einer wolkenreichen Periode sanken die Konzentrationen auch wieder in den zentralen Bereichen bis in die nördliche Gotlandsee. Hiermit war die erste Phase der Frühjahrsblüte beendet. Hohe Konzentrationen lagen dann nur in den Küstenabflussgebieten Oderbucht, Danziger Bucht und an der Küste der Baltischen Länder vor. Diese Situation blieb bis 18.5. erhalten. Ab 19.5. traten erhöhte Konzentrationen in der Bornholmsee und in der nördlichen Gotlandsee mit Verbindung über die westliche Gotlandsee auf.

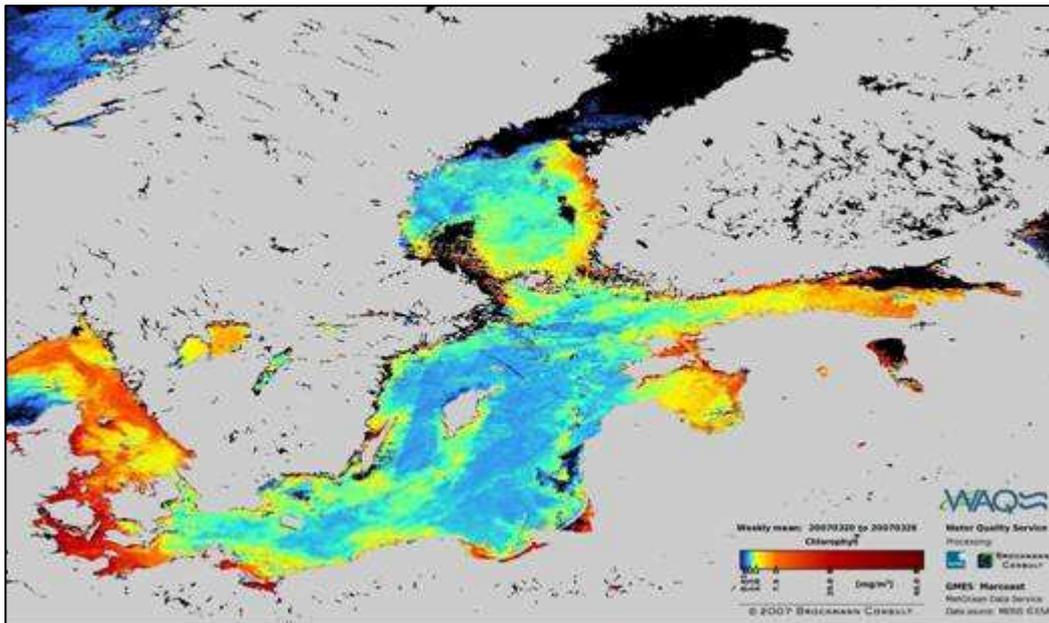


Abb. 2: 7-Tage Mittel der Chlorophyllverteilung im März 2007 (20.-26.03.2007).

Fig. 2: 7-days mean chlorophyll distribution in March 2007 (20-26 March 2007).

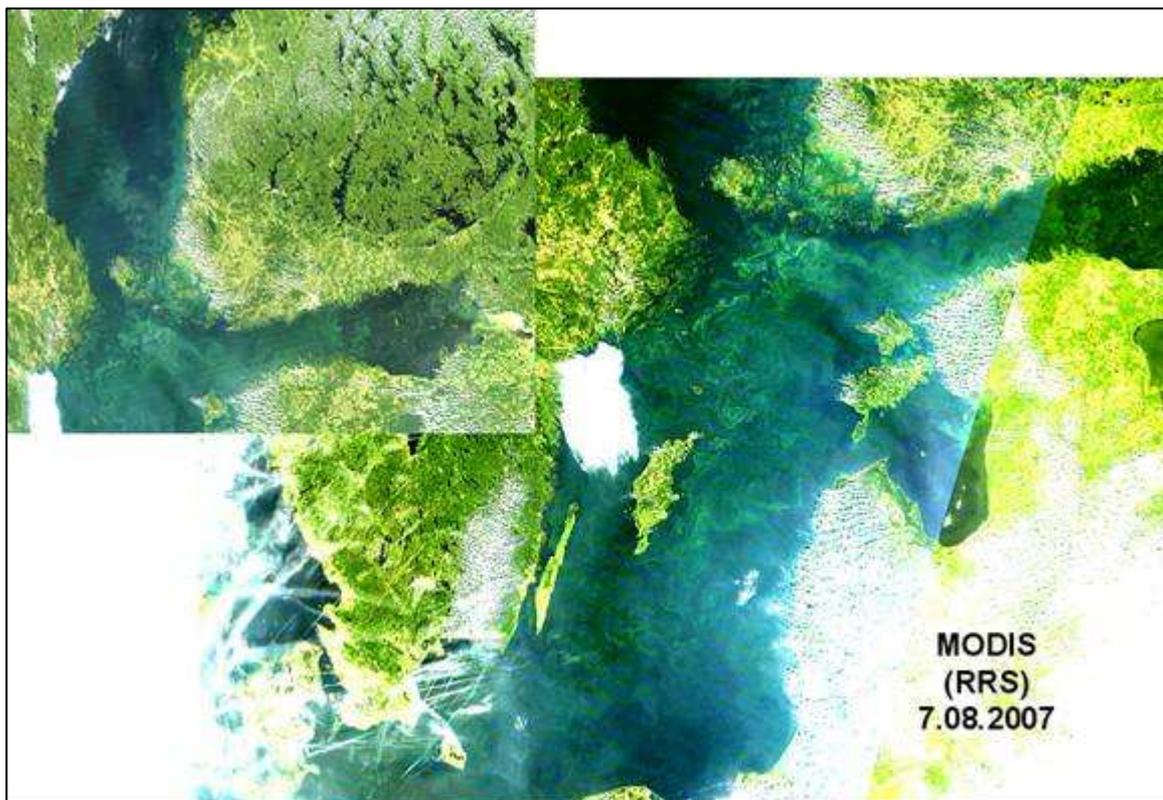


Abb. 3: Cyanobakterienentwicklung am 7.8.2007 mit Filamenten in der gesamten Ostsee von der Arkonasee bis zur Bottensee und dem Finnischen Meerbusen.

Fig. 3: Cyanobacteria development on 7 August 2007 with filaments in the entire Baltic Sea from the Arkona Sea to the Bothnian Sea and Gulf of Finland.

Am 29.5. war die gesamte Gotlandsee erfasst. Auftrieb in der westlichen Gotlandsee stoppte die Entwicklung dort. Die Periode von Ende Mai bis 5. Juni war durch hohe Wolkenbedeckung gekennzeichnet. Am 7. Juni waren in der gesamten eigentlichen Ostsee hohe Konzentrationen vorhanden, die sich über die Bornholmsee bis in die Arkonasee vermindern. Die Situation blieb bis zum 16.6 erhalten.

In die Zeit um den 10. Juni fiel in der zentralen Ostsee auch die Bildung von Filamenten als erste Anzeichen für den Beginn einer Cyanobakterienentwicklung. Finnische Kollegen interpretierten dieses Filament als Blütenstaub. Am 20. und 24.6. intensivierten sich die Filamente speziell nordöstlich Öland und in der westlichen zentralen Gotlandsee, ebenfalls in der südlichen Ostsee östlich von Rügen bis Bornholm, die dann auch durch die schwedischen Kollegen als Cyanobakterien interpretiert wurden. Die Verfolgung der Entwicklung der Cyanobakterien im Sommer 2007 erwies sich als schwierig, da der Sommer sehr wolkenreich war.

Am 3. und 5. Juli waren stark ausgeprägte Filamente in der nördlichen Gotlandsee und im Finnischen Meerbusen zu erkennen, wogegen die anderen Gebiete der Ostsee bewölkt waren. Bis zum 13.7. war die Ostsee komplett bewölkt. Am 14.7. waren Filamente in der gesamten östlichen und westlichen Gotlandsee und im Westteil des Finnischen Meerbusens vorhanden. Geringer waren die Konzentrationen in der nördlichen Gotlandsee. Das verstärkte sich am 16.7.2007. Am 18.7 war die komplette östliche Gotlandsee bedeckt. Am 19.7. waren die Gebiete südlich Gotland, Bornholmsee und Arkonasee wolkenfrei; es waren erstmals auch dort Filamente zu erkennen. Nach der kompletten Bedeckung am 20.7. waren am 21. und 22.7. die nördliche Gotlandsee und der Finnische Meerbusen wolkenfrei und die östliche Gotlandsee und der Finnische Meerbusen mit Filamenten bedeckt. Erstmals sind auch Filamente im südöstlichen Teil der Bottensee zu erkennen. Bis zum Monatsende ist die gesamte Ostsee bewölkt. Anfang August finden sich nur wenige Wolkenlücken. Am 6. und 7.8. zeigen zwei vergleichsweise wolkenarme Bilder eine Ausdehnung der Cyanobakterien von der Bottensee und dem Finnischen Meerbusen bis hin zur Arkonasee mit den höchsten Konzentrationen in der östliche Gotlandsee und dem inneren Finnischen Meerbusen. Die MODIS Quasi-Echtfarbendarstellung vom 7.8.07 ist in Abb. 3 dargestellt.

In den Folgetagen sind wieder nur einzelne Wolkenlücken vorhanden, die im Wesentlichen die gerade beschriebene Verteilung bestätigen. Eine Wolkenlücke am 13. und 14.8. über der westlichen Ostsee zeigt Filamente entlang der schwedischen Küste in der nördliche Arkona- und Bornholmsee. Vom 19.-24.8. ist die zentrale Ostsee beeinflusst und in der Bottensee wird ein Maximum erreicht. Der südliche und der östliche Teil sind durch stark ausgeprägte Filamente beeinflusst. Bis Ende des Monats sind kaum noch Wolkenlücken vorhanden. Am 31.8. und 1.9. sind noch Filamente in der westlichen Bottensee zu erkennen. Danach konnten keine klaren Filamente mehr erkannt werden.

Obwohl der Sommer 2007 nicht so warm, sehr bewölkt und teilweise windig war, gab es eine ausgeprägte lang anhaltende Cyanobakterienentwicklung, die auch wieder die Bottensee einschloss. In der westlichen Ostsee war keine intensive Cyanobakterienentwicklung zu verzeichnen, so dass auch deutschen Küstenbereiche unmittelbar beeinflusst waren. Die weitere Entwicklung der Chlorophyllverteilung war ab September stark reduziert. Im Oktober war es stark bewölkt und im November und Dezember gab es keine verwendbaren Satellitendaten aufgrund der durchgängigen Wolkenbedeckung im Ostseeraum.

3.1.2 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 Probenahmen 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, nämlich Mischproben aus 0-10 m entsprechend der HELCOM-Vorschrift.

Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Arten (nach Biomasse) aus den Oberflächenproben sind für die einzelnen Seegebiete und Jahreszeiten in Tabelle 5 (Seite 28/29) zusammengestellt. Die komplette Phytoplankton-Artenliste (alle Tiefen) des Jahres 2007, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Terminfahrten, ist in Tabelle 6 (Seite 30-33) zu finden. Die Arten sind dort alphabetisch sortiert. Die Rangfolge der Arten nach ihrer Biomasse, gemittelt über alle Stationen und Fahrten des Jahres 2007, 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. Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass in den Tabellen 5 und 6 die regulären Monitoringfahrten und nicht die zusätzlichen Proben des LANU und der Projektfahrt der „Poseidon“ einbezogen wurden. Deshalb enthält der Frühjahrswert der Station 012 in Tabelle 5 keine Daten der Frühjahrsblüte, da von dieser Station keine März-Proben vorlagen.

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 enthält, 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. 4-6 für die untersuchten Stationen dargestellt. In diese Darstellung wurden auch die Proben von der Projektfahrt POS-353 (Juli 2007) und des LANU-SH einbezogen.

Bei weniger intensiver Beprobung besteht die Gefahr, dass kurzzeitige Massenvermehrungen des Phytoplanktons, die sogenannten „Blüten“, übersehen werden, wenn sie in den Zeitraum zwischen den Fahrten fallen. Wir nutzen in unserem Textteil zur Füllung dieser „Lücken“ die Informationen aus den Satellitendaten (Kap. 3.1.1) und dem Küstenmonitoring des IOW vor Heiligendamm (siehe Kap. 3.1.2.1). Die Daten des Küstenmonitorings sind auf der Homepage des IOW unter „Forschung und Lehre“ → „Daten und Bilder“ → „Mikroalgen im Meer und unter dem Mikroskop“ → „Algenblüten vor Heiligendamm“ einzusehen.

Wie schon in den Vorjahren, ist auch der photoautotrophe Ciliat *Mesodinium rubrum* (Synonym: *Myrionecta rubra*) 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. Seine extreme Biomasseentwicklung in den Jahren 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) und die Phytoplankton-Biomasseangaben (Abb. 4-6) einbezogen.

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 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 (WASMUND et al. 2006a). 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*.

Die Art *Dictyocha speculum* tritt größtenteils in ihrer „nackten“ Form (ohne das typische Kieselskelett) auf. Sie ist in diesem Falle schwer zu bestimmen und kann leicht mit *Verrucophora farcimen* (zu Dictyochophyceae) und *Chattonella* spp. (zu Raphidophyceae) verwechselt werden. Die Bestimmung ist also nicht abgesichert. Obwohl *Dictyocha* seit einigen Jahren in eine eigene Klasse (Dictyochophyceae) gestellt wird, belassen wir es in den Abb. 4-6 der Übersichtlichkeit halber in der Klasse der Chrysophyceae; in dieser Kategorie macht es den weitaus größten Biomasse-Anteil aus.

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.

3.1.2.1 Mecklenburger Bucht

Winter und Frühjahr

Wie zu erwarten, war die Phytoplankton-Biomasse Anfang bis Mitte Februar in der zentralen und östlichen Mecklenburger Bucht (Abb. 4 a, c) sehr gering; sie wurde von *Mesodinium rubrum* dominiert. In der Lübecker Bucht (Abb. 4 b) trat aber schon *Chattonella verruculosa* mit immerhin 207 mg m⁻³ auf. Diese zu den Raphidophyceen gehörende Art ist in Abb. 4 unter „Übrige“ erfasst. Zum 7.3.07 wurden im Oberflächenwasser der Lübecker Bucht 147 mg m⁻³ *Chattonella*

verruculosa, 300 mg m⁻³ *Dictyocha speculum* sowie 71 mg m⁻³ *Apedinella radians* registriert. In der zentralen Mecklenburger Bucht (Stat. 012) kamen am 6.3.2007 u.a. 189 mg m⁻³ *Chattonella verruculosa*, 103 mg m⁻³ *Dictyocha speculum* sowie 194 mg m⁻³ *Mesodinium rubrum* vor. Am 27.3.07 scheint die Blüte von *Dictyocha speculum* an den Stationen 012 und O22 mit je 17893 mg m⁻³ sowie 12842 mg m⁻³ ihren Höhepunkt erreicht zu haben. Das wird durch die extrem hohen Chlorophyll-a-Konzentrationen nahe der Wasseroberfläche bestätigt (Tab. 7), die in der Kieler Bucht (Stat. 360) 30,58 mg m⁻³ und an der Station 011 (nördlich der Station 012) 35,78 mg m⁻³ erreichen. Auch unsere Messungen an der Küstenstation Heiligendamm zeigten am 27.3.07 einen starken Biomasse und Chlorophyll-peak. Selbst in der östlichen Mecklenburger Bucht (Stat. 046) zeigte *Dictyocha speculum* in den oberen 10 m des Wasserkörpers noch eine durchschnittliche Biomasse von 952 mg m⁻³ (neben *Porosira glacialis* mit 78 mg m⁻³) bei einer Chlorophyll-a-Konzentration von 6,11 mg m⁻³. Es war sehr viel Fucoxanthin und Butanoyloxyfucoxanthin in den HPLC-Proben enthalten. Die frühe *Dictyocha*-Blüte ist sehr ungewöhnlich. Normalerweise erscheint *Dictyocha* erst nach der sonst in diesem Seegebiet sehr kräftigen Kieselalgenblüte. Im Jahre 2007 scheint die Kieselalgenblüte ausgefallen bzw. von den Flagellaten verdrängt zu sein. Der Rückgang der Kieselalgen ist ein Phänomen, das von WASMUND et al. (1998) speziell in der eigentlichen Ostsee bereits für die 1990er Jahre beschrieben wurde; die westliche Ostsee war bislang nicht betroffen.

Eine relativ schwache Kieselalgenentwicklung fand aber dennoch statt, und zwar nach der *Dictyocha*-Blüte. Im Oberflächenwasser der Station 012 wurden am 17.4.07 hohe Biomassen von *Skeletonema costatum* (464 mg m⁻³), *Chaetoceros decipiens* (132 mg m⁻³) und *Rhizosolenia setigera* (56 mg m⁻³) gefunden, neben *Mesodinium rubrum* (219 mg m⁻³), Gymnodiniales (179 mg m⁻³) und Peridinales (97 mg m⁻³). Ähnlich sah die Situation an Station O22 aus. An der Küstenstation Heiligendamm wurde das Kieselalgenmaximum am 24.4.07 registriert. In der Mecklenburger Bucht liegt es sonst üblicherweise im März, und auch die Silikat-Konzentration ist hier in der Regel bereits im März stark zurückgegangen (NAUSCH et al. 2008). Im Jahre 2007 war an keiner der genannten Stationen bis zum 23.3. ein signifikanter Silikat-Rückgang zu verzeichnen gewesen.

Die Phytoplankton-Biomasse war zum 5.5.07 stark zurückgegangen. Lediglich an Station O22 verblieben noch erwähnenswerte Rest von Kieselalgen (*Chaetoceros decipiens*, *Rhizosolenia setigera*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*). Die nach einer Blüte häufig anzutreffenden mixotrophen Gruppen (Cryptophyceen, Prymnesiophyceen) entwickelten sich ebenfalls nur schwach. Zum 12.5.07 wurde *Chrysochromulina* sp. schließlich dominant bei insgesamt geringer Biomasse. Sie hat sich offensichtlich heterotroph (oder mixotroph) ernährt, denn es wurden Individuen gefunden, die Nahrungspartikel an ihrem Haptonema hatten. Mit dem allgemeinen Biomasserückgang zum 9.5.06 nahm auch *Chrysochromulina* sp. ab. Davon profitierten Cryptophyceen (*Plagioselmis prolunga*, *Teleaulax* sp.), die mixotroph sind.

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 2006 konnte in der offenen See wegen Probenmangels keine signifikante Dinoflagellaten-Entwicklung nachgewiesen werden; sie war aber an der

Küstenstation nachzuweisen. Im Jahre 2007 waren die Dinoflagellaten nur schwach entwickelt und sie kamen nicht nach den Kieselalgen, sondern vor den Kieselalgen (gemeinsam mit Dictyocha) zur Entwicklung. Diese Umkehr der Sukzession ist erstaunlich und zurzeit nicht zu erklären.

Die wichtigsten Arten des Frühjahrs 2007 sind der Tabelle 5 (Seite 28-29) zu entnehmen.

Sommer und Herbst

Im Juni war die Biomasse immer noch gering. Es dominierten unbestimmte Dinoflagellaten, Cryptophyceen (*Plagioselmis prolonga*) und heterotrophe Flagellaten unsicherer taxonomischer Stellung (*incertae sedis*, hier unter „Übrige“ erfaßt: *Katablepharis remigera*, *Leucocryptos marina*, *Telonema* spp.). Zum 27.7.07 entwickelten sich Kieselalgen (*Proboscia alata*, *Coscinodiscus radiatus*, *Thalassionema nitzschioides*) und Dinoflagellaten (*Ceratium tripos*), an den Stationen 012 und 046 auch *Chaetoceros impressus*, *Ch. danicus*, *Actinocyclus* sp., *Prorocentrum minimum*, *Nodularia spumigena* und *Aphanizomenon* sp. Zum 4.8.08 hat sich die Biomasse an den Stationen 046 und 012 bereits mehr als verdoppelt bzw. verdreifacht, insbesondere durch Wachstum von *Proboscia alata* und *Ceratium tripos*.

Es folgt eine mehr als zweimonatige Lücke in der Probennahme. Auch diese Phase können wir mit den zusätzlichen Daten der Küstenstation Heiligendamm überbrücken. *Proboscia alata* erreichte dort am 7.8.07 eine Biomasse von 2047 mg m⁻³ und verschwand dann sofort wieder. Auch auf diese Blüte folgten wieder *Chrysochromulina* spp. und Cryptophyceen. *Proboscia alata* war zum 14.8.07 weitgehend durch *Dactyliosolen fragilissimus* (443 mg m⁻³) ersetzt. Am 21.8.07 trat die Frühjahrsart *Skeletonema costatum* mit 185 mg m⁻³ erstaunlich stark in Erscheinung. Nach *Coscinodiscus granii*, *Cerataulina pelagica* und *Ditylum brightwellii* wurde zum 2.10.07 *Dactyliosolen fragilissimus* dominierend (1453 mg m⁻³) und erreichte am 9.10.07 einen Spitzenwert von 6436 mg m⁻³. Unsere Daten von der offenen Mecklenburger Bucht (Stat. 012) und der Lübecker Bucht (jeweils Oberflächenwasser) vom 9.10.07 bestätigen diese Befunde. Auch hier war *Dactyliosolen fragilissimus* stark dominierend (z.B. 4763 mg m⁻³ an Stat. O22). Zum 26./27.10.07 war diese Art an den Stationen O22 und 012 aber unbedeutend geworden, während *Cerataulina pelagica* (und an Station 012 auch *Actinocyclus* sp.) dort das Phytoplankton deutlich beherrschte. Station 046 folgt in der Entwicklung den Stationen O22 und 012: Als *Dactyliosolen fragilissimus* von den Stationen O22 und 012 weitgehend verschwunden war, tauchte es an Station 046 (am 27.10.07) als dominierende Art auf. Am 26.10.07 erschien *Cerataulina pelagica* an den Stationen O22 und 012 als dominante Art, an Station 046 aber erst am 2.11.07. Das Phytoplankton scheint also ein guter Marker für die einzelnen Wasserkörper zu sein; es würde in diesem Falle einen Einstrom von Oberflächenwasser anzeigen. Am 19./20.11.07 war an den Stationen O22 und 012 immer noch *Cerataulina pelagica* die stärkste Art.

Es ist erstaunlich, dass *Ceratium tripos* im Jahre 2007 so schwach entwickelt war. Lediglich an Station 046 war es am 2.11.07 dominant. Die starke Kieselalgenentwicklung im Herbst gleicht in der Jahresbilanz die schwache Kieselalgenentwicklung im Frühjahr wieder aus. Eine kräftige Kieselalgen-Sommerblüte, sonst meistens aus *Dactyliosolen fragilissimus*, *Cerataulina pelagica* und/oder *Proboscia alata* gebildet, war, wie schon im Jahre 2006, nicht nachzuweisen. Dinophyceen waren sowohl im Frühjahr als auch im Herbst schwach entwickelt.

3.1.2.2 Arkonasee

In der Arkonasee wurden eine westliche Station nahe der Darßer Schwelle (Stat. 030, Abb. 5a), eine zentrale Station (Stat. 113, Abb. 5b) und eine östliche Station (Stat. 109, nicht gezeigt) untersucht.

Winter und Frühjahr

Wie in der Mecklenburger Bucht, wurde das nur schwach entwickelte Phytoplankton im Februar in der Arkonasee von *Mesodinium rubrum* dominiert. An Station 113 trat am 8.2.07 aber auch *Actinocyclus* sp. mit 32 mg m^{-3} auf, das zum 14.2.07 bis in 35 m Tiefe abgesunken war. Auf der März-Fahrt konnte nur an Station 113 auf der Hinfahrt eine Probe genommen werden. Sie zeigte neben *Mesodinium rubrum* eine Entwicklung von Kieselalgen (*Chaetoceros* cf. *wighamii*, *Thalassiorisa* spp., *Skeletonema costatum*) an. In 20 m Tiefe war *Dictyocha speculum* mit 62 mg m^{-3} dominant. Zum selben Zeitpunkt war in der Mecklenburger Bucht der Höhepunkt einer *Dictyocha*-Blüte erreicht, während sich die Frühjahrsblüte in der Arkonasee noch in der Entwicklung befand. Die Konzentration des gesamten anorganischen Stickstoffs (DIN) war in den oberen 10 m der Station 113 erst von $4,56 \text{ mmol m}^{-3}$ (am 8.2.07) auf $3,03 \text{ mmol m}^{-3}$ gesunken und fiel zum 6.5.07 weiter ab auf $0,36 \text{ mmol m}^{-3}$. Die Silikat-Konzentration ging an Station 113 vom 14.2.07 zum 27.3.07 nur in den oberen 5 m kurzzeitig von $13,2 \text{ mmol m}^{-3}$ auf $6,9 \text{ mmol m}^{-3}$ zurück, um dann bis zum 6.5.07 wieder auf $11,7 \text{ mmol m}^{-3}$ anzusteigen. Es dürfte also auch in der Arkonasee keine ausgeprägte Kieselalgenblüte stattgefunden haben.

Im Mai entwickelten sich die Prymnesiophyceae *Chrysochromulina* sp. und Dinoflagellaten (meist unbestimmte Gymnodiniales). In der Arkonasee scheint die gewohnte Sukzession von Kieselalgen zu Dinoflagellaten also noch intakt zu sein. Das Biomassenniveau war allerdings gering.

Sommer und Herbst

In den Sommerproben dominierten Cyanobakterien (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp., *Aphanocapsa* sp.), Kieselalgen (*Chaetoceros impressus*, *Ch. danicus*, *Actinocyclus* sp.), an Station 030 zusätzlich noch *Coscinodiscus radiatus*, *Ceratium tripos* und speziell am 4.8.07 *Proboscia alata*.

Am 27./28.10.07 dominierte an den Stationen 030 und 113 *Dactyliosolen fragilissimus*. Erstaunlich ist der hohe Anteil an Cyanobakterien (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp.) und *Mesodinium rubrum* an Station 113 noch Ende Oktober. Innerhalb einer Woche wurde *Dactyliosolen fragilissimus* von anderen Kieselalgen verdrängt, und zwar an Station 030 von *Cerataulina pelagica*, *Coscinodiscus granii* und *Actinocyclus* sp. sowie dem Dinoflagellaten *Ceratium tripos*, an Station 113 von *Coscinodiscus granii* und *Actinocyclus* sp.

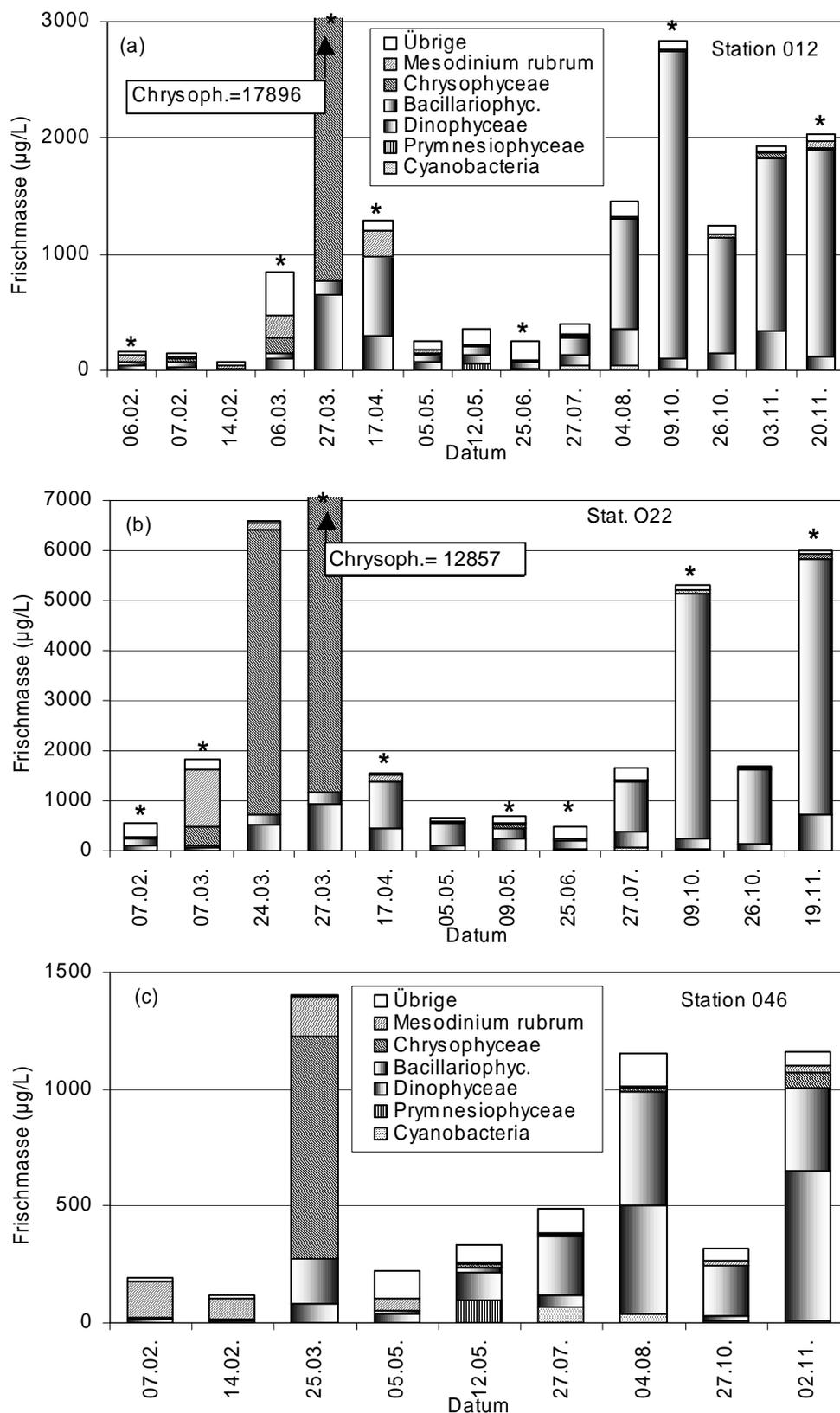


Abb. 4: Jahresgang 2007 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der zentraler (a) und östl. Mecklenburger Bucht (c) sowie Lübecker Bucht (b). Oberflächenproben vom LANU-SH sind in die Datenreihe eingegliedert und mit einem Stern über der Säule markiert.

Fig. 4: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in the central (a) and eastern Mecklenburg Bight (c) and Lübeck Bight (b) in 2007. Surface samples from LANU-SH are integrated and marked with an asterisk above the column.

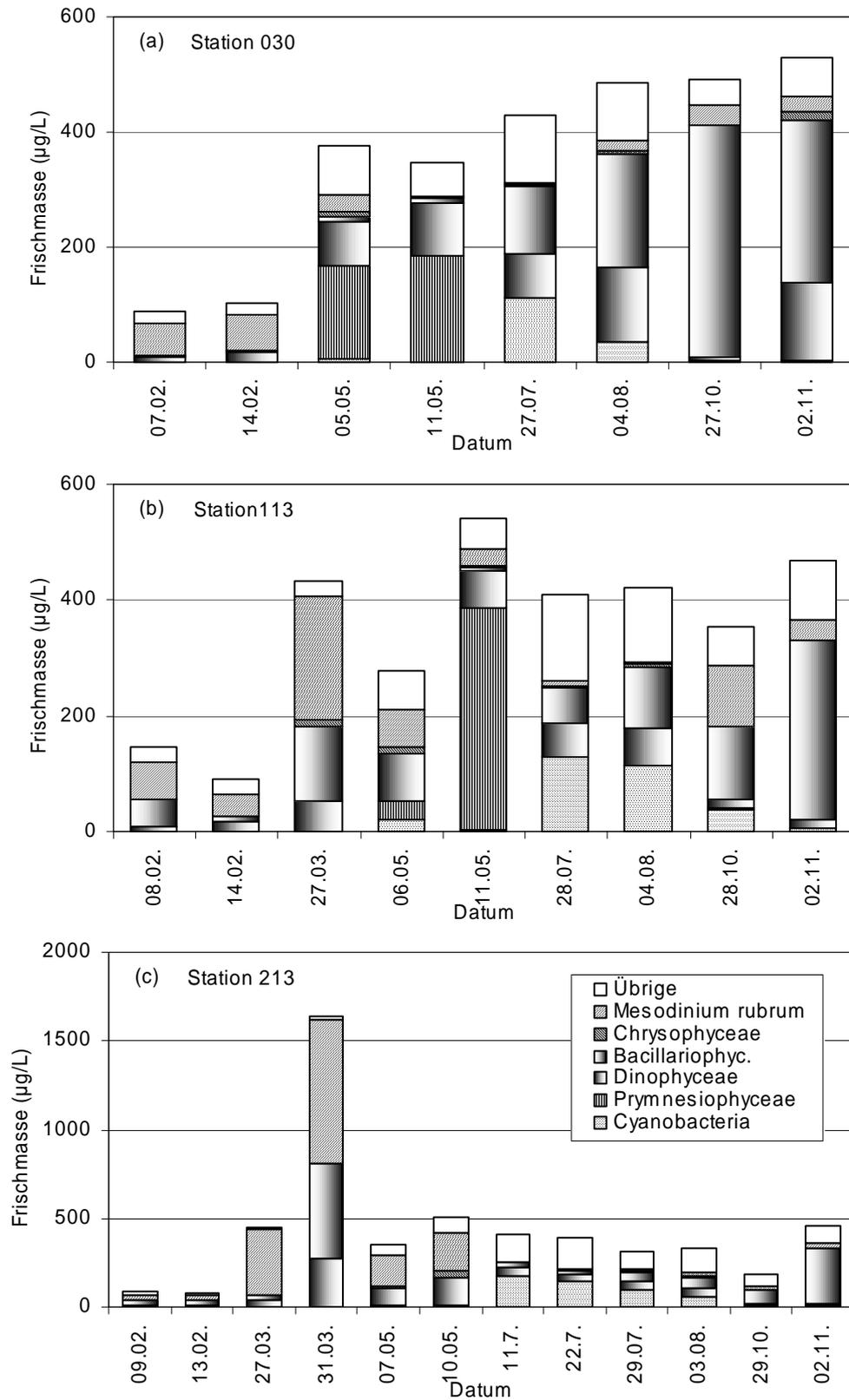


Abb. 5: Jahresgang 2007 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der westlichen (a) und zentralen Arkonasee (b) und der Bornholmsee (c).

Fig. 5: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in the western (a) and central Arkona Sea (b) and the Bornholm Sea (c) in 2007.

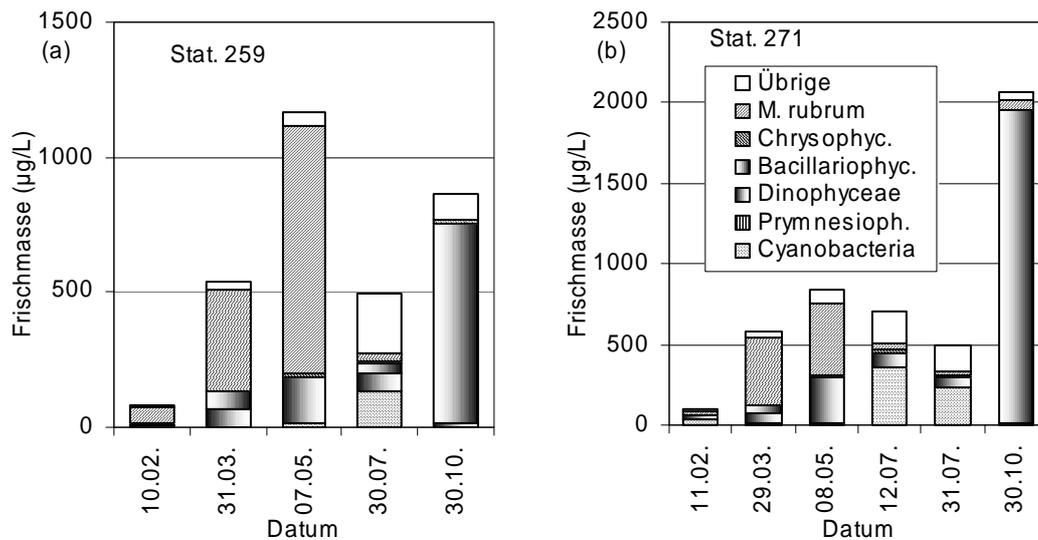


Abb. 6: Jahresgang 2007 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der südlichen (a) und östlichen Gotlandsee (b).

Fig. 6: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in the southern (a) and eastern Gotland Sea (b) in 2007.

Tab. 5

Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Arten (in Prozent der Phytoplankton-Biomasse) in den oberen 10 m der Wassersäule während der Monitoringfahrten im Frühjahr, Sommer und Herbst 2007 in den verschiedenen Seegebieten. Zu Beginn jedes Blocks ist die entsprechende durchschnittliche Phytoplanktonbiomasse (in µg/l) angegeben. Fortsetzung auf Seite **28-29** !

Table 5

The 10 most abundant phytoplankton species (percentage of total phytoplankton biomass) in the different sea areas (upper 10 m) during the monitoring cruises in spring, summer and autumn 2007. The mean phytoplankton biomass (in µg/l) is given on the top of each block. Continued on page 28-29 !

Frühjahr (Febr.-Mai)	(%)	Sommer (Juni-Sept.)	(%)	Herbst (Okt.-Dez.)	(%)
Zentrale Mecklenburger Bucht (Stat. 012)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	205	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	931	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	1591
<i>Mesodinium rubrum</i>	11.5	<i>Proboscia alata</i>	38.5	<i>Cerataulina pelagica</i>	62.7
<i>Dinophysis norvegica</i>	7.5	<i>Ceratium tripos</i>	9.6	<i>Ceratium tripos</i>	9.9
		<i>Actinocyclus normanii</i> f.			
<i>Chrysochromulina</i> spp.	7.1	<i>subsala</i>	5.3	<i>Actinocyclus</i> spp.	8.3

<i>Pyramimonas</i> spp.	5.3	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	5.3	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	2.4
<i>Teleaulax</i> spp.	5.2	<i>Aphanocapsa</i> spp.	2.4	<i>Ceratium fusus</i>	1.5
<i>Katodinium rotundatum</i>	4.9	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	2.3	<i>Mesodinium rubrum</i>	1.4
<i>Skeletonema costatum</i>	4.8	<i>Teleaulax</i> spp.	1.5	<i>Dictyocha speculum</i>	1.2
<i>Chaetoceros decipiens</i>	4.5	<i>Prorocentrum minimum</i>	1.4	<i>Teleaulax</i> spp.	0.9
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	4.1	<i>Prorocentrum micans</i>	1.4	<i>Ditylum brightwellii</i>	0.8
<i>Telonema</i> spp.	3.8	<i>Chaetoceros impressus</i>	1.4	<i>Gyrodinium spirale</i>	0.8
Östliche Mecklenburger Bucht (Stat. 046)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	454	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	821	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	740
<i>Dictyocha speculum</i>	42.3	<i>Proboscia alata</i>	25.8	<i>Ceratium tripos</i>	35.3
<i>Mesodinium rubrum</i>	20.5	<i>Ceratium tripos</i>	18.8	<i>Cerataulina pelagica</i>	19.7
<i>Chrysochromulina</i> spp.	4.2	<i>Actinocyclus normanii</i> f. <i>subsala</i>	6.2	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	7.1
<i>Porosira glacialis</i>	3.4	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	2.8	<i>Dictyocha speculum</i>	4.5
<i>Pyramimonas</i> spp.	1.9	<i>Aphanizomenon</i> sp.	2.5	<i>Actinocyclus</i> spp.	4.0
<i>Chaetoceros decipiens</i>	1.7	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	2.4	<i>Mesodinium rubrum</i>	3.6
<i>Katodinium rotundatum</i>	1.4	<i>Teleaulax</i> spp.	2.4	<i>Ceratium fusus</i>	3.2
<i>Teleaulax</i> spp.	1.1	<i>Actinocyclus</i> spp.	2.2	<i>Coscinodiscus granii</i>	3.0
<i>Rhizosolenia setigera</i>	1.1	<i>Chaetoceros danicus</i>	1.7	<i>Actinocyclus normanii</i> f. <i>subsala</i>	1.9
<i>Dinophysis norvegica</i>	0.9	<i>Nodularia spumigena</i>	1.4	<i>Teleaulax</i> spp.	1.8
Westliche Arkonasee (Stat. 030)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	229	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	457	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	511
<i>Chrysochromulina</i> spp.	38.0	<i>Ceratium tripos</i>	11.6	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	29.1
<i>Mesodinium rubrum</i>	16.4	<i>Proboscia alata</i>	10.4	<i>Cerataulina pelagica</i>	17.0
<i>Pyramimonas</i> spp.	3.1	<i>Actinocyclus normanii</i> f. <i>subsala</i>	8.3	<i>Coscinodiscus granii</i>	11.8
<i>Teleaulax</i> spp.	2.0	<i>Aphanizomenon</i> sp.	7.9	<i>Ceratium tripos</i>	10.6
<i>Telonema</i> spp.	2.0	<i>Actinocyclus</i> spp.	7.5	<i>Actinocyclus</i> spp.	6.9
<i>Katodinium rotundatum</i>	1.9	<i>Teleaulax</i> spp.	4.7	<i>Mesodinium rubrum</i>	6.3
<i>Actinocyclus</i> spp.	1.9	<i>Chaetoceros impressus</i>	3.8	<i>Pyramimonas</i> spp.	2.1
<i>Plagioselmis prolunga</i>	1.3	<i>Nodularia</i> spp.	3.4	<i>Teleaulax</i> spp.	1.7
<i>Dinophysis</i> spp.	0.9	<i>Chaetoceros danicus</i>	2.8	<i>Eutreptiella</i> spp.	1.4
<i>Eutreptiella</i> spp.	0.6	<i>Anabaena limnetica</i>	2.3	<i>Dictyocha speculum</i>	1.2
Zentrale Arkonasee (Stat. 113)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	297	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	416	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	411
<i>Chrysochromulina</i> spp.	28.1	<i>Actinocyclus</i> spp.	10.5	<i>Coscinodiscus granii</i>	29.4
<i>Mesodinium rubrum</i>	27.6	<i>Nodularia spumigena</i>	8.5	<i>Mesodinium rubrum</i>	17.0
<i>Chaetoceros wighamii</i>	3.9	<i>Aphanizomenon</i> sp.	6.1	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	13.0
<i>Actinocyclus</i> spp.	3.4	<i>Anabaena limnetica</i>	4.8	<i>Actinocyclus</i> spp.	9.4
<i>Teleaulax</i> spp.	3.1	<i>Chaetoceros impressus</i>	4.4	<i>Teleaulax</i> spp.	3.5
<i>Thalassiosira</i> spp.	2.5	<i>Aphanocapsa</i> spp.	3.7	<i>Aphanizomenon</i> sp.	3.5
<i>Pyramimonas</i> spp.	2.0	<i>Chaetoceros danicus</i>	3.7	<i>Pyramimonas</i> spp.	2.2
<i>Katodinium rotundatum</i>	1.9	<i>Plagioselmis prolunga</i>	3.3	<i>Nodularia spumigena</i>	1.7
<i>Dinophysis</i> spp.	1.5	<i>Nodularia</i> spp.	3.2	<i>Katodinium rotundatum</i>	1.4
<i>Plagioselmis prolunga</i>	1.5	<i>Katablepharis remigera</i>	2.8	<i>Plagioselmis prolunga</i>	0.9

Östliche Arkonasee (Stat. 109)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	214	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	543	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	316
<i>Chrysochromulina</i> spp.	26.6	<i>Aphanizomenon</i> sp.	14.0	<i>Coscinodiscus granii</i>	20.6
<i>Actinocyclus</i> spp.	20.8	<i>Actinocyclus</i> spp.	11.2	<i>Mesodinium rubrum</i>	19.3
<i>Mesodinium rubrum</i>	18.9	<i>Nodularia spumigena</i>	9.5	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	11.5
<i>Dinophysis norvegica</i>	2.4	<i>Anabaena limnetica</i>	3.6	<i>Actinocyclus</i> spp.	9.4
<i>Teleaulax</i> spp.	2.0	<i>Chaetoceros impressus</i>	3.6	<i>Teleaulax</i> spp.	4.1
<i>Pyramimonas</i> spp.	1.6	<i>Chaetoceros danicus</i>	3.5	<i>Pyramimonas</i> spp.	2.7
<i>Telonema</i> spp.	1.5	<i>Katodinium rotundatum</i>	3.3	<i>Aphanizomenon</i> sp.	2.3
<i>Plagioselmis prolunga</i>	1.4	<i>Teleaulax</i> spp.	3.1	<i>Katodinium rotundatum</i>	2.2
<i>Katodinium rotundatum</i>	1.2	<i>Pyramimonas</i> spp.	3.1	<i>Plagioselmis prolunga</i>	1.8
<i>Ceratium tripos</i>	1.0	<i>Actinocyclus normanii</i> f. <i>subsala</i>	2.6	<i>Ceratium tripos</i>	1.6
Bornholmsee (Stat. 213)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	519	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	323	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	321
<i>Mesodinium rubrum</i>	51.8	<i>Actinocyclus</i> spp.	9.8	<i>Coscinodiscus granii</i>	44.0
<i>Skeletonema costatum</i>	11.3	<i>Aphanizomenon</i> sp.	9.2	<i>Actinocyclus</i> spp.	15.2
<i>Chaetoceros wighamii</i>	5.9	<i>Nodularia spumigena</i>	6.9	<i>Mesodinium rubrum</i>	8.1
<i>Dinophysis norvegica</i>	3.4	<i>Plagioselmis prolunga</i>	5.0	<i>Teleaulax</i> spp.	2.7
<i>Dinophysis</i> spp.	2.7	<i>Pyramimonas</i> spp.	3.7	<i>Plagioselmis prolunga</i>	1.6
<i>Actinocyclus</i> spp.	2.2	<i>Chaetoceros impressus</i>	3.5	<i>Eutreptiella</i> spp.	1.5
<i>Katodinium rotundatum</i>	2.0	<i>Aphanocapsa</i> spp.	3.1	<i>Aphanizomenon</i> sp.	1.3
<i>Peridiniella catenata</i>	1.5	<i>Mesodinium rubrum</i>	3.1	<i>Katodinium rotundatum</i>	1.1
<i>Teleaulax</i> spp.	1.4	<i>Dinophysis norvegica</i>	2.9	<i>Pyramimonas</i> spp.	0.7
<i>Pyramimonas</i> spp.	0.8	<i>Katablepharis remigera</i>	2.6	<i>Hemiselms</i> spp.	0.7
Südliche Gotlandsee (Stat. 259)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	599	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	493	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	863
<i>Mesodinium rubrum</i>	75.1	<i>Eutreptiella</i> spp.	6.9	<i>Coscinodiscus granii</i>	80.1
<i>Chaetoceros wighamii</i>	2.7	<i>Aphanothece</i> spp.	5.2	<i>Actinocyclus</i> spp.	4.5
<i>Katodinium rotundatum</i>	2.6	<i>Nodularia</i> spp.	5.2	<i>Mesodinium rubrum</i>	1.6
<i>Dinophysis</i> spp.	2.5	<i>Aphanocapsa</i> spp.	5.1	<i>Teleaulax</i> spp.	1.3
<i>Peridiniella catenata</i>	1.6	<i>Mesodinium rubrum</i>	5.1	<i>Plagioselmis prolunga</i>	0.8
<i>Pyramimonas</i> spp.	1.2	<i>Katablepharis remigera</i>	3.5	<i>Katodinium rotundatum</i>	0.7
<i>Dinophysis norvegica</i>	1.1	<i>Aphanizomenon</i> spp.	3.5	<i>Chaetoceros impressus</i>	0.5
<i>Aphanizomenon</i> sp.	0.7	<i>Actinocyclus</i> spp.	3.2	<i>Pyramimonas</i> spp.	0.4
<i>Teleaulax</i> spp.	0.7	<i>Teleaulax</i> spp.	3.1	<i>Chaetoceros danicus</i>	0.4
<i>Dinobryon balticum</i>	0.5	<i>Cyanodictyon planctonic.</i>	2.8	<i>Hemiselms</i> spp.	0.3
Östliche Gotlandsee (Stat. 271)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	505	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	494	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	2062
<i>Mesodinium rubrum</i>	58.7	<i>Aphanizomenon</i> spp.	15.9	<i>Coscinodiscus granii</i>	89.7
<i>Peridiniella catenata</i>	11.8	<i>Nodularia spumigena</i>	9.0	<i>Actinocyclus</i> spp.	4.5
<i>Aphanizomenon</i> spp.	3.5	<i>Aphanothece</i> spp.	8.8	<i>Mesodinium rubrum</i>	2.9
<i>Dinophysis</i> spp.	2.9	<i>Aphanocapsa</i> spp.	7.3	<i>Teleaulax</i> spp.	0.2
<i>Pyramimonas</i> spp.	2.6	<i>Mesodinium rubrum</i>	6.5	<i>Peridinales</i> spp.	0.2
<i>Chaetoceros wighamii</i>	1.8	<i>Katablepharis remigera</i>	3.4	<i>Plagioselmis prolunga</i>	0.1
<i>Katodinium rotundatum</i>	1.7	<i>Aphanothece paralleliformis</i>	2.9	<i>Katodinium rotundatum</i>	0.1
<i>Gyrodinium spirale</i>	1.4	<i>Cyanodictyon planctonic.</i>	1.8	<i>Eutreptiella</i> spp.	0.1
<i>Teleaulax</i> spp.	1.2	<i>Teleaulax</i> spp.	1.8	<i>Pyramimonas</i> spp.	0.1
<i>Dinophysis acuta</i>	0.7	<i>Plagioselmis prolunga</i>	1.4	<i>Hemiselms</i> spp.	0.1

Tab. 6

Alphabetische Liste der im Jahre 2007 gefundenen Phytoplanktonarten (alle Stationen, alle Tiefen) und ihrer taxonomischen Zugehörigkeit mit Angabe der Rangfolge (nach Biomasse), und saisonalem Vorkommen. Fortsetzung Seite 31-32.

Table 6

Phytoplankton species list of 2007 (all stations, all depths), with class affiliation, biomass rank and seasonal occurrence (continued on page 31-32)

Artname (Gesamtliste)	Klasse	Rang	Febr.	März/Apr.	Mai	Jul/Aug.	Nov.
<i>Achnanthes taeniata</i>	Bacillarioph.	117		X			
<i>Actinocyclus</i> sp.	Bacillarioph.	7	X	X	X	X	X
<i>Amphidinium</i> spp.	Dinophyceae	94	X	X	X		
<i>Amphidinium crassum</i>	Dinophyceae	110			X		
<i>Amphidinium sphenoides</i>	Dinophyceae	105	X	X	X		
<i>Amylax triacantha</i>	Dinophyceae	61		X	X		
<i>Anabaena</i> spp.	Cyanobact.	68		X		X	
<i>Apedinella radians</i>	Chrysophyc.	51		X	X	X	X
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Cyanobact.	13	X	X	X	X	X
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Cyanobact.	24	X	X	X	X	X
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	Cyanobact.	121		X			
<i>Aphanothece</i> sp.	Cyanobact.	39	X	X	X	X	
<i>Aphanothece paralleliformis</i>	Cyanobact.	56			X	X	
<i>Attheya septentrionalis</i>	Bacillarioph.	70	X	X		X	X
<i>Cerataulina pelagica</i>	Bacillarioph.	3	X		X	X	X
<i>Ceratium fusus</i>	Dinophyceae	34				X	X
<i>Ceratium lineatum</i>	Dinophyceae	86					X
<i>Ceratium tripos</i>	Dinophyceae	6	X			X	X
<i>Chaetoceros</i> spp.	Bacillarioph.	77	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros affinis</i>	Bacillarioph.	92				X	
<i>Chaetoceros ceratosporus</i>	Bacillarioph.	58		X			
<i>Chaetoceros contortus</i>	Bacillarioph.	100				X	
<i>Chaetoceros convolutus</i>	Bacillarioph.	45					X
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Bacillarioph.	62	X		X	X	X
<i>Chaetoceros danicus</i>	Bacillarioph.	33	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Bacillarioph.	20	X	X	X		
<i>Chaetoceros diadema</i>	Bacillarioph.	112	X				
<i>Chaetoceros impressus</i>	Bacillarioph.	29	X	X		X	X
<i>Chaetoceros similis</i>	Bacillarioph.	59	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros socialis</i>	Bacillarioph.	111				X	X
<i>Chaetoceros subtilis</i>	Bacillarioph.	79	X	X		X	X
<i>Chaetoceros thronsenii</i>	Bacillarioph.	69		X	X	X	
<i>Chaetoceros wighamii</i>	Bacillarioph.	16		X			
<i>Chrysochromulina</i> spp.	Prymnesioph.	8	X	X	X	X	X
<i>Coelosphaerium minutissimum</i>	Cyanobact.	102	X	X		X	
<i>Coscinodiscus granii</i>	Bacillarioph.	4		X			X
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Bacillarioph.	11	X	X	X	X	X
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	Cyanobact.	52		X	X	X	
<i>Cyanonephron styloides</i>	Cyanobact.	91				X	X
<i>Cyclotella</i> spp.	Bacillarioph.	116					X
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Bacillarioph.	72	X	X	X	X	X
<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>	Prasinophyc.	54			X	X	X

<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Bacillarioph.	9	X	X	X	X	X
<i>Dictyocha speculum</i>	Dictyochoph.	2	X	X	X	X	X
<i>Dinobryon</i> spp.	Chrysophyc.	108				X	
<i>Dinobryon balticum</i>	Chrysophyc.	50		X	X		
<i>Dinobryon faculiferum</i>	Chrysophyc.	73		X	X	X	X
<i>Dinophysis</i> spp.	Dinophyceae	17	X	X	X	X	X
<i>Dinophysis acuta</i>	Dinophyceae	49		X	X		
<i>Dinophysis norvegica</i>	Dinophyceae	19		X	X	X	X
<i>Dinophysis rotundata</i>	Dinophyceae	114	X				
<i>Dissodinium pseudolunula</i>	Dinophyceae	101				X	
<i>Ditylum brightwellii</i>	Bacillarioph	43	X	X	X	X	X
<i>Ebria tripartita</i>	Ebriidea	48	X	X	X	X	X
<i>Euglena</i> sp.	Euglenophyc.	118		X			
<i>Eutreptia</i> sp.	Euglenophyc.	115	X				
<i>Eutreptiella</i> sp.	Euglenophyc.	27	X	X	X	X	X
<i>Guinardia delicatula</i>	Bacillarioph.	37	X	X	X	X	X
<i>Guinardia flaccida</i>	Bacillarioph.	46	X	X	X	X	
<i>Gymnodinium cf. sanguineum</i>	Dinophyceae	97		X			
<i>Gyrodinium cf. spirale</i>	Dinophyceae	28	X	X	X	X	X
<i>Hemiselmis</i> sp.	Cryptophyc.	41	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa</i> sp.	Dinophyceae	60			X		
<i>Heterocapsa rotundata</i>	Dinophyceae	15	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa triquetra</i>	Dinophyceae	85			X	X	X
<i>Katablepharis remigera</i>	Incertae sedis	25	X	X	X	X	X
<i>Katodinium glaucum</i>	Dinophyceae	42		X	X		X
<i>Lemmermanniella parva</i>	Cyanobact.	67	X	X	X	X	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillarioph.	57	X	X	X	X	X
<i>Leucocryptos marina</i>	Incertae sedis	36	X	X	X	X	X
<i>Melosira arctica</i>	Bacillarioph.	87		X			
<i>Merismopedia</i> spp.	Cyanobact.	99	X			X	
<i>Merismopedia punctata</i>	Cyanobact.	120			X		
<i>Mesodinium rubrum</i>	Ciliophora	1	X	X	X	X	X
<i>Monoraphidium contortum</i>	Chlorophyc.	121		X	X	X	
<i>Nitzschia paleacea</i>	Bacillarioph	81				X	
<i>Nodularia spumigena</i>	Cyanobact.	18			X	X	X
<i>Oocystis</i> spp.	Chlorophyc.	104		X		X	X
<i>Pachysphaera</i> sp.	Prasinophyc.	78		X	X	X	
<i>Peridiniella catenata</i>	Dinophyceae	21	X	X	X		
<i>Plagioselmis prolonga</i>	Cryptophyc.	22	X	X	X	X	X
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Chlorophyc.	74	X	X	X	X	X
<i>Planktolyngbya</i> sp.	Cyanobact.	103			X		
<i>Planktolyngbya cf. limnetica</i>	Cyanobact.	109	X	X		X	
<i>Polykrikos schwartzii</i>	Dinophyceae	65			X		X
<i>Porosira glacialis</i>	Incertae sedis	31		X			
<i>Proboscia alata</i>	Bacillarioph.	5	X	X	X	X	X
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	Dinophyceae	90	X	X			
<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae	38			X	X	X
<i>Prorocentrum minimum</i>	Dinophyceae	40		X		X	X
<i>Protoberidinium</i> spp.	Dinophyceae	53	X	X	X	X	X
<i>Protoberidinium bipes</i>	Dinophyceae	93	X	X	X	X	X
<i>Protoberidinium depressum</i>	Dinophyceae	47	X	X	X		
<i>Peridinium oblongum</i>	Dinophyceae	95				X	
<i>Protoberidinium cf. pellucidum</i>	Dinophyceae	55		X	X		
<i>Peridinium steini</i>	Dinophyceae	96				X	X

<i>Pseudanabaena</i> spp.	Cyanobact.	82				X	
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	Cyanobact.	30	X	X		X	X
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> group	Bacillarioph.	66				X	X
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	Bacillarioph.	44	X	X	X	X	X
<i>Pseudopedinella</i> sp.	Chrysophyc.	89	X	X	X	X	X
<i>Pterosperma</i> sp.	Prasinophyc.	76	X			X	
<i>Pyramimonas</i> spp.	Prasinophyc.	14	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f.	Bacillarioph.	119		X			
<i>Rhizosolenia pugens</i>	Bacillarioph.	80				X	X
<i>Rhizosolenia setigera</i>	Bacillarioph.	26	X	X	X		X
<i>Rhodomonas</i> spp.	Cryptophyc.	113		X			
<i>Romeria</i> spp.	Cyanobact.	84				X	
<i>Skeletonema costatum</i>	Bacillarioph.	10	X	X	X	X	X
<i>Snowella</i> spp.	Cyanobact.	83	X	X	X	X	X
<i>Teleaulax</i> spp.	Cryptophyc.	12	X	X	X	X	X
<i>Telonema</i> spp.	Incertae sedis	32	X	X	X	X	X
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Bacillarioph.	23	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira</i> spp.	Bacillarioph.	35	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	Bacillarioph.	75		X			
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	Bacillarioph.	64		X		X	X
<i>Thalassiosira levanderi</i>	Bacillarioph.	63		X			
<i>Thalassiosira nordenskioeldii</i>	Bacillarioph.	88		X			
<i>Thalassiosira rotula</i>	Bacillarioph.	98					X
<i>Trachelomonas</i> spp.	Euglenoph.	71	X			X	X
<i>Woronichinia</i> spp.	Cyanobact.	106	X		X		X
Anzahl der Taxa: insgesamt 121			63	83	71	82	70

3.1.2.3 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 nördlichen 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

Bei den sehr geringen winterlichen Phytoplankton-Biomassen dominierten ganz unterschiedlich Arten: an Station 213 (Abb. 5c) *Actinocyclus* sp., an Station 259 (Abb. 6a) *Mesodinium rubrum*, an Station 271 (Abb. 6b) *Aphanizomenon* sp. (schon so früh !). Es entwickelte sich offensichtlich

zuerst *Mesodinium rubrum*, es erreichte an den untersuchten Stationen bis Ende März etwa 400 mg m^{-3} . Innerhalb von 4 Tagen hat sich die *Mesodinium*-Biomasse an Station 213 verdoppelt. Praktisch aus dem „Nichts“ (Biomassen unter 15 mg m^{-3}) wuchsen bis zum 31.3.07 *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros cf. wighamii* und unbestimmte Gymnodiniales auf Biomassen von jeweils über 150 mg m^{-3} an. Das starke Wachstum vom 27.3. zum 31.3.07 an Station 213 wird auch von einem Rückgang der DIN-Konzentration von $3,21$ auf $1,68 \text{ mmol m}^{-3}$ und einem Silikat-Rückgang von $15,9$ auf $12,7 \text{ mmol m}^{-3}$ in den oberen 10 m reflektiert. Zum Mai war ein weiterer DIN-Rückgang, aber kein Silikat-Rückgang zu verzeichnen. Die Kieselalgen dürften also nicht weiter bis zu Blütenkonzentrationen gewachsen sein. Jedenfalls hatte sich die Biomasse an Station 213 zum Mai drastisch reduziert; es verblieben im wesentlichen Dinoflagellaten (*Dinophysis norvegica*), *Mesodinium rubrum* und Chrysophyceen-Cysten, aber keine Kieselalgen mehr.

Dagegen kam es an Station 259 bis zum 7.5.07 noch zu einem weiteren Wachstum, insbesondere von *Mesodinium rubrum*, *Peridiniella catenata*, *Dinophysis* spp., *Heterocapsa rotundata*, *Pyramimonas* spp. und *Aphanizomenon* sp. Auch an Station 271 wuchsen insbesondere die Dinoflagellaten (*Peridiniella catenata* = 163 mg m^{-3}) noch weiter. Insgesamt hatten sich die Silikat-Konzentrationen in den oberen 10 m der Stationen 259 und 271 von Februar bis Mai um $3,3$ und $1,8 \text{ mmol m}^{-3}$ reduziert.

Es scheint sich die Kieselalgen-Situation in der Bornholm- und Gotlandsee in den vergangenen 8 Jahren also stabilisiert zu haben. 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 in 2005 sowie an Station 259 von 2002 bis 2003 wieder Kieselalgenblüten (*Skeletonema costatum*) registriert worden. In den Jahren 2004 und 2005 ist an den Stationen 259 und 271 keine Kieselalgenblüte, wohl aber eine moderate Silikatabnahme nachgewiesen worden, was für Kieselalgenwachstum spricht. Vom Jahre 2006 liegen wegen ausfalls der März-Fahrt keine Angaben zur Frühjahrsblüte vor. Unsere Daten von 2007 zeigen, dass wieder ein moderates Kieselalgenwachstum in der Bornholmsee und wahrscheinlich auch in der Gotlandsee stattgefunden hat.

Wegen zusätzlicher Proben (vom 11.7., 12.7. und 22.7.) von einer Projektfahrt ist der Sommer besser repräsentiert als üblich. Die Proben unterscheiden sich kaum voneinander. Sie waren gekennzeichnet durch relativ hohe Anteile an Cyanobakterien (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp., *Cyanodictyon planctonicum*, *Aphanothece* spp., *Aphanocapsa* spp., *Pseudanabaena limnetica*). Darüber hinaus sind *Actinocyclus* spp., *Katablepharis remigera*, *Plagioselmis prolunga*, *Teleaulax* sp. und unbestimmte Gymnodiniales erwähnenswert. Die Cyanobakterien gingen in dem Zeitraum vom 11.7. bis 3.8.07 zurück. Wegen häufiger Windereignisse konnten sich keine Oberflächenakkumulationen der Cyanobakterien etablieren. Die aus Satellitendaten abgeleitete Entwicklung der Cyanobakterien ist speziell in Kap. 3.1.1 beschrieben.

Wie im Vorjahr haben wir die Herbstblüte mit unserer Fahrt gut getroffen. Sie wird fast ausschließlich von Kieselalgen (*Coscinodiscus granii*, *Actinocyclus* sp., wahrscheinlich *Actinocyclus octonarius*) gebildet. An Station 213 wurde sie noch nicht zu ihrem Höhepunkt angetroffen, an Station 271 war sie dagegen voll entwickelt.

3.1.3 Sedimentation

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. 7) die sich in Frühjahrsblüte, Sommerphase und herbstliches Sedimentationsmaximum aufteilen läßt.

Die Frühjahrsblüte trat 2006 etwas später im April/Mai auf wobei, anders als in den Vorjahren, die Diatomeen *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira levanderi*, *Achnantes taeniata* und Arten der Gattung *Chaetoceros* in fast gleichen Mengen auftraten (Abb. 7a). Im Unterschied zu anderen Jahren beruhte der vertikale Transport von partikulärem Silikat (Abb. 8) fast nur auf der Sedimentation der Frühjahrsblüte und fiel insgesamt erheblich niedriger aus. In der Sommerphase waren bei den Diatomeen weiterhin *Achnantes taeniata*, *Chaetoceros* spp., *Cyclotella* spp., *Actinocyclus octonarius* und *Nitzschia paleacea* in geringeren Beständen anzutreffen. Dinoflagellaten waren mit *Glenodinium* sp., *Dinophysis rotundata* und *Dinophysis acuminata* schon ab Mai und damit früher als in den Vorjahren präsent, traten aber nur in geringeren Abundanzen auf. *Prorocentrum minimum* und *Peridiniella catenata* kamen im Sommer und Herbst dazu, aber konnten auch dann nicht für eine Dominanz dieser Gruppe in den Proben sorgen (Abb. 7b).

Schon ab Juni wurde mit der Sedimentation von Cyanobakterien (Abb. 7c) wieder isotopisch leichter Stickstoff aus der Stickstofffixierung eingetragen (Abb. 9). Allerdings waren die absoluten Mengen des absinkenden Materials geringer als in den Vorjahren, so dass die ansonsten sehr hohen Sommer-Sedimentationsraten wieder unter die Menge der Frühjahrsblüte sanken (Abb. 10). Entsprechend geringer fiel die absolute Menge von atmosphärischem Stickstoff aus, der in diesem Jahr neu ins System eingetragen wurde.

In der Herbstphase wurde bei den fädigen Cyanobakterien *Anabaena* durch *Planktolyngbya* ersetzt und es fand ebenso eine leichte Zunahme der kolonialen Cyanobakterien (Abb. 7 c,d) gegenüber der ersten Jahreshälfte statt. Interessant ist, dass sich sinkende Werte der Stickstoffisotopie bis in den späten Herbst fortsetzten, so dass man 2006 von einer zwar quantitativ geringeren, dafür aber über einen längeren Zeitraum bestehenden Fixierungsaktivität ausgehen muss.

Die saisonalen Muster des Vertikaltransportes der Hauptelemente Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor (Abb. 11 a-c) spiegeln die taxonomische Entwicklung wider. Im Jahr 2006 ist die Frühjahrsperiode wieder von größerer Wichtigkeit für den Partikelfluss als die Sommersedimentation. Dies gilt für die analysierten Hauptelemente C,N,P und Si. Diese zeigen außerdem noch im Februar einen hohen Wert, der aber von einem Resuspensionsereignis benthischen Materials herrührt. Dies läßt sich an einem für Deckschichtmaterial zu hohem Seston/Kohlenstoff-Verhältnis ersehen, das durch den hohen Anteil mineralischen Materials bedingt wird. In dieser Phase treten auch oft C/P-Verhältnisse zwischen 50 und 100 auf, die ebenfalls für einen hohen Teil mineralisch gebundenen Phosphors in den Proben sprechen. Der Anstieg der C/P-Verhältnisse (Abb. 12a) ab Ende Juni zeigt den Einfluss der in ihren Elementverhältnissen flexibleren Cyanobakterienaggregate im sedimentierenden Material.

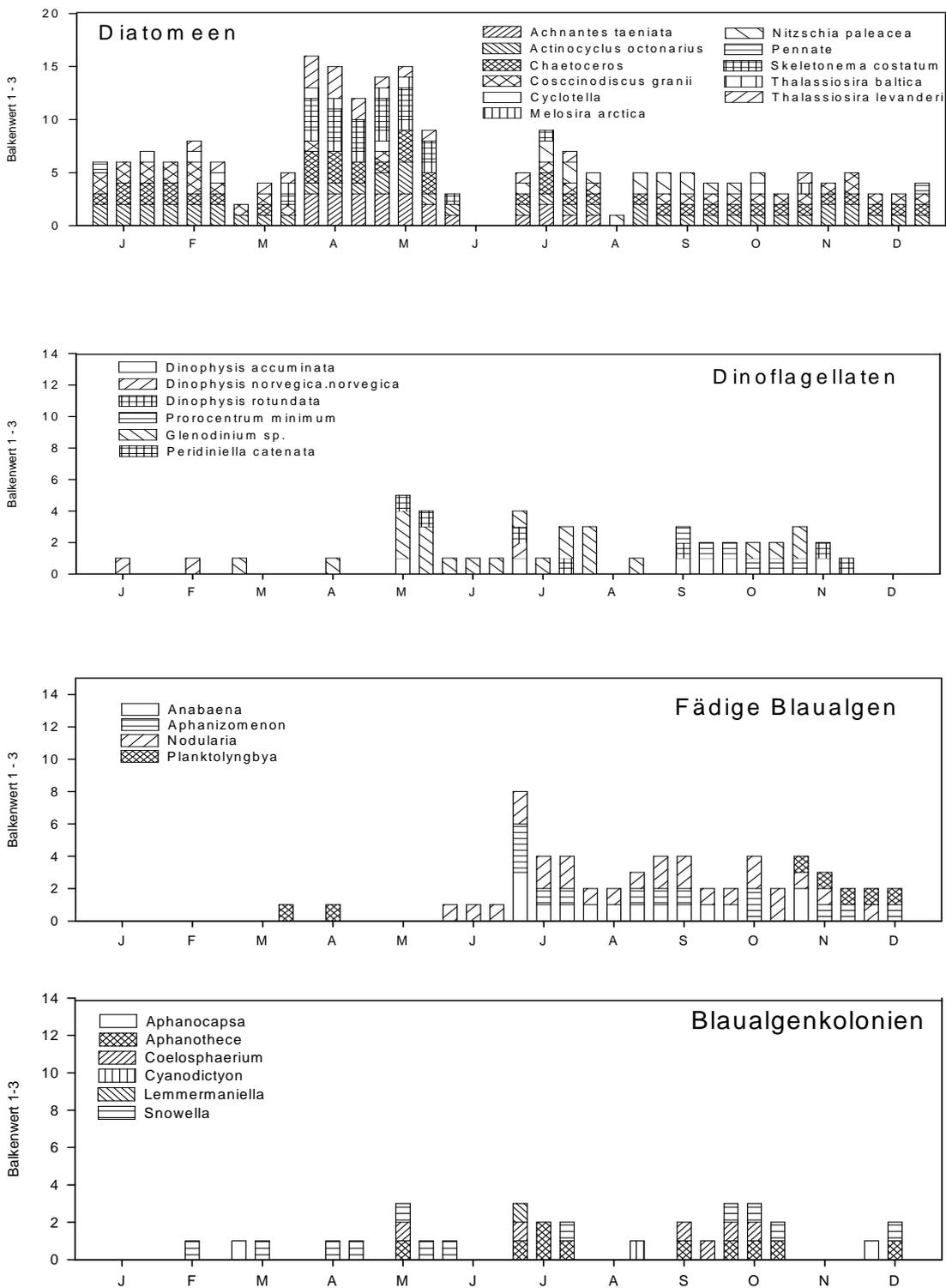


Abb. 7 a-d: Relative Häufigkeit einzelner Arten von Diatomeen, Dinoflagellaten sowie fädiger und kolonialer Cyanobakterien im sedimentierten organischen Material im Jahre 2006.

Fig. 7 a-d: Relative frequency of selected species of diatoms (a), dinoflagellates (b), filamentous (c) and colony-forming (d) cyanobacteria in sedimented organic material in 2006.

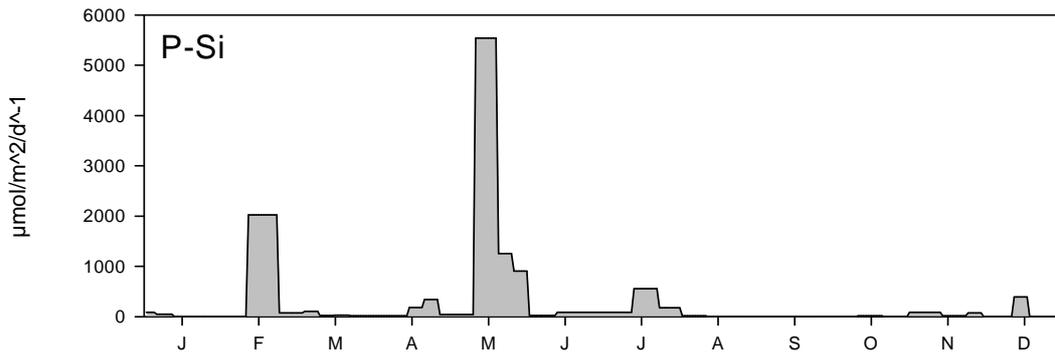


Abb. 8: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem biogenem Silikat im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2006.

Fig. 8: Daily sedimentation rates of particulate biogenic silicate at 180 m depth at Station 271 in 2006.

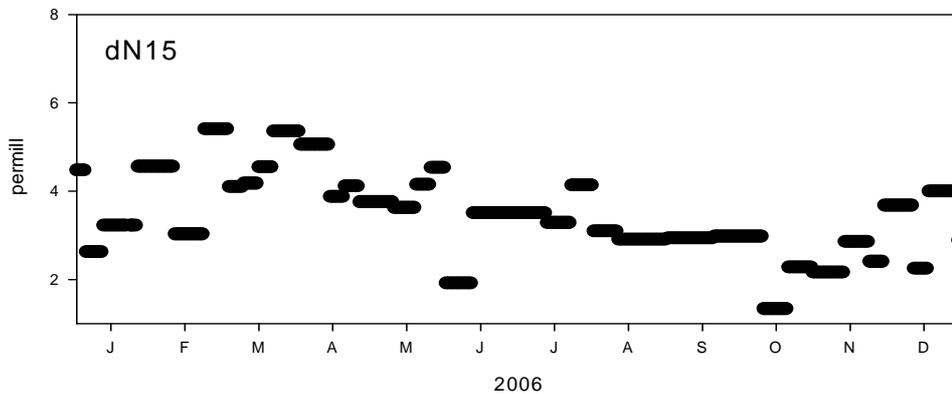


Abb. 9: Isotopie des Stickstoffs (permil delta 15 N) im Fallenmaterial im Jahr 2006.

Fig. 9: Isotopic signature of nitrogen (permil delta 15 N) in sediment trap material in 2006.

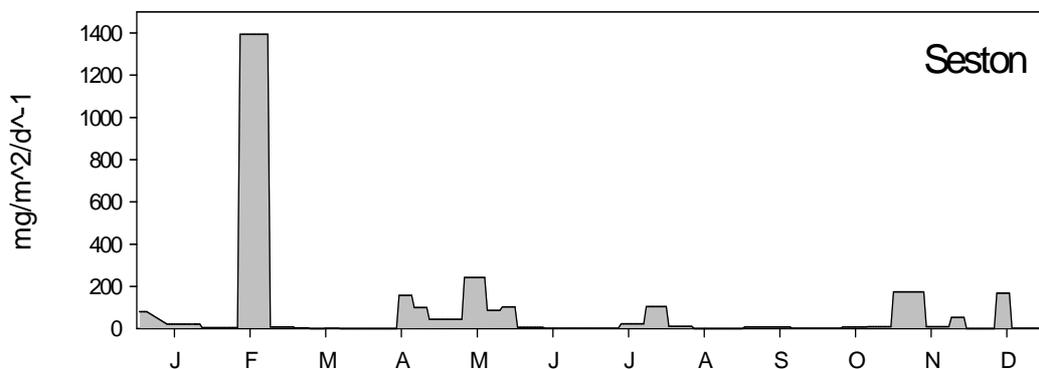


Abb. 10: Tägliche Sedimentationsraten von Trockenmasse (Seston) im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2006.

Das C/N –Verhältnis ist im Mittel mit 7,8 relativ niedrig, wobei die niedrigen Werte auf dem Material der ersten Jahreshälfte beruhen. Die Gesamtsumme für den jährlichen Vertikalfluss lag für die einzelnen Elemente bei 270 mmol C, 33 mmol N ($C/N=8,2$), 107 mmol Si und 2,04 mmol P pro m^2 und Jahr. Der Massefluss betrug im Jahr 2006 28,5 g Trockenmaterial pro Jahr und war damit erheblich niedriger als in den Vorjahren. Dieser Trend sich verringernder Sedimentationsraten hält nun im dritten Jahr vor dem Hintergrund von vorher über 10 Jahren relativ stabiler Bedingungen an.

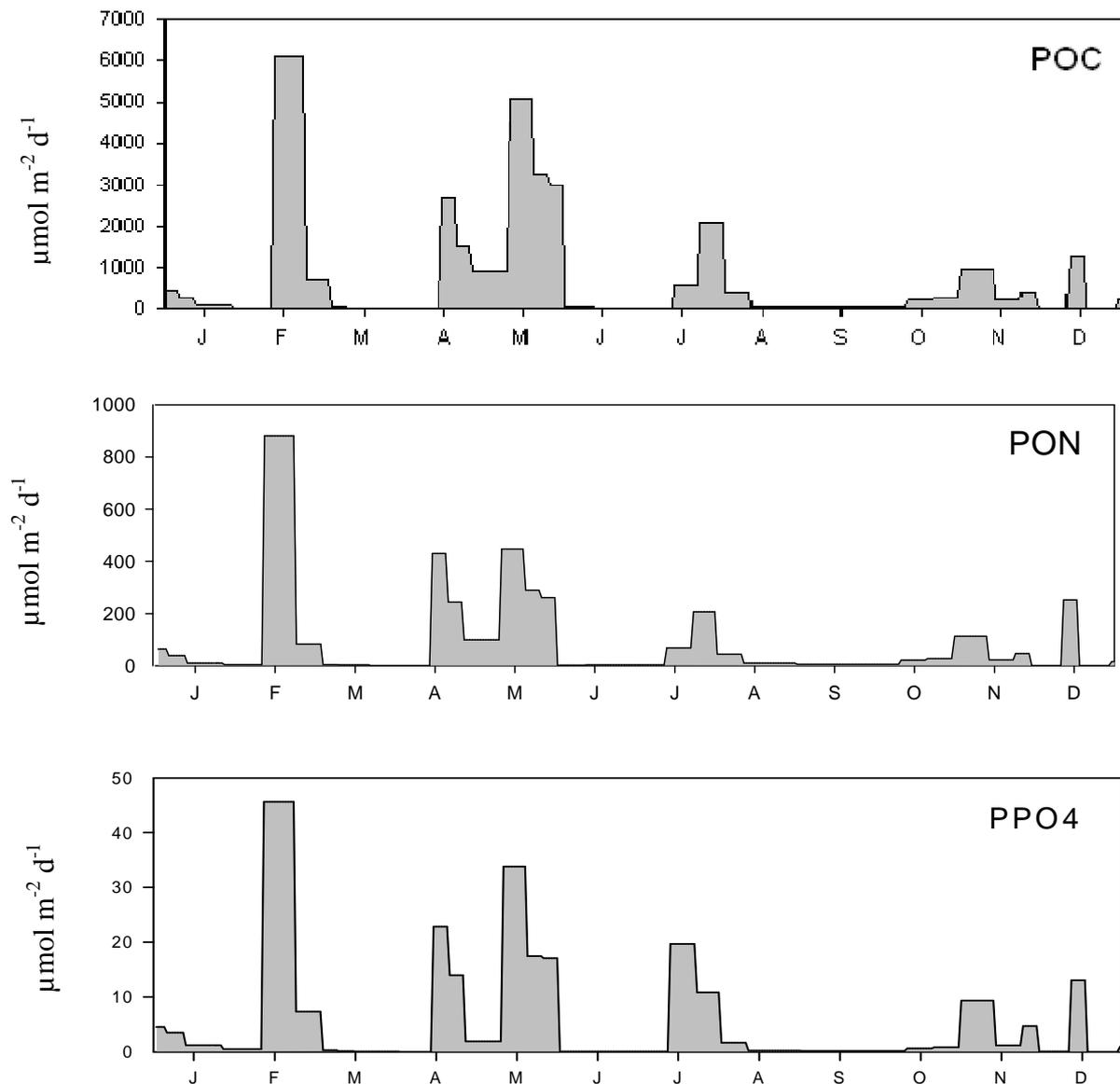


Abb. 11: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Kohlenstoff (a), partikulärem organischem Stickstoff (b) und partikulärem Phosphor (c) im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2006.

Fig. 11: Daily sedimentation rates of particulate organic carbon (a), particulate organic nitrogen (b) and particulate phosphorus (c) at 180 m depth at Station 271 in 2006.

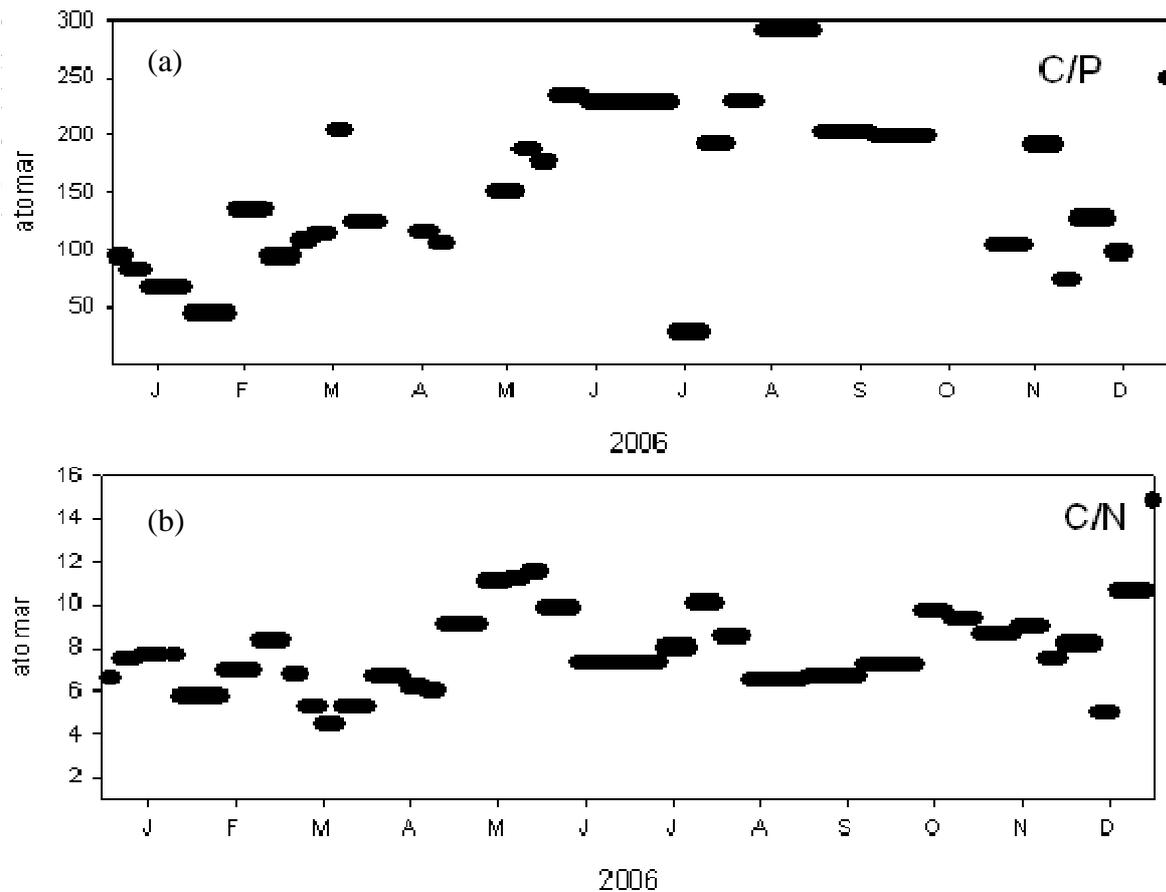


Abb. 12: Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Phosphor (a) und Kohlenstoff zu Stickstoff (b) in Partikeln im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2006.

Fig. 12: Atomic ratio between carbon and phosphorus (a) and carbon and nitrogen (b) in sedimenting particles at 180 m depth at station 271 in 2006.

3.1.4 Jahresgang der Chlorophyll a – Konzentration

Der Chlorophyll-Jahresgang entspricht etwa den bereits in Abb. 4-6 dargestellten Jahresgängen der Biomasse. Deshalb verzichten wir auf eine spezielle Darstellung des Chlorophyll-Jahresgangs und verweisen auf die tabellarische Aufstellung der Meßwerte in Tabelle 7.

Da während der März-Fahrt Probleme mit den Schöpfern auftraten, konnten einige Stationen im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes (Stat. 012, O22, 030, 109) nicht beprobt werden. Deshalb ist das typischen Frühjahrsmaximum in den Daten nicht sichtbar. Es wurden allerdings Oberflächenproben in der Kieler Bucht (Stat. 360), Lübecker Bucht (Stat. O22) und in der Mecklenburger Bucht (Stat. 011) genommen, die am 23./24.3.2007 eine kräftige Blüte anzeigten. Wegen des Fehlens einiger repräsentativer März-Werte verzichten wir auch in diesem Jahr auf die Errechnung eines Frühjahrs-Mittelwertes, so dass die bis 2005 regelmäßig fortgeschriebene Tabelle der Saisonmittelwerte nicht weitergeführt wurde. Die Problematik realistischer Daten aus Blütensituationen ist in Kapitel 4 diskutiert.

Tab. 7

Mittlere Konzentrationen von Chlorophyll *a* und Phaeopigment *a* (in mg m^{-3}) von 0 bis 10 m Tiefe oder (bei manchen Küstenstationen) von der Oberfläche (1 m).

)* Station O11 liegt in der Mecklenburger Bucht, nicht zu verwechseln mit der Station O11 vor Saßnitz.

Table 7

Average chlorophyll *a* and phaeopigment *a* concentration in the upper 10 m or (at some coastal stations) at the surface (1 m).

Station	Datum	Chl <i>a</i> (mg m^{-3})	Phaeo <i>a</i> (mg m^{-3})	Station	Datum	Chl <i>a</i> (mg m^{-3})	Phaeo <i>a</i> (mg m^{-3})
360	6.2.07	1.15	0.59	109	11.5.07	2.43	0.66
360	4.5.07	2.16	0.56	109	28.7.07	3.03	0.98
360	26.7.07	2.66	0.52	109	28.10.07	3.06	0.91
O22	7.2.07	2.15	0.68	213	9.2.07	0.83	0.27
O22	5.5.07	1.56	0.57	213	13.2.07	0.84	0.32
O22	27.7.07	2.77	0.73	213	27.3.07	2.60	0.38
12	7.2.07	1.38	0.68	213	31.3.07	7.22	0.99
12	14.2.07	0.58	0.87	213	7.5.07	1.61	0.25
12	5.5.07	1.64	0.46	213	10.5.07	2.38	0.37
12	12.5.07	3.44	1.22	213	29.7.07	2.26	0.47
12	27.7.07	2.40	0.72	213	3.8.07	2.82	0.66
12	4.8.07	3.04	0.78	213	29.10.07	2.20	0.91
12	26.10.07	4.47	1.31	213	2.11.07	2.88	1.07
12	3.11.07	4.89	1.31	259	10.2.07	0.96	0.19
46	7.2.07	1.20	0.58	259	31.3.07	2.78	0.27
46	14.2.07	1.12	0.54	259	7.5.07	3.43	0.50
46	25.3.07	6.11	1.10	259	30.7.07	3.05	0.56
46	5.5.07	1.08	0.28	259	30.10.07	3.16	1.00
46	12.5.07	2.62	0.75	271	11.2.07	0.53	0.16
46	27.7.07	2.82	0.84	271	29.3.07	2.31	0.40
46	4.8.07	3.18	0.83	271	8.5.07	3.21	0.54
46	27.10.07	2.13	0.78	271	31.7.07	3.60	0.52
46	2.11.07	4.41	1.13	271	30.10.07	4.70	0.90
30	7.2.07	0.81	0.29	Nur Oberflächenwerte:			
30	14.2.07	0.92	0.42	360	23.3.07	30.58	3.84
30	5.5.07	1.74	0.33	360	27.10.07	2.97	0.68
30	11.5.07	2.42	0.66	O22	24.3.07	22.97	2.29
30	27.7.07	3.19	0.91	O22	26.10.07	3.69	0.86
30	4.8.07	2.71	0.75	O11)*	23.3.07	35.78	1.34
30	27.10.07	2.40	0.58	O5	7.2.07	1.28	0.44
30	2.11.07	3.00	1.09	O5	5.5.07	0.62	0.20
113	8.2.07	0.97	0.34	O5	27.7.07	3.59	0.84
113	14.2.07	1.17	0.30	O5	26.10.07	1.47	0.72
113	27.3.07	2.04	0.28	O9	7.2.07	2.09	0.45
113	6.5.07	1.82	0.48	O9	5.5.07	2.63	0.46
113	11.5.07	3.10	0.69	O9	28.7.07	2.32	0.83
113	28.7.07	2.96	0.72	O9	27.10.07	4.14	0.78
113	4.8.07	2.49	0.54	O11	14.2.07	1.62	0.65
113	28.10.07	3.05	1.05	O11	11.5.07	3.38	0.97
113	2.11.07	2.62	0.73	O11	28.7.07	3.00	0.75
109	8.2.07	0.80	0.29	O11	28.10.07	8.07	1.09

3.1.5 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 enthalten als die einzelnen Arten, werden die Daten bei höheren taxonomischen Rängen robuster und repräsentativer. Bisherige Phytoplanktontrendauswertungen 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 bis auf weiteres verzichtet.

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 und von biogenem Silikat an. Auch die Silikatabnahme im Wasser hat ein gewisses Kieselalgenwachstum in diesen Seegebieten angezeigt. Im Jahre 2005 war Anfang April in der Bornholmsee eine deutliche Kieselalgenblüte aufgetreten, in der östlichen Gotlandsee in geringerer Ausprägung. Leider können zur Frühjahrsblüte 2006 keine fundierten Angaben gemacht werden. Die Daten von Anfang Mai aus der Bornholmsee zeigen jedoch an, dass eine Kieselalgenblüte stattgefunden haben muss (Abb. 5b). Auch die an Station 213 in 50 m Tiefe gefundene Konzentration von *Thalassiosira baltica* dürfte ein Überbleibsel einer Blüte sein. In der Gotlandsee war keine Kieselalgenentwicklung nachzuweisen.

Erstaunlich ist, dass gerade in der westlichen Ostsee, wo regelmäßig Frühjahrs-Kieselalgenblüten auftreten, bereits im Sommer wieder Kieselalgen zur Entwicklung kommen. Im Jahre 2006 war allerdings keine Sommer-Kieselalgenblüte nachzuweisen. 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 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.

Der bereits in Kapitel 4.1.4 erwähnte, in den jährlichen HELCOM-Indikatorreports vorgestellte „spring bloom intensity index“ zeigt für 2006 (wie schon für 2005) keine Blüte für die Arkonasee an, da als Kriterium für eine Blüte eine Chlorophyll a Konzentration $> 5 \text{ mg m}^{-3}$ angesetzt wurde, die nicht erreicht wurde (http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2006/en_GB/springbloom/). Diese Aussage erscheint uns allerdings als zweifelhaft, denn im Jahre 2005 fanden wir auf Station 109 sehr wohl eine Blüte mit einer Biomasse von über 4000 mg m^{-3} .

Während Cyanobakterienblüten in der Bornholmsee in den Jahren 2004 und 2005 ausgeblieben waren, konnten sie im Jahre 2006 wieder nachgewiesen werden. Eine besonders starke und lang anhaltende Cyanobakterienblüte zeigte sich in der westlichen Ostsee; sie breitete sich sogar bis in das Kattegat aus. Der „Cyanobacteria bloom index“ macht für das Jahr 2006 noch keine Angaben (http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2006/en_GB/CyanobacteriaBloom/).

3.1.6 Langzeittrend der Chlorophyll a – Konzentration

Wenn es nicht um die Artenzusammensetzung, sondern nur um die Gesamt-Biomasse des Phytoplanktons geht, dient die Chlorophyll-a-Konzentration als weit verbreiteter Proxy. Die im HELCOM-Monitoring gewonnenen Chlorophyll-a-Daten wurden zu Trendanalysen in den Periodischen Assessments benutzt (z.B. HELCOM 2002, S. 47) und auch in den biologischen Zustandseinschätzungen des IOW regelmäßig fortgeschrieben. Die Akquirierung neuerer Daten aus der ICES-Datenbank im Jahre 2006 machte neue Validierungen und eine Neubewertung nötig (WASMUND et al. 2006a). Bislang gefundene positive Trends in der eigentlichen Ostsee und negative Trends in der Mecklenburger Bucht (vgl. z.B. WASMUND und UHLIG 2003, WASMUND et al. 2004) verloren mit Hinzufügung aktuellerer Daten ihre Signifikanz (WASMUND et al. 2007).

Um die hohe Variabilität möglicherweise einzuschränken, haben WASMUND et al. (2006a), die Jahreszeiten separat betrachtet. Die Jahreszeiten wurden einfach nach Monaten definiert, wie das bereits von HELCOM (1996) vorgeschlagen wurde (Tabelle 8). Es ergaben sich nun deutliche Trends, die in den unterschiedlichen Jahreszeiten sogar sehr verschieden waren, unabhängig davon, ob sie auf Einzelwerten oder Saison-Mittelwerten basierten. Es zeigte sich, dass in erster Linie die Frühjahrswerte einen Trend zeigten, während die Sommerwerte im Langzeit-Verlauf recht gleichbleibend waren. Wir schreiben die Grafiken von WASMUND et al. (2006a) fort (Abb. 13).

Tab. 8

Definition der Jahreszeiten anhand der Monate nach HELCOM-Strategie.

Table 8

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

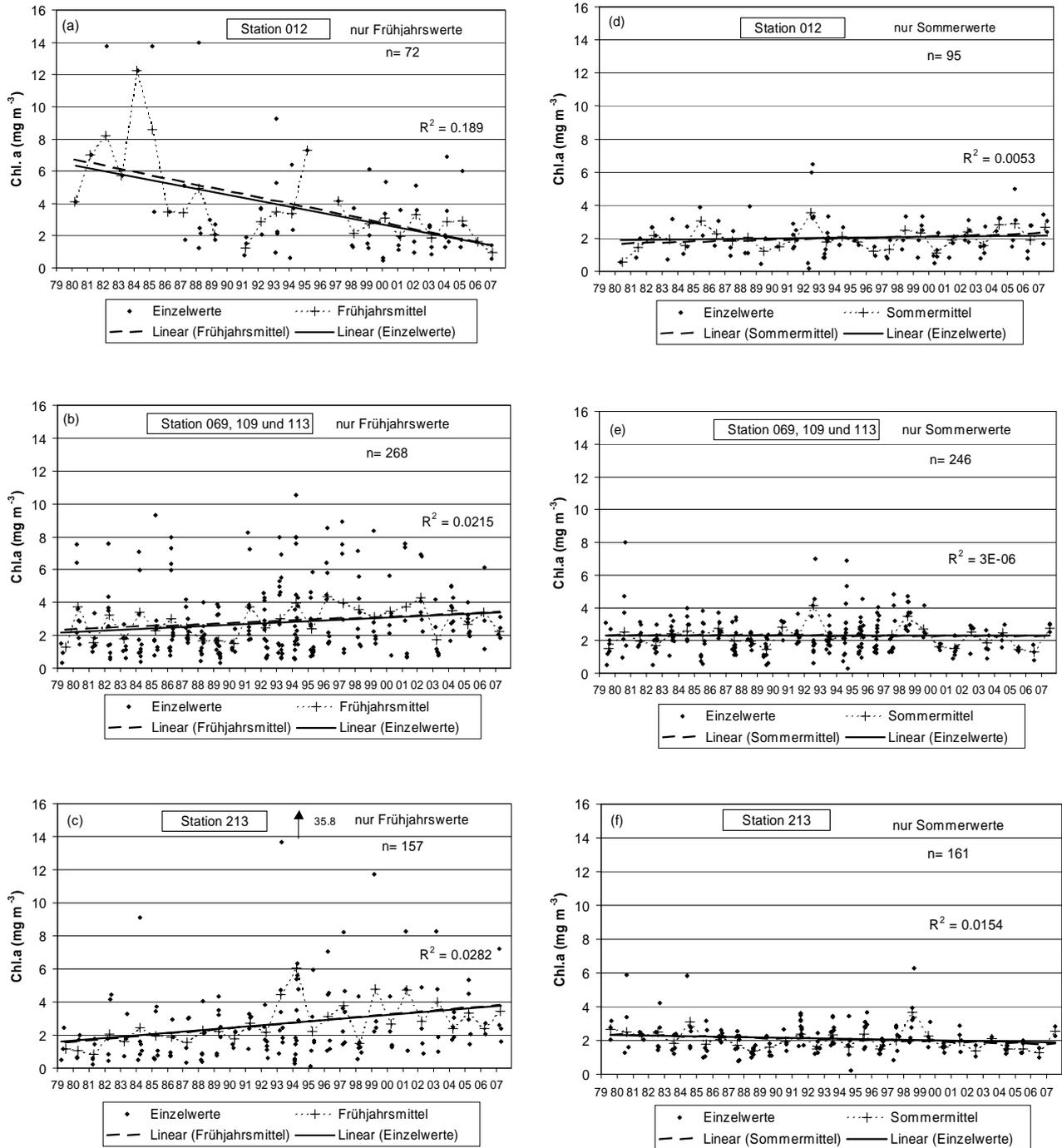


Abb. 13: Trends der Chlorophyll a-Konzentrationen (mittels linearer Regression), sowohl für Einzelwerte als auch Saison-Mittelwerte, für die Frühjahrswerte (a-c) und Sommerwerte (d-f) in der Mecklenburger Bucht (a,d), Arkonasee (b,e) und Bornholmsee (c,f); R^2 gilt für die Einzelwerte.

Fig. 13: 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); R^2 is based on the single data.

Die Frühjahrswerte zeigen in der Mecklenburger Bucht einen stark signifikanten Abfall, aber in der Arkonasee und in der Bornholmsee signifikante Anstiege. Die Sommerwerte ergaben keinen signifikanten Trend (vgl. Tab. 9). Es sind auch die Saisonmittel dargestellt und durch eine gestrichelte Linie verbunden. Die auf den Saisonmitteln basierende Trendgerade ist ebenfalls gestrichelt dargestellt; sie weicht kaum von der auf Einzelwerten basierenden Geraden ab.

Tab. 9

Korrelationskoeffizienten (r) der linearen Regression der Chlorophyll a -Daten (Einzelwerte; immer Mittelwerte aus 0-10 m Wassertiefe) der Jahre 1979-2007 für 4 ausgewählte Seegebiete. r kursiv gedruckt für Signifikanz bei $p=0.05$, fett gedruckt für Signifikanz bei $p=0.01$. Anzahl der Messwerte (n) ist der Abb. 13 zu entnehmen.

Table 9

Correlation coefficients (r) of the linear regression of all chlorophyll a data (single data, always averages of 0-10 m depth) in the period 1979-2007 for 4 selected sea areas. r in italics if significant for $p=0.05$, bold if significant for $p=0.01$. Number of data (n) is given in Fig. 13.

Stationen	Korrelationskoeffizient		
	Frühjahr	Sommer	Herbst
012	-0.435	0.073	0.173
069, 109 und 113	<i>0.147</i>	-0.010	0.065
213	<i>0.168</i>	-0.124	0.079
271	0.079	0.152	<i>0.268</i>

3.2 Mesozooplankton

3.2.1 Artenspektrum

Über die letzten neun Jahre betrachtet, wurden insgesamt 39 Taxa registriert, wobei die Anzahl in der zweiten Jahreshälfte etwas größer war, als in der ersten. 2007 wurde das Maximum im Juli beobachtet. Prinzipiell waren folgende Gruppen zu unterscheiden:

- Taxa, die im Vergleichszeitraum stets und ganzjährig präsent waren, wie *Acartia bifilosa*, *Acartia longiremis*, *Balanus improvisus*, Bivalvia – L, *Centropages hamatus*, *Oithona similis*, Polychaeta – L, *Pseudocalanus* spp., *Synchaeta* spp., und *Temora longicornis* (in alphabetischer Reihenfolge),
- Taxa, mit ausgeprägtem Jahresgang wie *Bosmina* spp. und einige meroplanktische Larven, (Gastropoda – L), sowie
- vereinzelte Exemplare marinen bzw. limnetischen Ursprungs, die je nach Ein- und Ausstromsituationen in den Proben anzutreffen waren oder nicht. Dazu gehörten *Calanus finmarchicus*, *Noctiluca scintillans*, sowie Echinodermata- und Malacostraca-Larven als marine Vertreter, wie auch Taxa limnischen Ursprungs wie *Limnocalanus macrurus* und *Keratella*-Arten. *Cyclops* spp., *Daphnia* spp. (limnetisch) bzw. Lophogastrida [syn.Mysidacea], *Paracalanaus parvus*, *Acartia discaudata* (marin) fehlten im Jahre 2007.

Schließlich gab es Gelegenheitsfunde, die vom Netz nicht quantitativ erfasst wurden, wie Ephyrastradien von *Aurelia aurita* und Cumacea.

Tab. 10 (siehe Seite 44):

Jahreszeitliche Präsenz der zwischen 1999 und 2007, von Kieler Bucht bis in die mittlere Gotlandsee identifizierten taxonomischen Gruppen des Mesozooplanktons (L = Larven). Die vorletzte Zeile enthält die Monatssumme, die letzte Zeile, die Abweichung vom Jahresmittel der monatlichen Summe (23 Taxa).

Table 10 (see page 44):

Seasonal presence of mesozooplankton taxa from Kiel Bight to central Gotland Sea between 1999 and 2007 (L = larvae). The row before the last row includes the total number of taxa per month, the last column includes the deviation from the annual mean of the monthly sum of (23) taxa.

3.2.2 Situation im östlichen Gotlandbecken nach den Salzwassereinbrüchen von 2003

Nach den hydrographischen Ergebnissen zu urteilen, gab es 2007 mehrere kleinere Einstromereignisse in der Ostsee, im Januar, März, Juni/Juli und im August/September sowie November (Nausch et al., 2008). Im östlichen Gotlandbecken wurden unterhalb von 180 m Tiefe in den Monaten Januar und März Einschübe von über 6 °C warmen Wassers beobachtet, wodurch sich die Sauerstoffsituation kurzzeitig verbesserte. Bereits im Herbst wurden wieder hohe Schwefelwasserstoffwerte gefunden. Ende 2007 war im Bereich des Gotlandtiefs die Wassersäule zwischen 140 m und dem Boden anoxisch (Nausch et al., 2008).

Diese Verhältnisse spiegelten sich auch bei den Indikatorarten des Zooplanktons wider. Nachdem die Abundanz der in der Nordsee heimischen Strudelwürmer *Alaurina composita* nach dem stärkeren Salzwassereinstrom im Jahre 2003 mit maximal 10300 Ind./m³ einen Höhepunkt im Ostseeraum (Kieler Bucht) erreicht hatte, ging sie im Jahre 2005 auf die übliche Konzentration von maximal 2200 Ind./m³ zurück, im Jahr 2006 erniedrigte sich dieser Wert weiter auf 545 Ind./m³ und im Berichtsjahr 2007 stieg die Konzentration auf 1847 Ind./m³ (Station 259, 0 - 40m, 30.10.). Auf der Station 271 lagen die Abundanzen etwas höher als im Jahre 2006 (401 Ind./m³, 40 - 0m sowie 9 Ind./m³, 130 - 70 m).

Das Ausbleiben starker Einstromereignisse betraf 2007 auch den zweiten Indikator, die Abundanz des marinen Cyclopoiden *Oithona similis* unterhalb der Haloklinen im Gotlandtief. Hier wurde gegenüber den höchsten Werten, die seit Beginn der Untersuchungen in den Jahren 2004/2005 zu beobachten waren, eine zehnfache Reduktion verzeichnet (Abb. 14). Damit lag die Abundanz von *Oithona similis* wieder im gewohnten Bereich von weniger als 100 Ind./m³. Zu einem völligen Ausfall, wie in den späten achtziger Jahren, ist es zurzeit noch nicht gekommen.

3.2.3 Zooplankton-Abundanzrückgang seit Anfang der neunziger Jahre

Der Rückgang in der Gesamtabundanz des Mesozooplanktons gegenüber der Periode in den frühen 90er Jahren hat sich in der Tendenz fortgesetzt. (Tab. 12, Abb. 15). Er wurde besonders durch die fallende Tendenz im Bereich der Rotatorien verursacht. Ihre Abundanz-Maxima verringerten sich 2006 gegenüber den Zahlen zu Beginn der neunziger Jahre um fast zwei Größenordnungen. Das kann als Indiz für eine rückläufige Eutrophierung in der offenen Ostsee angesehen werden, denn gerade Rotatorien werden als Indikator für diesen Effekt benutzt (z.B. Ekdahl et al., 2004).

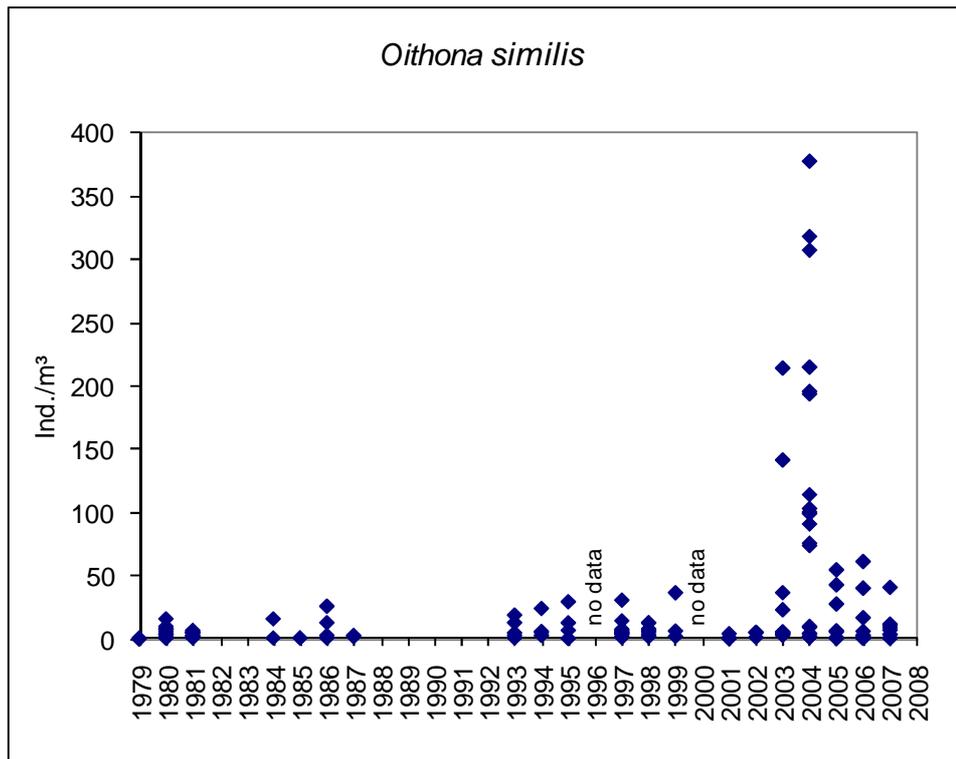


Abb. 14: *Oithona similis* - Abundanz unterhalb der Haloklinen des Gotlandtiefs zwischen 1979 und 2007 als Indikator für biotische bzw. abiotische Phasen im Tiefenwasser

Fig. 14: *Oithona similis* abundance below the halocline as an indication of the shift between abiotic and abiotic phases in deep water east of Gotland Island between 1979 and 2007

Gleichzeitig reduzierte sich jedoch auch die maximale Copepoden – Abundanz. 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 entsprach im Vergleich zu Beginn der neunziger Jahre einer Halbierung. Im Jahre 2006 halbierte sich die Konzentration erneut (12000 Ind./m³) und blieb im Jahre 2007 mit 15700 Ind./m³ nahezu auf diesem Niveau.

Die Schwankungen im Bereich der calanoiden Copepoden betrafen in den letzten 28 Jahren nicht alle Taxa gleichermaßen. Während speziell die großen Vertreter (*Pseudocalanus* spp.) eine Rückgang verzeichneten, nahm die kleinere Art *Temora longicornis* zu. Acartia-Arten nahmen in der Summe zunächst zu und schließlich wieder ab. Ursachen dafür müssen in der quantitativen Veränderung im Nahrungsnetz gesehen werden, die sowohl durch natürliche Ursachen, wie Änderungen in Salzgehalt und Temperatur, als auch durch anthropogen bedingte Effekte, wie wechselnder Eutrophierungsgrad und selektive Fischereitätigkeit (z.B. Möllmann et al., 2005, Hansson et al., 2007, Postel, in Vorb.). Tabelle 11 zeigt die interspezifischen Unterschiede in den letzten sieben Jahren im Vergleich zu 1995. Der im Jahre 2006 verzeichnete Rückgang in der Summe hat sich demnach 2007 nicht wiederholt.

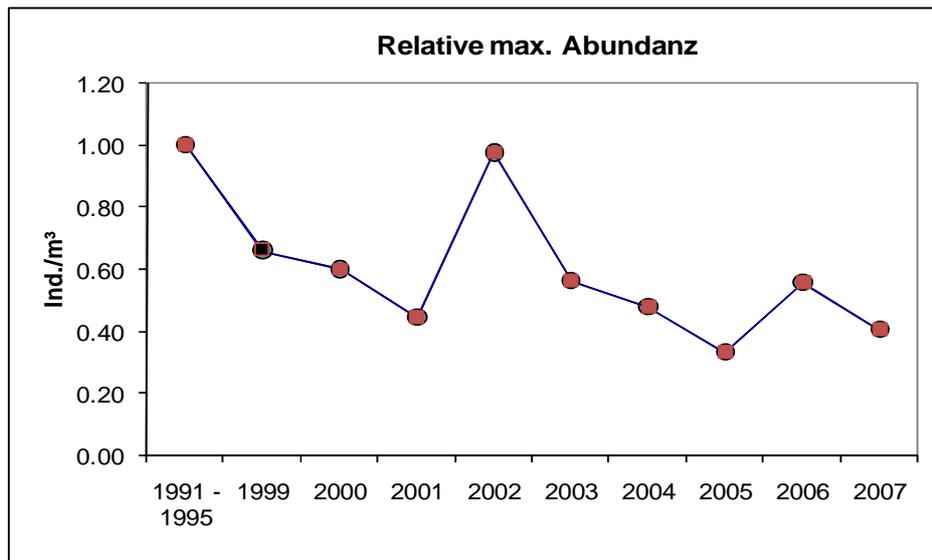


Abb. 15: Relativer Rückgang in der Summe der Abundanzmaxima von fünf holo- und drei meroplanktischen Gruppen (Tab. 11) seit der Beginn der neunziger Jahre (1991-1995 = 1)

Fig. 15: Relative decrease in total abundance maxima of five holo- and three meroplanktonic taxa (Tab. 11) since the beginning of the nineties of the last century (1991-1995 = 1)

Tab. 11:

Maximale Abundanz von fünf holo- und drei meroplanktischen Gruppen aus allen, im Jahre 2007 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 2007 mit derjenigen des Vergleichszeitraumes von 1991–95. Die unterste Zeile enthält die jährliche maximale Wassertemperatur in der östlichen Gotlandsee. Die höchsten Abundanzen je Taxon wurden durch Fettdruck hervorgehoben.

Tab. 11:

Abundance maximum of five holoplanktic and three meroplanktic taxa of all samples collected in 2007 in comparison to the previous 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 in the eastern Gotland Sea are shown in the last row. Largest concentrations are printed in bold.

Taxa	Maximale Abundanz (Ind. /m³)									
	1991-1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Rotatoria	500 000	101 500	350 000	135 000	124 000	152 700	264 000	92 500	6 100	166 600
Cladocera	245 000	357 900	60 000	130 000	564 600	116 600	7 200	55 638	375 600	32 200
Calanoida	68 000	24 800	30 400	25 900	31 600	30 400	24 940	36 600	12 000	26 500
Cyclopoida	14 000	8 533	8 000	9 500	4 700	35 300	22 800	15 935	2 300	6 300
Appendicularia	8 000	4 700	3 500	12 000	13 800	8 300	8 900	7 540	9 050	4 200
Polychaeta - Larven	5 000	3 500	3 000	2 000	3 900	53 800	17600	38 274	5 700	53 300
Bivalvia - Larven	4 000	10 200	9 000	28 000	12 100	37 300	24500	8 459	19 400	24 600
Gastropoda - Larven	500	900	800	1 300	2 200	2 000	900	2 398	1 100	900
Relative Summe	1	0.61	0.55	0.41	0.89	0.52	0.44	0.31	0.51	0.39
T max [°C]	21.7	21.1	17.7	20.7	20.0	20.8	15.7	17.0	18.7	14.8

Tab. 12:

Maximale Abundanz von sieben calanoiden Copepoden-Gattungen bzw. -Arten aus allen im Jahre 2007 gewonnenen Proben im Vergleich mit den Situationen aus den Jahren 1995 und ab 2000

Tab. 12:

Maximum abundance of seven calanoid copepods species and genera, respectively from all samples of 2007 in comparison to 1995 and to the period beginning with 2000

Calanoide Copepoden (C6-Stadien)	Maximale Abundanz [Individuen / m ³]								
	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Acartia tonsa</i>	11 000	2 000	2 000	3 400	2 100	340	2 600	200	900
<i>Acartia bifilosa</i>	6 500	4 100	9 100	10 900	8 700	2 000	3 000	2 100	1 700
<i>Acartia longiremis</i>	5 000	5 500	4 000	3 500	1 300	4 600	12 400	2 800	13 000
<i>Temora longicornis</i>	4 000	12 000	4 500	9 300	8 200	4 500	11 800	2 000	8 700
<i>Centropages hamatus</i>	1 500	3 000	1 600	2 000	6 200	12 000	3 300	2 000	1 400
<i>Pseudocalanus</i> spp.	1 000	3 600	3 300	1 200	3 300	1 100	3 200	2 500	800
<i>Eurytemora affinis</i>	100	200	1 400	1 300	600	400	250	400	140
Summe	29 100	30 400	25 900	31 600	30 400	24 940	36 600	12 000	26 640

3.2.4 *Bosmina* spp. – Nahrungs-Bestandteil kleiner pelagischer Schwarmfische

Aufgrund der niedrigen Sommertemperaturen in der zentralen Ostsee von knapp 15°C blieb die maximale *Bosmina* spp. Konzentration mit 32.000 Ind./m³ gegenüber dem Vorjahr um das Zehnfache unter dem Vorjahreswert. Es war die zweitniedrigste Konzentration seit 1991. Sie wurde nur 2004 durch ein damals vermehrtes Aufkommen des räuberischen Neozoen *Cercopages pengoi* unterboten, wie durch Untersuchungen mittels Sedimentfalle feststellbar war.

Abbildung 16 enthält die temperaturabhängige Abundanz – Optimumskurve, wie sie nach Flößner, (1972) zu erwarten ist, mit einem Maximum bei 20°C. Die zwei Abweichungen davon (s. Kreis) bei 20,7°C (2001) und bei 20,8°C (2003) wurden bereits in Wasmund et al. (2007) als Räuber-Beute-Effekt zwischen der herbivoren Gattung *Bosmina* spp. und carnivoren Art *Cercopages pengoi* diskutiert.

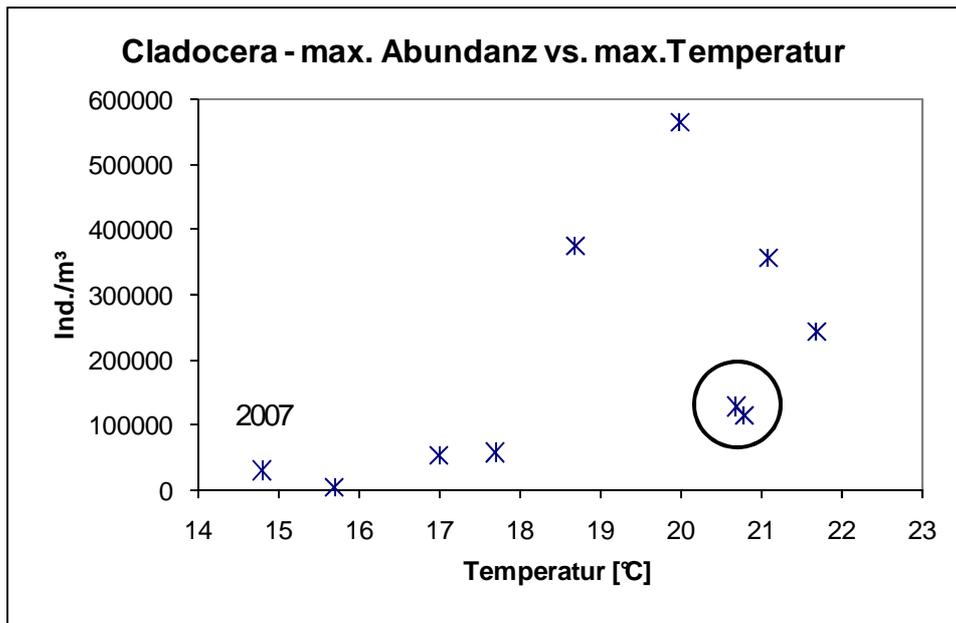


Abb. 16: Maxima der Cladoceren – Abundanz zwischen 1999 und 2007 im Vergleich zur jährlichen maximalen Wassertemperatur

Fig. 16: Maxima of the abundance of cladocerans between 1999 and 2007 in comparison to the annual maximum sea temperature

3.2.5 *Mnemiopsis leidyi* – die neue Rippenqualle in der Ostsee

Im Sommer 2006 wurde das Auftreten der Rippenqualle *Mnemiopsis leidyi* erstmals in der Ostsee dokumentiert. Als fünfter Vertreter dieses Tierstammes in der Region erregte sie bereits kurz nach den ersten Funden große Aufmerksamkeit, da die Art aufgrund ihrer räuberischen Ernährungsweise und ihres großen Vermehrungspotentials eine bedeutende Rolle im pelagischen Nahrungsnetz spielen kann. *M. leidyi* überwinterte in der Kieler Bucht und in der Mecklenburger Bucht mit bis zu 5 Ind./m³ sowie unterhalb der Haloklinen in der eigentlichen Ostsee mit < 1 Ind./m³. Bereits im Januar 2007 wurde ihre Reproduktion beobachtet (Kube et al., 2007a). Nach einer Pause traten ab Juni/Juli wieder häufiger juvenile Stadien in der westlichen Ostsee auf. Die Ausbreitung wurde 2007 von finnischen Forschern bis in die Bottnischen und Finnischen Meerbusen dokumentiert. Desweiteren war ein Abundanz- Gradient festzustellen, mit höheren Werten in der Kieler Bucht und mit um ein bis zwei Größenordnungen geringeren Konzentrationen östlich der Darßer Schwelle. Die maximalen Abundanzen wurden vom IfM-GEOMAR mit 500 Ind./m³ im Juni in der Kieler Bucht registriert. Diese Zahlen entsprachen den Konzentrationen sowohl im Herkunftsgebiet vor Nordamerika als auch im Schwarzen Meer während der 80-er Jahre. Die Tiere hier waren jedoch im Vergleich zu denen im Schwarzen Meer um das Dreifache kleiner, was der Literatur zufolge ein geringeres Reproduktionspotential zur Folge hat. Grundsätzlich ist die weitere Beobachtung von Ausbreitung und Bestandsentwicklung in Nordeuropäischen Gewässern erforderlich (Kube et al., 2007b, Postel and Kube, 2008).

3.3 Makrozoobenthos

Im Oktober 2007 wurden an 9 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 wurden Sedimentproben zur Analyse der Korngröße und des organischen Gehaltes genommen. Mit 133 war die Artenzahl im Vergleich zu den Jahren 1991 bis 2006 sehr hoch (WASMUND et al. 2006a, 2007) (Tab. 13, Abb. 17). Allerdings muss betont werden, dass 2 zusätzliche Stationen mit ins Programm aufgenommen wurden (siehe Kap. 2.5). Die Station 360 in der Kieler Bucht stellte sich erwartungsgemäß als die artenreichste im gesamten Untersuchungsgebiet heraus. 77 Taxa konnten dort nachgewiesen werden. Nach den verheerenden Bestandseinbußen und Artenrückgängen im Jahre 2002 hatte sich insbesondere die Fauna an den Stationen 010 (Fehmarnbelt) und 012 (Mecklenburger Bucht) in den darauffolgenden Jahren (mit Ausnahme von 2005) deutlich erholt.

Tab. 13: Verbreitung des Makrozoobenthos an den 9 Stationen im Oktober 2007.

Table 13: Distribution of macrozoobenthos at 9 stations in November 2007.

Taxa	360	010	012	018	030	109	152	160	213
PORIFERA									
<i>Haliclona limbata</i>		X							
<i>Haliclona oculata</i>	X								
<i>Halisarca dujardini</i>	X								
<i>Leucosolenia</i> sp.	X								
CNIDARIA									
<i>Edwardsia danica</i>				X					
<i>Halitholus yoldia-arcticae</i>			X				X		
<i>Hartlaubella gelatinosa</i>	X	X			X				
<i>Opercularella lacerata</i>	X								
<i>Sertularia cupressina</i>		X							
PRIAPULIDA									
<i>Halicryptus spinulosus</i>					X		X		
<i>Priapulus caudatus</i>		X							
PLATHELMINTHES									
<i>Turbellaria</i> indet.	X				X			X	
NEMATHELMINTHES									
<i>Cyanophthalma obscura</i>					X				
<i>Lineus ruber</i>				X	X				
<i>Malacobdella grossa</i>	X	X		X					
Nemertini indet.	X	X	X	X	X				
PHORONIDA									
<i>Phoronis</i> sp.	X								
MOLLUSCA									
<i>Abra alba</i>	X	X	X	X					

<i>Aporrhais pespelicani</i>	X								
<i>Arctica islandica</i>	X	X	X	X	X	X			
<i>Astarte borealis</i>	X			X	X				
<i>Astarte elliptica</i>	X	X							
<i>Astarte montagui</i>	X				X				
<i>Buccinum undatum</i>	X	X							
<i>Cadlina laevis</i>	X								
<i>Cerastoderma glaucum</i>					X			X	
<i>Corbula gibba</i>	X	X	X	X	X				
<i>Facelina bostoniensis</i>	X			X					
<i>Hiatella arctica</i>	X				X				
<i>Hydrobia ulvae</i>					X			X	
<i>Macoma balthica</i>		X			X	X	X	X	
<i>Macoma calcarea</i>	X								
<i>Modiolarca subpicta</i>	X			X					
<i>Mya arenaria</i>					X		X	X	
<i>Mya truncata</i>	X								
<i>Mysella bidentata</i>	X	X	X	X	X				
<i>Mytilus edulis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Parvicardium ovale</i>	X		X	X					
<i>Phaxas pellucidus</i>	X	X	X						
<i>Philine aperta</i>	X	X	X	X	X				
<i>Retusa obtusa</i>		X							
<i>Retusa truncatula</i>		X			X				
<i>Stiliger vesiculosus</i>							X		
ANNELIDA									
<i>Heterochaeta costata</i>					X		X	X	
<i>Nais elinguis</i>							X	X	
<i>Oligochaeta indet.</i>				X					
<i>Tubificoides benedii</i>				X	X		X	X	
<i>Ampharete acutifrons</i>			X						
<i>Ampharete baltica</i>	X	X	X	X	X				
<i>Aricidea suecica</i>	X	X			X				
<i>Bylgides sarsi</i>	X	X	X	X	X		X		
<i>Capitella capitata</i>		X			X				
<i>Chaetozone setosa</i>	X								
<i>Dipolydora quadrilobata</i>		X	X						
<i>Eteone longa</i>					X				
<i>Euchone papillosa</i>		X	X	X					
<i>Eulalia bilineata</i>	X					X			
<i>Eumida sanguinea</i>	X								
<i>Fabricia stellaris</i>							X		

<i>Flabelligera affinis</i>	X				X				
<i>Harmothoe imbricata</i>	X	X		X	X				
<i>Harmothoe impar</i>	X	X							
<i>Hediste diversicolor</i>							X	X	
<i>Heteromastus filiformis</i>		X	X		X	X			
<i>Lagis koreni</i>	X	X	X	X					
<i>Laonome kroeyeri</i>	X								
<i>Lepidonotus squamatus</i>	X	X		X	X				
<i>Marenzelleria neglecta</i>								X	
<i>Marenzelleria viridis</i>					X				
<i>Myriochele oculata</i>	X								
<i>Neanthes succinea</i>		X		X	X		X	x	
<i>Nephtys caeca</i>	X								
<i>Nephtys ciliata</i>	X	X	X	X		X			
<i>Nephtys hombergii</i>	X	X	X	X	X				
<i>Nereimyra punctata</i>	X	X		X					
<i>Pherusa plumosa</i>	X	X							
<i>Pholoe assimilis</i>	X	X	X	X		X			
<i>Pholoe baltica</i>	X	X	X	X					
<i>Pholoe inornata</i>	X								
<i>Phyllodoce maculata</i>	X	X							
<i>Phyllodoce mucosa</i>	X	X	X	X					
<i>Polydora ciliata</i>	X		X	X					
<i>Polydora cornuta</i>	X		X	X	X		X		
<i>Pseudopolydora pulchra</i>	X								
<i>Pygospio elegans</i>				X	X		X	x	
<i>Scalibregma inflatum</i>	X	X		X					
<i>Scoloplos armiger</i>	X	X		X	X	X	X		
<i>Spio filicornis</i>	X			X					
<i>Spio gonocephala</i>					X				
<i>Streblospio dekhuyzenii</i>		X							
<i>Terebellides stroemil</i>	X	X	X	X					
<i>Travisia forbesii</i>					X				
<i>Trochochaeta multisetosa</i>			X	X		X			
CRUSTACEA									
<i>Balanus crenatus</i>		X					X		
<i>Balanus improvisus</i>				X				X	
<i>Caprella septentrionalis</i>	X								
<i>Corophium crassicorne</i>	X				X				
<i>Corophium insidiosum</i>				X					
<i>Crangon crangon</i>	X	X		X	X		X	X	
<i>Diastylis rathkei</i>	X	X	X	X	X		X		

<i>Gammarus oceanicus</i>							X	X	
<i>Gammarus salinus</i>					X			X	
<i>Gammarus zaddachi</i>					X		X	X	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	X				X				
<i>Idotea chelipes</i>								X	
<i>Jaera albifrons</i>							X		
<i>Melita palmata</i>								X	
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	X			X					
<i>Monoporeia affinis</i>							X		
<i>Mysis mixta</i>				X	X				
<i>Neomysis integer</i>					X	X	X		
<i>Phtisica marina</i>	X								
<i>Pontoporeia femorata</i>			X						
<i>Praunus inermis</i>	X	X							
<i>Praunus flexuosus</i>								X	
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>								X	
<i>Saduria entomon</i>							X		
ARACHNIDA									
Halacaridae indet.							X		
PYCNOGONIDA									
<i>Callipallene brevirostris</i>	X				X				
<i>Nymphon brevirostre</i>		X		X					
BRYOZOA									
<i>Alcyonidium polyoum</i>	X			X	X		X		
<i>Callopora lineata</i>	X	X		X					
<i>Cribrillina punctata</i>	X								
<i>Electra crustulenta</i>		X		X	X		X	X	
<i>Electra pilosa</i>		X		X					
<i>Eucratea loricata</i>	X	X		X					
<i>Farrella repens</i>	X	X		X		X			
<i>Flustra foliacea</i>		X							
ECHINODERMATA									
<i>Asterias rubens</i>	X	X	X	X					
<i>Ophiura albida</i>	X	X	X	X	X	X			
TUNICATA									
<i>Ciona intestinalis</i>	X								
<i>Dendrodoa grossularia</i>	X	X							
<i>Molgula manhattensis</i>	X				X				
Summe 133 Taxa	77	56	30	52	51	12	28	23	0
Abundanz (Ind./m²)	2196	1802	2510	2756	3212	110	4492	6769	0
Biomasse (g AFTM/m²)	132,4	46,0	47,8	34,4	17,0	0,9	8,6	10,2	0,0

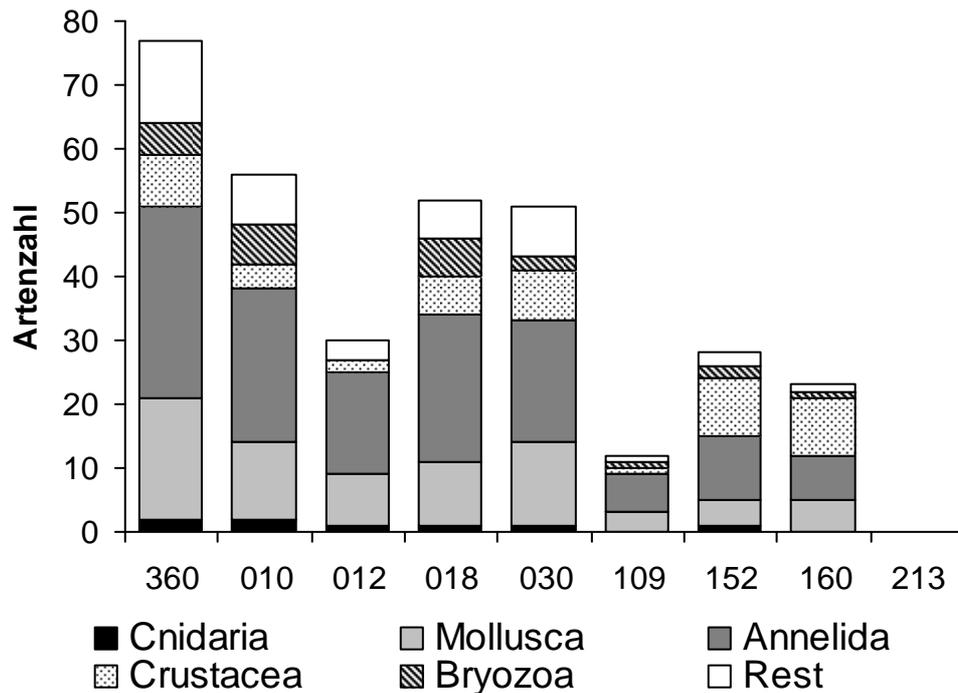


Abb. 17: Zusammenfassung der Artenzahlen differenziert nach höheren taxonomischen Gruppen an den 9 untersuchten Stationen im Oktober 2007. Die Stationen sind von West (Kieler Bucht=360) nach Ost (Bornholmsee=213) aufgetragen.

Fig. 17: The species number differentiated in higher taxonomical groups at 9 monitoring stations in October 2007. The stations are drawn from west (Kiel Bight=360) to east (Bornholm Sea=213).]

Durch den Salzgehaltsgradienten von West nach Ost bedingt wurden die höchsten Artenzahlen von der Kieler Bucht (Stn. 360), über den Fehmarnbelt (Stn. 010), über die Mecklenburger Bucht (018) bis zur Darßer Schwelle (030) festgestellt (Abb. 17). Die Becken der Mecklenburger Bucht (012) und der Arkonasee (109) sind reine Schlickgebiete und erwartungsgemäß relativ gering besiedelt. Die Bereiche im Osten (Pommernbucht, Stn. 152 und 160) zeigten durch den natürlicherweise geringeren Salzgehalt ein reduziertes Artenspektrum. In der Bornholmsee (Stn. 213) wurden keine makrozoobenthischen Organismen festgestellt.

Insgesamt stellte sich die Gruppe der Annelida (Polychaeta und Oligochaeta) mit 50 Taxa als die artenreichste heraus (Abb. 18). Weitere artenreiche Gruppen waren die Mollusca (26), Crustacea (24), Cnidaria (5) und Bryozoa (8).

Mit abnehmenden Salzgehalt von West nach Ost nahm die Abundanz an den Stationen deutlich zu (Abb. 19). Während in der Kieler Bucht nur etwa 2000 Ind./m² beobachtet wurden lag die Dichte in der Pommernbucht bei 7000 Ind./m². Die dominanten Arten an den Stationen waren jeweils verschieden. Während an der Station 360 der Cumacee *Diastylis rathkei* (1068 Ind./m²) und der Polychaet *Lagis koreni* (235 Ind./m²) über 50 % der Dichte ausmachten, waren in der Pommernbucht (Stn. 160) die Wattschnecke *Hydrobia ulvae* (2276 Ind./m²) und die Muschel *Cerastoderma glaucum* (1238 Ind./m²) für die hohen Abundanzen verantwortlich.

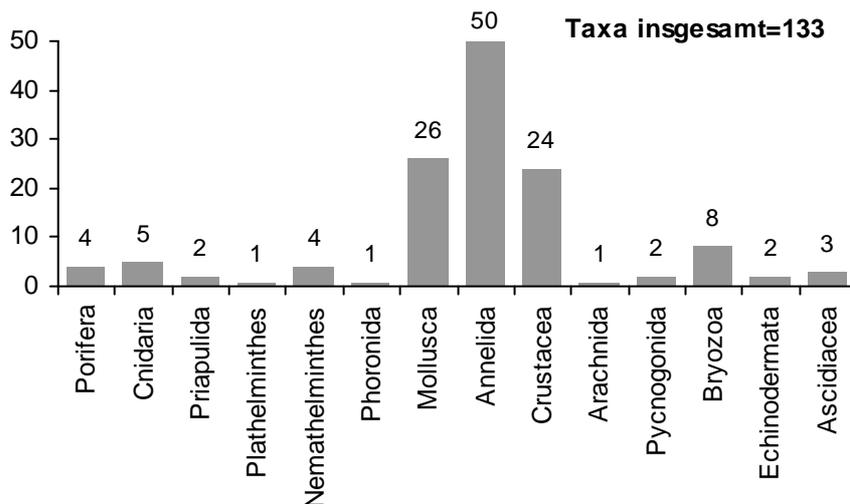


Abb. 18: Taxonomische Aufschlüsselung aller Makrozoobenthos-Vertreter, die während des Monitorings im Oktober 2007 an den 9 Stationen gefunden wurden.

Fig. 18: Taxonomical classification of macrozoobenthos at 9 monitoring station in October 2007.

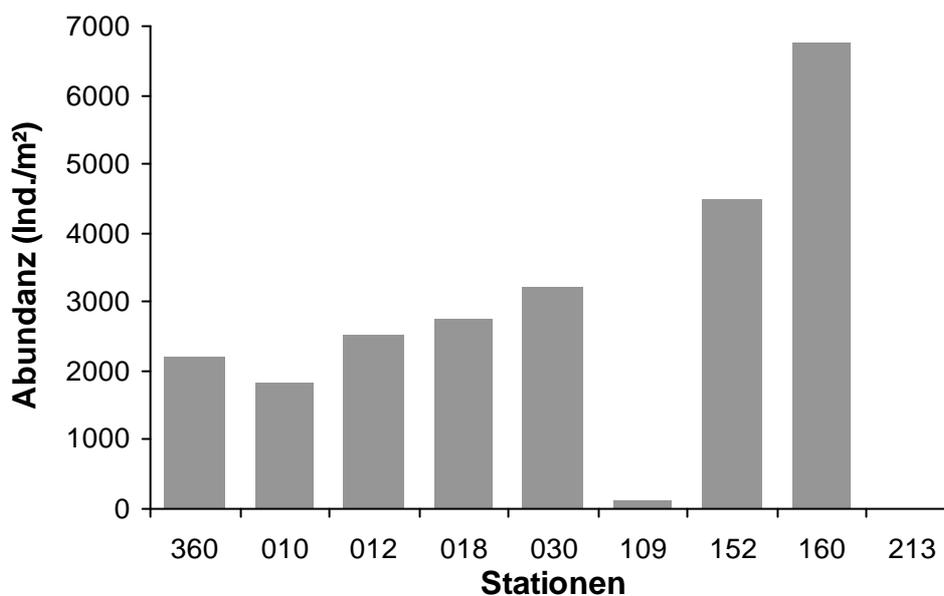


Abb. 19: Gesamtabundanzen des Makrozoobenthos an 9 Monitoring-Stationen im Oktober 2007.

Fig. 19: Total abundances of macrozoobenthos at 9 monitoring stations in October 2007.

Im Fehmarnbelt (010) und der südlichen Mecklenburger Bucht (018) wurden ebenfalls *Diastylis rathkei* (330 Ind./m² bzw. 966 Ind./m²), in der Mecklenburger Bucht (012) die Kleine Pfeffermuschel *Abra alba* (1217 Ind./m²), an der Darßer Schwelle (030) die Sandklaffmuschel *Mya arenaria* (1330 Ind./m²) und in der nördlichen Pommernbucht (152) der Polychaet *Pygospio elegans* (3225 Ind./m²) dominant angetroffen. Die zentrale Arkonasee (109) wies eine verarmte Makrofauna auf. Die Baltische Plattmuschel *Macoma balthica* (35 Ind./m²) und der Polychaet *Nephtys ciliata* (44 Ind./m²) dominierten.

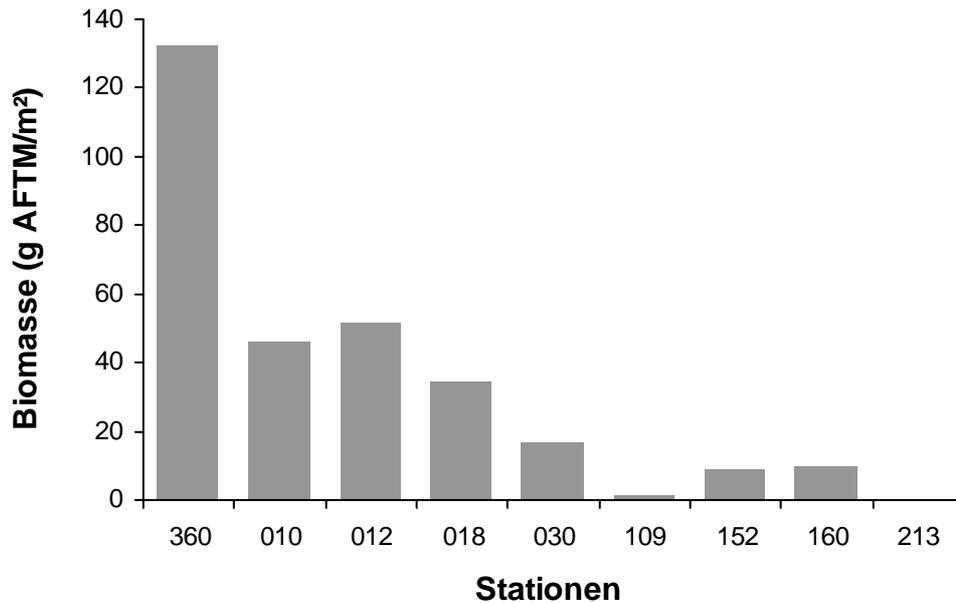


Abb. 20: Geamtbiomassen (Aschefreie Trockenmasse) des Makrozoobenthos an 9 Monitoring-Stationen im Oktober 2007.

Fig. 20: Total biomasses (ash free dry weight) of macrozoobenthos at 9 monitoring stations in October 2007.

Die größten Biomasse wurden an den Stationen in der Kieler Bucht (360) bzw. im Fehmarnbelt (010) sowie in der Mecklenburger Bucht (012 und 018) beobachtet (Abb. 20). Bis über 90 % wurden durch die Reliktmuschel *Astarte borealis* und die Islandmuschel *Arctica islandica* gestellt. An der Darßer Schwelle (030) wurde die Biomasse durch die Muscheln *Astarte borealis*, *Macoma balthica* und *Mya arenaria* dominiert. Weiter östlich in der Pommernbucht spielten dann hauptsächlich die beiden Letzteren eine Rolle. In der Arkonasee stellten *Macoma balthica* und *Nephtys ciliata* 98 % der Biomasse.

Kieler Bucht (360)

Diese Station wurde zum zweiten mal im Monitoringprogramm des IOW angefahren, um die Messnetzdichte innerhalb der AWZ im Monitoringprogramm für das BSH bzw. die HELCOM zu erhöhen (Abb. 21). Mit 77 Arten stellte sich die Station 360 als besonders artenreich dar (siehe auch Abb. 17). Die mit abfallender Anbundanz 3 häufigsten Arten waren der Cumacee *Diastylis rathkei* (1068 Ind./m²), der Polychaet *Lagis koreni* (235 Ind./m²) und die Reliktmuschel *Astarte borealis* (126 Ind./m²). Die Biomasse wurde von den Muscheln (*Arctica islandica*, *Astarte borealis* sowie *Mya truncata*) dominiert. Besonders hervorzuheben sind die für die Ostsee seltenen bzw. Rote-Liste-Arten: die Schnecke *Aporrhais pespelecani*, die Muscheln *Astarte borealis*, *A. elliptica* und *A. montagui*, der Polychaet *Scalibregma inflatum* und die Seescheiden *Ciona intestinalis* und *Molgula manhattensis*.

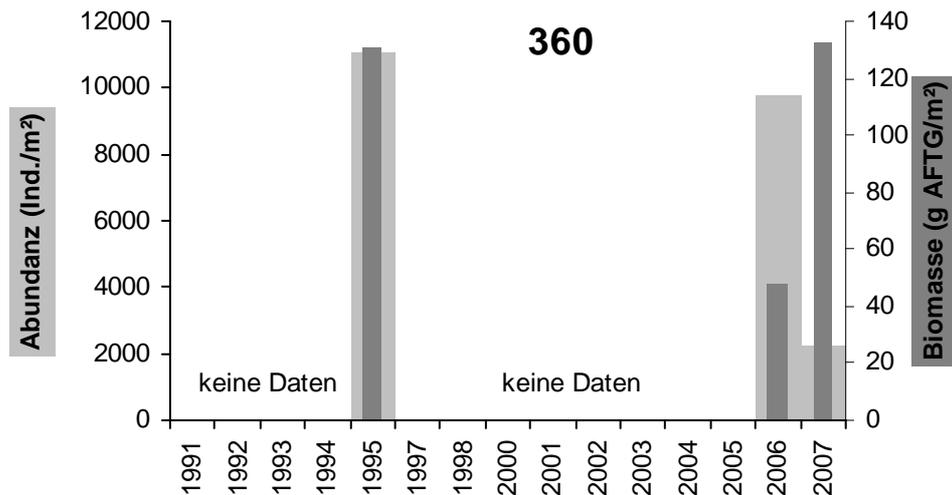


Abb. 21: Entwicklung der Abundanz und Biomasse in der Kieler Bucht (Stn. 360) von 1995 bis 2007. Nur für 1995, 2006 und 2007 sind Daten verfügbar.

Fig. 21: Development of abundance and biomass in the Kiel Bight (stn. 360) from 1995 to 2007. Only for 1995, 2006 and 2007 data are available.

Fehmarnbelt (010)

Bis 2001 wurde eine stetige Artenzunahme beobachtet, die durch den Sauerstoffmangel im Jahr 2002 unterbrochen wurde (Abb. 22). 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. Im Jahr 2007 wurde die Biomasse durch das dominante Auftreten von *Ophiura albida* und durch das Enthalten von adulten Islandmuscheln (*Arctica islandica*) deutlich nach oben gehoben. Neben einer Anzahl von Jungtieren waren auch Tiere bis zu Größen von 50 mm enthalten. Besonders hervorzuheben sind die für die Ostsee seltenen bzw. Rote-Liste-Arten: die Schnecke *Buccinum undatum*, die Polychaeten *Euchone papillosa* und *Scalibregma inflatum* und die Seescheide *Dendrodoa grossularia*.

Zentrale Mecklenburger Bucht (012)

Der kontinuierliche Trend bei der Zunahme der Artenzahl wurde durch die Sauerstoffmangelereignisse in den Jahren 2002 und 2005 unterbrochen (Abb. 23). 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 und 2006 die Dichten um etwa 90 % niedriger. 2007 konnten erstmals seit 2001 wieder Werte über 2000 Ind./m² beobachtet werden. Mit über 50 g AFTM/m² wurden die höchsten Biomassen gemessen. Auch hier dominierten einzelne *Arctica islandica* die Biomasse. Die im November 2006 vermehrt aufgetretenen Jungtiere konnten im Oktober 2007 nicht mehr beobachtet werden.

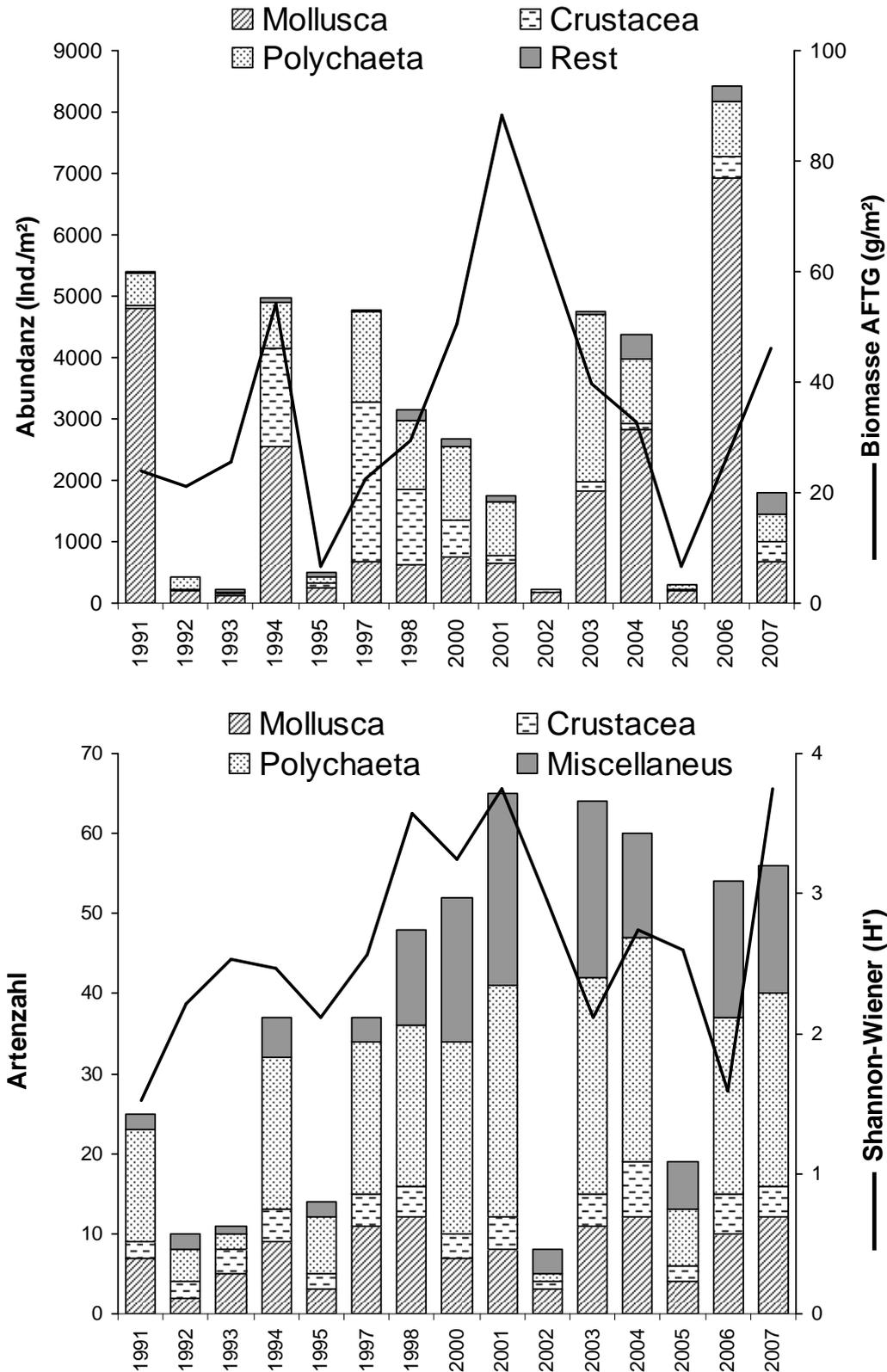


Abb. 22: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' im Fehmarnbelt (Stn. 010) von 1991 bis 2007.

Fig. 22: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at the Fehmarnbelt area (stn. 010) from 1991 to 2007.

Zentrale Mecklenburger Bucht (012)

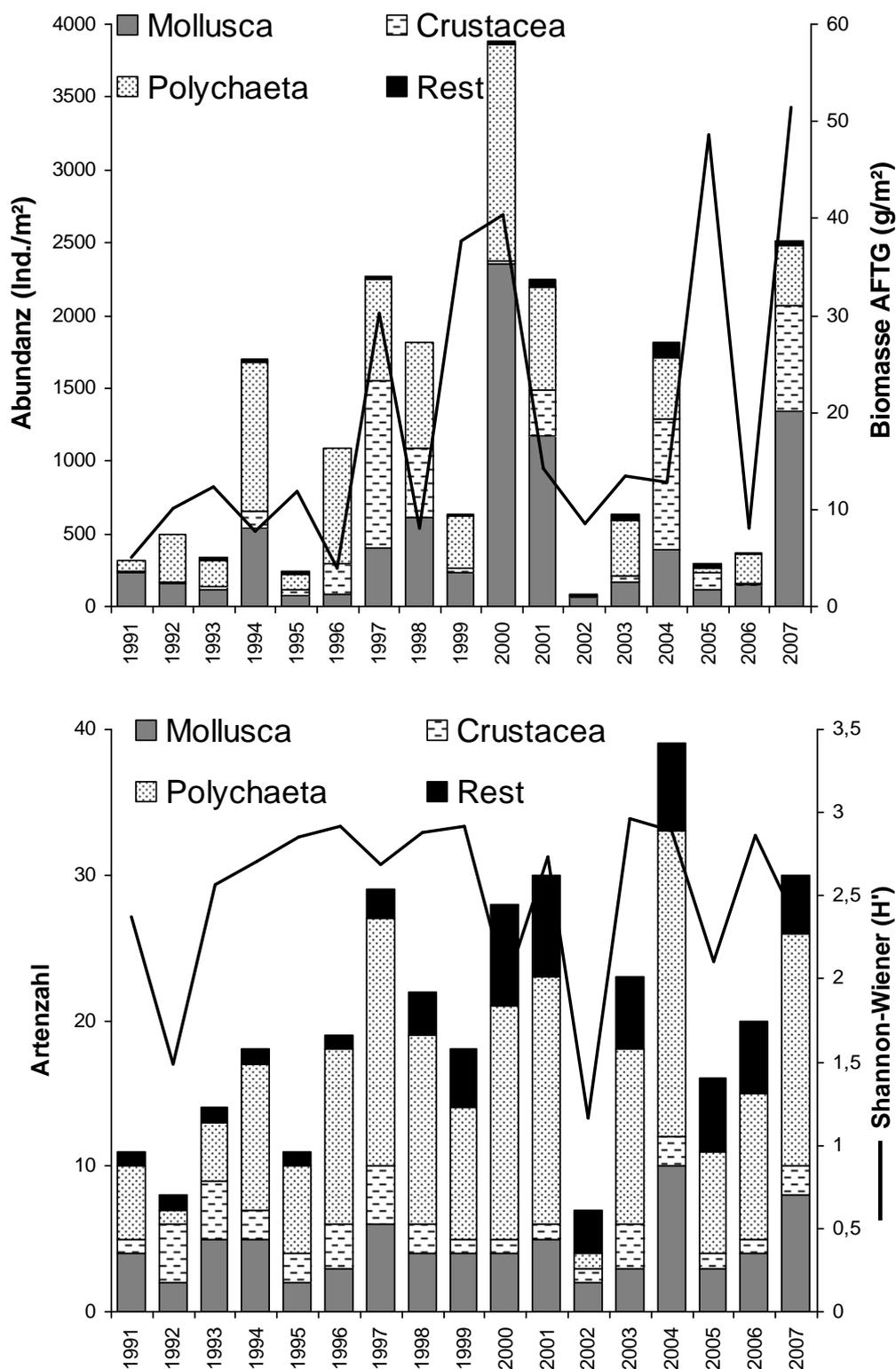


Abb. 23: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' in der Mecklenburger Bucht (Stn. 012) von 1991 bis 2007.

Fig. 23: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at Mecklenburg Bight (stn. 012) from 1991 to 2007.

Südliche Mecklenburger Bucht (018)

Die Sauerstoffmangelsituationen im Jahr 2002 und 2005 verursachten leichte Verluste bei der Artenzahl und starke Rückgänge (bis zu 90 %) bei der Abundanz (Abb. 24). Die Biomasse war 2005 nicht so stark betroffen. Hier gingen die Werte um etwa 50-60 % gegenüber den Maximalwerten zurück. 2006 wurden sowohl bei der Artenzahl als auch bei der Abundanz und Biomasse sehr hohe Werte gemessen. Die Regenerationsfähigkeit nach Defaunationsereignissen ist in den gut mit Salz und Sauerstoff versorgten Randbereichen der Mecklenburger Bucht sehr hoch. 2007 stellten wir sowohl bei der Abundanz als auch bei der Biomasse eine Abnahme im Vergleich zum Vorjahr fest. Ursächlich dafür ist das starke Auftreten der Kleinen Pfeffermuschel (*Abra alba*) im Jahr 2006 mit Abundanzen von über 500 Ind./m². 2007 lag die Dichte bei 7 Ind./m². Die südliche Mecklenburger Bucht stellt die Grenze ihres Verbreitungsgebietes dar. Nur gelegentlich werden hohe Abundanzen hier festgestellt. Ähnliches trifft auch für den Schlangenstern *Ophiura albida* zu, der 2006 und 2007 in geringen Abundanzen gefunden wurde. Über 90 % der Biomasse wurde von der Islandmuschel *Arctica islandica* gestellt. Die Schalenlängen lagen zwischen 4 und 44 mm. Von den 2007 nachgewiesenen Arten sind folgende hervorzuheben: die Muscheln *Arctica islandica* und *Astarte borealis* sowie die Polychaeten *Euchone papillosa* und *Scalibregma inflatum*.

Darßer Schwelle (030)

Bei der Artenzahlentwicklung an der Darßer Schwelle kann ein positiver Trend festgestellt werden (Abb. 25). Betrachtet man allerdings nur die Jahre seit 1998 ist der Wert in einer Schwankungsbreite von 30 % relativ stabil. 2006 wurden mit 59 Taxa die höchste Anzahl seit 1991 nachgewiesen. 2007 ging die Zahl auf 51 zurück, war aber dennoch der zweithöchste je gemessene Wert. Auf Grund der hohen Abundanz der Sandklaffmuschel (1330 Ind./m²) lag der Shannon-Wiener Index mit 3,3 deutlich unter dem Maximum. Im Vergleich zum Vorjahr war er jedoch gestiegen. Im Gegensatz zur Artenzahl 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. Nur etwa 20-30 % der Maximalwerte wurden seit 2003 festgestellt. Zieht man jedoch die letzten 3 Jahre in Betracht, so ist sowohl bei der Abundanz als auch bei der Biomasse ein leichter Aufwärtstrend zu verzeichnen. Für die erhöhte Biomasse sind hauptsächlich die Muscheln *Astarte borealis*, *Macoma balthica* und *Mya arenaria* verantwortlich zu machen. Letztere hatte erstmals seit 1992 wieder einen deutliche Brutfall zu verzeichnen.

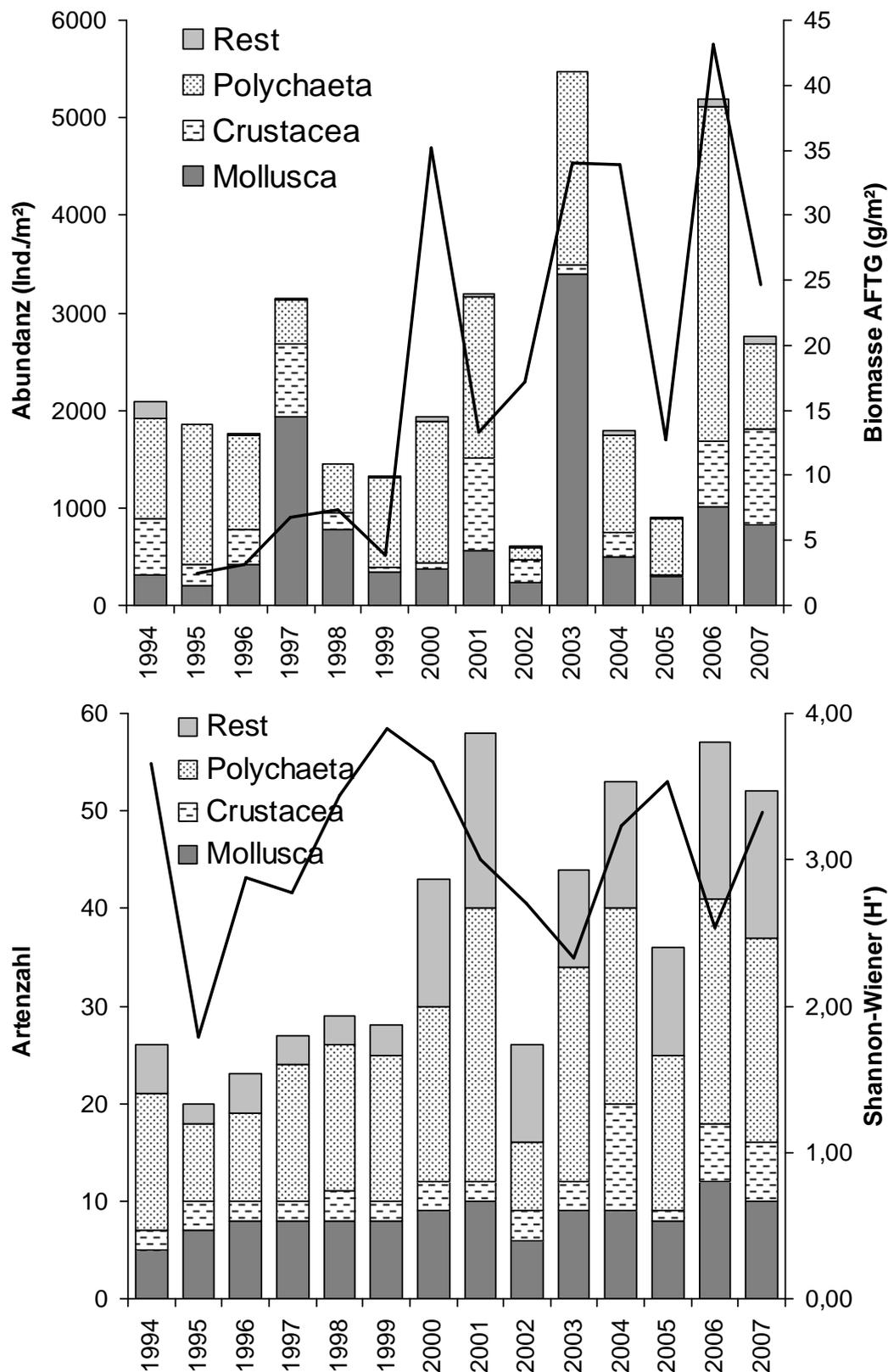


Abb. 24: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' in der südlichen Mecklenburger Bucht (Stn. 018) von 1994 bis 2007.

Fig 24: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at southern Mecklenburg Bight (stn. 018) from 1994 to 2007.

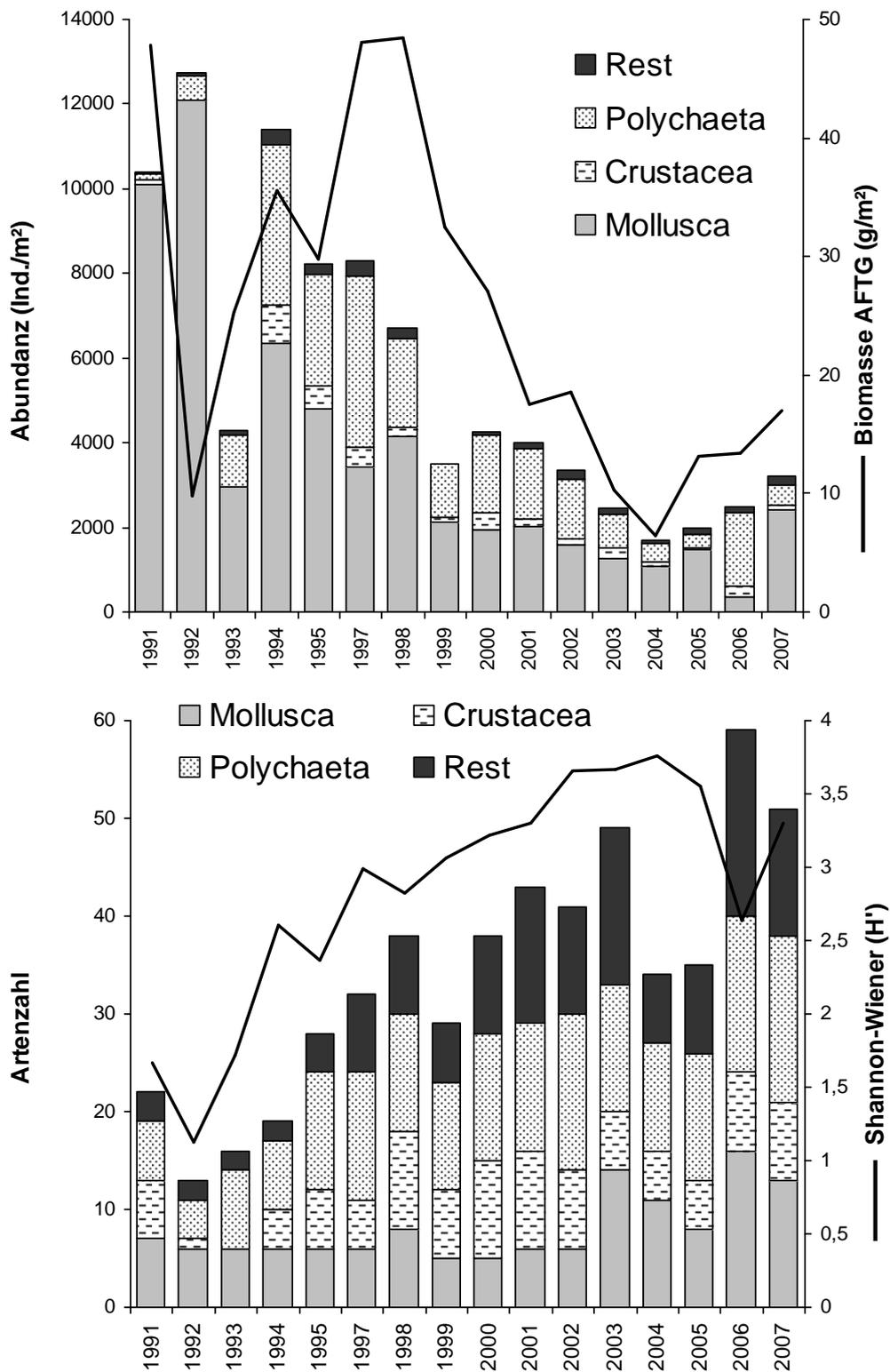


Abb. 25: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' an der Darßer Schwelle (Stn. 030) von 1991 bis 2007.

Fig. 25: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at the Darss Sill (stn. 030) from 1991 to 2007.

Zentrale Arkonasee (109)

Die Artenzahl variiert von 1997 bis 2007 zwischen 9 und 23 und liegt im Mittelwert bei 16 (Abb. 26). 2007 wurden 12 Arten beobachtet, ein im Vergleich mit den Vorjahren sehr niedriger Wert. Überproportional sind die Polychaeta betroffen. Darunter fielen auch Arten, die ansonsten mit einer hohen Stetigkeit an dieser Station auftraten. So wurden der Priapulide *Halicryptus spinulosus*, die Polychaeten *Bylgides sarsi* und *Dipolydora quadrilobata*, die Krebse *Diastylis rathkei* und *Pontoporeia femorata* 2007 nicht nachgewiesen. Erstmals konnte der Schlangensterne *Ophiura albida* an dieser Station registriert werden, der allerdings als „Irrgast“ zu bezeichnen ist. Die geringsten Artenzahlen 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.

Nördliche Pommernbucht (152)

Auch in der nördlichen Pommernbucht wurde seit den 1990er Jahren eine Zunahme der Artenzahl festgestellt (Abb. 27). Seit 1998 ist die Artenzahl relativ stabil und schwankt mit einer Varianz von etwa 20 % um den Mittelwert von 23 Arten. 2006 betrug die beobachtete Artenzahl 23 und lag somit im Trend. 2007 wurde mit 28 die höchste Biodiversität festgestellt. Sowohl bei der Abundanz als auch bei der Biomasse lassen sich nach dem Tief am Anfang der 2000er Jahre relativ stabile Werte um 4000 Ind./m² bzw. 10 g AFTM/m² beobachten, die etwa die Hälfte der Höchstwerte von 1995, 1998 bzw. 2000 ausmachen. Die Abundanz wird maßgeblich vom Polychaeten *Pygospio elegans* (3235 Ind./m²) dominiert. Bei der Biomasse rangiert die Baltische Plattmuschel *Macoma balthica* mit über 7 g AFTM/m² auf Platz 1. Von den nachgewiesenen Makrozoobenthosarten sind 2007 folgende hervorzuheben: die Hydrozoe *Halitholus yoldia-arcticae*, der Amphipode *Monoporeia affinis* und die Assel *Saduria entomon*. Alle drei gehören der Glazialreliktfauna an und waren in den 1980er Jahren durch Sauerstoffmangelereignisse in den tieferen Becken besonders betroffen.

Zentrale Pommernbucht (160)

Die Zentrale Pommernbucht wurde im Jahr 2007 zum zweiten mal während des Monitoringprogramms untersucht, um die Makrozoobenthos-Situation im offshore-Bereich der Pommernbucht besser beurteilen zu können. Die Artenzahl lag mit 23 ähnlich wie im Vorjahr erwartungsgemäß niedrig (Abb. 28). Dominante Arten nach abfallender Abundanz geordnet waren die Wattschnecke *Hydrobia ulvae* (2276 Ind./m²), die Herzmuschel *Cerastoderma glaucum* (1238 Ind./m²) und der Polychaet *Pygospio elegans* (786 Ind./m²). Die Biomasse wurde im Wesentlichen von der Sandklaffmuschel *Mya arenaria* (3,3 g AFTM/m²) und der Baltischen Plattmuschel *Macoma balthica* (2,7 g AFTM/m²) bestimmt. Untersuchungen aus früheren Studien ergaben, dass 1993 mit über 25000 Ind./m² die höchsten Dichten festgestellt wurden. Damals dominierten die Wattschnecke *Hydrobia ulvae* (9630 Ind./m²) und die Miesmuschel *Mytilus edulis* (9941 Ind./m²). Biomassedominant waren damals *M. arenaria* und *M. edulis*. Diese hohen Werte wurden seitdem nicht mehr beobachtet.

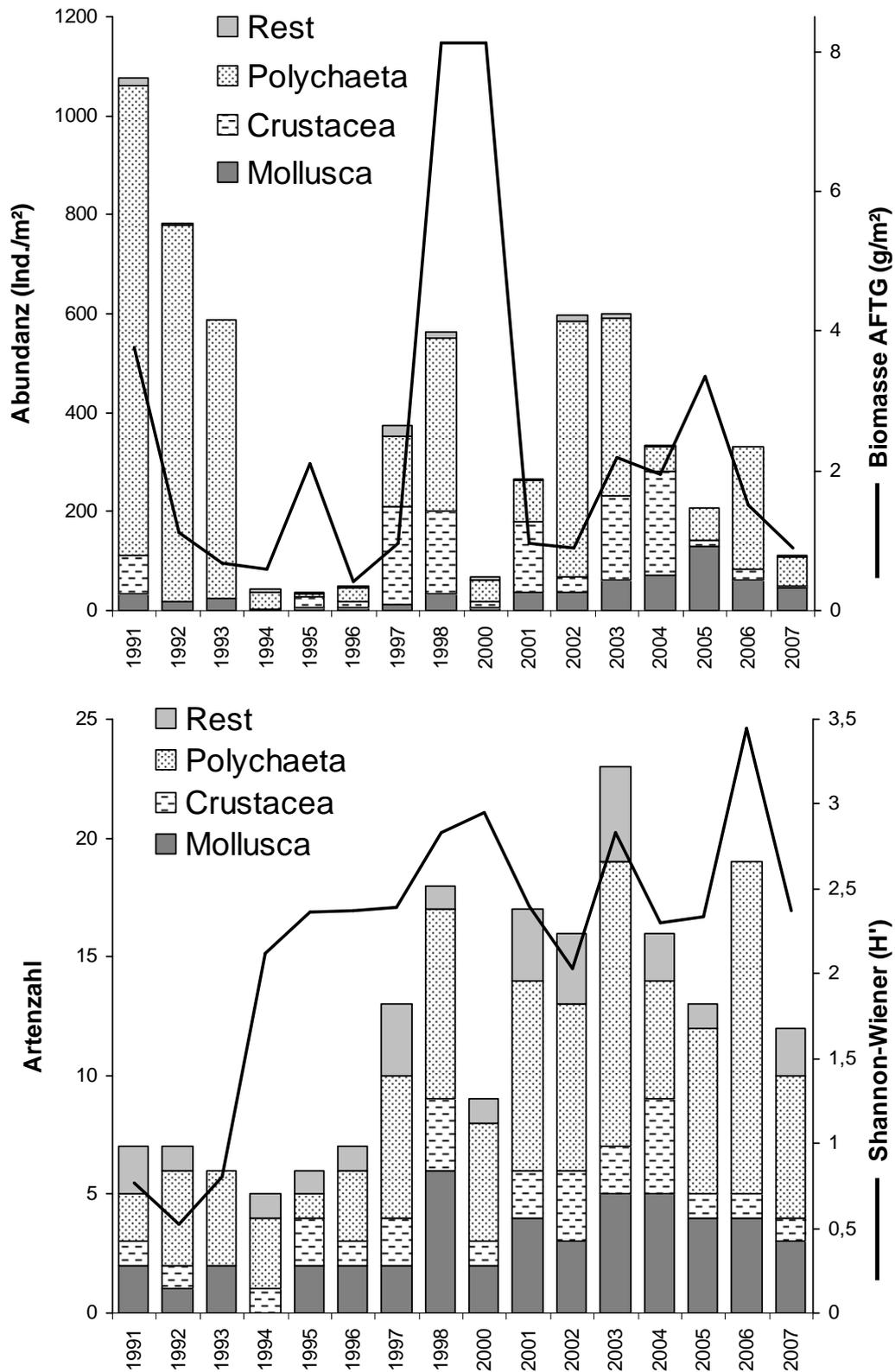


Abb. 26: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' in der Zentralen Arkonasee (Stn. 109) von 1991 bis 2007.

Fig. 26: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at the central Arkona Sea (stn. 109) from 1991 to 2007.

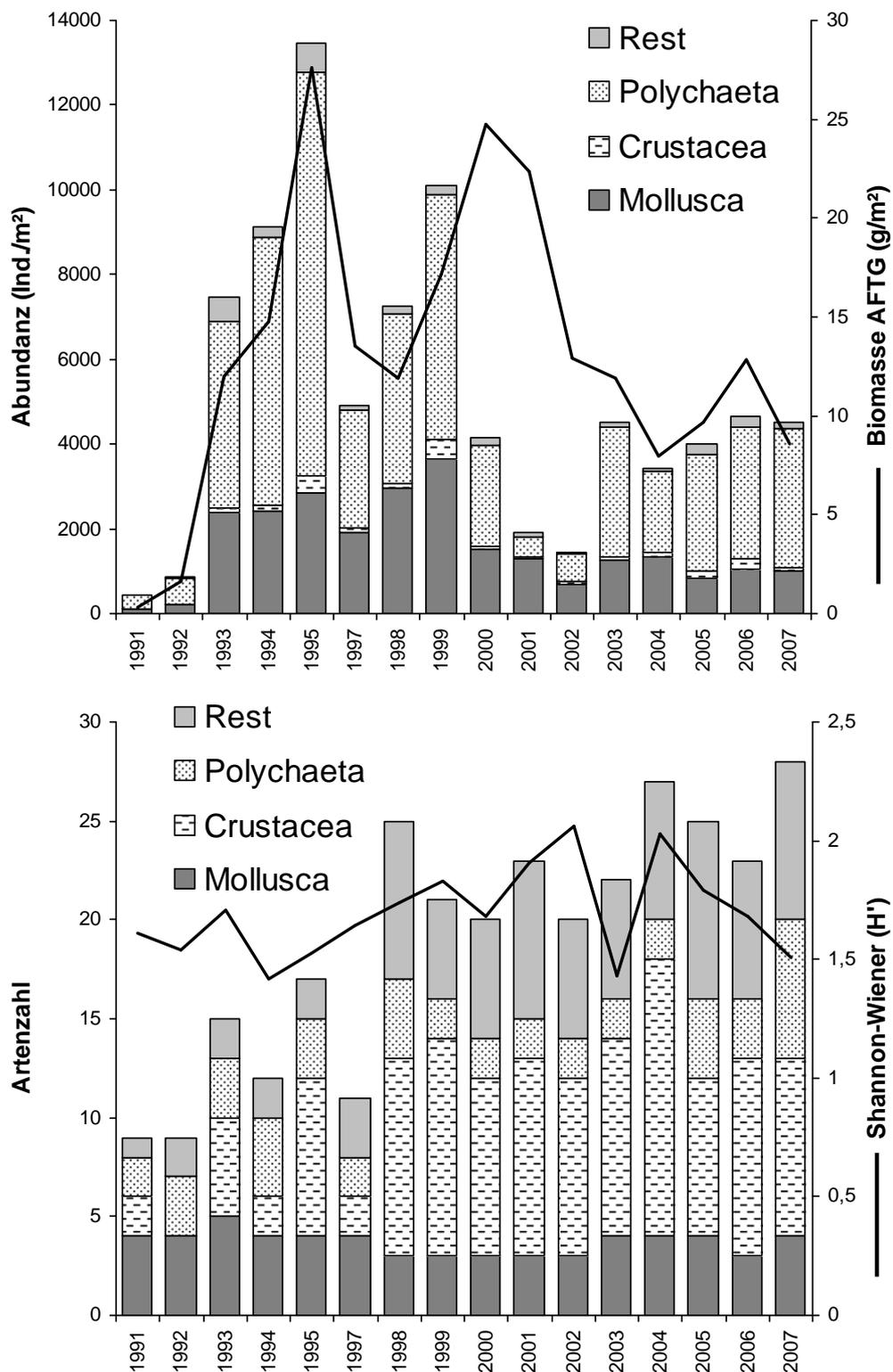


Abb. 27: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' in der nördlichen Pommernbucht (Stn. 152) von 1991 bis 2007.

Fig. 27: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at the northern Pomeranian Bay (stn. 152) from 1991 to 2007.

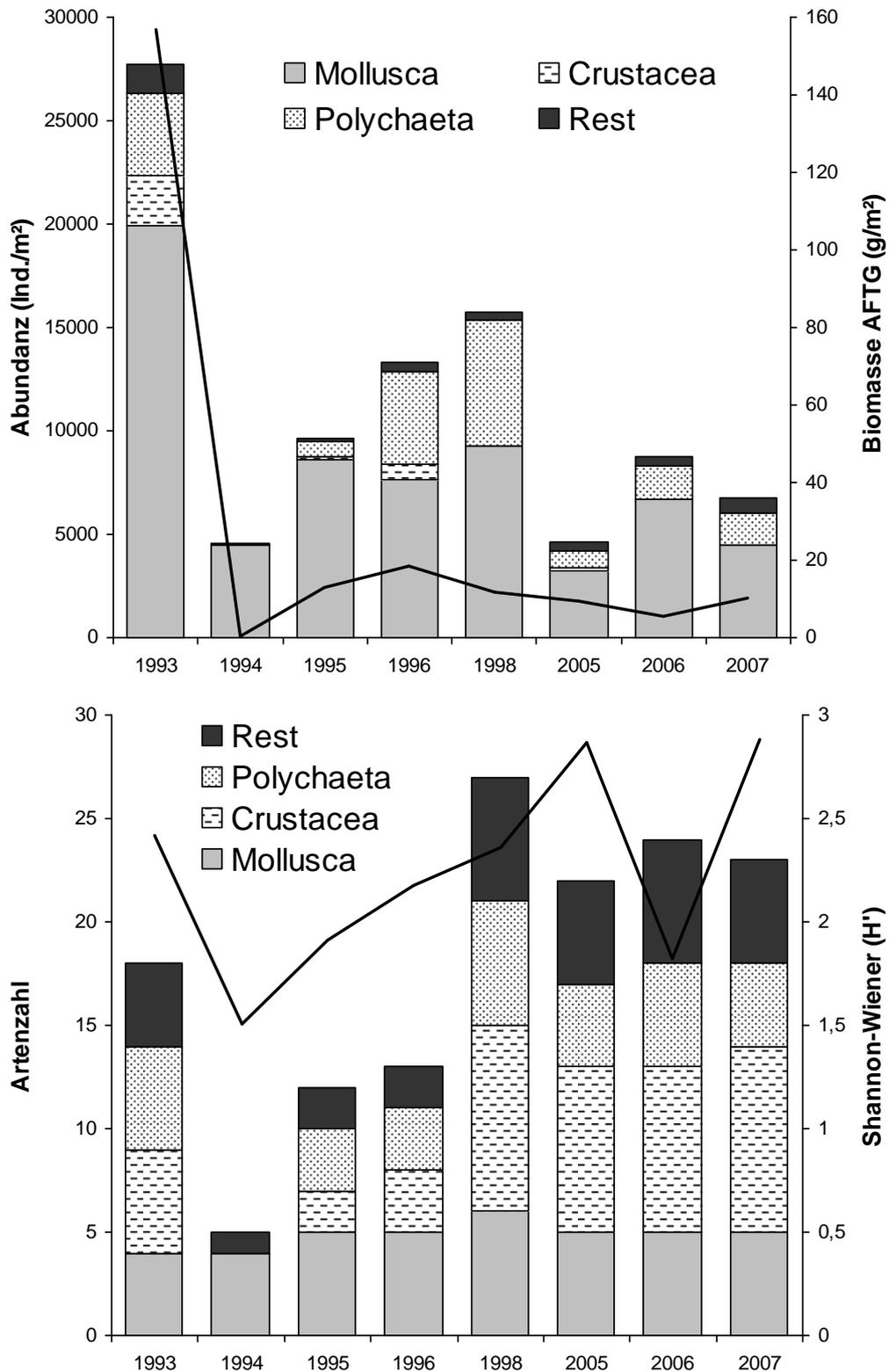


Abb. 28: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' in der zentralen Pommernbucht (Stn. 160) von 1993 bis 2007. Für die fehlenden Jahre sind keine Daten verfügbar.

Fig. 28: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at the central Pomeranian Bay (stn. 160) from 1991 to 2007. For the missing years no data are available.

Diskussion:

Die Kieler Bucht (Stn. 360) zeigte mit 77 makrozobenthischen Taxa die höchste Artenvielfalt im Vergleich mit den anderen Stationen (Abb. 17). Der Salzgehalt lag mit ca. 18 psu im bodennahen Wasserkörper höher als an den anderen Stationen. Im Vergleich mit dem Vorjahr ist die Abundanz auf ein Fünftel gesunken und die Biomasse auf das Doppelte angestiegen. Diese Differenzen sind zum einen in dem Zusammenbruch der Kleinen Pfeffermuschel *Abra alba* begründet, die 2006 noch 3800 Ind./m² erreichte und 2007 nur noch in Einzeltieren gefunden wurde. Auch die Seescheide *Molgula manhattensis* konnte 2007 nur noch einen Bruchteil der Abundanz von 2006 erreichen. Ob diese drastischen Veränderungen in der natürlichen Variabilität des Ökosystems liegen oder die Abnahme des Salzgehaltes an der Station von ca. 5 psu zum Vorjahr ursächlich sind, kann nicht eindeutig gesagt werden. Die Biomassezunahme ist auf einen hohen Anteil adulter Muscheln wie *Arctica islandica* und *Astarte borealis* zurückzuführen, die zum festen Fauneninventar der Station gehören, jedoch durch geklumpte Verteilungen unterschiedlich oft durch die Greiferbeprobung erfasst werden.

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. 2005a, 2006a und 2007, WEBER et al. 2005, ZETTLER et al. 2008). 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, dass auch die längerlebigen Muscheln (*Arctica islandica*, *Astarte borealis*) stark in ihrer Zahl der Adulten und damit auch Biomasse abnahmen (Abb. 22). Bis zum November 2006 war erneut eine schnelle Regeneration dieser betroffenen Gebiete zu beobachten. Sowohl die Artenzahlen als auch die Abundanzen und Biomassen erreichten vergleichbare Werte der Vorjahre oder wurden zum Teil auch übertroffen. Die drastischen Bestandseinbußen, verursacht durch anhaltenden Sauerstoffmangel in den Sommermonaten 2002 und 2005 spiegelten sich zum einen in dem Zusammenbruch der Artenzahlen wider, wurden aber auch deutlich durch die Kalkulation sogenannter Biodiversitätsindices reflektiert (ZETTLER et al. 2007). Im Jahr 2007 stabilisierte sich die Situation an den westlichen Stationen. Es konnten keine weiteren Sauerstoffmangelereignisse beobachtet werden. Die starke Variation in der Biomasse (Abb. 22, 23 und 24) resultiert aus dem Auftreten oder Fehlen größerer Islandmuscheln.

Im Oktober 2007 konnten an den meisten Stationen eine deutliche Erholung des makrozobenthischen Fauneninventars festgestellt werden. Mit Ausnahme der Arkonasee und der Bornholmsee, wurden an allen Stationen sehr hohe bis höchste Artenzahlen festgestellt. Die hydrographischen Bedingungen der vorangegangenen Monate und die Versorgung mit Larven aus angrenzenden Arealen können für das Jahr 2007 als optimal bezeichnet werden. Erstmals seit vielen Jahren wurden auch wieder Jungtiere von *Mya arenaria* an der Darßer Schwelle in größeren Abundanzen beobachtet (Abb. 29). Es wird deutlich, dass 2007 zum einen die Abundanz drastisch zunimmt und das mittlere Individualgewicht sehr niedrig liegt, was darauf hindeutet, dass vornehmlich Juvenile in der Probe enthalten waren.

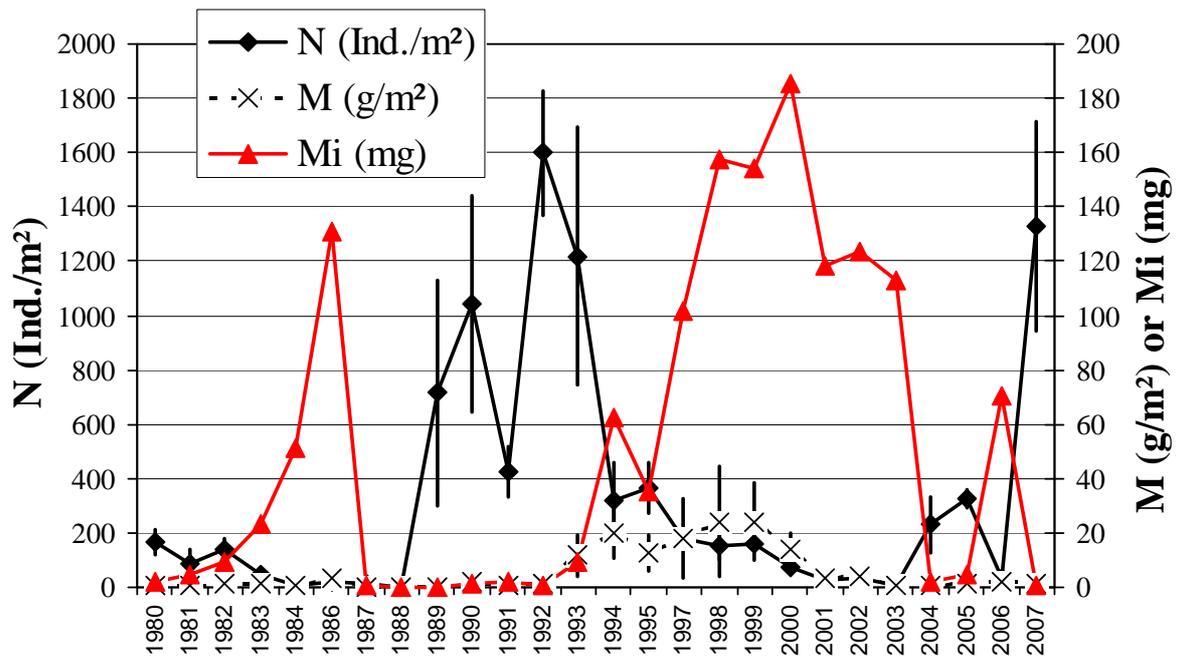


Abb. 29: Entwicklung von *Mya arenaria* an der Station 030 an der Darßer Schwelle. N=Abundanz (Ind./m²), M=Biomasse (g AFTM/m²) und Mi=mittleres Individualgewicht (mg).

Fig. 29: Development of *Mya arenaria* at stn. 030 at the Darss Rise. N=abundance (ind./m²), M=biomass (g afdw/m²) and Mi=mean weight of specimens (mg).

Für die insgesamt zurückgehenden Werte in der Abundanz, Biomasse und Artenzahl in der zentralen Arkonasee (Stn. 109) wird vermutet, dass im Jahr 2007 niedrige Sauerstoffverhältnisse dafür verantwortlich sind. Langfristige Vergleiche mit historischen Daten aus der Literatur (80 Jahre zurück) ergaben für die zentrale Arkonasee eine 3 bis 10fache Zunahme der Abundanz, was auf Eutrophierung zurückzuführen sein könnte. Allerdings fehlen signifikante Beweise für die kausalen Zusammenhänge (ZETTLER et al. 2006).

Mit 108 war die Artenzahl für die 7 ausgewählten Monitoringstationen (360 und 160 wurden nicht berücksichtigt, da diese Stationen erst seit 2006 beprobt werden) im Jahr 2007 die zweithöchste seit Auflegung des Monitorings. In allen Jahren seit 1991 war die artenreichste Gruppe die Polychaeta (Abb. 30), gefolgt von den Mollusca und Crustacea. Die deutlichsten Artenrückgänge durch die Sauerstoffmangelereignisse in den Jahren 2002 und 2005 waren auch innerhalb dieser drei Gruppen festzustellen. Jeweils 30 bis 40 % weniger Arten als im Vorjahr wurden registriert. Vermutlich lag auch 1992 eine Defaunationsereignis vor, das jedoch durch die bestehende Datenlage nicht mehr rekonstruiert werden kann.

Bezüglich der Abundanz und Biomasse sind insbesondere in der zentralen Mecklenburger Bucht und an der Darßer Schwelle negative Trends festzustellen. Die stetige Abnahme der Abundanz (und zum Teil auch der Biomasse) an der Darßer Schwelle (030) ist auf das drastische Zurückgehen der Populationen der Wattschnecke *Hydrobia ulvae* und des Polychaeten *Pygospio elegans* zurückzuführen (Abb. 31). 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.

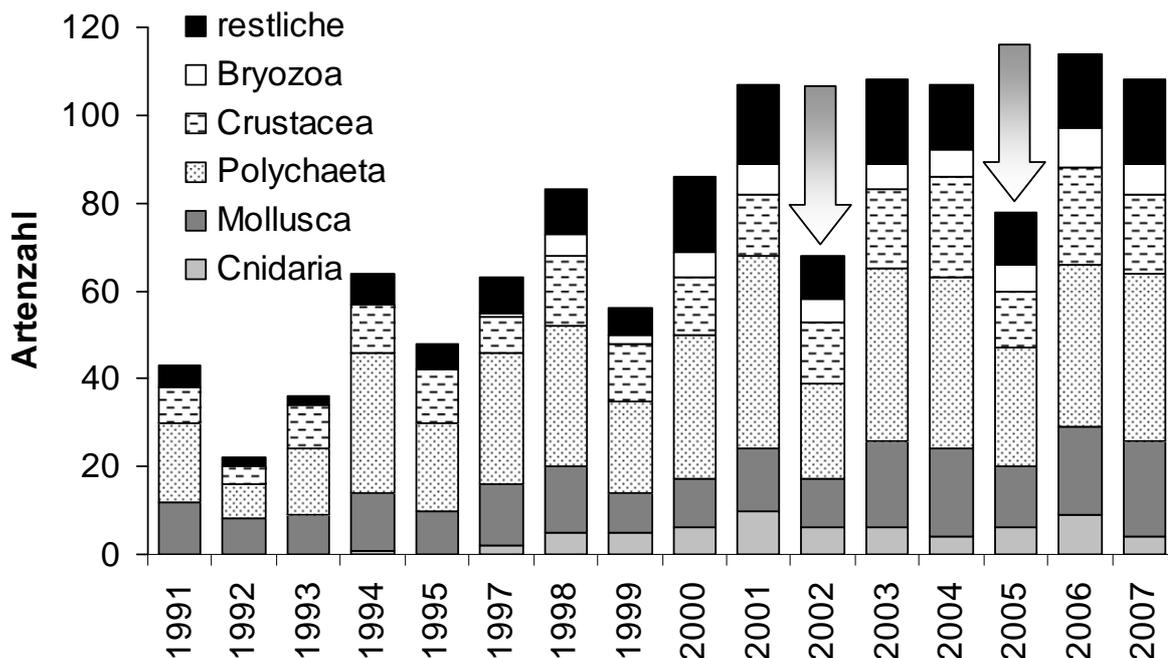


Abb. 30: Zusammensetzung des Makrozoobenthos an den 7 Monitoringstationen (ohne 360 und 160) von 1991 bis 2007. Die Pfeile markieren den Sauerstoffmangel an den westlichen Stationen in den Jahren 2002 und 2005.

Fig. 30: Composition of the macrozoobenthos at the 7 monitoring stations (without 360 and 160) from 1991 to 2007. The arrows indicate the oxygen depressions in the western part in 2002 and 2005.

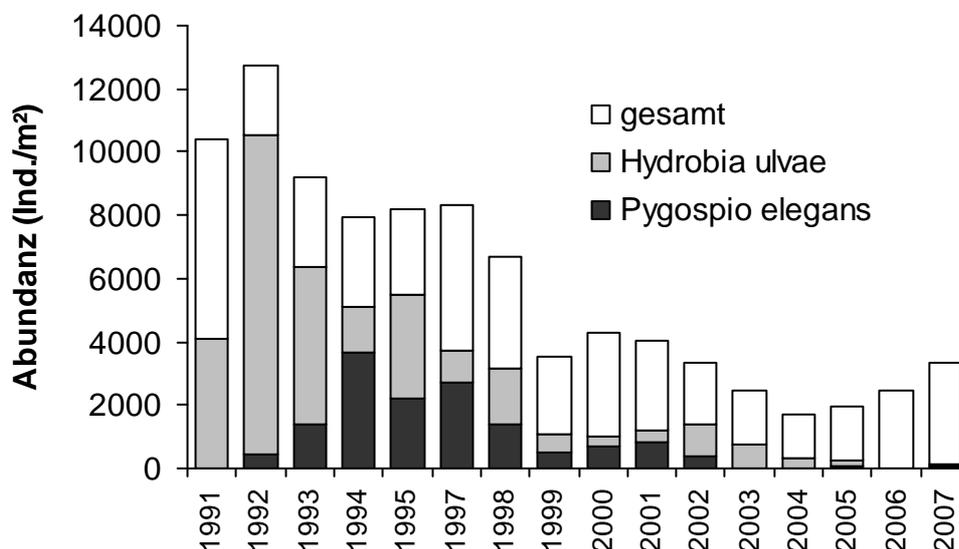


Abb. 31: Abundanzentwicklung an der Darßer Schelle (030) von 1991 bis 2007. Die Anteile von *Hydrobia ulvae* und *Pygospio elegans* sind gekennzeichnet.

Fig. 31: Development of abundance at the Darss Sill (030) from 1991 to 2007. The fractions of *Hydrobia ulvae* und *Pygospio elegans* are indicated.

Das Auftreten von „Exoten“ bzw. sehr seltenen Vertretern des Makrozoobenthos konnte auch 2007 wieder bestätigt werden. Mit dem Pelikanfuß (*Aporrhais pespelecani*) und der Wellhornschncke (*Buccinum undatum*) wurden zwei imposante Schnecken in der Kieler Bucht bzw. am Fehmarnbelt lebend nachgewiesen. Erstmals im Untersuchungsgebiet wurde *Phoronis* sp. festgestellt, die in der Kieler Bucht Vorkommen am Rande des Verbreitungsgebietes besitzt. Mit *Marenzelleria viridis* und *M. neglecta* waren 2 allochthone Arten, sogenannte Neozoen, in den Proben an der Darßer Schwelle und in der Pommernbucht enthalten. Ein andere Neueinwanderer ist *Rhithropanopeus harrisi* (Rundkrabbe), die ebenfalls in der Pommernbucht nachgewiesen werden konnte. Auf Arten der Roten Liste wird nicht näher eingegangen, da sich diese derzeit in der Neuauflage befindet und wesentliche Änderungen zu alten Liste enthalten wird (GOSSELCK et al. 1996, RACHOR et al. 2008). Es soll nur erwähnt werden, dass mit *Macoma calcarea* an der Stn. 360 eine Art der Kategorie 1 (=vom Aussterben bedroht) in geringen Abundanzen nachgewiesen wurde.

4. Diskussion: Zur besseren Erfassung von Phytoplanktonblüten

Ein Hauptproblem des Monitoring ist die im Vergleich zur zeitlichen Variabilität der Ökosystemkomponenten zu geringe Probennahmefrequenz („undersampling“). Dieses ist gravierender beim kurzlebigen Nano- und Mikrophytoplankton als beispielsweise beim langlebigen Mesozooplankton. Beim Makrozoobenthos reicht sogar nur 1 Beprobung pro Jahr aus. Die kurzzeitigen Phytoplanktonblüten werden mit traditioneller Probenstrategie kaum richtig erfasst. Da sie einen bedeutenden Anteil der Jahres-Primärproduktion (neue Produktion) und somit einen erheblichen Biomasseanteil ausmachen, führt ihre Vernachlässigung leicht zu Fehlschlüssen. Die von Jahr zu Jahr wechselnde, mal mehr und mal weniger gute Erfassung der Blüten, läßt kaum Trendanalysen zu.

Nicht nur die zeitliche, sondern auch die räumliche Variabilität ist zu berücksichtigen. Letztere dürfte größer beim Zoobenthos als beim Zooplankton sein, während die Verteilung beim Phytoplankton ausgeglichener ist. Aber selbst beim Phytoplankton gibt es Situationen mit starker räumlicher Heterogenität, z.B. bei Cyanobakterienblüten.

Es sind mehrere Lösungsansätze denkbar, um eine bessere Erfassung von Stärke, Dauer und Ausbreitung von Phytoplanktonblüten zu erreichen. Gerade in der derzeitigen Phase der Neukonzeptionierung des Bund-Länder-Meßprogramms (BLMP+), der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie und der Implementierung der EU-Meeressstrategie sollten neue Ansätze in die Diskussion gebracht werden.

Grundsätzlich gibt es folgende Möglichkeiten zur Erhöhung der Probenfrequenz und der räumlichen Abdeckung:

- 1.) Optimierung des traditionelle Ansatzes
- 2.) Automatisierte Probennahme
- 3.) Alternative Methoden

zu 1.)

Die bewährten klassischen Untersuchungsmethoden basieren auf der Gewinnung von Wasserproben. Die zu untersuchenden Größen werden meistens auf direktem Wege (z.B. Mikroskopie) und somit mit hoher Verlässlichkeit bestimmt. Die einzelne Probe ist aber selten repräsentativ. Der Erhöhung der Probenzahl sind aber ökonomische, logistische und personelle Grenzen gesetzt.

Der Aufwand für den Einzelnen kann reduziert werden durch Verteilung der Aufgaben auf viele Partner, die alle an demselben Projekt arbeiten, dessen Ergebnisse zusammengeführt und gemeinsam ausgewertet werden. Diese Strategie wird über viele Jahre erfolgreich von HELCOM verfolgt. Die nationalen Monitoring-Fahrten aller Ostsee-Anrainer erfolgen nach einem abgestimmten Zeit- und Stationsplan sowie nach abgestimmten, qualitätsgesicherten Methoden. Die Daten werden in einer zentralen Datenbank nach einheitlichem Muster gesammelt und für gemeinsame Auswertungen (Periodische Assessments) bereitgehalten. Leider erodierte dieses System in den vergangenen Jahren wegen:

- Rückzug verschiedener Partner aus dem vereinbarten Fahrtprogramm (z.T. auch wegen Umstrukturierungen und Fluktuationen der Monitoringprogramme in einigen Ländern),
- Problemen mit der Datenhaltung (Übertragung der HELCOM-Datenbank an ICES, Verzug bei der Datenlieferung, unzureichende Validierung der Daten, Probleme bei der Datenabfrage),
- verringerte Bereitschaft zur gemeinsamen Datenauswertung,
- zunehmende Bürokratisierung.

Die Tendenz vieler Partner, sich aus der zentralen Ostsee zurückzuziehen führt nicht zu einer Intensivierung der Beprobung in den nationalen Gewässern.

Die Übergabe von dänischen Proben aus der Arkonasee an das IOW zum Zwecke der Erhöhung der Probenfrequenz funktionierte nur wenige Jahre. Wir haben jedoch gerade die Vereinbarung mit dem National Environmental Research Institute (Dr. Colin A. Stedmon) zur Probenübergabe erneuert. Besser klappt der Probenaustausch im nationalen Rahmen (BLMP) zwischen LANU, LUNG und IOW (siehe Kap. 2.1). Das IOW versucht intern, die Probenfrequenz für das Phytoplankton-Monitoring zu erhöhen, indem von Forschungsfahrten im Rahmen von Projekten Proben mitgebracht werden, die die Datenserie verbessern. Der damit verbundene personelle und logistische Mehraufwand ist allerdings nur schwer zu leisten. Insbesondere wird die Routine der im Monitoring üblichen Datenbearbeitung und validierung (z.B. Datenerfassung in Stammkarten) wegen des Mehraufwandes auf den Projektfahrten nicht realisiert. Wegen fehlender Stammkarten können die Daten letztlich nicht in die zentrale Datenbank eingehen.

Optimal wäre eine 1-2 wöchige Probennahme, wie sie z.B. in den BLMP-Kennblättern vorgeschlagen wurde. Diese ist mit größeren Schiffen nicht zu realisieren. Das IOW nimmt sehr kostengünstig wöchentlich Proben von einer Küstenstation (Seebrücke Heiligendamm). Die Analyse ist jedoch nach wie vor aufwändig. Außerdem ist diese Station wegen des Landeinflusses (Küstenströmungen, Sediment-Resuspensionen) wesentlich schlechter geeignet als Stationen in der offenen See.

zu 2.)

Die Probennahmefrequenz kann kostengünstig erhöht werden durch automatische Systeme. Autonome schiffsgebundene Systeme werden zur Zooplankton-Probennahme bereits seit der 1930er Jahren eingesetzt (Continuous Plankton Recorder). Die automatische Phytoplankton-Gewinnung auf regelmäßig verkehrenden Schiffen (z.B. Fährschiffe, "ships of opportunity") wurde von finnischen Kollegen zu Beginn der 1990er Jahre in der Ostsee eingeführt ([alg@line](#), siehe LEPPÄNEN und RANTAJÄRVI, 1995). Sie erlaubt eine hohe zeitliche und räumliche Auflösung. Das Problem ist jedoch die Bewältigung der großen Anzahl an Proben. Sie können nur mit einer halb-quantitativen Schnell-Methode aufgearbeitet werden, die Nachteile hat. Sie gewinnt nur relative Werte nach einer Häufigkeitsskala, die kaum mit den gängigen quantitativen Daten zu vergleichen sind.

Alternativ zu Schiffen könnten auch bereits vorhandene permanente Meßstationen (Meßmaste und -plattformen) genutzt werden. Die Entwicklung und Installation automatischer Probennahme-Systeme dürfte technisch möglich sein. Das größte technische Problem wäre die regelmäßige Wartung, die wiederum Schiffszeit benötigt. Darüber hinaus ist auch hier die Bearbeitung der großen Probenmenge nicht realisierbar. Eine Lösung wäre, nur die Proben besonders interessanter Perioden (z.B. Frühjahrsblüte) auszuwerten. Entweder wird nur zu dieser Zeit eine hohe Probennahmefrequenz realisiert (ereignisgesteuerte Probennahme) oder aber die Proben werden grundsätzlich in einer bestimmten Frequenz genommen und die nicht benötigten Proben verworfen.

Der Forderung nach schnell verfügbarer Information kann dieses System aber nicht Rechnung tragen, denn die Proben müssen gespeichert und periodisch überführt werden. Eine on-line-Überwachung wäre möglich mit einem autonomen mikroskopischen Kamerasystem (FlowCAM), das auf Schiffen oder an Meßstationen installiert wird. Zurzeit wäre die Datenübertragung auf den heimischen Computer aber noch technisch aufwändig und teuer. Die auf der Meßstation mit der FlowCAM gewonnen Daten müßten dann vor Ort gespeichert und bei der ohnehin nötigen technischen Wartung periodisch ausgelesen und dann im Institut ausgewertet werden. Auch hier ist eine Quantifizierung schwierig, und es werden nur größere Phytoplankter (schätzungsweise > 20 µm) sicher erfasst. Vorausgesetzt die zu erwartenden technischen Probleme können gelöst werden, wäre dieses Gerät zum Monitoring von Blüten-Situationen ideal.

zu 3.)

Die oben genannten Methoden beruhen alle auf der mikroskopischen Erfassung. Diese ist eine sehr sichere Methode (hohe accuracy), da die Objekte direkt wahrgenommen werden. Alternative Methoden sind indirekte Methoden, die mittels teilweise schlecht abgesicherter Annahmen und Umrechnungsfaktoren auf die Phytoplankton-Biomasse schließen. Sie sind oft sehr genau (hohe precision) und wenig aufwändig.

Der am häufigsten bekannte Phytoplankton-Proxy ist das Chlorophyll a. Es kann sehr schnell und präzise bestimmt werden und erlaubt deshalb auch größere Probenmengen. Allerdings beruht es auch auf diskreten Wasserproben, die mit den oben genannten Verfahren gewonnen und erst im Labor einer Analyse zugeführt werden müssen. Selbst Informationen zu den Algengruppen können aus den Proben gezogen werden, wenn sie mittels der aufwändigeren Chromatographie (high performance liquid chromatography – HPLC) auf Markerpigmente untersucht werden.

Das Chlorophyll a kann auch direkt *in situ* über die Fluoreszenz bestimmt werden, z.B. kontinuierlich während der Schiffsfahrten. Allerdings ist eine Quantifizierung wegen vieler störender Einflüsse kaum möglich, so dass die *in situ*-Fluoreszenz nur als unterstützender relativer Wert betrachtet werden muß.

Die Chlorophyll-Färbung kann sogar vom Satelliten aus registriert werden. Dadurch wird die horizontale Verteilung gut erfaßt. Zeitserien von Satellitenaufnahmen ermöglichen sogar Aussagen über zeitliche Muster, vorausgesetzt das zu den relevanten Perioden keine flächendeckende Bewölkung vorliegt. Eine Eichung in Chlorophyll-Einheiten ist allerdings schwierig und nur mit geringer Genauigkeit möglich.

Einen guten Überblick über die Phytoplanktonentwicklung in bestimmten Phasen bieten auch zeitlich integrierende Methoden. Sie kann aus der Differenz der Nährstoffkonzentrationen zwischen 2 Meßterminen auf die biologischen Umsätze geschlossen werden. Während einer Phytoplanktonblüte, also einer Phase in der die Primärproduktion deutlich über Abbauprozesse überwiegt, kann aus dem Nährstoffverbrauch auf den Blütenintensität geschlossen werden. Auch der vertikale Partikelfluss, gemessen mit Sinkstoff-Fallen, sagt etwas über die Menge der gebildeten Biomasse aus. Hier sind sogar qualitative Aussagen zur Artenzusammensetzung möglich. Die Entwicklung von Cyanobakterienblüten dürfte mit der integrierten Stickstoff-Fixierung korreliert sein, die wiederum mit verschiedenen Methoden (WASMUND et al. 2005 b) bestimmt werden kann.

Fazit:

Es ist stets ein Kompromiß zu schließen zwischen wissenschaftlichem Erfordernis (1-2 wöchige Phytoplankton-Probennahme) und ökonomischen Beschränkungen. Zur klassischen mikroskopischen Methode (quantitative Analyse) gibt es zurzeit keine Alternative. Es gibt jedoch zahlreiche Methoden, die Interpretationshilfen, insbesondere für die großen zeitlichen und räumlichen Lücken zwischen der Probennahmen, bieten (*in situ*-Fluoreszenz, Satellitenbilder, Sinkstoff-Fallen, chemische Daten). Sie liefern allerdings keine quantitativen Phytoplanktondaten, die in die bestehenden Datenbanken integriert werden können. Die Zusammenführung der unterschiedlichsten Daten in ein einheitliches System ist wissenschaftlich anspruchsvoll und wegen des erheblichen Aufwandes zurzeit nicht realisierbar. Als einzige alternative Methode würde das FlowCAM quantitative Daten auf Artebene liefern. Eine automatisierte Probengewinnung für das FlowCAM ist technisch jedoch anspruchsvoll und würde erhebliche Entwicklungsarbeit erfordern. Auch die regelmäßige Wartung könnte sich als sehr aufwändig und technisch kaum realisierbar herausstellen.

Weiterer Forschungsbedarf:

Trotz langjährigen Monitorings konnten verschiedene Fragen noch nicht geklärt werden, da die Datendichte nicht ausreichte. Eine zeitlich engere Probennahme würde eine bessere Erfassung der Blüten ermöglichen und damit der Lösung folgender Fragen dienen:

1.) Gibt es einen repräsentativen Jahresgang ?

Es ist immer noch nicht klar, ob die starken Unterschiede von Jahr zu Jahr real sind oder nur auf Nichterfassung einzelner Blüten in einzelnen Jahren beruhen (z.B. Fehlen von Frühjahrs- und Sommerblüten der Kieselalgen und von Herbstblüten der Dinoflagellaten im Jahre 2007).

2.) Gibt es Langzeit-Trends ?

Erst auf Grundlage von kompletten Jahrgängen der Biomasse kann man Jahresabschätzungen geben, die wiederum Voraussetzung für realistische Vergleiche zwischen den Jahren sind. Nur so kann man gesicherte Aussagen liefern, ob z.B. Kieselalgen zurückgehen und Flagellaten zunehmen. Aussagen zu Cyanobakterien-Trends erfordern integrierende Probennahmen bzw. Methoden.

3.) Ist das Phytoplankton ein guter Marker für Wasserkörper ?

Zeitlich und räumlich engabständige Probennahmen zusammen mit Strömungsmessungen ermöglichen Aussagen darüber, ob die Phytoplanktonzusammensetzung die einzelnen Wasserkörper und deren Transport gut charakterisiert. Ist das in zeitlich begrenzten Untersuchungen (z.B. in Projekten im Zusammenhang mit der Fehmarnbelt-Querung) nachgewiesen, können mittels einfacher mikroskopischer Betrachtungen Aussagen über Herkunft, Transport und Verbleib von bestimmten Wasserkörpern gemacht werden. Das funktioniert auch, wenn Salzgehalt und Temperatur wegen zu geringer Unterschiede versagen (vgl. HAJDU et al. 2006).

Zusammenfassung

Im Rahmen des HELCOM-Monitorings wurden Daten über die Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos des Jahres 2007 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 2006 aus dem Gotlandbecken vervollständigen saisonale Angaben zur Phytoplanktondynamik. Für die Stationen 012 und O22 wurden auch Phytoplanktonproben analysiert, die uns vom Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU) zur Verfügung gestellt wurden. Sie konnten aber wegen fehlender Stammkartendaten nicht in die ODIN-Datenbank des IOW eingelesen werden und sind deshalb in den Berechnungen für Tab. 5 und 6 nicht erfaßt, wurde aber handschriftlich in Abb. 4-6 eingetragen. Die Probenstatistik ist in Tab. 1 und eine spezielle Statistik der Zooplankton-Hols in Tab. 2 gezeigt.

Phytoplankton

Frühjahrsblüte: Die Entwicklung der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons begann in der Mecklenburger Bucht (Stat. 012), einschl. Lübecker Bucht (Stat. O22) Anfang März, also später als im extremen Jahr 2006. Diese frühe Phase wurde von *Chattonella verruculosa*, *Dictyocha speculum* und *Mesodinium rubrum* dominiert. Am 27.3.07 scheint die Blüte ihren Höhepunkt erreicht zu haben mit Biomassen von *Dictyocha speculum* in einer extremen Höhe von je 17893 mg m⁻³ und 12842 mg m⁻³ an den Stationen 012 und O22. Auch in der Kieler Bucht (Stat. 360) ist die Blüte mit Chlorophyll a-Konzentrationen von 30,6 mg m⁻³ zu dieser Zeit stark entwickelt. Die frühe *Dictyocha*-Blüte ist sehr ungewöhnlich. Normalerweise erscheint *Dictyocha* erst nach der sonst in diesem Seegebiet sehr kräftigen Kieselalgenblüte. Im Jahre 2007 scheint die Kieselalgenblüte ausgefallen bzw. von den Flagellaten verdrängt zu sein. Der Rückgang der

Kieselalgen ist ein Phänomen, das von WASMUND et al. (1998) speziell in der eigentlichen Ostsee bereits für die 1990er Jahre beschrieben wurde; die westliche Ostsee war bislang nicht betroffen. Eine relativ schwache Kieselalgenentwicklung fand aber dennoch statt, und zwar nach der *Dictyocha*-Blüte. Das ist sehr ungewöhnlich, denn sonst findet die Kieselalgenblüte in der Mecklenburger Bucht im März, also vor der *Dictyocha*-Blüte statt. Auch die Dinoflagellaten waren im Jahre 2007 in der westlichen Ostsee nur schwach entwickelt; auch sie erschienen nicht wie üblich nach den Kieselalgen, sondern vor den Kieselalgen (gemeinsam mit *Dictyocha*). Diese Umkehr der Sukzession ist zurzeit nicht zu erklären.

In der Arkonasee dürfte ebenfalls keine deutliche Kieselalgenentwicklung stattgefunden haben. Die Frühjahrsblüte konnte hier in den Proben nicht nachgewiesen werden, aber es deutet sich in der Bornholmsee Ende März eine Frühjahrsblüte an mit einer Chlorophyll-a-Konzentrationen von 7,2 mg m⁻³, die von *Mesodinium rubrum*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* cf. *wighamii* und unbestimmten Gymnodiniales dominiert wurde. Auch in der Bornholm- und Gotlandsee hat sich wieder eine moderate Kieselalgenentwicklung gezeigt. In der eigentlichen Ostsee scheint die gewohnte Sukzession von Kieselalgen zu Dinoflagellaten also noch intakt zu sein.

Sommerblüte: Eine sonst häufig beobachtete Sommerblüte aus Kieselalgen war wie schon im Jahre 2006 in der Mecklenburger Bucht nicht nachzuweisen; lediglich Anfang August trat *Proboscia alata* hier mit höheren Biomassen hervor. In der Arkonasee dominierten in den Sommerproben Cyanobakterien (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp., *Aphanocapsa* sp.) und Kieselalgen (*Chaetoceros impressus*, *Ch. danicus*, *Actinocyclus* sp., *Coscinodiscus radiatus*, und speziell am 4.8.07 *Proboscia alata*). Die Bornholm- und Gotlandsee war im Juli 2007 gekennzeichnet durch relativ hohe Anteile an Cyanobakterien (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp., *Cyanodictyon planctonicum*, *Aphanothece* spp., *Aphanocapsa* spp., *Pseudanabaena limnetica*). Darüber hinaus sind *Actinocyclus* spp., *Katablepharis remigera*, *Plagioselmis prolunga*, *Teleaulax* sp. und unbestimmte Gymnodiniales erwähnenswert.

Herbstblüte: Es ist erstaunlich, dass *Ceratium tripos* im Jahre 2007 in der westlichen Ostsee so schwach entwickelt war. Lediglich an Station 046 war es am 2.11.07 dominant. Erst zum Herbst entwickelten sich Kieselalgen in weiten Teilen der westlichen Ostsee stark, insbesondere *Proboscia alata*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Cerataulina pelagica* und *Actinocyclus* sp. Die starke Kieselalgenentwicklung im Herbst gleicht in der Jahresbilanz die schwache Kieselalgenentwicklung des Frühjahrs wieder aus. Auch in der Arkonasee waren Kieselalgen (*Dactyliosolen fragilissimus*, *Cerataulina pelagica*, *Coscinodiscus granii* und *Actinocyclus* sp.) im Herbst dominant. Erstaunlich ist der hohe Anteil an Cyanobakterien (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp.) und *Mesodinium rubrum* an Station 113 noch Ende Oktober. Die Herbstblüte wurde in der Bornholm- und Gotlandsee ausschließlich von Kieselalgen (*Coscinodiscus granii*, *Actinocyclus* sp., wahrscheinlich *Actinocyclus octonarius*) gebildet. An Station 271 wurde sie am 30.10.07 voll entwickelt angetroffen.

Die 10 bedeutendsten Phytoplanktonarten jeder Jahreszeit in den einzelnen Seegebieten sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Eine komplette Artenliste des Jahres 2007 einschl. saisonale Verbreitung ist in Tabelle 6 gezeigt.

Sedimentation: Die Sedimentation organischen Materials in der Gotlandsee konnte im Jahr 2006 über den ganzen Jahresverlauf ohne Ausfälle gemessen werden. Eine Phase erheblich verringerter Sedimentation im Juni/Juli könnte auf die zwischenzeitliche Ablagerung von Material an der Fallwand und den Transport in den Fangtrichter zu einem späteren Zeitraum hindeuten. Allerdings ist der Juni typischerweise der Monat mit den geringsten Raten und die Qualität des eingetragenen Materials unterscheidet sich in Bezug auf die Phytoplanktonzusammensetzung und die Elementverhältnisse derartig von den vorhergehenden und nachfolgenden Proben, dass die geringen Werte als realistisch angesehen werden müssen.

Wie in den Vorjahren trat die typische Trennung in drei qualitativ und quantitativ getrennte Sedimentationsperioden die unterschiedlichen Antriebsprozessen für die pelagische Produktion zuzuordnen sind, auch in diesem Jahr wieder auf. Das Sedimentationsmaximum im Frühjahr (März/April/Mai) kam etwas später und wurde fast ausschließlich von Diatomeen gebildet, wobei, anders als in den Vorjahren, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira levanderi*, *Achnantes taeniata* und Arten der Gattung *Chaetoceros* in fast gleichen Mengen auftraten.

Der Hauptexport von Silikat aus der Deckschicht fand fast nur im Frühjahr statt, wobei in diesem Sommer die Silikatflüsse durch auf Cyanobakterienaggregaten siedelnde Diatomeen der Art *Nitzschia paleacea* relativ gering ausfielen. Auch der Diatomeenanteil an der Herbstblüte lag sowohl in der mikroskopischen Beurteilung der Proben, wie auch bei der Messung der Silikatflüsse unter dem Durchschnitt.

Die Aggregate von Cyanobakterien (*Aphanizomenon* sp., *Nodularia spumigena*, *Anabaena* spp.) dominierten den vertikalen Transport von Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor in der Sommerperiode. Die Bedeutung dieser Stickstofffixierer zeigte sich wiederum durch die extrem niedrige isotopische Signatur des Stickstoffs in der Hauptsedimentationsphase im Juli/August.

Das spätherbstliche Sedimentationsmaximum war quantitativ weniger bedeutend als im Vorjahr. Es wurde von einem Gemisch verschiedener Diatomeen gebildet, wobei die Arten *Coscinodiscus granii* und *Actinocyclus octonarius*, sowie die Gattung *Chaetoceros*, den Bestand dominierten. In dieser Herbstphase (Oktober, November) traten ebenso die im Rest des Jahres nicht sehr abundanten kolonialen Cyanobakterien der Gattungen *Aphanothece*, *Coelosphaerium* und *Snowella* in etwas höheren Anteilen auf.

Die Gesamtsumme für den jährlichen Vertikalfluß lag für die einzelnen Elemente bei 270 mmol C, 33 mmol N (C/N=8,2), 107 mmol Si und 2,04 mmol P pro m² und Jahr. Der Massefluß betrug im Jahr 2006 28,5 g Trockenmaterial pro Jahr und war damit erheblich niedriger als in den Vorjahren.

Chlorophyll: Die Chlorophyll a-Daten sind in Tab. 7 dargestellt. Eine nach einzelnen Jahreszeiten separierte Langzeit-Analyse (Tab. 8) ergab eine Abnahme der Chlorophyll-Konzentrationen in der Mecklenburger Bucht und eine Zunahme in der Arkonasee und Bornholmsee in den Frühjahrswerten, während die Sommerwerte keinerlei Trend von 1979-2007 zeigten (Tab. 9, Fig. 14).

Mesozooplankton

Probenentnahme und -bearbeitung: Die Einschätzung des Jahres 2007 beruhte auf 121 WP-2 Netzproben (100µm Maschenweite, TSK-Durchflusszähler) aus jeweils möglichst drei Tiefenstufen. Die Beprobung erfolgte teilweise auf der Hin- und Rückfahrt, speziell zur Erfassung kurzfristiger Konzentrationsschwankungen bei Rotatorien und Cladoceren. Im Labor erfolgte, neben der bekannten Teilprobenanalyse, eine zusätzliche Durchmusterung der Gesamtprobe, um seltene Taxa erfassen zu können. Für ca. 500 Individuen pro Probe wurden zwischen 1/1 und 1/769, im Durchschnitt $1/21 \pm 1/6$ der Proben analysiert. So wurden pro taxonomische Gruppe zwischen 1 und 2588 Individuen gezählt, im Mittel 25 ± 82 .

Artenspektrum: Über die letzten neun Jahre betrachtet, wurden insgesamt 39 Taxa registriert, wobei die Anzahl in der zweiten Jahreshälfte etwas größer war, als in der ersten. 2007 wurde das Maximum im Juli beobachtet. Prinzipiell waren folgende Gruppen zu unterscheiden:

- Taxa, die im Vergleichszeitraum stets und ganzjährig präsent waren
- Taxa, mit ausgeprägtem Jahresgang wie *Bosmina* spp. und einige meroplanktische Larven
- vereinzelte Exemplare marinen bzw. limnetischen Ursprungs, die je nach Ein- und Ausstromsituationen in den Proben anzutreffen waren oder nicht, wie *Calanus finmarchicus*, oder *Limnocalanus macrurus*, sowie
- Gelegenheitsfunde, die vom Netz nicht quantitativ erfasst wurden, wie Ephyrastadien von *Aurelia aurita*

Situation im östlichen Gotlandbecken nach den Salzwassereinbrüchen von 2003: Mehrere kleinere Einstromereignisse in der Ostsee sorgte für kurzzeitig verbesserte Sauerstoffbedingungen dafür, dass die Abundanz des marinen Turbellars *Alaurina composita* gegenüber dem Vorjahr leicht zunahm (Faktor 10). Die Abundanz von *Oithona similis* blieb im gewohnten Bereich von etwas unter 100 Ind./m³. Zu einem völligen Ausfall, wie in den späten achtziger Jahren, ist es zurzeit noch nicht gekommen.

Mesozooplankton - Abundanzrückgang seit Anfang der neunziger Jahre: Der Rückgang in der Gesamtabundanz des Mesozooplanktons gegenüber der Periode in den frühen 90er Jahren hat sich in der Tendenz fortgesetzt. Dies wurde besonders durch die Rotatorien verursacht. Das kann als Indiz für eine rückläufige Eutrophierung in der offenen Ostsee angesehen werden, denn gerade Rotatorien werden als Indikator für diesen Effekt benutzt. Die adulten, calanoiden Copepoden erreichten 2007 wieder gewohnte Spitzenkonzentrationen von 27.000 Ind./m³.

Bosmina spp. Konzentrationen: Aufgrund der niedrigen Sommertemperaturen in der zentralen Ostsee von knapp 15°C blieb die maximale *Bosmina* spp. Konzentration mit 32.000 Ind./m³ gegenüber dem Vorjahr um das Zehnfache unter dem Vorjahreswert.

Mnemiopsis leidyi: Die Ausbreitung wurde 2007 vom IOW in der eigentlichen Ostsee und von finnischen Forschern bis in die Bottnischen und Finnischen Meerbusen dokumentiert. Des Weiteren war seitens des IOW ein Abundanz-Gradient festzustellen, mit höheren Werten in der Kieler Bucht und mit um ein bis zwei Größenordnungen geringeren Konzentrationen östlich der Darßer Schwelle. Die maximalen Abundanzen wurden vom IfM-GEOMAR mit 500 Ind./m³ im Juni in der Kieler Bucht registriert. Diese Zahlen entsprachen den Konzentrationen sowohl im Herkunftsgebiet vor Nordamerika als auch im Schwarzen Meer während der 80-er Jahre. Die Tiere

hier waren jedoch im Vergleich zu denen im Schwarzen Meer um das Dreifache kleiner, was der Literatur zufolge ein geringeres Reproduktionspotential zur Folge hat. Grundsätzlich ist die weitere Beobachtung von Ausbreitung und Bestandsentwicklung in Nordeuropäischen Gewässern erforderlich.

Makrozoobenthos

Das Makrozoobenthos-Monitoring umfasst die Analyse der Artenvielfalt, der Abundanz und der Biomasse der Organismen. Mit insgesamt 133 lag die Artenzahl der 9 offshore-Stationen im Jahr 2007 im Vergleich zu den Vorjahren im Durchschnitt. Allerdings muss betont werden, dass 2 zusätzliche Stationen in das Messprogramm aufgenommen wurden. Wertet man nur die 7 Stationen aus, die bereits seit Jahren im Monitoringprogramm untersucht werden, so wurden 108 Arten gefunden. Das ist die zweithöchste Artenzahl die jemals seit Auflegung des Monitoringprogrammes gefunden wurde. Nur im Jahr 2006 wurden mit 114 noch mehr Arten festgestellt. Das ist als ein deutliche Regenerationszeichen insbesondere der westlichen, in den Jahren 2002 und 2005 vom Sauerstoffmangel betroffenen Stationen (010, 012, 018), zu werten. Mit *Aporrhais pespelecani* und *Buccinum undatum* konnten unter anderem zwei im Gebiet sehr selten zu beobachtende Großschnecken an den Monitoringstationen lebend nachgewiesen werden. Vermutlich führten unünstige Salzverhältnisse zum Zusammenbrechen der im Jahre 2006 noch dominant auftretenden Kleinen Pfeffermuschel *Abra alba* und Schlangensterne *Ophiura albida* in der Kieler 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. Erst in den letzten 3 Jahren wird eine leichte Zunahme der Gesamtabundanz beobachtet. Die Faunenzusammensetzung hat sich im Laufe der Jahre mehr zu Arten verschoben, die organisch angereicherte Sedimente bevorzugen (z.B. *Lagis koreni*). In der Arkonasee zeigte die makrozoobenthische Besiedlung Abnahmen bei allen bewerteten Faktoren (Abundanz, Biomasse, Artenzahl und Diversität). Es kann nur vermutet werden, dass niedrige Sauerstoffverhältnisse im Jahr 2007 zur Reduktion geführt haben. Am Tag der Probennahme waren diese jedoch nicht mehr festzustellen. Die nördliche Pommernbucht weist seit Jahren stabile Verhältnisse bezüglich der Besiedlung durch das Makrozoobenthos auf. Es wurden leichte Abnahmen der Biomasse und der Abundanz beobachtet. Die Bornholmsee zeigte wegen fehlendem Sauerstoff im Becken (90 m Wassertiefe) keine Besiedlung mit Makrozoobenthos.

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 2006 together with physico-chemical data in order to continue the time series which exists since 1979. Data from sediment traps deployed in 2006 in the Gotland Basin give information on particle dynamics. Also satellite data are used to trace the phytoplankton bloom development. The phytoplankton data are supplemented by data gained from additional samples (stations 012 and O22) taken by Landesamt für Natur und Umwelt of the German country Schleswig-Holstein (LANU), but these data were not imported into the ODIN data bank of IOW and therefore not involved in the calculations for Tables 5 and 6. They

are, however, inserted into Figs. 4-6. A sample statistics is shown in Table 1 and a special statistics of the zooplankton net hauls is presented in Table 2.

Phytoplankton

Spring bloom: The development of the spring bloom of the phytoplankton started in Mecklenburg Bight (Stat. 012), including Lübeck Bight (Stat. O22) in early March, i.e. later than in the extreme year 2006. This start phase was dominated by *Chattonella verruculosa*, *Dictyocha speculum* and *Mesodinium rubrum*. The bloom reached a peak on 27.3.07 with extremely high biomasses of *Dictyocha speculum* of 17893 mg m⁻³ and 12842 mg m⁻³ at Stat. 012 and O22, respectively. Also in Kiel Bight (Stat. 360), the bloom was strong at that time, with chlorophyll-*a* concentrations of 30,6 mg m⁻³. This early *Dictyocha*-bloom is unusual. Normally, *Dictyocha* appears only after the diatom bloom, which should be strong in the western Baltic. However, the diatom bloom could not develop in 2007, probably because of competition by the flagellates. The decrease in spring diatoms is a phenomenon which was described by WASMUND et al. (1998) for the Baltic Proper in the 1990s. A relatively weak diatom growth occurred after the *Dictyocha*-bloom. Also the dinoflagellates were only weakly developed in the western Baltic in 2007; also they did not appear as usual after the diatoms but before the diatoms, together with *Dictyocha*. This reverse of the common succession cannot be explained recently.

Also in the Arkona Sea, no significant diatom bloom could be found. A spring bloom, confirmed by a chlorophyll-*a*-concentration of 7,2 mg m⁻³, occurred in the Bornholm Sea. It was dominated by *Mesodinium rubrum*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* cf. *wighamii* and unidentified Gymnodiniales. Also in the Gotland Sea, a moderate diatom growth could be proved. Hence, the common succession from diatoms to dinoflagellates is still intact in the Baltic Proper.

Summer bloom: A summer bloom of diatoms, frequently noticed in Mecklenburg Bight in the past, could not be found there in 2007. Only in early August, higher biomass of *Proboscia alata* occurred for a short while. In the Arkona Sea, the summer phytoplankton was dominated by cyanobacteria (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp., *Aphanocapsa* sp.) and diatoms (*Chaetoceros impressus*, *Ch. danicus*, *Actinocyclus* sp., *Coscinodiscus radiatus*, and particularly on 4.8.07 *Proboscia alata*). In the Bornholm and Gotland Sea, the typical high biomass of cyanobacteria (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp., *Cyanodictyon planctonicum*, *Aphanothece* spp., *Aphanocapsa* spp., *Pseudanabaena limnetica*) was found in July 2007. Moreover, *Actinocyclus* spp., *Katablepharis remigera*, *Plagioselmis prolunga*, *Teleaulax* sp. and unidentified Gymnodiniales are worth mentioning.

Autumn bloom: Diatoms developed in the western Baltic in autumn, especially *Proboscia alata*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Cerataulina pelagica* and *Actinocyclus* sp. Astonishingly, *Ceratium tripos* was poorly developed in 2007. Only at station 046, it was dominant on 2.11.07. The strong diatom development in autumn compensated the weak occurrence in spring in the annual balance. Also in the Arkona Sea, diatoms (*Dactyliosolen fragilissimus*, *Cerataulina pelagica*, *Coscinodiscus granii* and *Actinocyclus* sp.) were dominant in autumn. The high share of cyanobacteria (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp.) and *Mesodinium rubrum* at Station OMBMPK5 at the end of October was unusual. The autumn bloom in the Bornholm and Gotland Sea was exclusively formed

by diatoms (*Coscinodiscus granii*, *Actinocyclus* sp., probably *Actinocyclus octonarius*). At Station 271, this bloom was fully developed on 30.10.07.

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 2007, including a seasonal indicator, is given in Table 6.

Sedimentation: The sedimentation of organic material could be recorded in 2006 over the whole year without a loss of samples. A short phase of reduced sedimentation in June could be due to an intermediate deposition of material at the funnel slopes and the consecutive transport into the sample container in a later phase. On the other hand the month of June is generally the period with the lowest rates and the quality of the deposited material in terms of phytoplankton species and elemental composition is so much distinct from preceding and subsequent material, that the rates have to be seen as realistic.

This year again displayed the typical separation in three qualitatively and quantitatively different sedimentation periods related to the seasonal difference in physical and biological drivers for the vertical particle flux. The spring sedimentation maximum (March/April/May) set in later than usual and was formed exclusively by diatoms, where, different from the preceding years, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira levanderi*, *Achnantes taeniata* and species of the genus *Chaetoceros* occurred in similar amounts.

The main export of silica out of the surface mixed layer was more or less restricted to the spring season, as during this summer the silica fluxes due to the diatom *Nitzschia paleacea*, that grows on cyanobacterial aggregates were comparatively low. The fraction of diatoms in the autumn maximum and the corresponding vertical silica flux was as well below the long term mean for this season.

Aggregates of cyanobacteria (*Aphanizomenon* sp., *Nodularia spumigena*, *Anabaena* spp.) dominated the vertical transport of carbon, nitrogen and phosphorus in the summer period. The significance of these nitrogen-fixing organisms was reflected in the extremely low isotopic signal of nitrogen during the main sedimentation phase in July/August.

The sedimentation maximum in late autumn was quantitatively less relevant than in the previous year. It was formed by a mix of different diatoms with *Coscinodiscus granii* and *Actinocyclus octonarius* and the genus *Chaetoceros* dominating the composition. During this phase (October, November) species of the colonial cyanobacteria *Aphanothece*, *Coelosphaerium* and *Snowella*, which were not very abundant over the rest of the year, occurred in higher proportions.

The total annual flux for the single elements amounted to 270 mmol C, 33 mmol N (C/N=8,2), 107 mmol Si and 2,04 mmol P per m² and year. With 28.5 g dry material the mass flux was considerable lower than in the previous years.

Chlorophyll: The chlorophyll *a* data from the surface water are shown in Table 7. If the seasons (Table 8) were analysed separately, the spring data revealed long-term trends, but not the summer data (Table 9, Fig. 14). The spring data were decreasing in Mecklenburg Bight but increasing in the Arkona Sea and the Bornholm Sea from 1979 to 2007.

Mesozooplankton

Sampling and sampling treatment: The assessment based on 121 WP-2 Net samples (100µm mesh size, TSK-flow meter) in 2007, collected on eight stations between Kiel Bight and the Eastern Gotland Basin. If possible in three depth levels were considered depending on vertical thermohaline stratification. Mostly, sampling was performed two times per cruise on the same stations with regard to the short-term variability, especially of rotifers and cladocerans. Laboratory analysis covered sub-sampling techniques and a final check of the entire sample in order to find seldom specimen. Sub-sample volumes ranged between 1/1 und 1/769 of the total sample, in average $1/21 \pm 1/6$. Between 1 and 2588 individuals per taxon were counted, in average 25 ± 82 .

Species spectrum: Thirty nine taxa were recorded in total during the last nine years with higher amounts in the second halves of the years. The maximum in 2007 was observed in July. The following groups were principally to distinguish:

- Species which were permanently present in the assessment period and round the year,
- Taxa with typical seasonal patterns, like *Bosmina* spp. and some meroplanktonic larvae
- Occasionally occurring taxa of marine and limnetic origin, depending on inflow and outflow conditions, for example *Calanus finmarchicus* and *Limnocalanus macrurus*, and
- Some larger species, which were occasionally collected, like ephyrea of *Aurelia aurita*, and juvenile *Mnemiopsis leidyi*.

Situation in the Eastern Gotland Basin after the last salt water influx in 2003: The occurrence of the marine species *Oithona similis* below the halocline in the central Gotland basin is an indication for higher saline water in combination with oxygenated conditions. There were still abundances up to 40 ind./m³ in 2007, despite of missing larger salt water inflows. In longer stagnation periods, like in the late nineteen eighties / beginning nineteen nineties, the species was totally missed.

Smaller maxima of mesozooplankton – abundance since the 1990s: We observed a negative tendency in the maximum values of the total abundance by >50% (in 2007) and by 70% (2005) in comparison to the period of the early 1990s. A special decrease was recorded in the maximum abundance of rotifers - a taxon which stands for eutrophication - by nearly two orders of magnitude.

Concentrations of *Bosmina* spp. – constituent of the food spectrum of small pelagic fishes: The maximum *Bosmina* spp. abundance of 32,000 ind./m³ remained below the concentration of the previous year by one order of magnitude due to the low summer temperature of less than 15°C in the central Baltic Sea in 2007. It was the second lowest value since 1991.

Mnemiopsis leidyi – the invasive ctenophore in the Baltic Sea: This ctenophora over wintered in Kiel Bight and in Mecklenburg Bight with up to 5 ind./m³, and below the halocline in the Baltic proper with less than 1 ind./m³. In January 2007 reproduction was observed. Again, offsprings were recorded in the western Baltic Sea from June/ July. The spreading up to the Gulfs of Finland and Bothnia was recorded by Finish scientists in 2007. Further, there was a clear gradient from west to east, with higher concentrations in Kiel Bight. The abundance was smaller by two orders of magnitude east of Darss sill. Maximum abundances of 500 ind./m³ in Kiel Bight in June, reported by IfM-GEOMAR, were in the range of those in the native areas of North America as well as those

of the Black Sea in the nineteen eighties. However, *M. leidy* in the Baltic Sea remained smaller by a factor of three in comparison to the Black Sea, which is positively correlated with the reproduction potential according to the literature. We still recommend monitoring of the situation especially in respect of adaptation capacity and a match and mismatch in the food web in Northern European waters.

Macrozoobenthos

Macrozoobenthos analyses comprised species composition, their abundance and their biomass. Whereas 7 stations were sampled during the last decades, 2 additional stations were included in the monitoring programme since 2006. One “new” station is situated within the Kiel Bight with high salinity (18 psu) and showed with 77 species the highest taxonomical diversity. The other represents the central Pomeranian Bay with its low salinity (8 psu) and was colonised by 23 species. The 108 species for 7 “old” stations (133 at all 9 stations respectively) found in the macrozoobenthos in 2007 mark the second highest diversity during the last 17 years at the monitoring stations sampled by the IOW (Fig. 13). After the quick recovery following the oxygen depletions in 2002 and 2005 in the western Baltic (Stat. 010, 012 and 018) the benthic communities reached highest species numbers in 2006 and 2007. Favourable salinity and oxygen conditions in 2006 allowed a rapid recolonisation of the western Baltic during 1 year. Probably due to a decrease of salinity in 2007 some marine species like the bivalve *Abra alba* and the brittle star *Ophiura albida*, dominant in the previous year at the westernmost stations, decreased as well. With the whelk *Buccinum undatum* and the common pelican foot *Aporrhais pespelecani* two very rare species of the Baltic Sea were recorded. Furthermore the bivalve *Macoma calcarea*, threatened with extinction in German waters, was found in the Kiel Bight in low abundance. At the Darss Sill (Stat. 030) the species number was comparable with the years before. Otherwise, a strong negative trend in abundance and biomass is to be observed since the beginning of the 1990ies. The main causes are the disappearance or decline of *Hydrobia ulvae* and *Pygospio elegans*. No reasons for this observations could be stressed. During the last years the community had a little bit changed to more species which prefer organic rich sediments (e.g. *Lagis koreni*). Only within the last 3 years a slight increase both in total abundance and biomass could be observed. In the central Arkona Sea the values (species number, abundance and biomass) decreased in comparison with the previous years. Low oxygen values in bottom near waters during the year 2007 will expected. But in respect to historical data both the species number and the abundance/biomass are increased. The northern Pomeranian Bay (Stat. 152) shows since several years relatively stable conditions in respect to colonisation by macrozoobenthos. Slight increase of biomass and abundance could be observed. The Bornholm Sea (Stat. 213) was characterised by no oxygen and a complete defaunation in 2007.

Danksagung

Die Autoren danken den am Ostseeüberwachungsprogramm beteiligten Mitarbeitern des Instituts für Ostseeforschung, insbesondere den mit der Probengewinnung und -bearbeitung betrauten Kolleginnen und Kollegen BÄRBEL BUUK, SUSANNE BUSCH, INES GLOCKZIN, REGINA HANSEN, UWE HEHL, IRIS LISKOW, ANNELI POSTEL, DORIS SETZKORN, INA TOPP sowie den bei der Datenbearbeitung engagierten Kolleginnen und Kollegen Dr. STEFFEN BOCK, JAN DONATH, SABINE FEISTEL, MONIKA GERTH, ANNETT GRÜTTMÜLLER und SOLVEI HÖLZEL. Die meteorologisch-hydrographischen sowie chemischen Daten wurden uns von Dr. RAINER FEISTEL

und Dr. GÜNTHER NAUSCH zur Verfügung gestellt. Den Kapitänen und Besatzungen der Forschungsschiffe „ALKOR“ und „Professor Albrecht Penck“ sowie den Fahrleitern sei gedankt für die Unterstützung während der Messfahrten. Lücken in unserer Probennahme-Datenreihe konnten geschlossen werden durch zusätzliche Proben, die uns von JEANNETTE GÖBEL (Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein) zur Verfügung gestellt wurden. Dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie gebührt Dank für die Finanzierung des vom Institut für Ostseeforschung durchgeführten Monitoring sowie für vielfältige logistische und administrative Unterstützungen.

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 Checklist 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.
- EKDAHL, E.J., TERANES, J.L., GUILDERSON, T.P., TURTON, C.L., MCANDREWS, J.H., WITTKOP, C.A., AND EUGENE F. STOERMER, E.F., 2004: Prehistorical record of cultural eutrophication from Crawford Lake, Canada. – *Geology* **32** (9):745–748.
- FLEMING, V., KAITALA, S., 2007: Phytoplankton spring bloom biomass in the Gulf of Finland, Northern Baltic Proper and Arkona Basin in 2006. HELCOM Indicator Fact Sheets 2006. http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2006/en_GB/springbloom/

- FLÖBNER, D., 1972: Die Tierwelt Deutschlands 60. Teil. Krebstiere Crustacea. Kiemen- und Blattfüßer, Branchiopoda Fischläuse, Branchiura. VEB Gustav Fischer Verlag Jena. 501 pp.
- GOROKHOVA E., HANSSON S., HÖGLÄNDER H., ANDERSEN CM., 2005: Stable isotopes show food web changes after invasion by the predatory cladoceran *Cercopagis pengoi* in a Baltic Sea bay. – *Oecologia* **143**(2): 251-259.
- GOSSELCK, F., ARLT, G., BICK, A., BÖNSCH, R., KUBE, J., SCHROEREN, V., VOSS, J. (1996): Rote Liste und Artenliste der benthischen wirbellosen Tiere des deutschen Meeres- und Küstenbereichs der Ostsee. Schr.-R. Landschaftspfl. Natursch. 48: 41-51
- HAJDU, S., OLENINA, I., WASMUND, N., EDLER, L., WITEK, B., 2006: Unusual phytoplankton events in 2005. HELCOM/MONAS Indicator Fact Sheet. http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2006/en_GB/phyto
- HANSSON, H.G., 2006: Ctenophores of the Baltic and adjacent Seas – the invader *Mnemiopsis* is here! – *Aquatic Invasions* **1**: 295-298
- HANSSON, S., HJERNE, O., HARVEY, C., KITCHELL, J.F., COX, S.P., ESSINGTON, T.E., 2007: Managing Baltic Sea fisheries under contrasting production and predation regimes: ecosystem model analyses. – *Ambio* **36**(2-3): 259-265
- 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, 1988: Guidelines for the Baltic Monitoring Programme for the Third Stage; Part D. Biological Determinants. *Baltic Sea Environmental Proceedings* **27**, Helsinki Commission
- 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, 2007: Manual for marine monitoring in the COMBINE programme of HELCOM, Part C. – Internet, updated 2007: http://www.helcom.fi/groups/monas/CombineManual/AnnexesC/en_GB/
- HÖGLÄNDER, H., 2006: Reports on the Conditions of the Coastal and Off Shore Waters of the Baltic Proper. Information No 8/06 – County Administrative Board of Stockholm.

<http://www.infobaltic.se>

- HOLFORT, J., 2006: Jahresbericht der Eissaison 2005/2006. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. Hamburg, Rostock.
- JAANUS, A., ANDERSSON, A., HAJDU, S., HUSEBY, S., JURGENSONE, I., OLENINA, I., WASMUND, N., TOMING, K., 2007: Shifts in the Baltic Sea summer phytoplankton communities in 1992-2006. HELCOM/MONAS Indicator Fact Sheet.
http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2007/en_GB/Phytoplankton/
- JAVIDPOUR, J., SOMMER, U. AND SHIGANOVA, T., 2006: First record of *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz 1865 in the Baltic Sea. – *Aquatic Invasions* **1**: 299-302
- JOSEFSON, A.B., 1996: Macrozoobenthos. In: Third Periodic Assessment of the State of the Marine Environment of the Baltic Sea, 1989-1993. – *Baltic Sea Environment Proceedings* **64B**, Helsinki Commission: 123-127
- JGOFS, 1993: Core measurement protocol. - Scientific Committee on Oceanic Research, Bergen (JGOFS Rep. No. **6**).
- KUBE, S. POSTEL, L., HONNEF, C., AUGUSTIN, C.B., 2007 a: *Mnemiopsis leidyi* in the Baltic Sea – distribution and overwintering between autumn 2006 and spring 2007. – *Aquatic Invasions* **2** (2): 137-146 (URL: <http://www.aquaticinvasions.ru>)
- KUBE, S., HAMMER, C., ZIMMERMANN, C., SOMMER, U., JAVIDPOUR, J., CLEMMESSEN, C., BOERSMA, M., POSTEL, L., 2007 b. Die Invasion der räuberischen Rippenqualle *Mnemiopsis leidyi* in der Ostsee (The invasion of the carnivorous ctenophore *M. leidyi* in the Baltic Sea). Final Report. Leibniz Institute of Baltic Sea Res.: 50pp.
- 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.
- LEPPÄNEN, J.-M., RANTAJÄRVI, E., 1995: Unattended recording of phytoplankton and supplemental parameters on board merchant ships - an alternative to the conventional algal monitoring programmes in the Baltic Sea. In: Lassus, P., Arzul, G., Erard, E., Gentien, P., Marcaillone, C. (eds.): Harmful Marine Algal Blooms. pp. 719-724. Lavoisire Science Publishers, Paris.
- LORENZEN, C.J., 1967: Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations. – *Limnology and Oceanography*, **12**, 343-346.

- MÖLLMANN, C., KORNILOVS, G., FETTER, M., KÖSTER, F. W., 2005: Climate, zooplankton and pelagic fish growth in the Central Baltic Sea. – ICES Journal Marine Science **62**: 1270-1280
- NAUSCH, G., FEISTEL, R., LASS, H.U., NAGEL, K., SIEGEL, H., 2008: Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2007. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **72**, 1-91.
- 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.
- POLLUMÄE, A., VÄLJATAGA, K., 2004: *Cercopagis pengoi* (Cladocera) in the Gulf of Finland: environmental variables affecting its distribution and interaction with *Bosmina coregoni* maritima. – Proc. Estonian Acad.Sci. Biol. Ecol., **53**: 276-282.
- POSTEL, L., KUBE, S. 2008. A Matter of Time and Temperature: The Spread of *Mnemiopsis leidyi*. ICES Insight, **45**: 16-19 (September 2008).
- RACHOR, E. BÖNSCH, R., BOOS, K., GOSSELCK, F., GROTHJAHN, M., GÜNTHER, C.-P., GUSKY, M., GUTOW, L., HEIBER, W., JANTSCHIK, P., KRIEG, H.-J., KRONE, R., NEHMER, P., REICHERT, K., REISS, H., SCHRÖDER, A., WITT, J., ZETTLER, M.L. (2008): Rote Liste der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere. (in Bearbeitung)
- 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.
- UTERMÖHL, H., 1958: Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. – Ass. intern. Limnol. théor., **9**, 1-38.
- WASMUND, N., 2007: Cyanobakterienentwicklung in der Ostsee. – GWF Wasser Abwasser **148**, Nr. 7-8: 543-547.
- 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: Der biologische Zustand der Ostsee im Jahre 1999 auf der Basis von Phytoplankton- und Zooplanktonuntersuchungen. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **43**, 1-65.
- WASMUND, N., NAUSCH, G., MATTHÄUS, W., 1998 b: Phytoplankton spring blooms in the southern Baltic Sea – spatio-temporal development and long-term trends. - J. Plankton Res., **20**, 1099-1117.
- WASMUND, N., NAUSCH, G., SCHNEIDER, B., NAGEL, K., VOSS, M., 2005 b: Comparison of nitrogen fixation rates determined with different methods: a study in the Baltic Proper. - Mar. Ecol. Prog. Ser. **297**, 23-31.
- 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 a: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2004. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **64**, 1-78.
- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L. 2006 a: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2005. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **69**, 1-78.
- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L. 2007: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2006. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **71**, 1-82.
- WASMUND, N., TOPP, I., SCHORIES, D. 2006 b: 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, VOß, J., ZETTLER, M.L. 2005: Ostsee: Makrozoobenthos. In: Messprogramm Meeresumwelt: Zustandsbericht 1999-2002 für Nord- und Ostsee. Hamburg, Rostock: Bundesamt f. Seeschifffahrt u. Hydrographie (Bund-Länder-Messprogramm Meeresumwelt; **4**), 243-259.
- ZETTLER, M.L., BÖNSCH, R., GOSSELCK, F., 2000: Das Makrozoobenthos der Mecklenburger Bucht – rezent und im historischem Vergleich. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **42**, 1-144.
- ZETTLER, M.L., FRANKOWSKI, J., RÖHNER, M., 2006: Long term changes of macrozoobenthos in the Arkona Basin (Baltic Sea). – Boreal Environmental Research **11**: 247-260.
- ZETTLER, M.L., SCHIEDEK, D., BOBERTZ, B., 2007: Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. – Marine Pollution Bulletin **55**: 258-270.
- ZETTLER, M.L., SCHIEDEK, D., GLOCKZIN, M. 2008: Chapter 17: Zoobenthos. In: Feistel, R., Nausch, G., Wasmund, N. (eds.) State and Evolution of the Baltic Sea, 1952 – 2005. A Detailed 50-Year Survey of Meteorology and Climate, Physics, Chemistry, Biology, and Marine Environment. John Wiley & Sons, Hoboken: 517-541
- 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 mesoskaliger Strom- und Massfelder im Ozean (On numerical vorticity analysis of mesoscale current and mass fields in the ocean)
- 4 (1992) Lemke, Wolfram; Lange, Dieter; Endler, Rudolf (Eds.):
Proceedings of the Second Marine Geological Conference – The Baltic, held in Rostock from October 21 to October 26, 1991
- 5 (1993) Endler, Rudolf; Lackschewitz, Klas (Eds.):
Cruise Report RV "Sonne" Cruise SO82, 1992
- 6 (1993) Kulik, Dmitri A.; Harff, Jan:
Physicochemical modeling of the Baltic Sea water-sediment column: I. Reference ion association models of normative seawater and of Baltic brackish waters at salinities 1–40 ‰, 1 bar total pressure and 0 to 30 °C temperature
(system Na–Mg–Ca–K–Sr–Li–Rb–Cl–S–C–Br–F–B–N–Si–P–H–O)
- 7 (1994) Nehring, Dietwart; Matthäus, Wolfgang; Lass, Hans Ulrich; Nausch, Günther:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1993
- 8 (1995) Hagen, Eberhard; John, Hans-Christian:
Hydrographische Schnitte im Ostrandstromsystem vor Portugal und Marokko 1991 - 1992
- 9 (1995) Nehring, Dietwart; Matthäus, Wolfgang; Lass, Hans Ulrich; Nausch, Günther; Nagel, Klaus:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1994
Seifert, Torsten; Kayser, Bernd:
A high resolution spherical grid topography of the Baltic Sea

- 10** (1995) Schmidt, Martin:
Analytical theory and numerical experiments to the forcing of flow at isolated topographic features
- 11** (1995) Kaiser, Wolfgang; Nehring, Dietwart; Breuel, Günter; Wasmund, Norbert; Siegel, Herbert; Witt, Gesine; Kerstan, Eberhard; Sadkowiak, Birgit:
Zeitreihen hydrographischer, chemischer und biologischer Variablen an der Küstenstation Warnemünde (westliche Ostsee)
Schneider, Bernd; Pohl, Christa:
Spurenmittelkonzentrationen vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns
- 12** (1996) Schinke, Holger:
Zu den Ursachen von Salzwassereinbrüchen 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 Trübezzone der Mecklenburger Bucht unter besonderer Betrachtung der Stoffdynamik bei Schwermetallen
- 21** (1997) Zülicke, Christoph; Hagen, Eberhard:
GOBEX Report - Hydrographic Data at IOW
- 22** (1997) Lindow, Helma:
Experimentelle Simulationen windangeregter dynamischer Muster in hochauflösenden numerischen Modellen
- 23** (1997) Thomas, Helmuth:
Anorganischer Kohlenstoff im Oberflächenwasser der Ostsee
- 24** (1997) Matthäus, Wolfgang; Nehring, Dietwart; Lass, Hans Ulrich; Nausch, Günther; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1996

- 25 (1997) v. Bodungen, Bodo; Hentzsch, Barbara (Herausgeber):
Neue Forschungslandschaften und Perspektiven der Meeresforschung - Reden und Vorträge zum Festakt und Symposium am 3. März 1997.
- 26 (1997) Lakaschus, Sönke:
Konzentrationen und Depositionen atmosphärischer Spurenmetalle an der Küstenstation Arkona
- 27 (1997) Löffler, Annkatrin:
Die Bedeutung von Partikeln für die Spurenmetallverteilung 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 Litorinatrangression
- 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; Weinreben, Stefan; Diesterheft, Henry; Iita, Aina; Filipe, Vianda; Sangolay, Bomba-Bazik; Kreiner, Anja; Hashoongo, Victor; da Silva Neto, Domingos:
Data report of R/V "Poseidon" cruise 250 ANDEX'1999
- 41 (2000) v. Bodungen, Bodo; Dannowski, Ralf; Erbguth, Wilfried; Humborg, Christoph; Mahlburg, Stefan; Müller, Chris; Quast, Joachim; Rudolph, K.-U.; Schernewski, Gerald; Steidl, Jörg; Wallbaum, Volker:
Oder Basin - Baltic Sea Interactions (OBBSI): Endbericht
- 42 (2000) Zettler, Michael L.; Bönsch, Regine; Gosselck, Fritz:
Verbreitung des Makrozoobenthos in der Mecklenburger Bucht (südliche Ostsee) - rezent und im historischen Vergleich
- 43 (2000) Wasmund, Norbert; Alheit, Jürgen; Pollehne, Falk; Siegel, Herbert:
Der biologische Zustand der Ostsee im Jahre 1999 auf der Basis von Phytoplankton- und Zooplanktonuntersuchungen
- 44 (2001) Eichner, Christiane:
Mikrobielle Modifikation der Isotopensignatur des Stickstoffs in marinem partikulären Material
- 45 (2001) Matthäus, Wolfgang; Nausch, Günther (Editors):
The hydrographic-hydrochemical state of the western and central Baltic Sea in 1999/2000 and during the 1990s
- 46 (2001) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2000
- 47 (2001) Lass, Hans Ulrich; Mohrholz, Volker; Nausch, Günther; Pohl, Christa; Postel, Lutz; Rüß, Dietmar; Schmidt, Martin; da Silva, Antonio; Wasmund, Norbert:
Data report of R/V "Meteor" cruise 48/3 ANBEN'2000
- 48 (2001) Schöner, Anne Charlotte:
Alkenone in Ostseesedimenten, -schwebstoffen und -algen: Indikatoren für das Paläomilieu?

- 49 (2002) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2001
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Ostsee-Monitoring - Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2001
- 50 (2002) Manasreh, Riyad:
The general circulation and water masses characteristics in the Gulf of Aqaba and northern Red Sea
- 51 (2002) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2001
- 52 (2002) Reißmann, Jan Hinrich:
Integrale Eigenschaften von mesoskaligen Wirbelstrukturen in den tiefen Becken der Ostsee
- 53 (2002) Badewien, Thomas H.:
Horizontaler und vertikaler Sauerstoffaustausch in der Ostsee
- 54 (2003) Fennel, Wolfgang; Hentzsch, Barbara (Herausgeber):
Festschrift zum 65. Geburtstag von Wolfgang Matthäus
- 55 (2003) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2002
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2002
- 56 (2003) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2002
- 57 (2004) Schernewski, Gerald; Dolch, Tobias (Editors):
The Oder estuary against the background of the European Water Framework Directive
- 58 (2004) Feistel, Rainer; Nausch, Günther; Matthäus, Wolfgang; 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
- 70** (2007) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2006
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2006
- 71** (2007) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2006
- 72** (2008) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Umlauf, Lars; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2007
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2007

73 (2008) Telesh, Irena; Postel, Lutz; Heerkloss, Reinhard; Mironova, Ekaterina;
Skarlato, Sergey:
Zooplankton of the Open Baltic Sea: Atlas