

Meereswissenschaftliche Berichte

MARINE SCIENCE REPORTS

No. 78

Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2008

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
2009**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abstract	5
Kurzfassung	6
1. Einleitung	7
2. Material und Methoden	9
2.1 Beprobungs-Strategie	9
2.2 Phytoplankton	12
2.3 Algenpigmente	12
2.4 Mesozooplankton	13
2.5 Makrozoobenthos	15
2.6 Sedimentation	16
2.7 Qualitätssicherung	17
3. Ergebnisse	18
3.1 Phytoplankton	18
3.1.1 Satellitengestützte Darstellung der raum-zeitlichen Phytoplanktonentwicklung	18
3.1.2 Jahresgang von Artenzusammensetzung und Biomasse	21
3.1.2.1 Frühjahrsblüte	23
3.1.2.2 Sommerblüte	27
3.1.2.3 Herbstblüte	27
3.1.3 Jahresgang und Trend der Chlorophyll a – Konzentration	34
3.1.4 Sedimentation	39
3.2 Mesozooplankton	44
3.2.1 Artenspektrum	44
3.2.2 Situation im östlichen Gotlandbecken nach den Salzwassereinbrüchen von 2003	48
3.2.3 Zooplankton-Abundanzrückgang seit Anfang der neunziger Jahre	50
3.2.4 <i>Bosmina</i> spp., <i>Cercopagis pengoi</i> und das Nahrungsnetz	53
3.2.5 Invasive Arten: <i>Mnemiopsis leidyi</i> – und andere	54
3.3 Makrozoobenthos	55
Zusammenfassung	77
Summary	81
Danksagung	85
Literaturverzeichnis	85

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 2008.

The phytoplankton spring bloom in Mecklenburg Bight in March 2008 was mainly composed of *Dictyocha speculum* and diatoms. Thus the finding of 2007 (early *Dictyocha* bloom and suppressed diatom and dinoflagellate growth) repeated in a more moderate form. In the eastern Mecklenburg Bight and in the Arkona Sea, *Mesodinium rubrum* and *Skeletonema costatum* dominated at the end of March. During and after the spring bloom, *Chrysochromulina* spp. developed exceptionally. It formed a bloom, together with *Peridiniella catenata*, in the Eastern Gotland Sea. A diatom summer bloom was found in Lübeck Bight. A cyanobacteria bloom appeared in the Baltic Proper in July (see also satellite images). In autumn, the typical combined *Ceratium*/diatom bloom developed in Mecklenburg bight, but a *Coscinodiscus* bloom in the Arkona and Bornholm Seas.

Chlorophyll a data revealed a decreasing trend from 1979-2008 in Mecklenburg Bight but an increase in the Arkona and Bornholm Seas if only the spring data were considered. Summer and autumn data increased only in the Eastern Gotland Sea.

Data of sedimentation in the Gotland Basin in 2007 showed a vertical flux of 585 mmol C, 70 mmol N, 221 mmol Si and 2.3 mmol P per m² and year. With 43.9 g a⁻¹ dry material the mass flux was considerable higher than in the previous year (28.5 g a⁻¹). Bulk sedimentation of organic matter throughout the spring phase exceeded that of the previous year by 40 %. Summer sedimentation of material based on nitrogen fixation decreased in comparison to the long term values. Autumn rates showed an increase.

The number of mesozooplankton taxa amounted to 41 in the last 10 years. The maximum in 2008 was found in July/August. The abundance of *Oithona similis*, an indicator for higher saline water, declined to nearly zero in the Gotland Sea, caused by a narrowing of its habitat layer of oxygenated water with adequate salinity from 160 m to 30 m. The long-term decrease in maximum abundance since the 1990s, especially in rotifers, continues. The maximum abundance of *Bosmina* spp. was lower than expected from its temperature preference.

The 109 species found in the macrozoobenthos in 2008 mark a medium diversity during the last 18 years at the monitoring stations sampled by the IOW. The re-deficit of oxygen (also in 2002 and 2005), which effected the deep areas of the Fehmarnbelt and Mecklenburg Bight, caused a decrease of species number and abundances. The negative trend in abundance and biomass observed at the Darss Sill until 2004 due to an decrease in *Hydrobia ulvae* and *Pygospio elegans*, ceased. Species number, abundance and biomass stabilized in the Arkona Sea. The Pomeranian Bay shows a relatively stable macrobenthic community. At the 8 monitoring stations altogether 23 species of the Red List could be observed. In respect to the Water Framework Directive and the Marine Strategy Directive the ecological status of the 8 stations, deviated from the BQI (Benthic Quality Index), ranged between “poor” and “high”.

Kurzfassung

Die 1979 begonnene HELCOM-Datenreihe der Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos wurde im Jahre 2008 in der Beltsee und der eigentlichen Ostsee fortgesetzt.

Die Phytoplankton-Frühjahrsblüte in der Mecklenburger Bucht im März 2008 bestand hauptsächlich aus *Dictyocha speculum* und Kieselalgen. Damit wiederholt sich die Situation von 2007 (frühe *Dictyocha*-Blüte, reduziertes Kieselalgen- und Dinoflagellatenwachstum) in abgemilderter Form. Während und nach der Frühjahrsblüte entwickelte sich *Chrysochromulina* ungewöhnlich stark. In der Gotlandsee bildete es zusammen mit *Peridiniella catenata* eine Blüte. Eine Kieselalgen-Sommerblüte wurde nur in der Lübecker Bucht gefunden. Die Cyanobakterienblüte erschien in der eigentlichen Ostsee im Juli (siehe auch Satellitenbilder). Im Herbst erschien in der Mecklenburger Bucht die typische *Ceratium*/Kieselalgen-Mischblüte und in der Arkona- und Bornholmsee die *Coscinodiscus*-Blüte.

Die Frühjahrsdaten des Chlorophyll a zeigten von 1979 bis 2008 einen abnehmenden Trend in der Mecklenburger Bucht und eine Zunahme in der Arkona- und Bornholmsee. Die Sommer- und Herbstwerte stiegen nur in der östlichen Gotlandsee an.

Die Sedimentation im Gotlandbecken im Jahre 2007 zeigte einen vertikalen Fluss von 585 mmol C, 70 mmol N, 221 mmol Si und 2,3 mmol P pro m² und Jahr. Mit 43,9 g TM a⁻¹ war der Massefluss deutlich höher als in 2006 (28,5 g a⁻¹). Die Sedimentation organischen Materials im Frühjahr überstieg die des Vorjahres um 40 %. Die sommerliche Sedimentation von Material, das aus N-Fixierung entstanden war, reduzierte sich jedoch. Herbststraten stiegen an.

Die Anzahl der Mesozooplankton-Taxa betrug 41 über die letzten 10 Jahre. Das Maximum wurde im Jahre 2008 im Juli/August gefunden. Die Abundanz von *Oithona similis* sank im Gotlandbecken auf fast Null, weil sich die als Habitat geeignete oxische, salzreiche Schicht von 160 auf 30 m verringerte. Die Abnahme der Maximal-Abundanz seit den 1990ern, besonders bei Rotatorien, setzte sich fort. Die Maximal-Abundanz von *Bosmina* spp. war geringer als aus den Sommertemperaturen zu erwarten war.

Die Artenzahl des Makrozoobenthos an den 8 Untersuchungsstationen zeigte mit 109 eine mittlere Diversität im Verlaufe der 18 Untersuchungsjahre an. Das erneute Sauerstoffdefizit (wie schon in 2002 und 2005) verursachte ein Absinken der Artenzahl und Abundanz in den tiefen Bereichen des Fehmarnbelts und der Mecklenburger Bucht. Der bis 2004 bestehende negative Abundanz- und Biomassetrend an der Darßer Schwelle, wegen Rückgangs von *Hydrobia ulvae* und *Pygospio elegans*, ist nicht mehr vorhanden. Artenzahl, Abundanz und Biomasse stabilisierten sich in der Arkonasee. Die Makrozoobenthos-Gemeinschaft in der Pommerschen Bucht ist stabil. 23 Arten der Roten Liste wurden erfasst. Der ökologische Status der 8 Untersuchungsstationen reicht von „unbefriedigend“ bis „sehr gut“.

1. Einleitung

Die Erhaltung der Gewässerqualität der Ostsee ist ein wesentliches Ziel der Helsinki-Kommission (HELCOM, siehe <http://www.helcom.fi/>), an deren Monitoring-Programm das Vorgänger-Institut des IOW seit dessen Beginn im Jahre 1979 beteiligt war. Biologische Untersuchungen zur marinen Umwelt in der Ostsee am Institut in Warnemünde gehen bis in das Jahr 1966 zurück. Mit Gründung des Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) im Jahre 1992 wird der deutsche Beitrag zum Monitoring-Programm der HELCOM kontinuierlich weitergeführt. Der biologische Teil dieses Programms wurde von 1991-1995 vom Umweltbundesamt gefördert (v. BODUNGEN et al. 1996). Ab dem Jahre 1997 führt das IOW das biologische Monitoring im Auftrag des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) durch. Dieses komplexe, wissenschaftlich fundierte Monitoringprogramm beinhaltet neben den biologischen Komponenten auch ein umfangreiches hydrographisch-chemisches Untersuchungsprogramm (NAUSCH et al. 2009).

Ab dem Jahre 2008 beschränkt sich das vom BSH finanzierte Programm im wesentlichen auf die Ausschließliche Wirtschaftszone Deutschlands (AWZ). Die Untersuchungsfahrten konnten meistens mit Eigenmitteln des IOW bis in die zentralen Ostseebecken fortgesetzt werden, so dass es im Vergleich zu vorjährigen Untersuchungen (z.B. WASMUND et al. 2008) zu keinen wesentlichen Einschränkungen kam. Die Sinkstoffalle wurde von der Gotlandsee an die MARNET-Arkonaboje verlegt. Ab dem Jahre 2008 betraute das BSH das IOW auch mit der Durchführung des biologischen Monitorings in der offenen Nordsee. Hierzu gibt es einen gesonderten Bericht (WASMUND et al. 2009).

Die gewonnenen Daten gehen in das Bund-Länder-Meßprogramm (BLMP, siehe <http://www.blmp-online.de/Seiten/Infos.html>) der deutschen Küstenländer ein. Sie 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, siehe <http://www.ices.dk/indexnofla.asp>) 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, FLEMING and KAITALA 2007, JAANUS et al. 2007, HAJDU et al. 2008). Außerdem werden aktuelle Thematische Assessments veröffentlicht, z.B. über Einflüsse klimatischer Veränderungen (HELCOM 2007 b) oder der Eutrophierung (HELCOM 2009 a).

Die internationale Kooperation erhält zunehmend einen europäischen Rahmen. So entwickelt beispielsweise das Europäische Komitee für Normung (CEN, siehe <http://www.cen.eu/cenorm/homepage.htm>) europaweit gültige Methodenvorschriften. Diese sind weitgehend mit den von uns seit vielen Jahren konsequent angewendeten HELCOM-Methoden konsistent. Die biologischen Umweltdaten diverser europäischer Institute werden im Rahmen von EU-Netzwerken gesammelt und ausgewertet (z.B. MARBEF, siehe <http://www.marbef.org/>). Den gesetzlichen Rahmen für die forcierte internationale Zusammenarbeit bilden die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, siehe EUROPEAN UNION 2000,

und <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:DE:HTML>) sowie die EG-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL, siehe EUROPEAN UNION 2008, und <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:DE:PDF>). Als vorbereitende Arbeit zur Umsetzung der MSRL ist nach einer Definition von Umweltzielen der Zustand der Meeresumwelt zu bewerten. Entsprechende Monitoringprogramme sind zu unterhalten bzw. aufzubauen. Ein darauf aufbauendes Maßnahmenprogramm sowie ein Netz an Meeresschutzgebieten vervollständigen die Meeresstrategie mit ihrem Ziel, den guten Zustand der Meeresumwelt zu erhalten oder wo erforderlich wieder herzustellen.

Mit Erarbeitung des integrierten thematischen Assessment „Eutrophication in the Baltic Sea“ hat HELCOM (2009 c) neue Werkzeuge zur Zustandseinschätzung geschaffen, die letztlich auch die Einteilung in eine 5-teilige Skale ermöglichen. Das HELCOM Eutrophication Assessment Tool (HEAT) ist ein Indikator-basiertes Werkzeug zur Bewertung der Eutrophierung, das erstmals eine konsistente Eutrophierungsbewertung der gesamten Ostsee gestattet. Es basiert auf existierenden Indikatoren, die in 4 Gruppen untergliedert sind:

- (1) Physikalisch-chemische Eigenschaften (PC)
- (2) Phytoplankton (PP)
- (3) Makrophyten (SAV)
- (4) Benthische Evertebraten (BIC)

Die Indikatoren der Gruppen 1 und 2 stellen primäre Signale der Eutrophierung dar, Indikatoren der Gruppen 3 und 4 sind sekundäre Signale. Die Indikatoren werden gewichtet, d.h. Indikatoren, die eine hohe Qualität aufweisen erhalten eine höhere Wichtung als Indikatoren geringerer Qualität. Eine Bewertung sollte aber auf Grundlage aller angegebenen Indikatoren vorgenommen werden. Sie ist im Moment ohnehin nicht möglich, da der Datenteil dieses thematischen Assessments (= Vol 115 C) noch nicht zur Verfügung steht.

Die umfassende Auswertung der Daten wird im IOW ermöglicht durch die enge Zusammenarbeit von Ozeanographen, Meereschemikern und Biologen. Die biologischen Daten werden vor dem Hintergrund der hydrographisch-chemischen Zustandseinschätzung interpretiert, die für das Jahr 2008 bereits erschienen ist (NAUSCH et al. 2009).

Die Bearbeitung des Phytoplanktonkapitels lag in den Händen von Dr. Norbert Wasmund. Die Zooplanktonpassagen wurden von Dr. Lutz Postel und der Makrozoobenthosteil von Dr. Michael L. Zettler verfasst. Die Sinkstofffallen wurden von Dr. Falk Pollehne und die Satellitenbilder von Dr. Herbert Siegel bearbeitet.

2. Material und Methoden

2.1 Beprobungs-Strategie

Die Aufgaben des IOW sind im Arbeitsplan des BSH festgelegt (BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE 2009). Sie orientieren 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-Gehalts von Wasserproben und die Auswertung von Sinkstoff-Fallen. Die Phytoplanktonentwicklung wird auch anhand von Satellitenbildern verfolgt. Die Methoden sind in einem Manual (HELCOM 2007a) verbindlich vorgeschrieben. Für die Auswertung der Sinkstoff-Fallen und der Satellitenbilder gibt es noch keine HELCOM-Methodenvorschriften.

Die Stationen für die biologischen Untersuchungen 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. Ab 2009 sind für die Datenlieferung die offiziellen Stationsbezeichnungen des ICES-Station-Dictionary zu verwenden. 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 sollten, ergeben sich von den 5 Fahrten maximal 10 Proben pro Station und Jahr. Im Juli mußte auf die Beprobung auf der Rücktour verzichtet werden, um den Einlauftermin zu halten, denn das Schiff konnte wegen eines Schadens an der Kühlung der Maschine nur mit halber Kraft fahren. Wie schon in den Vorjahren, wurden auch Projektfahrten für Monitoring-Probennahmen genutzt, konkret die MERIAN-Fahrt vom 18.6.-18.7.2008 (Fahrtleiter Prof. Schulz-Bull). Die seit 1998 praktizierte Übergabe von Phytoplanktonproben vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) an das IOW zum Zwecke der Erhöhung der Probenfrequenz für die Stationen 012 und 022 konnte im Jahre 2008 fortgesetzt werden. Im Gegenzug wurden dem LLUR Proben der Station 360 zur Verfügung gestellt. Die Übergabe von dänischen Proben des National Environmental Research Institute (NERI) aus der Arkonasee an das IOW wurde im Jahre 2008 wiederbelebt. Da zu den Projekt-, LLUR- und NERI-Proben grundsätzlich aber keine Stammkartenfiles erstellt sind, sind diese Daten nicht in die ODIN-Datenbank eingegangen und folglich in den zusammenfassenden Artlisten (Tab. 4 und 5) nicht berücksichtigt. Sie sind aber wenigstens in den Jahresgang-Abbildungen (Abb. 4-6) erfaßt.

Die vom IOW genommenen Phytoplanktonproben sowie die Chlorophyll a – und Phaeopigment a-Werte der Küstenstationen 022, 05, 09 und 011 (jeweils nur von der Oberfläche) wurden dem Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) übergeben. Diese sind in Tab. 1 in Klammern gesetzt.

Die Auswertung der Sinkstoff-Fallen ist sehr aufwändig, so dass die Daten immer mit einem Jahr Verzögerung berichtet wurden. In diesem Bericht werden die Daten der Sinkstoff-Fallen des Jahres 2007 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 8 Stationen (siehe Tab. 3 auf Seite 16) genommen.

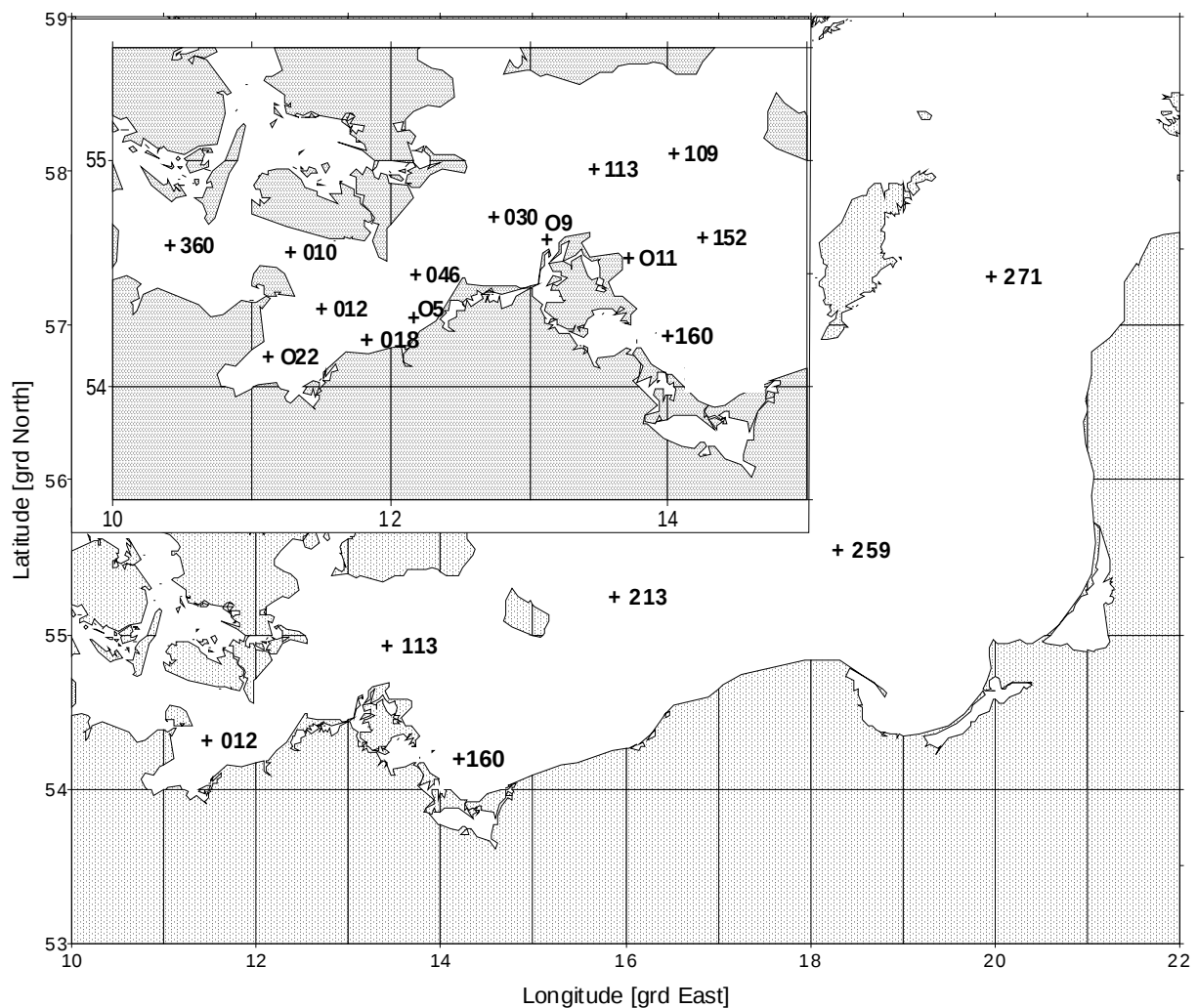


Abb. 1: Die Lage der beprobten Stationen in der Ostsee. Westliche Ostsee siehe Nebenkarte. Die Zentralstationen der einzelnen Seegebiete sind Stat. 012 = Mecklenburger Bucht, Stat. 113 = Arkonasee, Stat. 213 = Bornholmsee, Stat. 271 = östliche Gotlandsee, Stat.160 = Pommersche Bucht.

Fig. 1: The station grid for biological sampling in the Baltic Sea. Stations in the main map represent Mecklenburg Bight (Stat. 012), Arkona Sea (Stat. 113), Bornholm Sea (Stat. 213), eastern Gotland Sea (Stat. 271), and Pomeranian Bight (Stat. 160).

Tab. 1

Häufigkeit der Probenahme (= Anzahl der Probentermine) zur Gewinnung der biologischen Daten des IOW im Jahre 2008. Gültige Stationsnummern nach BLMP- und ICES-Nomenklatur in Spalte 2. Angaben in Klammern kennzeichnen o m-Proben für das LUNG und LLUR.

)¹ einschl. 9 Proben vom LLUR,

)² einschl. 8 Proben vom LLUR,

)³ 1 Probe vom NERI.

Table 1

Sampling statistics for different parameters specified for sampling stations in 2008. International station number inserted in column 2. Numbers in brackets indicate samples from o m only, delivered to Environmental Agency Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) and in the case of Stat. 360 to the State Agency for Agriculture, Environment and Rural Areas Schleswig-Holstein (LLUR)

)¹ incl. 9 samples from the LLUR and 1 sample from NERI,

)² incl. 8 samples from the LLUR,

)³ 1 sample from NERI.

IOW-Stationsnummer	ICES-Stationsnummer	Chloro-phyll	Phyto-plankton	Zoo-plankton	Zoo-benthos
Beltsee					
360	OMBMPN ₃	5	(5)	5	1
010	OMBMPN ₁	-	-	-	1
012	OMBMPM ₂	8	18) ¹	7	1
022	OMO ₂₂	5	13) ² (4)	-	-
018	OM ₁₈	-	-	-	1
05	OMO ₅	(5)	(5)	-	-
046	OMBMPM ₁	8	7	7	-
Arkonasee					
030	OMBMPK ₈	8	8	8	1
069	OMBMPK ₇	-	1) ³	-	-
109	OMBMPK ₄	4	4	-	1
113	OMBMPK ₅	9	10	9	-
09	OMO ₉	(3)	(3)	-	-
011	OMO ₁₁	(3)	(3)	-	-
Pommernbucht					
152	OMBMPK ₃	-	-	-	1
160	OM ₁₆₀	-	-	-	1
Bornholmsee					
213	OMBMPK ₂	7	9	8	-
Östl. Gotlandsee					
259	OMBMPK ₁	4	4	4	-
271	OMBMPJ ₁	4	5	4	-

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, 2007a). 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 erstmals mit Hilfe eines auf unser Betreiben entwickelten neuen Zählprogramms OrgaCount der Firma AquaEcology, da das alte Programm PhytoWin nicht mehr den Anforderungen entsprach und nicht mehr modernisiert werden konnte. Die Entwicklung dieses neuen Zählprogramms wurde vom BSH in Auftrag gegeben und von der Arbeitsgruppe Phytoplankton des IOW begleitet. Die ausführlichen Testungen und erforderlichen Nachbesserungen zogen sich parallel zu den Phytoplanktonanalysen bis zum Juni 2009 hin.

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

- robuste Methode, dadurch geringere Gefahr von Fehlbestimmungen,
- schnelle und preiswerte Methode, dadurch Möglichkeit einer häufigeren Bestimmung,

- erfordert keine Expertise bezüglich Phytoplanktonarten,
- einfache Datenstruktur, dadurch einfache Datenbearbeitung und Datenaustausch.

Proben zur Bestimmung der Chlorophyll a – Konzentration wurden in der Regel parallel zu den Phytoplankton-Proben entnommen. Pro Entnahmetiefe (1 m, 5 m, 10 m, 15 m und 20 m) wurden 200-500 ml Probenwasser durch Glasfaserfilter (Whatman GF/F) filtriert. Die Filter wurden dann in flüssigem Stickstoff (–196 °C) schock-gefrosten 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 verwendete Methode zur Bestimmung des Chlorophyll a wurde ausführlich von WASMUND et al. (2006 b) beschrieben. Die fluorometrische Messung erfolgte am Fluorometer (TURNER 10-AU) nach der Ansäuerungs-Methodik von LORENZEN (1967). Zur Berechnung der „Aktiven Chlorophyll a“ – und Phaeopigment a –Konzentrationen wurden Formeln von EDLER (1979) und JGOFS (1993) benutzt. Es läßt sich mit der gültigen Formel nach HELCOM (2007a) aber auch das für Phaeopigment unkorrigierte „Gesamt-Chlorophyll a“ ausrechnen.

Entsprechend der Beschlussfassung der UAG Qualitätssicherung Plankton im BLMP vom 11.9.2008 werden ab dem Jahre 2008 die Werte für das "Gesamt-Chlorophyll a" an die MUDAB gemeldet. Zum Vergleich mit den Werten des "aktiven Chlorophyll a" der Vorjahre sind in Tab. 6 beide Werte gleichzeitig dargestellt.

2.4 Mesozooplankton

Die Beprobung erfolgte entsprechend der HELCOM-Vorschrift mit einem WP-2 Netz (100 µm Maschenweite) in möglichst drei Tiefenstufen pro Station. Insgesamt beruht die Einschätzung des Jahres 2008 auf 105 Netzproben. Das waren im Vergleich zum Vorjahr 16 Proben weniger aufgrund des Reorganisierens des gesamten Programmes, nach der vom Auftraggeber gewünschten Beschränkung auf die deutsche Wirtschaftszone. So wurde im November auf eine Beprobung der südlichen und zentralen Gotlandsee sowie, mit Ausnahme von Februar 2008, auf die Pommersche Bucht verzichtet. Auf den übrigen vier Fahrten wurden noch die acht Standardstationen angelaufen (Abb. 1). Die Beprobung erfolgte teilweise auf der Hin- und Rückfahrt, speziell für die Erfassung kurzfristiger Konzentrationsschwankungen bei Rotatorien und Cladoceren (Tab. 2).

Die filtrierte Wassermenge wurde mit dem analog registrierenden Durchflusszähler TSK der Firma Tsurumi-Seiki Co. (Yokohama, Japan) durchgeführt. Dieser wurde für das optimale Arbeiten mit WP-2 Netzen, speziell für die geforderte Hievgeschwindigkeit von 0,75 m/s entwickelt. 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 (Abb. siehe WASMUND et al. 2006 a).

Tab. 2

Statistik der Zooplankton-Probenentnahmen in den jeweiligen Tiefenstufen [m] auf den in Abb. 1 verzeichneten Stationen vom Februar bis November 2008.

Table 2

Sample statistic of zooplankton hauls and sampling depth intervals [m] on cruises between February and November 2008 (stations see Fig. 1).

Stationsbezeichnung		Zeitraum				
		10.-20.2.	27.3.-4.4.	29.4.-6.5.	29.7.-2.8.	15.-25.11.
IOW	Internationale	Tiefe	Tiefe	Tiefe	Tiefe	Tiefe
TF0360	OMBMPN3	14 - 0	5 - 0	14 - 0	6 - 0	12 - 0
TF0360	OMBMPN3		13 - 5		15 - 6	18 - 10
TF0012	OMBMPM2	20 - 0	16 - 0	13 - 0	13 - 0	10 - 0
TF0012	OMBMPM2		21 - 16	20 - 13	22 - 13	20 - 10
TF0046	OMBMPM1	20 - 0	21 - 0	11 - 0	7 - 0	
TF0046	OMBMPM1			20 - 11	13 - 6	
TF0046	OMBMPM1				20 - 13	
TF0030	OMBMPK8	18 - 0	18 - 0	18 - 0	13 - 0	10 - 0
TF0030	OMBMPK8				20 - 13	
OBBoje		11 - 0				
TF0113	OMBMPK5	35 - 0	30 - 0	15 - 0	13 - 0	28 - 0
TF0113	OMBMPK5	42 - 35	37 - 30	42 - 15	40 - 13	42 - 28
TF0213	OMBMPK2	48 - 0	25 - 0	14 - 0	20 - 0	50 - 0
TF0213	OMBMPK2	88 - 48	47 - 25	50 - 14	52 - 20	75 - 50
TF0213	OMBMPK2		82 - 47	86 - 50	85 - 52	
TF0259	OMBMPK1	55 - 0	25 - 0	14 - 0	20 - 0	
TF0259	OMBMPK1	80 - 55	60 - 25	64 - 14	70 - 20	
TF0259	OMBMPK1		83 - 60	85 - 64	83 - 70	
TF0271	OMBMPJ1	60 - 0	25 - 0	10 - 0	12 - 0	
TF0271	OMBMPJ1	150 - 60	60 - 25	70 - 10	25 - 12	
TF0271	OMBMPJ1		120 - 60	130 - 70	70 - 25	
TF0271	OMBMPJ1				136 - 70	
TF0213	OMBMPK2	52 - 0	25 - 0	20 - 0		
TF0213	OMBMPK2	83 - 52	45 - 25	40 - 20		
TF0213	OMBMPK2		83 - 45	85 - 40		
TF0113	OMBMPK5	25 - 0	25 - 0	20 - 0		25 - 0
TF0113	OMBMPK5	42 - 25	35 - 25	43 - 20		40 - 25
TF0113	OMBMPK5		41 - 35			
TF0030	OMBMPK8	18 - 0		18 - 0		12 - 0
TF0030	OMBMPK8					19 - 12
TF0046	OMBMPM1	7 - 0	21 - 0			22 - 0
TF0046	OMBMPM1	22 - 7				
TF0012	OMBMPM2	20 - 0				16 - 0
TF0012	OMBMPM2					22 - 16

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. 2005) 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, die Bryozoa als Gymnolaemata und die Mysidacea als Lophogastrida.

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 (POSTEL et al. 2000). Dazu wurden zwischen 1/ 1 und 1/ 769, im Durchschnitt 1/ 19 ± 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 2008er Analysen wurden pro taxonomischer Gruppe zwischen 1 und 816 Individuen gezählt, im Mittel 25 ± 58. Das Maximum betraf *Bosmina* spp. aus einer Probe vom 02.08.2008 von oberhalb der Haloklinen auf Station 271. Die Zahlen entsprechen sich jährlich und betreffen aufgrund ihrer parthenogentischen Vermehrung die bisweilen massenhaft auftretenden Cladoceren oder Rotatorien.

2.5 Makrozoobenthos

Beginnend von der Kieler Bucht wurden bis zur Bornholmsee im November 2008 an 8 Stationen Benthosuntersuchungen durchgeführt. Zum dritten 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 Station 213 in der Bornholmsee wurde erstmals nicht mehr berücksichtigt. Die Übersicht in Tabelle 3 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 a). 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.

Die weitere Bearbeitung der Proben erfolgte im Labor. Nach dem Waschen der einzelnen Hols wurden die Taxa mit Hilfe eines Binokulares bei 10-20 facher Vergrößerung ausgesammelt und bis auf wenige Gruppen (z. B. Nermertina indet., Halacaridae indet.) bis zur Art bestimmt. Bei der Nomenklatur wurde weitestgehend dem „European Register of Marine Species“ gefolgt (<http://www.marbef.org/data/erms.php>). Außerdem wurden die Abundanzen und Biomassen (Aschefreie Trockenmasse, AftM) erfasst. Für eine vergleichbare Gewichtsbestimmung wurde der HELCOM-Richtlinie (HELCOM 2007 a) gefolgt.

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

Tab. 3

Übersicht über die Stationen an denen im November 2008 Makrozoobenthos untersucht wurde.

Table 3

Station list of macrozoobenthic investigations in November 2008.

Station	Datum	Tiefe (m)	Nord	Ost	Seegebiet
360 (N3)	27.10.2007	18	54° 36,0	10° 27,0	Kieler Bucht
010 (N1)	26.10.2007	28	54° 33,2	11° 20,0	Fehmarnbelt
012 (M2)	26.10.2007	25	54° 18,9	11° 33,0	Mecklenburger Bucht
018	26.10.2007	20	54° 11,0	11° 46,0	Mecklenburger Bucht Süd
030 (K8)	27.10.2007	23	54° 44,0	12° 47,4	Darßer Schwelle
109 (K4)	28.10.2007	48	55° 00,0	14° 05,0	Arkonasee Zentral
152 (K3)	28.10.2007	31	54° 38,0	14° 17,0	Pommernbucht Nord
160	28.10.2007	14	54° 14,5	14° 04,0	Pommernbucht Zentral

2.6 Sedimentation

In diesem Bericht werden die Raten des vertikalen Partikelflusses (Sedimentation) des Jahres 2007 gezeigt. Zur Erfassung der Menge und Qualität des aus der Deckschicht absinkenden Materials wurde auf der Station 271 in der zentralen Gotlandsee 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 betrugen 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 2007 wurde zwischen April und Juli unterbrochen. In dieser Zeit akkumulierte das Material im Fangtrichter und wurde im Juli als Gesamtprobe geborgen. Daher ist die zeitgenaue Abbildung der Frühjahrsblüte in diesem Jahr nicht möglich. Es läßt sich anhand der Artenzusammensetzung in den Proben allerdings ausschließen, dass sich Frühjahrs- und Sommermaterial in größerem Maße vermischt haben.

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 2007a) 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 2008 fand der jährliche Phytoplanktonkurs und –workshop der HELCOM vom 20. bis 24. April in Tartu (Estland) 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 beteiligen uns regelmäßig an den Chlorophyll-Vergleichen von AQ11 (= Chlorophyll im Meerwasser) im Rahmen von QUASIMEME. In der Runde 53 (April-Juni 2008) lagen unsere Chlorophyll-Werte mit $z = 1.5$ im befriedigenden Bereich. Die Proben der Runde 55 wurden im November 2008 gemessen. Entsprechend des Beschlusses der BLMP-UAG Qualitätssicherung Plankton vom 11.9.2008 wurde nur noch das unkorrigierte „Gesamt“-Chlorophyll-a gemeldet. Diese Werte liegen naturgemäß höher als die „korrigierten“ Werte des „aktiven“ Chlorophyll a. Trotzdem lagen unsere z-scores für Chlorophyll a mit 1,9 und 0,9 im befriedigenden Bereich.

Die Qualitätssicherung für die Zooplanktondatenerhebung umfasste zunächst die zeitnahe Belehrung der technischen Mitarbeiter vor jedem Fahrtantritt auf der Basis einer SOP die auf dem HELCOM COMBINE Manual beruht. Die seit zehn Jahren mit der Analyse betraute Mitarbeiterin unterzog sich 2007 einem Ringtest der Zooplanktonlabore aller Ostseeanrainer, der von der Qualitätssicherungsstelle des UBA organisiert wurde. Die aktuellen Ergebnisse zeigen, dass sich das IOW-Labor in der Spitzengruppe der Teilnehmer befindet.

Die Makrozoobenthosarbeitsgruppe hat bisher an allen stattgefundenen Qualitätssicherungsmaßnahmen teilgenommen. Bei den Ringtests der Zoobenthoslabore in den Jahren 1998, 2001 und 2003 hat das IOW sehr erfolgreich abgeschnitten. Die taxonomischen Workshops zu ausgewählten Gruppen fanden bisher in den Jahren 2001 und 2004 statt, woran sich das IOW jeweils mit zwei Mitarbeitern beteiligt hat. In Zusammenarbeit mit der Qualitätssicherungsstelle (UBA) hat das IOW an der Erarbeitung einer einheitlichen SOP für alle BLMP-Benthoslabore mitgewirkt.

3. Ergebnisse

3.1 Phytoplankton

3.1.1 Satellitengestützte Darstellung der raum-zeitlichen Phytoplanktonentwicklung

Die raum-zeitliche Entwicklung des Phytoplanktons im Jahre 2008 wurde 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 2008 war in der Wasseroberflächentemperatur ähnlich wie 2007 durch ein sehr warmes erstes Halbjahr und einen warmen Spätherbst gekennzeichnet. Das trug dazu bei, dass die Jahresmitteltemperatur der gesamten Ostsee weiter stieg. Außer in den Monaten August und September lagen die Monatsmittelwerte in weiten Teilen der Ostsee über dem langjährigen Mittelwert. Insbesondere die Monate Januar bis Mai gehörten zu den wärmsten im Untersuchungszeitraum 1990-2008. Dadurch gab es in der westlichen Ostsee kein Eis. Die höchsten Temperaturen des Jahres wurden am 31. Juli bestimmt, da ab 1. August schon von Norden eine Abkühlung erfolgte. Regionale Besonderheiten ergaben sich durch lang anhaltende Auftriebsprozesse, die sich teilweise auch in den Monatsmitteln und Anomalien durchpausten (NAUSCH et al. 2009).

Die Monate Januar und Februar waren durch eine hohe Wolkenbedeckung gekennzeichnet, wodurch die erste nutzbare Satellitenszene erst am 10. Februar vorlag. Die Chlorophyllkonzentrationen in der westlichen Ostsee lagen bei 1 -2.5 mg m⁻³, was auch durch die Messungen während der Terminfahrt im Februar bestätigt worden ist. Östlich Bornholms lagen die Konzentrationen noch unter 1 mg m⁻³. Um den 5. März waren die Konzentrationen in weiten Teilen der Bornholmsee und der westlichen Gotlandsee auf ca. 4-7 mg m⁻³ gestiegen. Durch den anhaltenden Westwind entstand entlang der dänischen und schwedischen Südküsten Auftrieb, der chlorophyllarmes Wasser an die Oberfläche transportierte. In der Folgezeit sorgte starke Wolkenbedeckung und Wind für eine Verminderung der Konzentrationen in den zentralen Becken. Die Situation blieb in ähnlicher Weise bis ca. 20. März erhalten. Ab 25. März stiegen die Konzentrationen ausgehend von den Küsten wieder an, sodass Ende März auch in den zentralen Becken Werte um 6-8 mg m⁻³ erreicht wurden. Das Maximum war in der Bornholmsee zu verzeichnen. In dieser Phase vom 27.3.-2.4.2008 wurden auf der Terminfahrt 6-10 mg m⁻³ Chlorophyll in der zentralen Ostsee mit Maxima in der Bornholmsee gemessen (vgl. Kap. 3.1.4). In der westlichen Ostsee lagen die Konzentrationen zwischen 2 und 7 mg m⁻³.

Anfang April sanken die Konzentrationen in der westlichen Ostsee weiter. Ab 10. April waren dann von Bornholm bis Gotland gleichmäßig hohe Konzentrationen zwischen 5 und 10 mg

m^{-3} zu beobachten. Das weitete sich bis zum 15. April weiter nach Norden bis in den Finnischen Meerbusen aus. Ab 20. April stiegen die Konzentrationen auch wieder in der westlichen Ostsee an. Ende April war dann auch der zentrale Bottnische Meerbusen erreicht. Um den 10. Mai wurden die maximalen Konzentrationen mit bis zu 20 mg m^{-3} in der westlichen Gotlandsee anhand von Satellitendaten beobachtet. Am 3. Mai wurden während der Terminfahrt $17,5 \text{ mg m}^{-3}$ in der östlichen Gotlandsee gemessen. Nach dieser Phase nahmen die Konzentrationen wieder leicht ab ($5\text{-}10 \text{ mg m}^{-3}$). Diese Situation blieb bis Anfang Juni erhalten. Ab 10. Juni nahmen die Konzentrationen in der gesamten Ostsee massiv ab auf $3\text{-}5 \text{ mg m}^{-3}$ und blieben bis Ende Juni in derselben Größenordnung.

In der dritten Dekade des Monats Juni dominierten westliche Winde, die an den schwedischen Ostküsten Auftrieb erzeugten, dessen Filamente bis in die zentrale Gotlandsee reichten. Dadurch war intensive Durchmischung in der Deckschicht vorhanden und die Wasseroberflächentemperatur erreichte Maximalwerte um 15°C . In dieser Phase waren keine Anzeichen von Cyanobakterienfilamenten zu erkennen. Ende Juni Anfang Juli

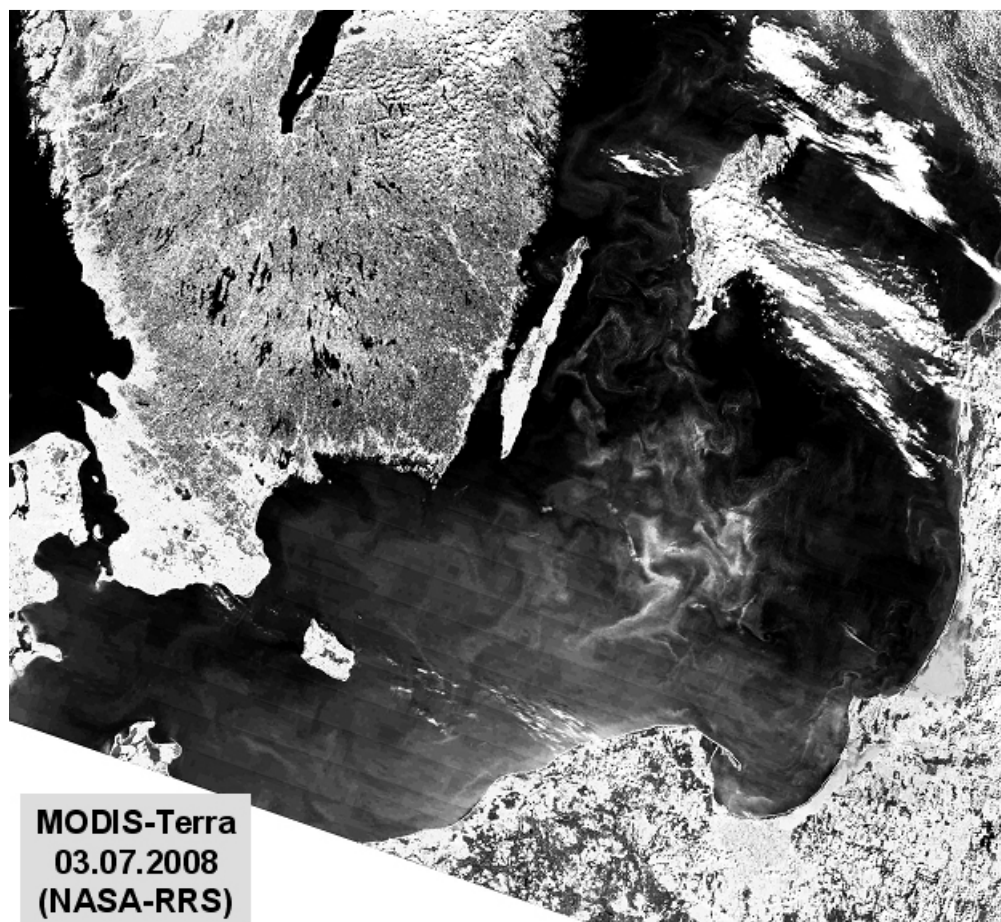


Abb. 2: Cyanobakterienentwicklung am 03.07.2008 mit Filamenten in der gesamten Ostsee von der Arkonasee bis zur Gotlandsee.

Fig. 2: Cyanobacteria development on 3 July 2008 with filaments in the entire Baltic Sea from the Arkona Sea to the Gotland Sea.

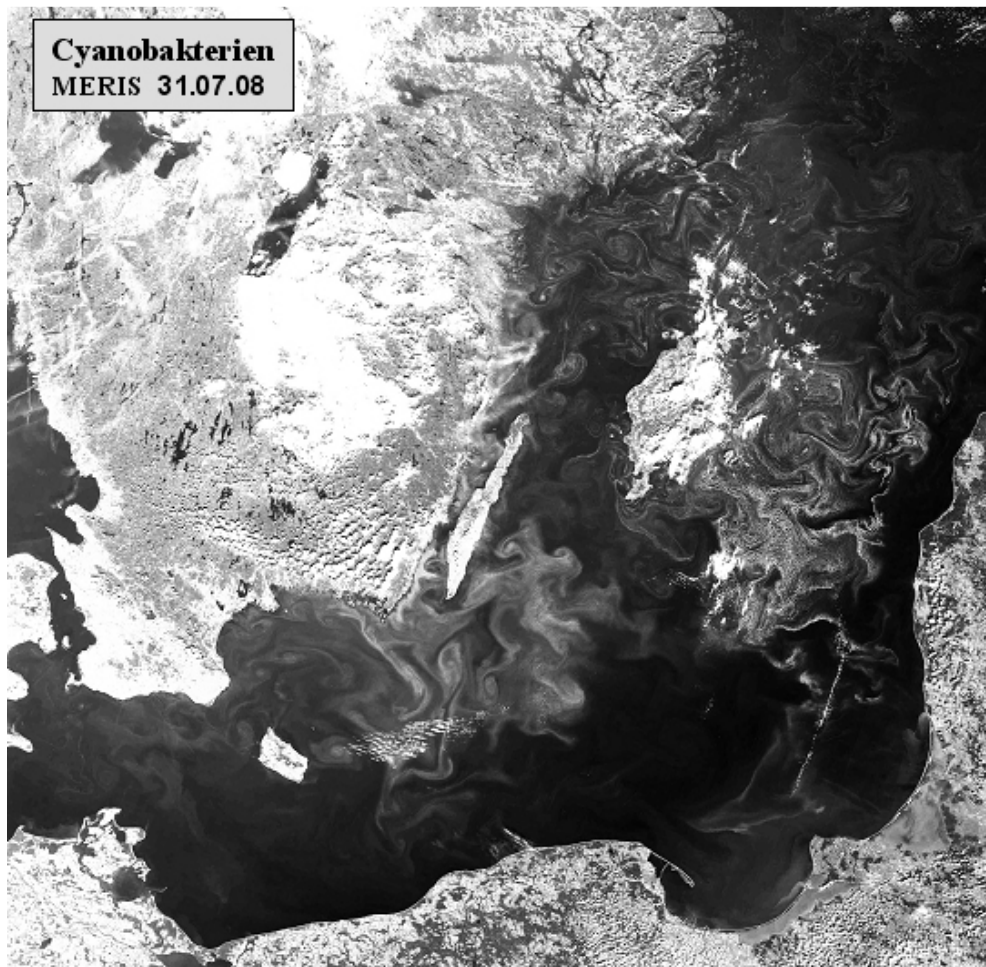


Abb. 3: Cyanobakterienentwicklung am 31.07.2008 mit Filamenten in der gesamten Ostsee von der Arkonasee bis zur Gotlandsee.

Fig. 3: Cyanobacteria development on 31 July 2008 with filaments in the entire Baltic Sea from the Arkona Sea to the Gotland Sea

beruhigte sich der Wind und in der Folge wurden die Auftriebsgebiete kleiner und die zentrale Gotlandsee erwärmte sich schnell und schon am 2. Juli waren in weiten Teilen Wassertemperaturen um 17 °C zu verzeichnen. Das blieb auch in den nächsten Tagen erhalten. Am 2. Juli konnten erste Filamente beobachtet werden und am 3. Juli waren schon weite Gebiete von der Gotlandsee bis zur Arkonasee beeinflusst (Abb. 2). Allerdings waren die Filamente in der westlichen Ostsee nicht so stark ausgeprägt wie in der Gotlandsee. Bis ca. 22. Juli war es stark bewölkt und nur in kleinen wolkenfreien Gebieten war zu erkennen, dass am 12. Juli die westliche Ostsee beeinflusst war, und am 14. Juli erreichten die Filamente die Küste von Mecklenburg-Vorpommern. Nach einer sehr bedeckten Phase, in der kaum verwendbare Daten verfügbar standen, war ab 24. Juli die Ostsee von der Kieler Bucht bis in den Bottnischen Meerbusen mit einem Maximum nordöstlich von Gotland von Cyanobakterien beeinflusst.

Diese Verbreitung blieb bis zum 1. August in ähnlicher Weise erhalten, wobei die intensivsten Filamente dann östlich Gotlands und südlich Ölands vorhanden waren, wie die

Abb. 3 zeigt. Anfang August sorgten eine Reihe durchziehender Tiefdruckgebiete für starke Wolkenbedeckung und Wind, wodurch sich schnell die Wasseroberflächentemperatur verminderte (NAUSCH et al. 2009). In den wenigen wolkenfreien Bereichen zeigten sich stark reduzierte Filamente. Zwischen 10. und 15. August waren in der gesamten Ostsee keine Filamente mehr zu beobachten und die Cyanobakterienblüte war abgeschlossen. Das lag sicher auch daran, dass die wechselnden meteorologischen Bedingungen bis Ende August anhielten.

Ab September reduzierten sich die Chlorophyllwerte stark. In der ersten Septemberwoche lagen sie noch zwischen 1,5 und 3 mg m⁻³ und reduzierten sich dann auf unter 1,5 mg m⁻³. Anfang Oktober erhöhte sich nach Abklingen westlicher Winde und des Auftriebes an den dänischen und schwedischen Südküsten die Chlorophyllkonzentration in der westlichen Ostsee wieder leicht. Das hielt bis ca. 10. Oktober an. Danach sanken die Konzentrationen auch in den zentralen Teilen der westlichen Ostsee auf Werte unter 1 mg m⁻³. Im November war es sehr stark bewölkt. In den verwendbaren Bildausschnitten zeigten sich erhöhte Konzentrationen von 3-5 mg m⁻³ in der westlichen Ostsee, was auf der Terminfahrt (15.-25.11.2008) bestätigt worden ist. Im Dezember gab es aufgrund der durchgängigen Wolkenbedeckung im Ostseeraum keine verwendbaren Satellitendaten.

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 Probennahmen auf Schiffsfahrten mit anschließender mikroskopischer Auswertung zu gewinnen. Die Ergebnisse der mikroskopischen Analysen sollen in diesem Kapitel dargestellt werden. Dabei beschränken wir uns aus Gründen der Übersichtlichkeit weitgehend auf die Proben aus der oberflächenschicht des Wassers, 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 Tab. 4 (Seite 28-30) zusammengestellt. Die komplette Phytoplankton-Artenliste (alle Tiefen) des Jahres 2008, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Monitoringfahrten, ist in Tab. 5 (Seite 31-34) zu finden. Die Arten sind dort alphabetisch sortiert. Die Rangfolge der Arten nach ihrer Biomasse, gemittelt über alle Stationen und Monitoringfahrten des Jahres 2008, 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 Tab. 5.

Verwandte Arten haben oft ähnliche ökologische Ansprüche und können daher vereinfachend zu Gruppen zusammengefasst werden. Obwohl die Klasse ein hoher taxonomischer Rang ist, der durchaus ökologisch unterschiedliche Arten 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 MSMo803 (Juni 2008) sowie des LLUR und des NERI 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. Zur Füllung dieser „Lücken“ nutzen wir Informationen aus den Satellitendaten (Kap. 3.1.1) und dem Küstenmonitoring des IOW vor Heiligendamm. Die Daten des Küstenmonitorings sind auf der Homepage des IOW unter „Forschung“ → „Umweltüberwachung“ → „Algenblüten vor Heiligendamm seit 1998“ einzusehen (<http://www.algenblueten-vor-heiligendamm-2008.html>). Möglichkeiten zur zukünftigen Verbesserung der Datenserien wurden von WASMUND et al. (2008) diskutiert.

Traditionsgemäß werden auch heterotrophe Arten (wie *Ebria tripartita* und *Protoperdinium* spp.) bei der Zählung erfasst. Wir haben sie in die Artenlisten (Tab. 4 und 5) 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* sp. bezeichnet worden, solange keine gültige Artbeschreibung vorliegt.

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. 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* von einigen Taxonomen in eine eigene Klasse (Dictyochophyceae) gestellt wird, belassen wir es in den Abb. 4-6 wie bisher 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. Im Gegensatz zu vorjährigen Berichten gliedern wir die nun folgenden Kapitel zur Phytoplankton-Sukzession nicht mehr nach Seegebieten, sondern in die drei Hauptblüten.

3.1.2.1 Frühjahrsblüte

Vor der Frühjahrsblüte, also im Februar, war die Phytoplanktonbiomasse wie zu erwarten im allgemeinen sehr gering, meistens dominiert vom photoautotrophen Ciliaten *Mesodinium rubrum*. Am 11.2.09 dominierten an Station O22 und 012 bereits Kieselalgen (*Porosira glacialis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Skeletonema costatum*, u.a.) mit einer Biomasse von 450 bzw. 150 mg m⁻³. *Porosira glacialis* war schon im Frühjahr 2004 in der Lübecker Bucht die dominante Art. Sie konnte im Jahre 2008 aber nicht zur Blüte auswachsen.

Die Frühjahrsblüte begann wie üblich im März. Sie wurde an Station 012 am 11.3.08 hauptsächlich von *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* (407 mg m⁻³) und *Coscinodiscus granii* (351 mg m⁻³) gebildet. Daneben trat die nackte Form von *Dictyocha speculum* mit 620 mg m⁻³ auf. Letztere war zur selben Zeit auch auf Station O22 dominant (496 mg m⁻³) und wuchs dort bis zum 28.3.08 auf 1963 mg m⁻³ an. Im Jahre 2007 wurde dagegen eine sehr starke und frühe Blüte von *Dictyocha speculum*, aber nur eine extrem schwache Kieselalgen-Entwicklung in der Mecklenburger Bucht nachgewiesen. Diese ungewöhnliche Situation hat sich im Jahre 2008 offensichtlich nicht in dem extremen Ausmaß wiederholt. Es ist bemerkenswert, dass an der Küstenstation Heiligendamm am 11.3.08 die Frühjahrsblüte von *Eutreptiella* spp. beherrscht wurde. Es gab also deutliche regionale Unterschiede. Erst am 18.3.08 trat an der Küstenstation mit *Dictyocha speculum* und *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* eine ähnliche Artenzusammensetzung auf wie schon zuvor in der zentralen Mecklenburger Bucht.

An Station 046 sowie in der Arkonasee (Station 030 und 113, siehe Abb. 5) waren Ende März/Anfang April *Mesodinium rubrum* und *Skeletonema costatum* bedeutsam, was nicht ungewöhnlich ist. Deren Biomassen werden aufgrund Nitrat-Mangels Anfang April schnell zusammengebrochen sein während Silikat noch ausreichend zur Verfügung stand (vgl. Abb. 17 u. 18 in NAUSCH et al. 2009). Daneben entwickelte sich *Chrysochromulina* (wahrscheinlich *C. polylepis*). Diese Gattung der Prymnesiophyceen fiel bereits im Winter 2007/08 in der zentralen Ostsee auf, wo sie eine ungewöhnliche Blüte gebildet hatte (HAJDU et al. 2008). Sie ist mixotroph und scheint im Jahre 2008 die Stellung der heterotrophen Dinoflagellaten einzunehmen, die sich sonst üblicherweise nach der Kieselalgen-Frühjahrsblüte einstellen. Schon im Frühjahr 2007 war die Dinoflagellaten-Entwicklung relativ schwach. *Chrysochromulina* wuchs im Frühjahr an und war noch bis weit in den Sommer präsent. Ihre stärkste Entfaltung hatte diese Gattung in der eigentlichen Ostsee, mit Abundanzen von 15 Mill. Zellen/l und Biomassen von 2069 mg m⁻³ an Station 271 am 3.5.08. Zur selben Situation trat aber auch eine Blüte von *Peridiniella catenata* (1841 mg m⁻³) auf. Diese übliche Dinoflagellatenblüte ist also durch *Chrysochromulina* nicht verdrängt worden. Es ist hervorzuheben, dass in der Bornholmsee und Gotlandsee (Abb. 6) wiederum keine Frühjahrs-Kieselalgenblüte nachgewiesen werden konnte. Andererseits konnten bereits während der Fahrt vom 29.4.-7.5.08 bei ruhiger See Ansammlungen von *Aphanizomenon* an der Wasseroberfläche beobachtet werden, insbesondere von der südlichen Gotlandsee (Stat. 253, 2.5.08) bis zur Arkonasee (Stat. 113, 6.5.08). Es wurde auch die Stickstofffixierung bestimmt, die sich allerdings als sehr gering herausstellte (z.B. an Station 271: etwa 0,05 mmol m⁻² d⁻¹).

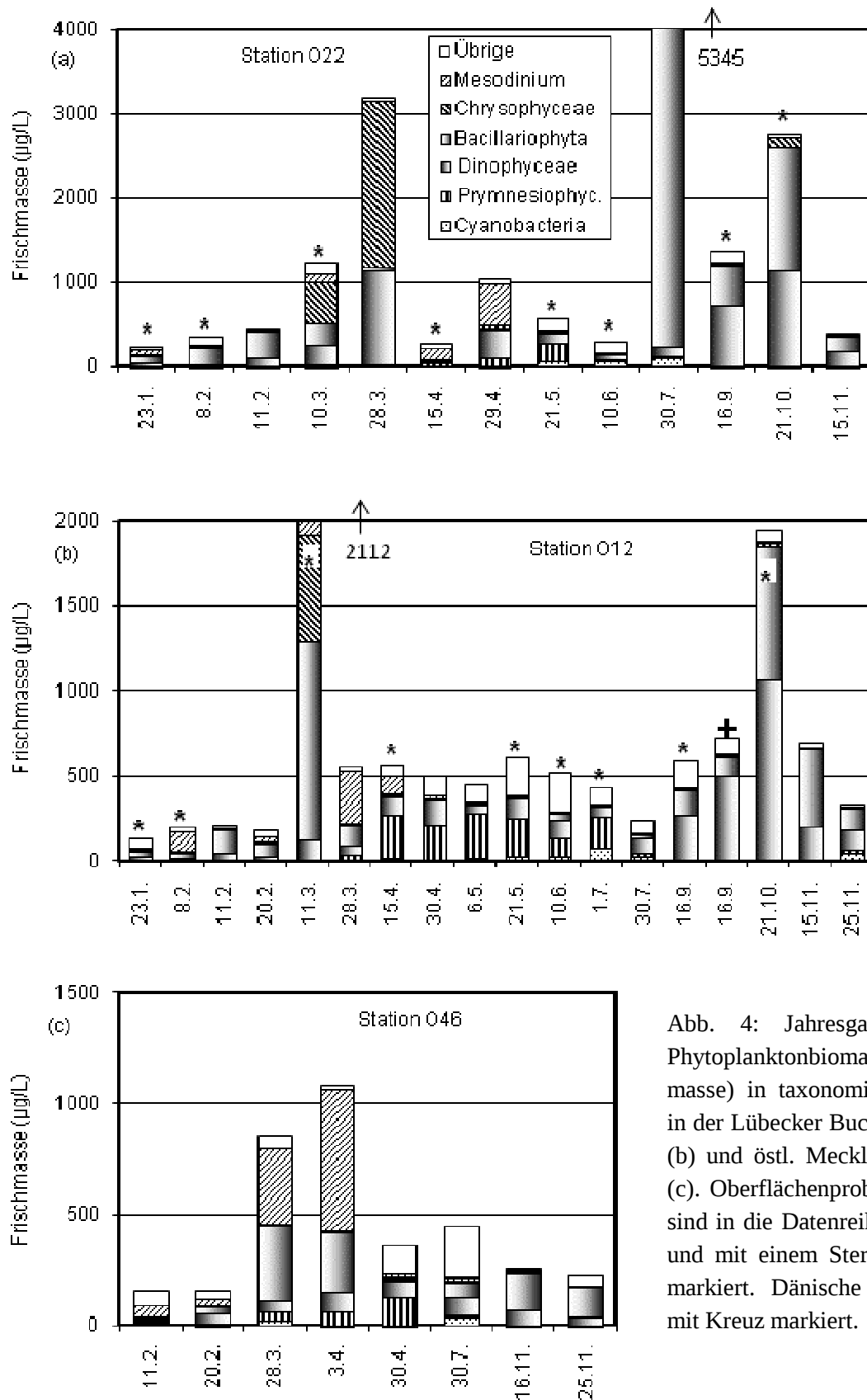


Abb. 4: Jahresgang 2008 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Lübecker Bucht (a), zentralen (b) und östl. Mecklenburger Bucht (c). Oberflächenproben vom LLUR sind in die Datenreihe eingegliedert und mit einem Stern an der Säule markiert. Dänische Probe (NERI) mit Kreuz markiert.

Fig. 4: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in Lübeck Bight (a), the central (b) and eastern Mecklenburg Bight (c) in 2008. Surface samples from LLUR are marked with an asterisk and integrated samples from NERI with a cross above the column.

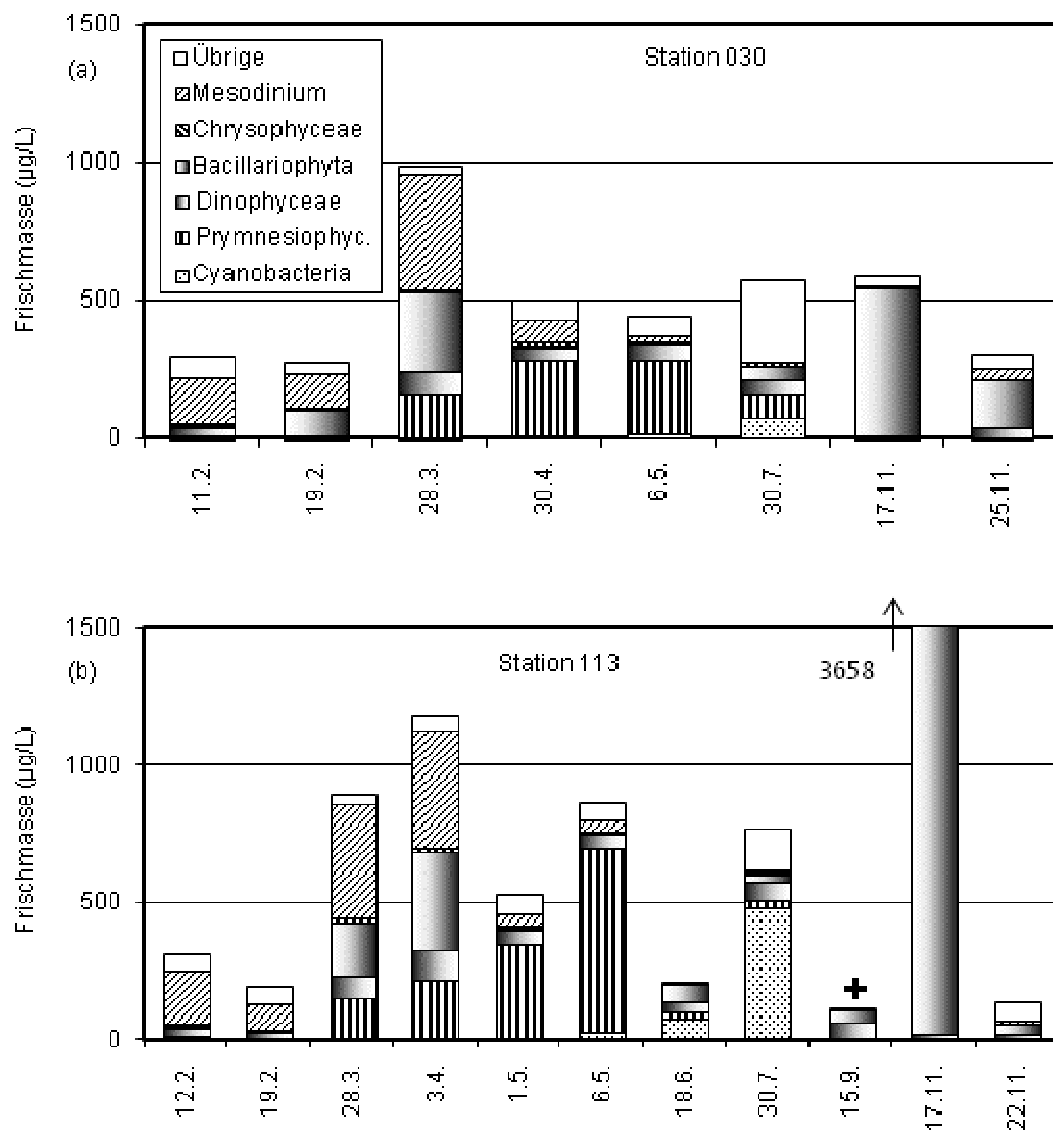


Abb. 5: Jahresgang 2008 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der westlichen (a) und zentralen Arkonasee (b).

Fig. 5: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in the western (a) and central Arkona Sea (b) in 2008.

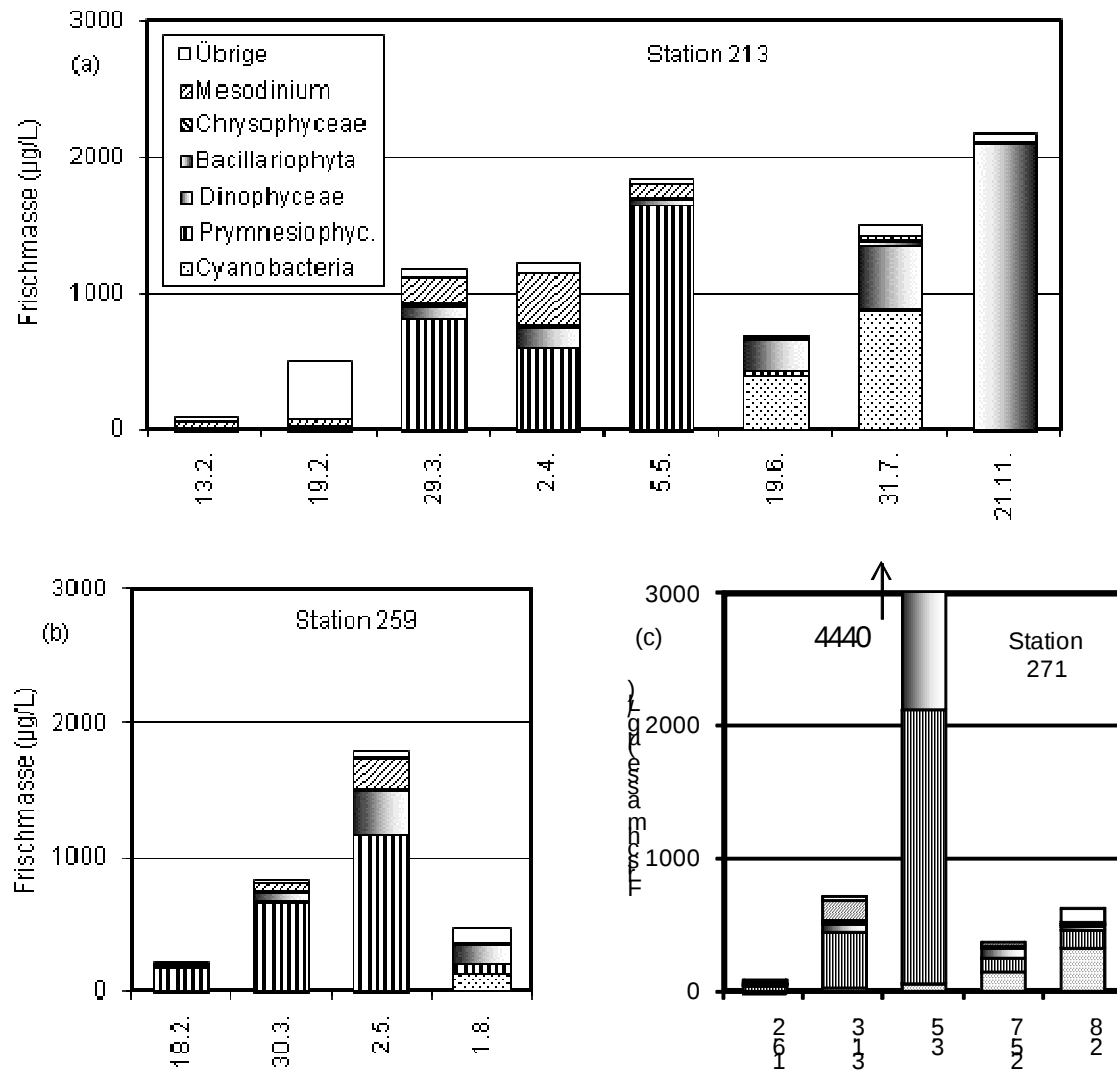


Abb. 6: Jahresgang 2008 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Bornholmsee (a) sowie südlichen (b) und östlichen Gotlandsee (c).

Fig. 6: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in the Bornholm Sea (a), southern (b) and eastern Gotland Sea (c) in 2008.

3.1.2.2 Sommerblüte

Nach der Frühjahrsblüte blieb die Biomasse der Dinoflagellaten (meist unbestimmte Gymnodiniales) in der Mecklenburger Bucht ungewöhnlich gering, während sich die außergewöhnliche *Chrysochromulina*-Entwicklung zumindest an Station 012 bis zum Juli hielt. Zum 30.7. entwickelte sich an Station 022 eine Kieselalgenblüte: *Proboscia alata* (2547 mg m⁻³), *Dactyliosolen fragilissimus* (1227 mg m⁻³), *Cerataulina pelagica* (1136 mg m⁻³), während an den Stationen 012 und 046 die Phytoplankton-Biomasse sehr gering blieb und kaum Kieselalgen auftraten. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass sich dort Kieselalgen im anschließenden Monat entwickelten, aus dem uns keine Proben zu Verfügung stehen. Jedenfalls konnten an der Küstenstation Heiligendamm vom 12.8.-2.9.08 hohe Kieselalgen-Biomassen, mit einer Sukzession von *Dactyliosolen fragilissimus* zu *Coscinodiscus granii*, *Guinardia flaccida* und zur *Pseudo-nitzschia seriata*-Gruppe verzeichnet werden. Langsam kam es auch zur üblichen Vermehrung von *Ceratium tripos*.

Stickstofffixierende Cyanobakterien waren in der Mecklenburger Bucht unbedeutend, erreichten Ende Juli an der Station 113 in der Arkonasee aber immerhin 456 mg m⁻³ und in der Bornholmsee sogar 798 mg m⁻³. Der wichtigste Dinoflagellat war zu dieser Zeit in der Bornholmsee *Prorocentrum minimum* mit 315 mg m⁻³. In der östlichen Gotlandsee (Stat. 271) traten *Nodularia spumigena* und *Aphanizomenon* sp. mit jeweils 139 mg m⁻³ und 111 mg m⁻³ auf, während *Anabaena* unbedeutend war.

3.1.2.3 Herbstblüte

Die Herbstblüte setzt sich in der Mecklenburger Bucht normalerweise aus Kieselalgen und Dinoflagellaten zusammen, wobei das Verhältnis dieser beiden Gruppen an den einzelnen Stationen oft kurzzeitig in Abhängigkeit von der Strömungssituation variiert. Im Vorjahr, also 2007, war *Ceratium tripos* erstaunlich schwach, Kieselalgen dagegen sehr stark entwickelt. Im Jahre 2008 war das Verhältnis zwischen diesen beiden Gruppen dagegen recht ausgewogen. Dabei ist die Artenzusammensetzung bei den Dinoflagellaten immer stabil; es sind im wesentlichen Vertreter der Gattung *Ceratium* (*C. tripos*, *C. lineatum*, *C. fusus*). Die dominierenden Arten bei den Kieselalgen variieren stark: 16.9., Stat. 022: *Chaetoceros convolutus*; 16.9., Stat. 012: *Coscinodiscus granii*; 21.10., Stat. 022, 012 u. Küstenstation Heiligendamm: *Pseudo-nitzschia pungens*; 15./16.11., Stat. 012 u. 046: *Cerataulina pelagica*. Der Höhepunkt wurde in der Mecklenburger (einschl. Lübecker) Bucht am 21.10.08 erreicht, in der Arkonasee erst am 17.11.08. Die Herbstblüte an Station 113 und 109 wurde fast ausschließlich von *Coscinodiscus granii* gebildet. Die Phytoplankton-Biomasse sinkt in diesen Gebieten zum Ende November auf einen niedrigen Wert ab. Der einzige Herbst-Meßwert aus der Bornholmsee zeigt dort am 21.11. allerdings noch eine hohe Biomasse von *Coscinodiscus granii* (2002 mg m⁻³). Ein erneutes Wachstum im Dezember ist grundsätzlich nicht auszuschließen. So wurde an der Küstenstation Heiligendamm noch am 16.12.08 eine spontane Blüte von *Coscinodiscus granii* gefunden.

Tab. 4

Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Taxa (in Prozent der Phytoplankton-Biomasse) in den oberen 10 m der Wassersäule: Mittelwerte der drei Fahrten von Februar bis Mai sowie der Juli/August- und Novemberfahrt 2008 in den verschiedenen Seegebieten. Zu Beginn jedes Blocks ist die entsprechende durchschnittliche Phytoplanktonbiomasse (in µg/l) angegeben. „Unbestimmte“, „Gymnodiniales“ und „Peridinales“ wurden aus der Liste gelöscht, wenn sie jeweils <10% ausmachten. Fortsetzung auf Seite 29-30 !

Table 4

The 10 most abundant phytoplankton taxa (percentage of total phytoplankton biomass) in the different sea areas (upper 10 m): averages from the three cruises February-May as well as cruises from July/August and November 2008. The mean phytoplankton biomass (in µg/l) is given on the top of each block. „Unidentified“, „Gymnodiniales“ and „Peridinales“ were deleted from the list if the specimen accounted for less than 10 %. Continued on page 29-30!

Februar-Mai	(%)	Juli/August	(%)	November	(%)
Zentrale Mecklenburger Bucht (Stat. 012)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	384	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	243	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	518
<i>Chrysochromulina</i>	26,9	Unidentified	18,6	<i>Cerataulina pelagica</i>	33,8
<i>Mesodinium rubrum</i>	19,3	<i>Ceratium tripos</i>	17,2	<i>Ceratium tripos</i>	10,6
<i>Skeletonema costatum</i>	7,3	Gymnodiniales	11,5	<i>Ceratium lineatum</i>	8,8
<i>Porosira glacialis</i>	4,9	<i>Chrysochromulina</i>	7,5	<i>Heterosigma akashiwo</i>	6,1
<i>Heterocapsa triquetra</i>	3,9	<i>Plagioselmis prolunga</i>	5,6	<i>Aphanocapsa</i>	4,9
Peridinales	3,0	<i>Aphanizomenon</i>	4,8	<i>Thalassiosira rotula</i>	4,8
<i>Katodinium rotundatum</i>	2,1	<i>Teleaulax</i>	4,4	<i>Proboscia alata</i>	4,4
<i>Teleaulax</i>	2,1	<i>Cerataulina pelagica</i>	4,1	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	2,0
<i>Pyramimonas</i>	2,0	<i>Katodinium rotundatum</i>	3,5	<i>Teleaulax</i>	1,9
<i>Heterosigma akashiwo</i>	1,6	<i>Nodularia spumigena</i>	2,8	<i>Ditylum brightwellii</i>	1,8
Östliche Mecklenburger Bucht (Stat. 046)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	526	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	447	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	239
<i>Mesodinium rubrum</i>	41,2	Unidentified	20,2	<i>Cerataulina pelagica</i>	30,8
<i>Skeletonema costatum</i>	21,3	<i>Pyramimonas</i>	9,6	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	10,1
<i>Chrysochromulina</i>	8,9	<i>Actinocyclus</i>	9,6	<i>Ceratium tripos</i>	7,5
<i>Katodinium rotundatum</i>	2,9	<i>Plagioselmis prolunga</i>	9,5	<i>Actinocyclus</i>	5,9
<i>Teleaulax</i>	2,1	<i>Katodinium rotundatum</i>	9,5	<i>Ceratium lineatum</i>	5,7
<i>Aphanizomenon</i>	1,2	<i>Teleaulax</i>	7,2	<i>Thalassiosira rotula</i>	3,7
<i>Eutreptiella</i>	0,9	<i>Coscinodiscus granii</i>	4,9	<i>Teleaulax</i>	3,3
<i>Chaetoceros ceratosporus</i>	0,9	<i>Aphanizomenon</i>	2,4	<i>Proboscia alata</i>	2,7
<i>Pyramimonas</i>	0,9	<i>Ceratium tripos</i>	2,3	<i>Mesodinium rubrum</i>	2,3
<i>Plagioselmis prolunga</i>	0,6	<i>Mesodinium rubrum</i>	2,2	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> group	2,1

Westliche Arkonasee (Stat, 030)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	503	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	576	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	448
<i>Mesodinium rubrum</i>	32,1	Unidentified	40,2	<i>Coscinodiscus granii</i>	59,4
<i>Chrysochromulina</i>	28,1	<i>Chrysochromulina</i>	14,9	<i>Cerataulina pelagica</i>	11,8
<i>Skeletonema costatum</i>	7,0	<i>Aphanizomenon</i>	7,9	<i>Actinocyclus</i>	7,4
<i>Thalassiosira levanderi</i>	4,0	<i>Coscinodiscus granii</i>	7,7	<i>Mesodinium rubrum</i>	6,0
<i>Thalassiosira</i>	3,2	<i>Plagioselmis prolunga</i>	4,4	<i>Ceratium tripos</i>	2,6
<i>Katodinium rotundatum</i>	3,1	<i>Ebria tripartita</i>	2,9	<i>Teleaulax</i>	1,9
<i>Pyramimonas</i>	2,6	<i>Teleaulax</i>	2,8	<i>Katodinium rotundatum</i>	0,6
<i>Teleaulax</i>	1,9	<i>Anabaena limnetica</i>	2,3	<i>Plagioselmis prolunga</i>	0,5
<i>Actinocyclus</i>	1,1	<i>Katodinium rotundatum</i>	1,7	<i>Hemiselmis</i>	0,5
<i>Eutreptiella</i>	1,0	<i>Pyramimonas</i>	1,6	<i>Skeletonema costatum</i>	0,4
Zentrale Arkonasee (Stat, 113)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	664	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	775	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	1897
<i>Chrysochromulina</i>	35,3	<i>Aphanizomenon</i>	46,8	<i>Coscinodiscus granii</i>	88,3
<i>Mesodinium rubrum</i>	30,8	Unidentified	15,3	<i>Cerataulina pelagica</i>	6,1
<i>Skeletonema costatum</i>	10,2	<i>Nodularia spumigena</i>	10,8	<i>Actinocyclus</i>	0,9
<i>Katodinium rotundatum</i>	2,6	<i>Chrysochromulina</i>	3,4	<i>Mesodinium rubrum</i>	0,5
<i>Actinocyclus</i>	2,1	<i>Akashiwo sanguinea</i>	3,2	<i>Teleaulax</i>	0,5
<i>Pyramimonas</i>	1,8	<i>Plagioselmis prolunga</i>	2,1	<i>Ceratium tripos</i>	0,3
<i>Teleaulax</i>	1,4	<i>Ebria tripartita</i>	2,0	<i>Eutreptiella</i>	0,2
<i>Thalassiosira levanderi</i>	1,2	<i>Coscinodiscus granii</i>	1,5	<i>Actinocyclus normanii</i> f, subsala	0,2
<i>Eutreptiella</i>	1,1	<i>Pyramimonas</i>	1,3	<i>Pterosperma</i>	0,1
<i>Dictyocha speculum</i>	0,5	<i>Anabaena</i>	1,2	<i>Katodinium rotundatum</i>	0,1
Östliche Arkonasee (Stat. 109)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	861			Phytopl.-Biomasse (µg/l)	670
<i>Mesodinium rubrum</i>	27,0			<i>Coscinodiscus granii</i>	87,2
<i>Chrysochromulina</i>	22,9			<i>Actinocyclus</i>	2,2
<i>Ebria tripartita</i>	9,1			<i>Mesodinium rubrum</i>	1,2
<i>Skeletonema costatum</i>	5,0			<i>Actinocyclus normanii</i> f, subsala	1,1
<i>Planktolyngbya</i>	3,0			<i>Teleaulax</i>	0,5
<i>Diatoma tenue</i>	2,9			<i>Hemiselmis</i>	0,3
<i>Katodinium rotundatum</i>	2,5			<i>Plagioselmis prolunga</i>	0,3
<i>Pyramimonas</i>	2,4			<i>Eutreptiella</i>	0,2
<i>Chaetoceros wighamii</i>	2,3			Craspedophyceae	0,2
<i>Teleaulax</i>	1,5			<i>Chaetoceros danicus</i>	0,1
Bornholmsee (Stat. 213)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	967	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	1510	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	2178
<i>Chrysochromulina</i>	63,7	<i>Nodularia spumigena</i>	25,8	<i>Coscinodiscus granii</i>	91,9
<i>Mesodinium rubrum</i>	15,8	<i>Prorocentrum minimum</i>	20,9	<i>Actinocyclus</i>	4,6
<i>Eutreptiella</i>	8,8	<i>Aphanizomenon</i>	15,6	<i>Mesodinium rubrum</i>	0,6
<i>Katodinium rotundatum</i>	3,3	<i>Anabaena</i>	11,3	<i>Teleaulax</i>	0,1
<i>Pyramimonas</i>	0,8	<i>Akashiwo sanguinea</i>	9,3	<i>Ceratium tripos</i>	0,1

<i>Teleaulax</i>	0,8	<i>Mesodinium rubrum</i>	1,9	<i>Plagioselmis prolunga</i>	0,1
<i>Peridiniella catenata</i>	0,7	<i>Aphanothece</i>	1,7	<i>Katodinium rotundatum</i>	0,1
<i>Ebria tripartita</i>	0,4	<i>Nitzschia paleacea</i>	1,4	<i>Eutreptiella</i>	0,1
<i>Aphanizomenon</i>	0,4	<i>Chrysochromulina</i>	1,0	<i>Chaetoceros danicus</i>	0,1
<i>Actinocyclus</i>	0,3	<i>Aphanocapsa</i>	0,6	<i>Hemiselmis</i>	0,0
Südliche Gotlandsee (Stat. 259)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	959	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	474		
<i>Chrysochromulina</i>	70,3	<i>Chrysochromulina</i>	18,0		
<i>Mesodinium rubrum</i>	10,1	Unidentified	13,7		
<i>Peridiniella catenata</i>	8,0	<i>Nodularia spumigena</i>	9,7		
<i>Katodinium rotundatum</i>	1,3	<i>Akashiwo sanguinea</i>	8,7		
<i>Actinocyclus spp.</i>	1,0	<i>Aphanizomenon</i>	4,9		
<i>Pyramimonas</i>	0,9	<i>Aphanothece</i>	4,3		
<i>Teleaulax</i>	0,6	<i>Plagioselmis prolunga</i>	3,5		
<i>Scrippsiella complex cf.</i>	0,6	<i>Dinophysis</i>	3,1		
<i>Dinophysis acuminata</i>	0,5	<i>Aphanocapsa</i>	2,6		
<i>Aphanizomenon</i>	0,3	<i>Teleaulax</i>	2,4		
Östliche Gotlandsee (Stat. 271)					
Phytopl.-Biomasse (µg/l)	2579	Phytopl.-Biomasse (µg/l)	639		
<i>Chrysochromulina</i>	48,4	<i>Nodularia spumigena</i>	21,8		
<i>Peridiniella catenata</i>	35,8	<i>Chrysochromulina</i>	21,4		
<i>Mesodinium rubrum</i>	9,1	<i>Aphanizomenon</i>	17,4		
<i>Aphanizomenon</i>	1,8	Unidentified	10,6		
<i>Katodinium rotundatum</i>	0,7	<i>Plagioselmis prolunga</i>	4,1		
<i>Actinocyclus</i>	0,3	<i>Aphanothece</i>	4,0		
<i>Dinophysis norvegica</i>	0,2	<i>Anabaena limnetica</i>	3,8		
<i>Teleaulax</i>	0,2	<i>Mesodinium rubrum</i>	2,5		
<i>Scrippsiella complex cf.</i>	0,1	<i>Nitzschia paleacea</i>	1,9		
<i>Pyramimonas</i>	0,1	<i>Cyanonephron styloides</i>	1,7		

Tab. 5

Alphabetische Liste der im Jahre 2008 gefundenen Phytoplanktonarten und ihrer taxonomischen Zugehörigkeit mit Angabe der Rangfolge (nach Biomasse, alle Stationen, alle Tiefen) und saisonalem Vorkommen. Fortsetzung Seite 32-34.

Table 5

Phytoplankton species list of 2008, with class affiliation, biomass rank (for all stations, all depths) and seasonal occurrence (continued on page 32-34).

Artname (Gesamtliste)	Klasse	Rang	Febr.	März/ Apr.	Apr./ Mai	Jul/ Aug.	Nov.
<i>Actinocyclus</i> sp.	Bacillarioph.	14	X	X	X	X	X
<i>Akashiwo sanguinea</i>	Dinophyceae	29				X	X
<i>Amphidinium</i> spp.	Dinophyceae	128	X				
<i>Amphidinium crassum</i>	Dinophyceae	76		X	X	X	
<i>Amphidinium sphenoides</i>	Dinophyceae	85		X	X		X
<i>Amylax triacantha</i>	Dinophyceae	75		X	X	X	
<i>Anabaena</i> spp.	Cyanobact.	30			X	X	
<i>Anabaenopsis</i> sp.	Cyanobact.	132				X	
<i>Apedinella radians</i>	Chrysophyc.	67	X	X	X		
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Cyanobact.	11	X	X	X	X	X
<i>Aphanocapsa</i> spp.	Cyanobact.	32	X	X	X	X	X
<i>Aphanothece</i> spp.	Cyanobact.	34	X	X	X	X	
<i>Aphanothece minutissima</i>	Cyanobact.	131		X			
<i>Aphanothece paralleliformis</i>	Cyanobact.	66	X	X	X	X	
<i>Attheya septentrionalis</i>	Bacillarioph.	49	X	X	X	X	X
<i>Cerataulina pelagica</i>	Bacillarioph.	6				X	X
<i>Ceratium fusus</i>	Dinophyceae	63				X	X
<i>Ceratium lineatum</i>	Dinophyceae	28			X	X	X
<i>Ceratium longipes</i>	Dinophyceae	99				X	X
<i>Ceratium tripos</i>	Dinophyceae	10	X		X	X	X
<i>Chaetoceros</i> spp.	Bacillarioph.	108	X	X	X	X	
<i>Chaetoceros affinis</i>	Bacillarioph.	88				X	
<i>Chaetoceros ceratosporus</i>	Bacillarioph.	33		X			
<i>Chaetoceros contortus</i>	Bacillarioph.	52				X	X
<i>Chaetoceros convolutus</i>	Bacillarioph.	103				X	X
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Bacillarioph.	91					X
<i>Chaetoceros danicus</i>	Bacillarioph.	55	X	X	X	X	
<i>Chaetoceros debilis</i>	Bacillarioph.	137	X				
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Bacillarioph.	106		X	X		
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>diadema</i>	Bacillarioph.	133					X
<i>Chaetoceros impressus</i>	Bacillarioph.	61	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros laciniosus</i>	Bacillarioph.	97	X				X
<i>Chaetoceros similis</i>	Bacillarioph.	73	X	X	X	X	X

<i>Chaetoceros socialis</i> f. <i>socialis</i>	Bacillarioph.	95				X	X
<i>Chaetoceros subtilis</i> var. <i>subtilis</i>	Bacillarioph.	105	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>tenuissimus</i>	Bacillarioph.	72	X	X	X	X	
<i>Chaetoceros thronsenii</i>	Bacillarioph.	122	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros wighamii</i>	Bacillarioph.	46		X	X		
<i>Chrysochromulina</i> spp.	Prymnesioph.	1	X	X	X	X	X
<i>Coelosphaerium minutissimum</i>	Cyanobact.	90	X	X	X	X	
<i>Coscinodiscus granii</i>	Bacillarioph.	4				X	X
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Bacillarioph.	27	X	X	X	X	X
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	Cyanobact.	64	X	X	X	X	
<i>Cyanonephron styloides</i>	Cyanobact.	71				X	
<i>Cyclotella</i> spp.	Bacillarioph.	115	X	X	X	X	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Bacillarioph.	79	X	X	X	X	X
<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>	Prasinoph.	74	X	X		X	
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Bacillarioph.	9				X	X
<i>Diatoma tenuis</i>	Bacillarioph.	43			X		
<i>Dictyocha speculum</i>	Dicyochooph.	8	X	X	X	X	X
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	Chlorophyc.	120				X	
<i>Dinobryon</i> spp.	Chrysophyc.	129			X	X	
<i>Dinobryon balticum</i>	Chrysophyc.	81		X	X		
<i>Dinobryon faculiferum</i>	Chrysophyc.	83		X	X	X	X
<i>Dinophysis</i> spp.	Dinophyceae	60		X	X	X	X
<i>Dinophysis acuminata</i>	Dinophyceae	50			X	X	
<i>Dinophysis acuta</i>	Dinophyceae	86			X	X	
<i>Dinophysis norvegica</i>	Dinophyceae	35	X	X	X	X	X
<i>Dinophysis rotundata</i>	Dinophyceae	87	X		X	X	X
<i>Dissodinium pseudolunula</i>	Dinophyceae	102				X	
<i>Ditylum brightwellii</i>	Bacillarioph.	68	X			X	X
<i>Ebria tripartita</i>	Ebriidea	20	X	X	X	X	X
<i>Eutreptiella</i> sp.	Euglenophyc.	15	X	X	X	X	X
<i>Guinardia delicatula</i>	Bacillarioph.	40	X	X		X	X
<i>Guinardia flaccida</i>	Bacillarioph.	79				X	X
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	Dinophyceae	113					X
<i>Gyrodinium</i> cf. <i>spirale</i>	Dinophyceae	19	X	X	X		X
<i>Hemiselmis</i> sp.	Cryptophyc.	53	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa rotundata</i>	Dinophyceae	12	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa</i> cf. <i>triquetra</i>	Dinophyceae	18	X	X	X	X	
<i>Heterosigma</i> cf. <i>akashiwo</i>	Raphidophyc.	27	X	X			X
<i>Katablepharis remigera</i>	Incertae sedis	41	X	X	X	X	X
<i>Katodinium glaucum</i>	Dinophyceae	78	X	X	X	X	X
<i>Lemmermanniella pallida</i>	Cyanobact.	112		X	X		
<i>Lemmermanniella parva</i>	Cyanobact.	98	X		X	X	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillarioph.	100	X			X	X
<i>Leptocylindrus minimus</i>	Bacillarioph.	110				X	X
<i>Leucocryptos</i> sp.	Incertae sedis	134	X				

<i>Leucocryptos marina</i>	Incertae sedis	58	X	X	X	X	X
<i>Melosira arctica</i>	Bacillarioph.	116		X			
<i>Merismopedia</i> spp.	Cyanobact.	130				X	
<i>Merismopedia punctata</i>	Cyanobact.	121					X
<i>Merismopedia warmingiana</i>	Cyanobact.	136				X	
<i>Mesodinium rubrum</i>	Litostomatea	2	X	X	X	X	X
<i>Monoraphidium contortum</i>	Chlorophyc.	127		X	X	X	
<i>Nitzschia paleacea</i>	Bacillarioph.	65				X	
<i>Nodularia spumigena</i>	Cyanobact.	13				X	
<i>Oocystis</i> spp.	Chlorophyc.	70	X	X	X	X	X
<i>Pachysphaera</i> sp.	Prasinophyc.	96		X	X	X	X
<i>Peridiniella catenata</i>	Dinophyceae	7	X	X	X	X	
<i>Plagioselmis prolonga</i>	Cryptophyc.	25	X	X	X	X	X
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Chlorophyc.	101	X	X	X	X	X
<i>Planktolyngbya</i> spp.	Cyanobact.	39	X	X	X	X	
<i>Planktolyngbya contorta</i>	Cyanobact.	123		X		X	
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	Cyanobact.	135	X	X			
<i>Polykrikos schwartzii</i>	Dinophyceae	94					X
<i>Porosira glacialis</i>	Bacillarioph.	22	X	X			
<i>Proboscia alata</i>	Bacillarioph.	3	X	X	X	X	X
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	Dinophyceae	109	X	X			X
<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae	92	X			X	X
<i>Prorocentrum minimum</i>	Dinophyceae	24	X			X	X
<i>Protoperidinium</i> spp.	Dinophyceae	54	X	X	X	X	X
<i>Protoperidinium bipes</i>	Dinophyceae	119	X	X	X		X
<i>Protoperidinium depressum</i>	Dinophyceae	23			X		X
<i>Peridinium oblongum</i>	Dinophyceae	104				X	
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	Dinophyceae	51	X	X	X		
<i>Peridinium steini</i>	Dinophyceae	107				X	X
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	Cyanobact.	48	X			X	X
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	Bacillarioph.	37	X	X		X	X
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> group	Bacillarioph.	82	X	X		X	X
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i>	Bacillarioph.	77				X	X
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> group	Bacillarioph.	56		X		X	X
<i>Pseudopedinella</i> sp.	Chrysophyc.	93	X	X	X	X	X
<i>Pterosperma</i> sp.	Prasinophyc.	84	X			X	X
<i>Pyramimonas</i> spp.	Prasinophyc.	17	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	Bacillarioph.	69	X	X		X	
<i>Rhizosolenia pungens</i>	Bacillarioph.	45				X	X
<i>Rhizosolenia setigera</i>	Bacillarioph.	42	X	X			X
<i>Rhodomonas</i> cf. <i>marina</i> .	Cryptophyc.	117			X		
<i>Romeria</i> spp.	Cyanobact.	111			X	X	
<i>Scenedesmus</i> spp.	Chlorophyc.	118		X		X	
<i>Scrippsiella</i> -Komplex	Dinophyceae	47			X		

<i>Skeletonema costatum</i>	Bacillarioph.	5	X	X	X	X	X
<i>Snowella</i> spp.	Cyanobact.	62	X	X	X	X	X
<i>Teleaulax</i> spp.	Cryptophyc.	16	X	X	X	X	X
<i>Telonema</i> spp.	Incertae sedis	36	X	X	X	X	X
<i>Tetrastrum</i> spp.	Chlorophyc.	125			X		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Bacillarioph.	44	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira</i> spp.	Bacillarioph.	31	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	Bacillarioph.	89	X				X
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	Bacillarioph.	57					X
<i>Thalassiosira levanderi</i>	Bacillarioph.	21		X			
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	Bacillarioph.	114		X			X
<i>Thalassiosira rotula</i>	Bacillarioph.	38					X
<i>Trachelomonas</i> spp.	Euglenophyc.	59	X		X	X	X
<i>Woronichinia</i> spp.	Cyanobact.	124		X			
Anzahl der Taxa: insgesamt 136			75	79	75	99	82

3.1.4 Jahrgang und Trend der Chlorophyll a – Konzentration

Ein grober Jahrgang der Chlorophyll a-Konzentration ist der Tabelle 6 zu entnehmen. Er entspricht etwa den bereits in Abb. 4-6 dargestellten Jahrgängen der Biomasse. Allerdings stehen von den zusätzlich erhaltenen Phytoplanktonproben keine entsprechenden Chlorophyll-Daten zur Verfügung, so dass eine spezielle Darstellung der Chlorophyll-Jahrgänge ohnehin weniger detailliert wäre als die oben schon gezeigten Biomasse-Jahrgänge.

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). Die Analyse der Gesamtdaten ohne jahreszeitliche Separierung wurde letztmalig von (WASMUND et al. 2007) durchgeführt.

Bereits 1 Jahr zuvor haben WASMUND et al. (2006a) die Jahreszeiten separat betrachtet und dadurch eine neue Qualität erreicht. Die Jahreszeiten wurden einfach nach Monaten definiert, wie das bereits von HELCOM (1996) vorgeschlagen wurde (Tab. 7). Es ergaben sich bei Betrachtung der Saisonwerte erstaunliche Trends, unabhängig davon, ob sie auf Einzelwerten oder Saison-Mittelwerten basierten. In erster Linie zeigten die Frühjahrswerte einen Trend. Das ist bedeutsam, da gerade das Frühjahrsplankton mit seiner „neuen Produktion“ auf Eutrophierung reagiert, während im Sommer eher ein Recycling („regenerierte Produktion“) stattfindet.

Tab. 6

Mittlere Konzentrationen von „aktivem Chlorophyll a“ (Chl.a-kor), Phaeopigment a und „Gesamt-Chlorophyll a“ (Chl.a-tot), alles in mg m^{-3} , von 0 bis 10 m Tiefe oder (bei manchen Küstenstationen) nur von der Oberfläche (1 m).

Table 6

Depth-integrated (0-10m) concentrations of “active chlorophyll a” (chl.a-cor), phaeopigment a and “total chlorophyll a” (chl.a-tot). At some coastal stations only from the surface (1 m).

Stat.	Datum	Chl.a-kor (mg m^{-3})	Phaeo a (mg m^{-3})	Chl.a-tot (mg m^{-3})	Stat.	Datum	Chl.a-kor (mg m^{-3})	Phaeo a (mg m^{-3})	Chl.a-tot (mg m^{-3})
360	10.2.08	2,08	0,47	2,32	113	06.5.08	4,07	0,60	4,38
360	29.4.08	1,72	0,33	1,89	113	30.7.08	5,32	0,99	5,85
360	29.7.08	2,28	0,43	2,50	113	17.11.08	2,99	1,51	3,79
360	16.11.0	4,33	0,57	4,63	113	22.11.08	1,92	0,89	2,40
022	11.2.08	2,32	0,65	2,66	109	12.2.08	1,33	0,35	1,51
022	29.4.08	5,25	1,24	5,90	109	3.4.08	4,15	0,78	4,56
022	30.7.08	1,94	0,30	2,10	109	6.5.08	5,42	1,20	6,05
022	15.11.08	3,16	0,39	3,37	109	17.11.08	2,26	1,17	2,87
12	11.2.08	1,53	0,54	1,81	213	13.2.08	1,05	0,25	1,19
12	20.2.08	1,72	0,53	1,99	213	19.2.08	1,25	0,34	1,43
12	28.3.08	2,31	0,45	2,55	213	29.3.08	8,12	1,71	9,01
12	30.4.08	2,28	0,46	2,52	213	2.4.08	9,47	1,75	10,39
12	6.5.08	1,74	0,35	1,93	213	1.5.08	6,82	1,08	7,38
12	30.7.08	1,49	1,02	2,03	213	5.5.08	9,87	1,74	10,78
12	15.11.08	3,00	0,43	3,23	213	31.7.08	5,17	0,74	5,56
12	25.11.0	2,68	0,46	2,92	259	18.2.08	2,65	0,38	2,85
46	11.2.08	1,17	0,51	1,44	259	30.3.08	7,73	1,31	8,42
46	20.2.08	1,68	0,61	1,99	259	2.5.08	9,38	2,19	10,53
46	28.3.08	3,03	0,44	3,27	259	1.8.08	4,71	1,00	5,24
46	3.4.08	2,35	0,40	2,57	271	16.2.08	0,96	0,21	1,07
46	30.4.08	2,83	0,59	3,14	271	31.3.08	6,05	1,00	6,57
46	30.7.08	2,96	0,86	3,41	271	3.5.08	16,13	2,53	17,45
46	16.11.0	1,52	0,77	1,92	271	2.8.08	4,21	0,93	4,71
46	25.11.0	1,65	0,66	2,00	Nur Oberflächenwerte:				
30	11.2.08	3,00	0,68	3,35	360	27.3.08	2,56	0,24	2,68
30	19.2.08	2,52	0,56	2,81	022	28.3.08	7,46	1,22	8,10
30	28.3.08	6,34	1,09	6,91	05	10.2.08	1,27	0,48	1,52
30	30.4.08	2,49	0,47	2,74	05	27.3.08	2,60	0,29	2,75
30	6.5.08	1,61	0,37	1,81	05	29.4.08	2,18	0,28	2,33
30	30.7.08	2,49	0,56	2,78	05	29.7.08	1,81	0,20	1,92
30	17.11.08	2,06	1,02	2,60	05	15.11.08	2,71	0,51	2,98
30	25.11.0	2,61	0,87	3,07	09	3.04.08	1,96	0,47	2,21
113	12.2.08	3,02	0,79	3,44	09	6.5.08	2,04	0,45	2,28
113	19.2.08	1,85	0,50	2,11	09	30.7.08	2,10	0,75	2,50
113	28.3.08	5,89	1,06	6,44	011	11.2.08	2,76	0,65	3,10
113	03.4.08	5,69	1,19	6,32	011	5.5.08	5,28	1,11	5,87
113	01.5.08	3,67	0,55	3,97	011	18.11.08	6,02	1,27	6,68

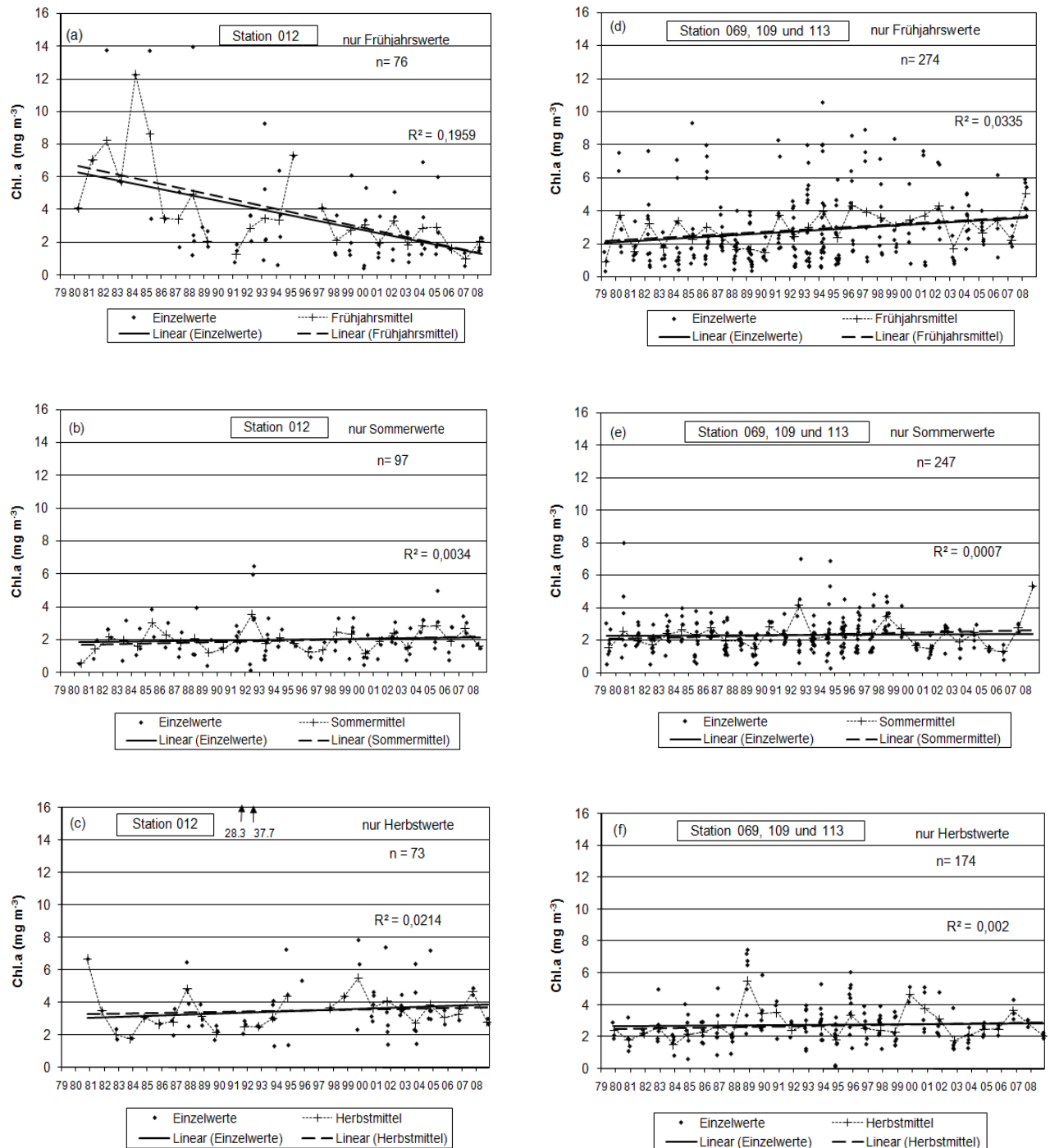


Abb. 7: Trends der Chlorophyll a-Konzentrationen (mittels linearer Regression), sowohl für Einzelwerte als auch Saison-Mittelwerte, für die Frühjahrs-, Sommer- und Herbstwerte in der Mecklenburger Bucht (a-c) und der Arkonasee (d-f). R^2 gilt für die Einzelwerte.

Fig. 7: Trends in the chlorophyll *a* concentration (by linear regression), both for single data and seasonal means, for spring, summer and autumn data in Mecklenburg Bight (a-c) and Arkona Sea (d-f). R^2 is based on the single data.

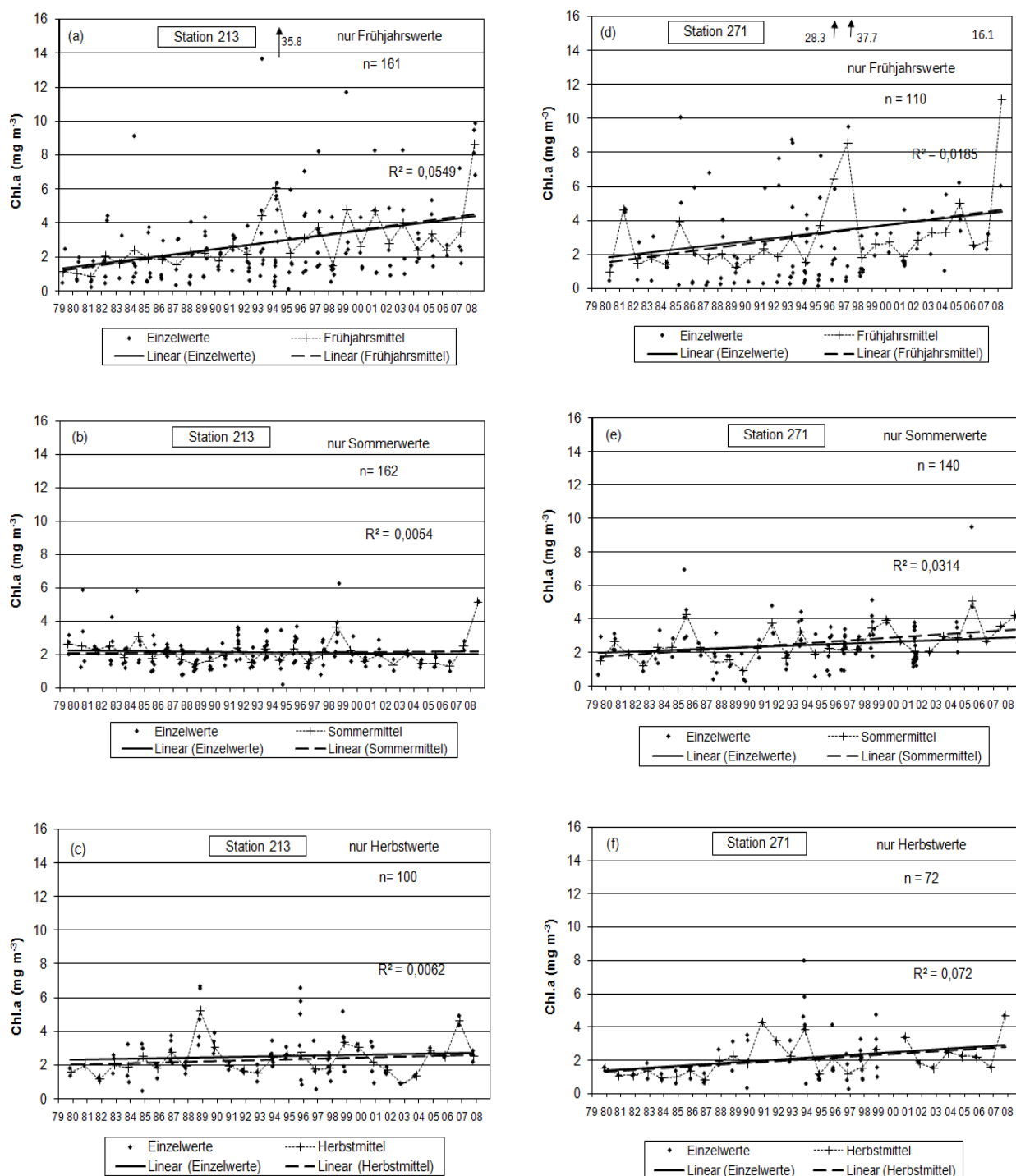


Abb. 8: Trends der Chlorophyll *a*-Konzentrationen (mittels linearer Regression), sowohl für Einzelwerte als auch Saison-Mittelwerte, für die Frühjahrs-, Sommer- und Herbstwerte in der Mecklenburger Bucht (a-c) und der Arkonasee (d-f). R² gilt für die Einzelwerte.

Fig. 8: Trends in the chlorophyll *a* concentration (by linear regression), both for single data and seasonal means, for spring, summer and autumn data in Mecklenburg Bight (a-c) and Arkona Sea (d-f). R² is based on the single data.

Wir schreiben die von WASMUND et al. (2006a) begonnenen Grafiken fort, nehmen nun erstmalig aber auch die Herbstwerte und die Station 271 in die Darstellungen mit auf (Abb. 7-8). Es sind neben den Einzelwerten auch die berechneten Saisonmittel dargestellt und durch eine gestrichelte Linie verbunden. Es werden wiederum die linearen Regressionsgeraden gezeigt, die (1) auf Einzelwerten und (2) auf Saisonmittelwerten beruhen. Beide sind fast deckungsgleich. In den Grafiken ist die Anzahl der Meßwerte (n) und das Bestimmtheitsmaß (R^2) für die Einzelwerte eingetragen. Aus dem Bestimmtheitsmaß wird die Wurzel gezogen, um auf den Korrelationskoeffizienten (r) zu kommen, und es wird der t-Wert berechnet, um den Korrelationskoeffizienten auf Signifikanz zu prüfen.

Tab. 7

Definition der Jahreszeiten anhand der Monate nach HELCOM-Strategie.

Table 7

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

Tab. 8

Korrelationskoeffizienten (r) der linearen Regression der Chlorophyll *a*-Daten (Einzelwerte; immer Mittelwerte aus 0-10 m Wassertiefe) der Jahre 1979-2008 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. 7 und 8 zu entnehmen.

Table 8

Correlation coefficients (r) of the linear regression of all chlorophyll *a* data (single data, always averages of 0-10 m depth) in the period 1979-2008 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 and 14.

Stationen	Korrelationskoeffizient		
	Frühjahr	Sommer	Herbst
012	0,444	0,085	0,173
069, 109 und 113	<i>0,183</i>	0,026	0,045
213	<i>0,234</i>	0,073	0,079
271	0,136	<i>0,177</i>	<i>0,268</i>

Die Korrelationskoeffizienten sind in Tab. 8 zusammengefasst. Im Falle von hoch signifikanten Korrelationen (Irrtumswahrscheinlichkeit $p=0,01$) ist der Wert fett dargestellt. Schwächer signifikanten Zusammenhängen ($p=0,05$) sind durch Kursivschrift markiert.

Die Frühjahrswerte zeigen in der Mecklenburger Bucht einen stark signifikanten Abfall, aber in der Arkonasee und in der Bornholmsee signifikante Anstiege. Die Sommerwerte ergaben erstmals einen schwach signifikanten Trend an Station 271. Auch die Herbstwerte steigen an Station 271 weiterhin an.

3.1.3 Sedimentation

Die mikroskopischen Analysen des in den Sinkstofffallen aufgefangenen Materials zeigen für 2007 das typische Spektrum der Phytoplanktongemeinschaft der mittleren Ostsee (Abb. 9 a-d). Im zeitigen Frühjahr treten mit *Skeletonema costatum* und *Thalassiosira levanderi* Arten mit geringer Biomasse auf, die im weiteren Verlauf des Jahres die erste Massenentwicklung bedingen, wie auch mit *Coscinodiscus granii* solche, die über den Winter vorkommen und später ganz zurücktreten.

Die Frühjahrsblüte wurde zusätzlich zu den genannten Diatomeenarten *Skeletonema costatum* und *Thalassiosira levanderi* in gleichen Anteilen auch von Arten der Gattung *Chaetoceros* gebildet. Durch die durch technische Probleme bedingte Überschneidung von Frühjahrs- und Sommerproben kann die Höhe der Frühjahrssedimentation nicht korrekt bestimmt werden. Da die zusammengefasste Probe von Anfang Juli allerdings nur die im Frühjahr bestimmenden Arten aufweist, diejenige in der nächsten aber nur die für den mittleren Sommer typischen fädigen Cyanobakterien (Abb. 9c) und die damit assoziierte Kieselalge *Nitzschia paleacea*, kann davon ausgegangen werden, dass die erste Probe die gesamte Sedimentationsmenge des Frühjahrs enthält. Das wird durch die Silikatwerte (Abb. 10) gestützt, die einen extrem hohen Wert nur in der ersten Juliprobe zeigen. Ebenso zeigen die Stickstoffisotope (Abb. 11) frühjahrstypische hohe Werte bis Anfang Juli, die dann mit der nächsten Probe rapide auf durch Stickstofffixierung bedingte niedrige Werte absinken. Die Menge des bis zum Sommer absinkenden Kohlenstoffs lag damit im Jahr 2007 um ca. 40 % höher als im Vorjahr. Es kann damit von einer Frühjahrsblüte ausgegangen werden, die wieder das Niveau der vorhergehenden Jahre und des langjährigen Mittels erreichte.

In der Sommerphase setzte sich der Trend des vorhergehenden Jahres fort. Es trat wieder die typische Gemeinschaft von diazotrophen Cyanobakterien mit *Nodularia*- und *Aphanizomenon*- Arten auf, was sich in leichten Werten der N-Isotopie widerspiegelte. Die absoluten Raten der Sedimentation blieben hingegen selbst unter denen des Vorjahres, so dass sich die Entwicklung geringerer Sommersedimentation im zweiten Jahr fortsetzte. Interessant ist, dass die Gemeinschaft mehrerer koloniebildender Cyanobakterien, von denen in den Vorjahren stets 5-6 Taxa im Sommer und Spätsommer auftraten, im Jahr 2007 auf nur eine Gattung (*Aphanocapsa*) reduziert war (Abb. 9d). Das lässt den Schluss zu, dass sich die Rolle der Cyanobakterien für den Partikelfluss zumindest in den letzten zwei Jahren qualitativ und quantitativ geändert hat. Auch Dinoflagellaten (Abb. 9b) traten mit

Dinophysis norvegica, *Dinophysis rotundata* und *Glenodinium* sp. in geringerem Maße und auch in einer reduzierten Artenvielfalt nur im Sommer sichtbar auf.

Die sonst für den Spätsommer typischen hohen Sedimentationraten organischer Substanz haben sich 2007 in den Herbst und Spätherbst zwischen Oktober und November verschoben (Abb. 12-13). Hier dominierten neben Restbeständen fädiger Cyanobakterien wieder Diatomeen, von denen *Actinocyclus octonarius*, *Coscinodiscus granii* und *Chaetoceros* spp. den größten Anteil hatten (Abb. 9a). Der vertikale Fluss für alle Elemente ist in dieser Zeit erheblich und stellt einen großen Teil des Jahresbudgets.

Ungewöhnlich ist, dass die im Sommer beginnenden leichten Isotopenwerte des Stickstoffs (Abb. 11), die aus der Stickstofffixierung der diazotrophen Cyanobakterien stammen, sich bis in den späten Herbst fortsetzen, in dem das Artenspektrum durch Diatomeen bestimmt wird. Als Erklärung dafür ist ein verändertes Abbauszenario für die Biomasse der im Sommer absinkenden Cyanobakterien vorstellbar, in dem die Hauptmasse nicht durch die Halokline sinkt, sondern schon in der Deckschicht und dem darunter liegenden Bereich des Winterwassers mineralisiert wird. Das dabei entstehende Ammonium bzw. Nitrat ist isotopisch leicht und kann bei der herbstlichen Konvektion wieder isotopisch leichte Signaturen in den Primärproduzenten hervorrufen. Das Sommersignal wird somit durch höhere Abbauraten in den oberen Wasserschichten bis in den Spätherbst verschleppt. Ein derart veränderter Abbaumodus kann sowohl in abiotischen Veränderungen der Temperatur, wie auch in biologischen Prozessen (veränderte pelagischen Nahrungsketten, veränderte Aggregationsmechanismen und Aggregatgrößen) begründet sein und kann mit dem Datensatz des biologischen Monitoring nicht aufgelöst werden.

Die saisonalen Muster des Vertikaltransportes der Hauptelemente Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor (Abb. 13 a-c) zeigen das aus den mikroskopischen Untersuchungen stammende Bild auch quantitativ. Frühjahr- und Herbstperiode bestimmen den Partikelexport, während der Sommer bei allen gemessenen Variablen unter den Werten der Vorjahre bleibt. Das führt allerdings in der Summe zu einem Anstieg der integrierten jährlichen Rate. Die absolute Menge des aus der Deckschicht exportierten Materials war etwa doppelt so hoch wie im Vorjahr und lag deutlich über dem langjährigen Mittel. Die Phosphormenge stieg dabei allerdings nicht ganz entsprechend an, da durch die lange Verweilzeit der Probe mit dem Frühjahrsmaterial oberhalb der konservierten Sammelgläser und entsprechende Abbauprozesse dort ein Teil des Phosphates wieder in Lösung gegangen ist. Der Gesamtfluss für die einzelnen Elemente betrug 585 mmol C, 70 mmol N, 221 mmol Si und 2,3 mmol P pro m² und Jahr. Mit 43,9 g a⁻¹ Trockenmasse war der Massefluss (Abb. 12) ebenfalls deutlich höher als im Vorjahr (28,5 g a⁻¹). Der über die drei vorhergehenden Jahre bestehende Trend zu geringeren Raten hat sich damit in diesem Jahr nicht fortgesetzt.

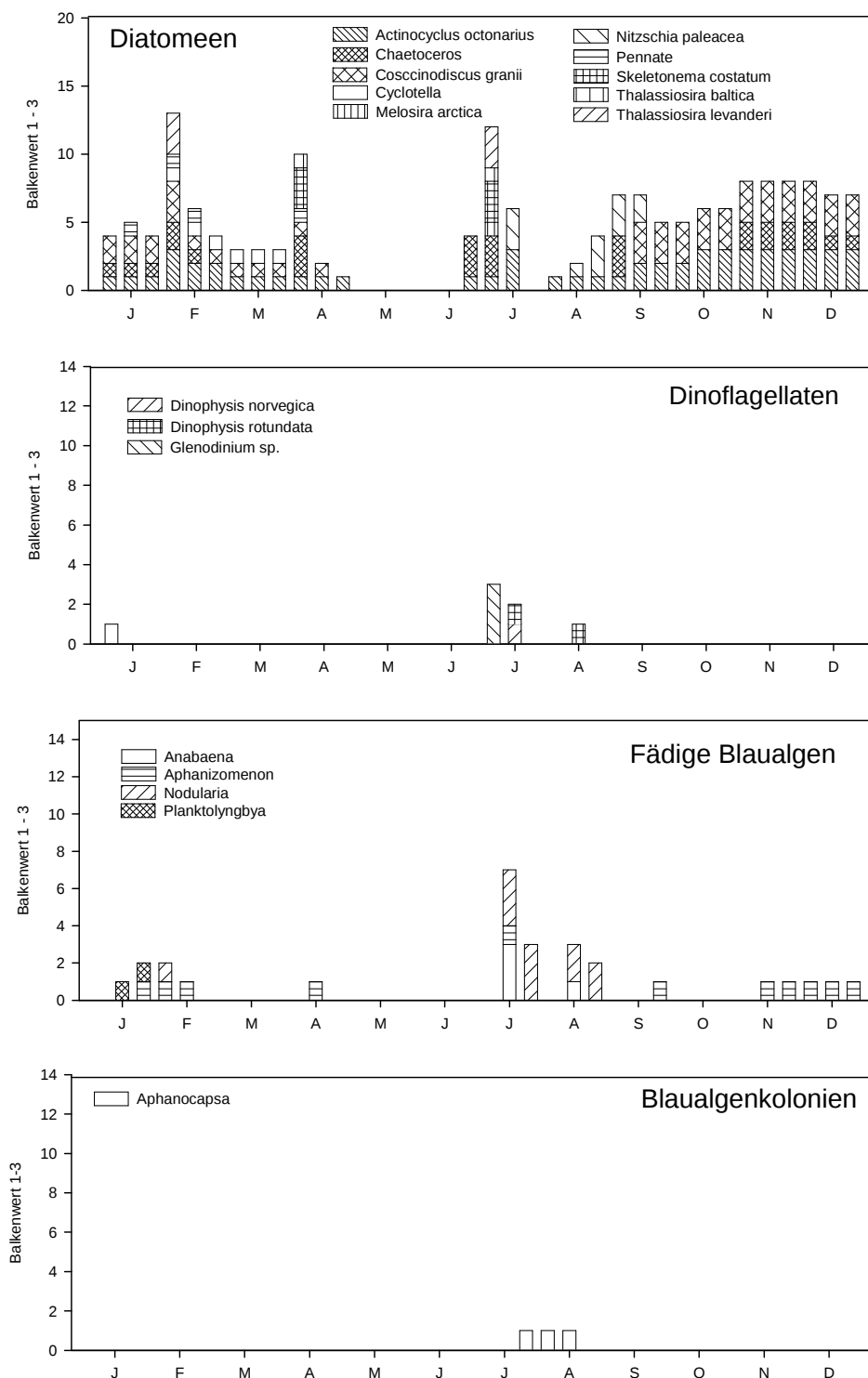


Abb. 9 a-d: Relative Häufigkeit einzelner Arten von Diatomeen, Dinoflagellaten sowie fädiger und koloniebildender Cyanobakterien im sedimentierten organischen Material im Jahre 2007.

Fig. 9 a-d: Relative frequency of selected species of diatoms (a), dinoflagellates (b), filamentous (c) and colony-forming (d) cyanobacteria in sedimented organic material in 2007.

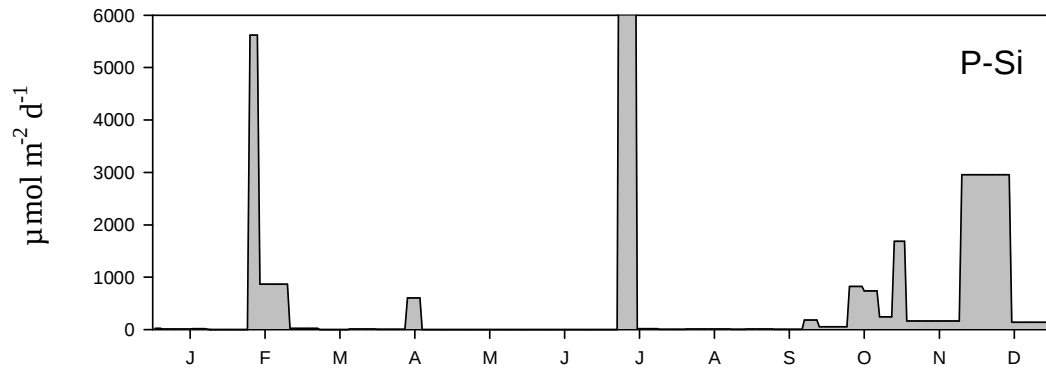


Abb. 10: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem biogenem Silikat im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2007.

Fig. 10: Daily sedimentation rates of particulate biogenic silicate at 180 m depth at Station 271 in 2007.

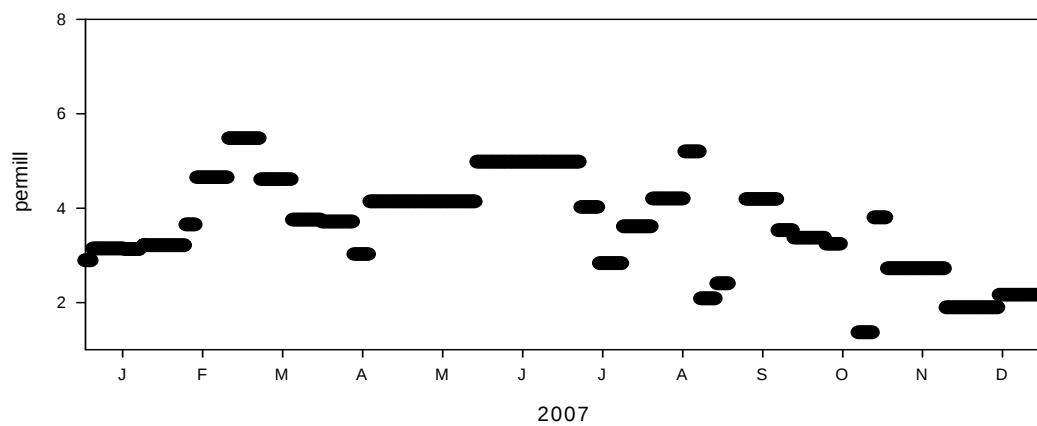


Abb. 11: Isotopie des Stickstoffs (permil delta 15 N) im Fallenmaterial im Jahr 2007.

Fig. 11: Isotopic signature of nitrogen (permil $\delta^{15}\text{N}$) in sediment trap material in 2007.

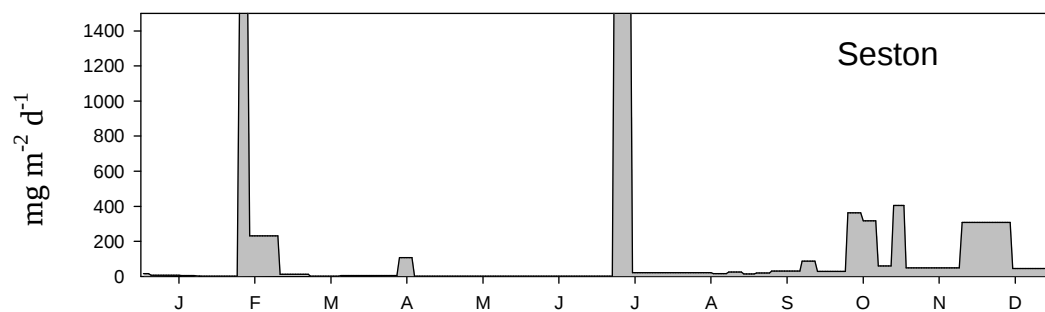


Abb. 12: Tägliche Sedimentationsraten von Trockenmasse (Seston) im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2007.

Fig. 12: Daily sedimentation rates of dry mass (seston) at 180 m depth at Stat. 271 in 2007.

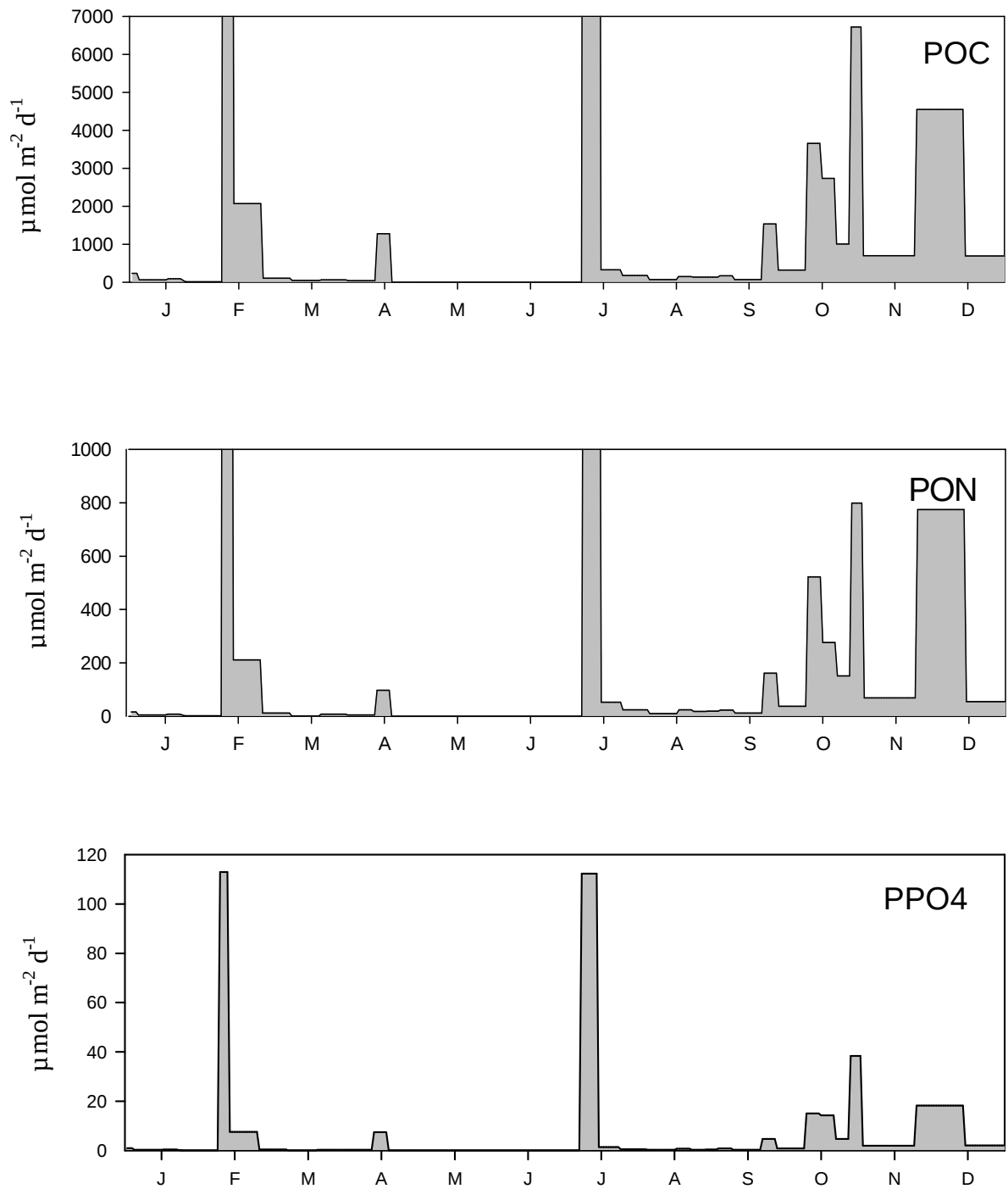


Abb. 13: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Kohlenstoff (a), partikulärem organischem Stickstoff (b) und partikulärem Phosphor (c) im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2007.

Fig. 13: Daily sedimentation rates of particulate organic carbon (a), particulate organic nitrogen (b) and particulate phosphorus (c) at 180 m depth at Station 271 in 2007.

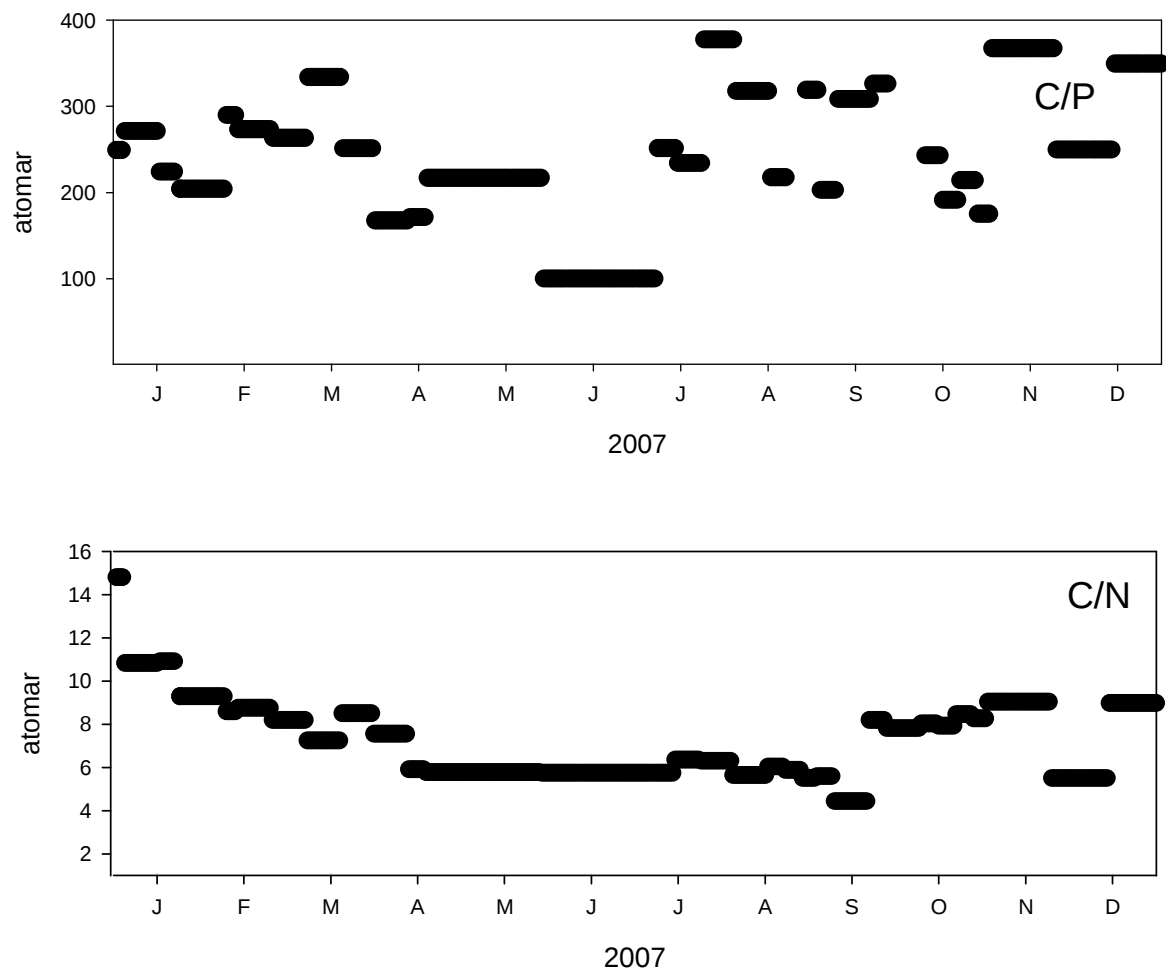


Abb. 14: Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Phosphor (a) und Kohlenstoff zu Stickstoff (b) in Partikeln im Sedimentationshorizont 180 m auf der Station 271 im Jahre 2007.

Fig. 14: Atomic ratio between carbon and phosphorus (a) and carbon and nitrogen (b) in sedimenting particles at 180 m depth at station 271 in 2007.

3.2 Mesozooplankton

3.2.1 Artenspektrum

Die Tabelle 9 gibt die Namen der Taxa mit Autor, Jahreszahl der Beschreibung und ITIS Code wieder (TNS = Taxonomic Serial Number), die 2008 in der westlichen und zentralen Ostsee angetroffen wurden.

Tab. 9

Liste der im Jahre 2008 gefundenen Taxa mit Daten der Erstbeschreibung, taxonomischer Stellung und ITIS – Code (TNS = Taxonomical Serial Number).

Table 9

Compilation of taxa found in 2008 with author and year of original description, taxonomic rank, and ITIS – code (TNS = Taxonomical Serial Number).

Name	Author, Jahr	Rang	TSN (ITIS)
<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>	Mecznikow, 1865	Art	
<i>Aurelia aurita</i>	Linnaeus, 1758	Art	51701
<i>Balanus improvisus</i>	Darwin, 1854	Art	89622
Bivalvia	Linnaeus, 1758	Klasse	79118
<i>Bosmina</i> spp.	Baird, 1845	Gattung	83936
<i>Centropages hamatus</i>	Lilljeborg, 1853	Art	85766
Cumacea	Krøyer, 1846	Ordnung	90745
<i>Cyclops</i> spp.	O. F. Müller, 1776	Gattung	88640
<i>Dyastilis rathkei</i>	(Krøyer, 1841)	Art	90852
<i>Eurytemora affinis</i>	(Poppe, 1880)	Art	85863
<i>Evadne nordmanni</i>	Lovén, 1836	Art	83961
<i>Fritillaria borealis</i>		Art	159675
Gastropoda	Cuvier, 1797	Klasse	69459
Gymnolaemata syn. Bryozoa		Klasse	155471
Harpacticoida	G.O. Sars, 1903	Ordnung	86110
Hydroidolina		Unterklasse	718924
<i>Keratella</i> spp.	Bory de St. Vincent, 1822	Gattung	58348
Lophogastrida	Sars, 1870	Ordnung	89808
Malacostraca	Latreille, 1802	Klasse	89787
<i>Oikopleura dioica</i>	Fol, 1872	Art	159669
<i>Oithona similis</i>	Claus, 1866	Art	88805
<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

Über die letzten zehn Jahre betrachtet, wurden insgesamt 41 Taxa registriert, wobei mit 21 bis 30 Taxa pro Monat in der zweiten Jahreshälfte stets die Zahlen aus den ersten Monaten (20-22 Taxa) übertroffen wurden (Tab. 10).

Prinzipiell waren im Jahre 2008 folgende Gruppen zu unterscheiden:

- Taxa, die im gesamten Untersuchungszeitraum (USZ) 100 %ig regelmäßig und ganzjährig präsent waren. Das betrifft die in Tab. 10 zuerst aufgeführte Gruppe 1.1 mit *Acartia bifilosa*, *Acartia longiremis*, *Centropages hamatus*, *Oithona similis*, *Pseudocalanus* spp., *Synchaeta* spp. und *Temora longicornis* (in alphabetischer Reihenfolge). In der folgenden Gruppe 1.2 mit *Balanus improvisus*, Bivalvia – und Polychaeta – Larven war eine 85 bis 98 %ige Präsenz zu beobachten (Tab. 10, letzte Spalte). Die Unterschiede beruhen auf geringen jahreszeitlichen Dominanz-Schwankungen.
- Taxa mit deutlichem jahreszeitlichem Signal bilden die Gruppe 2.1 mit *Bosmina* spp. und die Gruppe 2.2 mit *Acartia tonsa*, mit jeweils 48-75 %iger bzw. 21 bis 44 %iger Präsenz. Die Präsenz-Unterschiede weisen auf einen stärker ausgeprägten Jahresgang in 2.2 hin.
- Vereinzelte Exemplare von marinem bzw. limnetischem Ursprung, die je nach Ein- und Ausstromsituationen in den Proben anzutreffen waren oder nicht, sind in den Gruppen 3.1 und 3.2 zu finden, wobei in 3.1 die relativ häufiger präsenten Taxa eingeordnet wurden (10 - 17 %) und in 3.2 diejenigen mit einstelligen Präsenzwerten (2-6 %). Dazu gehörten in den Vorjahren *Noctiluca scintillans*, sowie Echinodermata-, Malacostraca-Larven sowie *Calanus finmarchicus*, als marine Vertreter, wie auch Taxa limnischen Ursprungs wie *Limnocalanus macrurus*. Diese Vertreter fehlten 2008 als ein Zeichen für einen reduzierten horizontalen Austausch. In diesen Gruppen finden sich auch Gelegenheitsfunde, die vom 100 µm Netz nicht quantitativ erfasst wurden, wie Ephyrastradien von *Aurelia aurita* und Cumacea.

In den siebziger Jahren hätte *Bosmina* spp. wahrscheinlich ebenfalls der Gruppe 2.2 in Tab. 10 zugerechnet werden müssen. Seit jener Zeit verlängerte sich jedoch die jahreszeitliche Präsenz dieser Sommer-Cladocerenart, z.B. in der zentralen Gotlandsee. Während sie zu Beginn der Messreihe zwischen dem späten Frühjahr bis in den Herbst auftrat, ist sie jetzt nahezu ganzjährig präsent, wenn auch mit höheren Abundanz im Sommer.

Tab. 10 (siehe Seite 47):

Jahreszeitliche Präsenz der zwischen 1999 und 2008, von in der Kieler Bucht bis in die mittlere Gotlandsee identifizierten taxonomischen Gruppen des Mesozooplanktons (L = Larven). Die letzte Zeile enthält die Monatssumme, die vorletzte Spalte die Präsenz, bezogen auf alle Fahrten im Jahre 2008, und die letzte Spalte die Präsenz, bezogen auf den gesamten Zeitraum ab 1999.

Table 10 (see page 47):

Seasonal presence of mesozooplankton taxa from Kiel Bight to central Gotland Sea between 1999 and 2008 (L = larvae). The last row includes the total number of taxa per month, the column before the last one includes the presence in relation to all cruises in 2008, while the last column includes the presence within the investigation period since 1999.

3.2.2 Situation im östlichen Gotlandbecken nach den Salzwassereinbrüchen von 2003

Die Salzwassereinbrüche im Jahre 1993 wurden zu den starken, die im Sommer 2003 zu den mittelstarken bis starken Ereignissen gerechnet (MATTHÄUS et al. 2008). Salzwassereinbrüche sind wichtig für die Wiederbesiedlung des Tiefenwassers. Dabei ist die Wiederbesiedlung abhängig von der Herkunft des eingeströmten Wassers und des jahreszeitlichen Entwicklungsstandes des Planktons am Herkunftsort. So kam zum Beispiel im Jahre 2008 die marine Cyclopoiden-Art *Oithona similis* in der Kieler Bucht in der gesamten Wassersäule, in Abundanzen von etwa 18000 Ind./ m³ vor (Copepoditstadien, 29.4.2008). Zur gleichen Zeit verringerten sich die Copepodit-Konzentrationen bis zum Bornholm Tief (Station 213) auf 700 Ind./ m³. Weiter östlich waren im Frühjahr nur noch 5 (Station 259) bzw 1 Ind./ m³ (Station 271) unterhalb der Haloklinen zu finden. Im Sommer stiegen die Konzentrationen in der Arkonasee gegenüber dem Frühjahr um eine Größenordnung, von 70 Ind./ m³ im Mai auf über 700 Ind./ m³ Ende Juli.

Die Abb. 15 zeigt in diesem Zusammenhang zwei Aspekte: Erstens waren die Bedingungen für *Oithona similis* in der Gotlandsee nach dem Sommer-Salzwassereinbruch 2003 offensichtlich optimal. Mit 376 Ind./ m³ erreichten im November 2004 die Copepoditstadien von *Oithona similis* die höchsten Abundanzen dieser marinen Art unterhalb der Haloklinen im Untersuchungszeitraum. Diese Zahl verringerte sich innerhalb von vier Jahren auf 1 Ind./ m³ und charakterisierte im Tiefenwasser den Zeitraum des Umschlags von günstigen Lebensbedingungen in lebensfeindliche im Jahre 2008.

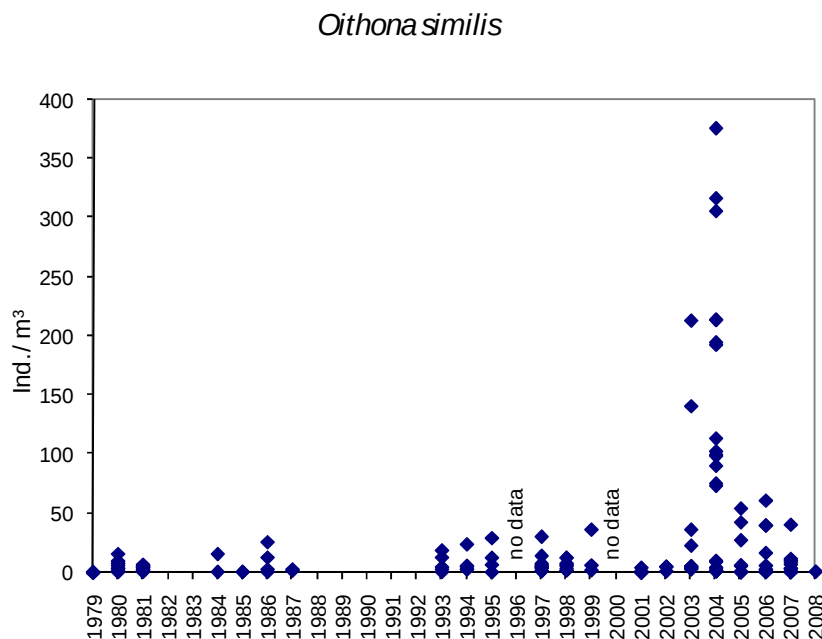


Abb. 15: *Oithona similis* - Abundanz unterhalb der Haloklinen des Gotlandtiefs zwischen 1979 und 2008

Fig. 15: *Oithona similis* abundance below the halocline east of Gotland Island between 1979 and 2008

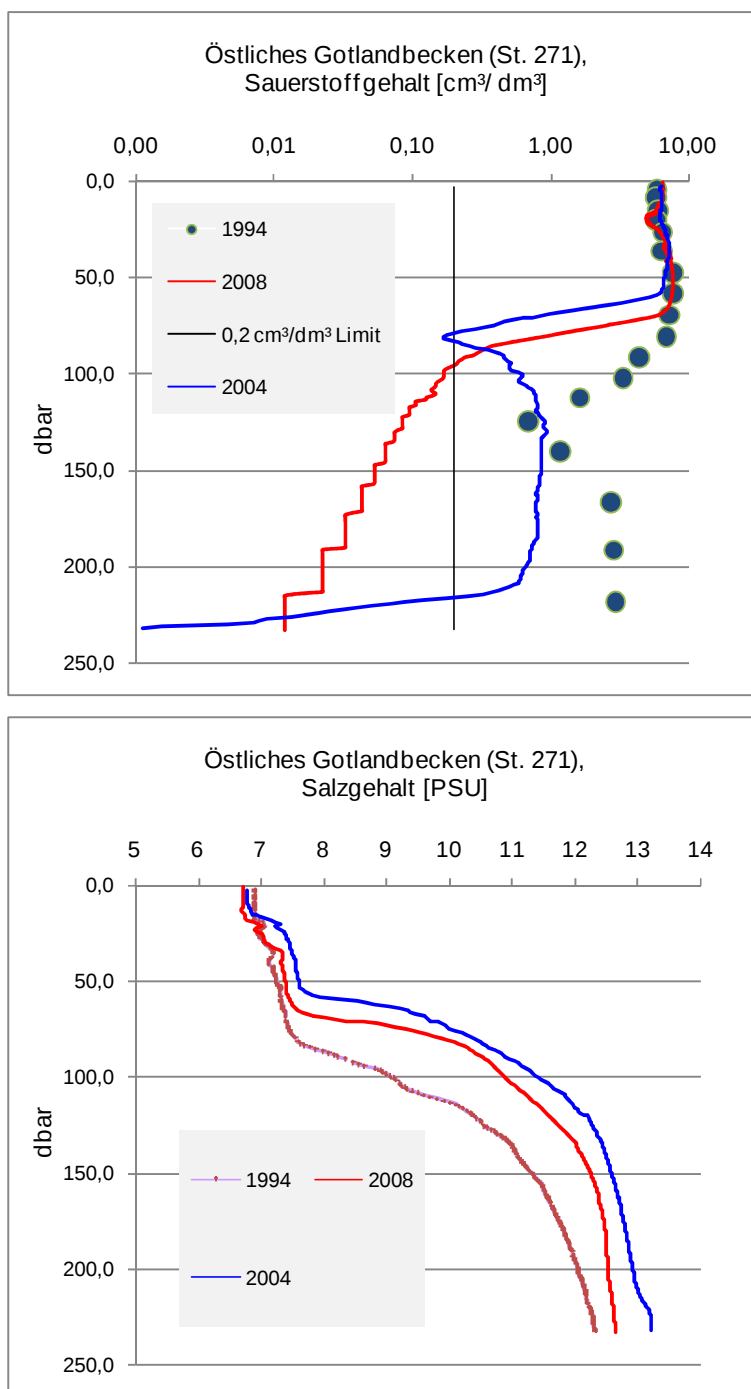


Abb. 16: (a) Vertikalprofil des Sauerstoffgehaltes im Gotlandtief jeweils im August 1994, 2004 und 2008, d.h. nach dem Salzwassereinbruch vom Frühjahr 1993, dem vom Sommer 2003 und während der anhaltenden Stagnation im Jahre 2008 sowie zur Orientierung, die suboptimalen Bedingungen mit $0,2 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ und (b) die dazugehörigen Salzgehaltsprofile.

Fig. 16: (a) Vertical profile of oxygen content in Gotland Deep in August 1994, 2004 and 2008 respectively, after the spring saltwater influx in 1993, after the summer influx in 2003 and during the stagnation period in 2008. For orientation – suboptimal conditions of $0.2 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ and (b) the corresponding salinity profiles.

Abb. 16 erklärt die Situation der Verringerung der Aufenthaltsschicht für diese Art in diesen Zeitraum. Die Grenzen der Habitatschicht sind durch eine Sauerstoffkonzentration von $0,2 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ Sauerstoff und einem Salzgehalt von über 7,75 PSU (Lage des stärksten Gradienten im Salzgehaltsprofil) gekennzeichnet. Die Vertikalprofile zeigen, dass sich die Mächtigkeit der mit Sauerstoff versorgten Zone bzw. der salzreicheren Tiefenschicht von 160 m auf 30 m verkleinerte. Dadurch verringerte sich die *Oithona* – Habitatschicht um 130 m.

Der zweite Aspekt betrifft die unterschiedliche *Oithona*-Konzentration nach der als sehr stark eingeschätzten Erneuerung des Tiefenwassers im Frühjahr 1993 und des mittleren bis starken Ereignisses im Sommer 2003. Während sich das Frühjahrereignis in der *Oithona* - Konzentration nicht niederschlug, zeigte das 2003er Sommerereignis die beschriebenen Folgen. Die Abb. 16 markiert die Unterschiede in den hydrographischen Eigenschaften des Wassers zu beiden Zeitpunkten. So erfolgte im Frühjahr 1993 eine Erneuerung mit sauerstoffreicherem aber mit salzärmerem Wasser als im Sommer 2003. Das weist 1993 auf eine weiter östlichere Quelle als im Jahre 2003 hin.

Nach den beschriebenen raum-zeitlichen Verhältnissen in der *Oithona*-Verteilung im Jahre 2008 zu urteilen, musste die eingetragene Menge an *Oithona* aus östlicheren Regionen im Frühjahr geringer ausfallen als nach dem Sommereinstrom im Jahre 2003. Dies zeigt, dass die Wiederbesiedlung von zeitweilig abiotischen Zonen von der räumlichen Herkunft und den zum Zeitpunkt herrschenden Bedingungen abhängt. Salzwassereinbrüche müssen demzufolge auch aus biogeographischer Sicht unterschiedlich bewertet werden.

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 blieb in der Tendenz erhalten. Er wurde besonders durch die Abnahme im Bereich der Rotatorien verursacht (Tab. 11, Abb. 17). 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 gewertet werden, denn gerade Rotatorien werden als Indikator für diesen Effekt angesehen (z.B. EKDAHL et al. 2004). Auch wurde jetzt im Bereich der Phytoplankton-Biomassekonzentration eine rückläufige Tendenz vom Kattegat bis in die westliche Ostsee beschrieben, die eindeutige Parallelen zu den abnehmenden dänischen Stickstoffeinleitungen zeigte (HENRIKSEN 2009). Gleichzeitig reduzierte sich auch die maximale Copepoden-Abundanz bis 2006/07. Die Maxima der adulten calanoiden Copepoden (Weibchen plus Männchen) schwanken in der Gesamtmenge seit Mitte der neunziger Jahre relativ gering um die Summe von etwa 30.000 Ind./m^3 (Tab. 12).

Im Jahre 2006 allerdings halbierte sich diese Konzentration im Vergleich zum Vorjahr (12.000 Ind./m^3) und blieb im Jahre 2007 mit 15.700 Ind./m^3 nahezu auf diesem Niveau. Im letzten Jahr kehrte sich der Trend um (26.440 Ind./m^3). Eine einfache Erklärung gibt es dafür nicht. So betrafen die Schwankungen im Bereich der calanoiden Copepoden in den letzten 28 Jahren nicht alle Taxa gleichermaßen. Während speziell die großen Vertreter

(*Pseudocalanus* spp.) einen Rückgang verzeichneten, nahm die kleinere Art *Temora longicornis* zu. *Acartia*-Arten nahmen in der Summe zunächst zu und schließlich wieder ab (POSTEL in HELCOM 2009 b). Ursachen dafür müssen von Fall zu Fall in der quantitativen Veränderung im Nahrungsnetz (bottom up-, top down-Regulation, trophische Kaskaden, Änderungen in der Nahrungszusammensetzung) gesehen werden, die sowohl durch natürliche Ursachen, wie Änderungen in Salzgehalt und Temperatur, als auch durch anthropoge Effekte, wie wechselndem Eutrophierungsgrad und selektiver Fischereitätigkeit bedingt werden (z.B. MÖLLMANN et al. 2005, HANSSON et al. 2007, POSTEL in HELCOM 2009 b).

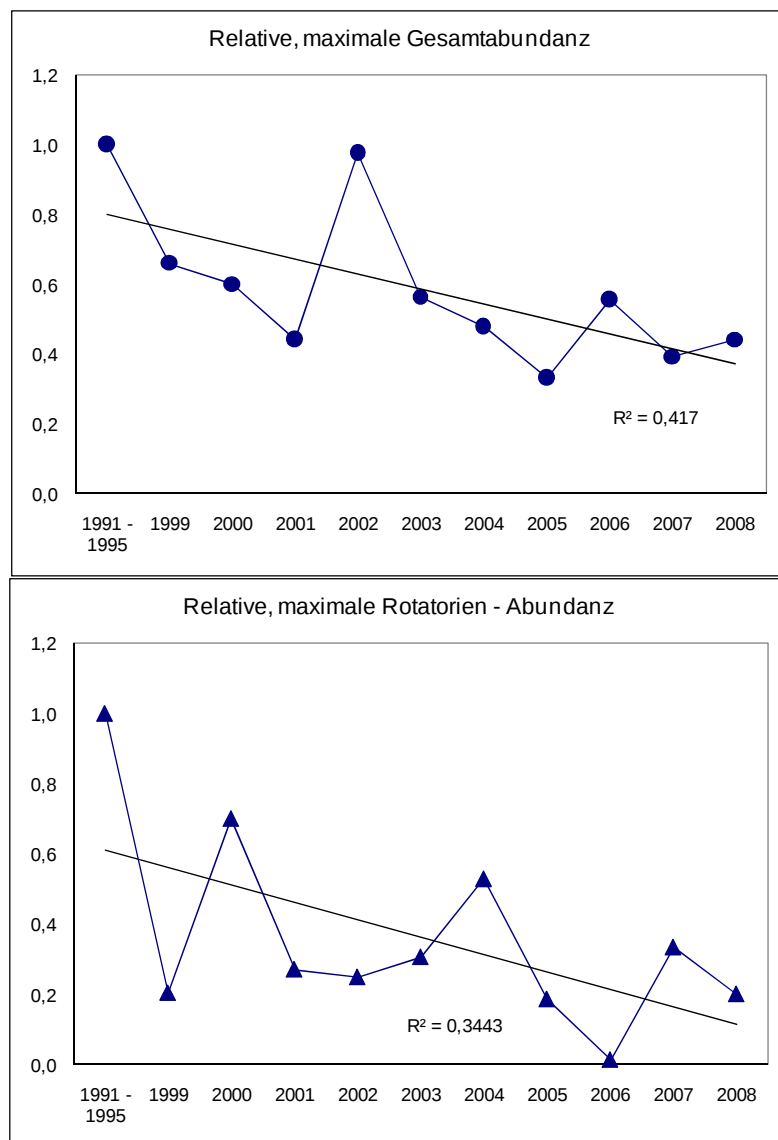


Abb. 17: (a) Relativer Rückgang in der Summe der Abundanzmaxima von fünf holo- und drei meroplanktischen Gruppen sowie (b) separat in der Gruppe der Rotatorien, seit der Beginn der neunziger Jahre laut Tab. 11. (1991-1995 = 1)

Fig. 17: (a) Relative decrease of total abundance maxima of five holo- and three meroplanktonic taxa and (b) of rotifers, both since the beginning of the nineteen nineties according to Table 11. (1991-1995 = 1)

Tab. 11

Maximale Abundanz von fünf holo- und drei meroplanktischen Gruppen aus allen im Jahre 2008 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 2008 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.

Table 11

Abundance maximum of five holoplanktic and three meroplanktic taxa of all samples collected in 2008 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 water 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	2008	
Rotatoria	500 000	101 500	350 000	135 000	124 000	152 700	264 000	92 500	6 100	166 600	99 847	
Cladocera	245 000	357 900	60 000	130 000	564 600	116 600	7 200	55 638	375 600	32 200	141 935	
Calanoida	68 000	24 800	30 400	25 900	31 600	30 400	24 940	36 600	12 000	15 700	26 443	
Cyclopoida	14 000	8 533	8 000	9 500	4 700	35 300	22 800	15 935	2 300	6 300	4 551	
Appendicularia	8 000	4 700	3 500	12 000	13 800	8 300	8 900	7 540	9 050	4 200	10 065	
Polychaeta - Larven	5 000	3 500	3 000	2 000	3 900	53 800	17600	38 274	5 700	53 300	26 953	
Bivalvia - Larven	4 000	10 200	9 000	28 000	12 100	37 300	24500	8 459	19 400	24 600	31 381	
Gastropoda - Larven	500	900	800	1 300	2 200	2 000	900	2 398	1 100	900	514	
Relative Summe	1	0,61	0,55	0,41	0,89	0,52	0,44	0,31	0,51	0,39	0,40	
T max [°C]	21,7	21,1	17,7	20,7	20	20,8	15,7	17	18,7	14,8	20,4	

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.

Table 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 (Adulti)	Maximale Abundanz [Ind./ m ³]									
	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<i>Acartia tonsa</i>	11 000	2 000	2 000	3 400	2 100	340	2 600	200	900	300
<i>Acartia bifilosa</i>	6 500	4 100	9 100	10 900	8 700	2 000	3 000	2 100	1 700	1 600
<i>Acartia longiremis</i>	5 000	5 500	4 000	3 500	1 300	4 600	12 400	2 800	13 000	9 600
<i>Temora longicornis</i>	4 000	12 000	4 500	9 300	8 200	4 500	11 800	2 000	8 700	10 500
<i>Centropages hamatus</i>	1 500	3 000	1 600	2 000	6 200	12 000	3 300	2 000	1 400	2 100
<i>Pseudocalanus</i> spp.	1 000	3 600	3 300	1 200	3 300	1 100	3 200	2 500	800	1 000
<i>Eurytemora affinis</i>	100	200	1 400	1 300	600	400	250	400	140	1 400
Summe	29 100	30 400	25 900	31 600	30 400	24 940	36 600	12 000	26 640	26 500

3.2.4 *Bosmina* spp., *Cercopagis pengoi* und das Nahrungsnetz

In den Jahren 2000, 2004, 2005 und 2007 lagen die *Bosmina*-Konzentration unter 100.000 Ind./ m³. Diese Jahrgänge fielen mit suboptimalen Wassertemperaturen zusammen (Abb. 18). Oberhalb von 18 °C lagen die Konzentrationen über dem genannten Wert. Die Spitzenposition wurde 2002 mit fast 600.000 Ind./ m³ bei 20 °C erreicht. Im Berichtsjahr 2008, wie auch 2001 und 2003, blieben die Werte jedoch deutlich unter denen, die bei Wassertemperaturen von 20 – 21 °C erwartet werden können (Kreis in Abb. 18). Verursacht wurden diese Ausfälle vermutlich durch den Einfluss starker Jahrgänge der eingeschleppten carnivoren Wasserflohart *Cercopagis pengoi*, die sich nachweislich von *Bosmina* spp. (OJAVEER et al. 2004, POLLUMAE and VÄLJATAGA 2004) und anderen Kleinkrebsen, wie *Eurytemora affinis* (LEHTINIEMI and GOROKHOVA 2008) ernähren. Dieser Räuber-Beute-Effekt kommt ebenfalls aus dem Vergleich von Sedimentfallendaten und Planktonhols von 2002 und 2003 abgeleitet werden (POSTEL in WASMUND et al. 2004). Demnach fanden sich im Jahre 2002 *Cercopagis pengoi*-Exuvien in geringer Menge in den IOW-Sedimentproben, während in den Planktonproben 600.000 Bosminen je Kubikmeter registriert wurden. Im Folgejahr 2003 kehrte sich das Verhältnis um.

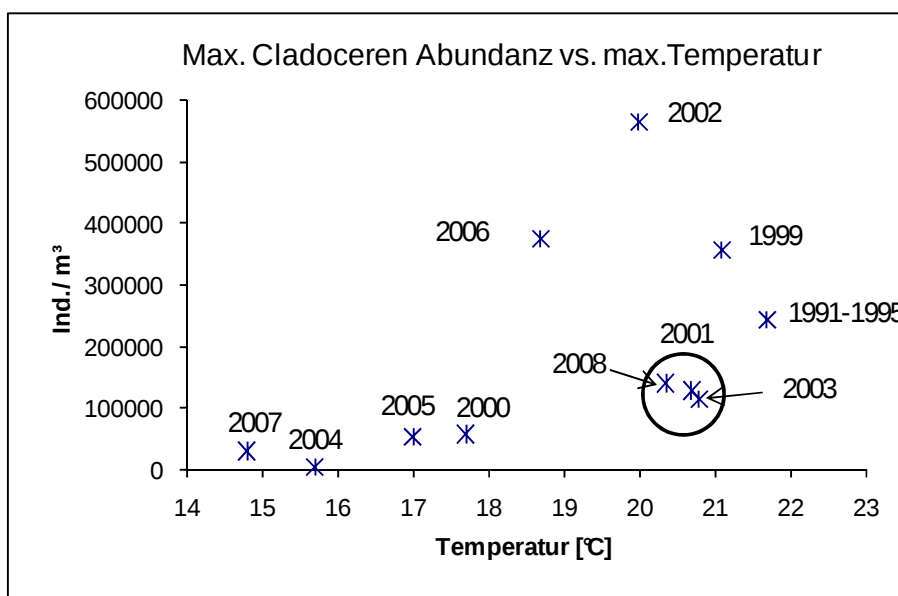


Abb. 18:

Maxima der Cladoceren – Abundanz zwischen 1999 und 2008 im Vergleich zur jährlichen maximalen Wassertemperatur.

Fig. 18:

Maxima of the abundance of cladocerans between 1999 and 2008 in comparison to the annual maximum sea temperature.

Das Problem in „*Cercopagis*–Jahren“ besteht weniger in dem Ersatz der einen Wasserflohart durch die andere, als vielmehr in der Verlängerung der Nahrungskette. *C. pengoi* ernährt sich carnivor von den herbivoren *Bosmina* spp. und *Eurytemora affinis* und ist damit Nahrungskonkurrent von Hering (*Clupea harengus*) und Sprotte (*Sprattus sprattus*). Gleichzeitig gehört *C. pengoi* zum Nahrungsspektrum dieser Fischarten (GOROKHOVA et al. 2004), wie *Bosmina* spp. und *Eurytemora affinis* auch. Im „*Cercopagis*–Fall“ verlängert sich jedoch die Nahrungskette um eine Stufe, was bekanntlich mit einem 90 %igen Energieverlust verbunden ist. Dies ist für eutrophische Gewässer unproblematisch, nicht jedoch bei einem sich abzeichnenden Rückgang der Zooplanktonkonzentrationen.

Abb. 18 enthält die temperaturabhängige Abundanz–Optimumskurve, wie sie nach FLÖBNER (1972) zu erwarten ist, mit einem Maximum bei 20 °C. Die früheste Abweichung davon war im Jahre 1999 zu beobachten. Es ist möglicherweise ein Indiz für den ersten deutlichen Einfluss von *Cercopagis pengoi* auf das pelagische Nahrungsnetz in der zentralen offenen Ostsee.

3.2.5 Invasive Arten: *Mnemiopsis leidyi* – und andere

Neben der seit 1992 aus dem ponto-kaspischen Bereich „importierten“ Cladocerenart *Cercopagis pengoi* (SIMM and OJAVEER 1999) wurde im Sommer 2006 erstmals das Auftreten der Rippenqualle *Mnemiopsis leidyi* in der Ostsee dokumentiert. Diese Ctenophore wurde vermutlich von der amerikanischen Ostküste in Holland eingeschleppt. Obwohl sie der fünfte Vertreter eines Tierstammes ist, der im Ökosystem Ostsee keine dominierende Rolle spielt, erregte sie bereits kurz nach den ersten Funden große Aufmerksamkeit. Verursacht wurde dies aufgrund ihrer räuberischen Ernährungsweise, ihres großen Vermehrungspotentials und der schädigende Rolle, die sie in den achtziger Jahren im Schwarzen Meer gespielt hatte. *M. leidyi* überwinterte 2006/2007 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 in der Mecklenburger Bucht beobachtet (KUBE et al. 2007a). Nach einer Pause traten ab Juni/Juli wieder häufiger juvenile Stadien in der westlichen Ostsee auf. Im Jahre 2009 dauerte diese Pause bis August. Die lobate Art war zu diesem Zeitpunkt voll ausgeformt im Tiefenwasser enthalten und gelangte durch küstennahen Auftrieb, zusammen mit der sich im Kattegat und in der Beltsee vermehrenden *Cyanea capillata* in oberflächennahe Bereiche. Die Ausbreitung wurde 2007 von finnischen Forschern bis in den Bottnischen und Finnischen Meerbusen dokumentiert. Allerdings stellte sich 2009 durch genetische Analysen heraus, dass es sich bei den Exemplaren aus den Tiefen der nördlichen Ostsee um *Mertensia ovum*, eine arktische Rippenqualle handelt (HELCOM 2009 b, GOROKHOVA et al. 2009). Möglicherweise handelt es sich wie bei *Limnocalanus macrurus*, *Mysis relicta* und anderen um ein Eiszeitrelikt. Grundsätzlich ist die weitere Beobachtung von Ausbreitung und Bestandsentwicklung in nordeuropäischen Gewässern erforderlich (KUBE et al. 2007 b, POSTEL and KUBE 2008). Gegenwärtig dient das sogenannte Baseline-Monitoring im Rahmen des Fehmarnbelt Projektes u.a. auch diesem Zweck. Ein neues Objekt aus dem marinen Bereich, welches durch den natürlichen Wassertransport bis in Beltsee und Sund vorgedrungen ist, wird in diesem Zusammenhang auch unsere Aufmerksamkeit erfordern:

Penilia avirostris. Es handelt sich um eine herbivore Cladocerenart, die im Herbst 2001 erstmals in der Bucht von Århus und im Kattegat beobachtet wurde (ÆRTEBJERG et al. 2002). Mit dem Datum 21.11.2008 versehen, gibt es einen Eintrag auf der Internet-Plattform „PlanktoNet“ aus dem Hafen von Aaro, Dänemark. Interessanterweise gehört die Art in wärmere Regionen. Sie dominierte bereits seit 2003 im Sommer das Plankton um Helgoland, was als deutliches Signal für den Klimawandel gewertet wurde (JOHNS et al. 2005). Im Nahrungsnetz wird sie als wichtiges Glied zwischen Bakterioplankton und höheren trophischen Stufen angesehen, weil sie auf bakterivore Flagellaten spezialisiert sei (TURNER et al. 1988).

3.3 Makrozoobenthos

Im November 2008 wurden an 8 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 109 war die Artenzahl im Vergleich zu den Jahren 1991 bis 2007 (WASMUND et al. 2008) eher niedrig (Tab. 13, Abb. 19). Die Station 360 in der Kieler Bucht stellte sich erwartungsgemäß als die artenreichste im gesamten Untersuchungsgebiet heraus. 61 Taxa konnten dort nachgewiesen werden. Ähnlich wie 2002 und 2005 muss auch dieses Jahr (vermutlich im Sommer) eine Sauerstoffmangelsituation im Fehmarnbelt (Stn. 010) und in der zentralen Mecklenburger Bucht (Stn. 012) stattgefunden haben, denn insbesondere die Artenzahlen bzw. Abundanzen waren deutlich reduziert (Abb. 19 und 21).

Die südliche Mecklenburger Bucht (Stn. 018) und auch die Darßer Schwelle schienen vom sommerlichen Sauerstoffdefizit nicht betroffen worden zu sein, denn hier wurden sowohl hohe Artenzahlen als auch stabile Abundanzen und Biomassen festgestellt (Tab. 13, Abb. 19, 21 und 22). Das Becken der Arkonasee (109) ist ein reines Schlickgebiet und erwartungsgemäß relativ gering besiedelt. Die Bereiche im Osten (Pommernbucht, Stn. 152 und 160) zeigten durch den natürlicherweise geringeren Salzgehalt ein reduziertes Artenspektrum, zeigten aber die „Anomalie“ dass die Biodiversität höher lag als in den salzreichen Gebieten des Fehmarnbeltes und der zentralen Mecklenburger Bucht. Das war durch den bereits erwähnten sommerlichen Sauerstoffmangel an den westlichen Stationen begründet.

Tab. 13

Verbreitung des Makrozoobenthos an den 8 Stationen im November 2008. In der rechten Spalte sind die Arten der Roten Liste (GOSSELCK et al. 1996) indiziert (1=vom Austerben bedroht, 2=stark gefährdet, 3=gefährdet, P=Potenziell gefährdet).

Table 13

Distribution of macrozoobenthos at 8 stations in November 2008. In the right column the red list (GOSSELCK et al. 1996) species are indicated (1=critically endangered, 2=endangered, 3=vulnerable, R=extreme rare, G=probably vulnerable, V=near threatened).

Taxa	360	010	012	018	030	109	152	160	RL
PORIFERA									
<i>Halichondria panicea</i>				X					
<i>Halisarca dujardini</i>				X					
CNIDARIA									
<i>Edwardsia danica</i>				X					
<i>Hartlaubella gelatinosa</i>	X		X	X			X	X	
PRIAPULIDA									
<i>Halicryptus spinulosus</i>			X				X		
PLATHELMINTHES									
Turbellaria indet,	X							X	
NEMATHELMINTHES									
<i>Cyanophthalma obscura</i>			X		X				
<i>Lineus ruber</i>	X		X	X					
<i>Malacobdella grossa</i>	X	X							
Nemertina indet,	X			X	X				
PHORONIDA									
Phoronis sp,	X	X							
MOLLUSCA									
<i>Abra alba</i>	X					X			
<i>Ancula gibbosa</i>	X								
<i>Aporrhais pespelicani</i>	X								
<i>Arctica islandica</i>	X	X	X	X	X	X			3
<i>Astarte borealis</i>	X	X		X	X				3
<i>Astarte elliptica</i>	X					X			2
<i>Astarte montagui</i>	X			X					1
<i>Cerastoderma glaucum</i>					X		X	X	3
<i>Corbula gibba</i>	X	X		X	X				
<i>Facelina bostoniensis</i>	X			X					
<i>Hiatella arctica</i>	X								
<i>Hydrobia ulvae</i>				X	X	X	X	X	
<i>Kurtiella bidentata</i>	X			X					3
<i>Macoma balthica</i>				X	X	X	X	X	
<i>Macoma calcarea</i>	X								1
<i>Modiolarca subpicta</i>	X								3
<i>Musculus discors</i>	X								3
<i>Musculus niger</i>	X								P
<i>Mya arenaria</i>					X	X	X	X	
<i>Mya truncata</i>	X								3

<i>Mytilus edulis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Parvicardium ovale</i>	X								
<i>Phaxas pellucidus</i>	X								
<i>Retusa truncatula</i>	X				X				
ANNELIDA									
<i>Heterochaeta costata</i>					X		X	X	
<i>Oligochaeta indet.</i>	X								
<i>Tubificoides benedii</i>					X		X	X	
<i>Alitta succinea</i>		X			X		X	X	
<i>Ampharete baltica</i>	X			X	X	X			
<i>Arenicola marina</i>				X	X				
<i>Aricidea minuta</i>	X								P
<i>Aricidea suecica</i>	X	X			X				
<i>Bylgides sarsi</i>	X	X	X	X			X		
<i>Capitella capitata</i>	X	X		X	X				
<i>Chaetozone setosa</i>	X								3
<i>Dipolydora quadrilobata</i>	X		X	X	X				
<i>Eteone longa</i>				X					
<i>Euchone papillosa</i>	X								1
<i>Eulalia bilineata</i>				X					3
<i>Eumida sanguinea</i>				X					P
<i>Flabelligera affinis</i>	X								
<i>Harmothoe imbricata</i>				X					
<i>Hediste diversicolor</i>							X	X	
<i>Heteromastus filiformis</i>	X	X	X	X					
<i>Lagis koreni</i>	X	X	X	X					3
<i>Marenzelleria neglecta</i>							X	X	
<i>Marenzelleria viridis</i>					X				
<i>Microphthalmus aberrans</i>				X					
<i>Myriochele oculata</i>		X							
<i>Nephtys caeca</i>	X		X						
<i>Nephtys ciliata</i>	X			X		X			
<i>Nephtys hombergii</i>	X	X	X	X					
<i>Nereimyra punctata</i>	X			X					3
<i>Pherusa plumosa</i>	X								
<i>Pholoe assimilis</i>	X			X		X			
<i>Pholoe baltica</i>	X		X	X					
<i>Phyllodoce maculata</i>				X					P
<i>Phyllodoce mucosa</i>				X					
<i>Polydora ciliata</i>	X			X					
<i>Polydora cornuta</i>	X		X	X					
<i>Pseudopolydora pulchra</i>				X					
<i>Pygospio elegans</i>	X		X	X	X		X	X	
<i>Scoloplos armiger</i>	X			X	X	X	X		
<i>Spio goniocéphala</i>					X				
<i>Terebellides stroemil</i>	X		X	X					
<i>Travisia forbesii</i>					X		X		P
<i>Trochochaeta multisetosa</i>		X	X	X					
CRUSTACEA									
<i>Balanus crenatus</i>		X			X				
<i>Balanus improvisus</i>					X			X	

<i>Corophium crassicorne</i>					X					
<i>Crangon crangon</i>				X	X	X	X	X		
<i>Cyathura carinata</i>								X	3	
<i>Diastylis rathkei</i>	X	X	X	X		X	X			
<i>Gammarus oceanicus</i>				X			X	X		
<i>Gammarus salinus</i>					X		X	X		
<i>Gammarus zaddachi</i>							X	X		
<i>Jaera albifrons</i>					X		X			
<i>Melita palmata</i>					X			X		
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>		X		X	X			X		
<i>Mysis mixta</i>			X		X		X			
<i>Neomysis integer</i>					X	X	X	X		
<i>Saduria entomon</i>							X		2	
ARACHNIDA										
Halacaridae indet,				X						
PYCNOGONIDA										
<i>Callipallene brevirostris</i>	X									
BRYOZOA										
<i>Alcyonidium polyoum</i>					X		X			
<i>Bowerbankia gracilis</i>	X			X						
<i>Callopora lineata</i>				X						
<i>Cribrillina punctata</i>	X									
<i>Electra crustulenta</i>			X				X	X		
<i>Electra pilosa</i>				X						
<i>Euratea loricata</i>	X		X	X	X					
<i>Farrella repens</i>	X			X						
<i>Walkeria uva</i>	X									
ECHINODERMATA										
<i>Asterias rubens</i>	X		X	X	X					
<i>Ophiura albida</i>			X	X						
TUNICATA										
<i>Ciona intestinalis</i>	X									
<i>Dendrodoa grossularia</i>	X			X					3	
<i>Molgula manhattensis</i>	X									
Summe	109 Taxa	61	18	23	54	37	14	27	23	23
Abundanz (Ind./m²)	3170	131	207	4605	8312	336	6219	16557		
Biom. (g AFTG/m²)	112,8	31,5	16,4	31,4	22,1	0,6	7,9	14,6		

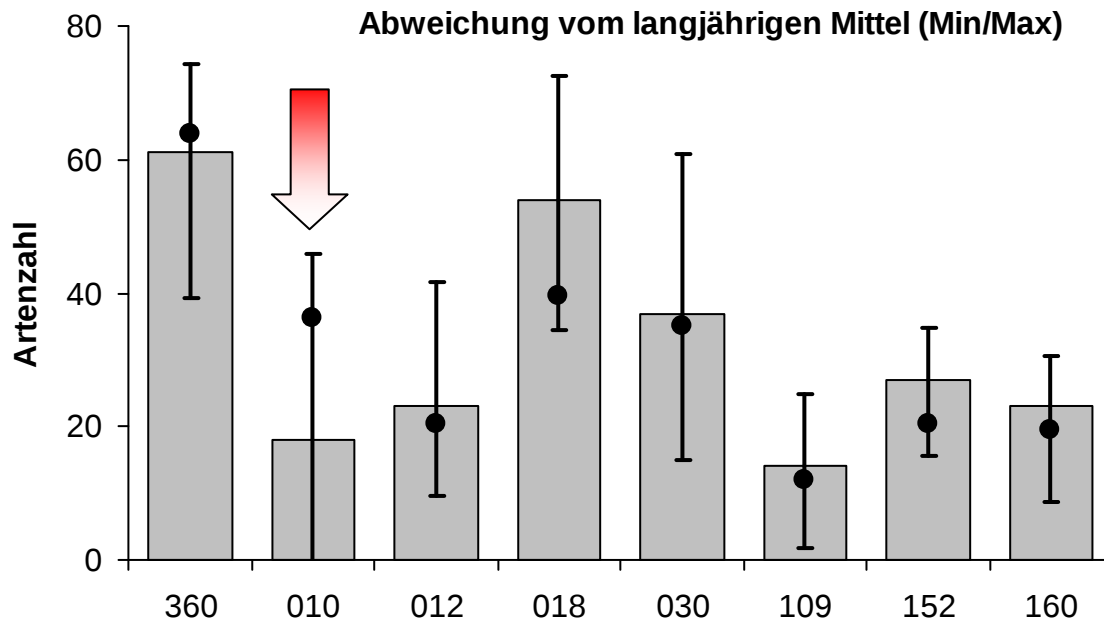


Abb. 19: Artenzahlen (Säulen) des Makrozoobenthos an 8 Monitoring-Stationen im November 2008. Die Mittelwerte der Jahre 1991 bis 2008 sind als Punkte und die Minimal- und Maximalwerte als Intervall dargestellt. Die Stationen sind von West (Kieler Bucht=360) nach Ost (Pommernbucht=160) aufgetragen. Der Pfeil markiert den starken Einfluss des Sauerstoffmangels.

Fig. 19: The species number (columns) of macrozoobenthos at 8 monitoring stations in November 2008. The mean values of the years 1991 to 2008 are shown as dot and the minimum and maximum values are indicated as interval. The stations are drawn from west (Kiel Bight=360) to east (Pomeranian Bay Sea=160). The arrow marks the strong impact of the oxygen deficiency.

In der Abb. 20 sind sowohl die Taxa erfasst, die 2008 an den 8 Stationen gefunden wurden als auch die seit 1991 durchgeführten Untersuchungen insgesamt gefundenen Arten. Als artenreichste Gruppen (nicht nur 2008) stellten sich die Annelida (Polychaeta und Oligochaeta) mit 79 Arten heraus. 2008 wurden 43 Arten identifiziert. Weitere artenreiche Gruppen im Jahr 2008 waren die Mollusca (24), Crustacea (15) und Bryozoa (9).

Mit abnehmendem Salzgehalt von West nach Ost nahm die Abundanz an den Stationen deutlich zu. Während in der Kieler Bucht nur etwa 3200 Ind./m² beobachtet wurden, lag die Dichte in der Pommernbucht bei 16600 Ind./m². Die dominanten Arten an den Stationen waren jeweils verschieden.

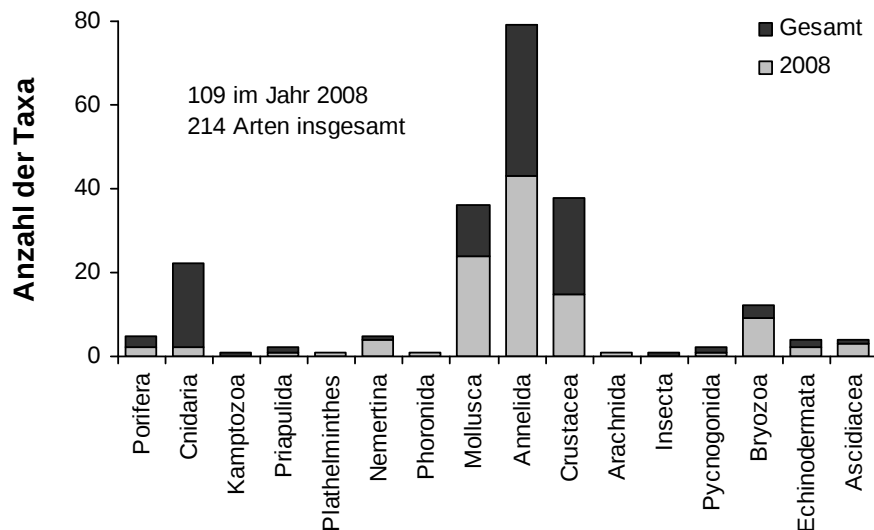


Abb. 20: Taxonomische Aufschlüsselung aller Makrozoobenthos-Vertreter, die während des Monitorings im November 2008 an den 8 Stationen gefunden wurden. Zusätzlich ist die Gesamtartenzahl für den Zeitraum 1991 bis 2008 angegeben.

Fig. 20: Taxonomical classification of macrozoobenthos at 8 monitoring stations in November 2008. The species number of the whole monitoring from 1991 to 2008 is also indicated.

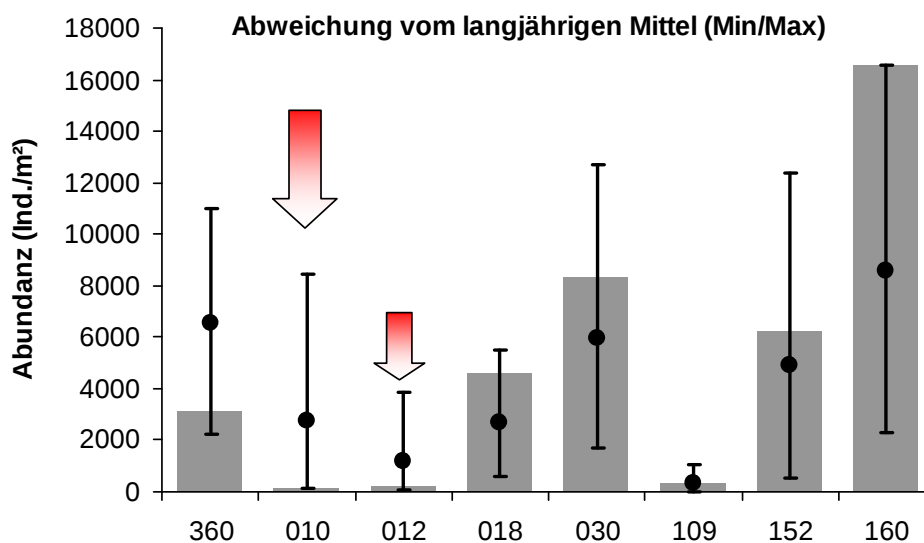


Abb. 21: Gesamtabundanzen (Säulen) des Makrozoobenthos an 8 Monitoring-Stationen im November 2008. Die Mittelwerte der Jahre 1991 bis 2008 sind als Punkte und die Minimal- und Maximalwerte als Intervall dargestellt. Die Pfeile markieren den starken Einfluss des Sauerstoffmangels.

Fig. 21: Total abundances (columns) of macrozoobenthos at 8 monitoring stations in November 2008. The mean values of the years 1991 to 2008 are shown as dot and the minimum and maximum values are indicated as interval. The arrows mark the strong impact of the oxygen deficiency.

Während in der Kieler Bucht (Stn. 360) die Polychaeten *Lagis koreni* und *Terebellides stroemii* (über 50 % der Dichte ausmachten, waren in der Pommernbucht (Stn. 160) die Wattschnecke *Hydrobia ulvae* und die Muschel *Cerastoderma glaucum* für die hohen Abundanzen verantwortlich. Im Fehmarnbelt (Stn. 010) und der südlichen Mecklenburger Bucht (Stn. 018) überdauerte vor allem die Islandmuschel *Arctica islandica* die pessimalen Bedingungen des Sommers. An der Darßer Schwelle (Stn. 030) dominierten *H. ulvae* und die Sandklaffmuschel *Mya arenaria* und in der nördlichen Pommernbucht (Stn. 152) waren es der Polychaet *Pygospio elegans* und die Miesmuschel *Mytilus edulis*. Die zentrale Arkonasee (Stn. 109) wies eine verarmte Makrofauna auf. Die Baltische Plattmuschel *Macoma balthica*, die Wattschnecke *H. ulvae* und der Polychaet *Scoloplos armiger* dominierten.

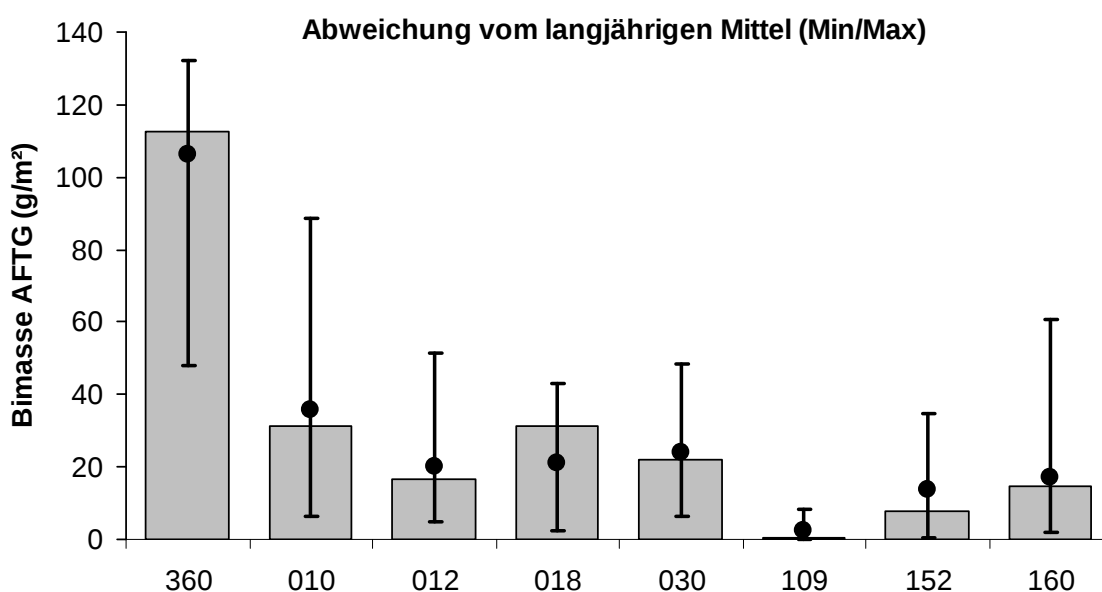


Abb. 22: Geamtbiomassen (Säulen) des Makrozoobenthos an 8 Monitoring-Stationen im November 2008. Die Mittelwerte der Jahre 1991 bis 2008 sind als Punkte und die Minimal- und Maximalwerte als Intervall dargestellt.

Fig. 22: Total biomasses (columns) of macrozoobenthos at 8 monitoring stations in November 2008.

Die größten Biomassen wurden an den Stationen in der Kieler Bucht (360) beobachtet (Abb. 22). 113 g AFTG/m² wurden festgestellt, wovon *Arctica islandica*, *Astarte borealis* und *A. elliptica* über 90 % ausmachten. Im Fehmarnbelt (010) sowie in der Mecklenburger Bucht (012 und 018) ist die Biomasse ebenfalls zu über 90 % von der Islandmuschel bestimmt. Insgesamt wurden Werte zwischen 16 und 31 g AFTM/m² erreicht. An der Darßer Schwelle (030) wurde die Biomasse (22 g AFTM/m²) durch die Muscheln *Astarte borealis*, *Mytilus edulis* und *Mya arenaria* dominiert. Weiter östlich in der Pommernbucht spielten dann hauptsächlich *Macoma balthica*, *Mya arenaria* und *Cerastoderma glaucum* eine Rolle. In der nördlichen Pommernbucht kam noch *M. edulis* hinzu. In der Arkonasee stellten *Macoma balthica* und *Nephtys ciliata* 90 % der Biomasse.

Kieler Bucht (360)

Diese Station wurde zum dritten mal im Monitoringprogramm des IOW angefahren, um die Messnetzdichte innerhalb der AWZ im Monitoringprogramm für das BSH bzw. die HELCOM zu erhöhen.

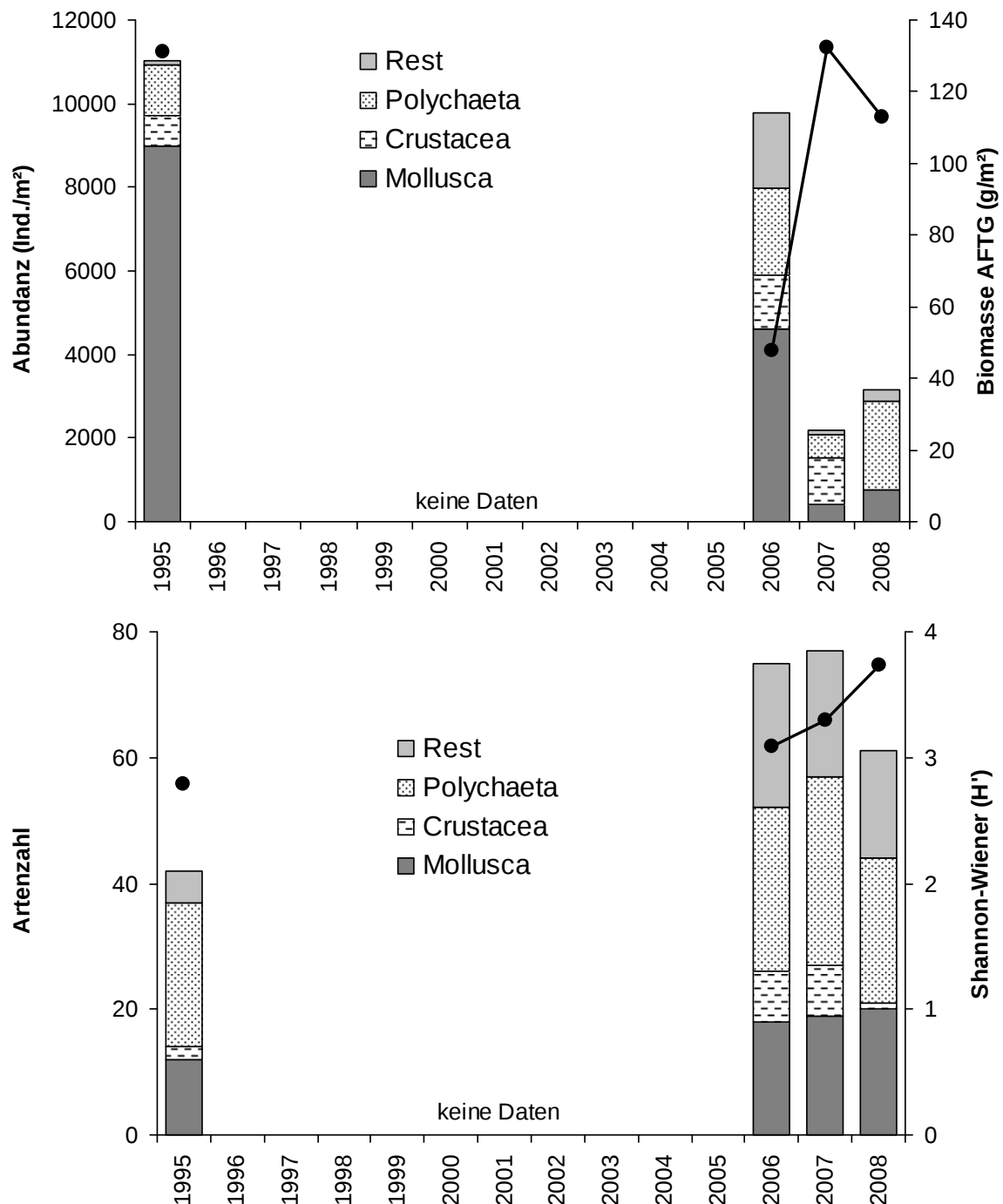


Abb. 23: Entwicklung der Abundanz und Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' in der Kieler Bucht (Stn. 360) von 1995 bis 2008. Nur für 1995 und 2006 bis 2008 sind Daten verfügbar.

Fig. 23: Development of abundance and biomass in the Kiel Bight (stn. 360) from 1995 to 2007. Only for 1995 and 2006 to 2008 data are available.

Mit 61 Arten stellte sich die Station 360 als artenreich dar (siehe auch Abb. 20), wenn auch im Vergleich zu den Vorjahren eine Abnahme festgestellt wurde. Die mit abfallender Abundanz 3 häufigsten Arten waren die Polychaeten *Lagis koreni* (1272 Ind./m²) und *Terebellides stroemii* (344 Ind./m²) und die Muschel *Kurtiella bidentata* (235 Ind./m²). Die Abnahme in der Abundanz ist insbesondere auf die starke Schwankung von *Diastylis rathkei* zurückzuführen. Während der Cumacee 2007 noch mit 1068 Ind./m² beobachtet wurde, erreichte er 2008 nur noch 24 Ind./m². Die Biomasse wurde von den Muscheln (*Arctica islandica*, *Astarte borealis* sowie *A. elliptica*) dominiert. 16 Arten der Roten Liste sind registriert worden (siehe auch Tab. 13), von denen folgende auf Grund der hohen Schutzwürdigkeit hervorgehoben werden sollen: die Muscheln *Macoma calcaria* und *A. montagui* und der Polychaet *Euchone papillosa*.

Fehmarnbelt (010)

Bis 2001 wurde eine stetige Artenzunahme beobachtet, die durch den Sauerstoffmangel im Jahr 2002 unterbrochen wurde (Abb. 24). 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 %. Auch 2008 kam es zu einem erheblichen Artenschwund, der auf eine vorangegangene, sommerliche Sauerstoffmangelsituation hinweist. Insbesondere die Abundanz war betroffen und erreichte nur einen Bruchteil des langjährigen Mittelwertes (siehe auch Abb. 21). 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 2008 wurde die Biomasse nur durch das dominante Auftreten von adulten Islandmuscheln (*Arctica islandica*) deutlich nach oben gehoben. 99,9 % der insgesamt 31,5 g AFTG/m² wurden durch die Islandmuschel gestellt. Neben einer Anzahl von Jungtieren waren auch Tiere bis zu Größen von 50 mm enthalten. Von der Roten Liste sind 2008 nur die 3 Arten *Arctica islandica*, *Astarte borealis* und *Lagis koreni* beobachtet worden.

Zentrale Mecklenburger Bucht (012)

Der kontinuierliche Trend bei der Zunahme der Artenzahl wurde durch die Sauerstoffmangelereignisse in den Jahren 2002 und 2005 unterbrochen (Abb. 25). Ergebnisse aus 2004 zeigten potentiell eine sehr schnelle Regenerierbarkeit. 2008 kam es erneut zu einem Zusammenbruch der Lebensgemeinschaft, der sich insbesondere in der drastischen Abnahme der Abundanz bemerkbar machte (s.a. Abb. 21). Mit etwa 16,4 g AFTM/m² wurden mittlere Biomassen gemessen. Auch hier dominierten einzelne *Arctica islandica* mit 99 % die Biomasse. Die im November 2006 vermehrt aufgetretenen Jungtiere konnten nicht mehr beobachtet werden. Nur 2 Arten der Roten Liste waren vertreten: *Arctica islandica* und *Lagis koreni*.

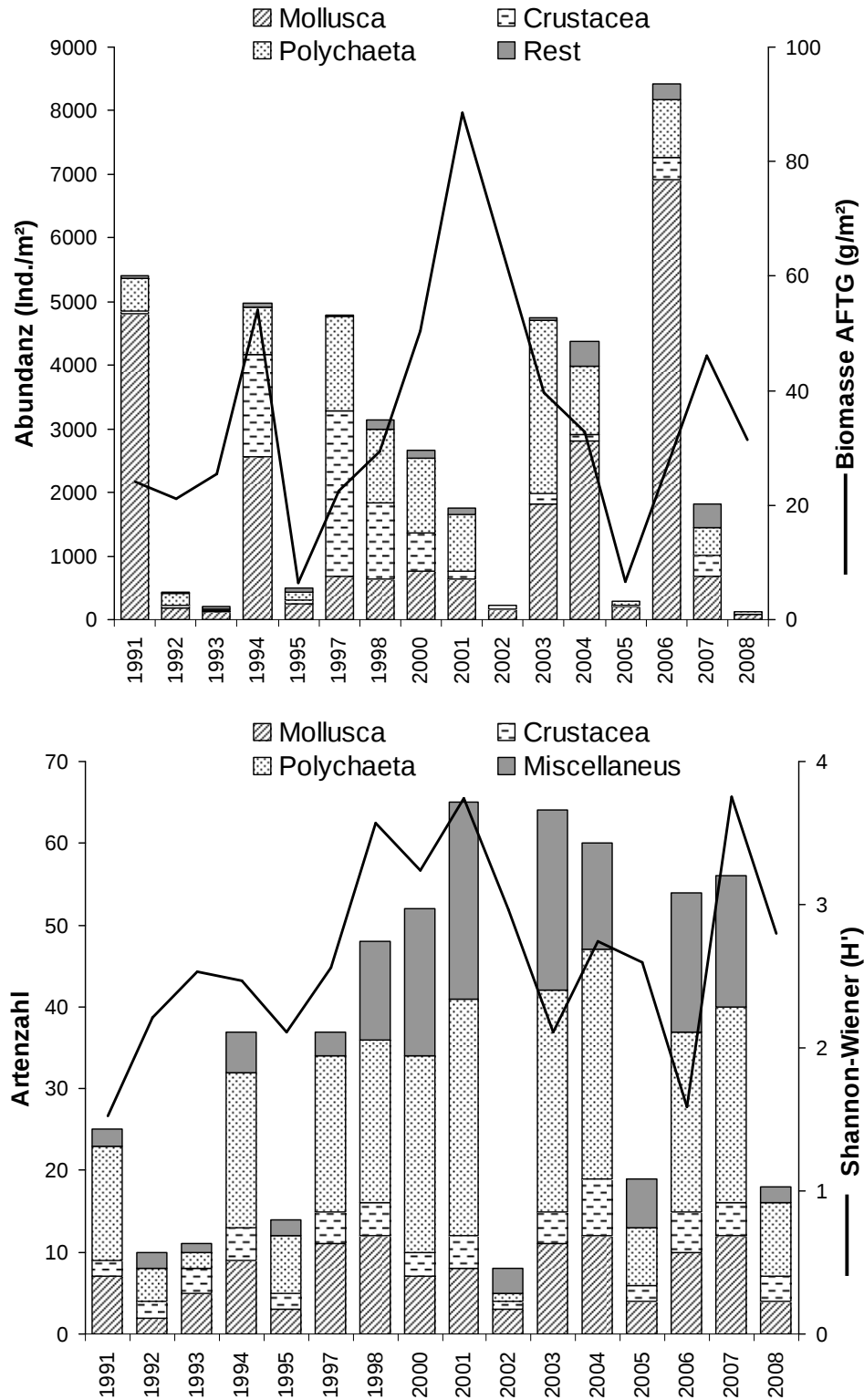


Abb. 24: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' im Fehmarnbelt (Stn. 010) von 1991 bis 2008.

Fig. 24: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at the Fehmarnbelt area (stn. 010) from 1991 to 2008.

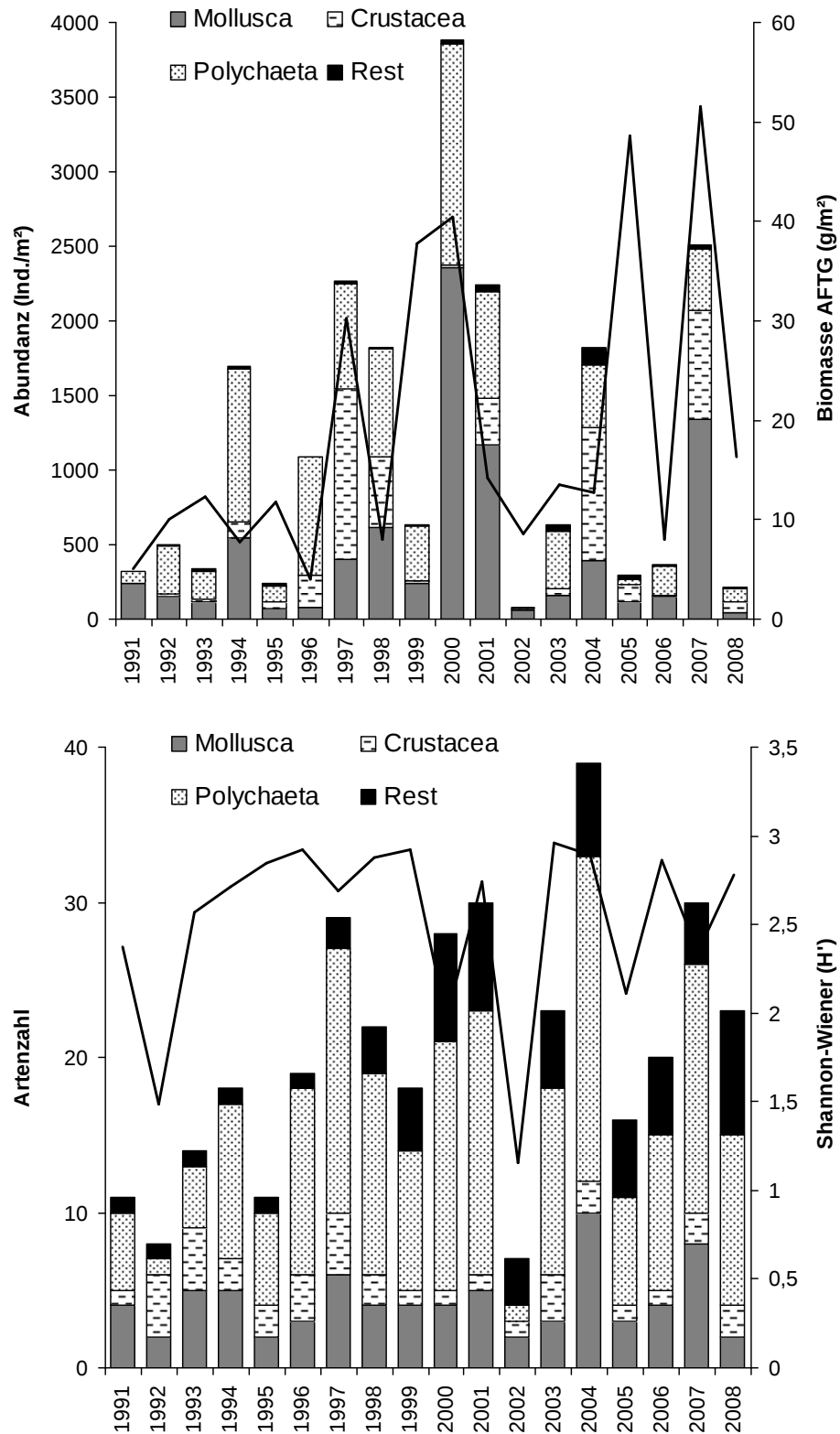


Abb. 25: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' in der Mecklenburger Bucht (Stn. 012) von 1991 bis 2008.

Fig. 25: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at Mecklenburg Bight (stn. 012) from 1991 to 2008.

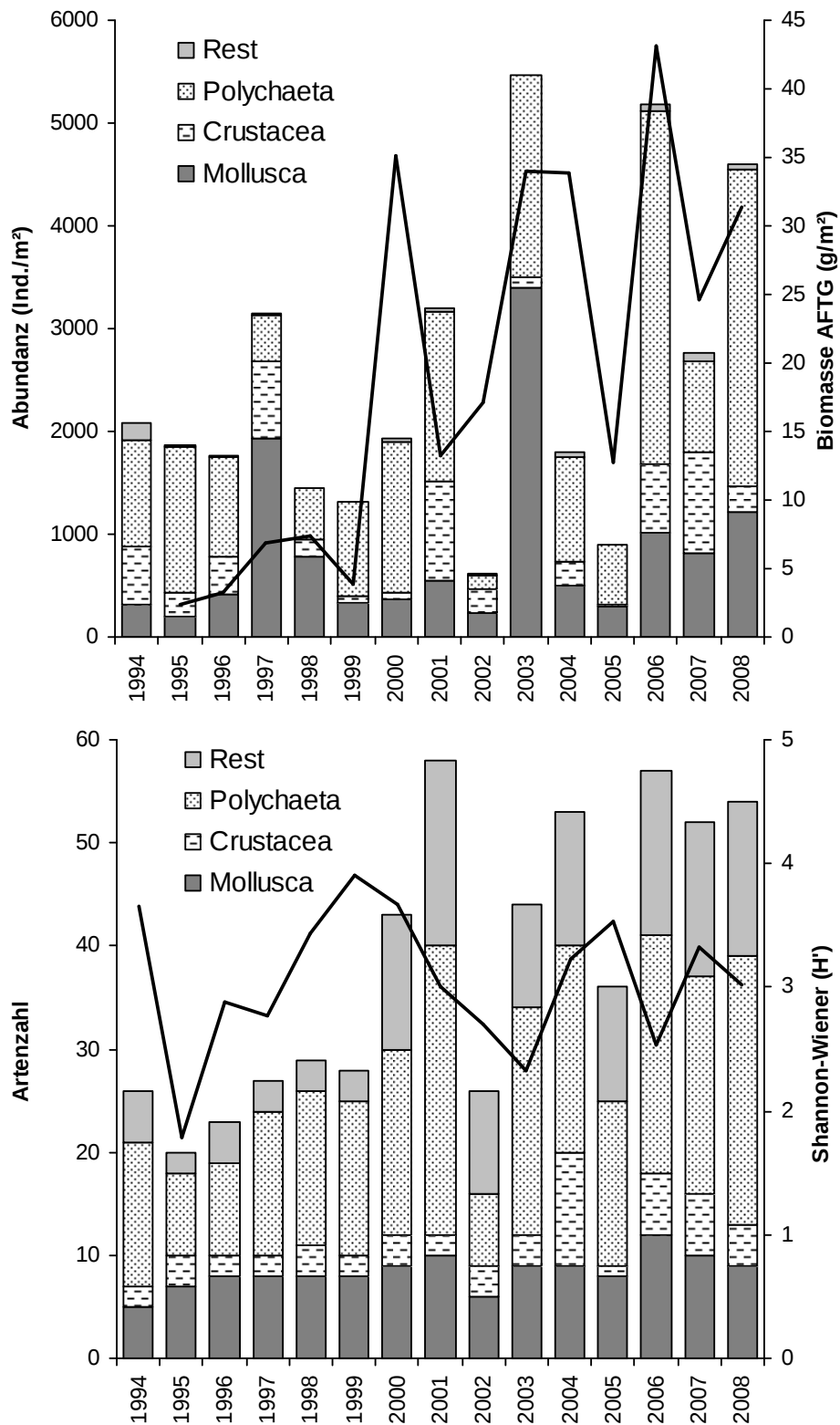


Abb. 26: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' in der südlichen Mecklenburger Bucht (Stn. 018) von 1994 bis 2008.

Fig. 26: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at southern Mecklenburg Bight (stn. 018) from 1994 to 2008.

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. 26). 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. Während 2008 im Fehmarnbelt und in der zentralen Mecklenburger Bucht der Einfluss des sommerlichen Sauerstoffdefizits zu erkennen war, wurde in der südliche Mecklenburger Bucht keine Anzeichen einer Beeinflussung beobachtet. Sowohl die Abundanz als auch die Biomasse nahm im Vergleich zum Vorjahr zu. Die Artenzahl und auch der Shannon-Wiener-Index pegelten sich im langjährigen Mittel ein. Über 90 % der Biomasse wurde von der Islandmuschel *Arctica islandica* gestellt. Die Schalenlängen lagen zwischen 8 und 45 mm. Folgende 10 Arten der Roten Liste wurden festgestellt: *Arctica islandica*, *Astarte borealis*, *A. montagui*, *Kurtiella bidentata*, *Eulalia bilineata*, *Eumida sanguinea*, *Lagis koreni*, *Nereimyra punctata*, *Phyllodoce maculata* und *D.*

Darßer Schwelle (030)

Bei der Artenzahlentwicklung an der Darßer Schwelle kann ein positiver Trend festgestellt werden (Abb. 27). Betrachtet man allerdings nur die Jahre seit 1998 ist der Wert in einer Schwankungsbreite von 30 % relativ stabil. 2006 wurde mit 59 Taxa die höchste Anzahl seit 1991 nachgewiesen. 2007 ging die Zahl auf 51 zurück, war aber dennoch der zweithöchste je gemessene Wert. 2008 wurde erneut eine Abnahme beobachtet und war mit 37 Taxa vergleichbar mit den Jahren 2003 und 2004. Auf Grund der hohen Abundanz der Wattschnecke *Hydrobia ulvae* (mit 4796 Ind./m² = 58% relative Abundanz) lag der Shannon-Wiener Index mit 2,46 deutlich unter dem Maximum und war vergleichbar mit dem Ende der 1990er Jahre. Im Gegensatz zur Artenzahl zeigte sich bei der Abundanz eine deutliche Zunahme. Der zunehmende Trend seit Mitte der 2000er Jahre hält somit an. Allerdings wird die Abundanz nur durch wenige Arten dominiert. Neben *H. ulvae* sind nur noch *Mya arenaria* (935 Ind./m²) und *Mytilus edulis* (585 Ind./m²) hervorzuheben. Die Biomasseentwicklung sieht ähnlich aus. Auch hier ist ein zunehmender Trend seit 2004 festzustellen. Für die erhöhte Biomasse sind hauptsächlich die Muscheln *Astarte borealis*, *Mytilus edulis* und *Mya arenaria* verantwortlich zu machen. 4 Arten der Roten Liste wurden nachgewiesen (s.a. Tab. 13): *Arctica islandica*, *Astarte borealis*, *Cerastoderma glaucum* und *Travisia forbesii*.

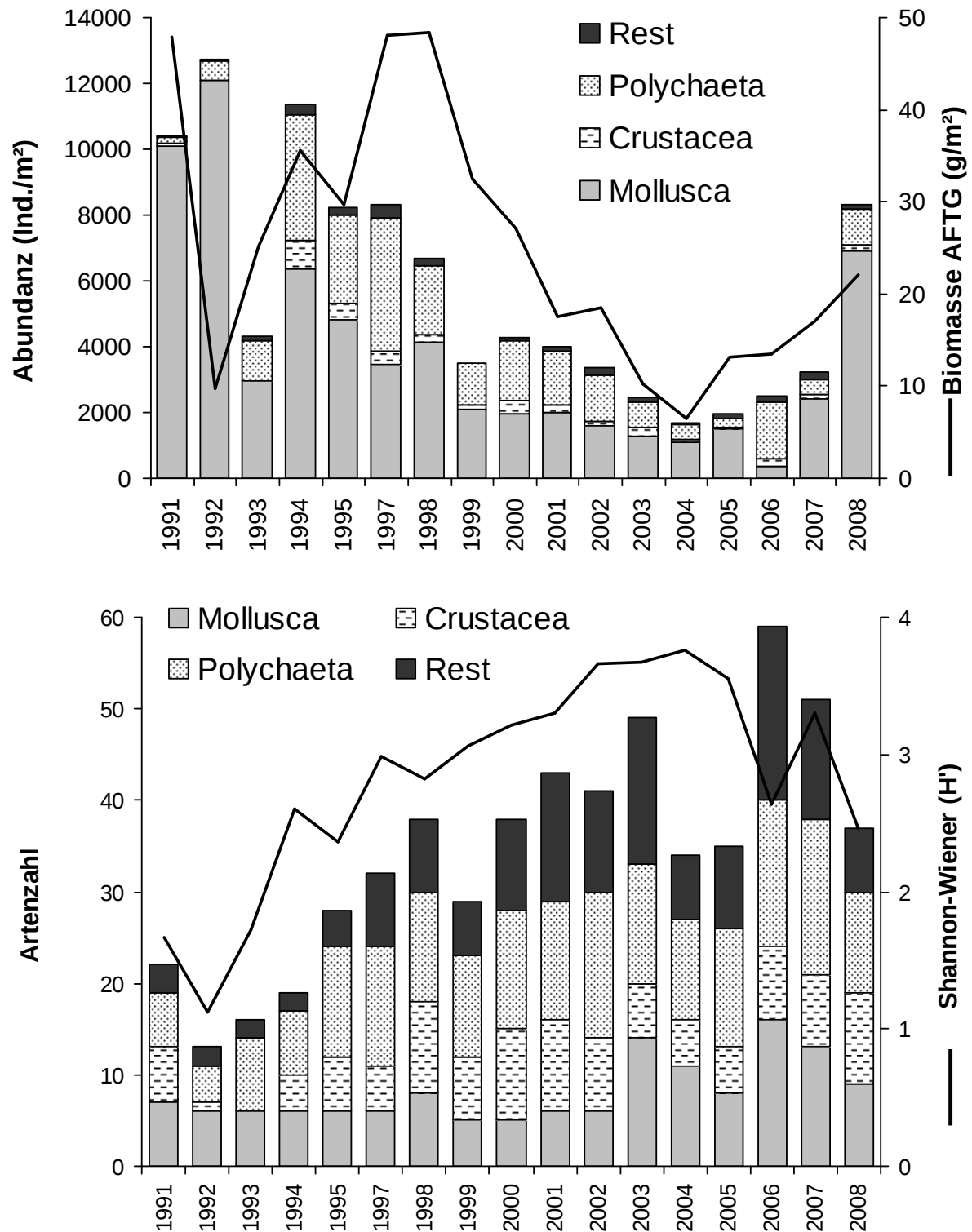


Abb. 27: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' an der Darßer Schelle (Stn. 030) von 1991 bis 2008.

Fig. 27: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at the Darss Rise (stn. 030) from 1991 to 2008.

Zentrale Arkonasee (109)

Die Artenzahl variiert von 1997 bis 2008 zwischen 9 und 23 und liegt im Mittelwert bei 16 (Abb. 19 und 28). 2008 wurden 14 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*, *Heteromastus filiformis* und *Trochochaeta multisetosa*, der Krebs *Pontoporeia femorata* 2008 nicht nachgewiesen. 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. Auch 2008 war mit 336 Ind./m² die Gesamtabundanz niedrig. 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. 2008 war die Biomasse mit 0,6 g AFTG/m² nur noch wenig vom Minimum (0,4 g/m²) im Jahr 1996 entfernt. *Arctica islandica* und *Astarte elliptica* waren die einzigen Arten der Roten Liste an dieser Station.

Nördliche Pommernbucht (152)

Auch in der nördlichen Pommernbucht wurde seit den 1990er Jahren eine Zunahme der Artenzahl festgestellt (Abb. 29). Seit 1998 ist die Artenzahl relativ stabil und schwankt mit einer Varianz von etwa 20 % um den Mittelwert von 23 Arten. 2008 wurde mit 27 Arten ein ähnlich hoher Wert wie im Vorjahr festgestellt. Die Abundanz (6219 Ind./m²) nahm im Vergleich zu den 5 vorangegangenen Jahren um ein Drittel zu, was v.a. auf *Pygospio elegans* und *Mytilus edulis* zurückzuführen ist. Die Abundanz wird maßgeblich vom Polychaeten *P. elegans* (4150 Ind./m²) dominiert. Die Biomasse nahm leicht ab und erreichte 7,9 g AFTG/m². Bei der Biomasse rangiert die Baltische Plattmuschel *Macoma balthica* mit über 4,2 g AFTM/m² auf Platz 1 gefolgt von der Miesmuschel (2,8 g). Von den nachgewiesenen Makrozoobenthosarten im Jahr 2008 gehören folgende der Roten Liste an (siehe Tab. 13): die Muschel *Cerastoderma glaucum*, der Polychaet *Travisia forbesii* und die Assel *Saduria entomon*.

Zentrale Pommernbucht (160)

Die Zentrale Pommernbucht wurde im Jahr 2008 zum drittenmal während des Monitoringprogramm untersucht, um die Makrozoobenthos-Situation im offshore-Bereich der Pommernbucht besser beurteilen zu können. Die Artenzahl lag mit 23 wie im Vorjahr erwartungsgemäß niedrig. Dominante Arten nach abfallender Abundanz geordnet waren die Wattschnecke *Hydrobia ulvae* (12745 Ind./m²), die Herzmuschel *Cerastoderma glaucum* (714 Ind./m²) und der Polychaet *Hediste diversicolor* (646 Ind./m²). Die Biomasse wurde im Wesentlichen von der Sandklaffmuschel *Mya arenaria* (4,7 g AFTM/m²) und der Baltischen Plattmuschel *Macoma balthica* (3,3 g AFTM/m²) bestimmt. Untersuchungen aus früheren Studien ergaben, dass bis 1998 eine stetige Zunahme bei der Abundanz festgestellt wurde. Sowohl die Abundanz als auch die Biomasse schwanken jedoch an dieser Station erheblich, was mit dem An- und Abwesenheit von *Hydrobia ulvae* bzw. *Mytilus edulis* zu tun hat. Wodurch diese Schwankungen begündet sind, bleibt unklar. 2 Arten der Roten Liste wurden 2008 festgestellt: die Muschel *Cerastoderma glaucum* und die Assel *Cyathura carinata*.

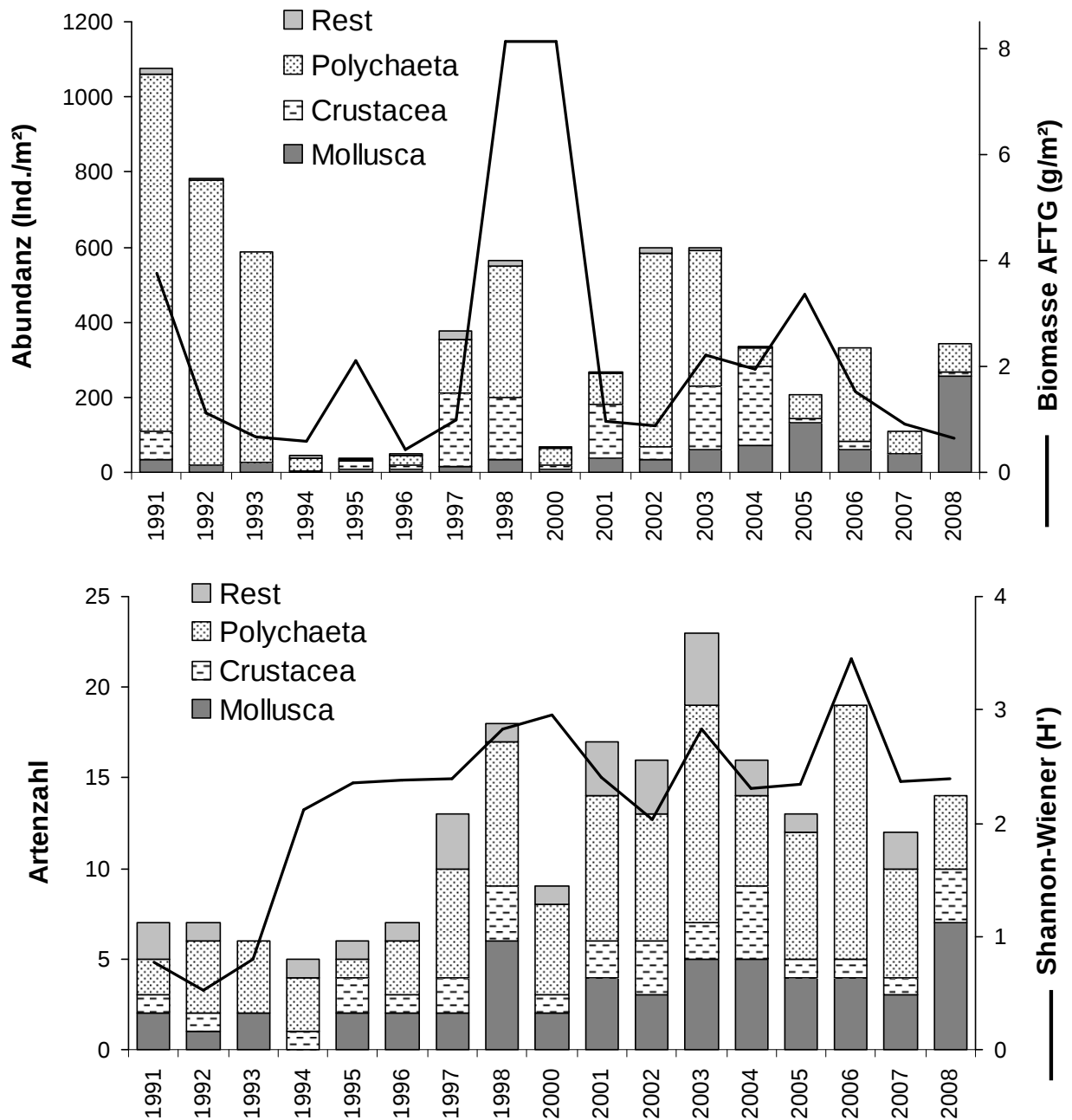


Abb. 28: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' in der Zentralen Arkonasee (Stn. 109) von 1991 bis 2008.

Fig. 28: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at the central Arkona Sea (stn. 109) from 1991 to 2008.

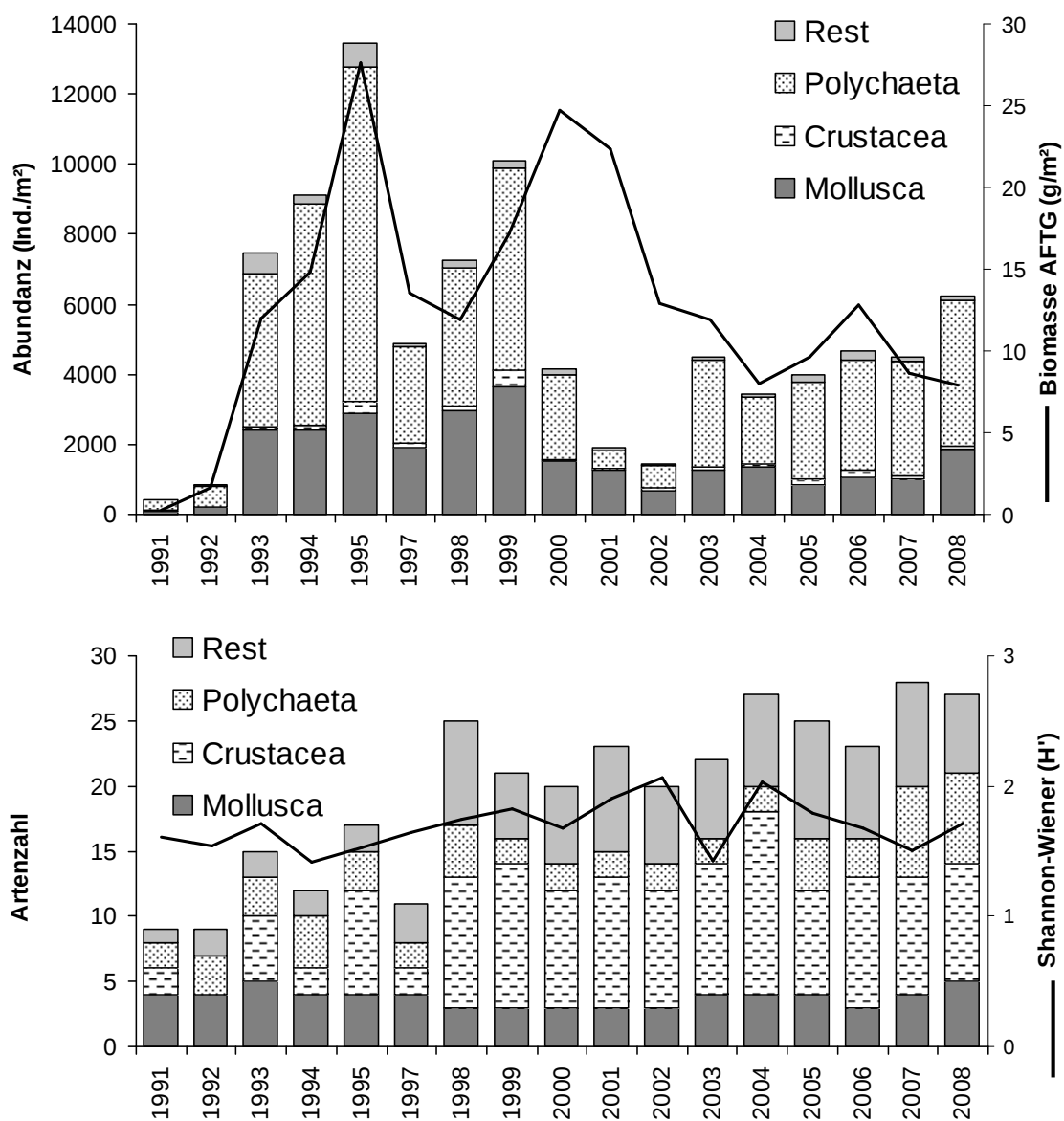


Abb. 29: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' in der nördlichen Pommernbucht (Stn. 152) von 1991 bis 2008.

Fig. 29: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at the northern Pomeranian Bay (stn. 152) from 1991 to 2008.

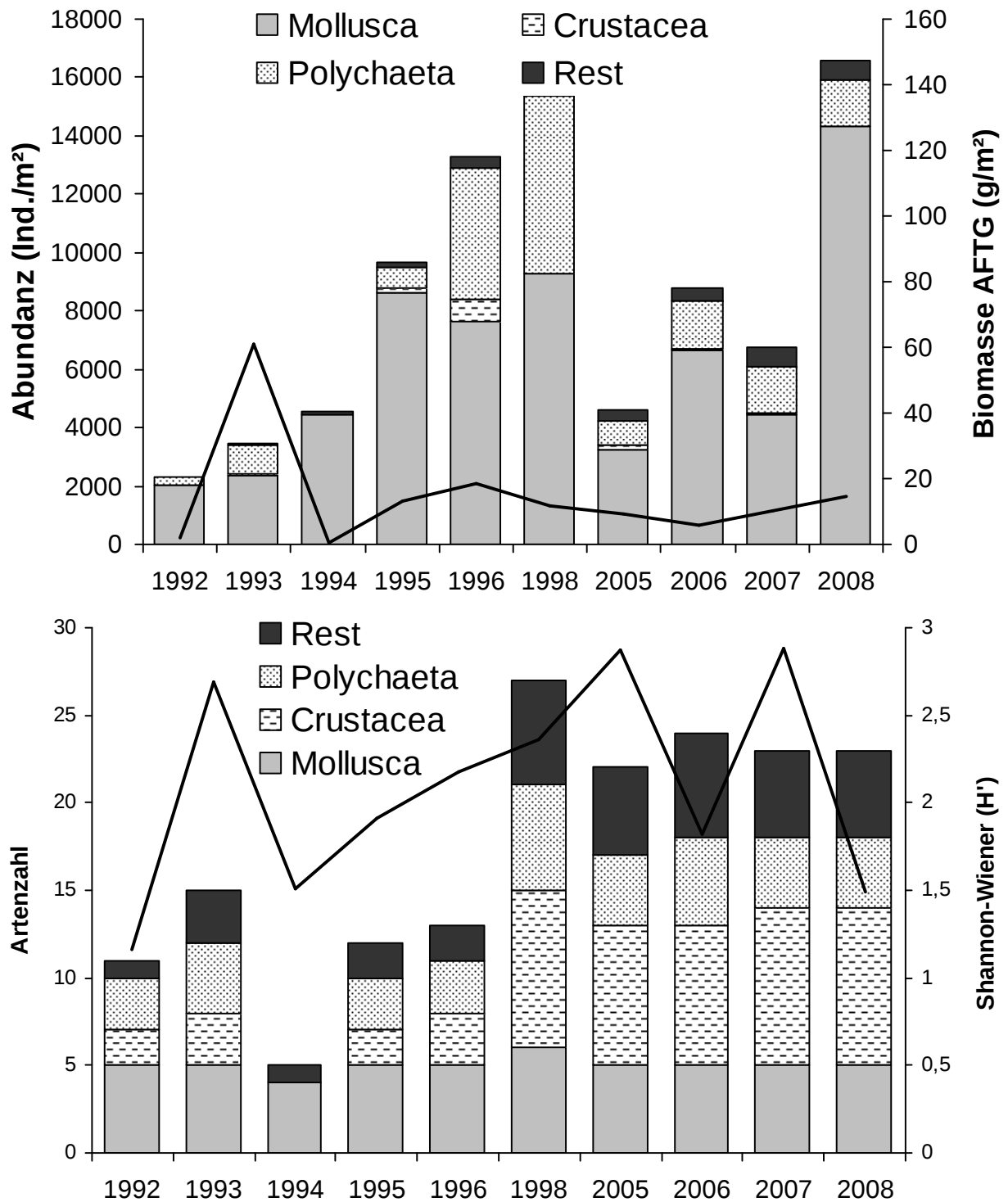


Abb. 30: Entwicklung der Abundanz, Biomasse, Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' in der zentralen Pommernbucht (Stn. 160) von 1993 bis 2008. Für die fehlenden Jahre sind keine Daten verfügbar.

Fig. 30: Development of abundance, biomass, species number and Shannon-Wiener-Index at the central Pomeranian Bay (stn. 160) from 1991 to 2008. For the missing years no data are available.

Diskussion:

Die Kieler Bucht (Stn. 360) zeigte mit 61 makrozobenthischen Taxa die höchste Artenvielfalt im Vergleich mit den anderen Stationen (Abb. 19). Der Salzgehalt lag mit ca. 21 psu im bodennahen Wasserkörper relativ hoch; ein Sauerstoffmangeleinfluss war hier nicht festzustellen. Im Vergleich mit 2006 ist die Abundanz ähnlich wie schon 2007 auf ein Fünftel gesunken und die Biomasse auf das Doppelte angestiegen. Diese Differenzen sind zum einen mit dem Zusammenbruch der Kleinen Pfeffermuschel *Abra alba* begründet, die 2006 noch 3800 Ind./m² erreichte und 2007 und 2008 nur noch in geringen Dichten gefunden wurde. Auch die Seescheide *Molgula manhattensis* konnte 2007 und 2008 nur noch einen Bruchteil der Abundanz von 2006 erreichen. Die Artenvielfalt hat 2008 um ca. 20 % im Vergleich zu 2007 abgenommen. Hauptsächlich einige epibenthische Crustaceen (z.B. *Phthisica marina*, *Praunus inermis*) und auch eine Anzahl von Polychaeten (z.B. *Eulalia bilineata*, *Eumida sanguinea*, *Scalibregma inflatum*) fehlten 2008. Ob die Veränderungen in der natürlichen Variabilität des Ökosystems liegen oder unbestimmte Jahresereignisse (z.B. Strömungsänderungen, suboptimale Versorgung mit Larven etc.) dafür verantwortlich sind, kann nur spekuliert werden. Die hohe Biomasse ist auf einen hohen Anteil adulter Muscheln wie *Arctica islandica* und *Astarte borealis* zurückzuführen, die zum festen Fauneninventar der Station gehören, jedoch durch geklumpfte Verteilungen unterschiedlich gut 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. 2005, 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. 24). 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. 24, 25 und 26) resultiert aus dem Auftreten oder Fehlen größerer Islandmuscheln. Im Jahr 2008 kam es nun erneut zu einem Arten- und Individuenschwund. Zumindest die Stationen im Fehmarnbelt und in der Zentralen Mecklenburger Bucht waren von vorangegangenen, sommerlichen Sauerstoffdefiziten im bodennahen Wasser betroffen. Die weiter östlich liegenden Stationen zeigten keinen nennenswerten Abweichungen zu den langjährigen Mittelwerten in Artenzahl, Abundanz und Biomasse (siehe Abb, 19, 21 und 22).

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 109 ist die Artenzahl für die 8 ausgewählten Monitoringstationen im Jahr 2008 eher als mittelmäßig einzustufen. In allen Jahren seit 1991 war die artenreichste Gruppe die Polychaeta (Abb. 31) gefolgt von den Mollusca und Crustacea. Die deutlichsten Artenrückgänge durch die Sauerstoffmangelereignisse in den Jahren 2002, 2005 und 2008 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.

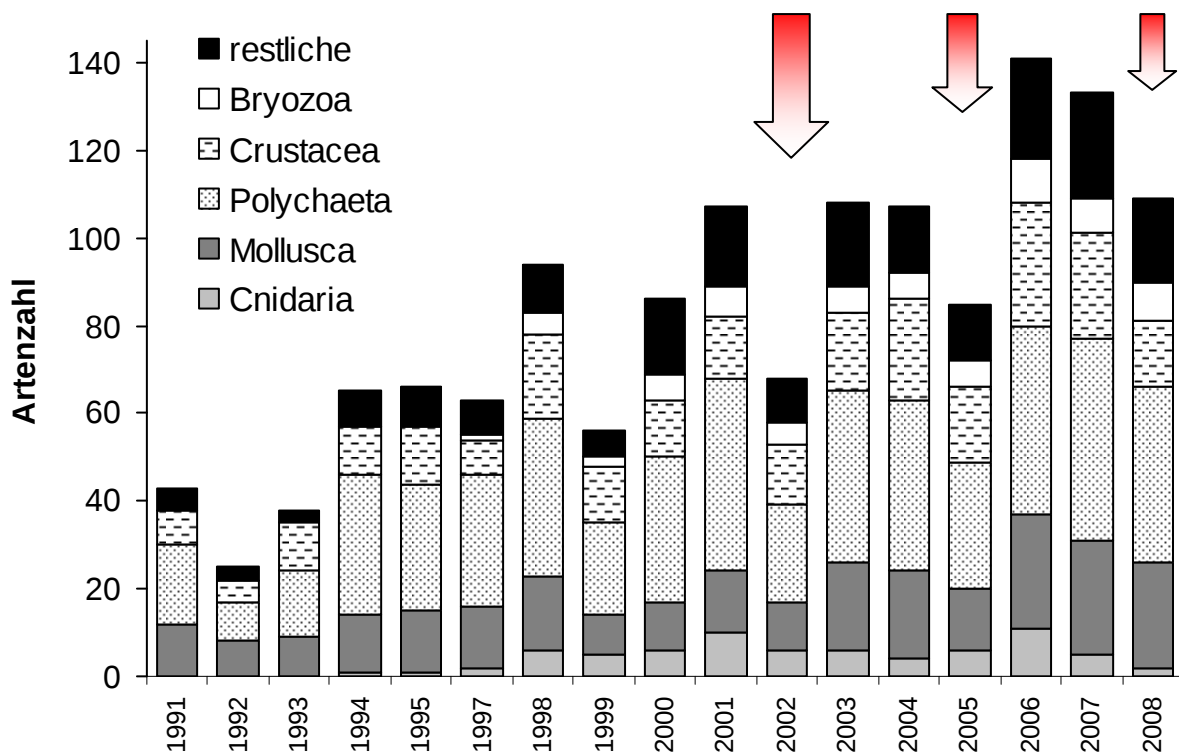


Abb. 31: Zusammensetzung des Makrozoobenthos an den 8 Monitoringstationen von 1991 bis 2008. Die Pfeile markieren die Sauerstoffmangel an den westlichen Stationen in den Jahren 2002, 2005 und 2008.

Fig. 31: Composition of the macrozoobenthos at the 7 monitoring stations from 1991 to 2008. The arrows indicate the oxygen depressions in the western part in 2002, 2005 and 2008.

Bezüglich der Abundanz und Biomasse war insbesondere an der Darßer Schwelle bis 2004 ein negativer Trend festzustellen. Die stetige Abnahme der Abundanz (und zum Teil auch der Biomasse) an der Darßer Schwelle (030) war auf das drastische Zurückgehen der Populationen der Wattschnecke *Hydrobia ulvae* und des Polychaeten *Pygospio elegans* zurückzuführen (Abb. 32). 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. Seit 2005 ist nun insbesondere für die Wattschnecke eine Kehrtwende in der Populationsentwicklung der auszumachen. 2008 wurden ähnlich hohen Abundanzen beobachtet wie Mitte der 1990er Jahre.

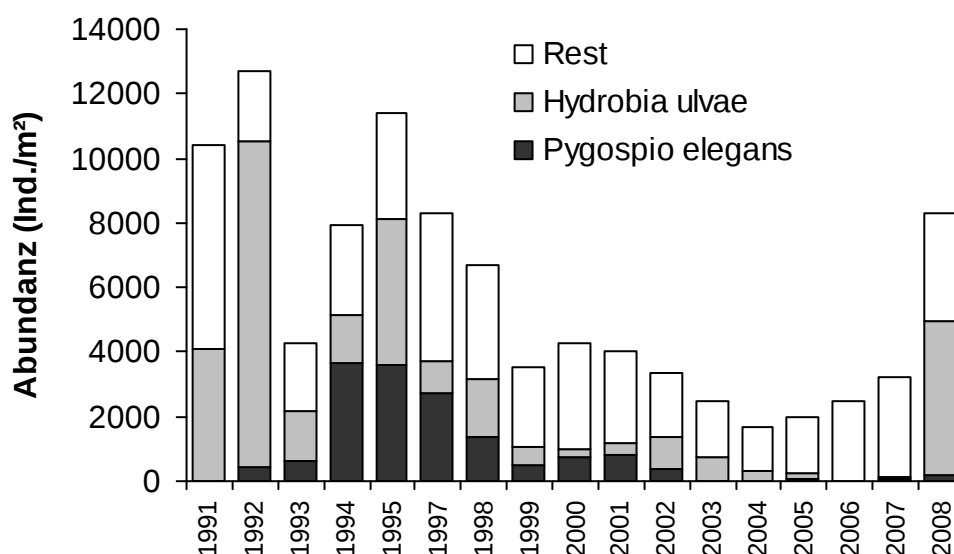


Abb. 32: Abundanzentwicklung an der Darßer Schwelle (030) von 1991 bis 2008. Die Anteile von *Hydrobia ulvae* und *Pygospio elegans* sind gekennzeichnet.

Fig. 32: Development of abundance at the Darss Sill (030) from 1991 to 2008. The fractions of *Hydrobia ulvae* und *Pygospio elegans* are indicated.

Das Auftreten von „Exoten“ bzw. sehr seltenen Vertretern des Makrozoobenthos konnte auch 2008 wieder bestätigt werden. Mit dem Pelikanfuß (*Aporrhais pespelecani*) wurde eine imposante Schnecke in der Kieler Bucht lebend nachgewiesen. *Phoronis* sp., 2007 erstmals im Untersuchungsprogramm in der Kieler Bucht gefunden, wurde auch 2008 von der Kieler Bucht und im Fehmarnbelt bestätigt. Mit *Marenzelleria viridis* und *M. neglecta* waren 2 allochthone Arten, sogenannte Neozoen, in den Proben an der Darßer Schwelle und in der Pommernbucht enthalten. Die Arten der Roten Liste (GOSSELCK et al. 1996) sind bereits bei den Stationen erwähnt worden. Es soll erwähnt werden, dass mit *Astarte montagui*, *Macoma calcaria* und *Euchone papillosa* drei Arten der Kategorie 1 (=vom Aussterben bedroht) in geringen Abundanzen nachgewiesen wurden. Weiterhin wurden zwei Arten der Kategorie 2 (stark gefährdet) und 13 Arten der Kategorie 3 (gefährdet) sowie fünf potenziell gefährdete

Arten festgestellt (siehe Tab. 13). Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass eine Überarbeitung der Roten Liste stattgefunden hat und die Abstimmung in Fachkreisen abgeschlossen ist. Das Erscheinen der neuen Roten Liste wird für das Jahr 2010 angekündigt (Rachor et al. im Druck).

Mit Bezug auf die Wasserrahmenrichtlinie und der Marinen Strategie Richtlinie wurden für die 8 Monitoringstationen der benthische Qualitätsindex BQI (nach ROSENBERG et al. 2004) berechnet. Da durch ZETTLER et al. (2007) deutlich aufgezeigt werden konnte, dass der Index salzgehaltsabhängig ist und es insbesondere im Untersuchungsgebiet einen starken Salzgehaltsgradienten von West nach Ost gibt (im Jahr 2008 wurden 23,5 psu im Fehmarnbelt und 7,8 psu in der Pommernbucht gemessen) wurde die durch FLEISCHER und ZETTLER (2009) angepasste Variante des BQI berechnet und ausgewertet. Außerdem fand die Version von FLEISCHER et al. (2007) Eingang, wo zusätzlich noch die Probengrößenunabhängigkeit gewährleistet werden konnte.

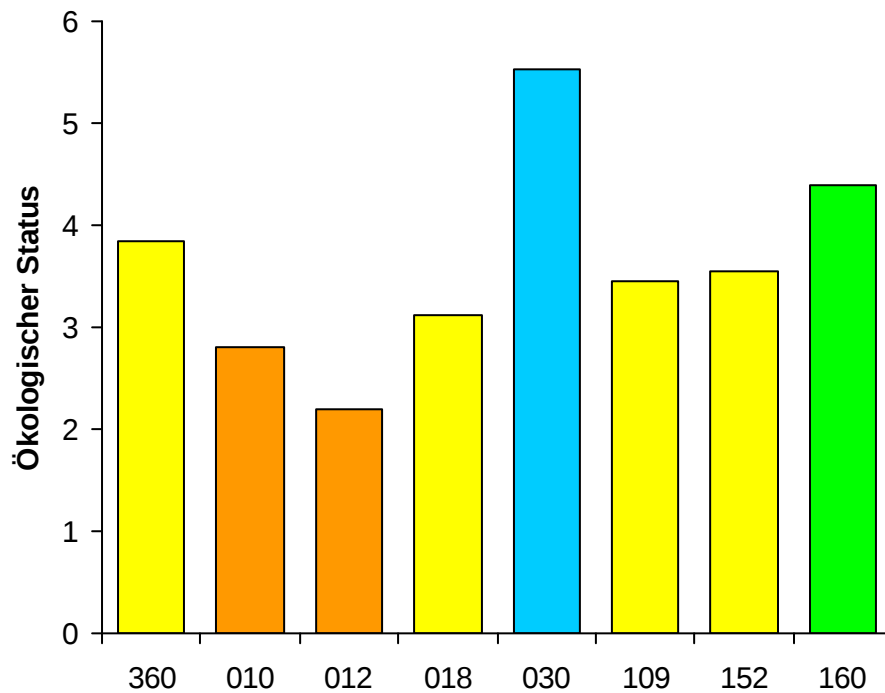


Abb. 33: Der Ökologische Status der 8 Monitoringstationen im Jahr 2008 berechnet anhand des salzgehaltsadaptierten BQI (siehe FLEISCHER & ZETTLER 2009). (1-2=schlecht, 2-3=unbefriedigend, 3-4=mäßig, 4-5=gut, 5-6=sehr gut).

Fig. 33: The Ecology Status of the 8 monitoring stations in 2008 analysed on the basis of the salinity adapted BQI (see FLEISCHER & ZETTLER 2009). (1-2=bad, 2-3=poor, 3-4=moderate, 4-5=good, 5-6=high).

Der vom BQI abgeleitete "Ökologische Status" der Stationen rangierte zwischen unbefriedigend und sehr gut (Abb. 33). Als unbefriedigend sind die Stationen 010 (Fehmarnbelt) und 012 (zentrale Mecklenburger Bucht) zu bezeichnen. Das ist mit Sicherheit

auf den bereits oben erwähnten Sauerstoffmangel zurückzuführen, der im Sommer 2008 in diesen Regionen geherrscht haben muss. Einen mittleren Wert erhielten die Stationen 360 (Kieler Bucht), 018 (südliche Mecklenburger Bucht), 109 (zentrale Arkonasee) und 152 (nördliche Pommernbucht). Mit gut wurde die Station in der zentralen Pommernbucht (160) und mit sehr gut die Station an der Darßer Schwelle (030) bewertet.

Zusammenfassung

Im Rahmen des HELCOM-Monitorings wurden Daten über die Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos des Jahres 2008 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 2007 aus dem Gotlandbecken vervollständigen saisonale Angaben zur Phytoplanktodynamik. Für die Stationen 012 und 022 wurden auch Phytoplanktonproben analysiert, die uns vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) zum Zwecke der Erhöhung der Probenfrequenz für die Stationen 012 und 022 zur Verfügung gestellt wurden. Außerdem erhielten wir einige dänischen Proben des National Environmental Research Institute (NERI) aus der Arkonasee. Die LLUR-, NERI- sowie zusätzliche Projektfahrtproben konnten aber wegen fehlender Stammkartendaten nicht in die ODIN-Datenbank des IOW eingelesen werden und sind deshalb in den Berechnungen für Tab. 4 und 5 nicht erfasst, wurde aber handschriftlich in Abb. 4-6 eingetragen. Die allgemeine Probenstatistik ist in Tab. 1 und eine spezielle Statistik der Zooplankton-Hols in Tab. 2 sowie der Zoobenthosbeprobung in Tab. 3 gezeigt.

Phytoplankton

Frühjahrsblüte: Vor der Frühjahrsblüte, also im Februar, war die Phytoplanktonbiomasse wie zu erwarten im allgemeinen sehr gering. Die Frühjahrsblüte begann wie üblich im März. Sie wurde an Station 012 am 11.3.08 hauptsächlich von *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*, *Coscinodiscus granii* und der nackten Form von *Dictyocha speculum* gebildet. Die extrem frühe *Dictyocha* –Blüte des Jahres 2007, verbunden mit einer Reduktion der sonst üblichen Kieselalgen-Entwicklung, hat sich also im Jahre 2008 in abgeschwächter Form wiederholt.

An Station 046 sowie in der Arkonasee (Station 030 und 113, siehe Abb. 5) waren Ende März/Anfang April wie gewöhnlich *Mesodinium rubrum* und *Skeletonema costatum* bedeutsam. Daneben entwickelte sich *Chrysochromulina* (wahrscheinlich *C. polylepis*), nachdem es bereits im Winter 2007/08 in der zentralen Ostsee eine ungewöhnliche Blüte gebildet hatte. Es ist mixotroph und scheint im Jahre 2008 die Stellung der heterotrophen Dinoflagellaten einzunehmen, die sich sonst nach der Kieselalgen-Frühjahrsblüte einstellen. Die Dinoflagellaten-Entwicklung war wie schon im Frühjahr 2007 relativ schwach, während *Chrysochromulina* im Mai anwuchs und noch bis in den Sommer präsent war. Ihre stärkste Entfaltung hatte diese Gattung in der eigentlichen Ostsee, mit Abundanzen von 15 Mill. Zellen/l und Biomassen von 2069 mg m⁻³ an Station 271 am 3.5.08. Zur selben Situation trat aber auch die übliche Blüte von *Peridiniella catenata* (1841 mg m⁻³) auf. Es ist

hervorzuheben, dass in der Bornholmsee und Gotlandsee (Abb. 6) wiederum keine Fröhjahrs-Kieselalgenblüte nachgewiesen werden konnte. Andererseits konnten bereits während der Fahrt vom 29.4.-7.5.08 bei extrem ruhiger See Ansammlungen von *Aphanizomenon* an der Wasseroberfläche beobachtet werden, insbesondere von der südlichen Gotlandsee (Stat. 253, 2.5.08) bis zur Arkonasee (Stat. 113, 6.5.08).

Sommerblüte: Nach der Fröhjahrsblüte blieb die Biomasse der Dinoflagellaten (meist unbestimmte Gymnodinales) in der Mecklenburger Bucht ungewöhnlich gering, während sich die außergewöhnliche *Chrysochromulina*-Entwicklung zumindest an Station 012 bis zum Juli hielt. Zum 30.7. entwickelte sich an Station 022 eine Kieselalgenblüte (*Proboscia alata*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Cerataulina pelagica*), während an den Stationen 012 und 046 die Phytoplankton-Biomasse sehr gering blieb und kaum Kieselalgen auftraten. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass sich dort Kieselalgen im anschließenden Monat entwickelten, aus dem uns keine Proben zu Verfügung stehen. Langsam kam es auch zur üblichen Vermehrung von *Ceratium tripos*. Stickstofffixierende Cyanobakterien waren in der Mecklenburger Bucht unbedeutend, in der Arkonasee, Bornholmsee und der östlichen Gotlandsee zumindest Ende Juli dominant.

Herbstblüte: Nachdem im Herbst 2007 eine sehr schwache *Ceratium*-Entwicklung zu verzeichnen war, konnte im Herbst 2008 wieder ein ausgewogenes Verhältnis von Dinoflagellaten und Kieselalgen in der Mecklenburger Bucht gefunden werden. Die Dinoflagellaten werden im Herbst im allgemeinen durch *Ceratium tripos*, *C. lineatum* und *C. fusus* repräsentiert. Die dominierenden Arten bei den Kieselalgen variieren stärker (*Coscinodiscus granii*, *Pseudo-nitzschia pungens*, *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros convolutus*). Der Herbst-peak wurde in der Mecklenburger (einschl. Lübecker) Bucht am 21.10.08 erreicht, in der Arkona- und Bornholmsee erst im November. Die Herbstblüte in der Arkona- und Bornholmsee wurde fast ausschließlich von *Coscinodiscus granii* gemacht.

Die 10 bedeutendsten Phytoplanktonarten jeder Jahreszeit in den einzelnen Seegebieten sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Eine komplette Artenliste des Jahres 2008 einschl. saisonale Verbreitung ist in Tabelle 5 gezeigt.

Chlorophyll: Die Chlorophyll a-Daten sind in Tab. 6 dargestellt. Eine nach einzelnen Jahreszeiten (Tab. 7) separierte Langzeit-Analyse ergab eine Abnahme der Chlorophyll-Konzentrationen in der Mecklenburger Bucht und eine Zunahme in der Arkonasee und Bornholmsee in den Fröhjahrswerten. Die Sommer- und Herbstwerte stiegen von 1979-2008 nur in der östlichen Gotlandsee an (Tab. 8, Abb. 7 und 8).

Sedimentation: Die Daten der Sedimentation des organischen Materials im Gotlandbecken im Jahr 2007 lassen auf ein normales Jahr für die Raten des Partikelexports schließen. Aufgrund der Verstopfung des Sammeltrichters zwischen April und Juli konnten die Phasen der Fröhjahrs- und Sommersedimentation nicht zeitlich korrekt abgebildet werden. Die Gesamtsedimentation organischen Materials in der Fröhjahrsphase übertraf die des Vorjahres um 40%. Der sommerliche, auf Stickstofffixierung beruhende Partikelfluss, nahm im Vergleich zum langjährigen Mittel ab, während die Raten im Herbst vergleichsweise anstiegen. Das Spektrum der Phytoplanktonarten unterschied sich nicht von den

vorhergehenden Jahren bis auf die koloniebildenden Cyanobakterien, von denen 2007 mit *Aphanocapsa* nur eine Gruppe angetroffen wurde. Die absolute Menge des aus der Deckschicht exportierten Materials war etwa doppelt so hoch wie im Vorjahr und lag deutlich über dem langjährigen Mittel. Der Gesamtfluss für die einzelnen Elemente betrug 585 mmol C, 70 mmol N, 221 mmol Si und 2,3 mmol P pro m² und Jahr. Mit 43,9 g a⁻¹ Trockenmasse war der Massefluss ebenfalls deutlich höher als im Vorjahr (28,5 g a⁻¹).

Mesozooplankton

Probenentnahme und –bearbeitung: Die Einschätzung des Jahres 2008 beruhte auf 105 WP-2 Netzproben (100 µm Maschenweite, TSK-Durchflusszähler; 0,75 m/s Hievgeschwindigkeit) aus jeweils möglichst drei Tiefenstufen auf acht Stationen zwischen Kieler Bucht und zentraler Gotlandsee. Die Beprobung erfolgte teilweise auf der Hin- und Rückfahrt (vgl. Tab. 2), 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 1/19 ± 1/6 der Proben analysiert. So wurden pro taxonomische Gruppe zwischen 1 und 816 Individuen gezählt, im Mittel 25 ± 58.

Artenspektrum: Über die letzten zehn Jahre betrachtet, wurden insgesamt 41 Zooplankton-Taxa registriert, wobei die Anzahl in der zweiten Jahreshälfte etwas größer war als in der ersten (21-30 gegenüber 20-22). 2008 wurde das Maximum wieder im Juli/August beobachtet. Prinzipiell waren folgende Gruppen zu unterscheiden: (1) Taxa, die im gesamten Untersuchungszeitraum regelmäßig und (nahezu) ganzjährig präsent waren, wie *Acartia bifilosa*, *Acartia longiremis*, *Centropages hamatus*, *Oithona similis*, *Pseudocalanus* spp., *Synchaeta* spp., *Temora longicornis*, u.a. (in alphabetischer Reihenfolge), (2) Taxa mit Jahresgang, im Sinne von anwesend bzw. abwesend, mit *Bosmina* spp., *Acartia tonsa*, einige meroplanktische Larven und (3) vereinzelte Exemplare von marinem bzw. limnetischem Ursprung, die je nach Ein- und Ausstromsituationen in den Proben anzutreffen waren oder nicht. Dazu gehörten in den Vorjahren marine Vertreter wie *Noctiluca scintillans*, Echinodermata-, Malacostraca-Larven, und *Calanus finmarchicus* sowie auch Taxa limnischen Ursprungs wie *Limnocalanus macrurus*. Diese fehlten 2008 komplett, was als ein Zeichen für einen reduzierten horizontalen Austausch gewertet werden kann.

Situation im östlichen Gotlandbecken nach den Salzwassereinbrüchen von 2003: Die Lebensbedingungen unterhalb der Haloklinen, die sich nach der bisher letzten stärkeren Erneuerung des Tiefenwassers im Jahre 2003 eingestellt hatten, sind fünf Jahre später in lebensfeindliche Bedingungen umgeschlagen. Die Konzentration der Cyclopidenart marinen Ursprungs, *Oithona similis*, verringerte sich dabei um zwei Größenordnungen (Abb. 15). Sie tendierte 2008 gegen Null, verursacht durch die Verkleinerung der durch ausreichenden Sauerstoff- und Salzgehalt geprägten Habitatschicht von 160 auf 30 m (Abb. 16). In diesem Abschnitt wurde diskutiert, inwiefern aus biogeographischer Sicht Ort und Zeitpunkt der Tiefenwassererneuerung von Bedeutung sind.

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. Er wurde besonders durch die Abnahme im Bereich der Rotatorien verursacht (Abb. 17, Tab. 11). Ihre Abundanz-Maxima verringerten sich bereits 2006 gegenüber den Zahlen zu Beginn der neunziger Jahre um fast zwei Größenordnungen. Das kann als ein Indiz für eine rückläufige Eutrophierung in der offenen Ostsee angesehen werden.

Bosmina spp. gelten als wichtige Nahrungskomponente von Heringen und Sprotten. Normalerweise wurden sommerliche Massenaufkommen bei Wasseroberflächen-Temperaturen von etwa 18 ° bis 22 °C beobachtet (Abb. 18). Neuerdings kam die carnivore Cladocerenart *Cercopagis pengoi* als bestandsregulierend hinzu. In der offenen zentralen Ostsee dürfte dies mindestens seit 1999 eine Rolle spielen. Dieser Umstand bedeutet Nahrungskonkurrenz zu pelagischen Nutzfischen und Verlängerung der Nahrungskette zugleich.

Mnemiopsis leidyi und andere neue Arten: Neben der seit 1992 aus dem ponto-kaspischen Bereich „importierten“ Cladocerenart *Centropagis pengoi*, wurde im Sommer 2006 erstmals das Auftreten der Rippenqualle *Mnemiopsis leidyi* in der Ostsee dokumentiert. Sie ist der fünfte Vertreter eines Tierstammes, der in diesem Ökosystem bisher keine dominierende Rolle spielte. Die Ausbreitung wurde 2007 bis in die Eingänge des Bottnischen und Finnischen Meerbusens dokumentiert. Allerdings stellte sich 2009 durch genetische Analysen in Stockholm heraus, dass es sich bei den Exemplaren aus den Tiefen der nördlichen Ostsee um *Mertensia ovum*, eine arktische Rippenqualle handeln soll. Wenn dies zutrifft, könnte es sich womöglich um ein Eiszeitrelikt handeln. Zukünftig könnte uns die Ausbreitung von *Penilia avirostris* beschäftigen, eine das warme Wasser bevorzugende marine, herbivore Cladocerenart. Sie ist mittlerweile fester Bestandteil des Sommerplanktons in der Nordsee und fiel gegenwärtig in der Beltsee und im Sund auf.

Makrozoobenthos

Als Makrozoobenthos-Parameter wurden die Artenvielfalt, die Abundanz und die Biomasse der Organismen von 8 Stationen (Tab. 3) vom November 2008 erfasst. Mit insgesamt 109 ist die Artenzahl der 8 offshore-Stationen im Jahr 2008 im Vergleich zu den Vorjahren als mittelmäßig zu bezeichnen (Abb. 19, 31). Diese niedrige Artenzahl ist auf einen sommerlichen Sauerstoffmangel zurückzuführen, der die tiefen Areale im Fehmarnbelt (Station 010) und in der zentralen Mecklenburger Bucht (Station 012) betroffen hat. Die bereits 2002 und 2005 durch Sauerstoffmangel stark beeinflussten westlichen Monitoringstationen zeigten insbesondere bei der Artenzahl und Abundanz zum Teil erhebliche Einbrüche. An der Darßer Schwelle pegelte sich die Biodiversität des Makrozoobenthos im Bereich der Vorjahre ein. Ein bis 2004 beobachteter negativer Trend bei der Abundanz und Biomasse, der auf das Verschwinden bzw. starke Zurückgehen von *Hydrobia ulvae* und *Pygospio elegans* zurückzuführen war, ist nicht mehr festzustellen. Vor allem die Wattschnecke erreichte Ursprungswerte der 1990er Jahre. In der Arkonasee zeigte die makrozoobenthische Besiedlung eine Stabilisierung sowohl bei der Artenzahl als auch bei der Abundanz und Biomasse. Die nördliche Pommernbucht weist seit Jahren stabile Verhältnisse bezüglich der Besiedlung durch das Makrozoobenthos auf. Es wurden leichte Zunahmen der Abundanz und leichte Abnahmen der Biomasse beobachtet. Die Verhältnisse

in der zentralen Pommernbucht sind als stabil zu bezeichnen, nur bei der Abundanz wurde eine Zunahme registriert; sie zeigt einen Wert vergleichbar mit dem Ende der 1990er Jahre. An den 8 Monitoringstationen konnten insgesamt 23 Arten der Roten Liste nachgewiesen werden. Mit *Macoma calcaria* wurde unter anderem eine im Gebiet sehr selten zu beobachtende Muschel (Rote Liste: 1=vom Aussterben bedroht) in der Kieler Bucht lebend festgestellt.

Im Hinblick auf die europäische Wasserrahmenrichtlinie und Marinen Strategierichtlinie rangierte der vom BQI (Benthic Quality Index) abgeleitete "Ökologische Status" der Stationen zwischen unbefriedigend und sehr gut (Abb. 33). Als unbefriedigend sind die Stationen 010 (Fehmarnbelt) und 012 (zentrale Mecklenburger Bucht) zu bezeichnen. Das ist mit Sicherheit auf den bereits oben erwähnten Sauerstoffmangel zurückzuführen, der im Sommer 2008 in diesen Regionen geherrscht haben muss. Einen mittleren Wert erhielten die Stationen 360 (Kieler Bucht), 018 (südliche Mecklenburger Bucht), 109 (zentrale Arkonasee) und 152 (nördliche Pommernbucht). Mit gut wurde die Station in der zentralen Pommernbucht (160) und mit sehr gut die Station an der Darßer Schwelle (030) bewertet.

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 2008 together with physico-chemical data in order to continue the time series which exists since 1979. Data from sediment traps deployed in 2007 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 taken by State Agency for Agriculture, Environment and Rural Areas Schleswig-Holstein (LLUR), National Environmental Research Institute (NERI) and IOW project cruises, but these data were not imported into the ODIN data bank of IOW and therefore not involved in the calculations for Tables 4 and 5. They are, however, inserted into Figs. 4-6. A general sample statistics is shown in Table 1 and special statistics of the zooplankton and zoobenthos samplings are presented in Tables 2 and 3. Species lists of phytoplankton, mesozooplankton and macrozoobenthos are compiled in Tables 5, 9 and 13, respectively.

Phytoplankton

Spring bloom: Before the spring bloom, i.e. in February, the phytoplankton biomass was very low. The spring bloom started, as expected, in March. It was formed by *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*, *Coscinodiscus granii* and the naked form of *Dictyocha speculum* at Station 012 on 11.3.08. The extremely early *Dictyocha* bloom of the year 2007, related with a reduced diatom growth, repeated in 2008 in a more moderate form. At station 046 and in the Arkona Sea (Station 030 and 113, Fig. 5). *Mesodinium rubrum* and *Skeletonema costatum* were important at the end of March/beginning of April, as usual. Besides of this, *Chrysochromulina* (probably *C. polylepis*) developed after it has formed an exceptional bloom already in winter 2007/08 in the central Baltic. It is mixotrophic and might replace the heterotrophic dinoflagellates, which appeared after the diatom spring bloom in the past. The dinoflagellate-growth was only weak already in spring 2007. *Chrysochromulina* grew in

May 2008 and was still present until summer. It was strongest in the Baltic Proper with abundances of 15 Mill. cells/l and a biomass of 2069 mg m⁻³ at Station 271 on 3.5.08. At that situation, also a bloom of *Peridiniella catenata* (1841 mg m⁻³) occurred. Again, there was no diatom spring bloom in the Bornholm and Gotland Seas (Fig. 6). However, already during the cruise from 29.4.-7.5.08, accumulations of *Aphanizomenon* were noticed at the water surface at calm situations, especially from the southern Gotland Sea (Stat. 253, 2.5.08) to the Arkona Sea (Stat. 113, 6.5.08).

Summer bloom: After the spring bloom, the biomass of dinoflagellates (mainly unidentified Gymnodiniales) stayed exceptionally low in Mecklenburg Bight, while the uncommon *Chrysochromulina* biomass stayed until July at least at Station 012. By the 30.7.08, a diatom bloom (*Proboscia alata*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Cerataulina pelagica*) developed at station 022, while the total biomass stayed low, without significant diatoms, at Stations 012 and 046. Probably, diatoms develop there in the following month, which cannot be proved because of lacking samples. *Ceratium tripos* started to grow slowly. Nitrogen-fixing cyanobacteria were insignificant in Mecklenburg Bight, but dominant in the Arkona, Bornholm and Eastern Gotland Seas at the end of July.

Autumn bloom: After very small *Ceratium* biomass in autumn 2007, the ratio of dinoflagellates and diatoms regained balance in autumn 2008 in Mecklenburg Bight. The dinoflagellates are in general represented by *Ceratium tripos*, *C. lineatum* and *C. fusus* in autumn. The dominating diatom species are more variable and diverse (*Coscinodiscus granii*, *Pseudo-nitzschia pungens*, *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros convolutus*). The autumn-peak was reached in Mecklenburg (incl. Lübeck) Bight on 21.10.08, but in the Arkona and Bornholm Seas only in November. The autumn bloom in the Arkona and Bornholm Seas was almost exclusively made by *Coscinodiscus granii*.

The 10 most important phytoplankton species of each season in each sea area are compiled in Table 4. A complete species list of the year 2008, including a seasonal indicator, is given in Table 5.

Chlorophyll: The chlorophyll *a* data from the surface water are shown in Table 6. If the seasons (Table 7) were analysed separately, the spring data revealed decreasing trends in Mecklenburg Bight but increasing trends in the Arkona Sea and the Bornholm Sea from 1979 to 2008. Summer and autumn data increased in the eastern Gotland Sea (Tab. 8, Fig. 7 and 8).

Sedimentation: Data of sedimentation of organic matter in the Gotland Basin in 2007 indicate a normal year in terms of major element export. Due to clogging of the funnel from April to July, temporal resolution of spring bloom and summer sedimentation could not be resolved properly. Bulk sedimentation of organic matter throughout the spring phase, however, exceeded that of the previous year by 40 %. Summer sedimentation of material based on nitrogen fixation decreased in comparison to the long term values whereas the autumn rates showed a comparative increase. The spectrum of phytoplankton species did not differ from the previous years except for the colony-forming cyanobacteria, which were represented by just one group (*Aphanocapsa*) in 2007. The absolute amount of material

exported from the mixed layer was about twice as much as in the preceding year and considerably more than the long-term mean.

The total annual flux for the single elements amounted to 585 mmol C, 70 mmol N, 221 mmol Si and 2.3 mmol P per m² and year. With 43.9 g a⁻¹ dry material the mass flux was considerably higher than in the previous year (28.5 g a⁻¹).

Mesozooplankton

Sampling and sample analysis: The assessment based on 105 WP-2 net samples (100 µm mesh size, TSK-flow meter, towing velocity 0.75 m/s) in 2008, mainly collected on eight stations between Kiel Bight and the Eastern Gotland Basin, with some regional restrictions. In maximum, three depth levels were considered depending on vertical thermohaline stratification (Tab. 2). 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 rare specimen. Sub-sample volumes ranged between 1/1 and 1/769 of the total sample, on average 1/19 ± 1/6. Between 1 and 816 individuals per taxon were counted, on average 25 ± 58.

Species spectrum: Forty one taxa were recorded in total during the last ten years with higher amounts in the second halves of the years (Tab. 10). The maximum in 2008 was observed in July/August. The following groups were principally to distinguish: (1) Species which were permanently present in the assessment period and (nearly) round the year, like *Acartia bifilosa*, *Acartia longiremis*, *Centropages hamatus*, *Oithona similis*, *Pseudocalanus* spp., *Synchaeta* spp., *Temora longicornis*, and others (in alphabetical order); (2) Taxa with typical seasonal patterns, like *Bosmina* spp., *Acartia tonsa* and some meroplanktonic larvae, and (3) Occasionally occurring taxa of marine and limnetic origin, depending on inflow and outflow conditions. These representatives like *Calanus finmarchicus* and *Limnocalanus macrurus* were missing in 2008, which is an indication for a restricted horizontal water exchange.

Situation in the Eastern Gotland Basin after the last salt water influx in 2003: Living condition below the halocline decreased five years after the last medium sized deep water renewal. The occurrence of the marine species *Oithona similis*, an indicator for higher saline water, declined to nearly zero abundances (Fig. 15), caused by a narrowing of its habitat layer of oxygenated water with adequate salinity from 160 m to 30 m (Fig. 16). The importance of the status in plankton community development in the source water was discussed in relation for an effective recolonization of temporarily anoxic layers.

Smaller maxima of mesozooplankton abundance since the 1990s: The negative tendency in the maximum values of the total abundance observed in previous years continues (Fig. 17, Tab. 11). It was especially caused by a decrease in the maximum abundance of rotifers, a taxon which stands for eutrophication. It is an indication for an improvement of water quality in the open Baltic Sea.

Bosmina spp. is an important constituent of the food spectrum of small pelagic fishes. Normally, mass occurrences were observed at sea surface temperatures between 18 and

22 °C (Fig. 18). Currently, concentrations remained lower than expected by one order of magnitude in years with *Cercopagis pengoi* occurrences in the open Baltic Sea. This effect became likely at least in 1999, i.e. seven years after invasion of this carnivorous water flea in the Gulf of Riga. Its introduction means feeding competition for herring and sprat as well as prolongation of the food chain.

Mnemiopsis leidyi and other invasive species: Besides *Centropagis pengoi*, which was imported in 1992 from Ponto-Caspian provinces, *Mnemiopsis leidyi*, an invasive comb jellyfish was recorded for the first time in the Baltic Sea in 2006. It is the fifth species of an organism group which never played a key role in the Baltic Sea ecosystem. Its spreading into the entrances of the Finnish and Bothnian Gulfs was documented in 2007. However, lobate comb jellies in these areas were identified as *Mertensia ovum* by genetic analysis in 2009. If confirmed, it could be another example of glacial relict fauna because this species normally inhabits the Arctic Seas. In the future, the spreading of *Penilia avirostris* could become an interesting feature in the western Baltic Sea. It is an herbivorous water flea of subtropical origin meanwhile dominating the summer plankton of the North Sea and currently observed in the Belt Sea and the Sound.

Macrozoobenthos

Macrozoobenthos analyses comprised species composition, their abundance and their biomass. The present study describes the macrozoobenthic community of 8 offshore stations within southwestern Baltic waters. Following sea areas were sampled: Kiel Bight (stn. 360), Fehmarnbelt (stn. 010), Mecklenburg Bight (stn. 012 and 018), the Darss Rise (stn. 030), Arkona Sea (stn. 109) and the Pomeranian Bay (stn. 152 and 160). Whereas 6 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 (stn. 360) with high salinity (21 psu) and showed with 61 species the highest taxonomical diversity. Another one represents the central Pomeranian Bay (stn. 160) with its low salinity (8 psu) and was colonised by 23 species. The 109 species for all stations found in the macrozoobenthos in 2008 mark a medium diversity during the last 18 years at the monitoring stations sampled by the IOW (Fig. 31). The re-deficit of oxygen (also in 2002 and 2005), which effected the deep areas of the Fehmarnbelt (stn. 010) and central Mecklenburg Bight (stn. 012), caused a decrease of species number and abundances (Fig. 19). At the Darss Sill (Stn. 030) the species number was comparable with the years before. The strong negative trend in abundance and biomass observed until 2004 which caused by the disappearance or decline of *Hydrobia ulvae* and *Pygospio elegans*, changed completely. Since 2005 an increase both in total abundance and biomass could be observed. Especially the snail *H. ulvae* reached origin values of the 1990ies. In the central Arkona Sea the values (species number, abundance and biomass) seem to be stabilized. The northern Pomeranian Bay (Stn. 152) shows since several years relatively stable conditions in respect to colonisation by macrozoobenthos. Slight increase of abundance and slight decrease of biomass could be observed. The conditions in the central Pomeranian Bay have to be described as stabile and relatively robust within the time considered. Only the abundance increased and showed a value comparable to the end of the 1990ies.

At the 8 monitoring stations altogether 23 species of the Red List could be observed. As example, the bivalve *Macoma calcaria*, threatened with extinction in German waters, was found in the Kiel Bight in low abundance.

In respect to the Water Framework Directive and the Marine Strategy Directive the ecological status of the 8 stations, deviated from the BQI (Benthic Quality Index), ranged between “poor” and “high” (see Fig. 33). Due to the oxygen demand in the summer the benthic communities of the stations 010 (Fehmarnbelt) and 012 (central Mecklenburg Bight) has to be characterized as “poor”. A “moderate” value was observed at the Kiel Bight (stn. 360), southern Mecklenburg Bight (stn. 018), central Arkona Sea (stn. 109) and the northern Pomeranian Bay (stn. 152). The ecological status of the community of the central Pomeranian Bay was “good” and that of the Darss Rise has to be described as “high”.

Danksagung

Die Autoren danken den am Ostseeüberwachungsprogramm beteiligten Mitarbeitern des Instituts für Ostseeforschung, insbesondere den mit der biologischen Probengewinnung und -bearbeitung betrauten Kolleginnen und Kollegen SUSANNE BUSCH, INES GLOCKZIN, ANNA HAGENMEIER, REGINA HANSEN, UWE HEHL, RAMONA KIRSCH, 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. 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 Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein) und von Dr. COLIN A. STEDMON und KJELD SAUERBERG (National Environmental Research Institute, Roskilde) zur Verfügung gestellt wurden. Dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie gebührt Dank für die Finanzierung des vom Institut für Ostseeforschung durchgeführten Monitoring sowie für die vielfältigen logistischen und administrativen Unterstützungen.

Literaturverzeichnis

- Ærtebjerg, G., Andersen, J., Carstensen, J., Christiansen, T., Dahl, K., Dahllöf, I., Fossing, H., Greve, T.M., Hansen, J.L.S., Henriksen, P., Josefson, A., Krause-Jensen, D., Larsen, M.M., Markager, S., Nielsen, T.G., Pedersen, B., Petersen, J.K., Risgaard-Petersen, N., Rysgaard, S., Strand, J., Ovesen, N.B., Ellermann, T., Hertel, O. & Skjøth, C.A. 2002: Marine områder 2001 – Miljøtilstand og udvikling. NOVA-2003. Danmarks Miljøundersøgelser.– Faglig rapport fra DMU nr. 419, 94 pp.
- 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.
- BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE, 2009: Arbeitsplan 2009. Hamburg, März 2009.
- 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., STOERMER, E.F., 2004: Prehistorical record of cultural eutrophication from Crawford Lake, Canada. – *Geology* **32**, 745–748.
- EUROPEAN UNION, 2008: Marine Strategy Framework Directive. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008: Establishing a Framework for Community Action in the field of Marine Environmental Policy. – Official Journal of the European Union, **L 164**, 19-39.
- EUROPEAN UNION, 2000: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000, **L 327**, 67pp. + Anhänge
- FLEISCHER, D., ZETTLER, M.L., 2009: An adjustment of benthic ecological quality assessment to effects of salinity. - *Marine Pollution Bulletin* **58**, 351-357.
- FLEISCHER, D., GRÉMARE, A., LABRUNE, C., RUMOHR, H., VANDEN BERGHE, E., ZETTLER, M.L., 2007: Performance comparison of two biotic indices measuring the ecological status of water bodies in the Southern Baltic and Gulf of Lions. - *Marine Pollution Bulletin* **54**, 1598-1606.
- 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/
- FLÖßNER, D., 1972: Die Tierwelt Deutschlands 60, Teil. Krebstiere Crustacea, Kiemen- und Blattfüßer, Branchiopoda Fischläuse, Branchiura. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 501 pp,
- GARGAS, E., NIELSEN, G.E., MORTENSEN, S., 1978: Phytoplankton production, chlorophyll-a and nutrients in the open Danish waters 1975-1977. - The Belt Project. The National Agency of Environmental Protection, Denmark, 103 pp.
- Gorokhova, E., Fagerberg, T., Hansson, S., 2004: Predation by herring (*Clupea harengus*) and sprat (*Sprattus sprattus*) on *Cercopagis pengoi* in a western Baltic Sea bay. - *ICES Journal of Marine Science*, 61: 959-965.

- Gorokhova, E., Lehtiniemi, M., Viitasalo-Frösen, S., Haddock, S., 2009: Molecular evidence for the occurrence of *Mertensia ovum* in the northern Baltic Sea and implications for the status of *Mnemiopsis leidyi* invasion. - Limnol. Oceanogr. (In press).
- 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. Landschafts. 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
- HAJDU, S., HÄLLFORS, S., GROMISZ, S., SKJEVIK, A.-T., BUSCH, S., KOWNACKA, J., JURGENSON, I., OLENINA, I., HUSEBY, S., WASMUND, N., JAANUS, A., HÄLLFORS, G., RINTALA, J.-M., MAJANEVA, M., BLOMSTER, M., 2008: Unusual phytoplankton event during winter-spring 2007-2008. HELCOM Indicator Fact Sheets.
http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2008/en_GB/Phytoplankton_events/
- 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, 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, 2007a: 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/
- HELCOM, 2007b: Climate change in the Baltic Sea area. HELCOM Thematic Assessment in 2007. - Baltic Sea Environment Proceedings **111**, 1-49.

- HELCOM, 2009 a: Eutrophication in the Baltic Sea - An integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment and eutrophication in the Baltic Sea region. - Baltic Sea Environment Proceedings **115B**, 1-148.
- HELCOM, 2009 b: Biodiversity in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment on biodiversity and nature conservation in the Baltic Sea. - Baltic Sea Environment Proceedings **116B**, 1-188.
- HELCOM, 2009 c: Eutrophication in the Baltic Sea - An integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment and eutrophication in the Baltic Sea region. – Balt. Sea Environ. Proc. Vol 115B. Helsinki Commission, Helsinki.
- Henriksen, P., 2009: Long-term changes in phytoplankton in the Kattegat, the Belt Sea, the Sound and the western Baltic Sea. - J. Sea Res. **61**, 114–123.
- JAAANUS, A., ANDERSSON, A., HAJDU, S., HUSEBY, S., JURGENSON, 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/
- JGOFS, 1993: Core measurement protocol. - Scientific Committee on Oceanic Research, Bergen (JGOFS Rep. No. **6**).
- Johns, D.G., Edwards, M., Greve, W., John, A.W.G.S. , 2005: Increasing prevalence of the marine cladoceran *Penilia avirostris* (Dana, 1852) in the North Sea. - Helgoland Marine Research **59**, 214–218.
- 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.
- Lehtiniemi, M., Gorokhova, E., 2008: Predation of the introduced cladoceran *Cercopagis pengoi* on the calanoid copepod *Eurytemora affinis* in the Gulf of Finland, Baltic Sea. -Marine Ecology Progress Series **362**, 193-200.
- LORENZEN, C.J., 1967: Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. – Limnol. Oceanogr. **12**, 343-346.
- Matthäus, W., Nehring, D., Brosin, H.-J., Hagen, E., Lass, H.U., 2008: The history of long-term observations in Warnemünde. In: Feistel, R. *et al.* (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, NJ (USA): 45-64.
- 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., UMLAUF, L., NAGEL, K., SIEGEL, H., 2009: Hydrographisch-chemische Bedingungen in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) im Jahre 2008. – Bericht an das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), 1-64.
- OJAVEER, H., SIMM, M., LANKOV, A., 2004: Population dynamics and ecological impact of the non-indigenous *Cercopagis pengoi* in the Gulf of Riga (Baltic Sea). - Hydrobiologia **522**, 261–269.
- 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., Fock, H., Hagen, W., 2000: Biomass and abundance. pp. 83 – 192. In: ICES Zooplankton Methodology Manual. Ed. by R. Harris, H.R. Skjoldal, J. Lenz, P. Wiebe and M. Huntley. Academic Press, San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, 684pp.
- 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.: Rote Liste der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere. (im Druck)
- 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.
- SIMM, M., OJAVEER, H., 1999: Occurrence of different morphological forms of *Cercopagis* in the Baltic Sea. Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol. **48**, 169-170.
- TURNER, J.T., TESTER, P. A., FERGUSON, R.L., 1988: The marine cladoceran *Penilia avirostris* and the “microbial loop” of pelagic food webs. Limnol. Oceanogr. **33**, 245-255.

- UTERMÖHL, H., 1958: Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. – Ass. intern. Limnol. théor. **9**, 1-38.
- WASMUND, N., ALHEIT, J., POLLEHNE, F., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 1998: Ergebnisse des Biologischen Monitorings der Ostsee im Jahre 1997 im Vergleich mit bisherigen Untersuchungen. – Meereswiss. Ber., Warnemünde **32**, 1-66.
- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 2004: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2003. – Meereswiss. Ber., Warnemünde **60**, 1-87.
- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 2005: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2004. – Meereswiss. Ber., Warnemünde **64**, 1-78.
- WASMUND, N., 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., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 2008: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2007. – Meereswiss. Ber., Warnemünde **74**, 1-88.
- WASMUND, N., POSTEL, L., ZETTLER, M.L., 2009: Biologische Bedingungen in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee im Jahre 2008. – Bericht an das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).
- 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 für Seeschifffahrt und 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 mesoskalier Strom- und Massenfelder 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 Trübezone der Mecklenburger Bucht unter besonderer Betrachtung der Stoffdynamik bei Schwermetallen
- 21 (1997)** Zülicke, Christoph; Hagen, Eberhard:
GOBEX Report - Hydrographic Data at IOW
- 22 (1997)** Lindow, Helma:
Experimentelle Simulationen windangeregter dynamischer Muster in hochauflösenden numerischen Modellen
- 23 (1997)** Thomas, Helmuth:
Anorganischer Kohlenstoff im Oberflächenwasser der Ostsee
- 24 (1997)** Matthäus, Wolfgang; Nehring, Dietwart; Lass, Hans Ulrich; Nausch, Günther; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1996

- 25** (1997) v. Bodungen, Bodo; Hentzsch, Barbara (Herausgeber):
Neue Forschungslandschaften und Perspektiven der Meeresforschung - Reden und Vorträge zum Festakt und Symposium am 3. März 1997.
- 26** (1997) Lakaschus, Sönke:
Konzentrationen und Depositionen atmosphärischer Spurenmetalle an der Küstenstation Arkona
- 27** (1997) Löffler, Annekatriin:
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 Litorinatransgression
- 32** (1998) Wasmund, Norbert; Alheit, Jürgen; Pollehne, Falk; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Ergebnisse des Biologischen Monitorings der Ostsee im Jahre 1997 im Vergleich mit bisherigen Untersuchungen
- 33** (1998) Mohrholz, Volker:
Transport- und Vermischungsprozesse in der Pommerschen Bucht
- 34** (1998) Emeis, Kay-Christian; Struck, Ulrich (Editors):
Gotland Basin Experiment (GOBEX) - Status Report on Investigations concerning Benthic Processes, Sediment Formation and Accumulation
- 35** (1999) Matthäus, Wolfgang; Nausch, Günther; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1998
- 36** (1999) Schernewski, Gerald:
Der Stoffhaushalt von Seen: Bedeutung zeitlicher Variabilität und räumlicher Heterogenität von Prozessen sowie des Betrachtungsmaßstabs - eine Analyse am Beispiel eines eutrophen, geschichteten Sees im Einzugsgebiet der Ostsee (Belauer See, Schleswig-Holstein)

- 37 (1999) Wasmund, Norbert; Alheit, Jürgen; Pollehne, Falk; Siegel, Herbert, Zettler, Michael L.:
Der biologische Zustand der Ostsee im Jahre 1998 auf der Basis von Phytoplankton-, Zooplankton- und Zoobenthosuntersuchungen
- 38 (2000) Wasmund, Norbert; Nausch, Günther; Postel, Lutz; Witek, Zbigniew; Zalewski, Mariusz; Gromisz, Sławomira; Łysiak-Pastuszek, Elżbieta; Olenina, Irina; Kavolyte, Rima; Jasinskaite, Aldona; Müller-Karulis, Bärbel; Ikauniece, Anda; Andrushaitis, Andris; Ojaveer, Henn; Kallaste, Kalle; Jaanus, Andres:
Trophic status of coastal and open areas of the south-eastern Baltic Sea based on nutrient and phytoplankton data from 1993 - 1997
- 39 (2000) Matthäus, Wolfgang; Nausch, Günther; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1999
- 40 (2000) Schmidt, Martin; Mohrholz, Volker; Schmidt, Thomas; John, H.-Christian; Weinreb, Stefan; Diesterheft, Henry; Iita, Aina; Filipe, Vianda; Sangolay, Bomba-Bazik; Kreiner, Anja; Hashoongo, Victor; da Silva Neto, Domingos:
Data report of R/V "Poseidon" cruise 250 ANDEX'1999
- 41 (2000) v. Bodungen, Bodo; Dannowski, Ralf; Erbguth, Wilfried; Humborg, Christoph; Mahlburg, Stefan; Müller, Chris; Quast, Joachim; Rudolph, K.-U.; Schernewski, Gerald; Steidl, Jörg; Wallbaum, Volker:
Oder Basin - Baltic Sea Interactions (OBBSI): Endbericht
- 42 (2000) Zettler, Michael L.; Bönsch, Regine; Gosselck, Fritz:
Verbreitung des Makrozoobenthos in der Mecklenburger Bucht (südliche Ostsee) - rezent und im historischen Vergleich
- 43 (2000) Wasmund, Norbert; Alheit, Jürgen; Pollehne, Falk; Siegel, Herbert:
Der biologische Zustand der Ostsee im Jahre 1999 auf der Basis von Phytoplankton- und Zooplanktonuntersuchungen
- 44 (2001) Eichner, Christiane:
Mikrobielle Modifikation der Isotopensignatur des Stickstoffs in marinem partikulären Material
- 45 (2001) Matthäus, Wolfgang; Nausch, Günther (Editors):
The hydrographic-hydrochemical state of the western and central Baltic Sea in 1999/2000 and during the 1990s
- 46 (2001) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2000
- 47 (2001) Lass, Hans Ulrich; Mohrholz, Volker; Nausch, Günther; Pohl, Christa; Postel, Lutz; Rüß, Dietmar; Schmidt, Martin; da Silva, Antonio; Wasmund, Norbert:
Data report of R/V "Meteor" cruise 48/3 ANBEN'2000
- 48 (2001) Schöner, Anne Charlotte:
Alkenone in Ostseesedimenten, -schwebstoffen und -algen: Indikatoren für das Paläomilieu?

- 49** (2002) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2001
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Ostsee-Monitoring - Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2001
- 50** (2002) Manasreh, Riyad:
The general circulation and water masses characteristics in the Gulf of Aqaba and northern Red Sea
- 51** (2002) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2001
- 52** (2002) Reißmann, Jan Hinrich:
Integrale Eigenschaften von mesoskaligen Wirbelstrukturen in den tiefen Becken der Ostsee
- 53** (2002) Badewien, Thomas H.:
Horizontaler und vertikaler Sauerstoffaustausch in der Ostsee
- 54** (2003) Fennel, Wolfgang; Hentzsch, Barbara (Herausgeber):
Festschrift zum 65. Geburtstag von Wolfgang Matthäus
- 55** (2003) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2002
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2002
- 56** (2003) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2002
- 57** (2004) Schernewski, Gerald; Dolch, Tobias (Editors):
The Oder estuary against the background of the European Water Framework Directive
- 58** (2004) Feistel, Rainer; Nausch, Günther; Matthäus, Wolfgang; Łysiak-Pastuszek, Elżbieta; Seifert, Torsten; Sehested Hansen, Ian; Mohrholz, Volker; Krüger, Siegfried; Buch, Erik; Hagen, Eberhard:
Background Data to the Exceptionally Warm Inflow into the Baltic Sea in late Summer of 2002
- 59** (2004) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2003
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2003
- 60** (2004) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2003

- 61** (2004) Petry, Carolin:
Mikrobieller Abbau von partikulärem organischen Material in der tiefen Wassersäule
- 62** (2005) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2004
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2004
- 63** (2005) Umlauf, Lars; Burchard, Hans; Bolding, Karsten:
GOTM – Scientific Documentation. Version 3.2
- 64** (2005) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2004
- 65** (2006) Matthäus, Wolfgang:
The history of investigation of salt water inflows into the Baltic Sea - from the early beginning to recent results
- 66** (2006) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2005
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2005
- 67** (2006) Rößler, Doreen:
Reconstruction of the Littorina Transgression in the Western Baltic Sea
- 68** (2006) Yakushev, Evgeniy V.; Pollehne, Falk; Jost, Günter; Kuznetsov, Ivan; Schneider, Bernd; Umlauf, Lars:
Redox Layer Model (ROLM): a tool for analysis of the water column oxic/anoxic interface processes
- 69** (2006) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2005
- 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
- 74** (2008) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Assessment of the biological state of the Baltic Sea in 2007
- 75** (2009) Hagen, Eberhard; Plüschke, Günter:
Daily Current Series in the Deep Eastern Gotland Basin (1993 – 2008)
- 76** (2009) Telesh, Irena; Postel, Lutz; Heerkloss, Reinhard; Mironova, Ekaterina; Skarlato, Sergey:
Zooplankton of the Open Baltic Sea: Extended Atlas
- 77** (2009) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Umlauf, Lars; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2008
Pohl, Christa; Hennings, Ursula; Leipe, Thomas:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2008
- 78** (2009) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Assessment of the biological state of the Baltic Sea in 2008