

Meereswissenschaftliche Berichte

MARINE SCIENCE REPORTS

No. 81

Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2009

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
2010**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abstract	5
Kurzfassung	6
1. Einleitung	7
2. Material und Methoden	8
2.1 Beprobungs-Strategie	8
2.2 Phytoplankton	11
2.3 Algenpigmente	11
2.4 Mesozooplankton	12
2.5 Makrozoobenthos	14
2.6 Sedimentation	15
2.7 Qualitätssicherung	16
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	20
3.1.2.1 Frühjahrsblüte	21
3.1.2.2 Sommerblüte	25
3.1.2.3 Herbstblüte	26
3.1.3 Invasive Phytoplankton-Arten	30
3.1.4 Jahresgang und Trend der Chlorophyll a – Konzentration	32
3.1.5 Sedimentation	37
3.2 Mesozooplankton	43
3.2.1 Artenspektrum	43
3.2.2 Invasive Arten: <i>Mnemiopsis leidyi</i> und andere	48
3.2.3 Zooplankton-Abundanzrückgang seit Anfang der neunziger Jahre und die Bedeutung der Ohrenqualle für zwischenjährliche Schwankungen	48
3.3 Makrozoobenthos	56
3.3.1 Sedimente	56
3.3.2 Makrozoobenthos an den Stationen	56
3.3.3 Langfristiger Trend	60
3.3.4 Rote Liste	63
3.3.5 Neozoen	64
3.3.6 Diskussion	65
Zusammenfassung	67
Summary	71
Danksagung	75
Literaturverzeichnis	75
Anhang	82

Abstract

The time series on species composition and biomass or abundance of phyto- and zooplankton as well as macrozoobenthos in Kiel Bight, Mecklenburg Bight and the Arkona Sea, existing since 1979, was continued in 2009.

The phytoplankton spring bloom occurred rather early in Kiel Bight (end of January, *Skeletonema costatum*). The share of *Mesodinium rubrum* in the spring bloom increases towards the east. *Chrysochromulina* sp. establishes, like in 2008, as significant part of the spring phytoplankton. Like in some previous years, dinoflagellates are only weakly developed in spring in the Arkona Sea. In contrast to 2007 and 2008, *Dictyocha speculum* has significantly diminished. At the end of July, a diatom bloom (*Proboscia alata*) appeared in Kiel Bight. Cyanobacteria were dominant in the Arkona Sea temporarily. At the cruise from end of October/beginning of November, no bloom was noticed. There are indications that an autumn bloom appears much later. The marine diatoms *Phaedactylum triconutum*, *Chaetoceros lorenzianus* and *Lennoxia faveolata* were noticed for the first time in this area.

Chlorophyll a data revealed still a decreasing trend from 1979-2009 in Mecklenburg Bight but an increase in the Arkona Sea if only the spring data were considered. Summer and autumn data showed no trend.

Sedimentation records of organic matter in the Arkona Sea in 2009 displayed sedimentation maxima generated by a diatom spring bloom, a summer maximum of diazotroph cyanobacteria and mixed diatom/dinoflagellate assemblages in autumn. The total annual flux for the single elements amounted to 314 mmol C, 41 mmol N, 74 mmol Si and 1,9 mmol P per m² at a mass flux of 45 g dry mass m⁻² a⁻¹.

The number of mesozooplankton taxa amounted to 41 in the last 10 years, with higher numbers in every second half of the year. In 2009, the number increased by four in comparison to the previous year, indicating a higher water exchange. Neozoans like *Mnemiopsis leidyi* were still present in 2009. The declining tendency of mesozooplankton abundance since the early 1990s is apparent in the last years. Higher concentrations of *Aurelia aurita* mainly corresponded with lower winter temperatures because of its importance for initialization of the strobilation process. The negative effect of mild winters on *Aurelia* biomass concentration could not be fully counterbalanced by the warmer summer. Synchronization in food web was also important in this context.

The 140 species found in the macrozoobenthos in 2009 mark a very high diversity during the last 19 years at the monitoring stations. No defaunation process due to the absence of an oxygen deficit situation was observed in 2009. The abundances varied in respect to the area and depending on specific environmental parameters between 650 and 10.000 ind./m². The biomass (ash free dry weight) ranged from 1 g/m² in the central Arkona Basin (OMBMPK₄) to 219 g/m² in the Kiel Bight (OMBMPN₃). At the 8 monitoring stations altogether 19 species of the Red List could be observed, e.g the bivalve *Macoma calcarea*. The ecological status of the 8 stations, derived from the BQI (Benthic Quality Index), ranged between “moderate” and “high”.

Kurzfassung

Die 1979 begonnene HELCOM-Datenreihe der Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos wurde im Jahre 2009 in der Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht und Arkonasee fortgesetzt.

Die Phytoplankton-Frühjahrsblüte fand im Jahre 2009 in der Kieler Bucht sehr früh statt (Ende Januar, *Skeletonema costatum*). Es wurde eine Verzögerung des Blütenzeitpunktes in östliche Richtung (zentrale Mecklenburger Bucht: Ende Februar, Arkonasee: Ende März) bemerkt. Der Anteil von *Mesodinium rubrum* an der Frühjahrsblüte nimmt nach Osten zu. *Chrysochromulina* sp. etabliert sich wie schon im Jahre 2008 als wesentlicher Bestandteil des Frühjahrsplanktons. Wie schon in den Vorjahren sind die Dinoflagellaten in der Arkonasee im Frühjahr nur noch schwach entwickelt. Im Gegensatz zu 2007 und 2008 ist *Dictyocha speculum* stark zurück gegangen. Ende Juli trat in der Kieler Bucht eine Kieselalgenblüte (*Proboscia alata*) auf. In der Arkonasee waren im Sommer zeitweise Cyanobakterien dominant. Zum Fahrttermin Ende Oktober/Anfang November konnte keine Herbstblüte nachgewiesen werden. Es gibt Hinweise darauf, dass die Herbstblüte erst deutlich später auftritt. Die marinen Kieselalgen *Phaedactylum triconutum*, *Chaetoceros lorenzianus* und *Lennoxia faveolata* wurden von uns erstmalig in diesem Gebiet gefunden.

Die Frühjahrsdaten des Chlorophyll a zeigten von 1979 bis 2009 einen abnehmenden Trend in der Mecklenburger Bucht und eine Zunahme in der Arkonasee. Die Sommer- und Herbstwerte zeigten keinen Trend.

Die Sedimentation des organischen Materials im Arkonabecken im Jahr 2009 zeigte Maxima durch die Kieselalgen-Frühjahrsblüte, sommerliches Cyanobakterien-Wachstum und die Entwicklung einer Kieselalgen/Dinoflagellaten-Gemeinschaft im Herbst. Der vertikale Exportfluss betrug für partikulären Kohlenstoff 314 mmol, für Stickstoff 41 mol, für Silikat 74 mmol und für Phosphor 1,9 mmol m⁻² a⁻¹ bei einem Massefluss von 45 g m⁻² a⁻¹ Trockenmasse.

Die Anzahl der Mesozooplankton-Taxa betrug 41 über die letzten 10 Jahre. Die Zahl stieg im Jahre 2009 im Vergleich zum Vorjahr um 4 an, aufgrund eines stärkeren Wasseraustausches. Neozoen wie *Mnemiopsis leidyi* waren auch im Jahre 2009 noch präsent. Der Rückgang der Gesamtabundanz des Mesozooplanktons im Vergleich zu den frühen 90er Jahren blieb in der Tendenz erhalten. Höhere Konzentrationen von *Aurelia aurita* korrespondieren mit geringen Wintertemperaturen, die wichtig für das Auslösen der Strobilation sind. Deren Hemmung in milden Wintern kann durch wärmere Sommer nicht voll ausgeglichen werden.

Die 140 im Macrozoobenthos gefundenen Arten zeigen im Jahre 2009 eine sehr hohe Diversität im Vergleich mit den letzten 19 Jahre des Monitoring an. Es wurde keine durch Sauerstoffmangel bewirkte Defaunierung festgestellt. In Abhängigkeit vom Seegebiet schwankten die Individuendichten zwischen 650 und 10.000 Ind./m² und die Biomassen zwischen 1 g und 219 g AFTM/m². An den 8 Monitoringstationen konnten insgesamt 19 Arten der Roten Liste nachgewiesen werden, z.B. *Macoma calcaria*. Der vom BQI (Benthic Quality Index) abgeleitete "Ökologische Status" der Stationen rangierte zwischen „medium“ und „sehr gut“. Im Vergleich zum Vorjahr konnten sich die Stationen im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) und in der Mecklenburger Bucht (OMBMPM₂) von „verarmt“ auf „medium“ verbessern.

1. Einleitung

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse des biologischen Monitoring dar, das am Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) im Auftrage des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) durchgeführt wird. Es ist Bestandteil des internationalen Umweltüberwachungsprogramms der Helsinki-Kommission (HELCOM), das seit dem Jahre 1979 durchgeführt wird und an dem das Vorgänger-Institut des IOW von Anfang an beteiligt war. Es beinhaltet neben den biologischen Komponenten auch ein umfangreiches hydrographisch-chemisches Untersuchungsprogramm (NAUSCH et al. 2010). Mit Gründung des 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. Ab dem Jahre 2008 beschränkt sich das vom BSH finanzierte Programm im wesentlichen auf die Ausschließliche Wirtschaftszone Deutschlands (AWZ).

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).

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.

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 2009 bereits erschienen ist (NAUSCH et al. 2010).

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 Handbuch (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 drei ersten Untersuchungsfahrten des Jahres 2009 konnten mit Eigenmitteln des IOW bis in die zentralen Ostseebecken (Bornholm- und Gotlandsee) fortgesetzt werden.

Im Gegensatz zu vorjährigen Berichten wird nicht mehr die IOW-interne Bezeichnung der Stationen, sondern die offizielle BLMP- und ICES-Nomenklatur nach ICES-Station-Dictionary verwendet. In Ausnahmefällen wird in Abbildungen und Tabellen aus Platzgründen aber auf den in diesem Bericht redundanten Präfix „OMBMP“ verzichtet. Die bislang verwendeten IOW-Stationennummern sind parallel noch einmal in Tab. 1 und 2 angegeben.

Da Planktonproben möglichst sowohl auf den Hin- als auch Rückreisen genommen werden sollten, ergeben sich von den 5 Fahrten maximal 10 Proben pro Station und Jahr. Wie schon in den Vorjahren, wurden auch Projektfahrten für Monitoring-Probenahmen genutzt, konkret die ALKOR-Fahrten vom 20.2.-17.3.2009 (AL 332, Fahrtleiter Dr. Matthias Labrenz) und vom 1.7.-19.7.2009 (AL 341, Fahrtleiter Dr. Günther Nausch). 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 OMBMPM2 und OMO22 erfolgte im Jahre 2009 nur bis zum Monat Mai. Im Gegenzug wurden dem LLUR Oberflächen-Proben der

Station OMBMPN₃ zur Verfügung gestellt. Erstmals seit dem Jahre 2000 hat das IOW an dieser Station aber selbst wieder Phytoplankton-Proben bearbeitet. Die Übergabe von dänischen Phytoplankton-Proben des National Environmental Research Institute (NERI) aus der Arkonasee an das IOW wurde im Jahre 2008 wiederbelebt; es konnte sich aber noch keine Kontinuität entwickeln. Die Daten dieser Zusatzfahrten sind in den zusammenfassenden Artenlisten (Tab. A1 und A2 im Anhang) nicht berücksichtigt. Sie sind aber in den Jahresgang-Abbildungen (Abb. 3-4) erfaßt.

Die vom IOW genommenen Phytoplanktonproben sowie die Chlorophyll a – und Phaeopigment a-Werte der Küstenstationen O22, O5, und O11 (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 Sinkstoff-Fallen sind ab dem Jahre 2008 erstmals im Meßfeld Arkonabecken (siehe Station AB in Abb. 1) installiert worden. In diesem Bericht werden die Daten der Sinkstoff-Fallen vom November 2008 bis Dezember 2009 gezeigt.

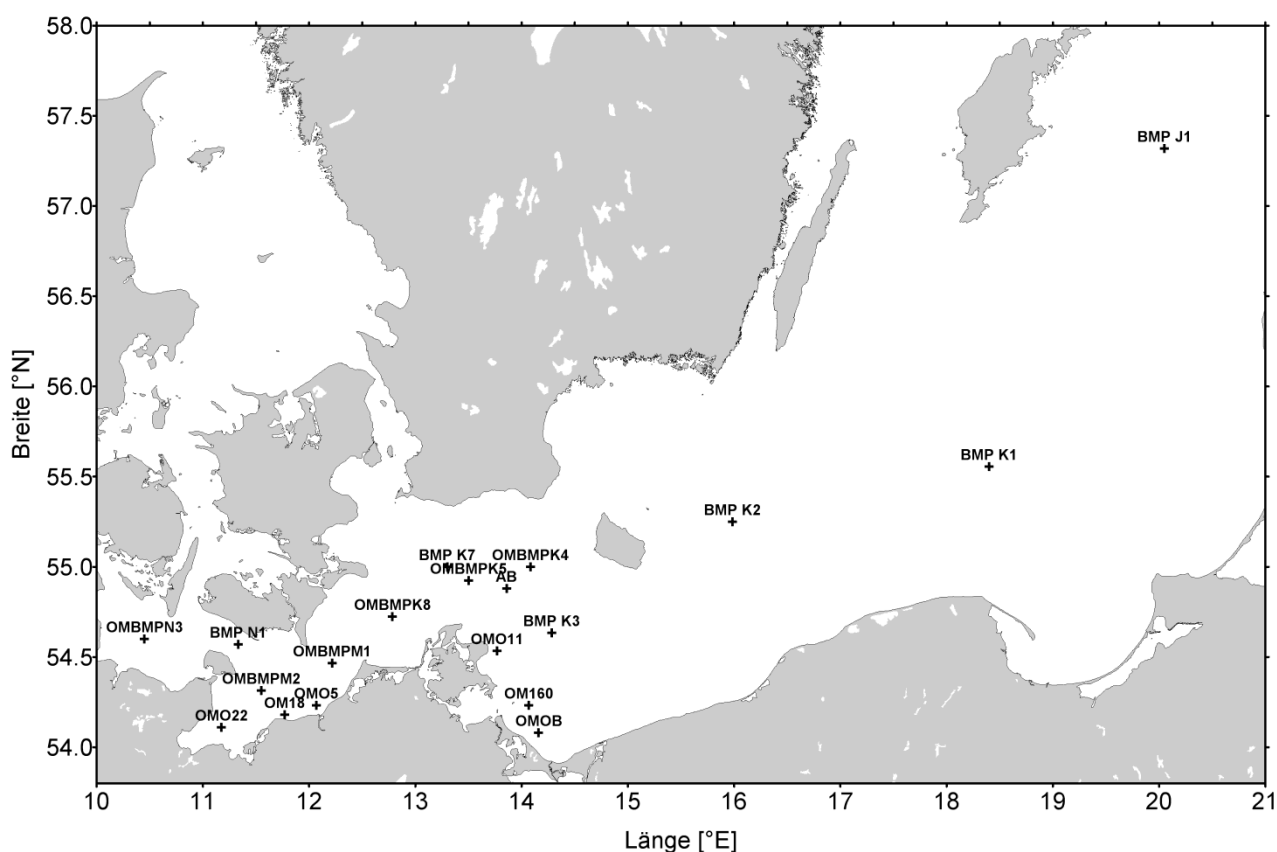


Abb. 1: Die Lage der beprobten Stationen in der Ostsee.

Fig. 1: The station grid for biological sampling in the Baltic Sea.

Tab. 1

Häufigkeit der Probenahme (= Anzahl der Probentermine) zur Gewinnung der biologischen Daten des IOW im Jahre 2009. IOW-Stationsnummern, die in vorjährigen Berichten verwendet wurden, in Spalte 2. Angaben in Klammern kennzeichnen o m-Proben für das LUNG.

)¹ einschl. 3 Proben vom LLUR und 3 Proben vom NERI,

)² einschl. 2 Proben vom LLUR,)³ 3 Proben vom NERI,

)⁴ einschl. 1 Probe von Projektfahrt AL332)⁵ einschl. 1 Probe von Projektfahrt AL341

Table 1

Sampling statistics for different parameters specified for sampling stations in 2009. Internal IOW station number inserted in column 2. Numbers in brackets indicate samples from o m only, delivered to Environmental Agency Mecklenburg-Vorpommern (LUNG).

)¹ incl. 3 samples from the LLUR and 3 samples from NERI,

)² incl. 2 samples from the State Agency for Agriculture, Environment and Rural Areas Schleswig-Holstein (LLUR),)³ 3 samples from NERI,

)⁴ incl. 1 sample from project cruise AL332)⁵ incl. 1 sample from project cruise AL341

Stationsnummer	Bisher verwendete IOW-Stationsnr.	Chloro- phyll	Phyto- plankton	Zoo- plankton	Zoo- benthos
Beltsee	Beltsee				
OMBMPN3	360	5	5	5	1
OMBMPN1	010	-	-	1	1
OMBMPM2	012	8	14) ¹	8	1
OMO22	022	5	6) ²	-	-
OM18	018	-	-	-	1
OMO5	05	(4)	(4)	-	-
OMBMPM1	046	8	8	8	-
Arkonasee	Arkonasee				
OMBMPK8	030	9	9	9	1
OMBMPK7	069	-	3) ³	-	-
OMBMPK4	109	5	5	4	1
OMBMPK5	113	9	10) ⁴	8	-
OMO11	011	(4)	(4)	-	-
Pommernbucht	Pommernbucht				
OMOB	OB	-	-	1	-
OMBMPK3	152	-	-	-	1
OM160	160	-	-	-	1
Bornholmsee	Bornholmsee				
OMBMPK2	213	5	6) ⁴) ⁵	5	-
Östl. Gotlandsee	Östl. Gotlandsee				
OMBMPK1	259	3	5) ⁴) ⁵	3	-
OMBMPJ1	271	3	5) ⁴) ⁵	2	-

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 15) genommen.

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

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

Proben zur Bestimmung der Chlorophyll a – Konzentration wurden in der Regel parallel zu den Phytoplankton-Proben entnommen. Pro Entnahmetiefe (1 m, 5 m, 10 m, 15 m und 20 m) wurden 200-500 ml Probenwasser durch Glasfaserfilter (Whatman GF/F) filtriert. Die Filter wurden dann in flüssigem Stickstoff (–196 °C) schock-gefrostet und im Institut für maximal 3 Monate bei –80 °C gelagert. Sie wurden mit 96 %igem Ethanol extrahiert, wie es von HELCOM vorgeschrieben ist. Dadurch konnte auf Homogenisation und Zentrifugation verzichtet werden. Die 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 (bestätigt auf der 7.Sitzung am 30.4.2009) werden ab dem Jahre 2008 die Werte für das "Gesamt-Chlorophyll a" (Chl.a-tot) an die MUDAB gemeldet. Die fluorometrische Bestimmung des "Gesamt-Chlorophyll a" bedarf aber noch einer Optimierung; diese wurde erst mit Beginn des Jahres 2010 realisiert. Bis zur Auswertung der methodischen Vergleichsuntersuchungen des Jahres 2010 liefert das IOW parallel auch wie bisher die Daten des "aktiven Chlorophyll" (Chl.a-kor) und des Phaeopigment (Phae.a). Diese sollten noch Priorität haben bis im Jahre 2010 die Vergleichsuntersuchungen abgeschlossen sind. In Tab. 5 sind beide Werte gleichzeitig dargestellt; sie werden in Kapitel 2.7 kurz diskutiert.

2.4 Mesozooplankton

Die Beprobung erfolgte entsprechend der HELCOM-Vorschrift mit einem WP-2 Netz (100 µm Maschenweite) in bis zu drei Tiefenstufen pro Station, teilweise auf der Hin- und Rückfahrt. Die Details der Probenentnahme und –analyse sind dem Bericht über das Jahr 2004 zu entnehmen (WASMUND et al. 2005). Die Einschätzung des Jahres 2009 beruht innerhalb der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) auf insgesamt 79 Netzproben (Tab. 2, Abb. 1). Fehlstellen ergaben sich im Februar und im November aufgrund sehr ungünstiger Wetterbedingungen.

Tab. 2

Statistik der Zooplankton-Probenentnahme vom Februar bis November 2009 (vgl. Abb. 1).

Table 2

Sample statistic of zooplankton hauls between February and November 2009 (cf. Fig. 1).

Stationsbezeichnung		Zeitraum				
		28.1.-14.2.	21.03.-30.03.	5.05.-13.05.	22.07.-25.07.	30.10.-03.11.
IOW Bezeichnung	Internationale Bezeichnung	Tiefe von-bis (m)	Tiefe von-bis (m)	Tiefe von-bis (m))	Tiefe von-bis (m)	Tiefe von-bis (m)
TF0360	OMBMPN3	14 - 0	13 - 0	10 - 0	15 - 0	5 - 0
TF0360	OMBMPN3					14 - 5
TF0010	OMBMPN1					12 - 0
TF0010	OMBMPN1					24 - 12
TF0012	OMBMPM2	19 - 0	11 - 0	11 - 0	10 - 0	11 - 0
TF0012	OMBMPM2		20 - 11	19 - 11	21 - 10	20 - 11
TF0046	OMBMPM1	20 - 0	16 - 0	10 - 0	10 - 0	15 - 0
TF0046	OMBMPM1		20 - 16	20 - 10	21 - 10	20 - 15
TF0046	OMBMPM1					
TF0030	OMBMPK8	18 - 0	13 - 0	19 - 0	11 - 0	18 - 0
TF0030	OMBMPK8		18 - 13		19 - 11	
OBBoje						14 - 0
TF0113	OMBMPK5		20 - 0	20 - 0	21 - 0	36 - 0
TF0113	OMBMPK5		30 - 20	40 - 20	31 - 21	43 - 36
TF0113	OMBMPK5		40 - 30		43 - 31	
TF0109	OMBMPK4		20 - 0	22 - 0	21 - 0	30 - 0
TF0109	OMBMPK4		35 - 20	40 - 22	30 - 21	44 - 30
TF0109	OMBMPK4		42 - 35		43 - 30	
TF0213	OMBMPK2	50 - 0	20 - 0	25 - 0		
TF0213	OMBMPK2	80 - 50	50 - 20	55 - 25		
TF0213	OMBMPK2		82 - 50	80 - 55		
TF0259	OMBMPK1	80 - 0	20 - 0	20 - 0		
TF0259	OMBMPK1		53 - 20			
TF0259	OMBMPK1		82 - 53			
TF0271	OMBMPJ1		20 - 0	25 - 0		
TF0271	OMBMPJ1		65 - 20	65 - 25		
TF0271	OMBMPJ1		130 - 65	130 - 65		
TF0271	OMBMPJ1					
TF0213	OMBMPK2		52 - 0	20 - 0		
TF0213	OMBMPK2		84 - 52	50 - 20		
TF0213	OMBMPK2			80 - 50		
TF0113	OMBMPK5	35 - 0	25 - 0	20 - 0	15 - 0	
TF0113	OMBMPK5		40 - 25	40 - 20	32 - 15	
TF0113	OMBMPK5				43 - 32	
TF0030	OMBMPK8	18 - 0		18 - 0	7 - 0	10 - 0
TF0030	OMBMPK8				19 - 7	18 - 10
TF0046	OMBMPM1	18 - 0		13 - 0	8 - 0	
TF0046	OMBMPM1			20 - 13	17 - 8	
TF0046	OMBMPM1				22 - 17	
TF0012	OMBMPM2	20 - 0		11 - 0	12 - 0	
TF0012	OMBMPM2			20 - 11	21 - 12	

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 (Abbildung siehe WASMUND et al. 2006).

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.

Die Tabelle 7 gibt die Namen der Taxa mit Autor, Jahreszahl der Beschreibung und ITIS Code wieder (TNS = Taxonomic Serial Number), die 2009 in der westlichen und zentralen Ostsee angetroffen wurden.

Gemäß der Vorschrift wurden ca. 500 Individuen pro Probe mittels Leica Labovert (Objektive: 4x, 6.3x, 10x; Okulare: 12.5x) und einer Mini-Bogorovkammer analysiert (POSTEL et al. 2000). Dazu wurden im Durchschnitt $1/19 \pm 1/6$, der Proben durchgemustert. Statistisch gesehen, gilt für eine Anzahl von 400 Individuen ein 10 %iger Zählfehler. Er nimmt für alle seltenen Vertreter drastisch zu (50 % bei 16 Organismen, 100 % bei 4 Individuen).

2.5 Makrozoobenthos

Beginnend von der Kieler Bucht wurden bis zur Bornholmsee im Oktober/November 2009 an 8 Stationen Benthosuntersuchungen durchgeführt. Die Übersicht in Tab. 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.

Tab. 3

Übersicht über die Stationen an denen im Oktober/November 2009 Makrozoobenthos untersucht wurde.

Table 3

Station list of macrozoobenthic investigations in October/November 2009.

	Datum	Tiefe	Nord	Ost	Seegebiet
OMBMPN3	31.10.2009	18,4	54° 36,000	10° 27,000	Kieler Bucht
OMBMPN1	30.10.2009	28,8	54° 33,200	11° 20,000	Fehmarnbelt
OMBMPM2	30.10.2009	25	54° 18,900	11° 33,000	Mecklenburger Bucht
OM18	30.10.2009	20,2	54° 11,000	11° 46,000	Mecklenburger Bucht Süd
OMBMPK8	03.11.2009	22	54° 44,000	12° 47,400	Darßer Schwelle
OMBMPK4	01.11.2009	48,6	55° 00,000	14° 05,000	Arkonasee Zentral
OMBMPK3	02.11.2009	30	54° 38,000	14° 17,000	Pommernbucht Nord
OM160	02.11.2009	14	54° 14,500	14° 04,000	Pommernbucht Zentral

Die weitere Bearbeitung der Proben erfolgte im Labor. Nach dem Waschen der einzelnen Hols wurden die Taxa mit Hilfe eines Binokulares bei 10-20 facher Vergrößerung ausgesammelt und bis auf wenige Gruppen (z. B. Nemertina, Halacaridae) bis zur Art bestimmt. Bei der Nomenklatur wurde weitestgehend dem „World Register of Marine Species (WoRMS)“ gefolgt (<http://www.marinespecies.org/index.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 Aschefreie Trockenmasse) erfolgte durch Messungen auf einer Mikrowaage.

Sämtliche Arbeitsschritte im Labor sind in einer IOW-Standardarbeitsanweisung (SOP) niedergeschrieben und werden durch die Mitarbeiter der Arbeitsgruppe strikt befolgt. Inhalte dieser Arbeitsanweisung und auch darüber hinausgehende Schritte bei der Probengewinnung sind in der ArGe Makrozoobenthos des Bund-Länder-Mess-Programmes abgestimmt.

2.6 Sedimentation

Die Raten des vertikalen Partikelflusses (Sedimentation) wurden im Messfeld des IOW in der zentralen Arkonasee gemessen. Hier wurde zur Erfassung der Menge und Qualität des aus der Deckschicht absinkenden Materials eine automatische Sinkstoffalle des Typs SM 234 mit einer Fangfläche von 0,5 m² verankert, die 21 in programmierbaren Zeitschritten auswechselbare Fanggläser besitzt. Die Verankerung wurde bei einer Wassertiefe von 45 m mit einer Oberflächenmarkierung und einer Grundfangleine ausgelegt und nach 3-4 Monaten

wieder aufgenommen. Die einzelnen Fangintervalle betrugen zwischen 5 und 7 Tagen. In der Verankerung befand sich die Falle unter der Dichteschichtung in 35 m Tiefe im Tiefenwasser. Am aufgefangenen Material wurden Elementanalysen, Bestimmungen der natürlichen Isotopenzusammensetzung, Pigmentuntersuchungen sowie mikroskopisch-taxonomische Analysen durchgeführt.

Die Probengewinnung im Jahr 2009 lief noch etwas schwierig ab. Die Proben konnten z.T. erst mit grosser zeitlicher Verzögerung bearbeitet werden. Nur die Verankerung B konnte regulär aufgenommen werden. Die Verankerungen A und C sind durch die in diesem Gebiet intensive Fischerei, die auch das betonnte Sperrgebiet nicht beachtet, mit Grundnetzen um mehrere hundert Meter verschleppt worden. Mehrere Versuche der Ortung blieben im Jahresverlauf erfolglos, da die Erkennung der Auftriebskörper mit den Standardecholoten der Forschungsschiffe nicht möglich ist. Es wurde im Laufe des Jahres 2009 ein vom Schlauchboot aus eingesetztes Lotsystem entwickelt, mit dem beide verlorenen Verankerungen zum Jahreswechsel 2009/2010 geortet und dann mit Fangseilen gedredgt werden konnten. Mittlerweile scheint dieses Unterwasserhinderniss bei den Fischern bekannt zu sein. Die letzten Verankerungen wurden am Ort der Auslegung vorgefunden und konnten ohne Probleme geborgen werden.

Während die Geräte stark gelitten haben, sind die Proben unversehrt und bis auf die Kohlenstoff- und Stickstoffwerte und deren Isotopie komplett aufgearbeitet. Hier fehlen noch die Daten für November und Dezember 2009. Daten für Oktober 2009 sind insgesamt nicht vorhanden, da in dieser Zeit alle Verankerungen verschleppt waren und aus Sicherheitsgründen keine weitere mehr ausgelegt wurde. Zur Erstellung des Jahresbudgets wurden für die ausgefallenen Daten daher als Näherung die Daten aus der Spätherbst/Winter-Phase 2008 hinzugenommen.

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 die Phytoplankton-Bearbeiter teilnehmen. Im Jahre 2009 fand der jährliche Phytoplanktonkurs und –workshop der HELCOM vom 27. bis 30. April in Kiel statt. PEG beteiligte sich geschlossen an dem von der Qualitätssicherungsstelle (Dr. P. SCHILLING, UBA) organisierten Phytoplankton-Ringversuch (November 2007/Januar 2008). Die Phytoplankton-Bearbeiter des IOW nahmen erfolgreich am Ringversuch teil. Eine vorläufige Auswertung wurde auf dem

PEG-Meeting 2009 in Kiel vorgestellt, die endgültige Auswertung lag im April 2010 vor (SCHILLING und UHLIG 2010).

Das IOW beteiligt sich regelmäßig an den Chlorophyll-Vergleichen von AQ11 (= Chlorophyll im Meerwasser) im Rahmen von QUASIMEME. Entsprechend des Beschlusses der BLMP-UAG Qualitätssicherung Plankton vom 11.9.2008 wurde nur noch das unkorrigierte „Gesamt“-Chlorophyll-a (Chl.a-tot) gemeldet. Diese Werte liegen naturgemäß höher als die „korrigierten“ Werte des „aktiven“ Chlorophyll a (Chl.a-kor). Da der „assigned value“ aus allen von den Teilnehmern gelieferten Daten gebildet wird, die größtenteils Chl.a-kor darstellen, besteht die Gefahr, dass wir nach oben aus dem erlaubten Bereich ($z < 2.0$) herausfallen. Wir führen deshalb im Jahre 2010 die Chlorophyllbestimmung nach der Methode von WELSCHMEYER (1994) durch, die zwar nicht für Phae.a, aber für Chl.b korrigiert sind. Sie sind deshalb robuster als die Chl.a-kor-Werte, könnten aber nahe dem Chl.a-kor-Werten liegen und sich deshalb ohne Bruch in die Datenreihe einpassen. Der Test wird zum Ende des Jahres 2010 ausgewertet. So lange wird empfohlen, auch in den Jahren 2008 und 2009 die Chl.a-kor-Werte zu verwenden (siehe Kap. 3.1.4).

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 Jahr 2009 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.

Die Entwicklung der Wasseroberflächentemperatur im Jahr 2009 war wie in den beiden Vorjahren durch vergleichsweise warme Monate Januar bis Mai in weiten Teilen der Ostsee gekennzeichnet (NAUSCH et al. 2010). Die Temperaturen lagen allerdings unter denen der beiden Vorjahre. Im Juni blieb die in vielen Jahren beobachtete Erwärmung der südlichen und zentralen Ostsee aus und der Bottnische Meerbusen war vergleichsweise warm. Der wärmste Monat des Jahres war der August, der 08.08.2009 war der wärmste Tag. Lang anhaltende Westwinde im September führten zu starkem Auftrieb kalten Wassers entlang der schwedischen Ostküste. Das Oberflächenwasser in der östlichen Ostsee kühlte nur langsam ab und führte dazu, dass der September 2009 der viertwärmste seit 1990 war. Im Jahresmittel gab es keine weitere Temperaturerhöhung. Das Jahr 2009 war nach den letzten vier Jahren das fünfwärmste Jahr seit 1990.

Die Monate Januar und Februar waren durch hohe Wolkenbedeckung gekennzeichnet. Die ersten nutzbaren Satellitenszenen zeigen Ende Februar Chlorophyllkonzentrationen um 5 mg m^{-3} im Kattegat und Skagerrak. In der westlichen Ostsee lagen die Konzentrationen auch Anfang März noch um 1 mg m^{-3} . Am 19. März hatte die Frühjahrsblüte die westliche Ostsee bis Bornholm mit maximalen Konzentrationen bei $5\text{-}10 \text{ mg m}^{-3}$ erfasst. Am 25. März wurden in der zentralen Arkonasee Konzentrationen um 10 mg m^{-3} gemessen. Danach reduzierten sich die Konzentrationen wieder. Um den 5. April bildete sich in einer Schwachwindphase ein Maximum um Bornholm heraus, das Konzentrationen von ca. 5 mg m^{-3} aufwies. Ähnliche Konzentrationen wurden in dieser Zeit auch im Finnischen Meerbusen, in der Alandsee und entlang der Küste der Baltischen Länder beobachtet. Die niedrigsten Konzentrationen von 2 mg m^{-3} wurden in der südlichen und östlichen Gotlandsee beobachtet. Nach dem 10. April löste sich das Maximum um Bornholm wieder auf. Von der Alandsee entwickelten sich erhöhte Konzentrationen Richtung westlicher Gotlandsee. Um den 20.04. wurde auch der nördliche Teil der östlichen Gotlandsee erreicht. Begünstigt durch einen starken Oderausstrom entstanden erhöhte Konzentrationen im Bereich der Darßer Schwelle, was mehr oder weniger stark bis Anfang Mai anhielt. Danach sanken die Konzentrationen auf Werte um $2\text{-}3 \text{ mg m}^{-3}$, bevor dann ab ca. 12.05. wieder Konzentrationen zwischen 4 und 5 mg m^{-3} vorhanden waren. Ende April war dann auch die östliche Gotlandsee erfasst. Ein Maximum mit Werten zwischen 5 und 10 mg m^{-3} entwickelte sich in der nördlichen Gotlandsee um den 10. Mai.

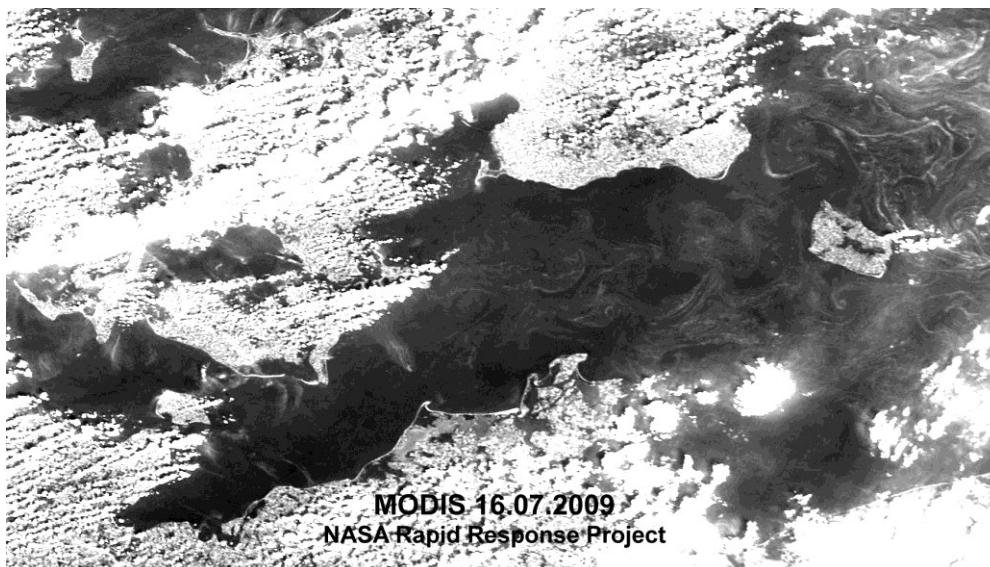


Abb. 2: Cyanobakterienentwicklung am 16.07.2009 mit Filamenten in der gesamten westlichen Ostsee.

Fig. 2: Cyanobacteria development on 16 July 2009 with filaments in the entire western Baltic Sea

Die Cyanobakterienentwicklung begann zwischen dem 17. und 20. Juni westlich und nordwestlich Gotlands, breitete sich dann in der nördlichen Bornholmsee aus und erreichte um den 20.06. auch die westliche Ostsee. Ende Juni war die gesamte eigentliche Ostsee einbezogen, mit den höchsten Konzentrationen zwischen Gotland und Öland. Am 4. Juli war die östliche Arkonasee beeinflusst und am 7. Juli bis nördlich Rügen. Ein Windereignis am 9. Juli sorgte für eine kurzzeitige Durchmischung. In der folgenden Schwachwindphase am 14.-16. Juli beruhigte sich die See wieder und in der gesamten westlichen Ostsee waren Filamente vorhanden (Abb. 2). Das Maximum vom 15. Juli in der südlichen Gotlandsee verschob sich am 16.07. in die nördliche Bornholmsee. In der Folgezeit sorgten stark wechselnde Winde mit hoher Wolkenbedeckung für eine starke Durchmischung und reduzierte Konzentrationen in den Filamenten. In der westlichen Ostsee war die Cyanobakterienentwicklung beendet. Es gab bis Ende August nur wenige wolkenärmere Zeitfenster. Gute Szenen vom 5.08. und 16.08. ließen keine Cyanobakterienfilamente in der westlichen Ostsee erkennen. In der zentralen Ostsee waren am 8.08. aber noch Filamente vorhanden, speziell in der nördlichen und westlichen Gotlandsee, im Finnischen Meerbusen und in der Bottensee. Am 19.08. waren in der gesamten Ostsee keine Filamente mehr zu erkennen.

Anfang September lagen die Chlorophyllkonzentrationen in der zentralen Ostsee und nördlichen Ostsee bei 2-3 mg m⁻³, was auch gemessen wurde, und stiegen westlich der Darßer Schwelle noch einmal auf ca. 5 mg m⁻³ an, bevor ab 10.09. der Rückgang beginnt. Eine ähnliche Verteilung ist noch einmal um den 5.10. zu beobachten. Bis Mitte November sind noch im Oderwasser erhöhte Konzentrationen vorhanden. Im Dezember gab es keine wolkenfreien Abschnitte in den Satellitendaten der Wasserfarbe.

3.1.2 Jahrgang von Artenzusammensetzung und Biomasse

Die begrenzte Anzahl an Fahrten, Stationen und Tiefenhorizonten lässt keine umfangreicheren Analysen zur Sukzession, horizontalen und vertikalen Verteilung des Phytoplanktons zu. Insbesondere die vertikale Verteilung ist jedoch, im Gegensatz zum Zooplankton, von geringerer Priorität, da sich das Phytoplankton hauptsächlich in der durchmischten Deckschicht aufhält, so dass wir uns primär auf die Mischproben aus 0-10 m Tiefe konzentrieren können.

Durch Einbeziehung von zusätzlich akquirierten Proben kommen wir jedoch auf eine ausreichende Anzahl von Beprobungen (siehe Tab. 1), so dass die Darstellung von Jahrgängen möglich wird. Für die Mecklenburger Bucht können wir zusätzlich auch Informationen aus dem Küstenmonitoring des IOW vor Heiligendamm einbeziehen. Die Daten des Küstenmonitorings sind auf der Homepage des IOW unter <http://www.iowarnemuende.de/algenblueten-vor-heiligendamm-2009.html> einzusehen. Lediglich für die Bornholmsee und die östliche Gotlandsee verzichten wir auf die Darstellung von Jahrgängen, da für diese Seegebiete ab Mitte Juli keine Daten mehr vorliegen.

Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Taxa (nach Biomasse) aus den Oberflächenproben von den 5 Monitoringfahrten sind für die einzelnen Stationen und Jahreszeiten in Tab. A1 (Anhang) zusammengestellt, sortiert nach ihrem prozentualen Anteil an der Gesamt-Biomasse der Station und Jahreszeit. Die drei Winter/Frühjahrsfahrten sind zusammengefasst. Unbestimmte Kategorien („Unbestimmte“, „Gymnodiniales“ und „Peridinales“) sind dann aus der Tabelle entfernt, wenn sie jeweils weniger als 10% der Biomasse der Probe ausmachen; dann sind die nachfolgenden Taxa aufgerückt. Tabellen gleicher Struktur sind auch schon in den vorjährigen Berichten gezeigt, so dass dem Leser ein Langzeit-Vergleich möglich ist. Mehrseitige Tabellen werden nun aber erstmalig in einen Anhang gestellt.

Die komplette Phytoplankton-Artenliste (alle Tiefen) des Jahres 2009, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Monitoringfahrten, ist in Tab. A2 zu finden. Die Arten sind dort alphabetisch sortiert. Es sind auch die Individuen einbezogen, die der Art sehr ähnlich sind, dieser aber nicht mit Sicherheit zugeordnet werden konnten (gekennzeichnet mit „cf.“). Ebenso sind die Organismen einbezogen, die nur bis zur Gattung bestimmt werden konnten (gekennzeichnet mit „sp.“). Die Rangfolge der Taxa nach ihrer Biomasse, gemittelt über alle Stationen und Monitoringfahrten des Jahres 2009, 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. A2.

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 Jahrgänge der Biomasse der

wichtigsten Klassen des Phytoplanktons, wie Kieselalgen (= Bacillariophyceae, Diatomeen) und Dinoflagellaten (= Dinophyceae), sind in den Abb. 3-4 für die untersuchten Stationen dargestellt. In diese Darstellung wurden auch die Proben von der Projektfahrt AL332 (9.3.2009, OMBMPK5) sowie des LLUR und des NERI einbezogen.

Traditionsgemäß werden auch heterotrophe Arten (wie *Ebria tripartita* und *Protoperidinium* spp.) bei der Zählung erfasst. Wir haben sie in die Artenlisten (Tab. A1 und A2) und die Phytoplankton-Biomasseangaben (Abb. 3-4) 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 Original-Beschreibung der Art *A. flos-aquae*. Deshalb ist sie provisorisch als *Aphanizomenon* sp. bezeichnet worden, solange keine gültige Artbeschreibung vorliegt. Bei den Arbeiten zur gültigen Neubeschreibung dieser Art durch mehrere Wissenschaftler stellte sich aber heraus, dass sie genotypisch von der eigentlichen Süßwasserart *A. flos-aquae* nicht verschieden ist (LAAMANEN et al. 2002). Wir könnten die Ostseeart also wieder *A. flos-aquae* nennen, bleiben vorläufig aber noch bei der in den letzten Jahren auch international verwendeten Bezeichnung *Aphanizomenon* sp.

Die Gattung *Skeletonema* ist einer taxonomischen Revision unterzogen worden (SARNO et al. 2005, ZINGONE et al. 2005). Das machte eine Neubestimmung der typischen Frühjahrs-Kieselalge *Skeletonema costatum* erforderlich. Es stellte sich aufgrund elektronenmikroskopischer Untersuchungen heraus, dass die in unseren Proben gefundene Art als *S. marinoi* bezeichnet werden muss (WASMUND et al. 2006 a). 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. 3-4 wie bisher in der Klasse der Chrysophyceae; in dieser Kategorie macht es den weitaus größten Biomasse-Anteil aus.

3.1.2.1 Frühjahrsblüte

In der westlichen Ostsee finden wir wieder die typische Verzögerung der Frühjahrsblüte in östliche Richtung, die bereits von WASMUND et al. (1998 b) ausführlich analysiert wurde. Bereits am 30.1.2009 traten an Station OMBMPN3 in der Kieler Bucht Biomassen von über 1 mg/L auf, die von Kieselalgen, insbesondere *Skeletonema costatum* (558 µg/L) dominiert wurden (Abb. 3a, 5a). Eine entsprechende Kieselalgenentwicklung kam in der zentralen Mecklenburger Bucht (Stat. OMBMPM2) zum selben Zeitpunkt erst in Gang (Abb. 3b), steckte in der östlichen Mecklenburger Bucht (Stat. OMBMPM1) gerade in Ihren Anfängen (Abb. 3c) und war in der Arkonasee (Abb. 4), Bornholmsee und Gotlandsee (nicht gezeigt) noch gar nicht zu bemerken. Es könnte allerdings von Interesse sein, dass am 4.2.2009 an

Station OMBMPK₁ in 20 m Tiefe eine Anreicherung von *Actinocyclus* (25 µg/L) beobachtet wurde. Die höchsten Kieselalgenbiomassen wurden an Station OMBMPM₂ am 24.2.2009 erreicht; von dem Zeitpunkt liegen an anderen Stationen keine Meßwerte vor. Allerdings können wir die Daten von der IOW-Meßstation Heiligendamm heran ziehen, die wöchentlich genommen werden. Dort wurde das Blütenmaximum mit 4539 µg/L am 3.3.2009 ermittelt. Es war eine klassische fast monospezifische Kieselalgenblüte (*Skeletonema costatum* = 4276 µg/L).

Die Sukzession setzte sich mit dem erwarteten zeitlichen Versatz fort: Mitte März hatten Dinoflagellaten (Gymnodiniales) die Kieselalgenblüte im Oberflächenwasser der Kieler Bucht und der Lübecker Bucht (nicht gezeigt) komplett abgelöst, während in der Kieler Bucht in 15 m Wassertiefe *Chrysochromulina* sp. mit 426 µg/L dominierte. Auch in der zentralen Mecklenburger Bucht war die Kieselalgenblüte Mitte März vorbei, aber in der östlichen Mecklenburger Bucht und der Arkonasee war sie noch stark entwickelt (*Skeletonema costatum* dominant, siehe Abb. 5a). In der Bornholmsee und der östlichen Gotlandsee wurde keine Kieselalgenblüte nachgewiesen. In der Bornholmsee dominierte *Mesodinium rubrum* bereits am 9.3.2009 (308 µg/L) und schließlich am 26./27.3.2009 sowohl in der Bornholmsee als auch Gotlandsee bis in 20 m Tiefe (z.B. Stat. OMBMPK₂: 266 µg/L; in 20 m Tiefe sogar 513 µg/L).

In östliche Richtung nimmt der Anteil von *Mesodinium rubrum* offensichtlich zu (Abb. 5b, 6a). Der Ciliat *Mesodinium rubrum* ist regelmäßiger Bestandteil der Frühjahrsblüte. Er scheint sich in der Arkonasee noch vor den Kieselalgen zu entwickeln, schließlich die schnell zusammenbrechende Kieselalgenblüte aber zu überdauern (siehe Mai-Werte), wahrscheinlich wegen seiner mixotrophen Fähigkeiten. In der Gotlandsee ist *Mesodinium rubrum* sogar am 9./10.Mai noch die dominierende Art (1035 µg/L auf Stat. OMBMPJ₁). Daneben ist *Peridiniella catenata*, neuerdings meistens var. *alata*, in der Gotlandsee bedeutsam (auf Stat. OMBMPJ₁: 251 µg/L, in 40 m Tiefe noch 126 µg/L), fehlt aber in der Bornholmsee. *Mesodinium rubrum* verschwand zum Sommer hin recht schnell. Diese Art hatte insbesondere Ende der 1990er Jahre zugenommen (WASMUND et al. 2000).

Nach der Kieselalgenblüte entwickelt sich *Chrysochromulina* sp. kontinuierlich und war noch bis in den Juli präsent. Auch auf der hier nicht dargestellten Station OMBMPK₂ war sie im Mai dominierend (341 µg/L), während sie zur selben Zeit in der östlichen Gotlandsee fast fehlte. 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 trat im Jahre 2009 bis in die Kieler Bucht auf (Abb. 6b). Sie ist mixotroph und hatte schon im Frühjahr 2008 die Stellung der heterotrophen Dinoflagellaten eingenommen, die sich sonst üblicherweise nach der Kieselalgen-Frühjahrsblüte einstellten. Auch im Jahre 2009 war die Dinoflagellaten-Entwicklung, außer in der Gotlandsee, ungewöhnlich schwach.

Die für die Frühjahrsblüte der Beltsee typische nackte Form von *Dictyocha speculum* war nur gering vertreten. Sie ist in Abb. 3 und 4 unter den Chrysophyceen erfasst. Im Jahre 2007 war eine extrem frühe und starke *Dictyocha*-Blüte das herausragende Ereignis. Diese ungewöhnliche Situation hatte sich im Jahre 2008 nicht in dem extremen Ausmaß wiederholt. Im Jahre 2009 war die Art nur noch schwach entwickelt.

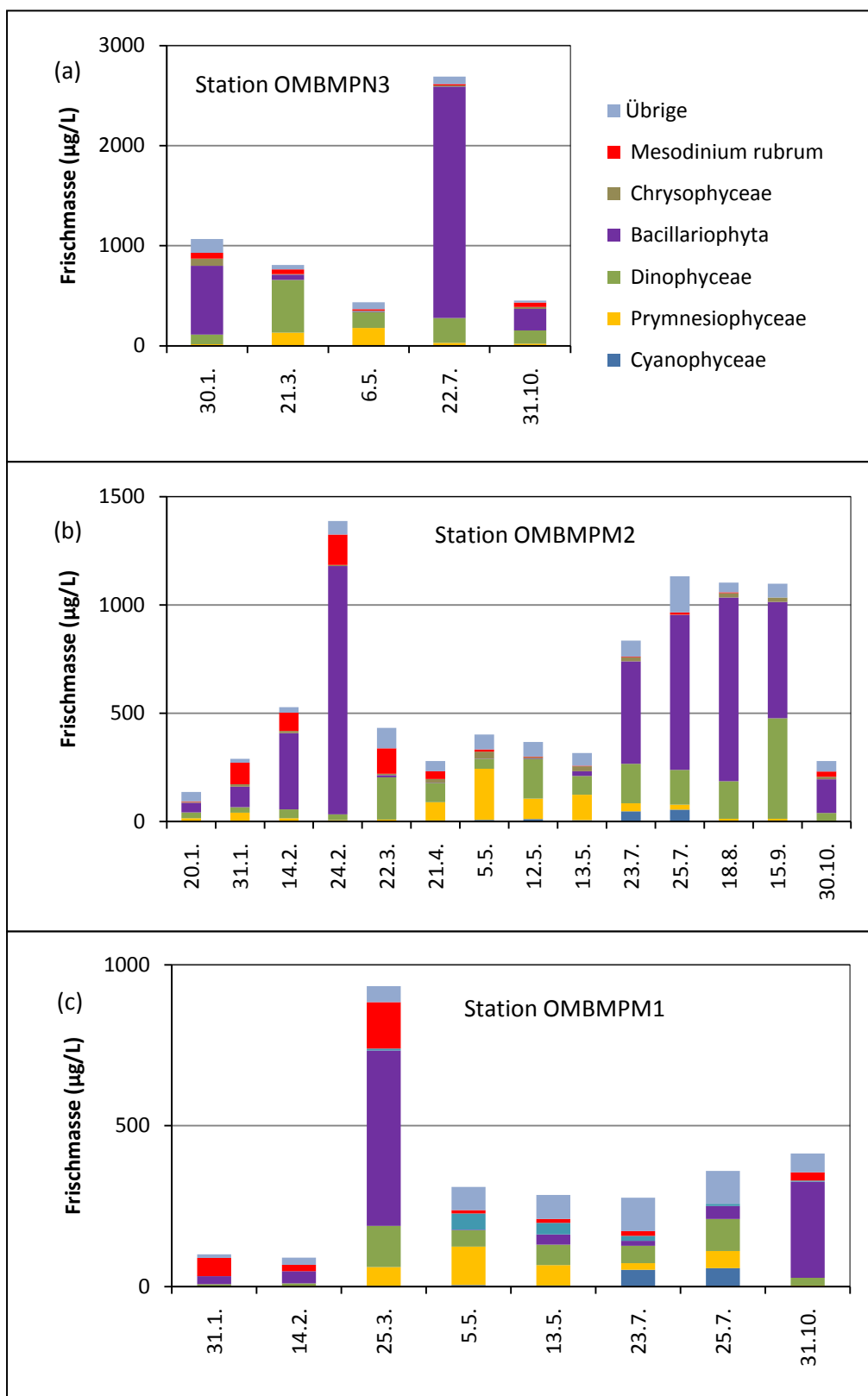


Abb. 3: Jahresgang 2009 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Kieler Bucht (a) und Mecklenburger Bucht (b, c).

Fig. 3: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in Kiel Bight (a) and Mecklenburg Bight (b, c) in 2009.

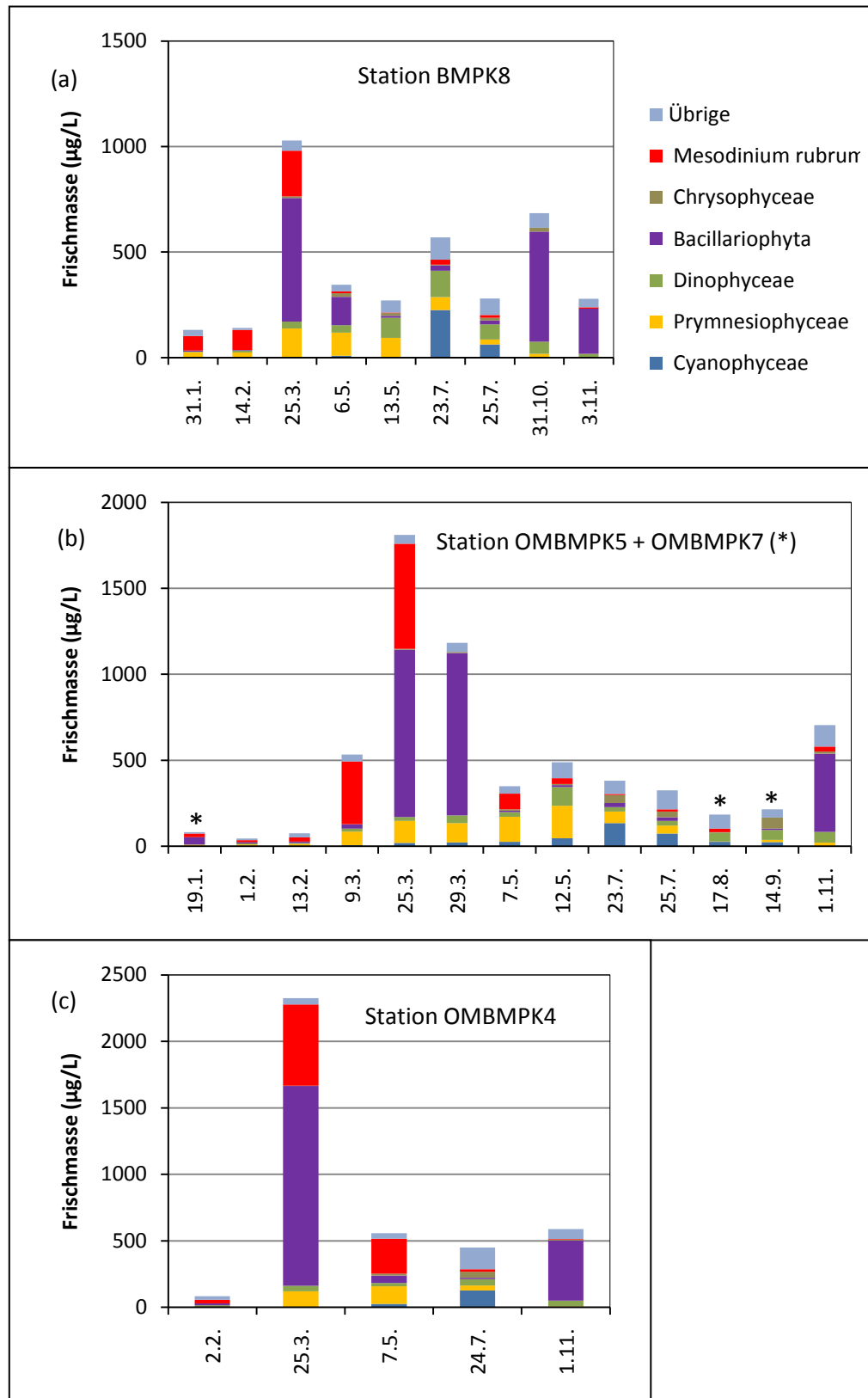


Abb. 4: Jahresgang 2009 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Arkonasee.

Fig. 4: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in the Arkona Sea in 2009.

Die oben beschriebene sehr zeitige Frühljahrsblüte in der Kieler Bucht scheint ungewöhnlich zu sein. Da wir ab 2001 keine eigenen Analysen des Phytoplanktons der Kieler Bucht mehr durchführten, können wir aus eigenen Erfahrungen nicht sagen, ob eine derart frühe Kieselalgenblüte inzwischen typisch ist. Daten des LLUR aus den Jahren 2001, 2002 und 2003 zeigten für den Januar keine Blüte an (WASMUND et al. 2008). Andererseits konnte WASMUND (2002) anhand von Chlorophylldaten zeigen, dass die Frühljahrsblüte in den Jahren 1997 und 1998 im Kattegat bereits im Januar bis Februar stattfand. Nach der HELCOM-Strategie zur saisonalen Einteilung der Phytoplankton-Sukzession wären diese außergewöhnlich frühen Blüten nicht als Frühljahrsblüte erfasst worden, denn HELCOM sah im Kattegat/Beltsee-Gebiet den Zeitraum von Februar bis April für die Frühljahrsblüte vor (Tab. 4). Auch der für die eigentliche Ostsee angenommene Zeitraum für die Frühljahrsblüte (März-Mai) ist nicht in allen Jahren zutreffend, denn z.B. im Jahre 2003 wurde die Frühljahrsblüte in der Arkonasee bereits ab Februar beobachtet (WASMUND et al. 2004).

3.1.2.2 Sommerblüte

Die außergewöhnliche *Chrysochromulina*-Entwicklung ebte zum Juli hin ab (Abb. 3, 4). Zum 22.7.2009 entwickelte sich an Station OMBMPN3 eine Kieselalgenblüte: *Proboscia alata* (2044 µg/L), *Dactyliosolen fragilissimus* (165 µg/L), *Guinardia flaccida* (34 µg/L), *Cerataulina pelagica* (22 µg/L). Sie war im wesentlichen auch an Station OMBMPO22 vorhanden, an Station OMBMPO22 deutlich schwächer und an den anderen Untersuchungsstationen gar nicht ausgeprägt (Abb. 6c). Eine ähnliche Blüte war bereits im Vorjahr an Station OMBMPO22 gefunden worden.

Blüten stickstofffixierender Cyanobakterien sind in der Mecklenburger Bucht selten, in der eigentlichen Ostsee aber eine typische Erscheinung des Sommers (Abb. 7a). Dementsprechend entwickelt sich speziell *Aphanizomenon* sp. in der Arkonasee bereits ab März, zwar langsam, aber kontinuierlich (Abb. 4b). Der eigentliche Verbreitungsschwerpunkt der blütenbildenden Cyanobakterien liegt allerdings in der zentralen Ostsee. Auf der Projektfahrt AL341 wurde am 8.7.2009 auf Station OMBMPJ1 eine *Aphanizomenon*-Biomasse von 632 µg/L registriert, auf den anderen Stationen aber deutlich weniger. In der Arkonasee erreichten die Biomassen von *Aphanizomenon* sp. und *Nodularia spumigena* an Station OMBMPK8 am 23.7.2009 immerhin jeweils 160 mg m⁻³ und 25 mg m⁻³, während *Anabaena* unbedeutend war. Die Cyanobakterienblüte war zu diesem Zeitpunkt offensichtlich schon vorüber (siehe Kapitel 3.1.1). Zum 17./18.8.2009 waren die Cyanobakterien verschwunden. Es dominierten an diesem Termin in der Mecklenburger Bucht *Proboscia alata* und *Coscinodiscus concinnus*; in der Arkonasee dominierten bei sehr geringen Biomassen *Pyramimonas* sp. (in Abb. 4b unter „Übrige“) und Gymnodiniales.

Im Laufe des Sommers entwickelten sich bereits langsam die *Ceratium*-Arten, die zum Herbst normalerweise in der Mecklenburger Bucht eine Blüte bilden (Abb. 7b). Die wöchentlichen Proben von der Küstenstation Heiligendamm zeigten zum 23.6.2009 ein spontanes Auftreten des Flagellaten *Eutreptiella* sp. (1078 µg/L). Da im Juni keine Monitoringfahrten stattfinden, kann dessen Entwicklung für die offene See nicht geprüft werden.

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 2008, war das Verhältnis zwischen diesen beiden Gruppen recht ausgewogen, und es wurde als Maximum eine Biomasse von fast 2800 µg/L bestimmt (Stat. OMO22, 21.10.2008). Ein Vergleich mit den aktuellen Daten zeigt, dass im Jahre 2009 die Blüte verpasst wurde. Allerdings konnte bereits am 15.9.2009 an Station OMBMPM2 eine Biomasse von etwa 1100 mg/L ermittelt werden, die hauptsächlich aus den Dinoflagellaten *Ceratium tripos* und *C. fusus* sowie Kieselalgen bestand. Während die Dinoflagellaten der Herbstblüte in der Mecklenburger Bucht immer von *Ceratium* spp. gestellt werden, variieren die dominierenden Arten bei den Kieselalgen sehr stark. Diese waren z.B. im Herbst 2008 hauptsächlich *Chaetoceros convolutus*, *Coscinodiscus granii*, *Pseudo-nitzschia pungens* und *Cerataulina pelagica*. Im Herbst 2009 waren es in der Mecklenburger Bucht (Stat. OMBMPM2) am 15.9.09 *Coscinodiscus concinnus* und *Cerataulina pelagica* und am 30.10.09 *Coscinodiscus granii*, *Chaetoceros concolutus* und *Cerataulina pelagica* (auch an der Küstenstation Heiligendamm). Aus unseren Daten von Heiligendamm konnten wir erkennen, dass die Herbstblüte erst sehr spät erschien. Erst am 8.12.2009 wurde dort eine ungewöhnlich späte Kieselalgen-Herbstblüte nachgewiesen, die zudem von der für eine Herbstblüte ungewöhnlichen Gattung *Skeletonema* (1719 mg m⁻³) gebildet wurde. Schon im Jahre 2008 wurde vor Heiligendamm ein spätes Auftreten einer Herbstblüte von *Coscinodiscus granii* erst am 16.12.08 verzeichnet. Offensichtlich liegt die Monitoringfahrt nicht mehr zum optimalen Zeitpunkt für eine Erfassung der Herbstblüte.

Auch in der Arkonasee wurde die Herbstblüte nicht getroffen. Schon in der östlichen Mecklenburger Bucht (Stat. OMBMPM1) und an allen Untersuchungsstationen der Arkonasee wurde die Phytoplanktonbiomasse Ende Oktober/Anfang November fast ausschließlich von *Coscinodiscus granii* gebildet (Abb. 3c, 4, 7c). Diese hielten sich ausschließlich in der oberen durchmischten Schicht auf und wurden schon in 20 m Tiefe (außer an Stat. OMBMPK4) nicht mehr gefunden, was dafür spricht, dass es noch eine junge, wachsende Population ist. Auch hier sollte man die Blüte also zu einem späteren Zeitpunkt antreffen.

Es ist aus den vorjährigen Untersuchungen bekannt, dass *Coscinodiscus granii* eine Art der eigentlichen Ostsee ist, die in Abhängigkeit von der Strömung mehr oder weniger weit in die Mecklenburger Bucht vordringt. Für die Mecklenburger Bucht sind dagegen eine Reihe salzliebender Kieselalgen-Arten typisch und, wie oben schon geschrieben, Dinoflagellaten der Gattung *Ceratium*.

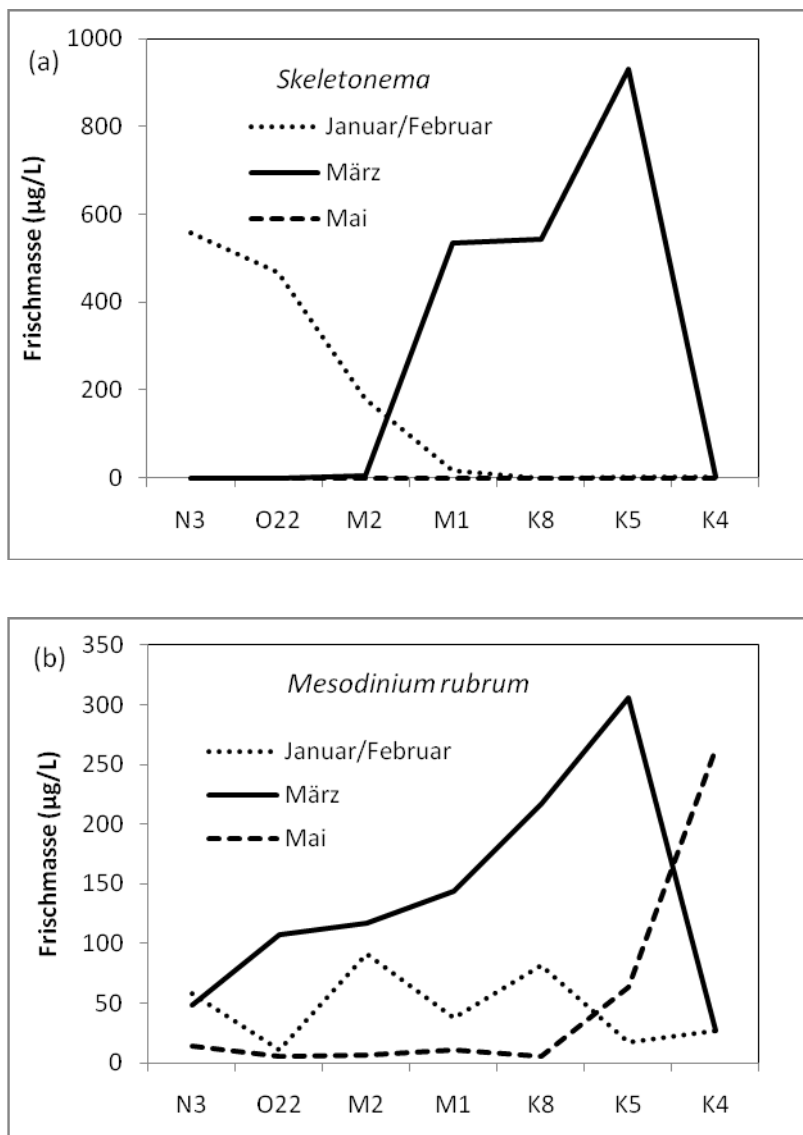


Abb. 5: Verteilung der Biomasse von *Skeletonema costatum* (a) und *Mesodinium rubrum* (b) über die Untersuchungsstationen während der Fahrten von Januar/Februar, März und Mai 2009.

Fig. 5: Distribution of the biomass of *Skeletonema costatum* (a) and *Mesodinium rubrum* (b) at the investigation stations during the cruises of January/February, March and May 2009.

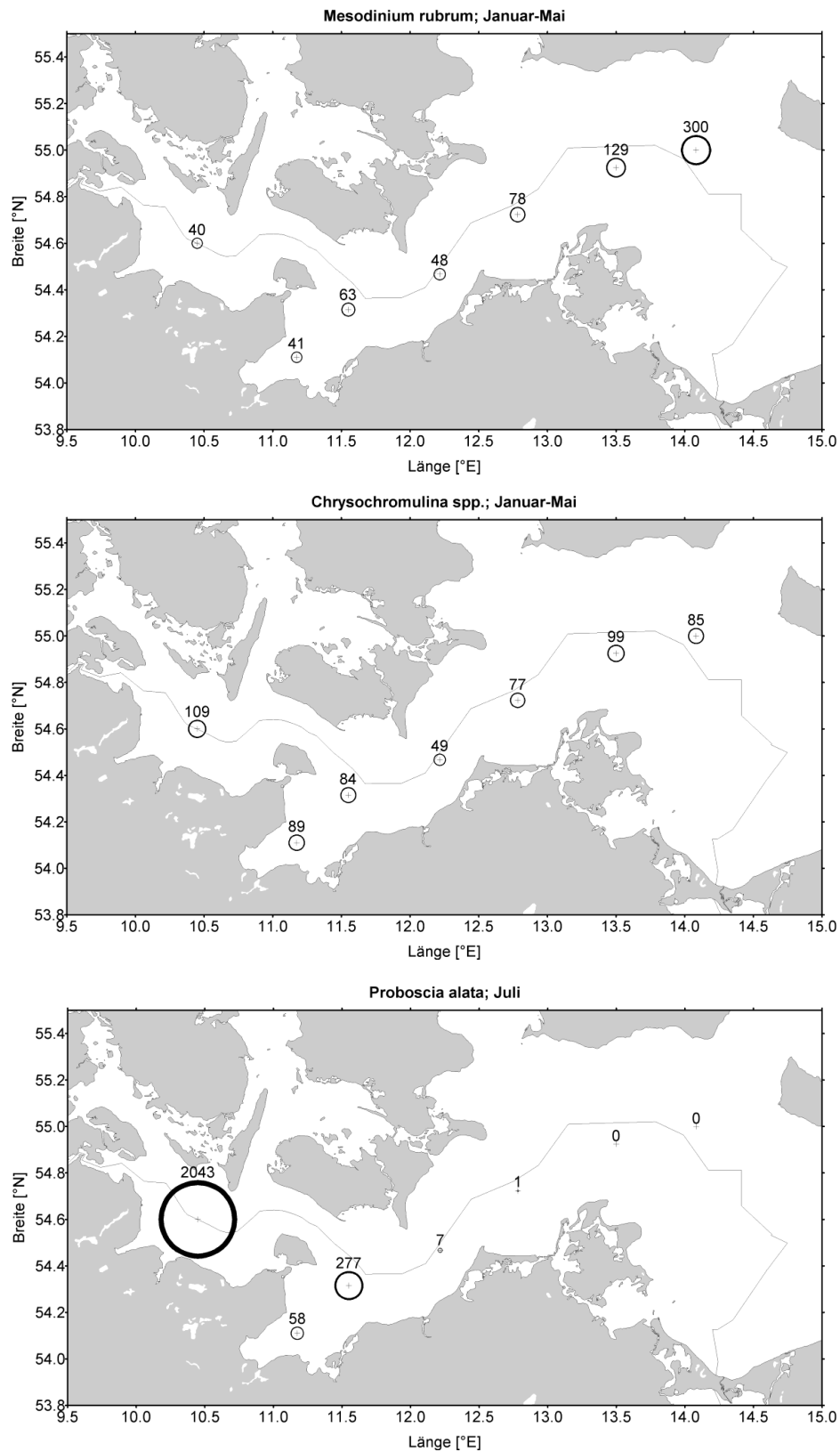


Abb. 6: Verteilung von *Mesodinium rubrum*, *Chrysochromulina* sp. und *Proboscia alata* im Untersuchungsgebiet in Jahreszeiten ihres Hauptvorkommens.

Fig. 6: Distribution of *Mesodinium rubrum*, *Chrysochromulina* sp. and *Proboscia alata* in the investigation area in the seasons of their principal occurrence.

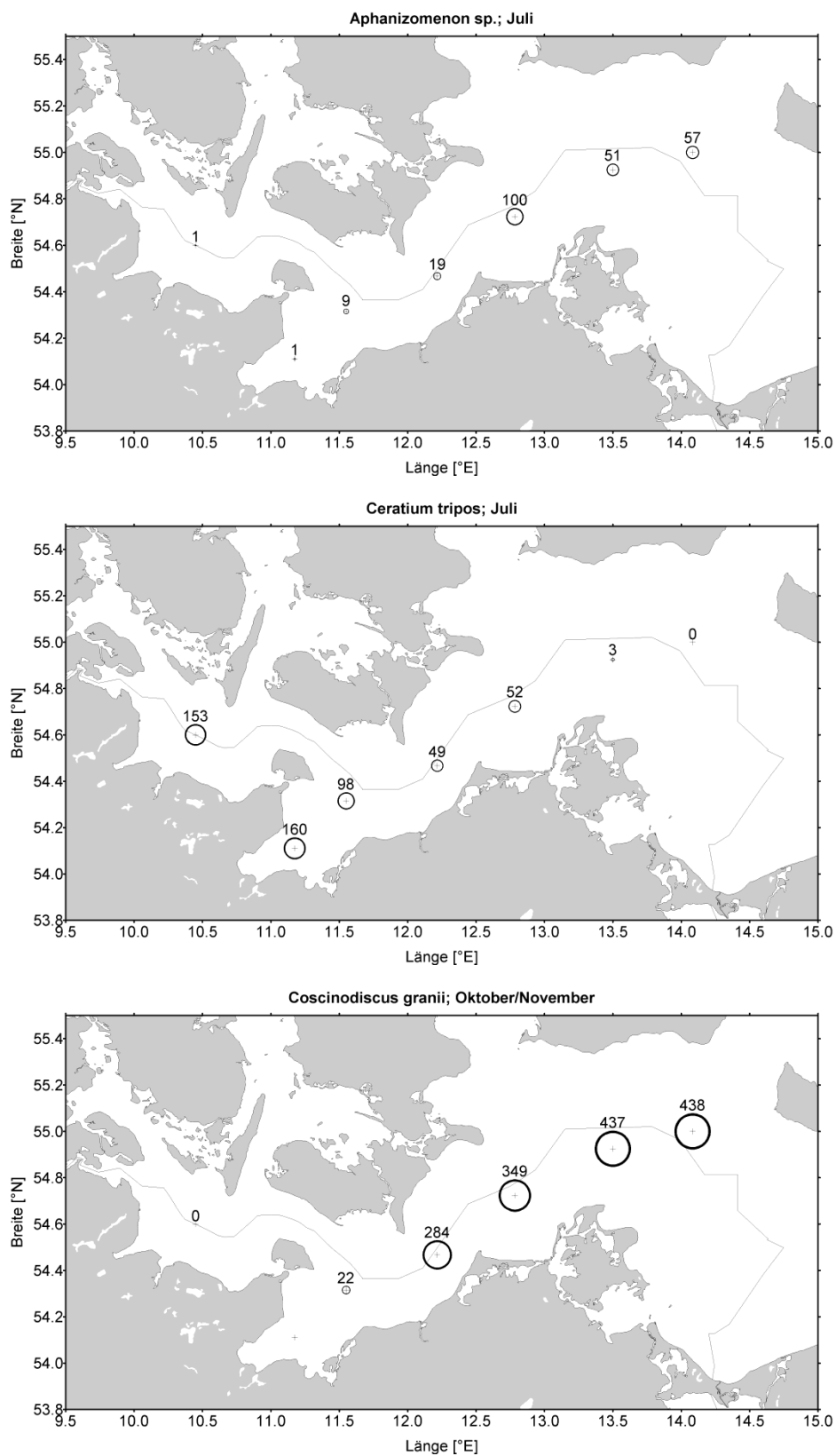


Abb. 7: Verteilung von *Aphanizomenon* sp., *Ceratium tripos* und *Coscinodiscus granii* im Untersuchungsgebiet in Jahreszeiten ihres Hauptvorkommens.

Fig. 7: Distribution of *Aphanizomenon* sp., *Ceratium tripos* und *Coscinodiscus granii* in the investigation area in the seasons of their principal occurrence.

Tab. 4

Definition der Jahreszeiten anhand der Monate nach HELCOM-Strategie.

Table 4

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

3.1.3 Invasive Phytoplankton-Arten

Der Schutz der marinen Umwelt beinhaltet nicht nur die Erreichung bzw. Erhaltung einer guten Wasserqualität und der natürlichen Produktivität eines Gewässers, sondern auch die Erhaltung der natürlichen Diversität. Die Einwanderung und Etablierung neuer Arten ist mit einem Verdrängen einheimischer Arten verbunden. Es dürfte sich dadurch sogar die Diversität vor Ort erhöhen (α -Diversität), aber die typischen biozönotischen Strukturen ändern sich und die weltweite Mannigfaltigkeit (β -Diversität) nimmt ab.

Folglich gibt es Bemühungen, das Einschleppen neuer Arten zu vermeiden. Das ist beim Phytoplankton schwierig, da es verschiedenste nicht zu blockierende Eintragswege gibt. Ein Beispiel für einen vordringenden Phytoplankter ist *Prorocentrum minimum*, das wahrscheinlich auf natürlichem Wege über das Kattegat in die Ostsee vorgedrungen ist. HAJDU et al. (2000) und OLENINA et al. (2010) haben eindrucksvoll das Vordringen dieser Art nachgezeichnet. Sie ist zeit- und stellenweise zur dominanten Art geworden. Andererseits ist die Art *Prorocentrum balticum* anscheinend verschwunden (WASMUND et al. 2008).

Es ist bekannt, dass marine Arten (z.B. *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros brevis*, *Dactyliosolen fragilissimus*) teilweise sehr weit in die Ostsee bis zur litauischen Küste transportiert werden, und zwar nicht nur mit Salzwassereinbrüchen in das Tiefenwasser, sondern auch mit warmen oberflächennahen Strömungen, die mit einfachen Salzgehaltsmessungen nicht nachgewiesen werden (HAJDU et al., 2006). Insofern sind diese Arten Indikatoren für oberflächennahe Einstrome von Nordseewasser. Im Jahre 2009 haben wir mehrere Arten gefunden, die in unseren Proben erstmalig auftraten und im Untersuchungsgebiet bisher selten oder nie nachgewiesen wurden.

In der Probe vom 9.5.2009 von Station OMBMPK1 wurden 2 Exemplare von *Noctiluca scintillans* (Abb. 8a) gefunden. Es waren ungewöhnlich kleine Exemplare (80-120 μ m), die möglicherweise Gameten-bildende Stadien darstellen (vgl. HOPPENRATH et al. 2009). Diese marine Art sollte in der eigentlichen Ostsee nicht vorkommen.

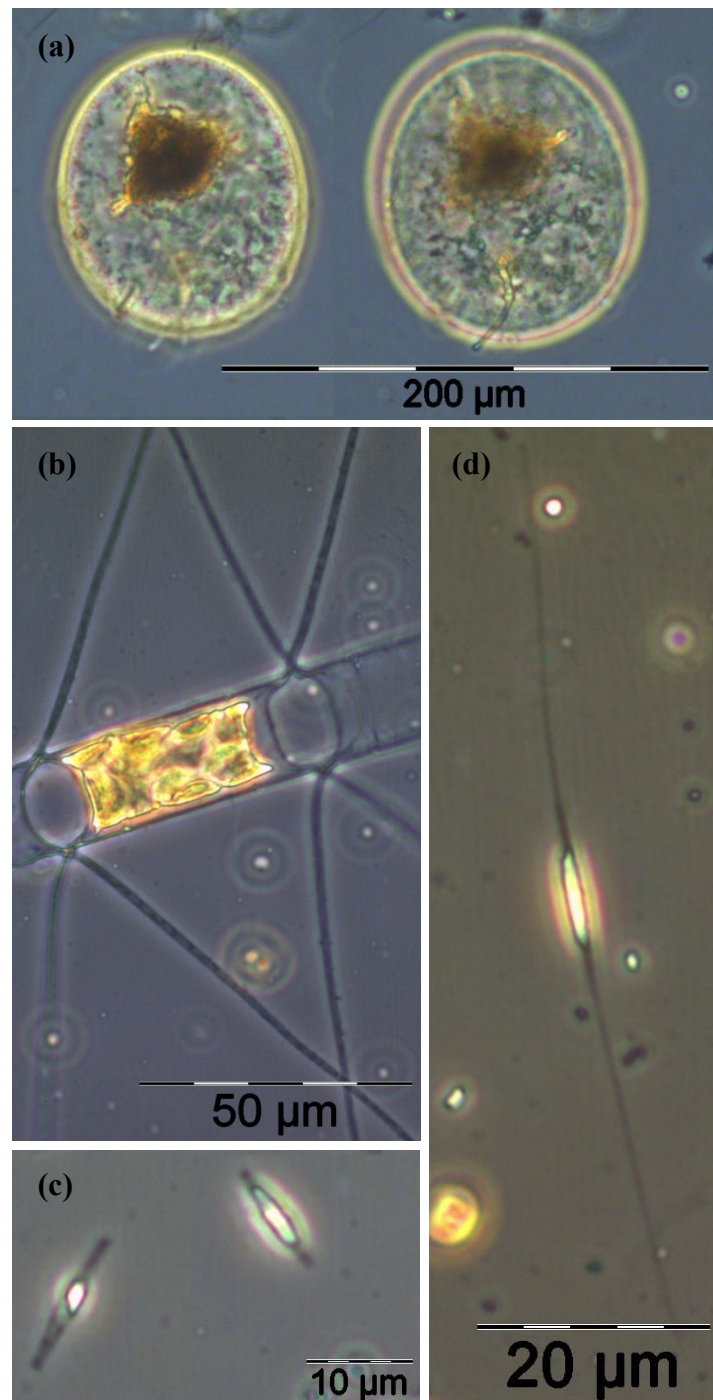


Abb. 8: Die im Jahre 2009 gefundenen invasiven Arten *Noctiluca scintillans* (a), *Chaetoceros lorenzianus* (b), *Phaeodactylum tricornutum* (c) und *Lennoxia faveolata* (d). Fotos: S. Busch.

Fig. 8: The invasive species *Noctiluca scintillans* (a), *Chaetoceros lorenzianus* (b), *Phaeodactylum tricornutum* (c) und *Lennoxia faveolata* (d) found in 2009. Photos: S. Busch.

Die Kieselalge *Chaetoceros lorenzianus* (Abb. 8b) war in unseren Proben erstmals aufgetaucht (Station OMBMPN3, 31.10.2009: 400 Zellen/L). Ein Vordringen marinen Arten in die Kieler Bucht dürfte noch nicht so ungewöhnlich sein und ist deshalb weniger spektakulär.

Die Kieselalge *Phaeodactylum tricornutum* (Abb. 8c) wurde bisher im Untersuchungsgebiet von uns nicht nachgewiesen und konnte erstmals im Mai 2009 an den Stationen OMBMPM₂, OMBMPM₁ und OMBMPK₈ mit bis zu 130.000 Zellen/L (etwa 12 µg/L) gefunden werden. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass diese schwer bestimmbare kleine Art in ihrer langgestreckten Form („fusiform“) bei geringen Abundanzen zuvor als „Unbestimmte“ geführt wurde und deshalb nicht in den Artenlisten auftauchte.

Die Kieselalge *Lennoxia faveolata* (Abb. 8d) ist ebenfalls schwer zu bestimmen und könnte zuvor als besonders zartes Exemplar von *Cylindrotheca closterium* oder *Nitzschia* sp. angesehen worden sein. Sie wurde bisher von uns noch nicht identifiziert, und kam erstmals bis an die Station OMBMPM₁ vor (2515 Zellen/L).

3.1.4 Jahresgang und Trend der Chlorophyll a – Konzentration

Ein grober Jahresgang der Chlorophyll a-Konzentration ist der Tabelle 5 zu entnehmen. Er entspricht etwa den bereits in Abb. 3-4 dargestellten Jahresgängen der Biomasse. Allerdings stehen von den zusätzlich erhaltenen Phytoplanktonproben keine entsprechenden Chlorophyll-Daten zur Verfügung, so dass eine spezielle Darstellung der Chlorophyll-Jahresgänge ohnehin weniger detailliert wäre als die oben schon gezeigten Biomasse-Jahresgänge.

Die horizontale Verteilung der Chlorophyll-a-Werte im Stationsnetz für die 5 Monitoringfahrten ist in Abb. 9 und 10 dargestellt. Auch hier zeigt sich deutlich das oben schon beschriebene zeitliche Fortschreiten der Frühjahrsblüte von West nach Ost: Während die Blüte im Januar/Februar 2009 ihr Maximum in der Kieler Bucht hatte (Abb. 9a), ist dieses im März in der Arkonasee zu verzeichnen (Abb. 9b), während es im Mai schon abgeklungen ist (Abb. 9c). Im Sommer sind die Chlorophyll-a-Konzentrationen relativ gering (Abb. 10 a), denn die großen Sommer-Kieselalgen sind sehr Chlorophyll-arm. Im Herbst deutet sich in der Arkonasee bereits eine kleine Blüte an (Abb. 10 b).

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. 4).

Tab. 5

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 5

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	Phae.a	Chl.a-tot	Stat.	Datum	Chl.a-kor	Phae.a	Chl.a-tot
		(mg m ⁻³)					(mg m ⁻³)		
OMBMPN3	30/01/09	5.66	0.52	5.94	OMBMPK5	01/02/09	0.99	0.30	1.15
OMBMPN3	21/03/09	2.01	0.17	2.10	OMBMPK5	13/02/09	1.23	0.35	1.42
OMBMPN3	06/05/09	2.37	0.42	2.59	OMBMPK5	25/03/09	8.39	2.60	9.75
OMBMPN3	22/07/09	2.86	0.49	3.11	OMBMPK5	29/03/09	6.89	2.32	8.10
OMBMPN3	31/10/09	2.00	1.06	2.55	OMBMPK5	07/05/09	2.83	0.61	3.15
OMO22	31/01/09	4.46	0.69	4.83	OMBMPK5	12/05/09	2.99	0.88	3.45
OMO22	22/03/09	1.60	0.10	1.65	OMBMPK5	23/07/09	3.12	0.96	3.62
OMO22	05/05/09	1.69	0.38	1.89	OMBMPK5	25/07/09	2.72	1.03	3.26
OMO22	23/07/09	4.41	0.77	4.81	OMBMPK5	01/11/09	5.18	1.91	6.16
OMBMPM2	31/01/09	2.55	0.26	2.69	OMBMPK4	02/02/09	1.26	0.41	1.47
OMBMPM2	14/02/09	3.39	0.44	3.62	OMBMPK4	25/03/09	8.51	2.08	9.60
OMBMPM2	22/03/09	1.14	0.21	1.25	OMBMPK4	07/05/09	3.26	0.62	3.59
OMBMPM2	05/05/09	1.54	0.26	1.69	OMBMPK4	24/07/09	3.35	1.10	3.93
OMBMPM2	13/05/09	1.42	0.35	1.61	OMBMPK4	01/11/09	4.54	1.37	5.25
OMBMPM2	23/07/09	2.53	0.42	2.75	OMBMPK2	26/03/09	2.40	0.66	2.74
OMBMPM2	25/07/09	2.73	0.53	3.01	OMBMPK2	28/03/09	3.28	0.76	3.68
OMBMPM2	30/10/09	2.91	1.39	3.62	OMBMPK2	08/05/09	5.51	0.30	5.67
OMBMPM1	31/01/09	1.32	0.29	1.47	OMBMPK2	12/05/09	3.38	0.47	3.63
OMBMPM1	14/02/09	1.13	0.42	1.35	OMBMPK1	04/02/09	0.70	0.20	0.81
OMBMPM1	25/03/09	2.64	0.69	3.01	OMBMPK1	26/03/09	1.83	0.27	1.97
OMBMPM1	05/05/09	1.53	0.29	1.69	OMBMPK1	09/05/09	3.96	0.34	4.14
OMBMPM1	13/05/09	1.56	0.45	1.80	OMBMPJ1	06/02/09	0.55	0.17	0.63
OMBMPM1	23/07/09	2.46	0.63	2.79	OMBMPJ1	27/03/09	2.39	0.23	2.52
OMBMPM1	25/07/09	2.50	0.80	2.92	OMBMPJ1	10/05/09	2.56	0.17	2.65
OMBMPM1	31/10/09	2.90	1.48	3.66	OMBMPK2	26/03/09	2.40	0.66	2.74
OMBMPK8	31/01/09	1.63	0.34	1.81	Nur Oberflächenwerte:				
OMBMPK8	14/02/09	1.52	0.47	1.77	OMO22	30/10/09	4.10	1.30	4.76
OMBMPK8	25/03/09	4.73	1.70	5.62	OMO5	31/01/09	0.67	0.24	0.80
OMBMPK8	06/05/09	1.57	0.36	1.76	OMO5	21/03/09	1.08	0.15	1.16
OMBMPK8	13/05/09	1.47	0.30	1.63	OMO5	22/07/09	1.71	0.41	1.92
OMBMPK8	23/07/09	2.98	0.78	3.39	OMO5	30/10/09	1.92	0.72	2.29
OMBMPK8	25/07/09	2.53	1.20	3.16	OMO11	02/02/09	1.97	1.36	2.69
OMBMPK8	31/10/09	3.61	1.63	4.44	OMO11	29/03/09	3.87	0.83	4.31
OMBMPK8	03/11/09	2.02	1.33	2.71	OMO11	25/07/09	2.31	0.62	2.63
					OMO11	02/11/09	1.35	0.76	1.74

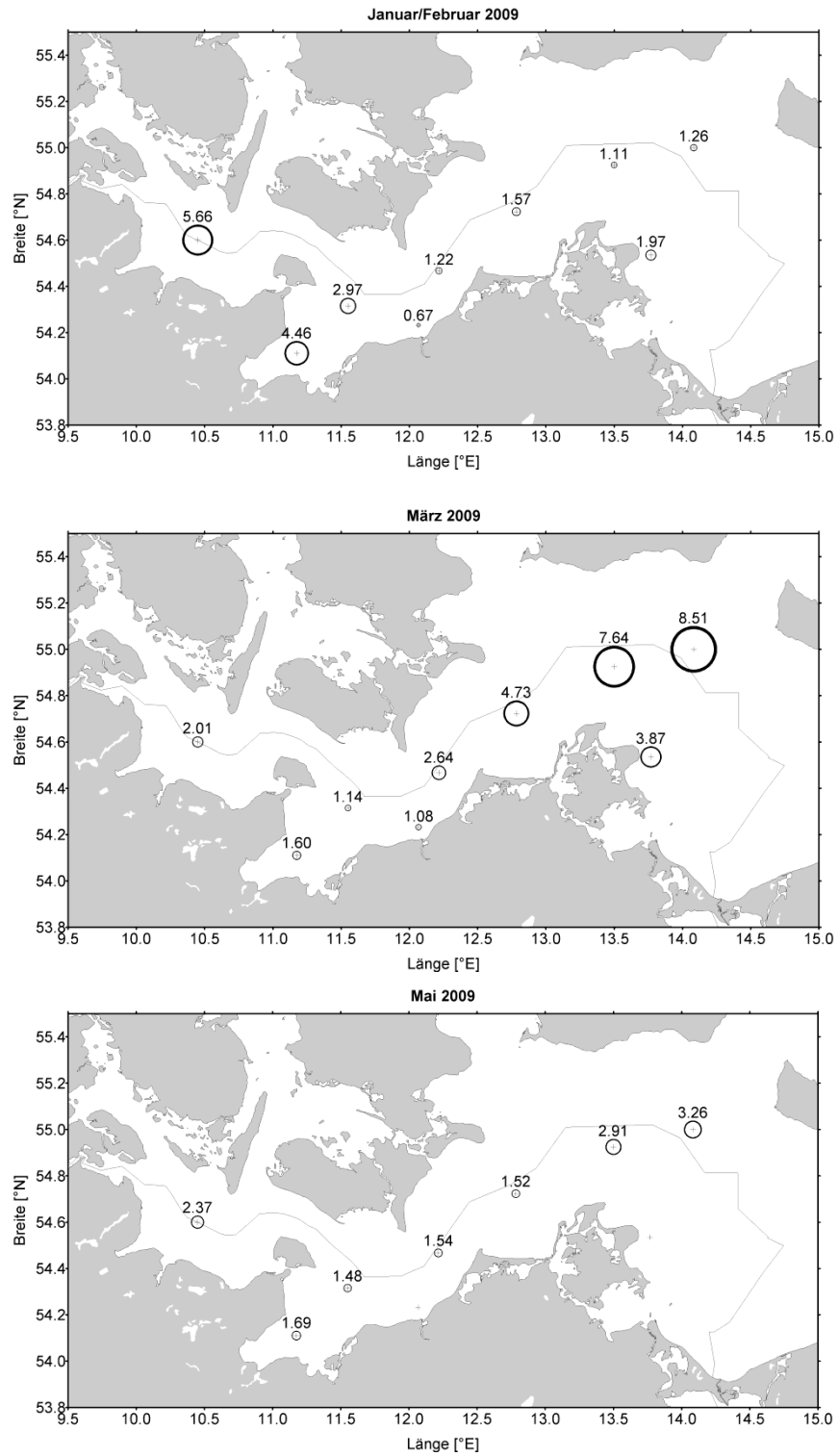


Abb. 9: Horizontale Verteilung der Chlorophyll-a-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) auf den Stationen während der Fahrten vom Januar/Februar, März und Mai 2009.

Fig. 9: Horizontal distribution of the chlorophyll-a-concentrations ($\mu\text{g/L}$) at the stations of the cruises from January/February, March and May 2009.

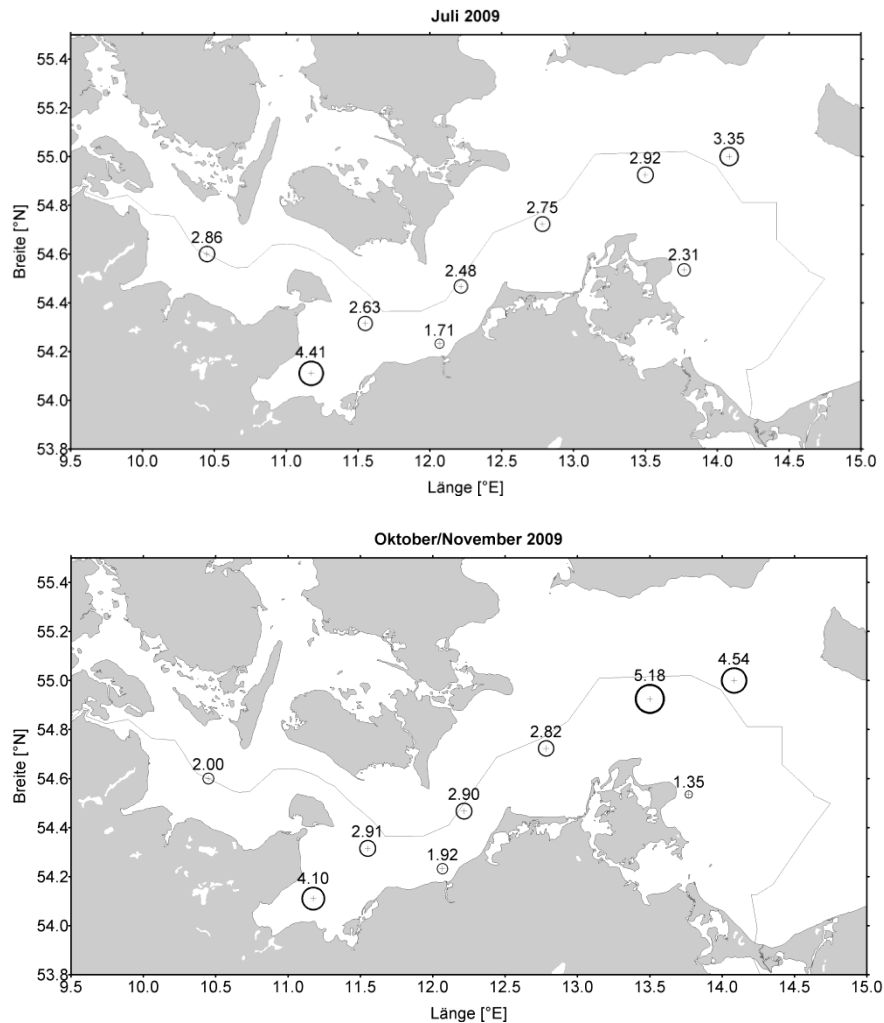


Abb. 10: Horizontale Verteilung der Chlorophyll-a-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) auf den Stationen während der Fahrten vom Juni und Oktober/November 2009.

Fig. 10: Horizontal distribution of the chlorophyll-a-concentrations ($\mu\text{g/L}$) at the stations of the cruises from June and October/November 2009.

Es ergaben sich bei Betrachtung der Saisonwerte erstaunliche Trends, unabhängig davon, ob sie auf Einzelwerten oder Saison-Mittelwerten basierten. In der westlichen Ostsee zeigten nur die Frühjahrswerte einen Trend. Das ist bedeutsam, da gerade das Frühlingsplankton mit seiner „neuen Produktion“ auf Eutrophierung reagiert, während im Sommer eher ein Recycling („regenerierte Produktion“) stattfindet.

Wir schreiben die von WASMUND et al. (2006a) begonnenen Grafiken fort (Abb. 11). 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.

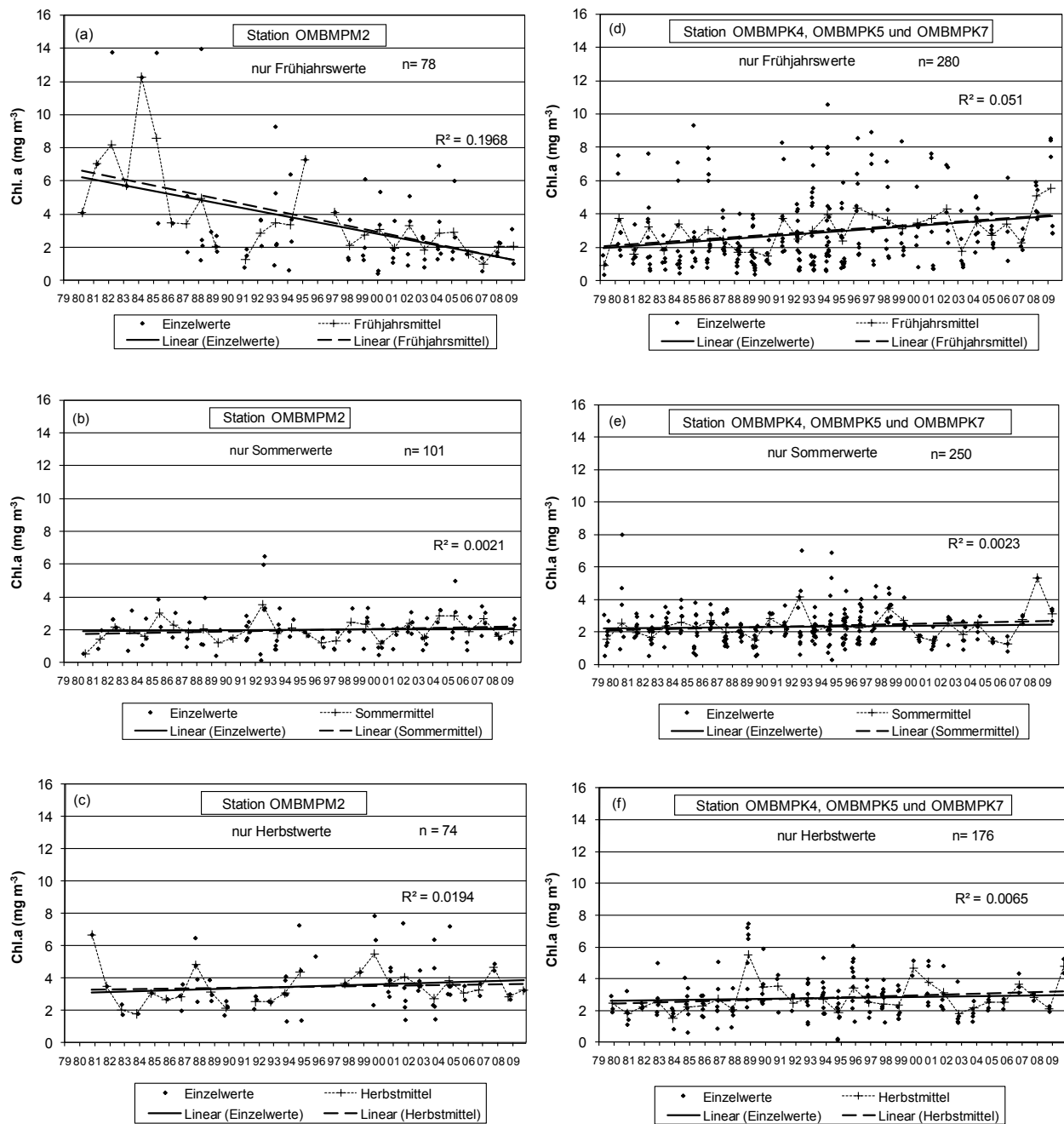


Abb. 11: Trends der Chlorophyll *a*-Konzentrationen (mittels linearer Regression), sowohl für Einzelwerte als auch Saison-Mittelwerte, für die Frühjahrs-, Sommer- und Herbstwerte in der Mecklenburger Bucht (a-c) und der Arkonasee (d-f). R^2 gilt für die Einzelwerte.

Fig. 11: 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.

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.

Die Korrelationskoeffizienten sind in Tab. 6 zusammengefasst. Im Falle von hoch signifikanten Korrelationen (Irrtumswahrscheinlichkeit $p=0,01$) ist der Wert fett dargestellt.

Die Frühjahrswerte zeigen in der Mecklenburger Bucht einen stark signifikanten Abfall, aber in der Arkonasee einen signifikanten Anstieg. Die Sommer- und Herbstwerte ergeben keinen Trend.

Tab. 6

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 fett gedruckt für Signifikanz bei $p=0,01$. Anzahl der Messwerte (n) ist der Abb. 11 zu entnehmen.

Table 6

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 bold if significant for $p=0.01$. Number of data (n) is given in Fig. 11.

Stationen	Korrelationskoeffizient		
	Frühjahr	Sommer	Herbst
OMBMPM2	0,444	0,046	0,139
OMBMPK4, OMBMPK5 und OMBMPK7	0,226	0,048	0,081

3.1.5 Sedimentation

Ganz ähnlich wie im bisher untersuchten Gotlandbecken in der zentralen Ostsee zeigen die mikroskopischen Analysen des in den Fallen im Arkonabecken aufgefangenen Materials die typische saisonale Abfolge von Phytoplanktongemeinschaften (Abb. 12), die sich in Frühjahrsblüte, Sommerphase und herbstliches Sedimentationsmaximum aufteilen läßt.

Die Frühjahrsblüte trat 2009 in der Arkonasee einige Wochen früher als in der zentralen Ostsee im März /April auf. Die Hauptbiomasse stellten dabei *Thalassiosira levanderi* und *Chaetoceros* spp., wobei allerdings mit *Actinocyclus octonarius*, *Coscinodiscus granii*, *Melosira arctica*, *Skeletonema* spp. und *Thalassiosira baltica* sehr viel mehr Begleitarten auftraten als in der zentralen Ostsee (Abb. 12 a). Insgesamt stieg die Zahl der identifizierten Kieselalgen (Diatomeen)-Taxa von 10 in der Gotlandsee (vgl. WASMUND et al. 2009) auf 18 im neuen westlicheren Verankerungsgebiet der Arkonasee, wobei als einzige *Cyclotella* spp. nicht mehr auftrat, die anderen neun Taxa kamen in beiden Gebieten vor.

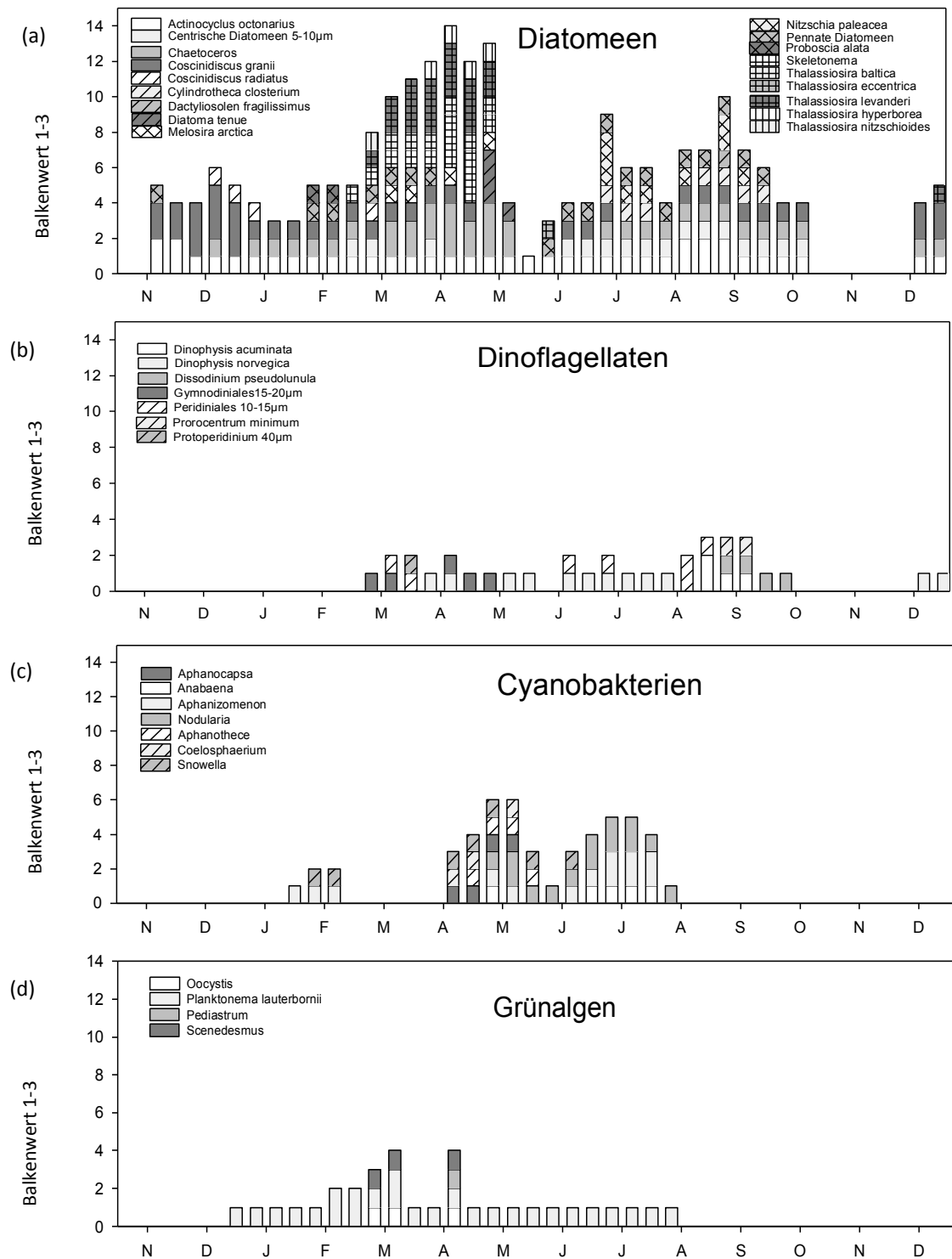


Abb. 12 a-d: Relative Häufigkeit einzelner Arten von Diatomeen, Dinoflagellaten, Cyanobakterien sowie Grünalgen im sedimentierten organischen Material im Jahre 2009.

Fig. 12 a-d: Relative frequency of selected species of diatoms, dinoflagellates, cyanobacteria and green algae in sedimented organic material in 2009.

Die Phytoplanktonblüten bilden sich auch im vertikalen Transport des Seston und speziell für die Diatomeen im Transport von partikulärem Silikat ab (Abb. 13). Er zeigt zwar im Frühjahr ein eindeutiges Maximum, ist aber auch in den anderen Wachstumsperioden nicht unerheblich. Ähnlich wie in der zentralen Ostsee beruht ein Grossteil des vertikalen Silikatflusses im Sommer auf pennaten Diatomeen, vor allem *Nitzschia paleacea*. Die Zahl der Arten reduziert sich im Verlauf des Jahres, wobei im Herbst/Winter nur noch *Actinocyclus octonarius*, *Coscinodiscus granii*, *Chaetoceros* spp. und kleinere centrische Diatomeen auftreten und damit in die nächste Frühjahrsphase überleiten.

Dinoflagellaten (Abb. 12 b) waren mit kleinen Formen (*Peridinales* 10-15 µm und *Gymnodiales* 15-20 µm) und einem größeren Vertreter von *Protoperdinium* sp. (40 µm) schon im Frühjahr präsent, im Sommer war ein dauerhafter Hintergrund von *Dinophysis norvegica* zu beobachten, der ab Mitte August von einer Mischung von *Dissodinium pseudolunula*, *Dinophysis acuminata* und kleinen *Peridinales* abgelöst wurde. Insgesamt traten in diesem Jahr die Dinoflagellaten aber nur in geringeren Abundanzen auf. Die Zahl der Arten änderte sich im Vergleich zur Gotlandsee nicht erheblich. Während dort in den letzten Jahren 5 Arten bzw. Gruppen regelmäßig auftraten, waren es 2009 in der Arkonasee 7. Allerdings zeigten die Dinoflagellaten intensivere Änderungen in der Diversität zwischen zentralem und westlichem Ostseebecken als die Diatomeen. An beiden Orten traten nur *Dinophysis acuminata* und *Prorocentrum minimum* auf, die anderen Arten kamen nur an einem der beiden Standorte vor.

Eine Sedimentation von Cyanobakterien (Abb. 12 c) lässt sich schon ab April beobachten. Allerdings treten hier mit den koloniebildenden Gruppen *Aphanocapsa*, *Aphanotheca*, *Coelosphaerium* und *Snowella* zuerst Cyanobakterien auf, die nicht die Fähigkeit besitzen, Stickstoff zu fixieren. Sie werden erst zum Sommer hin durch die fädigen, diazotrophen Gattungen *Aphanizomenon* und *Nodularia* abgelöst, die ihre Maxima zwischen Ende Juni und August erreichen. Das lässt sich an der Entwicklung der Stickstoffisotopie verfolgen (Abb. 14), deren Werte zwischen Mai und August kontinuierlich abnehmen und damit einen steigenden Anteil an Stickstoff aus der biologischen Stickstofffixierung anzeigen. Einige ebenso niedrige Werte, die bereits im April auftreten, lassen sich aus der mikroskopischen Analyse des Materials nicht erklären. Hier kann man vermuten, dass lateral eingetragenes, resuspendiertes Material aus dem Sedimentbereich der Beckenränder eine Rolle spielt.

Im Gegensatz zu Diatomeen und Dinoflagellaten dünnt sich das Artenspektrum der Cyanobakterien zum Westen hin aus. In der Gotlandsee wurden zusätzlich zu den im Arkonabecken gefundenen Gruppen noch regelmäßig *Planktolychnya*, *Cyanodictyon*, *Woronichinia* und *Lemmermaniella* beobachtet. Die größeren Grünalgen (Abb. 12 d), wie *Pediastrum*, *Scenedesmus* und *Oocystis* traten nur sporadisch auf und hatten keinen signifikanten Anteil am Partikelfluss. Mit geringen Konzentrationen bildete die Grünalge *Planktonema lauterbornii* einen Hintergrund in der ersten Jahreshälfte 2009.

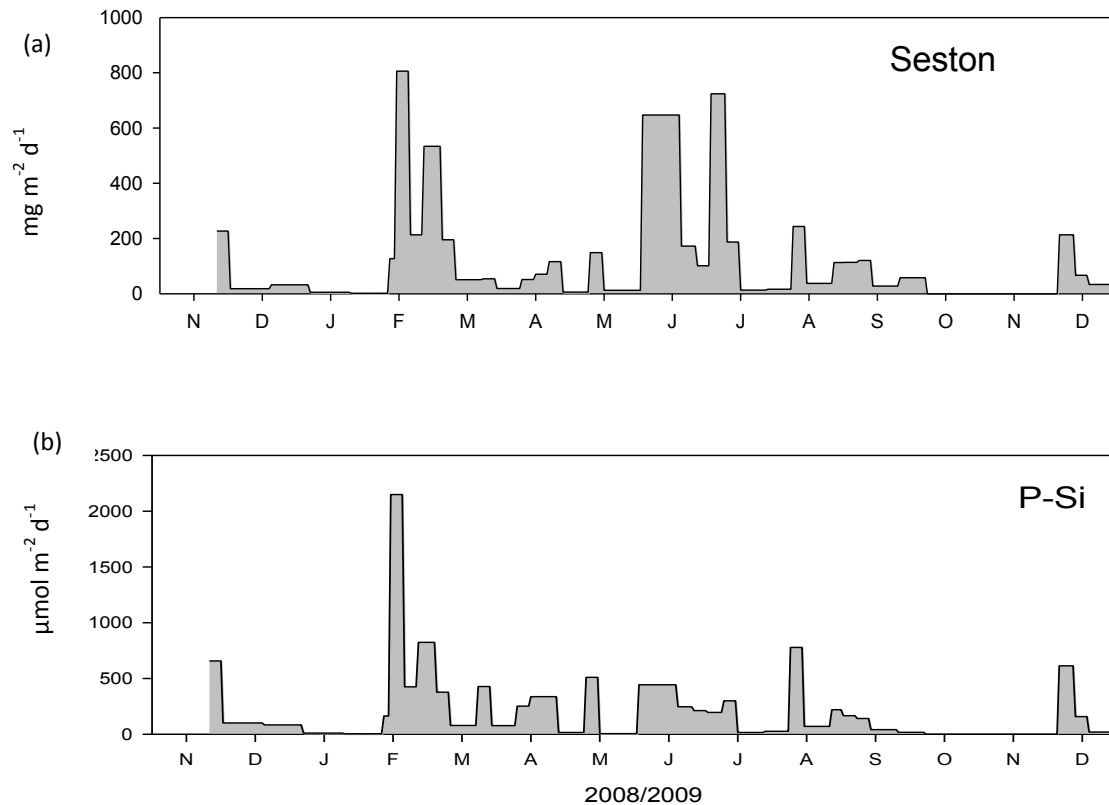


Abb. 13: Tägliche Sedimentationsraten von Seston und partikulärem biogenem Silikat im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2009.

Fig. 13: Daily sedimentation rates of particulate biogenic silicate at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2009

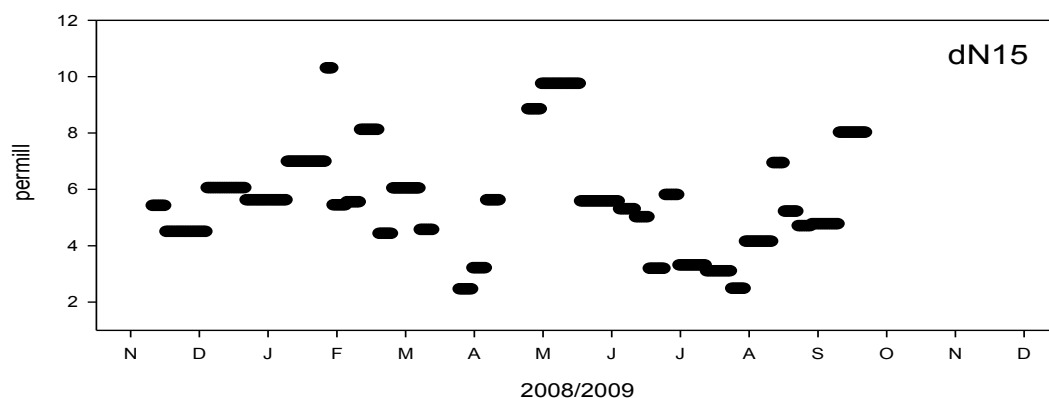


Abb. 14: Isotopie des Stickstoffs (permil delta 15 N) im Fallenmaterial im Jahr 2009.

Fig. 14: Isotopic signature of nitrogen (permil delta 15 N) in sediment trap material in 2009.

Die saisonalen Muster des Vertikaltransportes der Hauptelemente Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor (Abb. 15 a-c) gehen mit der Entwicklung der pelagischen Produzenten, und dabei vor allem mit der von Diatomeen und Cyanobakterien einher. Die Frühjahrs- und die Sommerperiode zeigen im Partikelfluss ähnlich hohe Raten, die zum Herbst hin wieder abnehmen. Trotz der im Arkonabecken geringeren Wassertiefe und der näheren Beckenränder sind die Signale in den Sinkstofffallen im Jahr 2009 gut mit den pelagischen Wachstumsmustern zu erklären. Resuspension benthischen Materials scheint generell nur eine geringe Rolle zu spielen und bildet sich allerdings in einem Ereignis im Februar ab, in dem extrem hohe Werte für SiO_4 und PO_4 für einen hohen Anteil mineralischen Materials sprechen. Diese kurze Phase wurde in der Darstellung der Verhältnisse und der Gesamtbilanz nicht berücksichtigt, da sie das Bild des natürlichen Vertikaltransportes zu sehr überlagert. Insbesondere die hohen Phosphorwerte sprechen für einen hohen Eintrag von normalerweise in der Bodengrenzschicht festgelegten Eisen-Mangan-Phosphoraggregaten. Bis auf diesen kurzen Zeitraum liegen aber die C/P –Verhältnisse (Abb. 16 a) in einem Bereich, der in der Wachstumsphase dem Verhältnis reiner mariner organischer Substanz ($\text{C/P} \sim 100/1$) sehr nahe kommt. Vor allem im Winter und Spätherbst ist dieses Verhältnis wesentlich höher. In diesen Zeiten wird das Material im Pelagial mineralisiert und entsprechend an Phosphorkomponenten abgereichert, während in den Hauptwachstumsphasen eine schnelle Sedimentation erfolgt. Da, im Gegensatz zu der fast 200 m tieferen Verankerung in der Gotlandsee, die Falle im Arkonabecken mit 35 m nur kurz unterhalb der Deckschicht verankert ist, ist ein intensiver Abbau während des Absinkens nicht zu erwarten. In Perioden hohen Partikelflusses wird relativ frisches Material aufgefangen, was sich auch im generellen Unterschied der C/P-Verhältnisse zwischen Arkona- und Gotlandsee zeigt. Bei einem Unterschied der Transportzeiten von Tagen oder Wochen und den schnellen Mineralisationsraten biogener Phosphorkomponenten ist das auch genau so zu erwarten. Insgesamt hatte das über das Jahr gesammelte Material ein C/P-Verhältnis von 163. Das C/N-Verhältnis (Abb. 16 b) zeigt im Gegensatz dazu kaum saisonale Schwankungen, was generell auf einen relativ gleichmäßigen Abbau von Kohlenstoff- und Stickstoffanteilen in der organischen Matrix hindeutet (Gesamtverhältnis $\text{C/N} = 7,5$).

Im quantitativen Bezug zur zentralen Ostsee liegt die Station Arkonasee im Jahr 2008/2009 im unteren Bereich der dort langjährig gemessenen Werte von 4-6 g Kohlenstoff $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$. Der gesamte jährliche vertikale Exportfluss betrug für partikulärem Kohlenstoff 314 mmol, für Stickstoff 41 mmol, für Silikat 74 mmol und für Phosphor 1,9 mmol $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$. Insgesamt wurde ein Massefluss von 45 g Trockenmasse pro Jahr in den Fallen gemessen.

Die Tatsache, dass die Elementflüsse trotz des wesentlich geringeren Sedimentationsweges in einer ähnlichen Größenordnung wie in der Gotlandsee liegen, deutet darauf hin, dass die primären Exporte aus der Deckschicht geringer sind. Das ließe sich mit dem wesentlich geringeren Auftreten der sommerlichen Blüten von diazotrophen Cyanobakterien in der westlichen Ostsee und ihrem geringeren Anteil am Partikelexport erklären. Da bisher nur ein einziger Jahresgang vorliegt, ist dieser Schluss allerdings noch nicht wissenschaftlich belastbar.

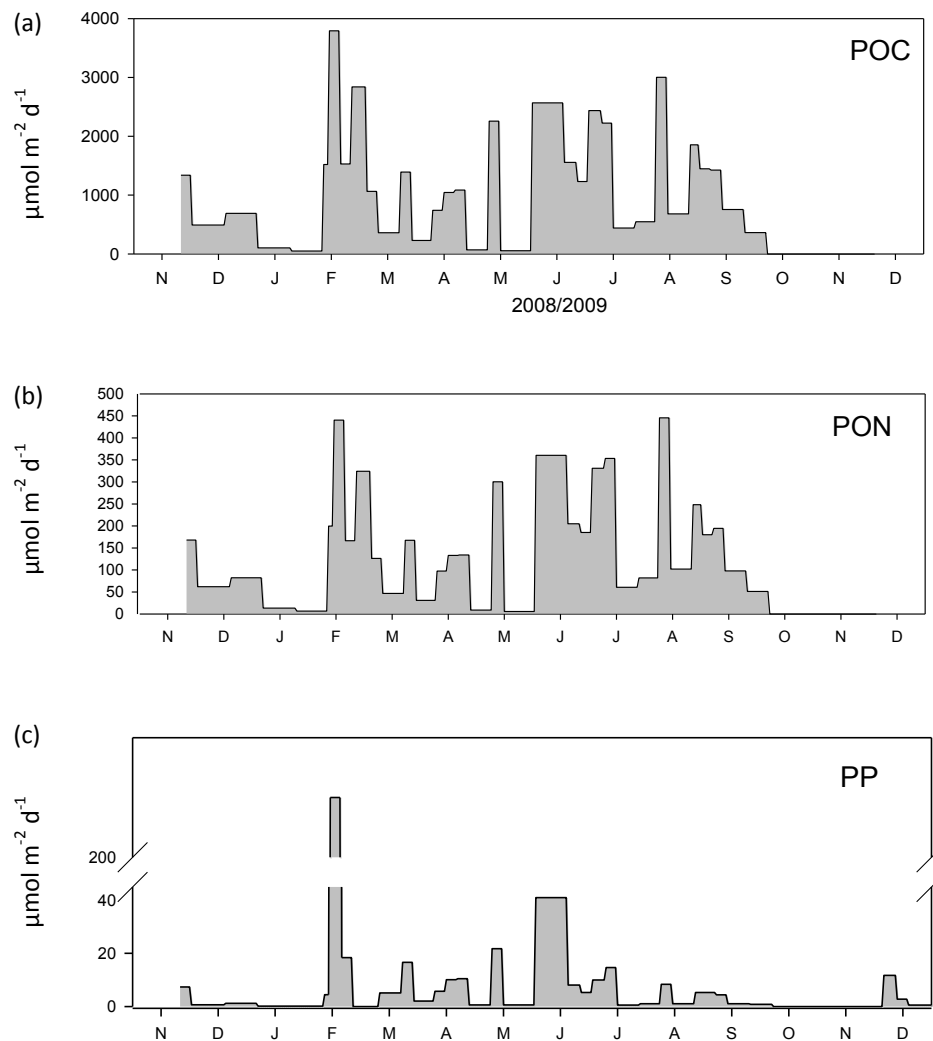


Abb. 15: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Kohlenstoff, partikulärem organischem Stickstoff und partikulärem Phosphor im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2009.

Fig. 15: Daily sedimentation rates of particulate organic carbon, particulate organic nitrogen and particulate phosphorus at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2009.

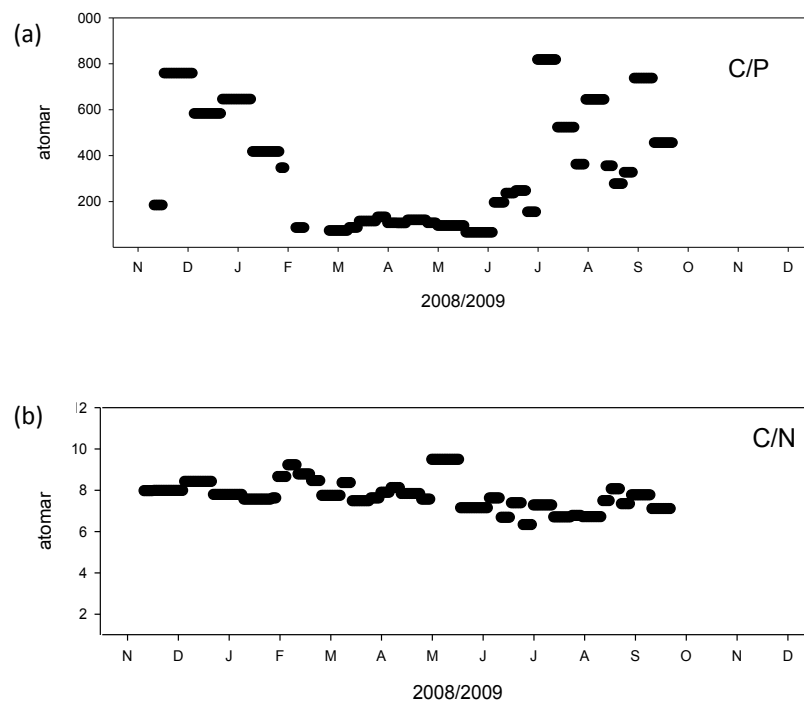


Abb. 16: Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Phosphor (a) und Kohlenstoff zu Stickstoff (b) in Partikeln im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2009.

Fig. 16: Atomic ratio between carbon and phosphorus (a) and carbon and nitrogen (b) in sedimenting particles at at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2009.

3.2 Mesozooplankton

3.2.1 Artenspektrum und Wasseraustausch

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 (WASMUND et al. 2009). Die diesjährige Übersicht ist in Tab. 7 enthalten. Gegenüber dem Vorjahr war eine Zunahme um vier Taxa zu verzeichnen. Dies betraf sowohl marine Vertreter als auch limnische, was für einen im Vergleich zum Vorjahr erhöhten Wasseraustausch spricht. In allen Fällen handelt es sich um geringe Konzentrationen.

Tab. 7

Liste der 2009 gefundenen Taxa mit Erstbeschreibung, taxonomischer Stellung und ITIS – Code (TNS = Taxonomic Serial Number)

Table 7

Compilation of taxa found in 2009 with author and year of original description, taxonomic rank, and ITIS – code (TNS = Taxonomic 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	
Ascidacea		Klasse	158854
<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
<i>Cyclops</i> spp.	O. F. Müller, 1776	Gattung	88640
<i>Daphnia</i> spp.	O. F. Müller, 1785	Gattung	83873
<i>Dyastilis rathkei</i>	(Krøyer, 1841)	Art	90852
Echinodermata	Klein, 1734	Stamm	156857
<i>Euphysa aurata</i>	Forbes, 1848	Art	48976
<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
<i>Limnocalanus macrurus</i>	G.O. Sars, 1883	Art	85775
Lophogastrida	G.O. 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

Folgende Taxa sind dem marinen Spektrum zuzurechnen:

1. Ascidiacea- Larven - sie waren vereinzelt ($1 - 4 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-3}$) im Oktober auf den Station OMBMPN₃ und OMBMPN₁ in der Kieler Bucht bzw. im Fehmarn Belt unterhalb der Haloklinen anzutreffen. Das sind marin lebende, mikrophage Filtrierer, die mit den Thaliacea und Appendicularia zu den Tunicata gerechnet werden.
2. Das zweite Larvenstadium (Brachiolaria) von Seesternen (*Asterias rubens*) - es war vornehmlich im Juli und unterhalb der Haloklinen, auf den Stationen von der Kieler Bucht (OMBMPN₃), über die Mecklenburger Bucht (OMBMPM₂) bis zur Darßer Schwelle (OMBMPK₈) zu finden sowie im Oktober, alleinig in der Mecklenburger Bucht (Tab. 8)

Tab. 8

Verteilung von Brachiolaria- Larvenstadien von Echinodermaten (Asteroidea, *Asterias rubens*).

Table 8

Distribution of Brachiolaria stage of echinoderm larvae (Asteroidea, *Asterias rubens*).

Stationsbezeichnung		Datum	Tiefenstufe [m]	Abundanz [Ind* m^{-3}]
OMBMPN ₃	TF0360	30.01.2009	15-0	1
OMBMPM ₂	TF0012	23.07.2009	12-0	27
			21-12	256
OMBMPM ₂	TF0012	25.07.2009	10-0	47
			21-10	200
OMBMPM ₁	TF0046	23.07.2009	10-0	34
			21-10	47
OMBMPM ₁	TF0046	25.07.2009	8-0	0
			17-8	0,3
			22-17	30
OMBMPK ₈	TF0030	23.07.2009	11-0	0
			19-11	1
OMBMPK ₈	TF0030	25.07.2009	11-0	0
			19-11	1
OMBMPM ₂	TF0012	30.10.2009	11-0	0
			20-11	1

Aus dem limnischen Sektor wurden *Daphnia* spp. und *Limnocalanus macrurus* sporadisch gefunden. In der IOW Datenbank vorhandene *Daphnia* spp.-Funde sind alle mit Beprobungen im Bereich der Pommerschen Bucht (OBBOJE) verbunden, von $16 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-3}$ im

Februar 2004 bis 830 Ind.*m⁻³ im November 2009. Von den anderen Stationen in der westlichen Ostsee gibt es keine verlässlichen Berichte. Die Funde aus dem Oktober 2003 unterhalb der Haloklinen in der Mecklenburger Bucht und in der Arkonasee hatten sich als *Penilia avirostris* herausgestellt (WASMUND et al. 2009). Bei der Probe, die im November 2009 ebenfalls unterhalb der Haloklinen auf der Darsser Schwelle gewonnen wurde, handelte es sich mit Sicherheit um *Daphnia* spp. Da sie jedoch im Anschluss an die erwähnte Oderbank-Bojenprobe (OBBOJE) genommen wurde, ist bei der geringen Konzentration von 2 Ind.*m⁻³ eine Kontamination nicht auszuschließen. Bei *Limnocalanus macrurus* handelt es sich hingegen um sichere Nachweise in der zentralen und südlichen Ostsee. In der Mehrzahl handelt es sich um die Station östlich von Gotland. Dort schwankten die Konzentrationen zwischen 43 Ind.*m⁻³ im Oktober 2003 und 0,1 Ind.*m⁻³ im Oktober 2005 und 2006 sowie im Sommer 2007. Im März 2009 wurden 0,5 Ind.*m⁻³ gemessen. In der südlichen Gotlandsee wurden stets ebenso geringe Werte erzielt, 16 Ind.*m⁻³ im November 1998, und 0,1 Ind.*m⁻³ im Oktober 2005. Mit Ausnahme von zwei Funden in den Jahren 2006 bzw. 2007 waren beide limnisch orientierten Vertretern nur im Winter/Frühjahr und im Spätherbst nachzuweisen. Das spricht für einen vermehrten lateralen Transport, der zu diesen Zeitpunkten durch Süßwasserzufuhr bedingt wird (siehe z.B. EHLIN 1981). Dabei muss es zu thermo-halinen Effekten kommen (DÖÖS et al. 2004), die dazu führen, dass *L. macrurus* bis auf eine Ausnahme nur unterhalb der Dichtesprungschicht zu finden war (Tab. 9).

Tab. 9

Verteilung von *Limnocalanus macrurus* in der zentralen Ostsee zwischen 1998 und 2009.

Table 9

Distribution of *Limnocalanus macrurus* in the Central Baltic Sea between 1998 and 2009 (Datum= date, L Grad= Latitude [dgr], L Minuten= Decimal longitude minutes, B Grad= Longitude [grd], and B Minutes [Decimal latitude minutes]; Tiefe unten= lower depth level, Tiefe oben= upper depth levels; samples were taken using WP2 net (100µm) from lower to upper depth level).

Datum	L Grad	L Minuten	B Grad	B Minuten	Tiefe unten [m]	Tiefe oben [m]	<i>L. macrurus</i> Summe [Ind.*m ⁻³]
09.11.1998	18	23,6040	55	32,7250	90,0	41,0	16,33
15.02.1999	20	5,0440	57	18,5090	60,0	0,0	5,93
13.05.2001	20	2,8580	57	19,3790	231,0	60,0	0,92
20.10.2003	20	2,8603	57	19,1968	60,0	35,0	42,67
30.10.2005	18	24,0920	55	33,0260	80,0	67,0	0,14
30.10.2005	18	24,0920	55	33,0260	67,0	39,0	0,10
31.10.2005	20	3,1155	57	19,1045	140,0	64,0	0,12
31.01.2006	20	2,8399	57	19,1855	65,0	25,0	0,07
23.07.2006	20	2,9926	57	19,2180	225,0	60,0	0,01
31.07.2007	20	2,9340	57	19,2780	125,0	65,0	0,05
27.03.2009	20	2,9770	57	19,1790	130,0	65,0	0,54

Als eine weitere Form von Indikatororganismen beobachten wir seit mehreren Jahren (WASMUND et al. 2004) die Konzentration von *Oithona similis* unterhalb der Haloklinen im Gotlandtief (ohne dass Entwicklungsstadien zusammengefasst wurden). Sie steht für die Lebensbedingungen, die dort von der Erneuerung des Tiefenwassers durch sauerstoffreiches Salzwasser abhängen. Dabei spielt auch dessen Herkunftsort eine Rolle, d.h. je nachdem in welcher Konzentration die Indikatorart an der „Quelle“ aktuell vorkommt (WASMUND et al. 2009). Im Berichtsjahr 2009 lag die Konzentration mit 32 bzw. 14 Ind.*m⁻³ knapp über bzw. um die Hälfte unter der mittleren Konzentration von $28,19 \pm 1,34$ Ind.*m⁻³ (Abb. 17). Die Anzahl der Werte betrug seit 1979 N=139. Maximal wurden im Beobachtungszeitraum 376 Copepoditstadien*m⁻³ im November 2004 registriert, ein Jahr nach dem starken Salzwassereinbruch von 2003 (FEISTEL et al. 2003). Insofern bleibt für 2009 festzustellen, dass im Pelagial unterhalb der Haloklinen biotische Bedingungen herrschten, sich diese jedoch deutlich unter dem Wert von 2004 befanden. Eine Verbesserung würde 2010 dann zu erwarten sein, wenn sich die 2009er Einstromergebnisse (NAUSCH et al. 2010) bis in die tiefen Becken auswirken sollten.

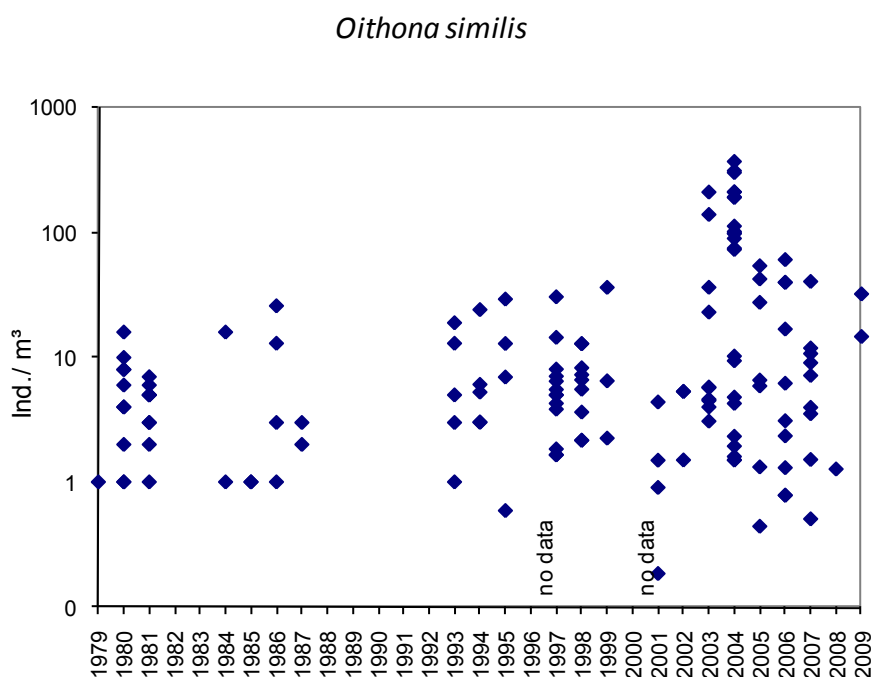


Abb. 17: *Oithona similis* - Abundanz unterhalb der Haloklinen des Gotlandtiefs zwischen 1979 und 2009.

Fig. 17: *Oithona similis* abundance below the halocline east of Gotland Island between 1979 and 2009.

3.2.2 Invasive Arten: *Mnemiopsis leidyi* und andere

Nachdem *M. leidyi*, eine lobate Ctenophore, im Herbst 2006 von der amerikanischen Ostküste in der Kieler Bucht und in der Mecklenburger Bucht mit bis zu 5 Ind.* m⁻³ überwinterte (KUBE et al. 2007a), wurde bekannt, dass mit dieser Art hauptsächlich in der zweiten Jahreshälfte zu rechnen ist (KUBE et al. 2007b). Im Jahre 2009 begann diese Phase im August, wobei die Spitzenwerte in der Summe über alle Größenklassen zwei Monate später erreicht wurden (KUBE und AUGUSTIN, persönliche Mitteilung). Sie lagen in der westlichen Ostsee um eine Größenordnung unter den von JAVIDPOUR (2008) im Juni 2007 in der Kieler Bucht gemessenen 500 Ind.*m⁻³. Auf der Darßer Schwelle verringerte sich die höchste Konzentration um eine weitere Größenordnung. Das bestätigt den 2007 festgestellten West-Ost Gradienten in der Verteilung (KUBE et al. 2007b).

Die 2008 erstmals im Hafen von Aarø am Kleinen Belt verzeichnete marine Cladocereart *Penilia avirostris* war zumindest zu den Terminfahrtzeitpunkten nicht Teil des Planktons. Sie wurde für die Nordsee als deutliches Signal für den Klimawandel gewertet (JOHNS et al. 2005).

3.2.3 Zooplankton-Abundanzrückgang seit Anfang der neunziger Jahre und die Bedeutung der Ohrenqualle (*Aurelia aurita*) für zwischenjährliche Schwankungen

Der Rückgang in der Gesamtabundanz des Mesozooplanktons gegenüber der Periode in den frühen 90er Jahren blieb in der Tendenz erhalten. Abgesehen von den Jahren mit außergewöhnlich hoher Abundanz (1991-1995; 2002), schrumpfte die Summe der Maxima aller berücksichtigten Taxa in den letzten zehn Jahren von 500,000 (1999) auf 300,000 Ind.*m⁻³. Das ist eine Reduktion auf 60%. Dabei fielen besonders Abnahmen im Bereich der mikrophagen Rotatorien und Cladoceren ins Gewicht (Tab. 10, Abb. 18).

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. 11). Im Jahre 2006 halbierte sich diese Konzentration im Vergleich zu den übrigen Jahren. Die Schwankungen im Bereich der calanoiden Copepoden betrafen nicht alle Taxa gleichermaßen. Während speziell für die großen Vertreter (*Pseudocalanus* spp.) ein Rückgang beklagt wurde (MÖLLMANN et al. 2000, MÖLLMANN und KÖSTER 2002, FLINKMAN und POSTEL 2009), war die kleinere Art *Temora longicornis* wiederholt die dominierende Gruppe (Tab. 11). Innerhalb der *Acartia*-Gattung wurden bei *A. bifilosa* und *A. longiremis* gegenläufige Tendenzen sichtbar. Der Anteil an *A. bifilosa* nahm seit 2003/2004 deutlich ab, zugunsten von *A. longiremis*. Seit 2008/2009 kehrt sich das Verhältnis wieder um (Abb. 19). Dieser Umstand ist von Interesse, weil beide Arten unterschiedliche Verbreitungsgrenzen haben, *A. longiremis* in der westlichen und offenen Ostsee und *A. bifilosa* bis fast in den Süßwasserbereich. Außerdem unterscheidet sich der Jahresgang leicht. Insofern betrifft dies speziell Fragen der Synchronisation im Nahrungsnetz.

Tab. 10

Maximale Abundanz von fünf holoplanktischen (Rotatoria, Cladocera, Clanoidea, Cyclopoida, Appendicularia) und drei meroplanktischen Gruppen (Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda) aus allen im Jahre 2009 gewonnenen Proben, im Vergleich mit den Jahren 1991–95 und den Ergebnissen seit 1999. Die unterste Zeile erlaubt den relativen Vergleich zum Zeitraum 1991–95.

Table 10

Abundance maximum of five holoplanktonic (Rotatoria, Cladocera, Calanoida, Cyclopoida, Appendicularia) and three meroplanktonic taxa (Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda) of all samples collected in 2009 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 last row.

Taxa	1991-1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Rotatoria	500000	101500	350000	135000	124000	152700	264000	92500	6100	166600	99847	140087
Cladocera	245000	357900	60000	130000	564600	116600	7200	55638	375600	32229	141935	66041
Calanoida C6	68000	24800	30400	25900	31600	30400	24940	36600	12000	15673	26443	26975
Cyclopoida C6	14000	8533	8000	9500	4700	35300	22800	15935	2300	6345	4551	22978
Appendicularia	8000	4700	3500	12000	13800	8300	8900	7540	9050	4176	10065	8476
Polychaeta - Larven	5000	3500	3000	2000	3900	53800	17600	38274	5700	53333	26953	14694
Bivalvia - Larven	4000	10200	9000	28000	12100	37300	24500	8459	19400	24635	31381	6258
Gastropoda - Larven	500	900	800	1300	2200	2000	900	2398	1100	934	514	3499
Summe	844500	512033	464700	343700	756900	436400	370840	257344	431250	303925	341689	289009
	1,0	0,6	0,6	0,4	0,9	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3

Tab. 11

Maximale Abundanz von sieben calanoiden Copepoden-Gattungen bzw. -Arten aus allen im Jahre 2009 gewonnenen Proben im Vergleich mit den Situationen aus den Jahren 1995 und ab 2000.

Table 11

Maximum abundance of seven calanoid copepods species and genera, respectively from all samples of 2009 in comparison to 1995 and to the period beginning with 2000.

Calanoide Copepods (Adulti)	Maximale Abundance [Ind. * m ⁻³]										
	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<i>Acartia tonsa</i>	11 000	2 000	2 000	3 400	2 100	340	2 600	200	900	300	2 300
<i>Acartia bifilosa</i>	6 500	4 100	9 100	10 900	8 700	2 000	3 000	2 100	1 700	1 600	2 500
<i>Acartia longiremis</i>	5 000	5 500	4 000	3 500	1 300	4 600	12 400	2 800	13 000	9 600	4 000
<i>Temora longicornis</i>	4 000	12 000	4 500	9 300	8 200	4 500	11 800	2 000	8 700	10 500	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	7 000
<i>Pseudocalanus</i> spp.	1 000	3 600	3 300	1 200	3 300	1 100	3 200	2 500	800	1 000	5 000
<i>Eurytemora affinis</i>	100	200	1 400	1 300	600	400	250	400	140	1 400	60
Total	29 100	30 400	25 900	31 600	30 400	24 940	36 600	12 000	26 640	26 500	31 360

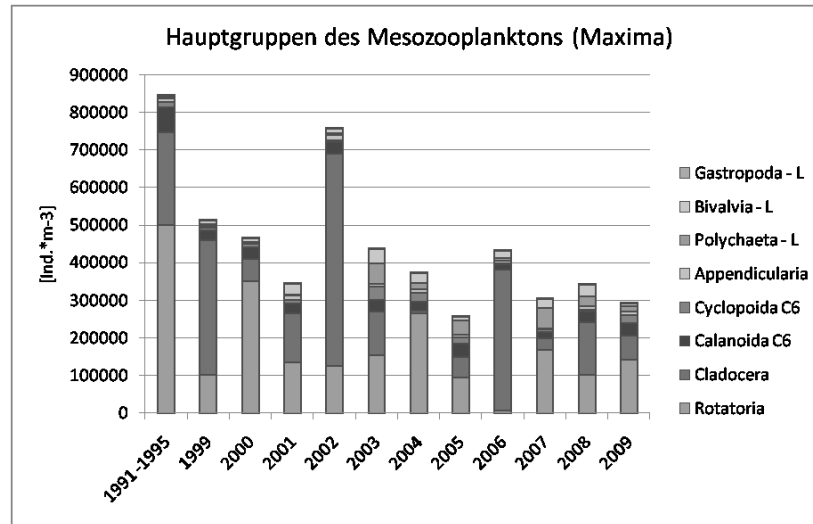


Abb. 18: Verlauf der Abundanzmaxima von fünf holoplanktischen Taxa (Rotatoria, Cladocera, Calanoida, Cyclopoida, Appendicularia) und drei meroplanktischen Taxa (Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda) seit Beginn der neunziger Jahre laut Tabelle 10.

Fig. 18: Course of total abundance maxima of five holoplanktonic taxa (Rotatoria, Cladocera, Calanoida, Cyclopoida, Appendicularia) and three meroplanktonic taxa (Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda) since the beginning of the nineteen nineties according to Table 10.

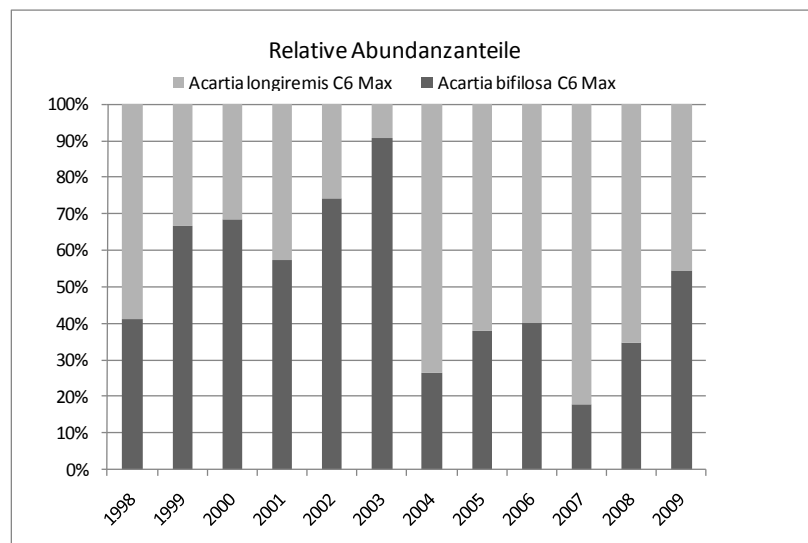


Abb. 19: Relative, zwischenjährliche Veränderungen im Verhältnis des Auftretens von *A. bifilosa* und *A. longiremis* zwischen 1998 und 2009, basierend auf jährlichen Abundanz-Maxima (Max) der Adulti (C6 Stadien) oberhalb der thermohalinen Sprungschichten in der zentralen Arkonasee (Station OMBMPK5).

Fig. 19: Interannual variability in the relative occurrence of *A. bifilosa* and *A. longiremis* between 1998 and 2009 basing on annual abundance maxima (Max) of adults (C6 stages) above the thermohaline discontinuity layers in central Arkona Sea (station OMBMPK5).

Neben dem Abundanz- Rückgang seit den 1990er Jahren, der bei den mikrophagen Taxa mit einer reduzierten Eutrophierung einhergeht (WASMUND et al. 2006, 2007, 2008, 2009; FLINKMAN und POSTEL 2009), richtete sich die Zooplanktonforschung im Ostseeraum ferner auf Fragestellungen zum Klimawandel, zum Nahrungsnetz, zur Vermehrungsstrategie der Arten und auf Aspekte im Zusammenhang mit fischereirelevanten Fragestellungen. Im Rahmen unsere Berichterstattung konzentrierten wir uns auf auffällige Ereignisse in zwischenjährlichen Vergleichen. So machten wir neben dem erwähnten Aspekt des Abundanz- Rückganges auf die Wirkung eingeschleppter Arten aufmerksam, speziell auf die Wirkung der räuberisch lebenden, ponto-kaspischen Wasserflohart *Cercopages pengoi* auf die Konzentration von *Bosmina* spp. in der zentralen Ostsee (WASMUND et al., 2005, 2006). Ihr Auftreten ging mit einer Dezimierung des *Bosmina* spp. Bestandes einher. Das ließ sich aus der Gegenüberstellung der maximalen Oberflächentemperatur und der *Bosmina* spp.-Konzentration ablesen, bei der in den Jahren mit auffälliger *Cercopages pengoi*-Präsenz deutlich geringere Werte zu verzeichnen waren als nach den Temperaturbedingungen zu erwarten waren (z.B. WASMUND et al., 2009, Abb. 18). Problematisch dabei ist, dass sowohl *Bosmina* spp. als auch *Cercopages pengoi* zur Nahrungsquelle der Sprotten (*Sprattus sprattus*) gehören. Verlängert sich der Weg der Nahrung über *Cercopages pengoi* um eine Stufe, bedeutet das an dieser Stelle einen Energieverlust von 90%, wie in der klassischen Literatur angenommen wird.

In diesem Bericht soll sich, angeregt durch die zwischenjährlichen Variationen der Abundanz aller Taxa (Tab. 10) auf die möglichen Ursachen und Wirkungen des Vorkommens von Quallen (*Aurelia aurita*) konzentriert werden. Den Quallen-Aspekt einzubeziehen, erlaubt ein Datensatz vom v.-Thünen-Institut für Ostseefischerei, Rostock (Dr. GÖTZE und Dr. GRÖHSLER). Die Angaben sind ein wertvolles Nebenprodukt jährlicher hydroakustischer Erfassungen pelagischer Fischbestände in der westlichen Ostsee. Sie basieren auf Netzproben. Die Details sind der Diplomarbeit von Sarah Baumann (BAUMANN, 2010) zu entnehmen, auf deren Initiative hin der Datensatz publik wurde.

Aurelia aurita hat ihre Maximum-Konzentration von Juni bis August in der Kieler Bucht (SCHNEIDER 1989, SCHNEIDER und BEHREND 1994) und im Herbst in der polnischen Fischereizone (JANAS und WITEK 1993). Die Zeitdifferenz im Jahresgang kann auf den erforderlichen Transportzeiten beruhen, denn die Bildung der Ephyra-Larven soll auf die westliche Ostsee beschränkt sein (BARZ et al. 2006). Unser Untersuchungsgebiet ist im östlichen Bereich der deutschen AWZ, der Arkonasse, angesiedelt. Insofern wird die höchste Konzentration zwischen den genannten Terminen, im August/September zu erwarten sein. Die Beprobung fand jeweils Ende September/Anfang Oktober, also nach dem jahreszeitlichen Peak, statt, was bei der Bewertung der absoluten Zahlen berücksichtigt werden müsste.

Die Mittelwerte im Medusen-Bestand unterlagen zwischenjährlichen Schwankungen, die über einige Jahre mit den Veränderungen in der maximalen Mesozooplankton-Konzentration (Tab. 10) einhergingen und in anderen nicht (Abb. 20). Das kann in den raumzeitlichen Unterschieden in der Datenerhebung die Ursache haben, denn die Maxima der Zooplankton-Abundanz beziehen sich auf den gesamten Probensatz im jeweiligen Berichtsjahr und die Medusenmenge nur auf die Arkonasee. Im Folgenden wurde dieser

Faktor berücksichtigt, zumindest durch die Wahl des gleichen Seegebietes sowohl für die Zooplanktonabundanz und Umweltparameter als auch für die Quallen- Konzentration. Bei der Gegenüberstellung von Mesozooplankton und dem gelatinösem Plankton wurden zwei Datenbereiche erkennbar (Abb. 21). Über alle Daten ist eine positive Tendenz erkennbar: je höher die Planktonabundanz, umso mehr Quallen. Aber die Bereiche jeweils für sich genommen, sind die Zusammenhänge negativ. Hier kommt ein Fraßdruck der Medusen auf das Mesozooplankton, ein „top down“ Effekt, zum Ausdruck.

Bei geringeren Quallen-Konzentrationen ist deren „Nettoverbrauchsrate“ interessanterweise kleiner, d.h. der Abfall im Trend geringer, als bei der höheren Konzentration. Die Zusammenhänge sind wegen der geringen Anzahl der jeweiligen Mittelwerte statistisch nur schwach signifikant ($p < 0.2$ bei der geringeren *Aurelia*- Konzentrationen bzw. $p < 0.1$ bei den höheren).

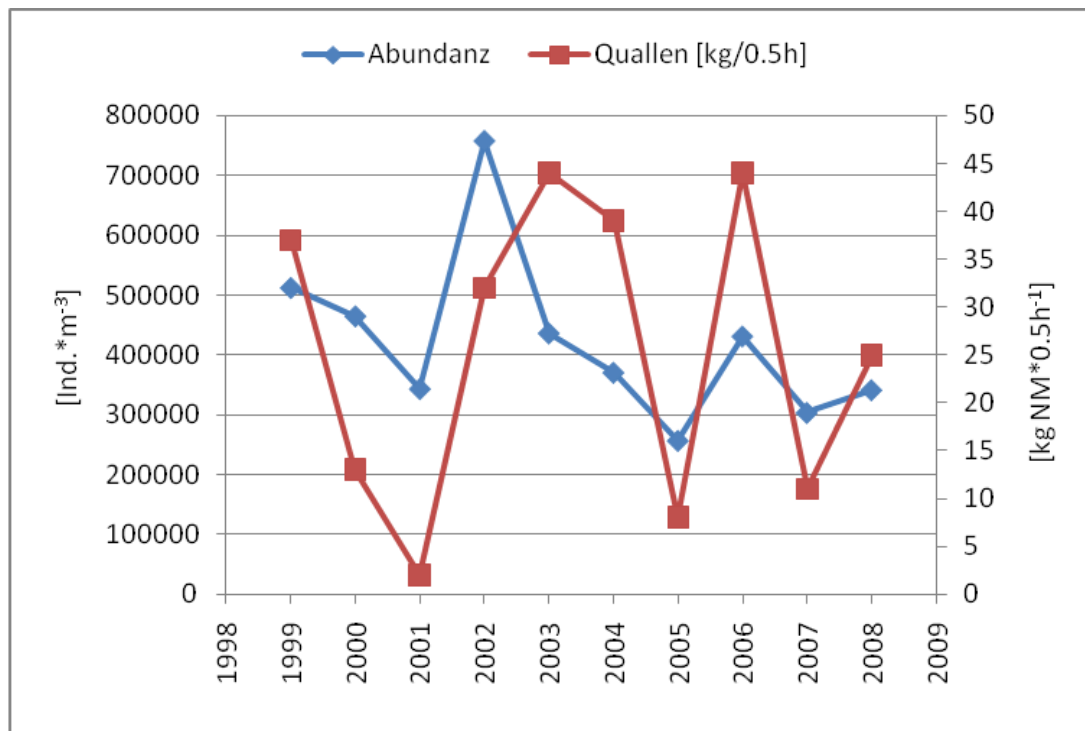


Abb. 20: Verlauf der Summe der maximalen Mesozooplankton-Abundanzen im Untersuchungsgebiet laut Tab.10 und der mittleren Konzentration der Ohrenquallen (*Aurelia aurita*) in der Arkonasee nach Werten von GÖTZE und GRÖHSLER (vT Institut für Ostseefischerei, Rostock) in kg Nassmasse pro 0.5 Stunden Schleppdauer des Netzes.

Fig. 20: Course of total abundance maxima of mesozooplankton according to Table 10 and of the average concentration of moon jellies (*Aurelia aurita*) in the Arkona Sea after data provided by GÖTZE and GRÖHSLER (vT Institut für Ostseefischerei, Rostock) in kg wet mass per 0.5 hours towing the fishing gear.

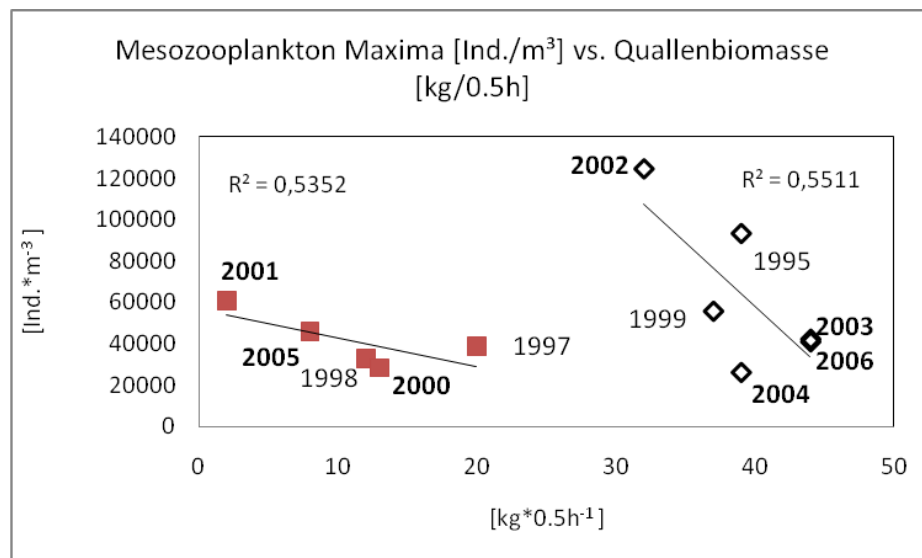


Abb. 21: Vergleich jährlichen Mesozooplankton-Abundanz-Maxima oberhalb der thermohalinen Sprungschichten in der zentralen Arkonasee (Station OMBMPK5) und der mittleren Konzentration der Ohrenquallen (*Aurelia aurita*) in der Arkonasee nach Werten von GÖTZE und GRÖHSLER (vT Institut für Ostseefischerei, Rostock) in kg Nassmasse pro 0.5 Stunden Schleppdauer des Netzes.

Fig. 21: Comparison of annual abundance maxima of mesozooplankton above the thermohaline discontinuity layers in central Arkona Sea (station OMBMPK5) and of the average concentration of moon jellies (*Aurelia aurita*) in the Arkona Sea after data provided by GÖTZE and GRÖHSLER (vT Institut für Ostseefischerei, Rostock) in kg wet mass per 0.5 hours towing the fishing gear.

Bei beiden Datengruppen scheint sich mit steigender Quallen-Konzentration der Fraßdruck auf das Mesozooplankton zu erhöhen, jedoch auf unterschiedlichem Niveau. Wodurch ergaben sich die Gruppierungen? In der Literatur findet man Hinweise sowohl auf Salzgehalts- als auch auf Temperaturunterschiede, die sich auf die Ephyra-Larvenproduktion (Strobilation der Polypen) im Herbst und Winter bzw. auf das Wachstum der Medusen im Sommer auswirken (für Übersichten siehe HOLST 2008, BAUMANN 2010). Die Strobilation wird speziell durch plötzliches Absenken der Temperatur indiziert. Dieser Effekt wird auch bei der Zucht von *Aurelia aurita* z.B. im Aquarium des Berliner Zoos genutzt.

Entsprechend einer Korrelationsanalyse der über die Zooplankton-Fangtiefe gemittelten Daten von Temperatur, Salzgehalt und Chlorophyll-a-Gehalt zeigte sich, dass die Minimumtemperatur und die Quallen-Konzentration die höchste (negative) Korrelation aufwiesen ($p < 0.01$), gefolgt vom negativen Zusammenhang zum Jahresminimum des Salzgehaltes ($p < 0.1$). Der Zusammenhang zur Jahresmaximum-Temperatur war positiv aber

nicht signifikant, ebenso die Vergleiche mit den maximalen Chlorophyll a- Mengen. Das heißt, die Wintertemperatur ist vermutlich entscheidender als die Sommertemperatur für die Menge der Medusen und je geringer der Salzgehalt, umso weniger Medusen. Während letzteres bekannt ist, dürfte der erste Fakt ein interessanter Befund sein.

In Abb. 22 wird die Nassmasse der Medusen pro Zeiteinheit der Minimum- und der Maximum-Temperatur gegenübergestellt. Hier zeigt sich, dass die höheren Quallen- Mengen ($>40\text{kg}\cdot 0.5\text{h}^{-1}$) mit niedrigeren Minimal- bzw. Wintertemperaturen zusammenfallen, während bei höheren Wintertemperaturen ($>2-3^\circ\text{C}$) die Sommerbedingungen ($>18-19^\circ\text{C}$) nur einen gewissen Ausgleich erbringen können ($>20-30\text{kg}\cdot 0.5\text{h}^{-1}$). Ansonsten blieben die Beträge unter diesen Mengen. Da die Wassertemperaturen im Jahr schnell zu ermitteln sind und zumeist schon in den Fahrtberichten ihren Niederschlag finden, sollten sich die Bedingungen für einen Quallensommer aufgrund dessen abschätzen lassen.

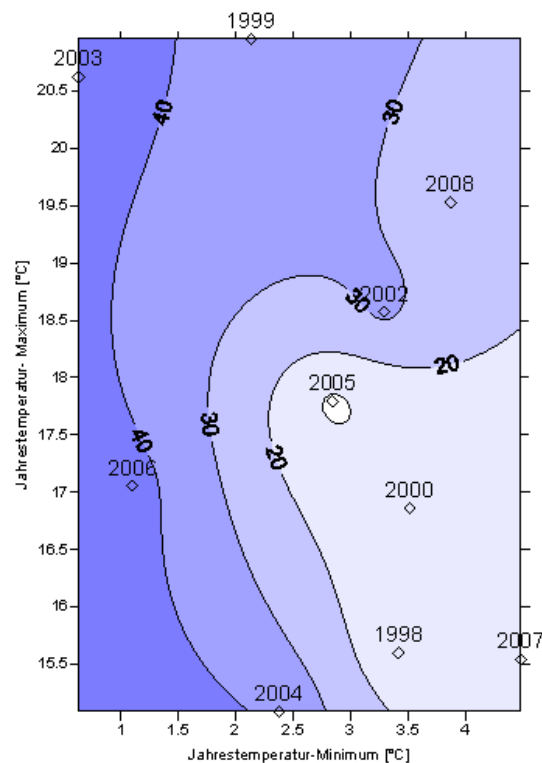


Abb. 22: Mittlere Konzentration der Ohrenquallen (*Aurelia aurita*) in der Arkonasee nach Werten von Götze und Gröhsler (vT Institut für Ostseefischerei, Rostock) in kg Nassmasse pro 0.5 Stunden Schleppdauer des Netzes im Vergleich zu den jährlichen Temperaturminima und –maxima (Mittelwerte über die Schicht oberhalb der thermohalinen Sprungschichten in der zentralen Arkonasee, Station OMBMPK5)

Fig. 22: Average concentration of moon jellies (*Aurelia aurita*) in the Arkona Sea after data provided by Götze und Gröhsler (vT Institut für Ostseefischerei, Rostock) in kg wet mass per 0.5 hours towing the fishing gear in comparison to annual temperature minima and maxima of averages calculated for the layer above the thermohaline discontinuity layers in central Arkona Sea (station OMBMPK5)

Allerdings kommen leider noch weitere Faktoren hinzu, wie das Nahrungsangebot. Ein Blick auf die Jahre, die in den beiden Wertegruppen der Abb. 21 enthalten sind und der Vergleich mit der wechselnden Dominanz einzelner Mesozooplanktongruppen von Jahr zu Jahr in Tab. 10 zeigen, dass in Jahren mit höherer Quallen-Konzentration im Mittel die Cladoceren im Vergleich zu den Rotatorien überwiegen (Abb. 23). Beide Gruppen bringen es wegen der parthenogentischen Vermehrungsweise in kurzer Zeit zu Massenentwicklungen, die Rotatorien schon im Frühjahr und die Cladoceren erst im Juli/August (WASMUND et al. 2001). So treffen Cladoceren-Maximum und erhöhter Nahrungsbedarf der Medusen eher zusammen, nicht aber im Fall der Rotatorien.

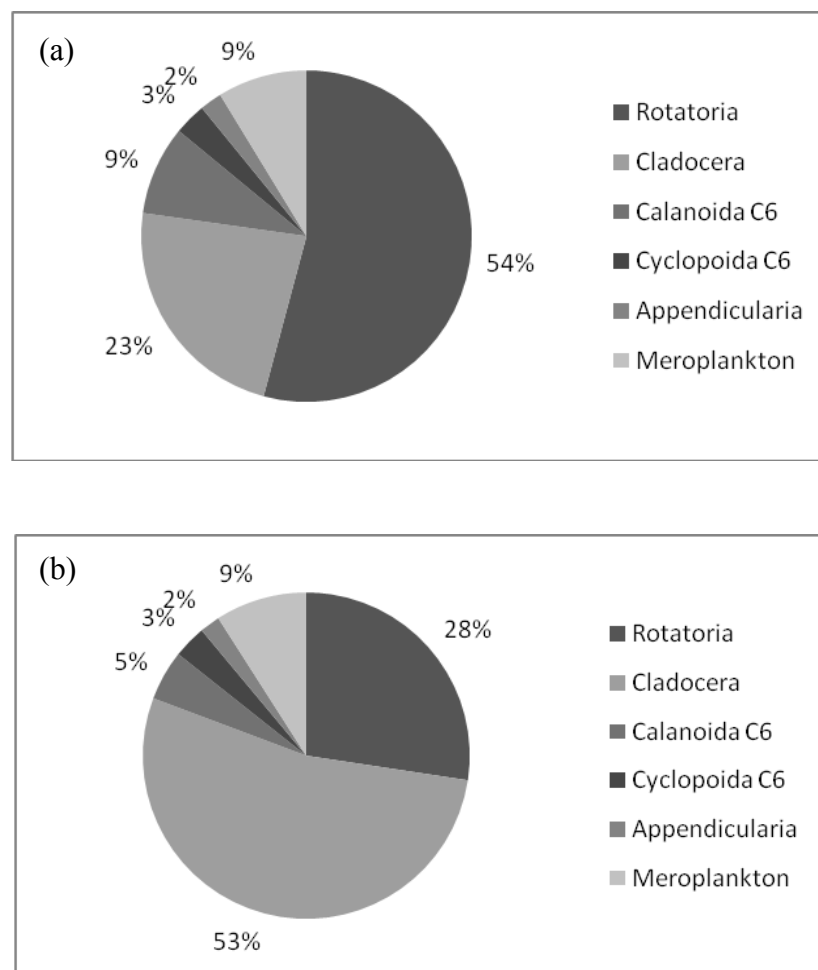


Abb. 23: Relative Abundanz von fünf holoplanktischen Taxa (Rotatoria, Cladocera, Calanoida, Cyclopoida, Appendicularia) und meroplanktischen Larven laut Tabelle 10, jeweils gemittelt für die Jahre 2000, 2001 und 2005 (a) bzw. für die Jahre 2002, 2003, 2004, und 2006 (b).

Fig. 23: Relative abundance of five holoplanktonic taxa (Rotatoria, Cladocera, Calanoida, Cyclopoida, Appendicularia) and meroplanktonic larvae according to Table 10, averaged over years 2000, 2001 und 2005 (a) and 2002, 2003, 2004, und 2006 (b) respectively.

3.3 Makrozoobenthos

3.3.1 Sedimente

An den 8 Monitoringstationen wurden Sedimentproben aus einem separaten van-Veen-Greifer zur Analyse der Korngröße und des organischen Gehaltes genommen. Außerdem wurden Begleitparameter wie Sauerstoffgehalt und Salzgehalt im bodennahen Wasser mit der CTD bestimmt (Tab. 12).

Tab. 12

Abiotische Parameter an den 8 Monitoringstationen im Herbst 2009 (Org=Organischer Gehalt im Sediment in %, KG=mittlere Korngröße in μm , O_2 =Sauerstoffgehalt im bodennahen Wasser in ml/l, S=bodennaher Salzgehalt in psu).

Table 12

Abiotic parameters at 8 monitoring stations in autumn 2009 (org=organic content of sediment in %, KG=mean grain size in μm , O_2 =oxygen content of near bottom water in ml/l, S=salinity at near bottom water in psu).

Station	Org %	KG (μm)	O_2 mg/l	S psu	Sedimentansprache an Bord
OMBMPN3	0,67	336	4,34	22	Mittelsand mit Schlick
OMBMPN1	2,10	178	4,01	21,2	schlickiger Sand
OMBMPM2	10,37	33	4,16	18,5	Schlick
OM18	2,06	91	5,57	17,9	schlickiger Sand
OMBMPK8	0,26	227	6,71	9,5	Fein- und Mittelsand
OMBMPK4	13,08	19	3,63	17,7	Schlick
OMBMPK3	0,42	244	4,63	12,8	Fein- und Mittelsand
OM160	0,16	196	7,86	6,86	Feinsand

3.3.2 Makrozoobenthos an den Stationen

Im Oktober/November 2009 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 140 war die Artenzahl im Vergleich zu den Jahren 1991 bis 2008 nach 2006 (144 Arten) die zweithöchste (vgl. WASMUND et al. 2009 sowie Tab. A3 und Abb. 24). Die Station OMBMPN3 in der Kieler Bucht stellte sich erwartungsgemäß als die artenreichste im gesamten Untersuchungsgebiet heraus. 91 Taxa konnten dort nachgewiesen werden. Es wurde an keiner Station eine Artenreduktion festgestellt, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass es im Sommer 2009 keinen Sauerstoffmangel gab.

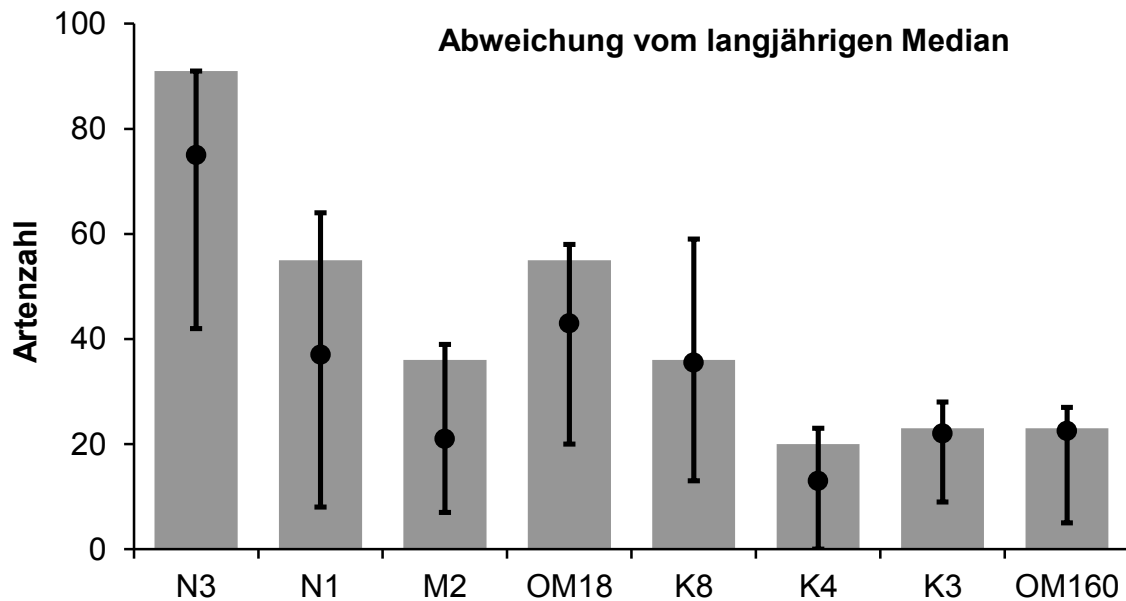


Abb. 24: Artenzahlen (Säulen) des Makrozoobenthos an 8 Monitoring-Stationen im Oktober/November 2009. Die Medianwerte der Jahre 1991 bis 2009 sind als Punkte und die Minimal- und Maximalwerte als Intervall dargestellt. Die Stationen sind von West (Kieler Bucht=N3) nach Ost (Pommernbucht=OM160) aufgetragen.

Fig. 24: The species number (columns) of macrozoobenthos at 8 monitoring stations in October/November 2009. The median values of the years 1991 to 2009 are shown as dot and the minimum and maximum values are indicated as interval. The stations are drawn from west (Kiel Bight=N3) to east (Pomeranian Bay Sea=OM160).

Vergleicht man die langjährigen Meridianwerte der beobachteten Artenzahl je Station, so stellt man fest, dass in den westlichen Seegebieten (Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht) die aktuelle Diversität höher liegt. Auch in der Arkonasee wurde dieses Phänomen beobachtet (Abb. 24). Hingegen lagen die diesjährigen Werte an der Darßer Schwelle und in der Pommernbucht genau im langjährigen Durchschnitt. An keiner der untersuchten Stationen wurde eine Artenreduktion in Folge von Sauerstoffmangel beobachtet, so wie es in den Jahren 2002, 2005 und teilweise auch 2008 nachgewiesen wurde.

In der Abb. 25 sind sowohl die Taxa erfasst, die 2009 an den 8 Stationen gefunden wurden als auch die seit 1991 durchgeführten Untersuchungen insgesamt gefundenen Arten. Als artenreichste Gruppen (nicht nur 2009) stellten sich die Annelida (Polychaeta und Oligochaeta) mit 85 Arten heraus. 2009 wurden 57 Arten identifiziert. Weitere artenreiche Gruppen im Jahr 2009 waren die Mollusca (29), Crustacea (19) und Bryozoa (9).

Die Abundanzen variierten je nach Seegebiet zwischen 650 und 10.000 Ind. $\cdot m^{-2}$ (Abb. 26). Die höchsten Werte wurden in der Kieler Bucht und in der Pommernbucht registriert. Die dominanten Arten an den Stationen waren jeweils verschieden.

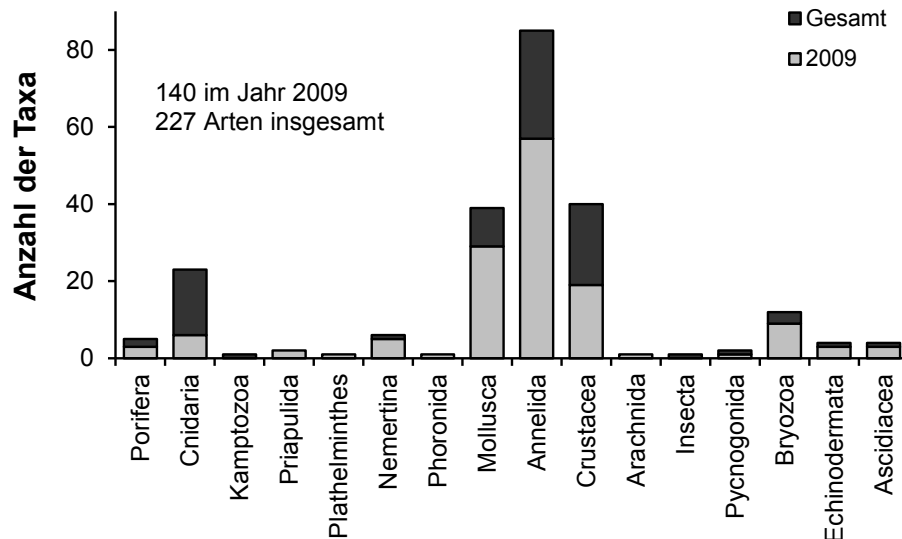


Abb. 25: Taxonomische Aufschlüsselung aller Makrozoobenthos-Vertreter, die während des Monitorings im Oktober/November 2009 an den 8 Stationen gefunden wurden. Zusätzlich ist die Gesamtartenzahl für den Zeitraum 1991 bis 2009 angegeben.

Fig. 25: Taxonomical classification of macrozoobenthos at 8 monitoring stations in October/November 2009. The species number of the whole monitoring from 1991 to 2009 is also indicated.

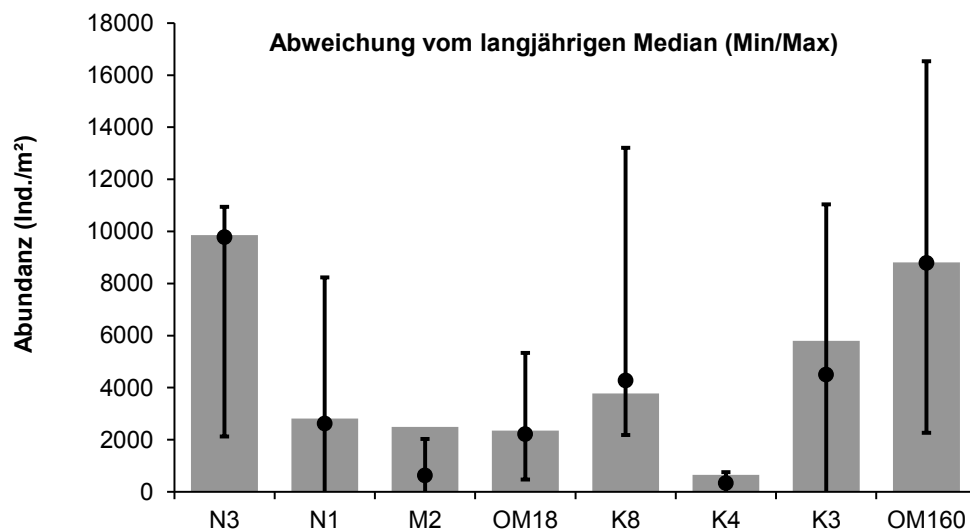


Abb. 26: Gesamtabundanzen (Säulen) des Makrozoobenthos an 8 Monitoring-Stationen im Oktober/November 2009. Die Medianwerte der Jahre 1991 bis 2009 sind als Punkte und die Minimal- und Maximalwerte als Intervall dargestellt.

Fig. 26: Total abundances (columns) of macrozoobenthos at 8 monitoring stations in October/November 2009. The median values of the years 1991 to 2009 are shown as dot and the minimum and maximum values are indicated as interval.

Welche Art in den Seegebieten jeweils dominant war, variierte sehr stark. Während in der Kieler Bucht (OMBMPN₃) die Muscheln *Kurtiella bidentata*, *Parvicardium ovale* und *Abra alba*, der Polychaet *Pholoe assimilis* und die Seescheide *Dendrodoa grossularia* über 50 % der Dichte ausmachten, waren in der Pommernbucht (OM160) die Wattschnecke *Hydrobia ulvae* und die Muscheln *Mytilus edulis* und *Cerastoderma glaucum* für die hohen Abundanzen verantwortlich. Im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) und der Mecklenburger Bucht (OMBMPM₂, OM18) dominierten v.a. die Muschel *Abra alba* sowie die Polychaet *Lagis koreni* sowie der Cumacee *Diastylis rathkei*. An der Darßer Schwelle (OMBMPK₈) traten die Wattschnecke *H. ulvae* und der Polychaet *Travisia forbesii* dominant auf. In der nördlichen Pommernbucht (OMBMPK₃) waren es der Polychaet *Pygospio elegans* und die Baltische Plattmuschel *Macoma balthica*. In der zentrale Arkonasee (OMBMPK₄) erreichten die Polychaeten *Ampharete baltica* und *Scoloplos armiger* die höchsten Abundanzen.

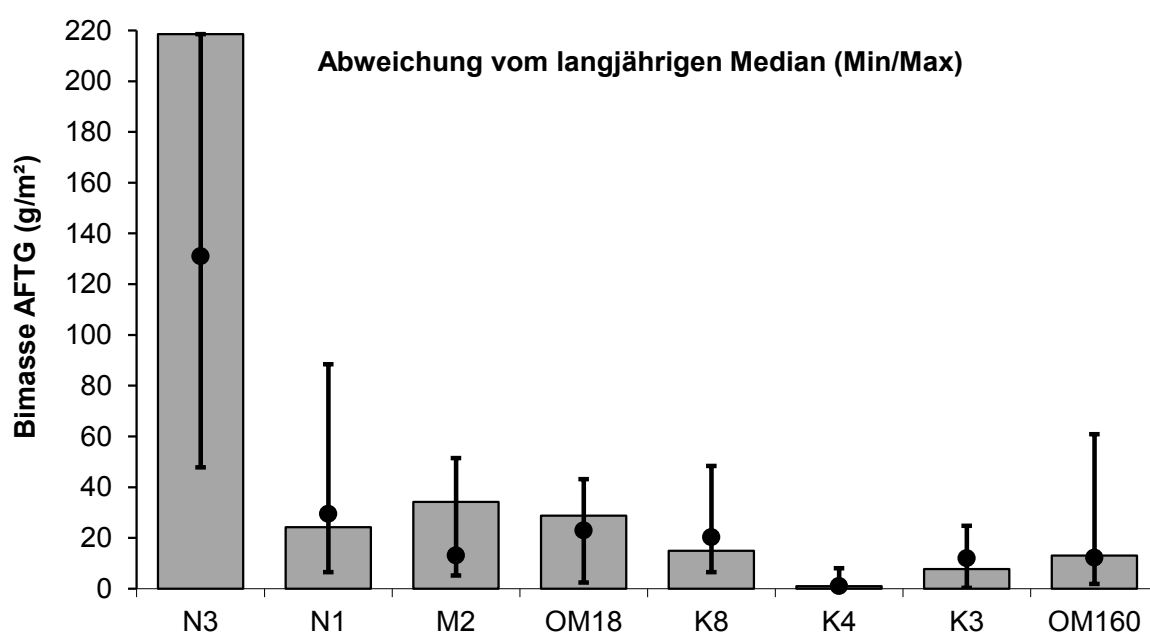


Abb. 27: Geamtbiomassen (Säulen) des Makrozoobenthos an 8 Monitoring-Stationen im Oktober/November 2009. Die Medianwerte der Jahre 1991 bis 2009 sind als Punkte und die Minimal- und Maximalwerte als Intervall dargestellt.

Fig. 27: Total biomasses (columns) of macrozoobenthos at 8 monitoring stations in October/November 2009. The median values of the years 1991 to 2009 are shown as dot and the minimum and maximum values are indicated as interval.

Die größten Biomassen wurden an den Stationen in der Kieler Bucht (OMBMPN₃) beobachtet (Abb. 27). 219 g AFTG * m⁻² wurden festgestellt, wovon *Arctica islandica*, *Astarte borealis*, *A. elliptica* und *Mya truncata* über 95 % ausmachten. Im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) sowie in der Mecklenburger Bucht (OMBMPM₂ und OM18) ist die Biomasse ebenfalls zu über 90 % von der Islandmuschel bestimmt. Insgesamt wurden dort Werte zwischen 24 und 34 g AFTM * m⁻² erreicht. An der Darßer Schwelle (OMBMPK₈) wurde die Biomasse (15 g AFTM * m⁻²) durch die Muscheln *Astarte borealis*, *Cerastoderma glaucum*, *Macoma balthica*

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 (OMBMPK₄) stellten *Macoma balthica* und *Nephtys ciliata* 90 % der Biomasse.

3.3.3 Langfristiger Trend

Im Gegensatz zu den Zustandsberichten der Vorjahre soll in diesem Jahr dieser Unterpunkt differenzierter behandelt werden. Zum einen werden wesentliche Änderungen, Trends und Variabilität und zum anderen Stagnationen bzw. Konstanz je Seegebiet/Station hervorgehoben.

In der Kieler Bucht (OMBMPN₃) wurde bei allen beobachteten Parametern eine Zunahme bzw. Konstanz festgestellt. Die Abundanz erreichte mit fast 10.000 Ind * m⁻² eine ähnlich hohen Wert wie 1995 und 2006. Die Biomasse lag mit 220 g AFTM * m⁻² so hoch wie noch nie. Mit 91 Arten und einem Shannon-Wiener-Index von 4,6 würden die höchsten Diversitäten seit Beginn der Untersuchungen an dieser Station beobachtet.

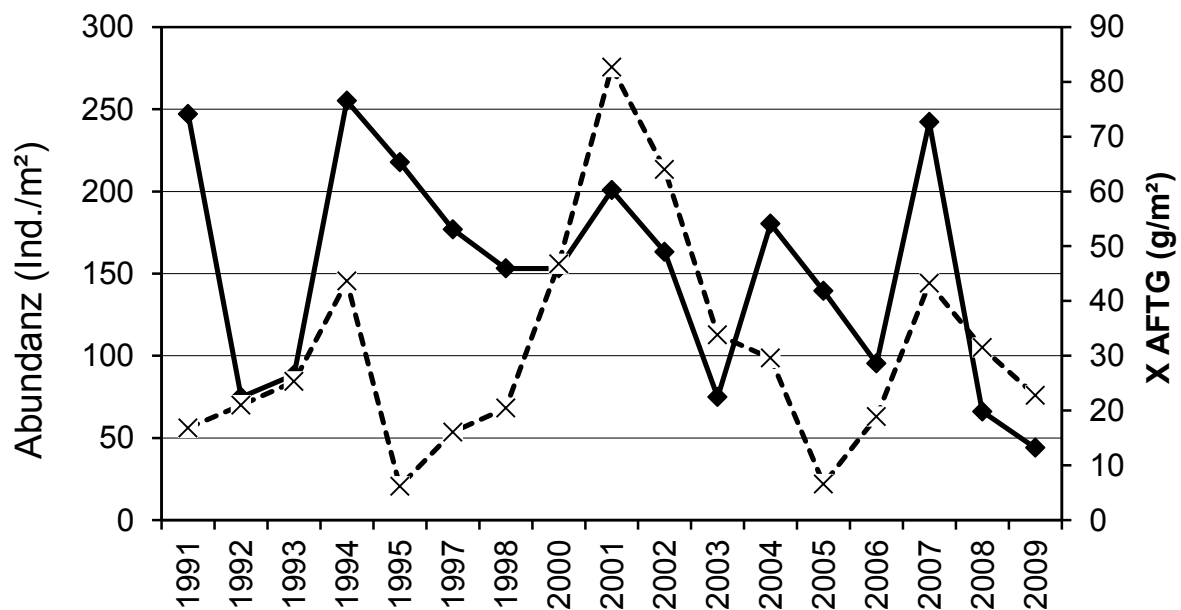


Abb. 28: Entwicklung (Abundanz und Biomasse) von *Arctica islandica* im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) von 1991 bis 2009.

Fig. 28: Long-term development (abundance and biomass) of *Arctica islandica* in the Fehmarnbelt (OMBMPN₁) from 1991 to 2009.

Im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) konnte nach der starken Reduktion durch Sauerstoffmangel im Jahr 2008 (auch 2002 und 2005) eine deutliche Erholung der makrozoobenthischen Gemeinschaft beobachtet werden. Mit 2.800 Ind * m⁻² wurden durchschnittliche Werte bei der Abundanz bezogen auf die letzten 20 Jahre festgestellt (s.a. Abb. 26). Da die Mollusken und hier insbesondere die Muscheln (z.B. *Arctica islandica*) in der Häufigkeit abgenommen

haben (Abb. 28), wurde bei der Biomasse eine leicht unter dem langjährigen Median liegende Gesamtbiomasse an der Station registriert (s.a. Abb. 27). Die Artenzahl lag mit 55 über dem langjährigen Durchschnitt (s.a. Abb. 24) und der Shannon-Wiener-Index erreichte 3,3, das ist der vierthöchste Wert seit 20 Jahren.

In der zentralen Mecklenburger Bucht (OMBMPM2) wurden mit 2.500 Ind. $\cdot m^{-2}$ und 34 g AFTM $\cdot m^{-2}$ sehr hohe Werte bei der Abundanz bzw. Biomasse nachgewiesen. Während die Dichte durch *Lagis koreni* und *Diastylis rathkei* bestimmt wurde, stellte die Islandmuschel fast 94 % der Gesamtbiomasse. Sowohl die Artenzahl (35 Taxa) als auch der Shannon-Wiener-Index (2,78) gehörten zu den höchsten Werten seit Beginn der Untersuchung.

In der südlichen Mecklenburger Bucht (OM18) waren die beobachtete Dichte mit 2.350 Ind. $\cdot m^{-2}$ und die Biomasse mit 29 g AFTM $\cdot m^{-2}$ etwas geringer als die langjährige Mittel (s.a. Abb. 26 und 27). Hingegen wurde mit 55 Arten und einem Shannon-Wiener-Index von 3,95 eine der höchsten Diversitäten seit Untersuchungsbeginn festgestellt.

Die Darßer Schwelle (OMBMPK8) zeigte gegenüber dem Vorjahr eine Halbierung der Individuendichte auf ca. 3.800 Ind. $\cdot m^{-2}$, was hauptsächlich durch die Abnahme von *Hydrobia ulvae* bedingt war. Die Dichte der Wattschnecke reduzierte sich von 4.800 Ind. $\cdot m^{-2}$ im Vorjahr auf 1.800 Ind. $\cdot m^{-2}$ in 2009, war aber weiterhin die häufigste Art und erreichte fast 50 % der Gesamtabundanz. 36 nachgewiesenen Arten und ein Shannon-Wiener-Index von 2,98 lagen im langjährigen Durchschnitt.

In der zentralen Arkonasee (OMBMPK4) wurde mit 650 Ind. $\cdot m^{-2}$ seit über 15 Jahren die höchste Abundanz gemessen. Nur Anfang der 1990er Jahre lagen die Werte noch höher. Hauptsächlich *Ampharete baltica* und *Scoloplos armiger*, die zusammen ca. 60 % der Dichte ausmachten, waren dafür verantwortlich. Die Biomasse lag mit etwa 1 g AFTM/ m^2 ähnlich niedrig wie in den Vorjahren. Nur 1998 und 2000 wurden mit über 8 g deutlich höhere Werte beobachtet. Das ist jedoch durch das geklumpte Auftreten von *Arctica islandica* verursacht, wo bereits das Auffinden/Nichtauffinden von einem Tier erhebliche Biomasse-schwankungen verursachen kann. Mit 20 Arten wurden die zweithöchste Artendiversität nach 2003 (23 Taxa) nachgewiesen. Der Shannon-Wiener-Index blieb jedoch mit 2,59 hinter dem Höchstwert von 3,45 (im Jahre 2006) zurück und war durchschnittlich.

Die nördliche Pommernbucht (OMBMPK3) zeigte mit 5.800 Ind. $\cdot m^{-2}$ einen leicht höheren Abundanzwert als der langjährige Durchschnitt (s.a. Abb. 26), wohingegen die Biomasse mit 7,7 g AFTM $\cdot m^{-2}$ etwas darunter lag (Abb. 27). Bis auf wenige Ausnahmen dominiert der Polychaet *Pygospio elegans* diese Station mit über 65 % Anteil an der Gesamtabundanz seit Untersuchungsbeginn im Jahr 1991 (Abb. 29). Die Artenzahl (23) und der Shannon-Wiener-Index (1,87) lagen im Langzeitdurchschnitt.

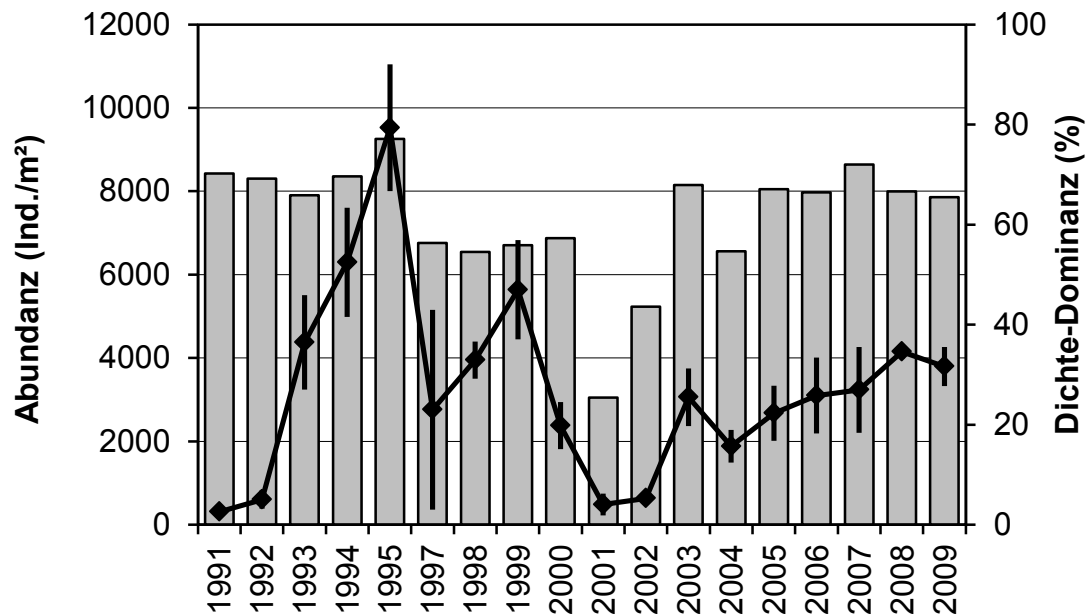


Abb. 29: Abundanzentwicklung des Polychaeten *Pygospio elegans* an der Station K3 in der nördlichen Pommernbucht von 1991 bis 2009. Die Linie gibt die absolute Individuendichte je Jahr an einschließlich der Standardabweichung (linke y-Achse). Die Säulen indizieren den Anteil an der Gesamtabundanz (rechte y-Achse).

Fig. 29: Development of abundance of the polychaete *Pygospio elegans* at the station K3 in the northern Pomeranian Bay from 1991 to 2009. The line gives the absolute density per year inclusive the standard deviation (left y-axis). The columns indicate the percentage of the total abundance (right y-axis).

Langfristig gesehen und hinsichtlich der Gesamtabundanz, Biomasse und Artenvielfalt erweist sich die zentrale Pommernbucht (OM160) als relativ stabil (siehe Abb. 24, 26, 27 und 30). Allerdings muss betont werden, dass insbesondere die Abundanz enorme Schwankungen aufweisen kann. Sehr oft liegen die Werte jedoch zwischen 8.000 und 10.000 Ind.*m⁻², wobei die Wattschnecke *Hydrobia ulvae* in der Regel etwa 70 % der relativen Abundanz ausmacht. Bei der Biomasse von 13 g AFTM *m⁻² im Jahr 2009 waren wie in den Jahren vorher die drei Muscheln *Macoma balthica*, *Mytilus edulis* und *Mya arenaria* zu 75 % beteiligt. Die Artenzahl lag wie in den beiden Vorjahren erneut bei 23 (Abb. 30). Der Shannon-Wiener-Index erreichte 1,85.

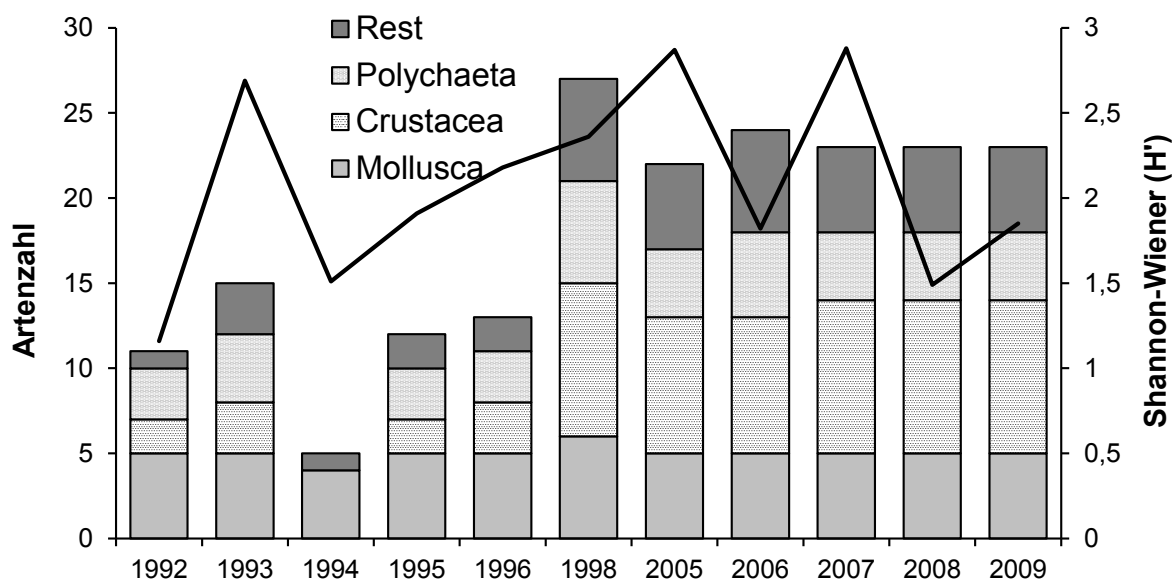


Abb. 30: Entwicklung der Artenzahl und des Shannon-Wiener-Index' in der zentralen Pommernbucht (OM160) von 1993 bis 2009. Für die fehlenden Jahre sind keine Daten verfügbar.

Fig. 30: Development of species number and Shannon-Wiener-Index at the central Pomeranian Bay (OM160) from 1991 to 2009. For the missing years no data are available.

3.3.4 Rote Liste

Grundlage für dieses Unterkapitel ist die jüngst erschienene Rote Liste der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere von RACHOR et al. (2010). Von insgesamt 140 Arten gehören 19 einer Gefährdungskategorie (1, 2, 3, G) an (Abb. 31). Weiterhin wird eine Art als extrem selten eingestuft und 6 Arten befinden sich in der Vorwarnliste. Für 79 Arten wird derzeit keine Gefährdung angenommen. Die Datenlage für 19 Arten ist defizitär und 16 Taxa wurden nicht bewertet.

Die vom Aussterben bedrohte Muschel *Macoma calcaria* wurde in der Kieler Bucht (OMBMPN₃) in geringen Dichten (40 Ind.*m⁻²) nachgewiesen. Die Arten der Gefährdungskategorie 2 (stark gefährdet) wurden ebenfalls an der westlichsten Station gefunden. Dazu gehören die Seeselke *Halcmia duodecimcirrata*, die Muschel *Mya truncata* und der Polychaet *Euchone papillosa*. Die Islandmuschel *Arctica islandica* und die Kugel-Astarte *Astarte montagui*, beide Kategorie 3 (gefährdet), wurden ebenfalls in der Kieler Bucht gefunden. Die Islandmuschel konnte außerdem an allen westlichen Stationen (OMBMPN₃, OMBMPN₁, OMBMPM₂, OM18, OMBMPK₈) bis hin zur Arkonasee (OMBMPK₄) in unterschiedlichen Dichten beobachtet werden.

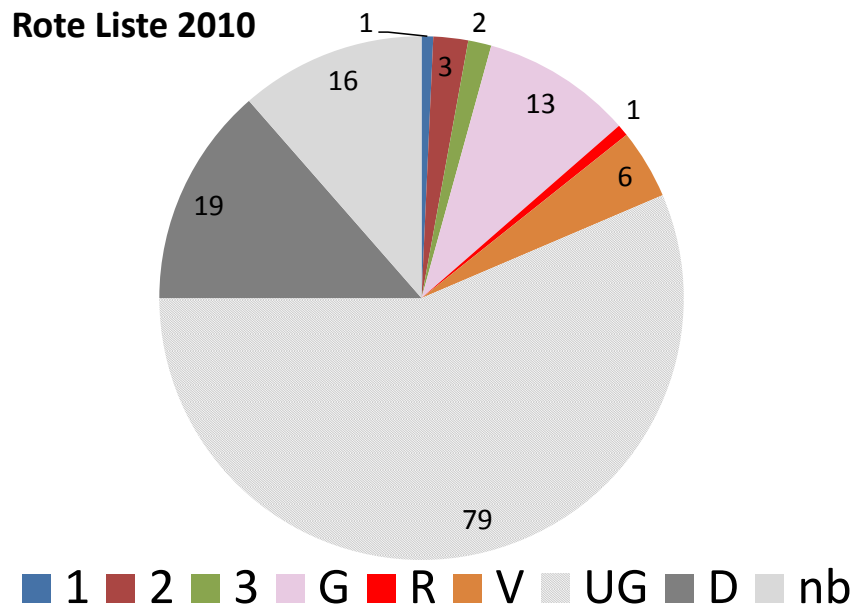


Abb. 31: Anteil der Gefährdungskategorien der Roten Liste (Rachor et al. 2010) des Makrozoobenthos im Herbst 2009 (für Legende siehe Tab. A3).

Fig. 31: Percentage of red list categories (Rachor et al. 2010) of macrozoobenthos in autumn 2009 (for legend see table A3).

Die Kategorie G (Gefährdung anzunehmen) beinhaltet Arten, für die nach derzeitigem Kenntnisstand keine genaue Zuordnung zu eine der o.g. Kategorien (1, 2 oder 3) erfolgen kann, jedoch eine Gefährdung als sicher gilt. Demzufolge wird eine Gefährdung ohne Einstufung deklariert. Die während der vorliegenden Studie nachgewiesenen 13 Arten verteilen sich auf fast alle Seegebiete. 10 Arten in der Kieler Bucht (OMBMPN₃), 3 Arten im Fehmarnbelt (OMBMPN₁), 2 Arten an der Darßer Schwelle (OMBMPK₈) und je 1 Art in der Mecklenburger Bucht (OMBMPM₂), Arkonasee (OMBMPK₄) und nördlichen Pommernbucht (OMBMPK₃).

3.3.5 Neozoen

Neozoen spielen offensichtlich in der offenen Ostsee kaum eine Rolle. Lediglich 4 Arten wurden an den 8 Monitoringstationen 2009 nachgewiesen. Davon sind die Seepocke *Balanus improvisus* und die Sandklaffmuschel *Mya arenaria* auf Grund ihrer schon sehr langen Anwesenheit im Ostseeraum kaum noch als Neozoen zu bezeichnen. Nur die beiden aus Nordamerika stammenden Polychaetenarten der Gattung *Marenzelleria* sollen etwas hervorgehoben werden. Während *M. neglecta* hauptsächlich in den inneren Küstengewässern zu finden ist und hier zum Teil erhebliche Abundanzen erreichen kann, findet *M. viridis* eher im offshore Bereich geeignete Lebensbedingungen. In der vorliegenden Studie wurde *M. viridis* als Einzeltier an der Darßer Schwelle festgestellt. *M. neglecta* erreichte in der Pommernbucht (K₃ und OM160) Dichten zwischen 40 und 240 Ind./m².

3.3.6 Diskussion

Ein deutlicher langfristiger Trend ist im offshore Bereich der deutschen Ostsee kaum auszumachen, sondern hängt eher von regionalen Besonderheiten ab (ZETTLER et al. 2006). In erster Linie sind hier die Sauerstoffmangelereignisse zu nennen. Diese können durch Stagnationsphasen im Hochsommer hervorgerufen werden, in denen es keinen Austausch des bodennahen Tiefenwassers unter der Halokline gibt und Sauerstoffzehrungsprozesse auf Grund der erhöhten Temperaturen beschleunigt sind. Auch Ausstromsituationen von sauerstoffarmem Tiefenwasser aus der zentralen Ostsee können zu solchen Prozessen führen. In der Vergangenheit wurde hauptsächlich im Bereich der Becken der Kieler und Mecklenburger Bucht sowie des Fehmarnbelts Sauerstoffmangelsituationen festgestellt, die dann bei langanhaltenden Phasen auch zu Absterbe- und Defaunationsereignissen geführt haben (z.B. 2002, 2005, 2008 partiell). Durch Sturmereignisse oder durch starke Einstromsituationen aus dem Kattegat kann es dann zu einer Erneuerung des Tiefenwassers und damit zur Anreicherung mit Sauerstoff kommen und der Prozess wird abgebremst bzw. es kommt zu einer Wiederbesiedlungssukzession.

Als zweiter „Meisterfaktor“ für das Besiedlungspotenzial der einzelnen Seegebiete steht ohne Zweifel der Salzgehalt im Vordergrund (JOSEFSON 2009, ZETTLER et al. 2007, 2008). Je nach Höhe des Salzgehaltes und seiner Variabilität verfügen die Seegebiete über eine gewisse „Spanne an möglichen makrozoobenthischen Besiedlern“, was wiederum von deren autökologischen Potenzial abhängt. Hierbei gibt es euryhaline Vertreter, die quasi über die gesamte Küstenlänge vorkommen und stenohaline Arten, die spezifische Salzgehaltsbereiche präferieren. Der Großteil der während des Monitorings angetroffenen Spezies gehört zu den euryhalinen Arten und ist somit weit verbreitet und häufig. Deren Verbreitung wird hauptsächlich durch die Substratqualität fixiert, vorausgesetzt, dass immer genügend Sauerstoff zur Verfügung steht (siehe oben). Insbesondere an den westlichen Stationen kann es jedoch auch immer wieder zum Auftreten einiger „Exoten“ kommen, Arten, die ihr Hauptverbreitungsgebiet in den marinen Arealen des Kattegats oder Skagerraks haben. Durch Verdriftung von Larven und Adulti gelangen diese dann gelegentlich in die südliche Beltsee. Diese Arten können sich entweder als eigene „Subpopulationen“ solange halten, wie die Salzgehalts- und Sauerstoffverhältnisse es zulassen oder sie sind immer auf „Nachschub“ aus den marinen Arealen angewiesen. Zu den bekanntesten Vertretern dieser Gruppe zählen die Schlangensterne *Ophiura albida*, die ihre Verbreitungsgrenze an der Darßer Schwelle haben, gelegentlich sehr abundant im westlichen Bereich der Deutschen Ostsee auftreten, aber auch abrupt verschwinden können, um dann erst wieder als Larven erneut eingedriften zu werden.

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 2009 wurden 22 psu in der Kieler Bucht und 6,9 psu in der Pommernbucht gemessen, siehe Tab. 12) 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. Diese Berechnung erfolgte in diesem Jahr zum zweiten Mal. Das Ergebnis wird im Vergleich zu der Zustandseinschätzung von 2008 dargestellt (Abb. 32).

Der vom BQI abgeleitete "Ökologische Status" der Stationen rangierte zwischen „medium“ und „sehr gut“ (Abb. 32). Wie auch 2008 wurde auch 2009 der Zustand an der Station an der Darßer Schwelle (OMBMPK3) als „sehr gut“ und in der Pommernbucht (OM160) als „gut“ eingeschätzt. Alle anderen Stationen erwiesen sich bezüglich des ökologischen Zustandes als „medium“. Hervorzuheben ist hierbei, dass die beiden als im Jahre 2008 als „schlecht“ eingeschätzten Stationen Fehmarnbelt (OMBMPN1) und zentrale Mecklenburger Bucht (OMBMPM2) in 2009 auf „medium“ höhergestuft werden konnten. Das hat hauptsächlich die Ursache, dass nach der Sauerstoffmangelsituation und die benthische Verarmung des Vorjahres, eine Wiederbesiedlung stattgefunden hat.

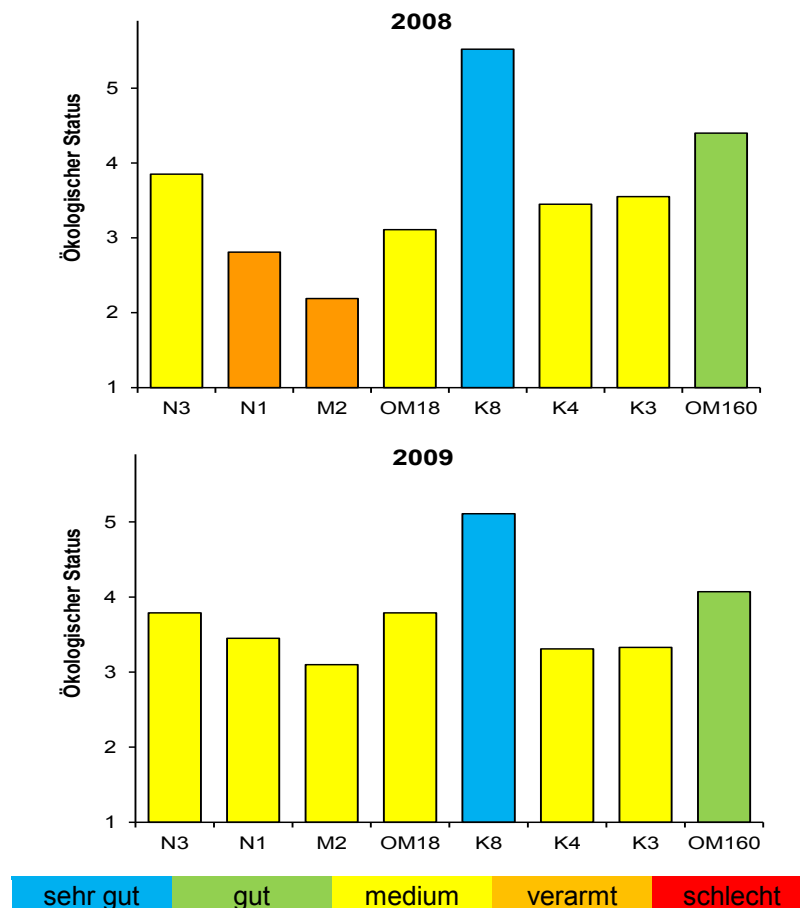


Abb. 32: Der Ökologische Status der 8 Monitoringstationen in den Jahren 2008 und 2009 berechnet anhand des salzgehaltsadaptierten BQI (siehe FLEISCHER & ZETTLER 2009). (1-2=schlecht, 2-3=verarmt, 3-4=medium, 4-5=gut, 5-6=sehr gut).

Fig. 32: The Ecology Status of the 8 monitoring stations in 2008 and 2009 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)]

Zusammenfassung

Im Rahmen des HELCOM-Monitorings wurden Daten über die Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos des Jahres 2009 in der Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht und Arkonasee (Abb. 1) gewonnen. Die Einbindung in die seit 1979 kontinuierlich weitergeführten Datenreihen soll Aussagen zu eventuellen Trends ermöglichen. Daten von Sinkstoff-Fallen aus der Arkonasee vervollständigen saisonale Angaben zur Phytoplanktondynamik. Für die Stationen OMBMPM₂ und OMO₂₂ 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 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 wurden in den Berechnungen für Tab. A1 und A2 nicht erfaßt, wurden aber in den Jahresgang-Abb. 3-4 berücksichtigt. 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

Ein allgemeiner Überblick über die raum-zeitliche Entwicklung des Phytoplanktons konnte bereits anhand von Chlorophyllkarten gewonnen werden, die aus Satellitendaten der amerikanischen MODIS Sensoren auf den Satelliten Aqua und Terra sowie von MERIS auf dem europäischen Satelliten ENVISAT abgeleitet worden sind.

Die Frühjahrsblüte erstreckte sich Mitte März bis Bornholm. Mitte Juni waren erste Cyanobakterien- Filamente in der Bornholmsee zu beobachten, die in der Folgezeit entlang der schwedischen Küste in die Arkonasee propagierten. Am 4. Juli war die östliche Arkonasee beeinflusst und um den 16. Juli die gesamte westliche Ostsee (Abb. 2). In der Folgezeit sorgten stark wechselnde Winde mit hoher Wolkenbedeckung für eine starke Durchmischung und die Cyanobakterienentwicklung in der westlichen Ostsee war beendet.

Quantitative Informationen über die Artenzusammensetzung und Sukzession des Phytoplanktons wurden aus Wasserproben gewonnen, die auf den Schiffsexpeditionen genommen wurden und mikroskopisch analysiert wurden.

Frühjahrsblüte: Bereits am 30.1.2009 traten an Station OMBMPN₃ in der Kieler Bucht Biomassen von über 1 mg/L auf, die von Kieselalgen, insbesondere *Skeletonema costatum* (558 µg/L) dominiert wurden (Abb. 3a, 5a). Eine derart frühe Frühjahrsblüte ist ungewöhnlich. Nach Osten hin verzögerte sich der Beginn der Frühjahrsblüte, so dass sie zum selben Zeitpunkt in der östlichen Mecklenburger Bucht (Stat. OMBMPM₁) gerade erst begann (Abb. 3c) und in der Arkonasee noch gar nicht zu bemerken war (Abb. 4).

Auch die Sukzession setzte sich mit dem erwarteten zeitlichen Versatz fort: Mitte März hatten Dinoflagellaten (Gymnodiniales) die Kieselalgenblüte im Oberflächenwasser der

Kieler Bucht komplett abgelöst, während *Skeletonema costatum* in der östlichen Mecklenburger Bucht und der Arkonasee noch stark entwickelt war (Abb. 5a).

In östliche Richtung nimmt der Anteil von *Mesodinium rubrum* zu (Abb. 5b, 6a). Dieser Ciliat ist regelmäßiger Bestandteil der Frühjahrsblüte. Er scheint sich in der Arkonasee noch vor den Kieselalgen zu entwickeln, schließlich die schnell zusammenbrechende Kieselalgenblüte aber zu überdauern (siehe Mai-Werte), wahrscheinlich wegen seiner mixotrophen Fähigkeiten. Nach der Kieselalgenblüte entwickelt sich *Chrysochromulina* sp. kontinuierlich und war noch bis in den Juli präsent. Die für die Frühjahrsblüte der Beltsee typische nackte Form von *Dictyocha speculum* war nur gering vertreten. Ihr starkes und extrem frühes Auftreten in den Jahren 2007 und 2008 hatte sich im Jahre 2009 also nicht wiederholt.

Sommerblüte: Zum 22.7.2009 entwickelte sich an Station OMBMPN₃ eine Kieselalgenblüte von *Proboscia alata* (Abb. 6c). Eine ähnliche Blüte war bereits im Vorjahr an Station OMBMPO₂₂ gefunden worden. Blüten stickstofffixierender Cyanobakterien sind in der Mecklenburger Bucht selten, in der eigentlichen Ostsee aber eine typische Erscheinung des Sommers (Abb. 7a). Dementsprechend entwickelt sich speziell *Aphanizomenon* sp. in der Arkonasee bereits ab März (Abb. 4b). Die Juli-Fahrt fand offensichtlich nach dem Höhepunkt der Blüte statt, die insgesamt in der westlichen Ostsee aber nur moderat entwickelt war. Zum 17./18.8.2009 waren die Cyanobakterien ganz verschwunden. Es dominierten an diesem Termin in der Mecklenburger Bucht *Proboscia alata* und *Coscinodiscus concinnus*; in der Arkonasee dominierten bei sehr geringen Biomassen *Pyramimonas* sp. und Gymnodiniales. Im Laufe des Sommers entwickelten sich bereits langsam die *Ceratium*-Arten, die zum Herbst normalerweise in der Mecklenburger Bucht eine Blüte bilden (Abb. 7b).

Herbstblüte: Am 15.9.2009 konnte an Station OMBMPM₂ eine Biomasse von etwa 1100 mg/L ermittelt werden, die hauptsächlich aus den Dinoflagellaten *Ceratium tripos* und *C. fusus* sowie Kieselalgen bestand. An Kieselalgen entwickelten sich hauptsächlich *Coscinodiscus concinnus*, *Coscinodiscus granii*, *Chaetoceros concolutus* und *Cerataulina pelagica*. Aus unseren Daten von der Küstenstation Heiligendamm konnten wir erkennen, dass die Herbstblüte erst im Dezember erschien.

Die frühe Frühjahrsblüte zusammen mit der ungewöhnlich späten Herbstblüte lassen die Tendenz zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode vermuten.

Die 10 bedeutendsten Phytoplanktonarten jeder Jahreszeit in den einzelnen Seegebieten sind in Tabelle A1 (Anhang) zusammengestellt. Eine komplette Artenliste des Jahres 2009 einschl. saisonale Verbreitung ist in Tabelle A2 (Anhang) gezeigt.

Invasive Phytoplankton-Arten: 4 Phytoplanktonarten wurden gefunden, die für ihren Fundort ungewöhnlich sind (Abb. 8): 2 besonders kleine Exemplare von *Noctiluca scintillans* in der südlichen Gotlandsee, die Kieselalge *Chaetoceros lorenzianus* in die Kieler Bucht, die Kieselalge *Phaeodactylum tricornutum* in der Mecklenburger Bucht bis zur Darßer Schwelle und die Kieselalge *Lennoxia faveolata* im Bereich der Kadetrinne.

Chlorophyll: Die Chlorophyll a-Daten sind in Tab. 5 dargestellt. Die „korrigierten“ Chlorophyll-a-Daten werden immer noch bevorzugt solange der methodische Test noch nicht abgeschlossen ist. Eine nach einzelnen Jahreszeiten (Tab. 4) separierte Langzeit-Analyse ergab eine Abnahme der Chlorophyll-Konzentrationen in der Mecklenburger Bucht und eine Zunahme in der Arkonasee in den Frühjahrswerten. Die Sommer- und Herbstwerte zeigten keinen Trend (Tab. 6, Abb. 11).

Sedimentation: Die Sedimentation des organischen Materials im Arkonabecken im Jahr 2009 zeigte das gleiche typische Muster, das man generell in der zentralen Ostsee antrifft. Maxima in den Sedimentationsraten sind im Frühjahr, Sommer und Herbst zu messen und gehen auf die Frühlingsblüte von Diatomeen, der sommerlichen Entwicklung von Cyanobakterien und die Entwicklung einer gemischten Diatomeen/Dinoflagellatengemeinschaft im Herbst zurück. Der gesamte annuelle vertikale Exportfluss betrug für partikulären Kohlenstoff 314 mmol, für Stickstoff 41 mol, für Silikat 74 mmol und für Phosphor 1,9 mmol m⁻² a⁻¹ bei einem Massefluss von 45 g Trockenmasse pro Jahr. Diese Raten liegen in einer ähnlichen Größenordnung, wie die bisher im zentralen Gotlandbecken gemessenen Werte.

Mesozooplankton

Über die letzten zehn Jahre betrachtet, wurden insgesamt 41 Mesozooplankton-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. Im Jahre 2009 war gegenüber dem Vorjahr eine Zunahme um vier Taxa zu verzeichnen. Dies betraf sowohl marine Vertreter (Ascidien- und Echinodermaten-Larven) als auch limnische, was für einen erhöhten Wasseraustausch spricht. Langjährig betrachtet, trat der für die nördliche Ostsee typische Vertreter *Limnocalanus macrurus* in den zentralen Becken der mittleren und südlichen Ostsee fast immer unterhalb von Sprungschichten auf. Das spricht für vertikalen Austausch aufgrund thermohaliner Effekte.

Nachdem *Mnemiopsis leidyi*, eine lobate Ctenophore von der amerikanischen Ostküste, im Herbst 2006 in der Kieler Bucht und in der Mecklenburger Bucht mit bis zu 5 Ind.* m⁻³ überwinterte zeigte sich, dass mit dieser Art hauptsächlich in der zweiten Jahreshälfte zu rechnen ist. Im Jahre 2009 begann diese Phase im August, wobei die Spitzenwerte in der Summe über alle Größenklassen zwei Monate später erreicht wurden. Sie lagen in der westlichen Ostsee um eine Größenordnung unter den im Juni 2007 in der Kieler Bucht gemessenen 500 Ind.*m⁻³. Auf der Darßer Schwelle verringerte sich die höchste Konzentration um eine weitere Größenordnung. Das bestätigt den 2007 festgestellten West-Ost Gradienten in der Verteilung.

Die 2008 erstmals im Hafen von Aarø am Kleinen Belt verzeichnete marine Cladocerenart *Penilia avirostris* war zumindest zu den Terminfahrtzeitpunkten nicht Teil des Planktons. Sie wurde für die Nordsee als deutliches Signal für den Klimawandel gewertet.

Der Rückgang in der Gesamtabundanz des Mesozooplanktons gegenüber der Periode in den frühen 90er Jahren blieb in der Tendenz erhalten. Abgesehen von den Jahren mit

außergewöhnlich hoher Abundanz (1991-1995; 2002), schrumpften die Summe der Maxima aller berücksichtigten Taxa in den letzten zehn Jahren auf 60%. Dabei fielen besonders Abnahmen im Bereich der mikrophagen Rotatorien und Cladoceren ins Gewicht.

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. Innerhalb dieser Grenze kommt es zu zwischenjährlichen Verschiebungen in den Anteilen einzelner Arten. Während laut Literaturangaben speziell die großen Vertreter (*Pseudocalanus* spp.) einen Rückgang erlitten, war die kleinere Art *Temora longicornis* wiederholt die dominierende Gruppe. Innerhalb der *Acartia*-Gattung wurden bei *A. bifilosa* und *A. longiremis* gegenläufige Tendenzen sichtbar. Natürliche Einflüsse sind hier regelmäßig die Ursachen.

Der Vergleich der Mesozooplankton- Konzentrationen mit einem Datensatz des vTI Rostock über die Menge an *Aurelia aurita* erlaubte diese Wechselbeziehung zu beleuchten. Die zwischenjährlichen Schwankungen beider Komponenten gingen nicht immer konform. Obwohl bei der Gegenüberstellung ein positiver Zusammenhang tendenziell erkennbar wurde, unterschieden sich zwei Datenbereiche, innerhalb derer die Zusammenhänge negativ ausfielen. Hier kam ein Fraßdruck der Medusen auf das Mesozooplankton, ein „top down“ Effekt, zum Ausdruck. Bei geringeren Quallen- Konzentrationen war die „Nettoverbrauchsrate“ kleiner, d.h. der Abfall im Trend geringer, als bei der höheren Konzentration. Bei beiden Datengruppen war vornehmlich die Folge unterschiedlicher Wintertemperaturen, die für die Strobilation der Polypen ausschlaggebend sind. Die höheren Quallen-Mengen fielen mit niedrigeren Minimal- bzw. Wintertemperaturen zusammen, während bei höheren Wintertemperaturen (>2-3°C) die Sommerbedingungen (>18-19°C) nur einen begrenzten Ausgleich erbringen konnten. Darüber hinaus zeigte sich, dass die Synchronisierung im Nahrungsnetz neben der Initialtemperatur für die Strobilation ebenfalls den Quallenbestand reguliert.

Makrozoobenthos

In der vorliegenden Studie werden die Ergebnisse des Makrozoobenthos-Monitorings vom Oktober/November 2009 dargestellt. Als Parameter wurden die Artenvielfalt, die Abundanz und die Biomasse der Organismen je Station erfasst. Mit insgesamt 140 ist die Artenzahl der 8 offshore-Stationen im Jahr 2009 im Vergleich zu den Vorjahren als hoch zu bezeichnen. Diese hohe Artenzahl ist darauf zurückzuführen, dass kein anhaltender Sauerstoffmangel zu Defaunationsereignissen geführt hatte, so wie sie in den Jahren 2002, 2005 und 2008 (partiell) beobachtet wurden. In Abhängigkeit vom Seegebiet schwankten die Individuendichten zwischen 650 und 10.000 Ind. m⁻². Bei den Biomassen wurden ebenfalls die zu erwartenden Unterschiede (1 g bis 219 g AFTM m⁻²) beobachtet.

An den 8 Monitoringstationen konnten insgesamt 19 Arten der Roten Liste (Gefährdungskategorien 1, 2, 3 und G) 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 Marine Strategierichtlinie rangierte der vom BQI (Benthic Quality Index) abgeleitete „Ökologische Status“ der Stationen zwischen medium und sehr

gut (Abb. 32). Bis auf zwei erhielten alle Stationen einen mittleren Wert. Im Vergleich zum Vorjahr konnten sich die Stationen im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) und in der Mecklenburger Bucht (OMBMPM₂) von „verarmt“ auf „medium“ verbessern. Wie bereits 2008 wurde mit „gut“ die Station in der zentralen Pommernbucht (OM160) und mit „sehr gut“ die Station an der Darßer Schwelle (OMBMPK₈) 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 Kiel Bight, Mecklenburg Bight and the Arkona Sea (Fig. 1) were gathered in 2009 in order to continue the time series which exists since 1979. Data from sediment traps deployed in the Arkona Sea 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 the State Agency for Agriculture, Environment and Rural Areas Schleswig-Holstein (LLUR), National Environmental Research Institute (NERI) and IOW project cruises, but these additional data were not involved in the calculations for Tables A1 and A2. They are, however, inserted into Figs. 3-4. 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.

Phytoplankton

A general overview on the spatio-temporal development of the phytoplankton was gathered from chlorophyll maps, derived from satellite data of MODIS and MERIS sensors. The spring bloom stretched up to Bornholm in mid of March. In mid of June, first cyanobacteria filaments were seen in the Bornholm Sea, which propagated along the southern Swedish coast into the Arkona Sea. On 16 July 2009, almost the whole western Baltic was covered (Fig. 2). After that, strong winds caused mixing of the water and the termination of the cyanobacteria development.

Spring bloom: The diatom bloom occurred rather early in Kiel Bight (end of January, *Skeletonema costatum*). Such early bloom is exceptional. Into easterly direction, the spring bloom was delayed (central Mecklenburg Bight: end of February, Arkona Sea: end of March). The share of *Mesodinium rubrum* in the spring bloom increases towards the east; this species seems to grow even before the diatoms. *Chrysochromulina* sp. establishes, like in 2008, as significant part of the spring phytoplankton; it stays until July. Like in some previous years, dinoflagellates are only weakly developed in spring in the Arkona Sea. In contrast to 2007 and 2008, *Dictyocha speculum* has significantly diminished.

Summer bloom: At the end of July, a diatom bloom (*Proboscia alata*) appeared in Kiel Bight, to a lesser degree also in Mecklenburg Bight (Fig. 6c). *Aphanizomenon* sp. developed already since March (Fig. 4b). The July cruise took place only after the height of the cyanobacteria bloom, which was, however only weak in the western Baltic. The Cyanobacteria disappeared by the 17./18.8.2009. At that time, *Proboscia alata* and

Coscinodiscus concinnus dominated in Mecklenburg Bight. *Ceratium* species, which normally should form the autumn bloom, start growth already in summer.

Autumn bloom: On 15.9.2009 at Station OMBMPM2, a biomass of 1100 mg/L occurred, composed mainly of *Ceratium tripos* und *C. fusus* as well as diatoms. The main diatoms were *Coscinodiscus concinnus*, *Coscinodiscus granii*, *Chaetoceros concolutus* and *Cerataulina pelagica*. Our data from the coastal station Heiligendamm revealed that the autumn bloom appeared only in December.

The early spring bloom together with the exceptionally late autumn bloom suggest that the duration of the vegetation period increases.

The 10 most important phytoplankton species of each season in each sea area are compiled in Table A1 (Annex). A complete species list of the year 2009, including a seasonal indicator, is given in Table A2 (Annex).

Invasive phytoplankton species: 4 phytoplankton species were found at unusual locations (Fig. 8): 2 very small specimen of *Noctiluca scintillans* in the southern Gotland Sea, the diatom *Chaetoceros lorenzianus* in Kiel Bight, die diatom *Phaeodactylum tricornutum* in Mecklenburg Bight up to Darss Sill, and the diatom *Lennoxia faveolata* in the eastern Mecklenburg Bight.

Chlorophyll: Die Chlorophyll a-data are compiled in Tab. 5. The “corrected” chlorophyll a data are still preferred as long as the methodological testing is going on. After splitting into seasons (Tab. 4), separate long-term analyses revealed still a decrease in chlorophyll a in Mecklenburg Bight and an invrease in the Arkonasee if only ther spring data were considered. The summer- and autumn data showed no trend (Tab. 6, Abb. 11).

Sedimentation: Continuous sedimentation records of organic matter in the Arkona Sea in 2009 displayed the typical pattern of export production, which can be generally found in the central Baltic sea. Sedimentation maxima occurred in spring, summer and autumn, and are generated by a diatom spring bloom, a summer maximum of diazotroph cyanobacteria and mixed diatom/dinoflagellate assemblages in autumn. The total annual flux for the single elements amounted to 314 mmol C, 41 mmol N, 74 mmol Si and 1,9 mmol P per m² and year at a mass flux of 45 g dry mass m⁻² a⁻¹. All of these flux data are in a similar range as those previously sampled in the central Gotland Basin.

Mesozooplankton

Forty-one metazooplankton taxa were identified in the area during the last ten years with higher numbers (21 to 30) in every second half of the year in contrast to 20 to 22 taxa in each first half of the year. In 2009, the number increased by four in comparison to the previous year. Two were of marine origin (ascidian and echinoderm larvae) and two stem from low saline environment (*Daphnia* spp. and *Limnoclanaus macrurus*). In general, it was a sign of higher water exchange in 2009. *L. macrurus*, a characteristic of low saline water in the central and southern Gotland Basin, occurred mainly below the stratification layer which calls for a necessary vertical transport mechanism.

The lobate ctenophore *Mnemiopsis leidyi* was introduced from the American east coast in 2006. It subsequently overwintered with abundances up to 5 Ind.*m⁻³ in Kiel Bight and in Mecklenburg Bay. Its annual peak is to be expected in these areas in the second half of the year. In 2009, it appeared in August. Abundances peaked two month later in western Baltic Sea. The sum of all size categories reached numbers which were one order of magnitude smaller than the 500 Ind.*m⁻³ reported from Kiel Bight in June 2007. Additionally, the concentration decreased by another order of magnitude at Darss sill. This confirmed the gradient from west to east which was found in 2007 already.

In 2008, the marine cladoceran *Penilia avirostris* was found in the harbour of Aarø (Belt Sea). The occurrence of this species in the North Sea was described as a sign of climate change. During 2009, there were no individuals at monitoring stations. Ecological conditions were always different from its environmental demands.

The declining tendency of abundance since the early 1990s is still apparent. Apart from extraordinary high abundances in the period 1991-1995, and in 2002, the total of maximum values of all taxonomic categories generally decreased by approximately 40% during the last ten years, especially by the proportion of the microphagous rotifers and cladocerans.

Maxima of calanoid copepods (females and males) kept relatively constant at about 30.000 Ind.*m⁻³ since the mid nineteen nineties. However, proportions of different species changed. There was a remarkable decrease of larger copepods as *Pseudocalanus* spp. and in contrast an increase of smaller representatives like *Temora longicornis*. Within the genus *Acartia*, a decrease in *A. bifilosa* was counterbalanced by *A. longiremis*. All these changes were forced by inter-annual environmental variability.

The comparison of mesozooplankton abundances and environmental properties with data on the occurrence of moon jellies *Aurelia aurita* in the Arkona Sea provided by vTI of Baltic Sea Fishery allowed investigating relationships between these parameters over several years. Inter-annual variability was not always in turn. Generally, there was a positive trend between concentrations of jellies and mesozooplankton. However in detail, there were two groups of data. Within them, the correlation was negative. Higher jellyfish biomass concentration corresponded with lower mesozooplankton abundances. At lower concentration (group 1), the slope (feeding pressure or “top down” effect respectively) was smaller than at higher concentrations (group 2).

Stock development of *A. aurita* depended rather on minimum (winter) temperatures than on other reasons like salinity, because it's an important factor for strobilation of ephyra larvae. Higher summer temperatures were also important for jellyfish stock development. However, the negative influence of mild winter values (>2-3°C) could not be counterbalanced by higher temperatures (>18-19°C) during summer. Additionally synchronization in food web was also important for *A. aurita* stock development.

Macrozoobenthos

The present study describes the macrozoobenthic community of 8 offshore stations within south-western Baltic waters. Following water bodies were sampled: Kiel Bight (OMBMPN₃), Fehmarnbelt (OMBMPN₁), Mecklenburg Bight (OMBMPM₂ and OM₁₈), the Darss Rise (OMBMPK₈), Arkona Sea (OMBMPK₄) and the Pomeranian Bay (OMBMPK₃ and OM₁₆₀). At each station the species composition, their abundance and their biomass were determined. Whereas 6 stations were sampled during the last decade's, 2 additional stations were included within the monitoring programme since 2006. One "new" station is situated within the Kiel Bight with high salinity (22 psu) and showed with 91 species the highest taxonomical diversity. Another one represents the central Pomeranian Bay with its low salinity (7 psu) and was colonised by 23 species. The 140 species for all stations found in the macrozoobenthos in 2009 mark a very high diversity during the last 19 years at the monitoring stations sampled by the IOW. If we compare the median values of the long term data we observed that the species diversity is currently higher than the median in 2009 in the western areas. The same is true for the Arkona Basin. In the other water bodies the recent values are more or less the same as the long term median values. In 2009 in no way a deficit of oxygen, which effected the deep areas of the Fehmarnbelt and central Mecklenburg Bight in 2002, 2005 and 2008, was detected.

The abundances varied in respect to the area and depending on specific environmental parameters between 650 and 10.000 ind./m². The highest values were observed in the Kiel Bight and in the Pomeranian Bay. Due to the different salinity regimes at the different monitoring stations the dominant taxa changed drastically. For example, whereas the Kiel Bight (OMBMPN₃) was dominated by the bivalves *Kurtiella bidentata*, *Parvicardium ovale* and *Abra alba*, the polychaete *Pholoe assimilis* and the ascidian *Dendrodoa grossularia* with more than 50 %, the Pomeranian Bay (OM₁₆₀) were most represented by the gastropod *Hydrobia ulvae* and the blue mussel *Mytilus edulis* and the cockle *Cerastoderma glaucum*. The biomasses (ash free dry weight) ranged from 1 g/m² in the central Arkona Basin (OMBMPK₄) to 219 g/m² in the Kiel Bight (OMBMPN₃). In most cases bivalves like *Arctica islandica*, *Astarte borealis*, *Mytilus edulis* and *Mya arenaria* reached the highest percentages from the total weights at stations.

At the 8 monitoring stations altogether 19 species of the Red List could be observed. As example, the bivalve *Macoma calcarea*, 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, derived from the BQI (Benthic Quality Index), ranged between "moderate" and "high" (Fig. 32). Except of two, all stations were assessed as "moderate". In comparison to the previous year the Fehmarnbelt (OMBMPN₁) and the central Mecklenburg Bight (OMBMPM₂) changed from "poor" to "moderate". As in 2008 the ecological status of the community of the central Pomeranian Bay (OM₁₆₀) was "good" and that of the Darss Rise (OMBMPK₈) has to be described as "high".

Danksagung

Die Autoren danken den am Ostseeüberwachungsprogramm beteiligten Mitarbeitern des Leibniz-Instituts für Ostseeforschung, insbesondere den mit der biologischen Probengewinnung und -bearbeitung betrauten Kolleginnen und Kollegen SUSANNE BUSCH, INES GLOCKZIN, ANNA HAGENMEIER, UWE HEHL, NADINE KEISER, IRIS LISKOW, ANNELI POSTEL, Dr. SIGRID SAGERT, DORIS SETZKORN, INA TOPP, SVENJA ZIMMERMANN sowie den bei der Datenbearbeitung engagierten Kolleginnen und Kollegen Dr. STEFFEN BOCK, JAN DONATH, SABINE FEISTEL, MONIKA GERTH, TORALF HEENE und SOLVEI HÖLZEL. Den Kapitänen und Besatzungen der Forschungsschiffe „ALKOR“, „HEINCKE“ und „Professor Albrecht Penck“ sowie den Fahrtleitern sei gedankt für die Unterstützung während der Messfahrten. Lücken in unserer Probennahme-Datenreihe konnten geschlossen werden durch zusätzliche Proben, die uns von JEANNETTE GÖBEL (Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein) sowie von Dr. COLIN A. STEDMON und KJELD SAUERBERG (National Environmental Research Institute) zur Verfügung gestellt wurden. Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Tomas Gröhsler und Herrn Dr. E. Götze (Institut für Ostseefischerei, vTI) für die Erarbeitung und die Bereitstellung der benutzten Quallenbeifang-Daten. Frau Sarah Baumann sei für Ihre investigative Art gedankt, wodurch dieser Datensatz publik wurde. Dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie gebührt Dank für die Finanzierung der vom Leibniz-Institut für Ostseeforschung durchgeführten Monitoringaufgaben sowie für die vielfältigen logistischen und administrativen Unterstützungen.

Literaturverzeichnis

- BARZ, K., HINRICHSSEN H.H., HIRCHE H. J., 2006: Scyphozoa in the Bornholm Basin (central Baltic Sea) – The role of advection. - *Journal of Marine Systems* **60**, 167–176
- BAUMANN, S., 2010: Quallen an deutschen Ostseeküsten - Auftreten, Wahrnehmung, Konsequenzen. - *IKZM-Oder Berichte* **59**, 208 S.
- 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.
- DÖÖS, K., MEIER, M.H.E., DÖSCHER, R., 2004: The Baltic Haline Conveyor Belt or The Overturning and Mixing in the Baltic. - *Ambio* **33** No. 4-5: 261-266

- 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.
- EHLIN, U., 1981: Hydrology of the Baltic Sea. In: VOIPIO, A. (ed.), The Baltic Sea. Elsevier Oceanography Series, pp. 124–134
- 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, 2000: Wasserrahmenrichtlinie. Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000, L 327, 67pp. + Anhänge
- 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.
- FEISTEL, R, NAUSCH, G., MATTHÄUS, W., HAGEN, E., 2003. Temporal and spatial evolution of the Baltic deep water renewal in spring 2003. –*Oceanologia* **45**: 623-642.
- 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/
- FLINKMAN, J. , POSTEL, L., 2009: Zooplankton communities. In: ZWEIFEL, U. and LAAMANEN, M. (eds.) Biodiversity in the Baltic Sea. An integrated thematic assessment on biodiversity and nature conservation in the Baltic Sea. HELCOM: Balt. Sea Environ. Proc. No **116B**, 43-46.
- 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.
- HAJDU, S., EDLER, L., OLENINA, I. and WITEK, B., 2000: Spreading and establishment of the potentially toxic dinoflagellate *Prorocentrum minimum* in the Baltic Sea. - *Internat. Review of Hydrobiology* **85**, 561-575.

- 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., JURGENSONE, 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/
- 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, 2007 a: 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, 2007 b: Climate change in the Baltic Sea area. HELCOM Thematic Assessment in 2007. - Baltic Sea Environment Proceedings **111**, 1-49.
- HELCOM, 2009: 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.
- HOLST, S., 2008: Grundlagen der Populationsentwicklung verschiedener Scyphozoa (Cnidaria) der deutschen Bucht. - Dissertation. Universität Hamburg: 159 S.
- HOPPENRATH, M., ELBRÄCHTER, M., DREBES, G., 2009: Marine Phytoplankton. Selected microphytoplankton from the North Sea around Helgoland and Sylt. Kleine Senckenberg-Reihe, 49.
- JAANUS, A., ANDERSSON, A., HAJDU, S., HUSEBY, S., JURGENSONE, I., OLENINA, I., WASMUND, N., TOMING, K., 2007: Shifts in the Baltic Sea summer phytoplankton communities in

1992-2006. HELCOM/MONAS Indicator Fact Sheet.
http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2007/en_GB/Phytoplankton/

JANAS, U., WITEK, Z., 1993: The occurrence of medusae in the Baltic and their importance in the ecosystem, with special emphasis on *Aurelia aurita*. - *Oceanologia* **34**, 69-84.

JAVIDPOUR, J., 2008: Ecological assessment of the Ctenophore Invader *Mnemiopsis leidyi* in the Western Baltic Sea. - Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christians-Albrechts-Universität zu Kiel: 106 S.

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.

JOSEFSON, A.B. 2009: Additive partitioning of estuarine benthic macroinvertebrate diversity across multiple spatial scales. - *Marine Ecology Progress Series* **396**: 283-292

KUBE, S., POSTEL, L., HONNEF, C., AUGUSTIN, C.B., 2007 a: *Mnemiopsis leidyi* in the Baltic Sea – distribution and overwintering between autumn 2006 and spring 2007. – *Aquatic Invasions* **2** (2): 137-146 (URL: <http://www.aquaticinvasions.ru>)

KUBE, S., HAMMER, C., ZIMMERMANN, C., SOMMER, U., JAVIDPOUR, J., CLEMMESSEN, C., BOERSMA, M., POSTEL, L., 2007 b: Die Invasion der räuberischen Rippenqualle *Mnemiopsis leidyi* in der Ostsee (The invasion of the carnivorous ctenophore *M. leidyi* in the Baltic Sea). Final Report, Leibniz Institute of Baltic Sea Res., 50pp.

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

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

MÖLLMANN, C., KÖSTER, F. W., 2002: Population dynamics of calanoid copepods and the implications of their predation by clupeid fish in the central baltic sea. - *Journal of Plankton Research* **24**, 959-978.

MÖLLMANN, C., KORNILOVS, G., SIDREVICS, L., 2000: Long-term dynamics of main mesozooplankton species in the central baltic sea. - *Journal of Plankton Research* **22**, 2015-2038.

- NAUSCH, G., UMLAUF, L., NAGEL, K., SIEGEL, H., 2010: Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2009. - Meereswiss. Ber., Warnemünde 80: 1-107.
- 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.
- OLENINA, I., WASMUND, N., HAJDU, S., JURGENSON, I., GROMISZ, S., KOWNACKA, J., TOMING, K., VAICIŪTĖ, D., OLENIN, S. (2010): Assessing impacts of invasive phytoplankton: the Baltic Sea case. Marine Pollution Bulletin. doi:10.1016/j.marpolbul.2010.06.046
- 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.
- 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., 2010: 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.
- SCHILLING, P., UHLIG, S., 2010: Phytoplankton ring test 2007. Identification, counting and biomass determination of synthetic and natural phytoplankton samples. Final report. Umweltbundesamt, 198 pp.
- SCHNEIDER, G., 1989: Estimation of food demands of *Aurelia aurita* medusae populations in the Kiel Bight/Western Baltic. - *Ophelia* **31**, 17-27
- SCHNEIDER, G., BEHREND, G., 1994: Population dynamics and the trophic role of *Aurelia aurita* medusae in the Kiel Bight and western Baltic. - ICES J. Mar. Sci. **51**, 359-367
- UTERMÖHL, H., 1958: Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. – Ass. intern. Limnol. théor. **9**, 1-38.
- WASMUND, N., 2002: Structure and function of the pelagic system. Chlorophyll a. In: Helsinki Commission: Environment of the Baltic Sea area 1994-1998. Baltic Sea Environment Proceedings No. 82 B, pp. 102-104.

- WASMUND, N., ALHEIT, J., POLLEHNE, F., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 1998 a: Ergebnisse des Biologischen Monitorings der Ostsee im Jahre 1997 im Vergleich mit bisherigen Untersuchungen. – Meereswiss. Ber., Warnemünde **32**, 1-66.
- WASMUND, N., GÖBEL, J., V.BODUNGEN, B., 2008: 100-years-changes in the phytoplankton community of Kiel Bight (Baltic Sea). - J. Mar. Syst. 73:300-322
- WASMUND, N., NAUSCH, G., MATTHÄUS, W., 1998 b: Phytoplankton spring blooms in the southern Baltic Sea – spatio-temporal development and long-term trends. - J. Plankton Res., **20**, 1099-1117.
- WASMUND, N., ALHEIT, J., POLLEHNE, F., SIEGEL, H., 2000: Der biologische Zustand der Ostsee im Jahre 1999 auf der Basis von Phytoplankton- und Zooplanktonuntersuchungen. – Meereswiss. Ber., Warnemünde **43**, 1-65.
- 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., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L. 2009: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2008. Meereswissenschaftliche Berichte 74: 91pp
- 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.

- WELSCHMEYER, N.A., 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and pheopigments. *Limnol. Oceanogr.*, 39: 1985-1992.
- 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.

ANHANG (für mehrseitige Tabellen)

Tab. A1

Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Taxa (in Prozent der Phytoplankton-Biomasse) in den oberen 10 m der Wassersäule: Mittelwerte der drei Fahrten von Januar bis Mai sowie der Juli- und Oktober/Novemberfahrt 2009 in den verschiedenen Seegebieten. Zu Beginn jedes Blocks ist die entsprechende durchschnittliche Phytoplanktonbiomasse (in µg/l) angegeben. „Unbestimmte“, „Gymnodinales“ und „Peridinales“ wurden aus der Liste gelöscht, wenn sie jeweils <10% ausmachten. Fortsetzung auf Seite 83 ! Für die Bornhomsee und östliche Gotlandsee sind nur die Frühjahrswerte angegeben (Seite 84).

Table A1

The 10 most abundant phytoplankton taxa (percentage of total phytoplankton biomass) in the different sea areas (upper 10 m): averages from the three cruises January-May as well as cruises from July and October/November 2009. The mean phytoplankton biomass (in µg/l) is given on the top of each block. „Unidentified“, „Gymnodinales“ and „Peridinales“ were deleted from the list if the specimen accounted for less than 10 % of the biomass in the sample. Continued on page 83 ! For the Bornholm and Gotland Seas, only spring data are shown (page 84).

Januar-Mai	(%)	Juli	(%)	Oktober/November	(%)
Kieler Bucht (Stat. OMBMPN3)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	770	Phytopl.-Biomasse in µg/l	2691	Phytopl.-Biomasse in µg/l	451
Gymnodinales	28,0	<i>Proboscia alata</i>	75,9	<i>Thalassiosira rotula</i>	11,5
<i>Skeletonema costatum</i>	24,1	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	6,1	<i>Mesodinium rubrum</i>	9,6
<i>Chrysochromulina</i>	14,1	<i>Ceratium tripos</i>	5,7	<i>Gyrodinium spirale</i>	7,8
<i>Mesodinium rubrum</i>	5,2	<i>Guinardia flaccida</i>	1,3	<i>Ceratium tripos</i>	6,2
<i>Heterosigma akashiwo</i>	4,1	<i>Chrysochromulina</i>	0,9	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	5,3
<i>Dictyocha speculum</i>	3,4	<i>Katablepharis remigera</i>	0,8	<i>Chrysochromulina</i>	5,0
<i>Proboscia alata</i>	1,7	<i>Cerataulina pelagica</i>	0,8	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	4,7
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	1,7	<i>Ceratium lineatum</i>	0,8	<i>Dictyocha speculum</i>	4,1
<i>Gyrodinium spirale</i>	1,4	<i>Guinardia delicatula</i>	0,7	<i>Ditylum brightwellii</i>	4,0
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	1,0	<i>Mesodinium rubrum</i>	0,4	<i>Cerataulina pelagica</i>	3,5
Lübecker Bucht (Stat. OMO22)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	628	Phytopl.-Biomasse in µg/l	675		
<i>Skeletonema costatum</i>	24,9	<i>Ceratium tripos</i>	23,8		
Gymnodinales	21,3	<i>Anabaena</i>	21,7		
<i>Chrysochromulina</i>	14,2	<i>Proboscia alata</i>	8,6		
<i>Mesodinium rubrum</i>	6,5	<i>Chrysochromulina</i>	4,5		
<i>Dictyocha speculum</i>	6,1	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	3,7		
<i>Porosira glacialis</i>	2,9	<i>Plagioselmis prolunga</i>	2,5		
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	2,9	<i>Guinardia flaccida</i>	2,0		
<i>Thalassiosira</i>	1,9	<i>Dictyocha speculum</i>	1,7		
<i>Protoperdinium depressum</i>	1,3	<i>Katablepharis remigera</i>	1,6		
<i>Teleaulax</i>	1,2	<i>Skeletonema costatum</i>	1,4		

Zentrale Mecklenburger Bucht (Stat. OMBMPM2)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	393	Phytopl.-Biomasse in µg/l	984	Phytopl.-Biomasse in µg/l	279
<i>Chrysochromulina</i>	21,3	<i>Proboscia alata</i>	28,2	<i>Cerataulina pelagica</i>	32,7
<i>Skeletonema costatum</i>	18,5	<i>Cerataulina pelagica</i>	21,3	<i>Chaetoceros convolutus</i>	8,5
<i>Mesodinium rubrum</i>	16,0	<i>Ceratium tripos</i>	9,9	<i>Mesodinium rubrum</i>	8,5
Gymnodiniales	14,9	<i>Dactylosolen fragilissimus</i>	4,0	<i>Coscinodiscus granii</i>	8,1
<i>Dictyocha speculum</i>	3,7	<i>Katablepharis remigera</i>	3,5	<i>Ceratium tripos</i>	7,5
<i>Teleaulax</i>	2,3	<i>Guinardia flaccida</i>	3,4	<i>Teleaulax</i>	3,7
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	1,2	<i>Chrysochromulina</i>	3,0	<i>Ebria tripartita</i>	2,1
<i>Pyramimonas</i>	1,0	<i>Anabaena</i>	2,8	<i>Dictyocha speculum</i>	2,0
<i>Katodinium rotundatum</i>	1,0	<i>Telonema</i>	1,7	<i>Pyramimonas</i>	1,8
<i>Plagioselmis prolunga</i>	0,9	<i>Plagioselmis prolunga</i>	1,4	<i>Chaetoceros impressus</i>	1,6
Östliche Mecklenburger Bucht (Stat. OMBMPM1)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	344	Phytopl.-Biomasse in µg/l	318	Phytopl.-Biomasse in µg/l	414
<i>Skeletonema costatum</i>	33,3	Unidentified	17,7	<i>Coscinodiscus granii</i>	68,7
<i>Chrysochromulina</i>	14,2	<i>Ceratium tripos</i>	15,4	<i>Mesodinium rubrum</i>	6,3
<i>Mesodinium rubrum</i>	14,1	<i>Chrysochromulina</i>	11,4	<i>Teleaulax</i>	3,8
Gymnodiniales	10,3	<i>Anabaena limnetica</i>	9,2	<i>Pyramimonas</i>	3,1
<i>Dictyocha speculum</i>	3,0	<i>Aphanizomenon</i>	6,1	<i>Katodinium rotundatum</i>	1,5
<i>Ebria tripartita</i>	2,1	<i>Pyramimonas</i>	3,7	<i>Plagioselmis prolunga</i>	1,1
<i>Teleaulax</i>	1,8	<i>Coscinodiscus granii</i>	3,5	<i>Actinocyclus</i>	1,1
<i>Pyramimonas</i>	1,5	<i>Teleaulax</i>	3,2	<i>Chaetoceros impressus</i>	0,8
<i>Plagioselmis prolunga</i>	1,1	<i>Plagioselmis prolunga</i>	2,7	<i>Ebria tripartita</i>	0,7
<i>Gyrodinium spirale</i>	0,8	<i>Dictyocha speculum</i>	2,6	<i>Chrysochromulina</i>	0,7
Westliche Arkonasee (Stat. OMBMPK8)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	383	Phytopl.-Biomasse in µg/l	425	Phytopl.-Biomasse in µg/l	481
<i>Skeletonema costatum</i>	28,4	<i>Aphanizomenon</i>	23,5	<i>Coscinodiscus granii</i>	72,6
<i>Mesodinium rubrum</i>	20,5	<i>Ceratium tripos</i>	12,3	<i>Pyramimonas</i>	3,4
<i>Chrysochromulina</i>	20,1	<i>Chrysochromulina</i>	9,8	<i>Teleaulax</i>	1,9
<i>Actinocyclus</i>	6,9	<i>Anabaena limnetica</i>	5,6	<i>Ebria tripartita</i>	1,8
<i>Teleaulax</i>	1,6	<i>Mesodinium rubrum</i>	4,4	<i>Actinocyclus</i>	1,8
<i>Pyramimonas</i>	1,3	<i>Plagioselmis prolunga</i>	3,4	<i>Chrysochromulina</i>	1,6
<i>Dictyocha speculum</i>	1,1	<i>Teleaulax</i>	3,0	<i>Katodinium rotundatum</i>	1,0
<i>Thalassiosira</i>	1,0	<i>Nodularia spumigena</i>	3,0	<i>Eutreptiella</i>	0,9
<i>Plagioselmis prolunga</i>	1,0	<i>Pyramimonas</i>	1,9	<i>Ceratium tripos</i>	0,7
<i>Chaetoceros ceratosporus</i>	0,8	<i>Chaetoceros impressus</i>	1,7	<i>Mesodinium rubrum</i>	0,7
Zentrale Arkonasee (Stat. OMBMPK5)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	659	Phytopl.-Biomasse in µg/l	353	Phytopl.-Biomasse in µg/l	705
<i>Skeletonema costatum</i>	47,1	<i>Chrysochromulina</i>	16,0	<i>Coscinodiscus granii</i>	62,0
<i>Mesodinium rubrum</i>	19,6	Unidentified	15,2	<i>Pyramimonas</i>	8,0
<i>Chrysochromulina</i>	15,1	<i>Aphanizomenon</i>	14,5	<i>Mesodinium rubrum</i>	4,2
<i>Aphanizomenon</i>	2,2	<i>Ebria tripartita</i>	11,0	<i>Teleaulax</i>	4,1
<i>Pyramimonas</i>	2,1	<i>Anabaena limnetica</i>	10,6	<i>Katodinium rotundatum</i>	3,7
<i>Katodinium rotundatum</i>	0,9	<i>Plagioselmis prolunga</i>	4,8	<i>Chrysochromulina</i>	2,7
<i>Chaetoceros ceratosporus</i>	0,8	<i>Teleaulax</i>	2,8	<i>Eutreptiella</i>	1,7
<i>Teleaulax</i>	0,7	<i>Mesodinium rubrum</i>	2,6	<i>Actinocyclus</i>	1,6
<i>Plagioselmis prolunga</i>	0,7	<i>Nodularia spumigena</i>	2,5	<i>Plagioselmis prolunga</i>	1,5
<i>Thalassiosira</i>	0,7	<i>Chaetoceros impressus</i>	2,4	<i>Ebria tripartita</i>	1,1

Östliche Arkonasee (Stat. OMBMPK4)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	989	Phytopl.-Biomasse in µg/l	451	Phytopl.-Biomasse in µg/l	588
<i>Skeletonema costatum</i>	48,5	Unidentified	15,0	<i>Coscinodiscus granii</i>	74,5
<i>Mesodinium rubrum</i>	30,4	<i>Aphanizomenon</i>	12,8	<i>Teleaulax</i>	2,7
<i>Chrysochromulina</i>	8,6	<i>Ebria tripartita</i>	9,6	<i>Katodinium rotundatum</i>	2,7
<i>Thalassiosira</i>	1,6	<i>Chrysochromulina</i>	8,6	<i>Eutreptiella</i>	2,3
<i>Coscinodiscus granii</i>	1,5	<i>Nodularia spumigena</i>	7,2	<i>Pyramimonas</i>	2,1
<i>Pyramimonas</i>	1,0	<i>Plagioselmis prolunga</i>	6,2	<i>Ebria tripartita</i>	1,4
<i>Aphanizomenon</i>	0,7	<i>Anabaena limnetica</i>	6,1	<i>Actinocyclus</i>	1,3
<i>Ebria tripartita</i>	0,6	<i>Eutreptiella</i>	5,0	<i>Chrysochromulina</i>	1,2
<i>Actinocyclus</i>	0,5	<i>Mesodinium rubrum</i>	4,3	<i>Hemiselmis</i>	1,1
<i>Teleaulax</i>	0,5	<i>Teleaulax</i>	3,3	<i>Plagioselmis prolunga</i>	1,0
Aus der zentralen Ostsee nur Frühjahrswerte:					
Station OMBMPK2		Station OMBMPK1		Station OMBMPJ1	
Phytopl.-Biomasse in µg/l	346	Phytopl.-Biomasse in µg/l	686	Phytopl.-Biomasse in µg/l	513
<i>Mesodinium rubrum</i>	44,7	<i>Mesodinium rubrum</i>	70,2	<i>Mesodinium rubrum</i>	50,7
<i>Chrysochromulina</i>	30,8	<i>Peridiniella catenata</i>	10,0	<i>Peridiniella catenata</i>	27,3
<i>Actinocyclus</i>	4,8	<i>Noctiluca scintillans</i>	6,2	<i>Chrysochromulina</i>	2,6
<i>Skeletonema costatum</i>	3,7	<i>Actinocyclus</i>	2,4	<i>Aphanizomenon</i>	1,9
<i>Aphanizomenon</i>	3,5	<i>Katodinium rotundatum</i>	1,8	<i>Katodinium rotundatum</i>	1,6
<i>Eutreptiella</i>	1,0	<i>Amylax triacantha</i>	1,4	<i>Dinophysis norvegica</i>	1,0
<i>Dictyocha speculum</i>	0,9	<i>Chrysochromulina</i>	1,2	<i>Dinophysis acuta</i>	0,9
<i>Teleaulax</i>	0,7	<i>Aphanizomenon</i>	0,7	<i>Skeletonema costatum</i>	0,8
<i>Katodinium rotundatum</i>	0,6	<i>Pyramimonas</i>	0,5	<i>Thalassiosira</i>	0,8
<i>Ebria tripartita</i>	0,5	<i>Dinophysis acuta</i>	0,4	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0,7

Tab. A2

Alphabetische Liste der im Jahre 2009 gefundenen Phytoplanktonarten und ihrer taxonomischen Zugehörigkeit mit Angabe der Rangfolge (nach Biomasse, alle Stationen, alle Tiefen) und saisonalem Vorkommen (nur die Daten der 5 Terminfahrten zugrunde gelegt). Fortsetzung Seite 85 ff.

Table A2

Phytoplankton species list of 2009, with class affiliation, biomass rank (for all stations, all depths) and seasonal occurrence from the five monitoring cruises (continued on page 85).

Artname (Gesamtliste)	Klasse	Rang	Jan/Feb	März	Mai	Juli	Okt/Nov
<i>Actinocyclus</i> sp.	Bacillarioph.	8	X	X	X	X	
<i>Actinoptychus senarius</i>	Bacillarioph.	119				X	
<i>Akashiwo sanguinea</i>	Dinophyceae	96		X			
<i>Amphidinium crassum</i>	Dinophyceae	82		X	X	X	X
<i>Amphidinium sphenoides</i> (einschl. cf.)	Dinophyceae	62	X	X	X		
<i>Amylax triacantha</i>	Dinophyceae	48		X	X		
<i>Anabaena</i> sp.	Cyanobact.	22			X	X	
<i>Apedinella radians</i>	Chrysophyc.	91	X	X	X		X
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Cyanobact.	9	X	X	X	X	X
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Cyanobact.	37	X		X	X	X
<i>Aphanothece paralleliformis</i>	Cyanobact.	70		X	X	X	
<i>Aphanothece</i> sp.	Cyanobact.	79	X	X	X	X	X
<i>Attheya septentrionalis</i>	Bacillarioph.	67	X	X	X	X	X

Artname (Gesamtliste)	Klasse	Rang	Jan/Feb	März	Mai	Juli	Okt/Nov
<i>Cerataulina pelagica</i>	Bacillarioph.	10			X	X	X
<i>Ceratium fusus</i>	Dinophyceae	63	X	X		X	X
<i>Ceratium lineatum</i>	Dinophyceae	51			X	X	X
<i>Ceratium longipes</i>	Dinophyceae	111					X
<i>Ceratium tripos</i>	Dinophyceae	6	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros affinis</i>	Bacillarioph.	117	X			X	X
<i>Chaetoceros ceratosporus</i> (einschl. cf.)	Bacillarioph.	26	X	X	X		
<i>Chaetoceros contortus</i>	Bacillarioph.	101				X	X
<i>Chaetoceros convolutus</i>	Bacillarioph.	53					X
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Bacillarioph.	47	X		X	X	X
<i>Chaetoceros danicus</i>	Bacillarioph.	59	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Bacillarioph.	87	X		X	X	
<i>Chaetoceros diadema</i> (einschl. cf.)	Bacillarioph.	68	X				
<i>Chaetoceros impressus</i>	Bacillarioph.	36	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros laciniosus</i>	Bacillarioph.	89	X				X
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Bacillarioph.	107					X
<i>Chaetoceros similis</i> (einschl. cf.)	Bacillarioph.	60	X	X	X	X	
<i>Chaetoceros socialis</i>	Bacillarioph.	85				X	X
<i>Chaetoceros</i> sp.	Bacillarioph.	77	X	X		X	X
<i>Chaetoceros subtilis</i>	Bacillarioph.	99	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> (einschl. cf.)	Bacillarioph.	90	X	X			X
<i>Chaetoceros thronsenii</i>	Bacillarioph.	109	X	X	X		X
<i>Chaetoceros wighamii</i> (einschl. cf.)	Bacillarioph.	84	X	X			
<i>Chattonella verruculosa</i>	Raphidophyc.	116	X				
<i>Chrysochromulina</i> sp.	Prymnesioph.	3	X	X	X	X	X
<i>Coelosphaerium minutissimum</i>	Cyanobact.	72		X	X	X	
<i>Coscinodiscus granii</i>	Bacillarioph.	5	X		X	X	X
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Bacillarioph.	35	X	X	X	X	
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	Cyanobact.	100	X	X	X	X	
<i>Cyanonephron styloides</i>	Cyanobact.	124			X		
<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i>	Bacillarioph.	129	X				
<i>Cyclotella</i> sp.	Bacillarioph.	56				X	X
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Bacillarioph.	113	X	X	X	X	X
<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>	Prasinoph.	49	X	X	X	X	X
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Bacillarioph.	18	X	X	X	X	X
<i>Diatoma tenuis</i>	Bacillarioph.	80			X		
<i>Dictyocha speculum</i>	Dicyochoph.	12	X	X	X	X	X
<i>Dinobryon balticum</i>	Chrysophyc.	97		X	X	X	X
<i>Dinobryon faculiferum</i>	Chrysophyc.	112	X	X	X	X	X
<i>Dinobryon</i> sp.	Chrysophyc.	125		X		X	
<i>Dinophysis acuminata</i>	Dinophyceae	66	X		X		X
<i>Dinophysis acuta</i>	Dinophyceae	64		X	X		
<i>Dinophysis norvegica</i>	Dinophyceae	28	X	X	X	X	
<i>Dinophysis</i> sp.	Dinophyceae	76		X	X	X	X
<i>Dissodinium pseudolunula</i>	Dinophyceae	114					X
<i>Ditylum brightwellii</i>	Bacillarioph.	55	X				X
<i>Ebria tripartita</i>	Ebriidea	19	X	X	X	X	X
<i>Eutreptiella</i> sp.	Euglenophyc.	23	X	X	X	X	X
<i>Guinardia delicatula</i>	Bacillarioph.	50	X	X	X	X	X
<i>Guinardia flaccida</i>	Bacillarioph.	13			X	X	X
<i>Gyrodinium spirale</i> (einschl. cf.)	Dinophyceae	20	X	X	X	X	X
<i>Hemiselmis</i> sp.	Cryptophyc.	45	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa rotundata</i>	Dinophyceae	16	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa triquetra</i>	Dinophyceae	94	X	X	X	X	X

Artname (Gesamtliste)	Klasse	Rang	Jan/Feb	März	Mai	Juli	Okt/Nov
<i>Heterosigma cf. akashiwo</i>	Raphidophyc.	32	X	X			
<i>Katablepharis remigera</i>	Incertae sedis	24	X	X	X	X	X
<i>Katodinium glaucum</i> (einschl. cf.)	Dinophyceae	65	X	X	X		
<i>Lemmermanniella pallida</i>	Cyanobact.	104			X	X	
<i>Lemmermanniella parva</i>	Cyanobact.	98	X	X	X	X	
<i>Lennoxia faveolata</i>	Bacillarioph.	126					X
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillarioph.	75	X	X	X		X
<i>Leptocylindrus minimus</i>	Bacillarioph.	93				X	X
<i>Leucocryptos marina</i>	Incertae sedis	38	X	X	X	X	X
<i>Licmophora</i> sp.	Bacillarioph.	115		X			
<i>Melosira arctica</i>	Bacillarioph.	92		X			
<i>Mesodinium rubrum</i>	Litostomatea	2	X	X	X	X	X
<i>Monoraphidium contortum</i>	Chlorophyc.	118			X	X	
<i>Monoraphidium minutum</i>	Chlorophyc.	131	X				
<i>Nitzschia paleacea</i>	Cyanobact.	88				X	
<i>Noctiluca scintillans</i>	Dinophyceae	31			X		
<i>Nodularia spumigena</i>	Cyanobact.	39				X	X
<i>Oocystis</i> sp.	Chlorophyc.	95	X	X	X	X	
<i>Pachysphaera</i> sp.	Prasinophyc.	52		X	X	X	X
<i>Paralia sulcata</i>	Bacillarioph.	122	X				
<i>Peridiniella catenata</i>	Dinophyceae	7	X	X	X	X	
<i>Phaeodactylum tricornutum</i> (einschl. cf.)	Bacillarioph.	61			X		
<i>Plagioselmis prolunga</i>	Cryptophyc.	15	X	X	X	X	X
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Chlorophyc.	105	X	X	X	X	
<i>Planktolyngbya contorta</i>	Cyanobact.	121			X		
<i>Planktolyngbya</i> sp.	Cyanobact.	123	X	X			X
<i>Porosira glacialis</i>	Bacillarioph.	34	X				
<i>Proboscia alata</i>	Bacillarioph.	4	X	X	X	X	X
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	Dinophyceae	127		X			X
<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae	81				X	X
<i>Prorocentrum minimum</i>	Dinophyceae	69		X	X	X	X
<i>Proroperidinium bipes</i>	Dinophyceae	110	X	X	X	X	
<i>Protoperidinium depressum</i>	Dinophyceae	46	X	X			
<i>Protoperidinium oblongum</i>	Dinophyceae	86				X	
<i>Protoperidinium pellucidum</i> (einschl. cf.)	Dinophyceae	41		X	X		X
<i>Protoperidinium</i> sp.	Dinophyceae	57	X	X	X		X
<i>Protoperidinium steini</i> (einschl. cf.)	Dinophyceae	83	X	X	X		
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (einschl. cf.)	Cyanobact.	21	X			X	X
<i>Pseudanabaena</i> sp.	Cyanobact.	102			X	X	
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> group	Bacillarioph.	33	X	X	X		
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	Bacillarioph.	130	X				
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> group	Bacillarioph.	58	X	X		X	X
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	Bacillarioph.	106	X	X	X	X	X
<i>Pseudopedinella</i> sp.	Chrysophyc.	54	X	X	X	X	X
<i>Pterosperma</i> sp.	Prasinophyc.	103	X	X			
<i>Pyramimonas</i> sp.	Prasinophyc.	14	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	Bacillarioph.	43	X	X	X		
<i>Rhizosolenia pungens</i>	Bacillarioph.	108				X	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	Bacillarioph.	30	X	X			X
<i>Romeria</i> sp.	Cyanobact.	120			X	X	
<i>Skeletonema costatum</i>	Bacillarioph.	1	X	X	X	X	X
<i>Snowella</i> sp.	Cyanobact.	40	X	X	X	X	
<i>Teleaulax</i> sp.	Cryptophyc.	11	X	X	X	X	X
<i>Telonema</i> sp.	Incertae sedis	29	X	X	X	X	X

Taxa	N3	N1	M2	OM18	K8	K4	K3	OM160	RL2010
<i>Astarte borealis</i>	X	X			X				G
<i>Astarte elliptica</i>	X	X				X			G
<i>Astarte montagui</i>	X								3
<i>Cerastoderma glaucum</i>					X		X	X	*
<i>Corbula gibba</i>	X	X		X		X			*
<i>Diaphana minuta</i>	X								*
<i>Facelina bostoniensis</i>	X	X		X					*
<i>Hiatella arctica</i>	X	X							*
<i>Hydrobia ulvae</i>				X	X	X	X	X	*
<i>Kurtiella bidentata</i>	X	X	X	X					*
<i>Macoma balthica</i>	X		X	X	X	X	X	X	*
<i>Macoma calcarea</i>	X								1
<i>Modiolarca subpicta</i>	X								G
<i>Musculus discors</i>	X								G
<i>Musculus niger</i>	X								G
<i>Mya arenaria</i>	X				X	X	X	X	*
<i>Mya truncata</i>	X								2
<i>Mytilus edulis</i>	X	X		X	X		X	X	*
<i>Neptunea antiqua</i>	X								G
<i>Odostomia scalaris</i>					X				*
<i>Onchidoris muricata</i>		X							*
<i>Parvicardium ovale</i>	X	X							G
<i>Parvicardium scabrum</i>	X								D
<i>Phaxas pellucidus</i>	X	X	X	X					*
<i>Philine aperta</i>	X								*
<i>Retusa obtusa</i>					X				*
<i>Retusa truncatula</i>	X	X							*
ANNELIDA									
<i>Enchytraeidae</i>								X	nb
<i>Oligochaeta indet.</i>				X	X	X	X	X	nb
<i>Tubificoides benedii</i>	X				X		X	X	*
<i>Alitta succinea</i>		X		X			X		D
<i>Ampharete acutifrons</i>			X						*
<i>Ampharete baltica</i>	X	X		X	X	X			*
<i>Amphitrite cirrata</i>	X								G
<i>Aricidea minuta</i>	X								*
<i>Aricidea suecica</i>	X			X	X	X			*
<i>Bylgides sarsi</i>	X	X	X	X					*
<i>Capitella capitata</i>			X	X					*
<i>Caulleriella killariensis</i>	X								D
<i>Chaetozone setosa</i>	X								*
<i>Cirrophorus eliasoni</i>	X	X	X						*
<i>Dipolydora quadrilobata</i>	X	X	X	X	X				*
<i>Eteone barbata</i>	X			X					*
<i>Eteone longa</i>	X	X	X	X	X	X			*
<i>Euchone papillosa</i>	X								2
<i>Eumida sanguinea</i>		X		X					*
<i>Exogone naidina</i>	X								D
<i>Flabelligera affinis</i>	X								D
<i>Harmothoe imbricata</i>	X	X	X	X	X				D
<i>Harmothoe impar</i>	X			X					*
<i>Hediste diversicolor</i>			X					X	*
<i>Heteromastus filiformis</i>	X	X	X	X	X	X			*
<i>Lagis koreni</i>	X	X	X	X		X			*
<i>Lanice conchilega</i>	X	X							*
<i>Laonome kroeyeri</i>	X								D
<i>Lepidonotus squamatus</i>	X								*
<i>Lysilla loveni</i>		X							R

Taxa	N3	N1	M2	OM18	K8	K4	K3	OM160	RL2010
<i>Marenzelleria neglecta</i>							X	X	*
<i>Marenzelleria viridis</i>					X				*
<i>Myrianida</i> sp.	X								nb
<i>Myriochele oculata</i>		X							*
<i>Neoamphitrite figulus</i>	X		X						*
<i>Nephtys caeca</i>	X								*
<i>Nephtys ciliata</i>	X	X	X	X		X		X	*
<i>Nephtys hombergii</i>	X	X	X	X					*
<i>Nereimyra punctata</i>	X								*
<i>Nicolea zostericola</i>		X							*
<i>Ophelia rathkei</i>					X				V
<i>Pherusa plumosa</i>	X			X					D
<i>Pholoe assimilis</i>	X	X	X	X		X			D
<i>Pholoe baltica</i>	X								*
<i>Phyllodoce maculata</i>		X							*
<i>Phyllodoce mucosa</i>			X	X					*
<i>Polydora caeca</i>	X								*
<i>Polydora cornuta</i>	X			X					*
<i>Prionospio steenstrupi</i>		X							*
<i>Pygospio elegans</i>	X	X		X	X		X	X	*
<i>Scalibregma inflatum</i>		X	X						G
<i>Scoloplos armiger</i>	X	X	X	X	X	X	X		*
<i>Spio gonioccephala</i>	X	X			X				*
<i>Streptosyllis websteri</i>				X	X				D
<i>Terebellides stroemi</i>	X	X	X	X		X			*
<i>Travisia forbesii</i>					X		X		G
<i>Trochochaeta multisetosa</i>			X	X					D
CRUSTACEA									
<i>Balanus improvisus</i>								X	*
<i>Caprella linearis</i>		X							V
<i>Cheirocratus sundevalli</i>					X				*
<i>Corophium crassicorne</i>					X				*
<i>Corophium insidiosum</i>	X			X					*
<i>Corophium volutator</i>								X	*
<i>Crangon crangon</i>		X		X	X		X	X	*
<i>Diastylis rathkei</i>	X	X	X	X	X	X	X		*
<i>Gammarus oceanicus</i>								X	*
<i>Gammarus salinus</i>							X	X	*
<i>Gammarus zaddachi</i>				X			X	X	*
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	X					X			nb
<i>Jaera albifrons</i>							X		*
<i>Melita palmata</i>								X	V
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	X	X		X			X	X	*
<i>Mysis mixta</i>							X		nb
<i>Neomysis integer</i>				X				X	nb
<i>Phtisica marina</i>		X							*
<i>Pontoporeia femorata</i>		X							V
ARACHNIDA									
Halacaridae indet.	X	X							nb
PYCNOGONIDA									
<i>Nymphon brevistre</i>	X			X					*
BRYOZOA									
<i>Alcyonidium polyoum</i>	X			X	X		X	X	D
<i>Bowerbankia gracilis</i>	X	X							*
<i>Callopora lineata</i>	X			X					*
<i>Cribrilina punctata</i>	X								*
<i>Electra crustulenta</i>			X	X	X		X	X	*
<i>Electra pilosa</i>	X			X					*

Taxa	N3	N1	M2	OM18	K8	K4	K3	OM160	RL2010
<i>Eucratea loricata</i>	X	X	X	X					V
<i>Farrella repens</i>	X		X	X					D
<i>Flustra foliacea</i>	X								*
ECHINODERMATA									
<i>Asterias rubens</i>	X	X	X	X	X				*
<i>Ophiura albida</i>		X	X	X					*
<i>Psammechinus miliaris</i>	X								*
TUNICATA									
<i>Ciona intestinalis</i>	X								*
<i>Dendrodoa grossularia</i>	X	X							V
<i>Molgula manhattensis</i>	X			X					D
Summe 140 Taxa	91	55	36	55	36	20	23	23	
Abundanz (Ind./m²)	9856	2811	2489	2349	3779	651	5800	8815	
Biomasse (g AFTG/m²)	218,6	24,3	34,2	28,8	14,9	0,9	7,7	13,0	