

Meereswissenschaftliche Berichte

Marine Science Reports



No 94 2014

Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2013

Norbert Wasmund, Jörg Dutz, Falk Pollehne, Herbert Siegel
und Michael L. Zettler

"Meereswissenschaftliche Berichte" veröffentlichen Monographien und Ergebnisberichte von Mitarbeitern des Leibniz-Instituts für Ostseeforschung Warnemünde und ihren Kooperationspartnern. Die Hefte erscheinen in unregelmäßiger Folge und in fortlaufender Nummerierung. Für den Inhalt sind allein die Autoren verantwortlich.

"Marine Science Reports" publishes monographs and data reports written by scientists of the Leibniz-Institute for Baltic Sea Research Warnemünde and their co-workers. Volumes are published at irregular intervals and numbered consecutively. The content is entirely in the responsibility of the authors.

Schriftleitung: Dr. Norbert Wasmund
(norbert.wasmund@io-warnemuende.de)

Die elektronische Version ist verfügbar unter / The electronic version is available on:
<http://www.io-warnemuende.de/meereswissenschaftliche-berichte.html>



© Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Lizenz CC BY-NC-ND 4.0 International. Mit dieser Lizenz sind die Verbreitung und das Teilen erlaubt unter den Bedingungen: Namensnennung - Nicht-kommerziell - Keine Bearbeitung.

© This work is distributed under the Creative Commons Attribution which permits to copy and redistribute the material in any medium or format, but no derivatives and no commercial use is allowed, see:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

ISSN 2195-657X

Norbert Wasmund¹, Jörg Dutz¹, Falk Pollehne¹, Herbert Siegel¹, Michael L. Zettler¹:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2013.
Meereswiss. Ber., Warnemünde, 94 (2014)
DOI: 10.12754/msr-2014-0094

Adressen der Autoren:

¹ Leibniz Institute for Baltic Sea Research (IOW), Seestraße 15, D-18119 Rostock-Warnemünde, Germany

E-mail des verantwortlichen Autors: norbert.wasmund@io-warnemuende.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abstract	3
Kurzfassung	4
1. Einleitung	5
2. Material und Methoden	6
2.1 Beprobungs-Strategie	6
2.2 Phytoplankton	7
2.3 Chlorophyll	8
2.4 Sedimentation	9
2.5 Mesozooplankton	10
2.6 Makrozoobenthos	11
2.7 Qualitätssicherung	12
3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2013	14
4. Ergebnisse	15
4.1 Phytoplankton	15
4.1.1 Satellitengestützte Darstellung der raum-zeitlichen Phytoplanktonentwicklung	15
4.1.2 Jahresgang von Artenzusammensetzung und Biomasse	18
4.1.2.1 Frühjahrsblüte	20
4.1.2.2 Sommerblüte	24
4.1.2.3 Herbstblüte	28
4.1.3 Regionale Unterschiede in der Artenzusammensetzung	29
4.1.4 Langzeit-Veränderungen der Artenzusammensetzung	34
4.1.5 Chlorophyll a	36
4.1.6 Sedimentation	40
4.2 Mesozooplankton	46
4.2.1 Artenspektrum, Wasseraustausch und Neozoen	46
4.2.2 Jahresgang in der Artenzusammensetzung	48
4.3 Makrozoobenthos	59
4.3.1 Sedimente und Sauerstoff	59
4.3.2 Makrozoobenthos an den Stationen	59
4.3.3 Langfristiger Trend	64
4.3.4 Rote Liste	67
4.3.5 Neozoen	68
Zusammenfassung	69
Summary	73
Danksagung	76
Literaturverzeichnis	77
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 2013.

The phytoplankton spring bloom was not met during our cruises in the western Baltic, but it was still present in the Baltic Proper in the first half of May with dinoflagellates and *Mesodinium rubrum* as dominating groups. The unusual species *Achnanthes taeniata*, *Verrucophora farcimen* and *Peridiniella danica*, found in spring 2011, were rare in spring 2013. Cyanobacteria blooms appeared on some days in July near the coast of Mecklenburg-Vorpommern. The autumn blooms with dinoflagellates in the western parts and diatom dominance in the Baltic Proper were well-developed at the beginning of November 2014.

The chlorophyll a concentrations were highest in autumn and confirm that the spring bloom peak was not met.

Sedimentation records of organic matter in the Arkona Basin over the year 2013 showed a distinct peak in spring and an elongated period of high flux during summer. Resuspension events occurred in periods of intense winter mixing. The annual flux for single elements in 2013 amounted to 1.23 mol C, 142 mmol N, 394 mmol Si and 6.6 mmol P m⁻² a⁻¹ at a mass flux of 113 g dry mass m⁻² a⁻¹.

In 2013, the zooplankton species number was similarly high compared to the preceding years. 55 zooplankton taxa were identified at 65 stations. Cladocera, rotifers and cyclopid and calanoid copepods dominated the zooplankton composition and were responsible for pronounced maxima in zooplankton stocks in the Arkona- and Bornholm Basins. The calanoid copepod *Acartia tonsa* and the cladoceran *Podon intermedius* re-appeared in the plankton and achieved considerably high densities. The non-indigenous cladoceran *Cercopagis pengoi* occurred in low abundance. In the long term, the abundance of total zooplankton remained low. The decline of zooplankton observed since the beginning of the century continued. While this long-term decline was initially caused by a decrease in cladocera and rotifers, calanoid copepods contribute in recent years.

The 118 species found in the macrozoobenthos mark a moderate diversity, which is an indication of absence of an oxygen deficit in 2013. Depending on the region, the abundances ranged from 314 to 6.400 ind./m² and the biomass (ash free dry weight) from 0.4 g/m² to 100 g/m². Some examples of key species were the gastropod *Peringia ulvae*, bivalves *Arctica islandica*, *Astarte borealis*, *Mytilus edulis* and *Mya arenaria*, the polychaetes *Scoloplos armiger*, *Terebellides stroemii* and *Pygospio elegans* and the cumacean *Diastylis rathkei*. At the 7 monitoring stations altogether 14 species of the Red List could be found. 4 indigenous species were observed during the 2013 sampling.

Kurzfassung

Die 1979 begonnene HELCOM-Datenreihe der Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos wurde im Jahre 2013 in der Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht und Arkonasee fortgesetzt.

Die Phytoplankton-Frühjahrsblüte wurde während unserer Fahrten in der westliche Ostsee nicht getroffen, aber in der ersten Maihälfte in der eigentlichen Ostsee, wo Dinoflagellaten und *Mesodinium rubrum* dominierten. Die im Frühjahr 2011 stark aufgetretenen bislang ungewöhnlichen Arten *Achnanthes taeniata*, *Verrucophora farcimen* und *Peridiniella danica* waren im Frühjahr 2013 unbedeutend. Cyanobakterienblüten traten an einigen Tagen im Juli 2013 an der Küste von Mecklenburg-Vorpommern auf. Anfang November 2013 zeigte sich die übliche Dinoflagellatenblüte in den westlichen Gebieten und Kieselalgen-Dominanz in der eigentlichen Ostsee in idealer Ausprägung.

Die Chlorophyll-a-Konzentrationen waren am höchsten im Herbst und bestätigen, dass das Maximum der Frühjahrsblüte nicht getroffen wurde.

Die Sedimentation des organischen Materials im Arkonabecken im Jahr 2013 zeigte ein distinktes Maximum im Frühjahr und eine längere Phase erhöhter Sedimentation über den Sommer. Resuspension trat im Winter in Phasen hoher Turbulenz auf. Der Gesamtfluss für die einzelnen Elemente betrug im Jahre 2013 1,23 mol C, 142 mmol N, 394 mmol Si und 6,6 mmol P m⁻² a⁻¹ bei einem Massefluss von 113 g Trockengewicht m⁻² a⁻¹.

Insgesamt 55 pelagische Zooplankton-Taxa wurden bei den 65 Beprobungen im Jahre 2013 im Untersuchungsgebiet gefunden. Die Artenvielfalt lag auf einem ähnlich hohen Niveau wie es schon in den Vorjahren im Vergleich zum Beginn der Langzeituntersuchung beobachtet wurde. Generell dominierten Cladocera, Rotatoria und Copepoda das Zooplankton im Untersuchungsgebiet mit maximalen Abundanzen vor allem in der Arkona- und der Bornholmsee. Auffällig war vor allem das häufige Auftreten des calanoiden Copepoden *Acartia tonsa* und der Cladocere *Podon intermedius*, die in den Vorjahren nicht beobachtet wurden, sowie Funde der invasive Art *Cercopagis pengoi*. Der seit dem Beginn des Jahrhunderts bestehende Trend zur Abnahme der maximalen Abundanz des Zooplanktons hat sich auch in 2013 fortgesetzt, insbesondere bei den calanoiden Copepoden.

Mit insgesamt 118 ist die Artenzahl des Makrozoobenthos im Vergleich zu den Vorjahren als mittelmäßig zu bezeichnen; ein Hinweis, dass im Jahre 2013 kein anhaltender Sauerstoffmangel bestand. In Abhängigkeit vom Seegebiet schwankten die Individuendichten zwischen 314 und 6.400 Ind./m² und die Biomasse zwischen 0,4 und 100 g AFTM/m². Einige Beispiele für Schlüsselarten sind die Glatte Wattschnecke *Peringia ulvae*, die Muscheln *Arctica islandica*, *Astarte borealis*, *Mytilus edulis* und *Mya arenaria*, die Polychaeten *Scoloplos armiger*, *Terebellides stroemii* und *Pygospio elegans* sowie der Cumacee *Diastylis rathkei*. An den 7 Monitoringstationen konnten insgesamt 14 Arten der Roten Liste (Gefährdungskategorien 1, 2, 3 und G) nachgewiesen werden. Der Anteil an Neozoen war 2013 mit 4 Arten sehr gering.

1. Einleitung

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse des biologischen Monitoring dar, das am Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) durchgeführt wird. In der Ausschließlichen Wirtschaftszone Deutschlands (AWZ) wird das Monitoring im Auftrage des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) durchgeführt, in der zentralen Ostsee (östliche Gotlandsee) wird es jedoch aus Hausmitteln des IOW finanziert. Es ist Bestandteil des internationalen Umweltüberwachungsprogramms der Helsinki-Kommission (HELCOM), an dem bereits das Vorgänger-Institut des IOW seit seinem Beginn im Jahre 1979 beteiligt war. Es beinhaltet neben den biologischen Komponenten auch ein umfangreiches hydrographisch-chemisches Untersuchungsprogramm (NAUSCH et al. 2014). Mit Gründung des IOW im Jahre 1992 wird der deutsche Beitrag zum Monitoring-Programm der HELCOM kontinuierlich weitergeführt.

Die gewonnenen Daten sind Bestandteil des koordinierten Messprogramms der deutschen Küstenländer. Die Arbeitsgemeinschaft Bund/Länder-Messprogramm Nord- und Ostsee (ARGE BLMP) wurde mit Inkrafttreten des Verwaltungsabkommens Meeresschutz am 30. März 2012 durch den Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee (BLANO) mit erweiterten Aufgaben zur gemeinsamen Umsetzung der Anforderungen der EG-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) ersetzt (siehe <http://www.blmp-online.de/Seiten/Infos.html>). Die gewonnenen Daten werden über die Meeresumwelt-Datenbank (MUDAB) jährlich an die Datenbank des ICES (International Council for the Exploration of the Sea, siehe <http://www.ices.dk/indexnofla.asp>) gemeldet. 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 „Baltic Sea Environmental Fact Sheets“, vormals „Indicator Fact Sheets“ (JAANUS et al. 2007, HAJDU et al. 2008, OLENINA et al. 2009, OLENINA AND KOWNACKA 2010, ÖBERG 2013, WASMUND et al. 2013 b). Außerdem werden spezielle Thematische Assessments veröffentlicht, z.B. über Einflüsse klimatischer Veränderungen (HELCOM 2007) oder der Eutrophierung (HELCOM 2009). Auch im Rahmen des BLMP wurden Indikatorberichte verfasst, wie der über das Chlorophyll in der deutschen AWZ der Ostsee (WASMUND et al. 2011 b).

Die internationale Kooperation erhält zunehmend einen europäischen Rahmen. So entwickelte 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. Gegenwärtig wird ein europäischer Standard zur Abschätzung des Phytoplankton-Biovolumens unter Mitarbeit der Experten des IOW entwickelt. Den gesetzlichen Rahmen für die forcierte internationale Zusammenarbeit bilden die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:DE:HTML>, siehe EUROPEAN UNION 2000) sowie die EG-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:DE:PDF>, siehe EUROPEAN UNION 2008). Die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (RICHTLINIE 2008/56/EG) schafft den Ordnungsrahmen für die notwendigen Maßnahmen aller EU-Mitgliedsstaaten, um bis 2020 einen „guten Zustand der Meeresumwelt“ in allen europäischen Meeren zu erreichen oder zu erhalten. Entsprechende Monitoringprogramme sind zu unterhalten bzw. auszubauen. 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 2013 bereits erschienen ist (NAUSCH et al. 2014).

Die Bearbeitung des Phytoplankton- und Chlorophyllkapitels lag in den Händen von Dr. NORBERT WASMUND. Die Zooplanktonpassagen wurden von Dr. JÖRG DUTZ und der Makrozoobenthos 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 2013). 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 2014) verbindlich vorgeschrieben.

Die Stationen für die biologischen Untersuchungen sind in Abb. 1 dargestellt. Seit einigen Jahren wird nicht mehr die IOW-interne Bezeichnung der Stationen, sondern die offizielle 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 Entsprechungen der IOW-Stationsbezeichnungen sind aus Tab. 1 ersichtlich. Die bislang verwendeten IOW-Stationsnummern sind parallel noch einmal in Tab. 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.

Die Sinkstoff-Fallen werden ab dem Jahre 2008 im Messfeld Arkonabecken (siehe Station AB in Abb. 1) installiert.

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

Makrozoobenthos-Proben werden nur einmal im Jahr (im November) von insgesamt 8 Stationen genommen, im Jahre 2013 aber nur von 7 Stationen (siehe Tab. 3 auf Seite 12).

Tab. 1

Häufigkeit der Probenahme (= Anzahl der Probenentriebe) zur Gewinnung der biologischen Daten des IOW im Jahre 2013.

Table 1

Sampling statistics for different parameters specified for sampling stations in 2013.

Stationsnummer	IOW- Stationsnummer	Chloro- phyll	Phyto- plankton	Zoo- plankton	Zoo- benthos
Beltsee					
OMBMPN ₃	TFo360	5	5	5	1
OMBMPN ₁	TFo010	-	-	-	1
OMBMPM ₂	TFo012	9	9	9	1
OMO ₂₂	TFo022	5	5	-	-
OM ₁₈	TFo018	-	-	-	1
OMBMPM ₁	TFo046	10	10	10	-
Arkonasee					
OMBMPK ₈	TFo030	10	10	9	1
OMBMPK ₅	TFo113	10	10	10	-
OMBMPK ₄	TFo109	5	5	5	1
Pommernbucht					
OM ₁₆₀	TFo160	-	-	-	1
Bornholmsee					
OMBMPK ₂	TFo213	8	8	8	-
Östl. Gotlandsee					
OMBMPK ₁	TFo259	4	4	4	-
OMBMPJ ₁	TFo271	5	5	5	-

2.2 Phytoplankton

Im Allgemeinen werden 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 wird sowie eine Probe unterhalb der obersten Sprungschicht (meistens aus 20 m Tiefe). Bei Vorliegen interessanter Strukturen (z.B. markante Fluoreszenzmaxima im Tiefenprofil) werden auch aus diesen Wassertiefen zusätzliche Proben genommen. Die Proben (200 ml) werden mit 1 ml saurer Lugolscher Lösung fixiert und so bis zur Auswertung gelagert (max. 6 Monate).

Die Biomasse der einzelnen Phytoplanktonarten wird mikroskopisch nach der traditionellen Methode nach UTERMÖHL (1958) bestimmt. Bei der Zählung werden 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, werden 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 im Allgemeinen pro Probe auf mindestens 500 gezählte Individuen. Damit wird der Fehler für die Gesamtbioasse deutlich geringer (< 10 %).

Jeder Art bzw. Größenklasse entspricht ein charakteristisches Individuenvolumen (Berechnung nach HELCOM, 2014). Dieses wird mit der Anzahl der gezählten Individuen multipliziert, um auf

das Biovolumen der jeweiligen Art zu kommen. Bei Annahme einer Dichte von 1 g cm^{-3} entspricht das Biovolumen zahlenmäßig der Biomasse (Frischmasse).

Die Berechnung und Datenausgabe erfolgte mit Hilfe des Zählprogramms OrgaCount der Firma AquaEcology und der verbindlichen Arten- und Biovolumenliste PEG_BVOL2014, siehe http://www.ices.dk/marine-data/Documents/ENV/PEG_BVOL.zip. Informationen zur Artenliste auf der ICES-Seite können auch eingesehen werden unter <http://www.ices.dk/marine-data/Pages/default.aspx> (oben auf das große graugrüne Feld „HELCOM PEG BIOVOLUME klicken).

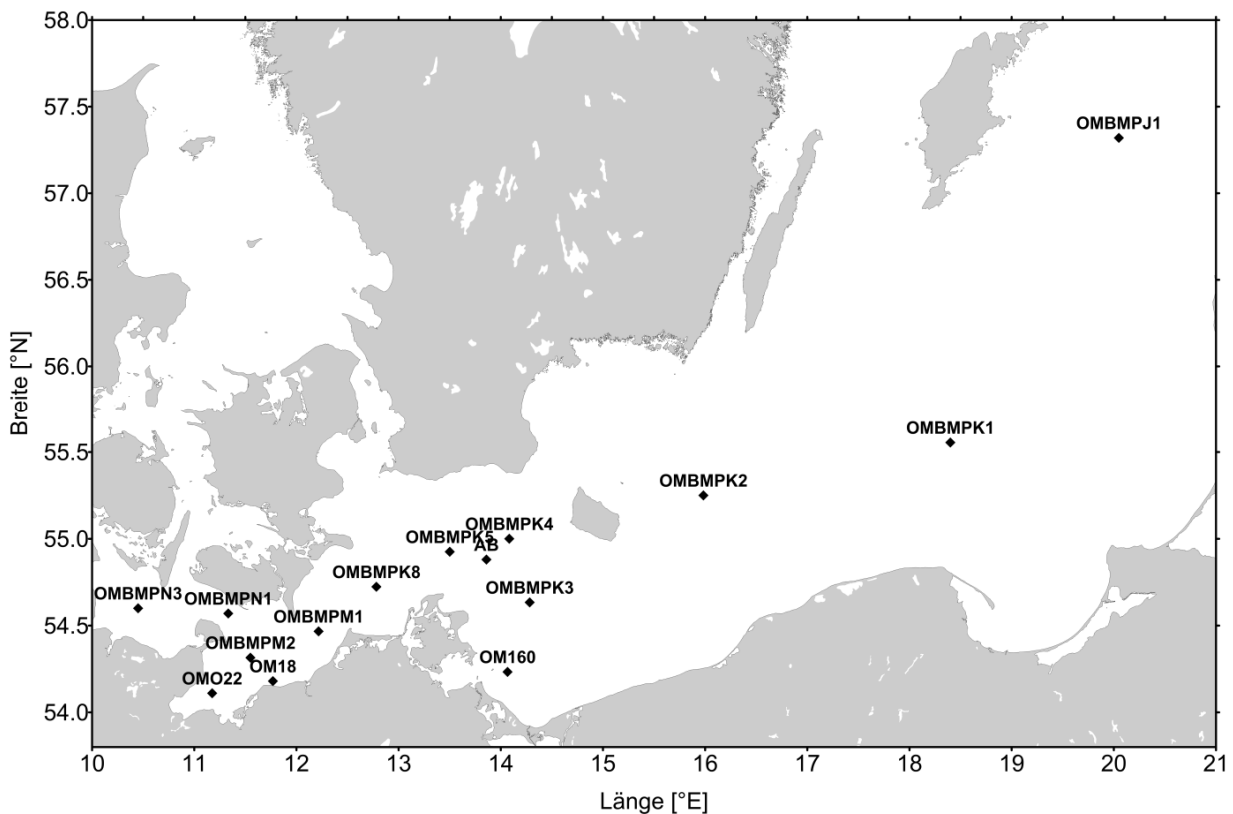


Abb. 1: Die Lage der beprobten Stationen in der Ostsee.

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

2.3 Chlorophyll

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). Wegen der Variabilität der Faktoren wird im Allgemeinen auf eine Umrechnung verzichtet und die Chlorophyll a-Konzentration direkt als ein Phytoplanktonparameter betrachtet.

Proben zur Bestimmung der Chlorophyll a – Konzentrationen werden aus Standardtiefen (1 m, 5 m, 10 m, 15 m und 20 m), gelegentlich auch aus Sondertiefen parallel zum Phytoplankton genommen. 200-500 ml Probenwasser werden durch Glasfaserfilter (Whatman GF/F) filtriert. Die Filter werden dann in flüssigem Stickstoff (-196 °C) schock-gefrostet und im Institut für maximal 3 Monate bei

-80 °C gelagert. Die Extraktion erfolgt mit 96 %igem Ethanol, wie es von HELCOM (2014) vorgeschrieben ist. Dadurch konnte auf Homogenisation und Zentrifugation verzichtet werden (WASMUND et al. 2006 b).

Es gibt mehrere Methoden zur Messung und Berechnung der Chlorophyll a-Konzentration, die im Bericht von WASMUND et al. (2011 a) ausführlich diskutiert wurden. Mit der „Ansäuerungs-Methode“ (LORENZEN 1967) kann neben dem Chlorophyll a zusätzlich auch das Phaeopigment a bestimmt werden, welches verschiedene Komponenten (Phaeophytin, Phaeophorbid) enthält, die im Wesentlichen als Chlorophyll a-Abbauprodukte angesehen werden. Die „Ansäuerungs-Methode“ ist allerdings mit großen Ungenauigkeiten behaftet (vgl. WASMUND 1984, STICH & BRINKER 2005). Da im Gegensatz zu flachen Küstengewässern Phaeopigmente in der offenen See keine große Rolle spielen, besteht kein Bedarf für die „Ansäuerungs-Methode“, so dass wir auf die einfachere und besser reproduzierbare Methode ohne Ansäuerung der Extrakte umstellen konnten.

Dadurch erhalten wir keinen Chlorophyll a-Wert mehr, der für Phaeopigment „korrigiert“ sein soll („Chl.a-kor“), sondern einen „unkorrigierten“ Wert, den wir als „Gesamt-Chlorophyll a“ („Chl.a-tot“) bezeichnen. Dieses Verfahren wird von HELCOM (2014) und der UAG Qualitätssicherung Plankton im BLMP empfohlen. In den Jahren 2008-2010 haben wir die Methoden mit und ohne Ansäuerung parallel durchgeführt, im Jahre 2010 parallel sogar eine „alte“ und eine „neue“ Methode zur Bestimmung von „Chl.a-tot“ (siehe WASMUND et al. 2011 a). Die ermittelten Werte „Chl.a-kor“ und „Chl.a-tot-ALT“ wichen deutlich voneinander ab. Es wurde bereits in den vorjährigen Berichten empfohlen, die „Chl.a-tot-ALT“-Werte der Jahre 2008-2010 nicht zu verwenden. Die ab 2010 angewendete „neue Methode“ basiert auf einem speziell konfigurierten Fluorometers (TURNER - Fluorometer 10-AU-005-CE), das die Störung durch Chlorophyll b eliminiert (Methode von WELSCHMEYER 1994). Die resultierenden Werte „Chl.a-tot-NEU“ kamen den Werten von „Chl.a-kor“ erstaunlich nahe. Deshalb empfahlen WASMUND et al. (2011 a), bis zum Jahre 2009 die Werte „Chl.a-kor“ zu verwenden und ab 2010 die „Werte Chl.a-tot-NEU“. Dadurch kommt es zu keinem Bruch in der Langzeit-Datenserie. Die mit dem „alten“ Fluorometer gemessenen überhöhten „Chl.a-tot“-Werte der Jahre 2008 und 2009 sollten gelöscht werden, um Verwirrung zu vermeiden. Der nun verwendete Begriff „Chl.a-tot“ entspricht dem vormaligen „Chl.a-tot-NEU“.

2.4 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 betragen zwischen 7 und 10 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 sowie mikroskopisch-taxonomische Analysen durchgeführt. Die Probengewinnung im Jahr 2013 lief nach Plan ab. Die Verankerungen konnten regulär aufgenommen werden, es traten keine technischen oder logistischen Probleme auf. In der Probenaufarbeitung fielen durch einen Defekt am Messgerät 5 Messwerte für Kohlenstoff aus, die

eine Periode von 40 Tagen betrafen. Da die zugehörigen Stickstoffwerte nicht betroffen waren, wurde der jeweilige Kohlenstoffwert unter Anwendung des mittleren massegewichteten C/N-Verhältnisses rekonstruiert. Diese nicht direkt gemessenen Werte haben einen Standardfehler von $\pm 35\%$. Es traten keine Verzögerungen auf, so dass der Datensatz für das gesamte Jahr verfügbar ist. Das Jahresbudget konnte, mit Ausnahme von 10% der Kohlenstoffwerte (s.o.), aus Originaldaten errechnet werden.

2.5 Mesozooplankton

Die Beurteilung des Jahres 2013 basiert auf den innerhalb der Deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) und in der zentralen Ostsee gesammelten 65 Zooplankton-Netzproben (Abb. 1). Diese Beprobung wurde entsprechend der HELCOM-Vorschrift mit einem WP-2 Netz (100 μm Maschenweite) in bis zu drei Tiefenstufen pro Station und wenn möglich auf der Hin- und Rückfahrt durchgeführt. Die Netzfänge werden als Vertikalhol durchgeführt. Das Netz ist zum Zweck der Bestimmung der filtrierten Wassermenge mit einem Durchflußzähler versehen. Netzwinkel, die mehr als 40° betragen, werden hierbei vermieden. Die Zooplankton-Probennahme wird generell den hydrographischen Bedingungen angepasst. Bei einer vollständig durchmischten Wassersäule wird ein Vertikalhol vom Boden bis zur Wasseroberfläche durchgeführt. Wenn während des Frühjahrs und des Sommers eine Thermokline ausgebildet ist oder durch das Vorliegen von salzreichem Wasser in der Tiefe eine Halokline vorliegt, werden die verschiedenen Wasserkörper gesondert beprobt. Dabei wird in der Regel eine Probenahme im anoxischen Bereich vermieden. Tabelle 2 gibt detailliert Auskunft über die in 2013 auf den verschiedenen Stationen beprobten Wasserkörper. Die Proben wurden bis zur weiteren Bearbeitung in wässriger Formalinlösung (4 vol%) fixiert.

Die Bestimmung der Taxa erfolgte im Labor. Hierbei wurde in jeder Probe eine Mindestanzahl an Individuen bestimmt, gezählt und deren Abundanz (Ind./m^3) errechnet. Für die Analyse wurden schrittweise mehrere Unterproben einer Gesamtprobe mit Hilfe einer Bogorov-Zahlkammer mikroskopisch ausgezählt. Anschließend wurde der Rest der Probe auf weniger häufigen Tiere und Neozoa durchgesehen. Alle Probenbearbeitungen wurden gemäß der gültigen HELCOM Vorschrift durchgeführt. Das heißt, dass bei drei Taxa mit Ausnahme von Nauplia, Rotatoria und Eubosminidae mindestens die Zahl von 100 Individuen erreicht wurde. Anschließend wurde die Gesamtprobe angeschaut, wobei nur die Taxa quantitativ berücksichtigt wurden, die in dem bisherigen Teilproben-Verfahren nicht bzw. nur in sehr geringen Anzahlen auftraten. Von der Zählung ausgeschlossen waren Häutungsprodukte und Phytoplankton. Bei Tieren, die zerbrochen und nur unvollständig waren, wurde jeweils nur das Kopfteil berücksichtigt, sofern das einem Taxa zuzuordnen war.

Die Analyse des Zooplanktons erfolgte nach einer internen Artenliste, die auf der langjährigen Aufzeichnung des Arteninventars und auf dem Ostsee-Zooplanktonatlas (TELESH et al. 2008) basiert. Als Referenz für taxonomische Bezeichnungen und Zuordnungen fand das Integrierte Taxonomische Informationssystem (<http://www.itis.gov>) Anwendung. Als Referenz für Neozoa dienten Online-Datenbanken des Informationssystems für aquatische, nicht-einheimische Arten (AquaNIS, www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis) und des Europäischen Netzwerkes für invasive Arten (NOBANIS, <http://www.nobanis.org/Search.asp>) Die verwendeten taxonomischen Bezeichnungen und Zuordnungen beruhen gegenwärtig auf dem Integrated Taxonomic Information System (ITIS, <http://www.itis.gov/>).

Da die Bestimmung auf Artniveau bei *Bosmina* spp. ungeklärt ist wurde *Bosmina* spp. nur auf dem Gattungsniveau gezählt. Dem Standard des „Integrated Taxonomic Information System“ folgend, wurden die Bryozoa als Gymnolaemata und die Mysidacea als Lophogastrida aufgeführt.

Tab. 2

Übersicht über die beprobten Tiefen während der Zooplankton-Probenahme auf den in Abb.1 verzeichneten Stationen vom Februar bis November 2013.

Table 2

Depth limits of zooplankton hauls on cruises between February and November 2013.

Stations- Bezeichnung International/ IOW	Zeitraum				
	06.02. - 14.02.	12.02. - 22.03.	03.05. - 11.05.	30.07. - 08.08.	01.11. - 12.11.
	Tiefe von - bis (m)	Tiefe von - bis (m)	Tiefe von - bis (m)	Tiefe von - bis (m)	Tiefe von - bis (m)
OMBMPN3/ TF0360	15 - 0	15 - 0	15 - 0	14 - 0	15 - 0
OMBMPM2/ TF0012	21 - 13 - 0 22 - 0	23 - 0 21 - 0	21 - 0 22 - 0	22 - 0 21 - 9 - 0	21 - 12 - 0 23 - 0
OMBMPM1/ TF0046	23 - 0 22 - 0	21 - 14 - 0 22 - 0	22 - 0 21 - 0	23 - 15 - 0 23 - 14 - 0	29 - 0 22 - 0
OMBMPK8/ TF0030	19 - 6 - 0 19 - 0	18 - 0	19 - 0 19 - 0	20 - 0 20 - 0	18 - 7 - 0 18 - 0
OMBMPK5/ TF0113	44 - 0 42 - 0	44 - 0 44 - 0	43 - 16 - 0 43 - 20 - 0	42 - 35 - 15 - 0 43 - 20 - 0	47 - 0 44 - 25 - 0
OMBMPK4/ TF0109	44 - 35 - 0	45 - 0	45 - 0	44 - 24 - 0	45 - 38 - 0
OMBMPK2/ TF0213	83 - 45 - 0	83 - 58 - 0	86 - 60 - 0 83 - 58 - 0	84 - 30 - 0 84 - 50 - 25 - 0	86 - 46 - 0 80 - 44 - 0
OMBMPK1/ TF0259		81 - 0	85 - 60 - 18 - 0	83 - 25 - 0	86 - 58 - 38 - 0
OMBMPJ1/ TF0271	60 - 0	58 - 23 - 0	115 - 60 - 22 - 0	120 - 60 - 22 - 0	125 - 40 - 0

2.6 Makrozoobenthos

Beginnend von der Kieler Bucht wurden bis zur Pommernbucht im November 2013 an 7 Stationen Benthosuntersuchungen durchgeführt¹. 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

¹ Durch Sturmereignisse konnten während der Monitoringausfahrt im Herbst 2013 an der Station OMBMPK3 (152) in der nördlichen Pommernbucht keine Proben genommen werden.

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 2014). An allen Stationen² 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

Stationsliste über Untersuchungen am Makrozoobenthos im November 2013.

Table 3

Station list of macrozoobenthic investigations in November 2013.

Station	Datum	Tiefe	Nord	Ost	Seegebiet
OMBMPN3	02.11.2013	18,3	54° 36,00	10° 27,00	Kieler Bucht
OMBMPN1	01.11.2013	27,6	54° 33,20	11° 20,00	Fehmarnbelt
OMBMPM2	01.11.2013	23,9	54° 18,90	11° 33,00	Mecklenburger Bucht
OM18	01.11.2013	20,3	54° 11,00	11° 46,00	Mecklenburger Bucht Süd
OMBMPK8	03.11.2013	21,9	54° 44,00	12° 47,40	Darßer Schwelle
OMBMPK4	03.11.2013	44,1	55° 00,00	14° 05,00	Arkonasee Zentral
OM160	04.11.2013	12,4	54° 14,50	14° 04,00	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. Nemertea, 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 2014) 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. Alle Ergebnisse, Qualitätssicherungsmaßnahmen und Bearbeitungsschritte sind im Prüfbericht im Qualitätsmanagementsystem des IOW abgelegt. Inhalte dieser Arbeitsanweisung und auch darüber hinausgehende Schritte bei der Probengewinnung sind in der FachAG Benthos des Bundesländer-Mess-Programmes abgestimmt.

2.7 Qualitätssicherung

Zu Beginn des Jahres 2011 wurden die Antragsunterlagen zur Akkreditierung für die Prüfgruppen Phytoplankton, Zooplankton, Zoobenthos und Chlorophyll eingereicht. Seitdem arbeiten wir bereits wie akkreditierte Labore, mit Führung der erforderlichen Dokumente. Nach dieser über 3-jährigen Vorbereitungsphase erfolgte die Begutachtung nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005

² An der Station OMBMPK4 (109) in der zentralen Arkonasee war es aus Gründen schlechten Wetters nicht möglich, die Dredge einzusetzen.

schließlich am 14. und 15.5.2014 durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS). Sie verlief erfolgreich ohne Forderungen nach Nachbesserung.

Die Qualitätssicherungsaktivitäten die einzelnen Parameter betreffend werden im Folgenden kurz genannt:

Die qualifizierte Artbestimmung des Phytoplanktons ist wesentlich vom Kenntnisstand des Bearbeiters abhängig. Aus diesem Grunde führt die Phytoplankton-Expertengruppe (PEG, siehe <http://helcom.fi/helcom-at-work/projects/phytoplankton/>) jährliche Weiterbildungsveranstaltungen und etwa in dreijährigem Abstand einen Ringtest durch, an denen die Phytoplankton-Bearbeiterinnen teilnehmen. Der letzte HELCOM-Ringtest für Phytoplankton wurde ab März 2012 vom IOW vorbereitet. Algenproben wurden hergestellt und im September 2012 an 27 Ringtest-Teilnehmer aus fast allen Ostsee-Anrainern verschickt, Homogenitätstests durchgeführt und Instruktionen für die Durchführung des Ringtests erarbeitet. Drei Mitarbeiterinnen aus dem IOW nahmen mit Erfolg an dem Ringtest teil. Der Abschlußbericht zum Ring-Test liegt inzwischen vor (GRINIENE et al. 2013). Pläne für einen Ringtest, der von AquaEcology Oldenburg koordiniert wird, wurden auf dem Workshop „Methodische Abstimmung und Harmonisierung der Phytoplankton-Biovolumenbestimmung für das marine Monitoring“ (27.-28.11-2013, Berlin) abgestimmt. An diesem Europäischen Laborvergleichstest zum Phytoplankton-Biovolumen innerhalb des CEN/TC 230-Mandate M/424 nahmen im März 2014 die mit der Phytoplanktonanalyse betrauten Kolleginnen des IOW teil. Ergebnisse liegen noch nicht vor.

Dr. Norbert Wasmund, Susanne Busch und Regina Hansen nahmen an dem Workshop der HELCOM-Phytoplanktonexpertengruppe (PEG) teil, der vom 8.4. bis 12.4.2013 in Gdynia (Polen) stattfand. Auf der Veranstaltung wurde ein taxonomischer Phytoplanktonkurs zu verschiedenen Flagellatengruppen durch Prof. Øjving Moestrup abgehalten. Wie in jedem Jahr wurde die Arten- und Größenklassenliste der Biovolumendatei rückwirkend für das vorangegangene Jahr aktualisiert. Zu den Proben des Jahres 2013 gehört die offizielle ICES- und HELCOM-Biovolumendatei PEG_BIOVOL2014.

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. Die Ergebnisse der Runde 71 des QUASIMEME-Ringtests für Chlorophyll a (AQ-11) fielen mit z-scores von 1,0 und 4,2 für die zweite Probe schlecht aus. Wir nehmen an, dass die Homogenität der empfangenen Proben schlecht war, denn nur 48% der Teilnehmer konnten bei der betreffenden Probe befriedigende Ergebnisse erreichen. Die Ergebnisse der Runde 72 (bis Juni 2013) waren mit z-scores von 0,9 und 0,6 wesentlich besser. Wegen der allgemeinen Verschlechterung der Ergebnisse der QUASIMEME-Teilnehmer, die auch auf den verschickten Proben basieren könnte, wurde zur Ursachenfindung von QUASIMEME ein Workshop vom 4. bis 6.2.2014 in Ostende (Belgien) einberufen, an dem der mit der Chlorophyll-Analyse betraute Kollege Christian Burmeister teilnahm. Es wird in Zukunft die von uns lange bemängelte Auswertestrategie abgestellt, die die Analysenergebnisse aus verschiedenen Methoden gleichermaßen in die Berechnung eines gemeinsamen z-scores einfließen ließ; in Zukunft werden die HPLC-Ergebnisse ausgegliedert.

Die Qualitätssicherung der Zooplanktonarbeiten wurde durch verschiedene Arbeitsschritte gewährleistet. Jede involvierte technische Mitarbeiterin bzw. jeder technischer Mitarbeiter war in

die entsprechende Probenahme eingewiesen und hat die vorgeschriebenen Arbeitsabläufe (SOP) befolgt. Diese standardisierten Arbeitsabläufe (SOP), beruhen auf den im HELCOM COMBINE Manual festgelegten Verfahrensweisen.

Beim Zooplankton erfolgte routinemäßig eine wiederholte Analyse jeder 10. Probe. Eine betriebsinterne Doppelsichtung einer Probe hinsichtlich Bestimmung der Arten und Anzahl erfolgte bei der Bearbeitung der Proben durch mehrere Mitarbeiter. In 2013 lagen die gemessenen Abweichungen deutlich unterhalb des Schwellenwertes für kritischen Fehler. Die zur internen Qualitätssicherung angelegte Vergleichs- und Belegsammlung wurde in 2013 erweitert. In internen Arbeitsgruppentreffen wurde in 2013 speziell die taxonomische Identifikation von *Acartia*-Arten, die Bestimmung von Entwicklungsstadien verschiedener Arten sowie die Unterscheidung der verschiedenen Polychaeta-Larven diskutiert.

Die Ergebnisse des im Oktober 2012 ostseeweit durchgeführten digitalen Zooplankton-Ringtests der HELCOM Zooplankton-Experten-Netzwerkes (ZEN) sind in der Publikationsphase. Im Rahmen dieses Tests wurde die taxonomische Qualität verschiedener Zooplanktonlabore in zwei verschiedenen Szenarien verglichen um ostseeweit einen hohen Qualitätsstandard in der Zooplanktonanalyse zu erreichen. Szenario 1 bestand in der Identifizierung und Quantifizierung einer gemischten Zählprobe aus der Gotlandsee. Im Szenario 2 wurden verschiedenen Zooplankton-Arten anhand digitaler Bilder identifiziert und vermessen. Die Bewertung wurde in Anlehnung an SCHILLING et al. (2010) und GRINIENE et al. (2013) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in der Arbeitsgruppe diskutiert.

Die Makrozoobenthos-Arbeitsgruppe 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. Im Herbst 2013 fand ein von der Qualitätssicherungsstelle des BLANO organisierter Ringtest statt, an dem das Benthos-Labor teilnahm. Die abschließenden Ergebnisse liegen noch nicht vor.

3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2013

Das Jahr 2013 begann in der Wasseroberflächentemperatur (SST) mit einem vergleichsweise normalen Januar. Durch den langen Winter lagen die SST in der westlichen und weiten Teilen der zentralen Ostsee von Januar bis Mai unter den langjährigen Mittelwerten. Die maximalen negativen Anomalien traten im März mit bis zu -1.5 und im April mit -2.5 K auf. Dadurch war der März mit 0-1°C im Mittel ungewöhnlicherweise der kälteste Monat des Jahres. Der kälteste Tag war der 25.03. mit bis zu 1°C und maximaler Eisbedeckung in der nördlichen Ostsee. In der westlichen Ostsee war die maximale Eisbedeckung bereits am 28.01.2013 erreicht. Anhaltende südöstliche Winde haben im Mai das Flusswasser von Oder, Weichsel und Memel in die zentralen Becken der südlichen Ostsee geführt und die SST und die Chlorophyllfluoreszenz dort zeitweise stark erhöht (z.B. MARNET Station Arkonasee). Die Monatsmittel Juni bis November lagen in der westlichen Ostsee im Bereich der langjährigen Mittelwerte. In der zentralen und besonders in der nördlichen Ostsee waren die Monate Juni und September durch positive Anomalien von bis zu 4 K gekennzeichnet. Der wärmste Monat war der August mit 16-20°C und der wärmste Tag der 05.08.2013 mit 20-22.5°C in der westlichen und zentralen und 15-17°C in der nördlichen Ostsee.

Insgesamt gehörte 2013 trotz des lang anhaltenden Winters zu den sechs wärmsten Jahren seit 1990 und lag mit über 8°C in der Jahresmitteltemperatur ca. 0.4 K über dem langjährigen Mittelwert (7.66°C) des Zeitraums 1990-2013. Dazu haben insbesondere die hohen Temperaturanomalien im Juni und September beigetragen. Detailliertere Angaben können dem Bericht von NAUSCH et al. (2014) entnommen werden.

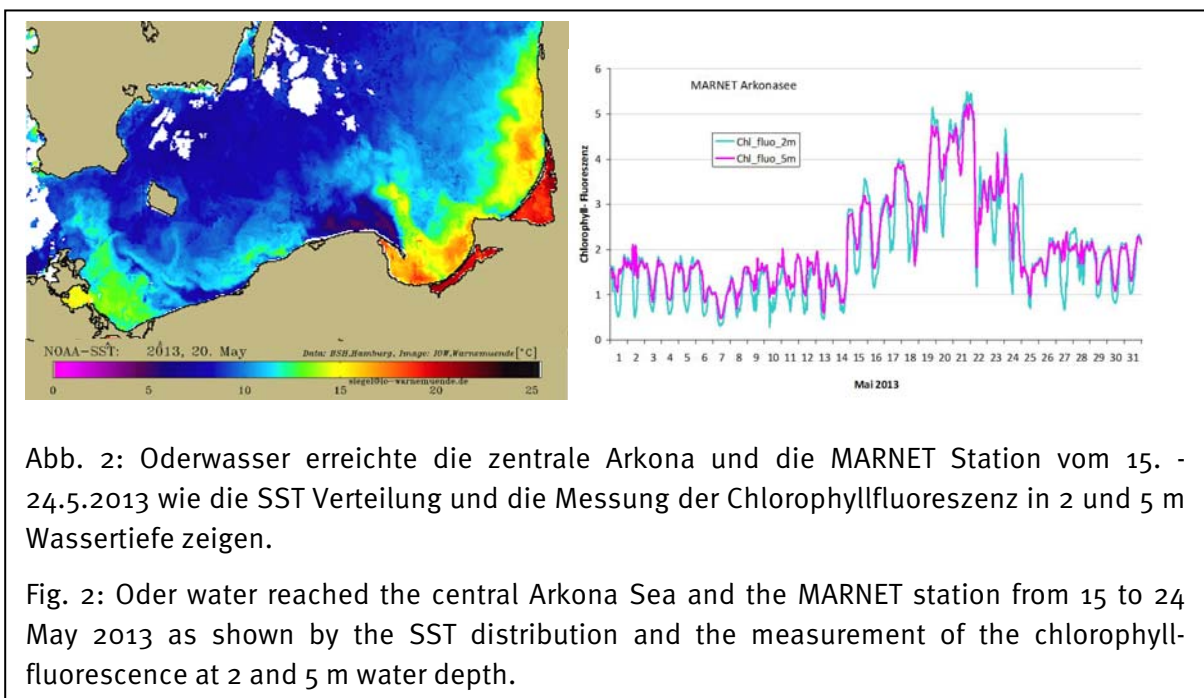
4. Ergebnisse

4.1 Phytoplankton

4.1.1 Satellitengestützte Darstellung der raum-zeitlichen Phytoplanktonentwicklung

Die raum-zeitliche Entwicklung des Phytoplankton wurden für das Jahr 2013 anhand von Chlorophyllkarten erarbeitet, die aus den 1 km-Daten der amerikanischen MODIS Sensoren der Satelliten Aqua und Terra abgeleitet wurden. Grundlage war das **WAQSS - Water Quality Service System** von Brockmann Consult. Die Beschreibung der raum-zeitlichen Chlorophyllentwicklung konzentrierte sich auf die Monate Januar bis Juni und September bis Dezember und wegen der Datenqualität auf die westliche Ostsee und den Bereich der deutschen Küste. Die räumlich hoch aufgelösten MODIS RGB-Daten (250 m) wurden wie üblich für die Beschreibung der Cyanobakterienentwicklung in der gesamten Ostsee verwendet. Die lokalen Behörden wie LUNG, LaGuS und LLUR sowie der Tourismusverband MV wurden täglich über die aktuelle Cyanobaktériensituation informiert.

Im Januar und Februar waren keine wolkenfreien Gebiete in der westlichen Ostsee vorhanden. Ab 1.3. sind erhöhte Chl.a-Konzentrationen in der Pommernbucht und am 4.3. dann auch in der Mecklenburger Bucht. Am 12.3. war die westliche Ostsee durch gleichmäßig verteilte geringere Konzentrationen gekennzeichnet. Eine ähnliche Verteilung zeigte sich am 31.3., aber dazwischen vom 13. – 30.3. gab es keine verwertbaren Wolkenlücken. Zum 4.4. kam es zu einem Anstieg der Chl.a-Konzentration. Die Gebiete westlich der Darßer Schwelle und die Pommernbucht wiesen dann ähnliche Konzentrationen auf. Ab 8.4. war auch die Arkonasee ähnlich beeinflusst. Vom 8.-



19.4. gab es keine interpretierbaren Szenen. Danach war die Konzentration in den zentralen Bereichen aufgrund von Windmischung wieder niedriger und ab 22.4. schließlich auch in der Mecklenburger Bucht und in der Pommernbucht.

Ab 1.-3.5. war die westliche Ostsee wieder einheitlich durch höhere Konzentrationen gekennzeichnet, die sich ab 4.5. aber reduzierten. Vom 6.-13.5 sorgten Tiefdruckgebiete für bedeckten Himmel und Wind. Am 14.5. waren die Pommernbucht und die Arkonasee durch mittlere Konzentrationen gekennzeichnet, bevor am 15.5. die Konzentrationen in der Pommernbucht und in der Arkonasee stark anstiegen. Wie schon anhand der Wasseroberflächentemperatur (SST) gezeigt werden konnte, haben anhaltende südöstliche Winde Flusswasser von Oder, Weichsel und Memel in die zentralen Becken der südlichen Ostsee geführt (Abb. 2) und SST und Chlorophyllfluoreszenz dort zeitweise stark erhöht. Am 15.5. erreichte das Oderwasser die MARNET Station „Arkonasee“ in der zentralen Arkonasee (54° 53.0' N, 13° 52.0' E), am 20.5. ist das Maximum erreicht und am 23.-24.5. fand eine erste Vermischung statt. Anfang Juni hat das Chl.a in der Arkonasee abgenommen, wogegen die Werte in der Mecklenburger Bucht und in der Pommernbucht noch relativ hoch sind. Ab ca. 14.6. war die Konzentration in der westlichen Ostsee wieder einheitlich hoch. Ab 18.6. waren keine MODIS Szenen mit verwendbarer Aussage vorhanden.

Ende Juni Anfang Juli 2013 war die Ostsee unter Tiefdruckeinfluss komplett mit Wolken bedeckt. Erste Andeutungen von Filamenten von Cyanobakterien sieht man am 2.7. in kleinen Wolkenlücken von Höhe Warnemünde bis Arkonasee, in der Pommernbucht und in der Gotlandsee. Nach einer erneuten Phase kompletter Wolkenbedeckung zeigt eine ziemlich wolkenarme Szene vom 7.7. Cyanobakterien in der gesamten Ostsee vom Finnischen Meerbusen bis zum Fehmarnbelt. Maximale Konzentrationen waren südlich Gotlands und vor dem Eingang zur Rigaer Bucht zu erkennen. Ein Sturmtief am 10.7. hat die gesamte Ostsee durchmischt. Das wechselhafte Wetter mit stark wechselnder Bewölkung blieb bis 17.7. erhalten, bevor ab 18.7. von Westen her eine Beruhigung einsetzte. Das führte in der westlichen Ostsee zu weniger Bewölkung, und die typischen Filamente wurden wieder sichtbar. In den Folgetagen wurden sie langsam klarer, was auf beginnende Oberflächenakkumulationen hindeutete. Die Cyanobakterien wurden durch den leichten Westwind an die deutschen Strände z.B. von Boltenhagen und Warnemünde gedrückt (Abb. 3a). Am 21.7. wurden die Flocken größer und durch das Abflauen des Windes entstanden am 22.7. Oberflächenakkumulationen, die durch *Nodularia spumigena* dominiert waren. Sie enthalten Toxine, die bei empfindlichen Personen zu gesundheitlichen Auswirkungen führen können. Deshalb wurde vom Landesamt für Gesundheit und Soziales (LAGuS) die Sperrung einiger Strandabschnitte vorbereitet. In der Nacht zum 23.7. änderte sich wie prognostiziert die Windrichtung auf Ost, was zu einem seewärtigen Transport des Oberflächenwassers führte. Dadurch waren auch die küstennahen Ansammlungen von Cyanobakterien in den gefährdeten Abschnitten nicht mehr vorhanden. Die Satellitenszene vom 23. Juli bestätigte die erwartete Verteilung bei Ostwind (Abb. 3b). Die Cyanobakterien wurden an die Ost-West-gerichteten Küsten von Mecklenburg-Vorpommern (Boltenhagen, Warnemünde, Hiddensee) mit dem Oberflächenwasser seewärts transportiert. Die Filamente befinden sich in einem bestimmten Küstenabstand, was auch Flugzeugbeobachtungen bestätigten. Höhere Konzentrationen waren östlich Rügen und in der Tromper- und Prorer Wieck zu verzeichnen, in die die Cyanobakterien durch den Ostwind gedrückt wurden. Der Ostwind blieb in den folgenden Tagen erhalten, wodurch es kein massives Auftreten von Cyanobakterien an den meisten Stränden des Landes MV gab. Gleichzeitig verstärkten sich der Wind und die Vermischung, so dass am 26.7. letztmalig sehr viele Filamente in der Arkona- und Bornholmsee zu beobachten waren. Danach mischte der Wind das Oberflächenwasser durch, so dass bis Ende des Monats nur noch wenige Cyanobakterien zu beobachten waren.



Abb. 3: Cyanobakterienentwicklung am 21.07.2013 bei Westwind dicht an den deutschen Ost-West-Küsten und am 23.07.2013 bei Ostwind Offshorereport und dicht an den Ostküsten.

Fig. 3: Development of cyanobacteria on 21 July 2013 during westerly wind close to the German coast and on 23 July 2013 during easterly wind offshore transport and close to the east coasts.

Die zentrale Ostsee war erstmals wieder am 1.8. weitgehend wolkenfrei. Am 2.8. waren Filamente zwischen Mecklenburger Bucht und dem Finnischen Meerbusen und bis in den Bottnischen Meerbusen vorhanden.

Nach einem neuerlichen Windereignis war am 4.8. in der westlichen Ostsee nur noch östlich Rügens etwas zu erkennen; danach waren keine Cyanobakterien bis zum 20.8. in der westlichen Ostsee zu beobachten. Auch wenn die Konzentrationen geringer wurden, waren Cyanobakterien in der zentralen Ostsee von der Bornholmsee bis zur Bottensee weiter vorhanden. Vom 21.-28.8. erschienen wieder leichte Filamente in der Mecklenburger und in der Kieler Bucht sowie in der Arkonasee. In diesem Zeitraum reduzierten sich die Cyanobakterien in der zentralen Ostsee, aber in der nördlichen Gotlandsee, im Finnischen Meerbusen und in der Bottensee blieben klare

Filamente erhalten. Diese waren in der nördlichen Gotlandsee und im Finnischen Meerbusen noch bis zum 7.9. zu erkennen. Die nächste wolkenärmere Szene von 13.9. zeigt nur noch Andeutungen, bevor dann eine neuerlich massive Bewölkungsphase begann.

In der ersten Septemberdekade waren erhöhte Chl.a-Konzentrationen in der westlichen Ostsee zu beobachten, die am 9.9. aber auf Werte um 1-2 mg m⁻³ sank. Das blieb bis Ende des Monats erhalten. Nach einer windbedingten Durchmischung waren ab 12.10. wieder erhöhte Konzentrationen von 3-5 mg m⁻³ westlich der Darßer Schwelle und in der Pommernbucht vorhanden, die sich in der Folgezeit weiter intensiv entwickelten und am 20.-23.10. die gesamte westliche Ostsee beeinflussten. In der nächsten nutzbaren Szene vom 29.10. waren außer in der Pommernbucht die Konzentrationen stark vermindert. Im November und Dezember gab es keine verwertbaren Szenen.

4.1.2 Jahrgang von Artenzusammensetzung und Biomasse

Die begrenzte Anzahl an Fahrten, Stationen und Tiefenhorizonten lässt keine umfangreicheren Analysen zur Sukzession sowie zur 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. Die wegen der relativ geringen Probenfrequenz bestehenden Kenntnislücken beim aktuellen Jahresverlauf der Phytoplanktonentwicklung konnten wir für die Mecklenburger Bucht durch zusätzliche Informationen aus dem Küstenmonitoring des IOW vor Heiligendamm schließen. Die Daten des Küstenmonitorings sind auf der Homepage des IOW unter <http://www.iowarnemuende.de/algenblueten-vor-heiligendamm-2013.html> einzusehen. Satellitendaten ermöglichen eine höherfrequente Beobachtung (Kapitel 4.1.1). Über mehrere Tage integrierte Proben erhält man aus Sinkstofffallen (Kapitel 4.1.5).

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“, „Peridinales“) sind aus der Tabelle entfernt, da ihr Informationsgehalt gering ist; 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.

Die komplette Phytoplankton-Taxaliste (alle Tiefen) des Jahres 2013, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Monitoringfahrten, ist in Tab. A2 zu finden. Die Arten sind dort alphabetisch sortiert. Es sind auch die Individuen berücksichtigt, die der Art sehr ähnlich sind, dieser aber nicht mit Sicherheit zugeordnet werden konnten (gekennzeichnet mit „cf.“). Ebenso sind die Organismen genannt, die nur bis zur Gattung bestimmt werden konnten (gekennzeichnet mit „sp.“). Wenn die Bestimmung bis zur Art oder Gattung nicht möglich war, wurden höhere Taxa angegeben. Hier sind die unbestimmten Kategorien neuerdings auch einbezogen, die in den Vorjahren weg gelassen wurden (Gymnodiniales, Peridinales, Craspedophyceae, Chrysophyceae, Centrales, Pennales, „Unidentified“ und „Unidentified flagellata“). Wenn wir im Vorjahr in Tab. A2 nur 140 Taxa berichteten und in diesem Jahr 149, so sind es also nur 1 mehr als im Vorjahr. Die Rangfolge der

Taxa nach ihrer Biomasse, gemittelt über alle Stationen und Monitoringfahrten des Jahres 2013 ist ebenfalls angegeben. Auch die drei Taxa *Dinophysis rotundata*, *Gymnodinium sanguineum*, *Planktolyngbya* spp., die lediglich in der zentralen Ostsee an den Stationen 213 bis 271 gefunden wurden, wurde in Tab. A2 mit erfasst und mit Rang-Nr. versehen. 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. Diese mehrseitigen Tabellen sind in den Anhang gestellt.

Verwandte Arten haben oft ähnliche ökologische Ansprüche und können daher vereinfachend zu Gruppen zusammengefasst werden. Obwohl die Klasse ein hoher taxonomischer Rang ist, der durchaus ökologisch unterschiedliche Arten enthält, hat sich die Abstraktion auf der Ebene der Klasse bewährt. Die Jahresgänge der Biomasse der wichtigsten Klassen des Phytoplanktons, wie Kieselalgen (= Bacillariophyceae, Diatomeen) und Dinoflagellaten (= Dinophyceae), sind in den Abb. 5-7 für die untersuchten Stationen dargestellt.

Traditionsgemäß werden auch heterotrophe Arten und Gruppen (wie *Ebria tripartita*, *Protoperdinium* spp., Craspedophyceae und „incertae sedis“) bei der Zählung erfasst. Craspedophyceae ist der botanische Name für die Choanoflagellaten „Incertae sedis“ ist eine Sammelgruppe von Arten, die taxonomisch noch nicht eingeordnet werden können, wie *Katablepharis*, *Leucocryptos* und *Telonema*. Wir haben sie in die Artenlisten (Tab. A1 und A2) und die Phytoplankton-Biomasseangaben (Abb. 5-7) einbezogen.

Auch mixotrophe Ciliaten wurden mit erfasst. Bis zum Jahre 2011 war *Mesodinium rubrum* (Abb. 4c). der einzige Vertreter dieser Gruppe in unseren Proben. Am 7.6.2011 berichtete Felix Weber (IOW), dass er bei Sequenzierungen von Proben aus Heiligendamm auf den oligotrichen Ciliaten *Laboea strobila* gestoßen ist, der mixotroph sein soll (STOECKER et al. 1988; SANDERS 1995). Seitdem schenken wir dieser Art besondere Beachtung und finden sie tatsächlich sporadisch in den Proben. Wir änderten deshalb in den Jahresgang-Darstellungen (Abb. 5-7) die bisher verwendete Kategorie „*Mesodinium rubrum*“ in „Ciliophora (mixotr.)“ um.

Die *Aphanizomenon*-Art (Abb. 4b) 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. In der verbindlichen Artenliste der HELCOM-Phytoplankton-Expertengruppe (PEG) wird sie bis zu einer endgültigen Klärung aber weiterhin unter „*Aphanizomenon* sp.“ geführt.

Nach der taxonomischen Revision der Gattung *Anabaena* durch Wacklin et al. (2009) sollten die planktischen *Anabaena*-Arten nun „*Dolichospermum*“ heißen. Da die HELCOM-Phytoplankton-Expertengruppe diese Gattung in ihren verbindlichen Artenliste aber noch nicht umbenannt hat, sind wir noch an den alten Namen gebunden.

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* (Abb. 4d) bezeichnet werden muss (WASMUND et al. 2006 a). Wir haben die Umstellung des Namens ab den Proben von 2012 vorgenommen.

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. Als Synonym wird auch *Pseudochattonella verruculosa* diskutiert (siehe in HOPPENRATH et al. 2009). Es wurde in den Vorjahren bereits darauf hingewiesen, dass die Bestimmung nicht abgesichert ist. Nach Diskussion in der HELCOM-Phytoplankton-Expertengruppe (PEG) ziehen wir ab 2009 auch *Verrucophora farcimen* in Betracht. Die Art konnte in unseren Proben von 2012, im Gegensatz zu 2011, aber nicht identifiziert werden und trat im Jahre 2013 in nur drei Proben in geringen Biomassen auf. Die Unsicherheit ist unproblematisch wenn auf Klassenebene gearbeitet wird, denn sowohl *Verrucophora farcimen* als auch *Dictyocha speculum* gehören zur Klasse der Dictyochophyceae, die übrigens früher der Klasse der Chrysophyceae zugeordnet wurde. Wegen der Vergleichbarkeit mit den Vorjahren belassen wir diese Gattungen wie bisher in den Abb. 5-6 in der Klasse der Chrysophyceae; in dieser Kategorie macht *Dictyocha* im Allgemeinen den weitaus größten Biomasse-Anteil aus.

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

4.1.2.1 Frühjahrsblüte

Die in Abb. 5-7 dargestellten Phytoplankton-Jahresgänge an den verschiedenen Stationen zeigen Anfang Februar noch die erwarteten geringen Winter-Werte. Lediglich auf Station OMBMPN₃ waren die Werte erhöht aufgrund langlebiger *Ceratium*-Arten (*Ceratium tripos*, Abb. 4a, 5a), die überwintert haben und im weiteren Verlauf verschwanden. Erstaunlich ist auch das für diese Jahreszeit ungewöhnliche starke Auftreten der Sommerart *Aphanizomenon* sp. in einigen Netzproben (Abb. 4b). Von der östlichen Mecklenburger Bucht bis zur zentralen Arkonasee stehen auch Daten von Mitte Februar zur Verfügung, die anzeigen, dass bis dann noch kein wesentliches Wachstum stattgefunden hat. Lediglich eine leichte Zunahme von *Mesodinium rubrum* konnte hier verzeichnet werden. Zum nächsten Meßtermin Mitte März kam es auf allen hier berichteten Stationen zu einer Zunahme von *Mesodinium rubrum* (Abb. 5-7, 4c) und/oder Kieselalgen, meistens *Skeletonema marinoi* (Abb. 4d), aber auch *Thalassiosira* spp. und *Thalassionema nitzschioides*. Das Kieselalgenwachstum begann besonders früh an Station OMBMPK₈. Auch in den Chlorophyll-Konzentrationen finden sich zu dieser Zeit bereits erhöhte Werte im Vergleich mit allen anderen Stationen (Tab. 5). Allerdings zeigten die Nährstoffkonzentrationen, insbesondere die Silikatkonzentration, vom 13.3. zum 21.3.2013 hier noch keine starke Abnahme (Tab. 4). Auch an den anderen Stationen waren die Nährstoffkonzentrationen Mitte März noch hoch, was eine Bestätigung dafür ist, dass die Entwicklung der Frühjahrsblüte zu diesem Zeitpunkt erst in ihren Anfängen steckt. Aber bereits in der einen Woche zwischen Hinfahrt (13./14.3.2013) und Rückfahrt (21./22.3.2013) hatte die Chlorophyll-Konzentration schon deutlich zugenommen, besonders stark auf Station OMBMPM₂ von 1,74 auf 4,13 µg/l.

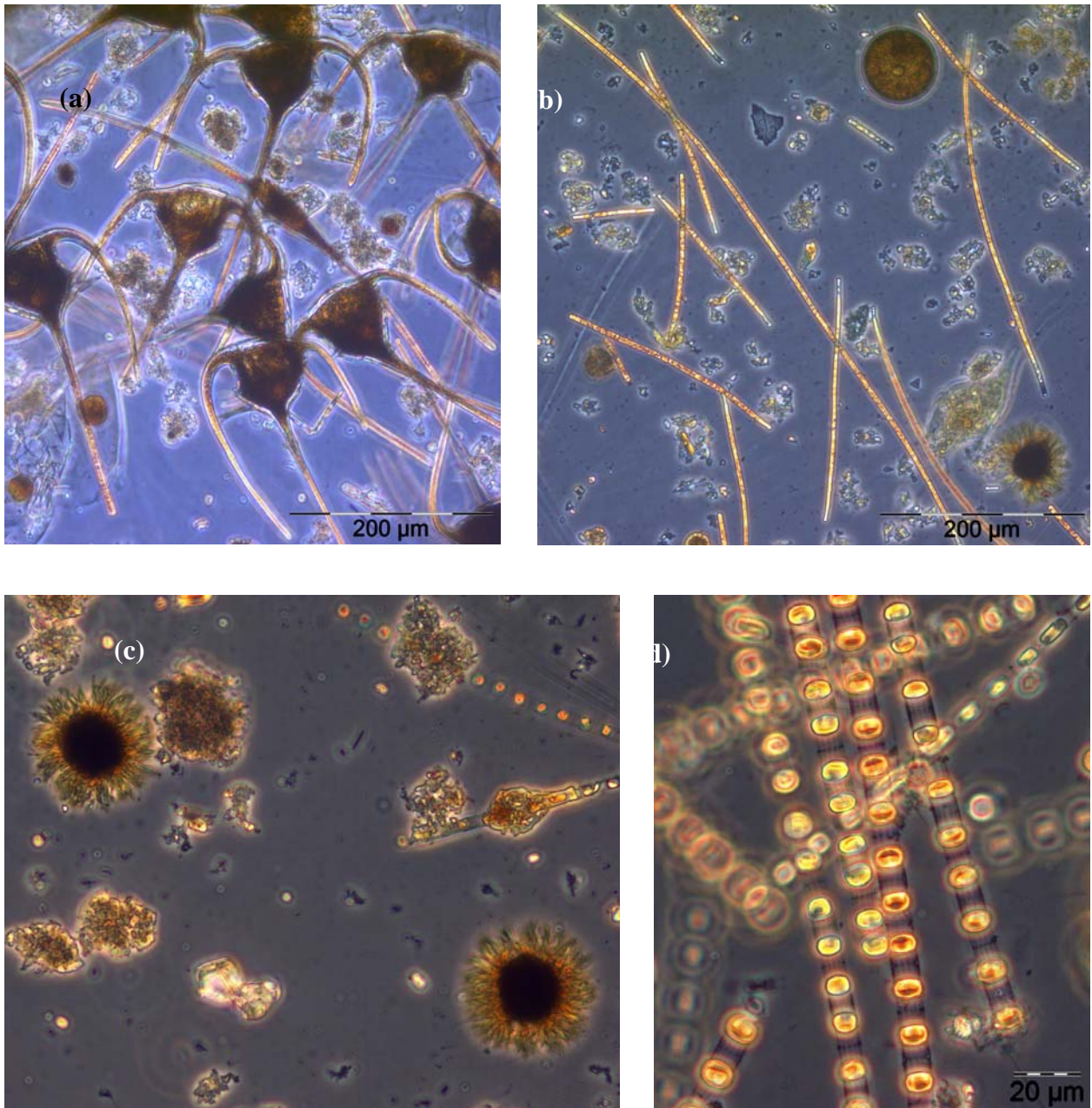


Abb. 4: Lichtmikroskopische Aufnahmen von der Frühjahrsblüte des Jahres 2013:

(a) *Ceratium tripos* dominierend in einer Netzprobe vom 6.2.2013, Station OMBMPN₃, (b) *Aphanizomenon* sp. in der Netzprobe vom 7.2.2013, Station OMBMPK₄, (c) *Mesodinium rubrum* in der Netzprobe vom 13.3.2013, Station OMBMPM₁, (d) *Skeletonema marinoi* in der Netzprobe vom 21.3.2013, Station OMBMPK₅. Fotos: Susanne Busch.

Fig. 4: Light-microscopical photos from the spring bloom 2013: (a) *Ceratium tripos* dominating in the net sample from 6.2.2013, Station OMBMPN₃, (b) *Aphanizomenon* sp. in the net sample from 7.2.2013, Station OMBMPK₄, (c) *Mesodinium rubrum* in the net sample from 13.3.2013, Station OMBMPM₁, (d) *Skeletonema marinoi* in the net sample from 21.3.2013, Station OMBMPK₅. Photos: Susanne Busch.

Auf das von WASMUND et al. (1998) beschriebene Phänomen der Verzögerung der Frühjahrsblüte in östliche Richtung gab es im Jahre 2013 auch Hinweise. Die Frühjahrsblüte war Anfang Mai an den westlichen Stationen schon lange vorüber, während an den Stationen OMBMPK₅, OMBMPK₂, OMBMPK₁ und OMBMPJ₁ noch erhöhte Biomassen auftraten, was man so werten könnte, dass hier die Frühjahrsblüte noch angetroffen wurde (Abb. 6, 7). Die Grafiken der horizontalen Verteilung der Chlorophyll a-Konzentrationen (Abb. 13) machen deutlich, dass sich die Algenentwicklung im März in der westlichen Ostsee und im Mai in der eigentlichen Ostsee entfaltete. Ein genauer Blütenzeitpunkt kann bei der sporadischen Probenahme jedoch nicht bestimmt werden. Die Frühjahrsblüte wurde in der Vergangenheit zumindest in der westlichen Ostsee oft schon angetroffen, wenn die Beprobung Ende März lag. Da die März-Terminfahrt im Jahr 2013 aber schon Mitte März stattfand, wurde die Frühjahrsblüte nicht getroffen. Wir können nur spekulieren, dass sie sich in der westlichen Ostsee typischerweise von Ende März bis Anfang April zeigte.

Zumindest lässt der starke Rückgang der Nährstoffkonzentrationen von Mitte März bis Anfang Mai auf ein deutliches Phytoplanktonwachstum schließen (Tab. 4). Während wir im Jahre 2012 aus den Nährstoffdaten ableiten konnten, dass die Phytoplanktonblüte in der Kieler, Lübecker und Mecklenburger Bucht zwischen 2./3. Februar und 27./28. März 2012 stattgefunden haben musste, scheint sie im Jahre 2013 erst nach dem 21./22. März aufgetreten zu sein. Die außerhalb des Monitoringprogramms aufgenommene zeitlich hochaufgelöste Serie der Küstenstation Heiligendamm (<http://www.io-warnemuende.de/algenblueten-vor-heiligendamm-2013.html>) zeigte ein kleines Frühjahrsmaximum des Chlorophyll am 19.3.2013. Dort war keine deutliche Frühjahrsblüte nachzuweisen. Das Aufbrauchen der anorganischen Stickstoff- und Phosphorreserven bis Anfang Mai zeigt jedoch an, dass in den offenen Gewässern der westlichen Ostsee eine Blüte stattgefunden haben muss.

In den südlichen Teilen der eigentlichen Ostsee (Stationen BMP K₂ und BMP K₁) war die Blüte sogar im Mai noch deutlich entwickelt mit Biomassen von über 2000 µg/l (Abb. 7). Die Zusammensetzung der Frühjahrsblüte war an den genannten Stationen zum Probenzeitpunkt jedoch deutlich verschieden: An Station BMP K₂ dominierte *Mesodinium rubrum*, und an Station BMP K₁ der Dinoflagellat *Scrippsiella* (1528 µg/l) neben der Kieselalge *Achnanthes taeniata* (405 µg/l); siehe Abb. 7 sowie Abb. 8b und 9a.

Die in der Mecklenburger Bucht im Februar vorhandenen Nährstoffe (fast 4 µmol/l Stickstoff; vgl. Tab. 4) würden das Wachstum einer Biomasse (Plasmamasse) von etwa 5000 mg/l erlauben. Wenn man bedenkt, dass die Frühjahrsblüte größtenteils aus Kieselalgen besteht, deren große Vakuole wenig Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor enthält, ist die zu bildende Biomasse (einschl. Vakuole) noch deutlich größer. Beispielsweise wurde am 17.3.2010 an Station OMBMPN₃ ein Biomassewert von 6618 µg/l gemessen, der etwa dem Potenzial der Frühjahrsblüte in der Kieler Bucht entsprechen dürfte (WASMUND et al. 2011 a).

Aus den Silikatverbrauchswerten, die seit 1979 vorliegen, ist abzuleiten, dass in der Kieler und Mecklenburger Bucht jedes Jahr eine mehr oder weniger starke Kieselalgen-Frühjahrsblüte stattfindet, während die Kieselalgenblüte in der Arkonasee nach einem milden Winter schon deutlich schwächer ausfällt und an den Stationen OMBMPK₂ und OMBMPK₁ gar nicht ausgeprägt ist (Tab. 4 sowie WASMUND et al. 2013 c). Der Silikatverbrauch in der Kieler und Mecklenburger Bucht von über 20 µmol/l deutet auf starkes Kieselalgenwachstum im Jahr 2013 hin, während in der zentralen Arkonasee weniger als 12 µmol/l Silikat verbraucht wurden. Die typische Abnahme der Kieselalgenintensität in östliche Richtung wird damit deutlich.

Tab. 4: Konzentrationen der Nährstoffe Nitrat+Nitrit, Phosphat und Silikat ($\mu\text{mol/L}$) in den oberen 10 m der Wassersäule (Mittelwert aus 0, 5 und 10 m Tiefe) an den Biologie-Stationen im Februar bis Mai 2013. Daten aus der IOW-Datenbank.

Table 4: Concentrations of the nutrients nitrate+nitrite, phosphate and silicate ($\mu\text{mol/L}$) in the upper 10 m of the water column (average from 0, 5 and 10 m depth) at the biological sampling stations in February to May 2013. Data extracted from IOW data bank.

Station	Datum	Nitrat+Nitrit	Phosphat	Silikat
OMBMPN3	06.02.2013	4,89	0,72	22,50
OMBMPN3	12.03.2013	5,49	0,67	20,03
OMBMPN3	03.05.2013	0,01	0,03	0,90
OMO22	06.02.2013	7,43	0,85	26,37
OMO22	13.03.2013	6,87	0,63	20,17
OMO22	04.05.2013	0,09	0,03	2,00
OMBMPM2	07.02.2013	6,77	0,85	26,17
OMBMPM2	13.03.2013	4,60	0,69	17,93
OMBMPM2	22.03.2013	4,54	0,56	17,33
OMBMPM2	04.05.2013	0,11	0,04	1,90
OMBMPM1	07.02.2013	6,68	0,82	22,83
OMBMPM1	13.03.2013	3,79	0,65	18,03
OMBMPM1	22.03.2013	3,66	0,57	16,63
OMBMPM1	04.05.2013	0,07	0,02	2,30
OMBMPK8	07.02.2013	3,96	0,73	18,20
OMBMPK8	13.03.2013	4,94	0,61	17,80
OMBMPK8	21.03.2013	4,30	0,54	16,47
OMBMPK8	04.05.2013	0,05	0,03	4,83
OMBMPK5	07.02.2013	3,40	0,63	16,53
OMBMPK5	13.03.2013	3,02	0,61	15,50
OMBMPK5	21.03.2013	3,53	0,57	16,30
OMBMPK5	04.05.2013	0,03	0,02	4,57
OMBMPK4	07.02.2013	3,18	0,55	13,90
OMBMPK4	14.03.2013	2,95	0,62	15,77
OMBMPK4	05.05.2013	0,06	0,24	8,87
OMBMPK2	09.02.2013	3,05	0,71	15,23
OMBMPK2	13.02.2013	2,79	0,50	13,77
OMBMPK2	14.03.2013	3,17	0,69	15,90
OMBMPK2	05.05.2013	0,07	0,41	14,30
OMBMPK2	10.05.2013	0,07	0,39	14,23
OMBMPK1	15.03.2013	3,26	0,58	12,57
OMBMPK1	06.05.2013	0,02	0,27	11,47
OMBMPJ1	10.02.2013	3,06	0,54	11,03
OMBMPJ1	16.03.2013	3,91	0,54	12,67
OMBMPJ1	07.05.2013	0,04	0,07	5,07

Die Kieselalgenblüte wird begleitet von *Mesodinium rubrum*. Dieser Ciliat nimmt in seiner Bedeutung nach Osten hin zu (Abb. 9a). Parallel erscheinen in manchen Jahren (z.B. in 2011) in der Kieler Bucht und der Mecklenburger Bucht Flagellaten, die als nackte Vertreter von *Dictyocha speculum* bestimmt wurden. Sie sind in Abb. 5-6 zu den Chrysophyceae gezählt. Es wird deutlich,

dass sie im Jahre 2013 in der westlichen Ostsee völlig unbedeutend waren, erstaunlicherweise aber im Herbst auftraten (Abb. 10a). Die in der Arkonasee im Mai erscheinenden Chrysophyceen gehörten zu der sonst seltenen Art *Dinobryon balticum*. Wie schon im Jahre 2012, waren Dinoflagellaten sowie *Dictyocha speculum* ungewöhnlich schwach vertreten. Die wichtigsten Veränderungen in der Artenzusammensetzung werden ausführlicher in Kapitel 4.1.3 behandelt.

Die Artenzusammensetzung wird hier nicht im Einzelnen erläutert; wir verweisen auf Tab. A1.

Die wichtigsten Phytoplankter im Frühjahr 2013 in der westlichen Ostsee waren:

Mesodinium rubrum: Maximum 667 µg/l an Station OMBMPK5,

Skeletonema marinoi: Maximum 360 µg/l an Station OMBMPM2,

Actinocyclus sp.: Maximum 206 µg/l an Station OMBMPK5,

Ceratium tripos: Maximum 199 µg/l an Station OMBMPN3.

4.1.2.2 Sommerblüte

Die Sommerbeprobung beruht auf nur einer Fahrt und kann die große Vielfalt der Phytoplanktongemeinschaft nur unzureichend widerspiegeln. Insbesondere bildet sich häufig eine Kieselalgen-Sommerblüte, die aber wegen fehlender Probennahmen oft nicht erkannt wird. Lediglich in der Kieler Bucht konnte eine Sommer-Kieselalgenblüte registriert werden, die hauptsächlich aus *Dactyliosolen fragilissimus* (1866 µg/l) bestand (Abb. 5a, 9c), begleitet von dem bemerkenswerten Dinoflagellaten *Alexandrium pseudogonyaulax* (214 µg/l, Abb. 9b). Letztere Art wurde im Jahre 2010 erstmals von uns nachgewiesen. An unserer Küstenstation in Heiligendamm wurden sogar Spitzenwerte von *Dactyliosolen fragilissimus* (3159 µg/l) und von *Alexandrium pseudogonyaulax* (293 µg/l) gemessen.

Erwähnenswert sind noch die Arten *Prorocentrum minimum* mit einem Maximalwert von 215 µg/l an Station OMO22 am 30.7.2013 und *Pyramimonas* sp. mit 55 µg/l an Station OMBMPK8 sowie unbestimmte Gymnodiniales and Prymnesiales.

Parallel entwickelten sich im Laufe des Sommers bereits langsam die *Ceratium*-Arten, die zum Herbst normalerweise in der Kieler und Mecklenburger Bucht eine Blüte bilden und die *Coscinodiscus*-Arten, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in der eigentlichen Ostsee haben. Ihre Maximalen Biomassen während der Juli/August-Fahrt 2013 waren:

Ceratium tripos (Stat. OMBMPM2: 220 µg/l),

Coscinodiscus granii (Stat. OMBMPK8: 109 µg/l).

Die für die eigentliche Ostsee typischen sommerlichen Cyanobakterienblüten sind von besonderem Interesse, zum einen weil sie

- durch ihr unangenehmes Erscheinungsbild den Badespaß verderben und somit den Tourismus an der Küste beeinträchtigen,
- Stickstoff-Fixierung betreiben und dadurch den Bemühungen zur Bekämpfung der Eutrophierung entgegenwirken,
- toxisch sein können, weshalb bei Massenaufreten sogar Badeverbote ausgesprochen werden müssen,
- nach dem Absinken starker Blüten durch Zersetzungsprozesse zu Sauerstoffschwund am Boden führen können.

Zur Ermittlung ihrer Toxizität wurden auf der Terminfahrt vom August 2013 Proben genommen und an die Food GmbH Jena geschickt zur Analyse des Giftes Nodularin. In der Probe von Station OMBMPK2 wurden 22 µg Nodularin/g Trockenmasse gemessen, in der Probe von Station TFO286

(Farö-Tief im nördlichen Gotlandbecken) wurden sogar 800 µg Nodularin/g Trockenmasse festgestellt.

Am 20.8.2013 hatte uns ein Berufsfischer aus Boltenhagen (Herr Dunkelmann) berichtet, dass die Blaualgenblüte nun absinkt und dadurch Fische in den tieferen Bereichen sterben. Tatsächlich beobachteten wir beim Routine-Probentermin in Heiligendamm am 27.8.2013 tote Fische am Strand, nachdem es offensichtlich zum Auftrieb von salzreichem (16,8 PSU), aber sauerstoffarmem Tiefenwasser gekommen war. Dieses kalte Auftriebswasser brachte auch viele Feuerquallen bis vor Warnemünde.

Cyanobakterienblüten sind in der westlichen Ostsee selten. Umso erstaunlicher ist, dass relativ hohe Biomassen in der Lübecker Bucht (Station OMO22; Abb. 5b) zu finden waren: *Aphanizomenon* sp. (110 µg/l), *Nodularia spumigena* (16 µg/l). Es muß angemerkt werden, dass diese Arten tendenziell auftreiben und sich bei Windstille an der Wasseroberfläche anreichern und mit Strömungen insbesondere in Buchten zusammengetrieben werden können. Ihr Auftreten ist deshalb zeitlich und räumlich sehr variabel. Nach einem kühlen Frühsommer war es ab Juli 2013 warm, was recht schnell zu einer Cyanobakterienentwicklung führte. So zeigten sich am 8. und 9.7.2013 zarte Streifen von Cyanobakterienanreicherungen im Wasser von Graal-Müritz und Warnemünde. Am 20.7.2014 war das Wasser in Warnemünde klar, aber schon am 21.7. zeigten sich flockige Aggregate im Wasser.

Wenn unter solchen Bedingungen nur Oberflächenproben entnommen werden, erhält man extrem hohe Biomassewerte, wie z.B. an unserer Küstenstation Heiligendamm am 9.7.2013: *Nodularia spumigena* = 2060 µg/l, *Aphanizomenon* sp. = 336 µg/l (siehe <http://www.io-warnemuende.de/algenblueten-vor-heiligendamm-2013.html>). Eine repräsentative Probenahme ist wegen der groß- und kleinskaligen fleckenhaften Verteilung nicht möglich. Detailliertere Aussagen zum räumlichen und zeitlichen Vorkommen von Cyanobakterienblüten lassen sich aus Satellitendaten ableiten (Kapitel 4.1.1). So zeigte beispielsweise ein Satellitenbild vom 15.10.2013 vom Greifswalder Bodden (Lauterbach), dass selbst im Herbst noch Cyanobakterien auftreten, was allerdings ungewöhnlich ist. Eine Probe von der Situation bestätigte, dass es *Nodularia spumigena* war (Ostsee-Zeitung vom 16.10.2013).

In unseren Proben von der Arkonasee und Bornholmsee waren nur unbedeutende Cyanobakterien-Biomassen enthalten. Dieser Befund stimmt auch mit dem „Baltic Sea Environment Fact Sheet“ (WASMUND et al. 2014) überein, nach dem die Cyanobakterien-Biomassewerte von 2013 in diesen Gebieten deutlich unter dem langjährigen Mittelwert lagen. In der zentralen östlichen Gotlandsee (Station OMBMPJ₁) fanden wir in unseren integrierten Proben aus 0-10 m Tiefe jedoch immerhin 73 µg/l *Aphanizomenon* sp. und 42 µg/l *Nodularia spumigena*.

Hervorzuheben ist die Dominanz von unbestimmten 2-6 µm kleinen Prynesiophyceen am 4.8.2013 auf Station OMBMPJ₁ (Abb. 7c).

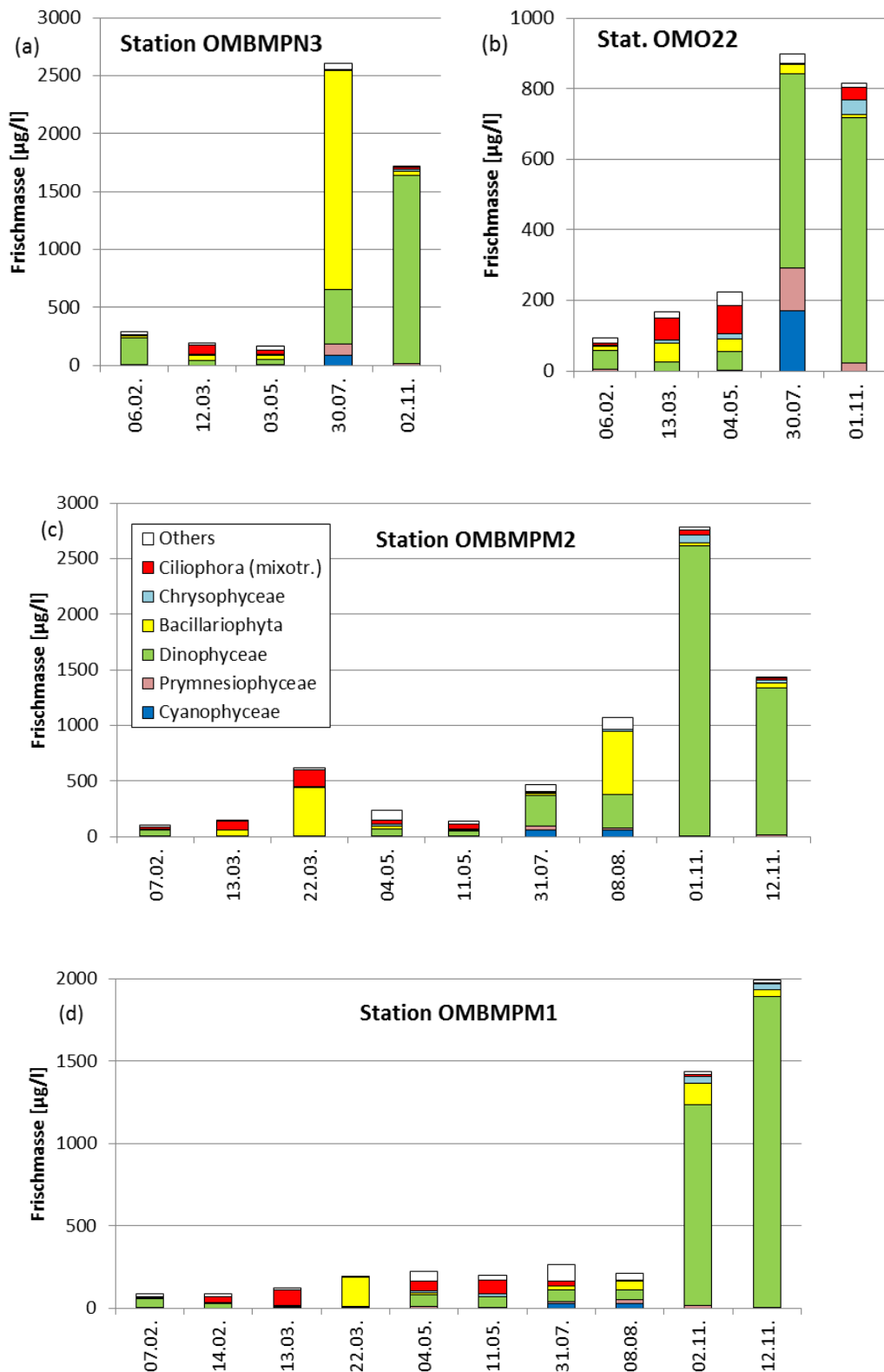


Abb. 5: Jahresgang 2013 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Kieler Bucht (a), Lübecker Bucht (b) und Mecklenburger Bucht (c, d).

Fig. 5: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in Kiel Bight (a), Lübeck Bight (b) and Mecklenburg Bight (c, d) in 2013.

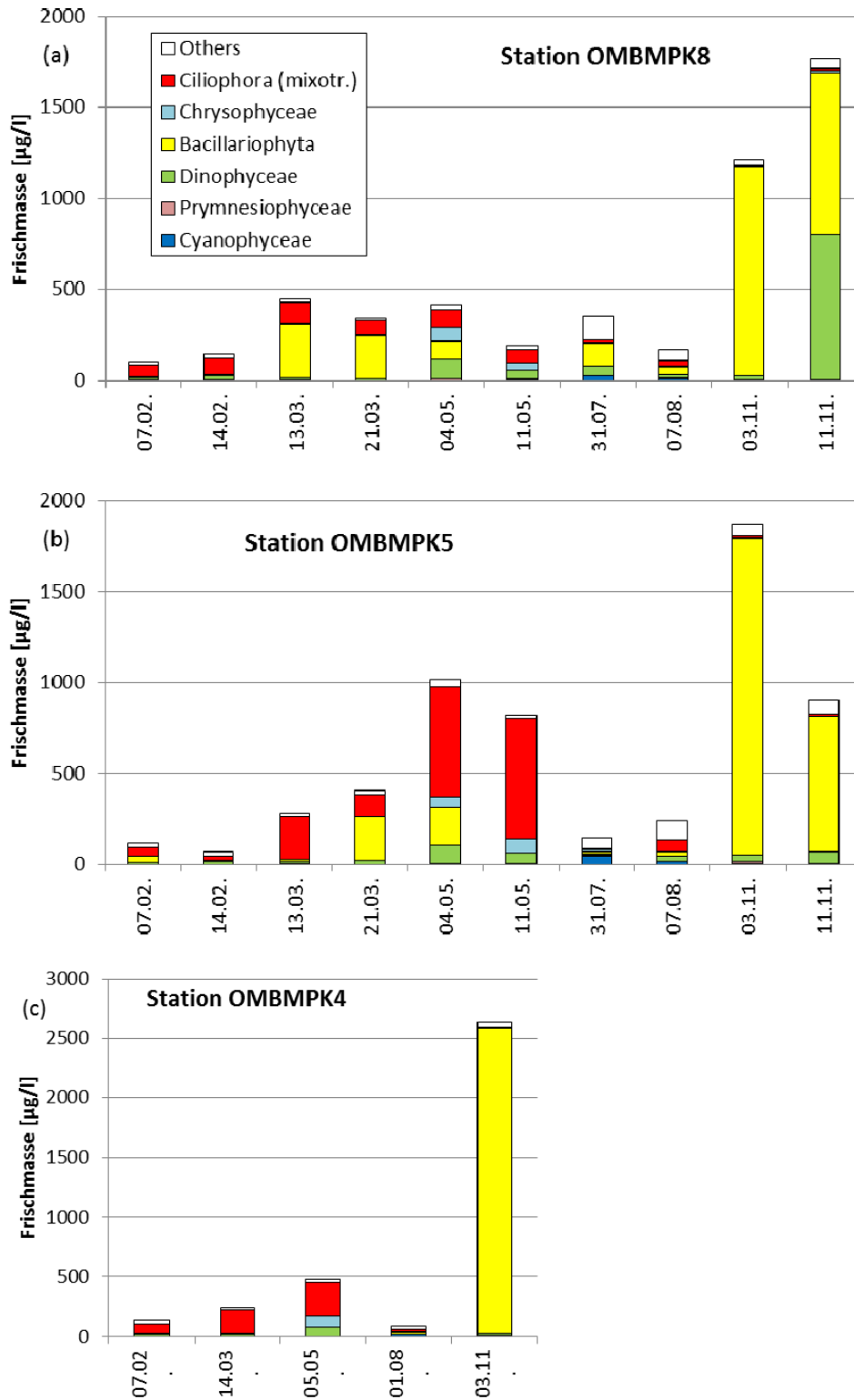


Abb. 6: Jahresgang 2013 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Arkonasee (a-c).

Fig. 6: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in the Arkona Sea (a-c) in 2013.

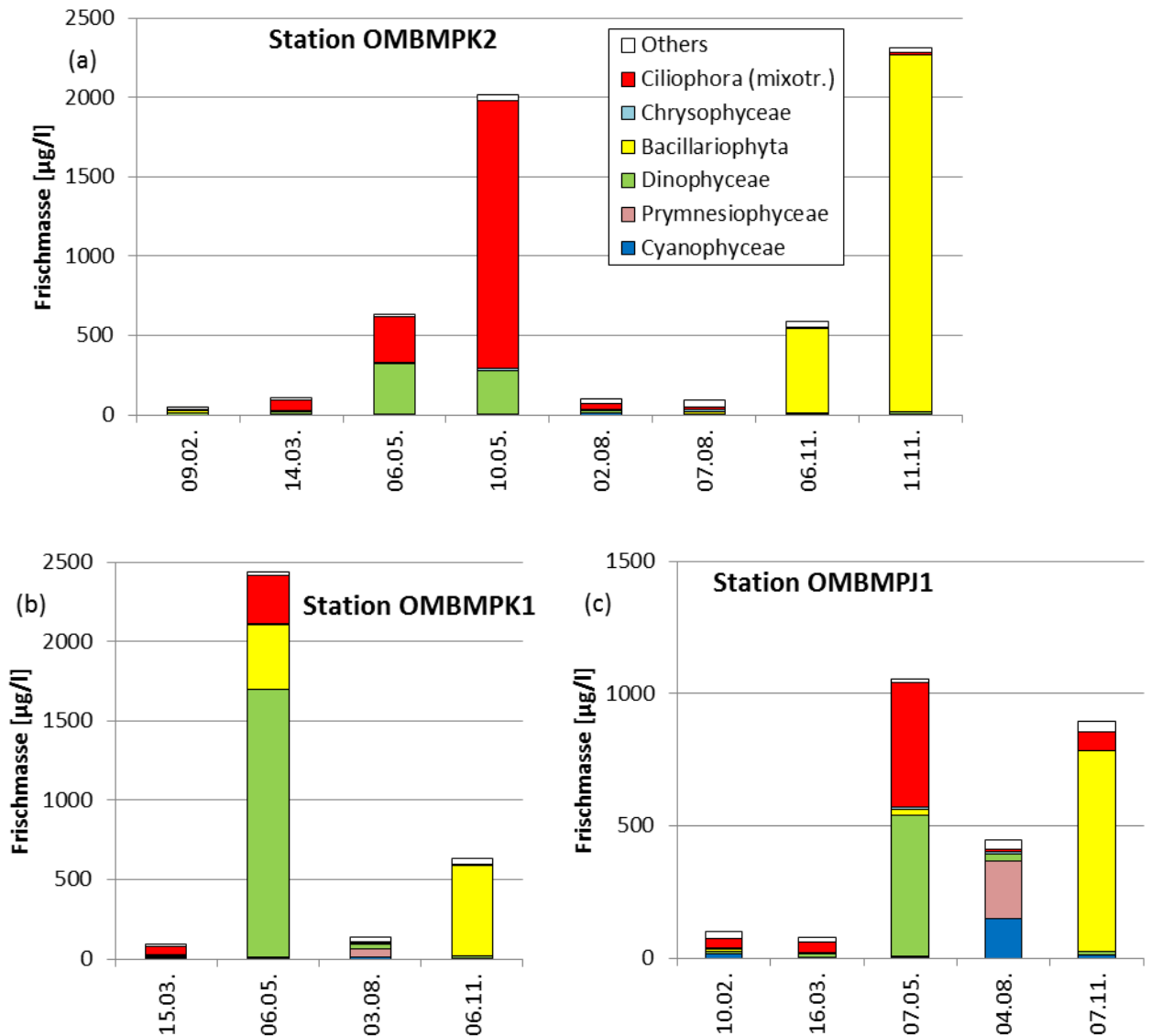


Abb. 7: Jahresgang 2013 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Bornholmsee (a) und östlichen Gotlandsee (b-c).

Fig. 7: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in the Bornholm Sea (a) and Eastern Gotland Sea (b-c) in 2013.

4.1.2.3 Herbstblüte

Eine gut ausgebildete Herbstblüte wurde in der Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht, Arkonasee, Bornholmsee und in geringerem Maße auch in der Östlichen Gotlandsee gefunden. Sie wurde in der Kieler und Mecklenburger Bucht fast ausschließlich von Dinoflagellaten, insbesondere *Ceratium tripos*, gebildet (Abb. 5, 10 b sowie 11 a). Daneben sind auch *Ceratium fusus*, *C. lineatum*, *Prorocentrum micans*, *Dinophysis* spp. sowie *Dictyocha speculum* erwähnenswert (Abb. 11 a). Letztere ist eigentlich eine Art des späten Frühjahrs; ihre Verschiebung zum Herbst muß weiter verfolgt werden. Erstaunlicherweise fanden wir eine entsprechend gut ausgebildete Blüte nicht an unserer Küstenstation Heiligendamm.

In der eigentliche Ostsee wurde die Blüte am 3.11.2013 fast ausschließlich von *Coscinodiscus granii* gebildet (Abb. 6, 7, 10 c, 11 b), während *Ceratium* spp. fast vollständig fehlte. Erst am 11.11.2013 hatte sich *Ceratium tripos* von Westen her in die Arkonasee geschoben, mit 717 µg/l in der westlichen Arkonasee (Station OMBMPK8), aber nur noch 43 µg/l in der zentralen Arkonasee (Station OMBMPK5). Die im Vorjahr eher in 20 m Wassertiefe gefundene Kieselalge *Coscinodiscus radiatus* wurde in dieser Tiefe nicht mehr nachgewiesen und nur in wenigen Exemplaren in den oberen 10 m. Auch *Actinocyclus* sp. und *Mesodinium rubrum* waren nur schwach entwickelt.

4.1.3 Regionale Unterschiede in der Artenzusammensetzung

Die Lage der Stationen ist so gewählt, dass sie im Wesentlichen einen Längsschnitt durch die Ostsee von der Kieler Bucht bis zum Gotlandtief bilden. Entsprechend dem Salzgradienten verändert sich die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons entlang dieses Schnittes deutlich. Das ist bereits im vorigen Kapitel erläutert worden, soll hier aber exemplarisch für einige wichtige Arten in den Abb. 8-10 noch zusammengefasst werden. Es ist in den Grafiken jeweils die Jahreszeit des stärksten Auftretens der Art dargestellt. Da die stärksten Veränderungen in der westlichen Ostsee zu finden sind, haben wir uns in den Abb. 9-10 nur auf den westlichen Bereich konzentriert.

Im Frühjahr (hier Mittelwert aus Februar-Mai) tritt normalerweise in der westlichen Ostsee eine deutliche Kieselalgenblüte auf. Sie wurde im Jahre 2013 zwar mit unserem Probennahmetermin nicht getroffen, aber es deutet sich mit dem exemplarischen Vertreter *Skeletonema marinoi* trotzdem an, dass die Frühjahrsblüte in der westlichen, aber nicht in der zentralen Ostsee von Kieselalgen gebildet wird (Abb. 8a). Andererseits dominieren in der eigentlichen Ostsee im Frühjahr Dinoflagellaten, die hier durch den *Scrippsiella*-Komplex repräsentiert sind (Abb. 8b). Die wichtige Frühjahrsart *Mesodinium rubrum* wird ebenfalls nach Westen schwächer (Abb. 9a).

Die ausgewählten Sommer-Arten *Alexandrium pseudogonyaulax* und *Dactyliosolen fragilissimus* bevorzugen die salzreicheren Bedingungen der Kieler Bucht (Abb. 9 b und c). Andererseits treten in der eigentlichen Ostsee hauptsächlich die Cyanobakterienblüten auf. Im Jahre 2013 waren die Cyanobakterienblüten dort jedoch nur schwach entwickelt. Sie sind deshalb nicht gesondert dargestellt.

Der sonst im späten Frühjahr häufige Kieselalgenflagellat *Dictyocha speculum* trat im Jahre 2013 kaum im Frühjahr, aber stärker im Herbst auf. Er ist eine typische Art der westlichen Ostsee. Seine Biomasse erreichte 63 µg/l am 1.11.2013 an Station OMBMPM2 (wegen Mittelwertbildung 43 µg/l in Abb. 10 a). Das schon aus den Vorjahren hinlänglich bekannte Phänomen einer Dinoflagellaten-Blüte (*Ceratium tripos*) in der westlichen Ostsee und einer Kieselalgenblüte (*Coscinodiscus granii*) in der eigentlichen Ostsee zeigt sich in den Abb. 10 b und c sehr schön.

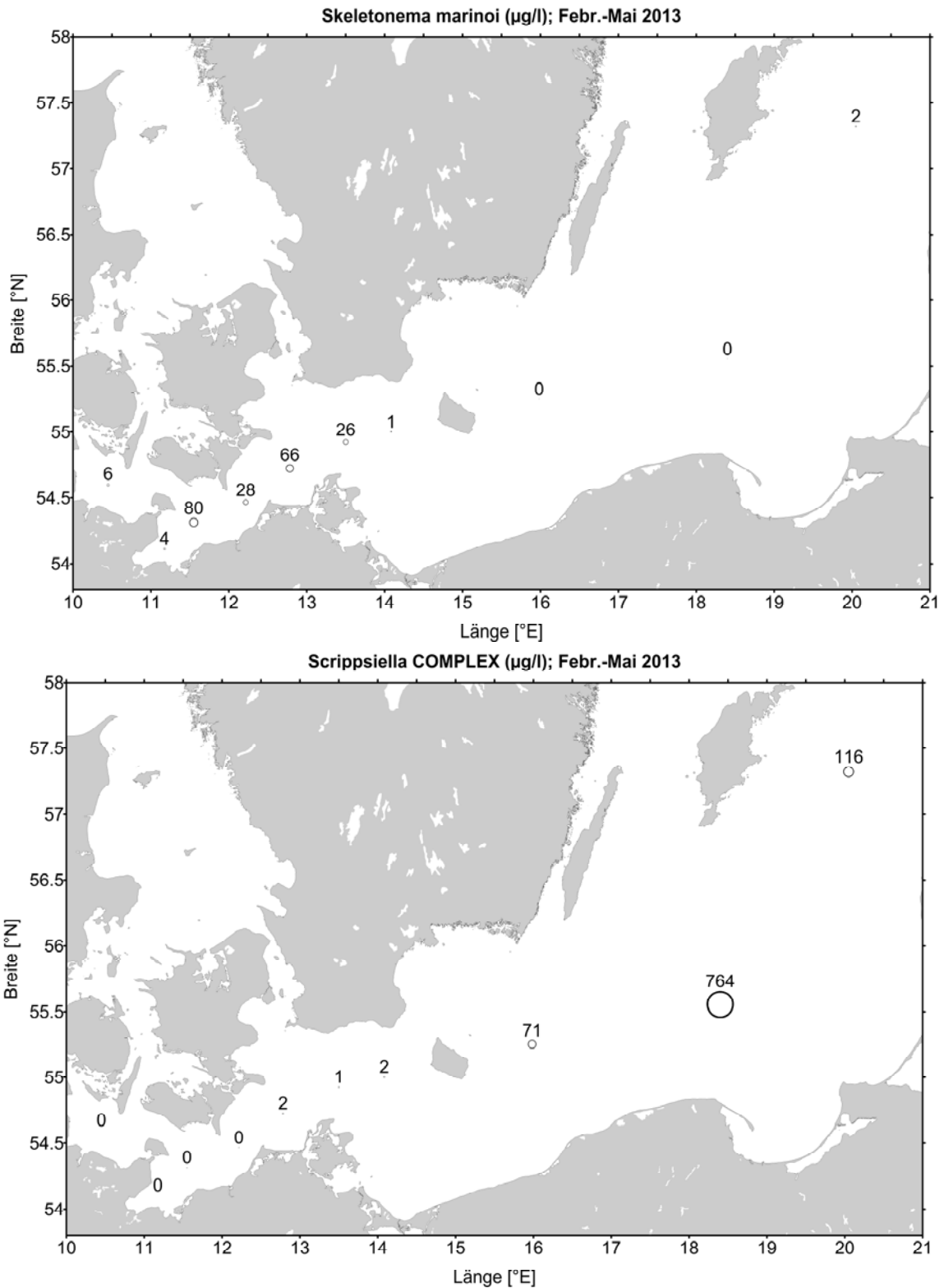


Abb. 8: Verteilung von *Skeletonema marinoi* und dem *Scrippsiella*-Komplex im Untersuchungsgebiet in Jahreszeiten ihres Hauptvorkommens in 2013.

Fig. 8: Distribution of *Skeletonema marinoi* and the *Scrippsiella*-complex in the investigation area in the seasons of their principal occurrence in 2013.

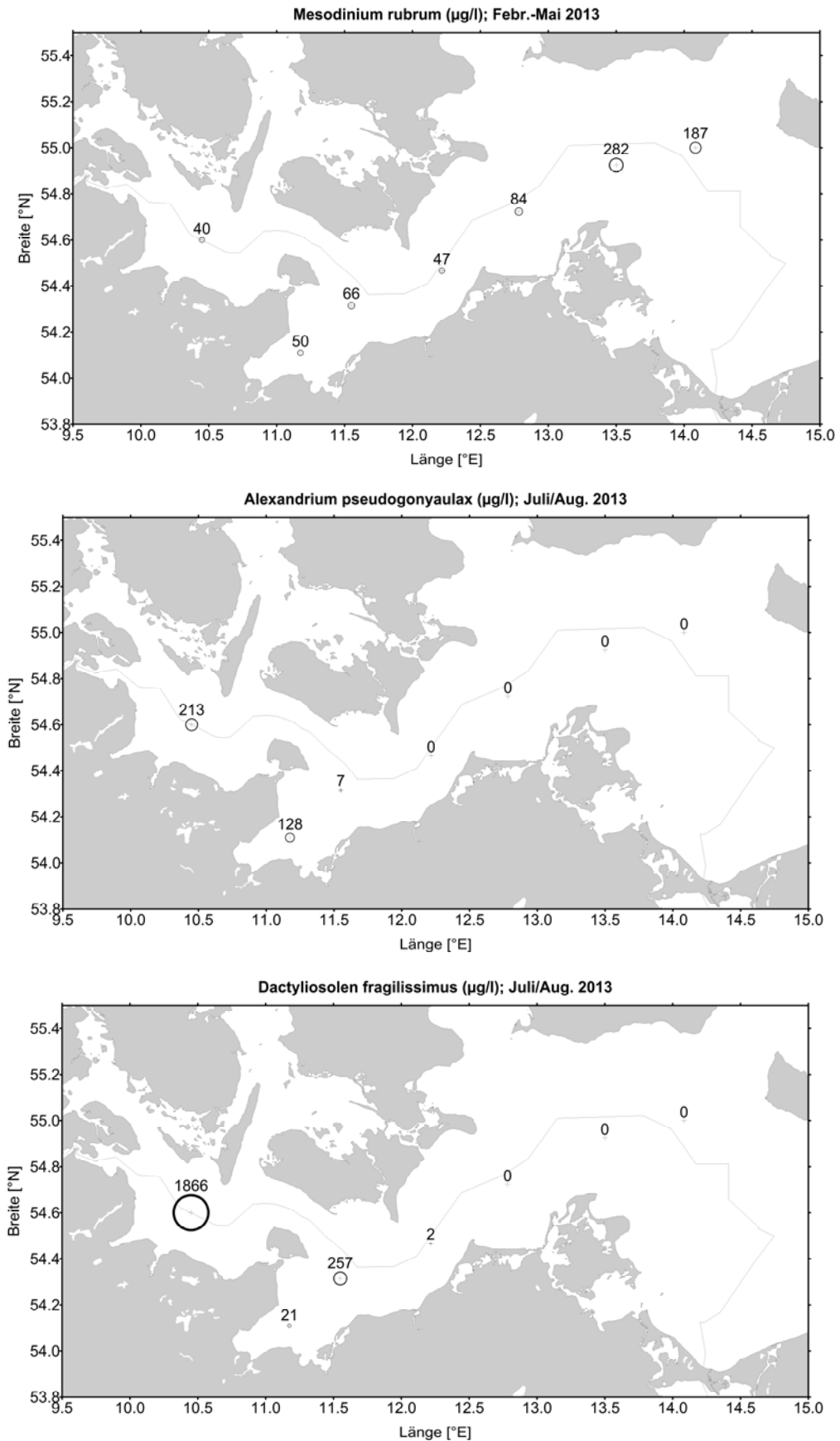


Abb. 9: Verteilung von *Mesodinium rubrum*, *Alexandrium pseudogonyaulax* und *Dactyliosolen fragilissimus* in der AWZ in Jahreszeiten ihres Hauptvorkommens in 2013.

Fig. 9: Distribution of *Mesodinium rubrum*, *Alexandrium pseudogonyaulax* and *Dactyliosolen fragilissimus* in the exclusive economic zone in the seasons of their main occurrence in 2013.

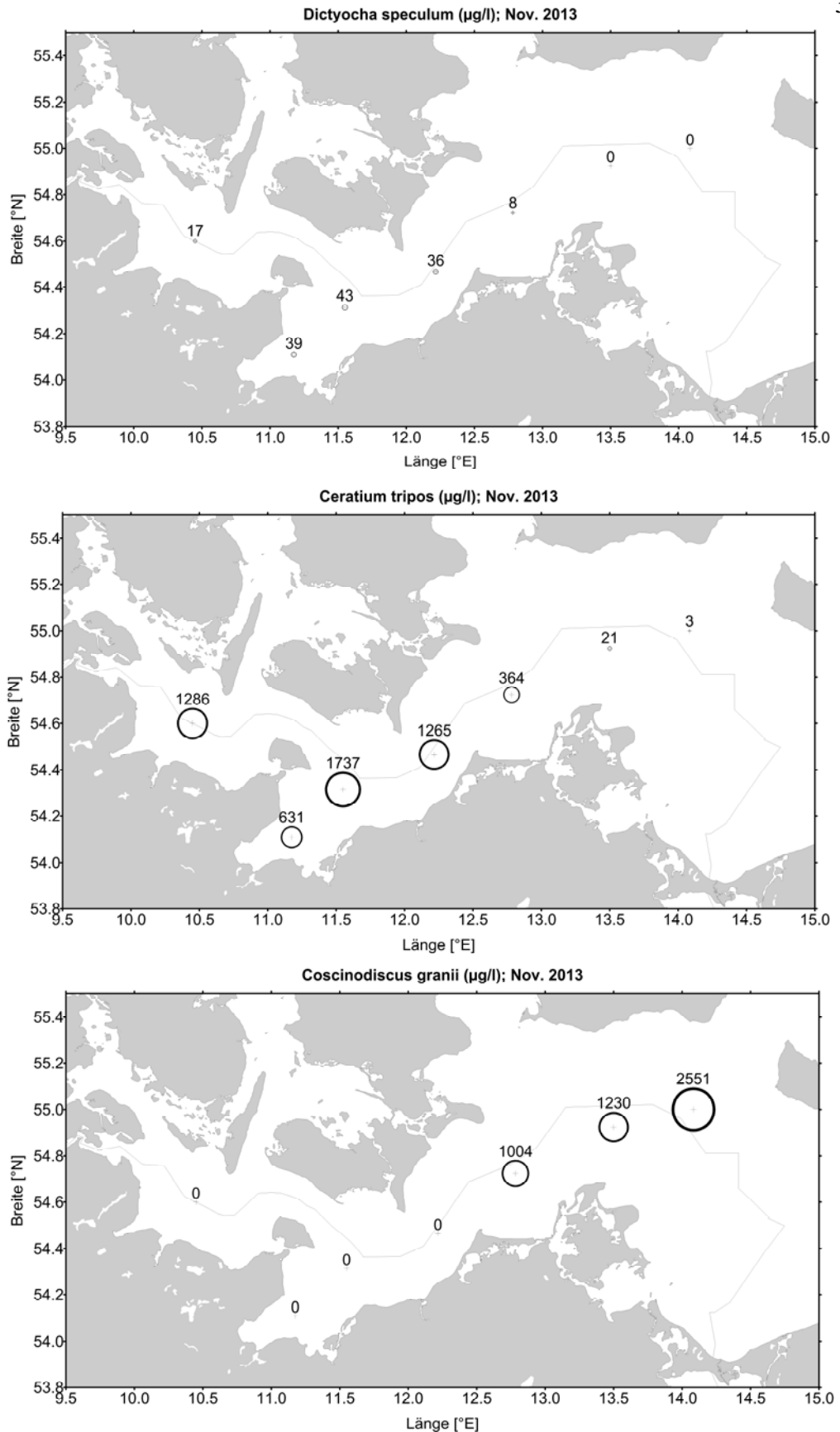


Abb. 10: Verteilung von *Dictyocha speculum*, *Ceratium tripos* und *Coscinodiscus granii* in der AWZ in Jahreszeiten ihres Hauptvorkommens in 2013.

Fig. 10: Distribution of *Dictyocha speculum*, *Ceratium tripos* and *Coscinodiscus granii* in the exclusive economic zone of Germany in the seasons of their main occurrence in 2013.

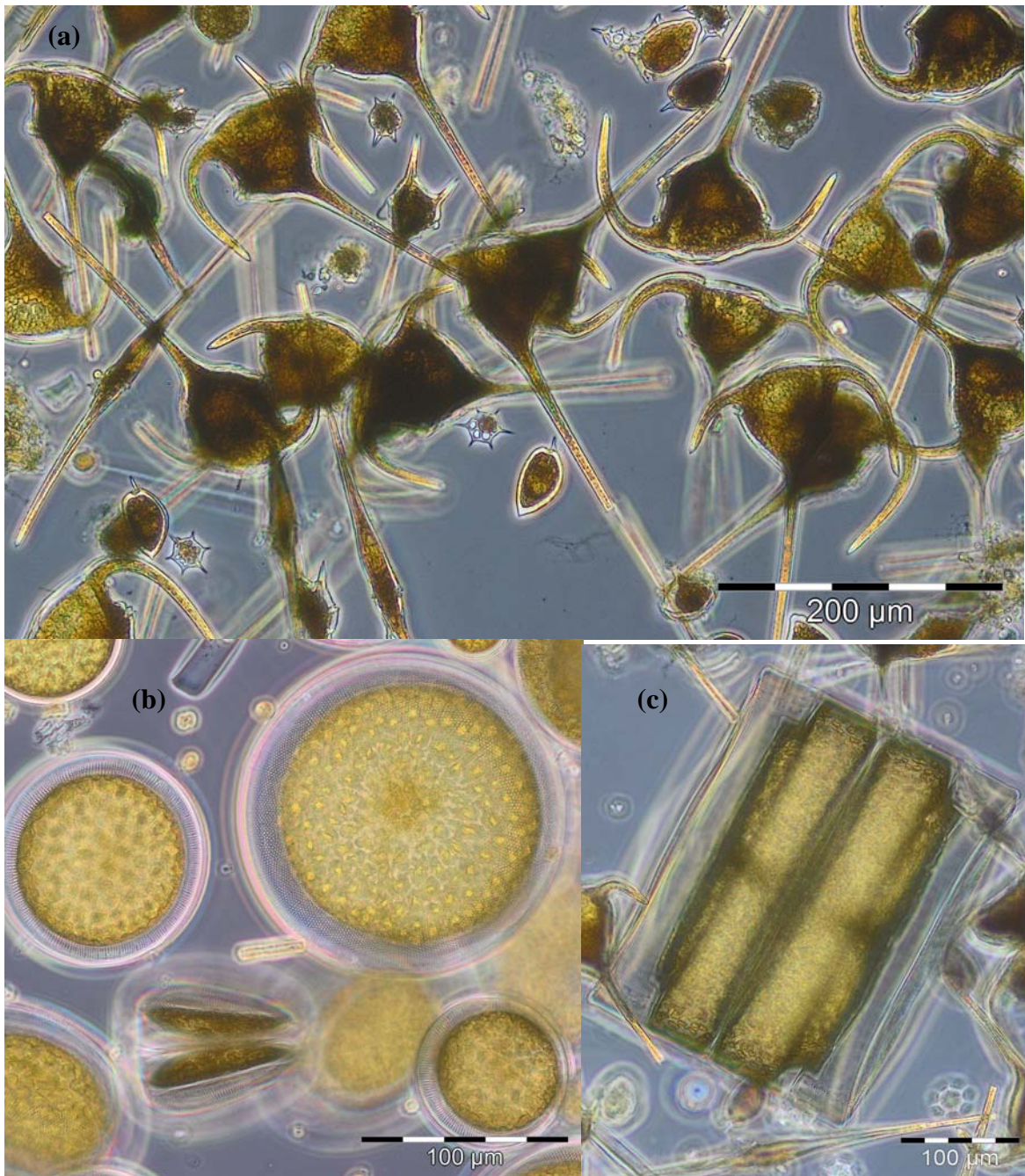


Abb. 11: Lichtmikroskopische Aufnahmen von der Herbstblüte des Jahres 2013: (a) *Ceratium tripos* mit *C. fusus*, *C. lineatum*, *Dinophysis norvegica*, *Dictyocha speculum* und *Prorocentrum micans*, Netzprobe vom 12.11.2013, Station OMBMPM₁, (b) *Coscinodiscus granii*, Netzprobe vom 3.11.2013, Station OMBMPK₄, (c) *Coscinodiscus wailesii*, Netzprobe vom 12.11.2013, station OMBMPK₄. Foto: Susanne Busch.

Fig. 11: Light-microscopical photos from the spring bloom 2013: (a) *Ceratium tripos* together with *C. fusus*, *C. lineatum*, *Dinophysis norvegica*, *Dictyocha speculum* and *Prorocentrum micans*, net sample from 12.11.2013, station OMBMPM₁, (b) *Coscinodiscus granii*, net sample from 3.11.2013, station OMBMPK₄, (c) *Coscinodiscus wailesii*, net sample from 12.11.2013, station OMBMPM₁. Foto: Susanne Busch.

4.1.4 Langzeit-Veränderungen der Artenzusammensetzung

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 zumindest zeitweise sogar die Diversität vor Ort erhöhen (α -Diversität), aber die typischen biozönotischen Strukturen verschwinden 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*, der 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). Eine Verdrängung der einen Art durch die andere ist in diesem Falle jedoch unwahrscheinlich, da *P. balticum* eine Frühjahrsart und *P. minimum* eine Spätsommerart ist.

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 im 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 Einströme von Nordseewasser.

OLENINA & KOWNACKA (2010) analysierten die Artenzusammensetzung 5 Jahre nach dem von HAJDU et al. (2006) beschriebenen ungewöhnlich weiten Eindringen mariner Arten erneut und stellten fest, dass sich einige Arten etabliert haben und andere wieder verschwanden. *Cerataulina pelagica* wird ab 2008 mit zunehmenden Biomassen in der Danziger Bucht gefunden und *Dactyliosolen fragilissimus* wird seit 2007 zum regelmäßigen Bestandteil des Herbst-Phytoplanktons in polnischen und litauischen Gewässern. *Chaetoceros brevis*, das im Jahre 2005 in Massen gefunden wurde, ist seitdem aus der südlichen Ostsee wieder verschwunden. *Chaetoceros* cf. *lorenzianus* wird seit 2003 in polnischen und seit 2006 in litauischen Gewässern regelmäßig gefunden und ist jetzt in der Danziger Bucht im November zur dominierenden Art geworden.

Der im Jahre 2009 für uns in unseren Ostseeproben neuen Arten *Noctiluca scintillans*, *Lennoxia faveolata*, *Chaetoceros lorenzianus* und *Phaeodactylum tricornutum* sind als Einzelfunde zu werten, die spätestens bis zum Jahre 2012 wieder verschwunden sind; sie tauchten auch 2013 nicht wieder auf. Die erstmalig im März 2010 in unseren Proben von der Kieler und Mecklenburger Bucht gefundenen Arten *Chaetoceros circinalis* und *Chaetoceros pseudobrevis* sind weiterhin präsent.

Der erstmals im Sommer 2010 von uns gefundene Dinoflagellat *Alexandrium pseudogonyaulax* hat sich in der westlichen Ostsee etabliert (Abb. 9b) und erreicht in unserer Rangliste des Jahres 2013 Rang 22 (Tab. A2). Dagegen war die im Herbst 2010 stark aufgetretene Kieselalge *Pseudosolenia calcar-avis* im Jahre 2013 nicht mehr nachzuweisen. Der Dinoflagellat *Peridiniella danica*, der erstmals im Jahre 2011 in hohen Biomassen (Rang 5) auftrat, war im Jahre 2012 auf Rang 108

zurück gefallen und kam im Frühjahr 2013 in der westlichen Ostsee gar nicht mehr vor, sondern nur noch in der Bornholmsee und südlichen Gotlandsee (dadurch aber Anstieg auf Rang 52).

Ein Bestimmungs-Problem besteht bei den nackten Dictyochophyceae. Ab dem Jahre 2009 versuchen wir die Art *Verrucophora farcimen* von der nackten Form von *Dictyocha speculum* abzutrennen und führen sie seitdem ebenfalls in unseren Listen. Die in vielen Jahren (2007, 2008) insbesondere in der Beltsee stark auftretende Frühjahrsart *Dictyocha speculum* war im Jahre 2010 relativ unbedeutend ohne dass wir alternativ *Verrucophora* in hohen Biomasse bestimmt hätten. Im Jahre 2011 erschienen die Dictyochophyceen mit Rang 6 besonders stark, wobei wir verstärkt *Verrucophora farcimen* bestimmten. Diese Art zeigte sich in den Proben von 2012 nicht und im Jahre 2013 nur vereinzelt. Wir finden von diesen beiden Arten wieder fast ausschließlich *Dictyocha speculum*, nun aber verstärkt im Herbst statt im Frühjahr (Abb. 10 a). Blüten dieser Art treten aber seit 2012 nicht mehr auf.

Traditionell wird der extrem häufige mixotrophe Ciliat *Mesodinium rubrum* (Abb. 4c) in den Phytoplanktonproben mitgezählt. Er ist immer stark im Frühjahr vertreten, insbesondere in der eigentlichen Ostsee (Abb. 9a), tritt neuerdings aber auch häufiger im Herbst auf. Wesentlich seltener ist der ebenfalls mixotrophe Ciliat *Laboea strobila*, der vor dem Jahre 2011 nicht bemerkt wurde. Konsequenterweise zählen wir ihn ab dem Jahre 2011 mit und ließen ihn nach ausführlicher Diskussion auch in die offizielle Artenliste der Phytoplankton-Expertengruppe (PEG) aufnehmen.

Die im Jahre 2011 ausnahmsweise dominierende Kieselalge *Achnanthes taeniata*, die sonst in der westlichen Ostsee ungewöhnlich ist, war im Jahre 2012 und 2013 wieder nur schwach vertreten. Lediglich an Station OMBMPK1 erschien sie am 6.5.2013 mit 405 µg/l stark. Diese Kaltwasserart ist in den 1980er Jahren in der zentralen Ostsee blütenbildend gewesen und seitdem stark rückläufig (HELCOM 1996; WASMUND et al. 2011 c). Offensichtlich haben ihr die milden Winter der 1990er Jahre geschadet, aber nach den kalten Wintern von 2010 und 2011 hatte sie sich wieder entwickelt (vgl. auch WASMUND et al. 2013 c). Sie trat nach langer Abwesenheit erstmals in unserer Liste von 2010 wieder auf (Rang 96), hat im Jahre 2011 bereits Rang 2 erreicht, fiel im Jahre 2012 auf Rang 29 zurück und belegte wegen des starken Einzelaufkommens vom 6.5.2013 an Station OMBMPK1 im Jahre 2013 den Rang 12 (Tab. A2).

Seltene Arten werden in unseren quantitativen Proben nicht erfasst, da im Allgemeinen nur 25 ml Probenwasser durchgesehen werden. Mit Netzproben werden dagegen hunderte Liter durchfischt. So konnte z.B die große Kieselalge *Coscinodiscus wailesii* in Netzproben, aber nicht in den quantitativ ausgewerteten Proben gefunden werden (Abb. 11 c). Sie stammt aus der Nordsee und kommt dort in großen Biomassen vor, z.B. im Jahre 2009 mit Biomasse-Rang 1 (WASMUND et al. 2011 d). Sie wird offensichtlich sporadisch in die Mecklenburger Bucht gespült, kann sich dort aber nicht etablieren.

4.1.5 Chlorophyll a

Ein grober Jahresgang der Chlorophyll a-Konzentration ist der Tab. 5 zu entnehmen. Er entspricht etwa den bereits in Abb. 5-7 dargestellten Jahresgängen der Biomasse. Es sind für jede Probenahme die Mittelwerte über die oberen 10 m gezeigt.

Tab. 5

Mittlere Konzentrationen von „Gesamt-Chlorophyll a“ von 0 bis 10 m Tiefe.

Table 5

Depth-integrated (0-10m) concentrations of “total chlorophyll a”.

Station	Datum	Chl.a-tot (mg m ⁻³)	Station	Datum	Chl.a-tot (mg m ⁻³)
OMBMPN3	06.02.2013	1,68	OMBMPK8	07.08.2013	1,90
OMBMPN3	12.03.2013	1,72	OMBMPK8	03.11.2013	3,01
OMBMPN3	03.05.2013	0,88	OMBMPK8	11.11.2013	5,06
OMBMPN3	30.07.2013	1,77	OMBMPK5	07.02.2013	1,14
OMBMPN3	02.11.2013	4,64	OMBMPK5	14.02.2013	1,00
OMO22	06.02.2013	1,04	OMBMPK5	13.03.2013	1,93
OMO22	13.03.2013	2,20	OMBMPK5	21.03.2013	3,32
OMO22	04.05.2013	1,17	OMBMPK5	04.05.2013	2,71
OMO22	30.07.2013	2,74	OMBMPK5	11.05.2013	4,36
OMO22	01.11.2013	3,06	OMBMPK5	31.07.2013	2,55
OMBMPM2	07.02.2013	1,04	OMBMPK5	07.08.2013	3,44
OMBMPM2	13.03.2013	1,74	OMBMPK5	03.11.2013	5,17
OMBMPM2	22.03.2013	4,13	OMBMPK5	11.11.2013	3,97
OMBMPM2	04.05.2013	1,34	OMBMPK4	07.02.2013	1,26
OMBMPM2	11.05.2013	0,93	OMBMPK4	14.03.2013	1,94
OMBMPM2	31.07.2013	2,29	OMBMPK4	05.05.2013	1,88
OMBMPM2	08.08.2013	2,30	OMBMPK4	01.08.2013	1,88
OMBMPM2	01.11.2013	6,73	OMBMPK4	03.11.2013	5,63
OMBMPM2	12.11.2013	3,49	OMBMPK2	09.02.2013	0,57
OMBMPM1	07.02.2013	0,80	OMBMPK2	14.03.2013	0,83
OMBMPM1	14.02.2013	0,99	OMBMPK2	06.05.2013	1,73
OMBMPM1	13.03.2013	1,67	OMBMPK2	10.05.2013	4,90
OMBMPM1	22.03.2013	2,70	OMBMPK2	02.08.2013	2,26
OMBMPM1	04.05.2013	1,03	OMBMPK2	07.08.2013	1,77
OMBMPM1	11.05.2013	1,30	OMBMPK2	06.11.2013	2,47
OMBMPM1	31.07.2013	2,75	OMBMPK2	11.11.2013	4,66
OMBMPM1	08.08.2013	1,30	OMBMPK1	15.03.2013	0,73
OMBMPM1	02.11.2013	4,04	OMBMPK1	06.05.2013	3,63
OMBMPM1	12.11.2013	5,81	OMBMPK1	03.08.2013	1,24
OMBMPK8	07.02.2013	1,24	OMBMPK1	06.11.2013	2,61
OMBMPK8	14.02.2013	1,37	OMBMPJ1	10.02.2013	0,83
OMBMPK8	13.03.2013	3,39	OMBMPJ1	16.03.2013	0,62
OMBMPK8	21.03.2013	4,23	OMBMPJ1	07.05.2013	2,05
OMBMPK8	04.05.2013	1,29	OMBMPJ1	04.08.2013	2,24
OMBMPK8	10.05.2013	1,30	OMBMPJ1	07.11.2013	3,09
OMBMPK8	31.07.2013	2,83			

Wie in Kapitel 2.3. dargelegt, werden von uns nur noch die „Gesamt-Chlorophyll a“-Werte („Chl.a-tot“) bestimmt. Das Jahres-Maximum der Chlorophyll a-Konzentration wurde auf allen Stationen im Herbst gefunden und nicht wie üblich zu Zeiten der Frühjahrsblüte. Wie bereits im Jahre 2012 ist das ein Zeichen dafür, dass die Frühjahrsblüte verpasst wurde. Der Maximalwert des Frühjahrs 2013 lag mit 4,13 bis 4,36 mg m⁻³ (also ähnliche Spitzenwerte an 3 Stationen) noch deutlich unter dem Frühjahrs-Maximum von 2012. Das Jahresmaximum wurde mit 6,73 mg m⁻³ am 1.11.2013 an Station OMBMPM2 gefunden.

Die horizontale Verteilung der Chlorophyll-a-Werte im Stationsnetz für die 5 Monitoringfahrten ist in Abb. 12-14 dargestellt. Abb. 12 a macht deutlich, dass im Februar 2013 noch keine wesentliche Phytoplanktonentwicklung stattgefunden hat. Mitte März 2013 hat sie in der Mecklenburger Bucht bereits eingesetzt (Abb. 13 a) und schritt bis zum Mai in die eigentliche Ostsee fort (Abb. 13 b). Im Herbst ist das Maximum im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes zu finden. Es ist zu beachten, dass die in den Abb. 12-14 dargestellten Daten Mittelwerte der entsprechenden Fahrten sind.

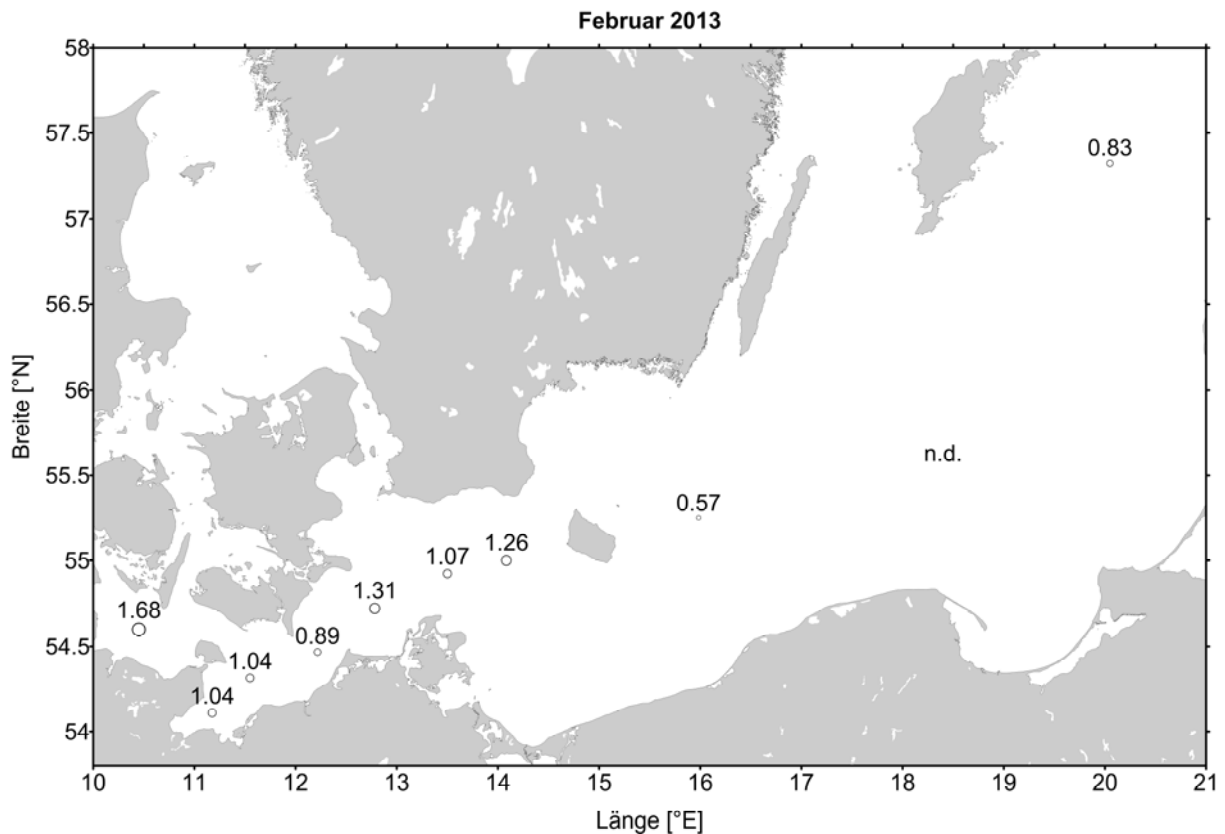


Abb. 12: Horizontale Verteilung der Chlorophyll-a-Konzentration (µg/L) auf den Stationen während der Fahrt vom Februar 2013.

Fig. 12: Horizontal distribution of the chlorophyll-a-concentrations (µg/L) at the stations of the cruise from February 2013.

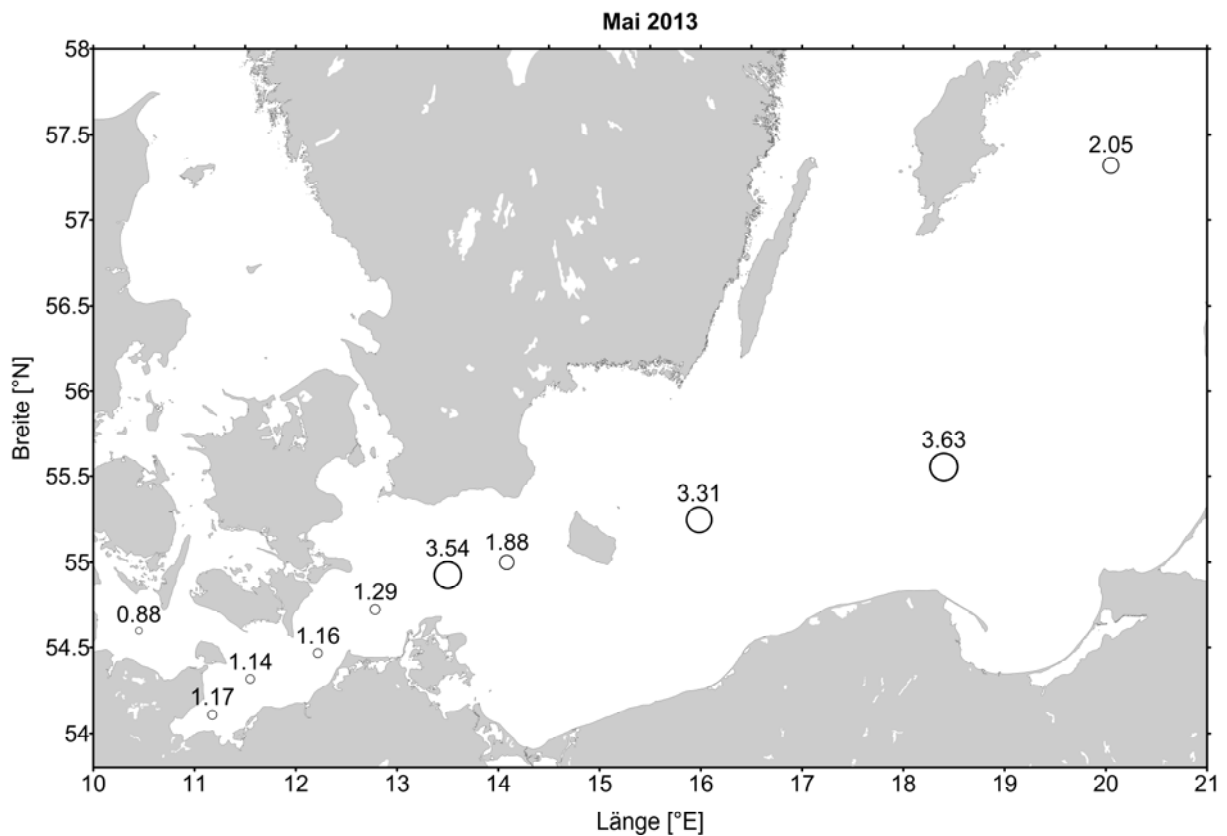
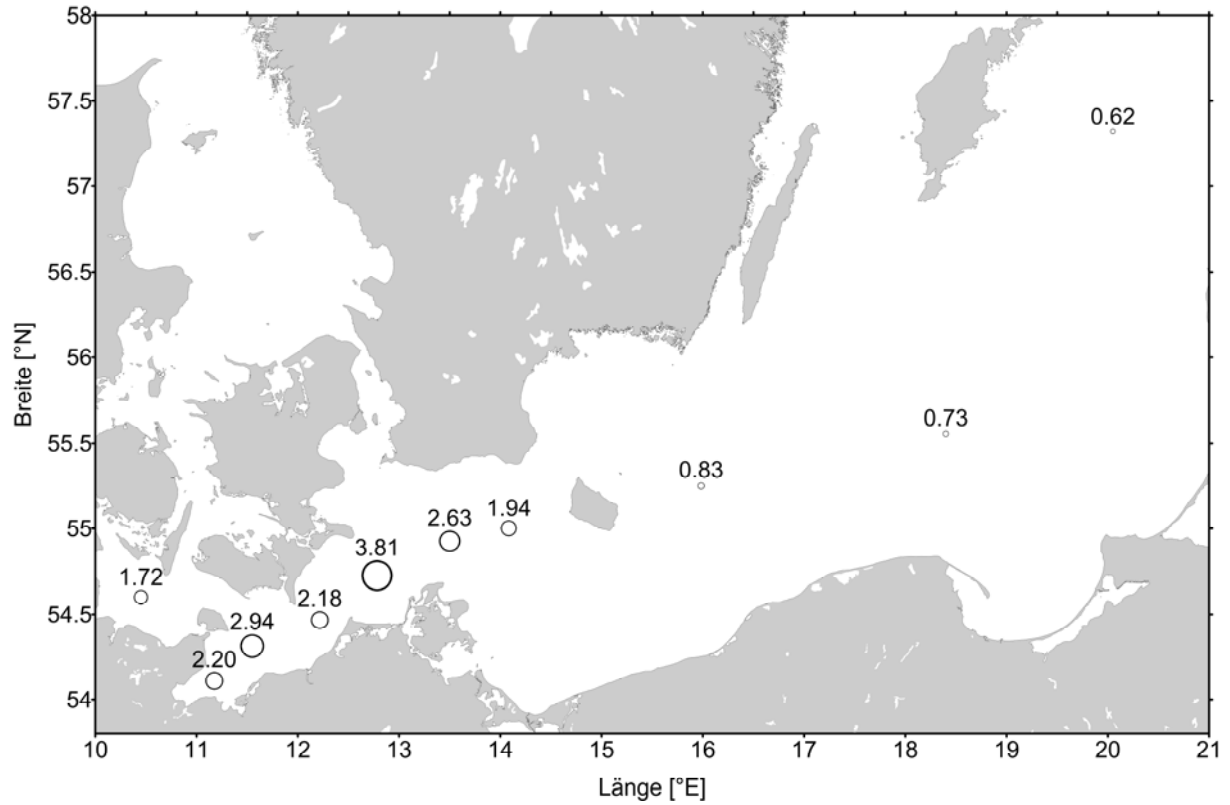


Abb. 13: Horizontale Verteilung der Chlorophyll-a-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) auf den Stationen während der Fahrten vom März und Mai 2013.

Fig. 13: Horizontal distribution of the chlorophyll-a-concentrations ($\mu\text{g/L}$) at the stations of the cruises from March and May 2013.

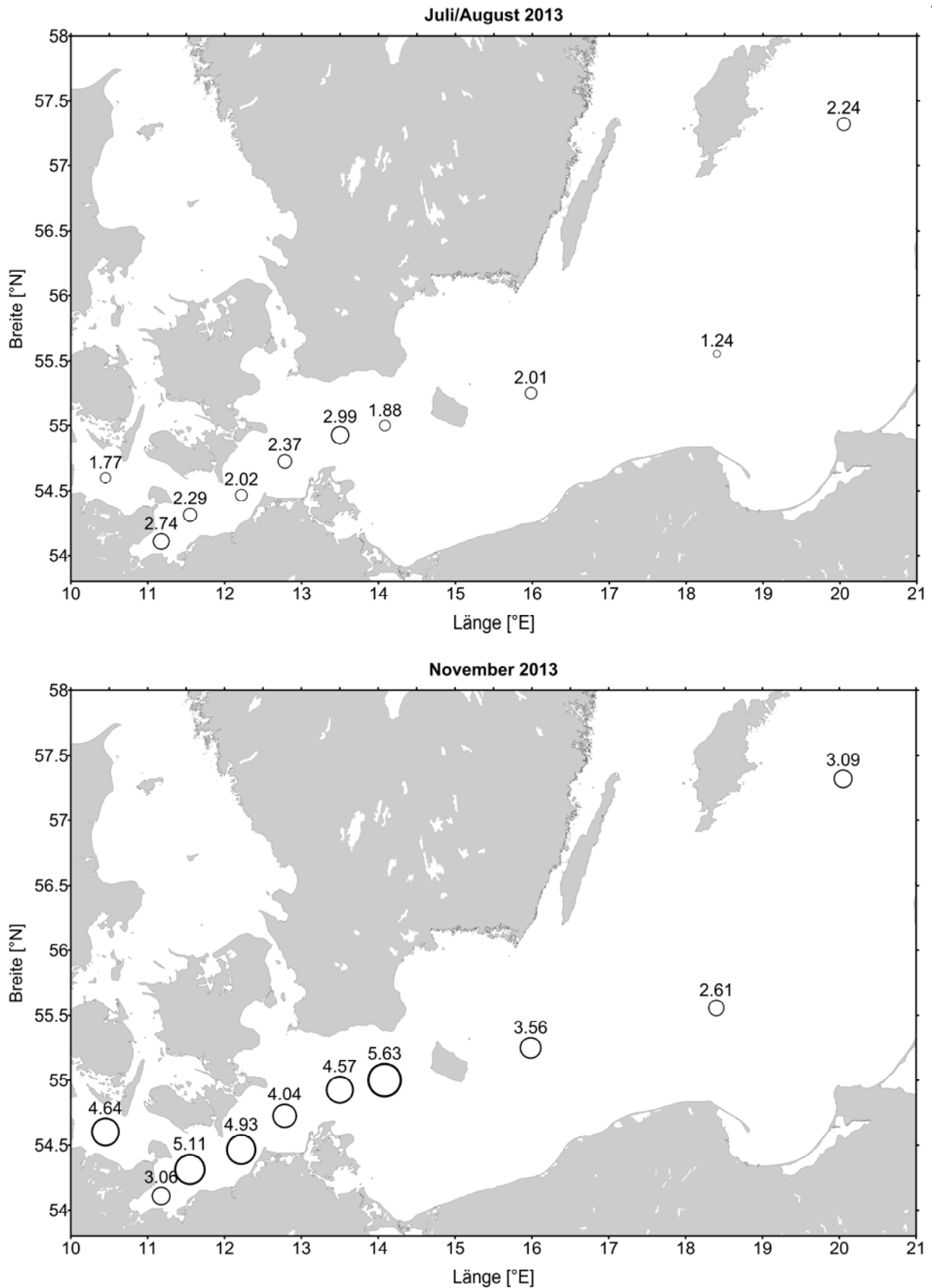


Abb. 14: Horizontale Verteilung der Chlorophyll-a-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) auf den Stationen während der Fahrten vom Juli/August und November 2013.

Fig. 14: Horizontal distribution of the chlorophyll-a-concentrations ($\mu\text{g/L}$) at the stations of the cruises from July/August and November 2013.

4.1.6 Sedimentation

Die mikroskopische Bearbeitung des 2013 im Arkonabecken sedimentierten Materials zeigt innerhalb der pelagischen Wachstumsphase (März bis Dezember) wieder die typische saisonale Abfolge von Phytoplanktongemeinschaften (Abb. 15 a-d), wobei die intensive Frühjahrsblüte gegen etwas niedrigere aber untereinander gleich hohe Bestände im Sommer und Herbst abgegrenzt war. Gegenüber dem Vorjahr erhöhte sich das Artenspektrum bei fast allen untersuchten Gruppen.

Die Frühjahrsblüte in der Arkonasee begann 2013 Anfang März und damit eine Woche später als im Vorjahr und entwickelte sich ungewöhnlich lange bis Mitte Mai. Während der Beginn dieser Diatomeenblüte durch *Skeletonema* spp., *Coscinodiscus granii*, *Achnantes taeniata* und *Actinocyclus octonarius* gekennzeichnet war, traten im weiteren Verlauf noch *Thalassiosira levanderi*, *Diatoma tenue*, *Chaetoceros* spp., *Thalassiosira hyperborea* und *Thalassiosira baltica* auf, wobei die abundantesten Gattungen *Chaetoceros*, *Skeletonema* und *Diatoma* waren. Von diesen Gattungen kam im Sommer auch *Chaetoceros* in größeren Zahlen vor und wurde von *Nitzschia paleacea* begleitet. Geringere Vorkommen von *Thalassionema nitzschioides*, *Coscinodiscus granii*, *Actinocyclus octonarius*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Thalassiosira hyperborea* und einigen pennaten Diatomeen sorgten in dieser Zeit für eine diverse Diatomeengemeinschaft. Im Herbst traten wieder *Actinocyclus octonarius*, *Coscinodiscus granii* und *Chaetoceros* spp. in größeren Mengen auf und wurden durch *Cyclotella choctawhatcheana*, *Skeletonema* spp. und pennate Diatomeen ergänzt.

Der Silikatfluss (Abb. 19) zeigte 2013, dass die Frühjahrs- und Sommerphase der Diatomeen die für den Export wichtigsten Phasen waren, während die im Pelagial beobachtete herbstliche Entwicklung im Oktober/November den gemessenen Silikatfluss nicht besonders erhöhte.

Das über das Jahr massegewichtete C/Si –Verhältnis sank von 13 im Vorjahr auf 3,2 und zeigt damit die große Bedeutung der Diatomeen für den Kohlenstoffexport 2013 an. Die Zahl der Diatomeentaxa nahm leicht von 12 auf 14 zu, wobei immer noch ein größerer Einfluss von Wasserkörpern aus der zentralen Ostsee in der Arkonasee angenommen wird, da bei Zuströmen aus der westlichen Ostsee diese Zahl auf weit über 20 steigt. Daher scheinen sich bei ähnlichen grossräumigen hydrographischen Bedingungen wie im Vorjahr die spezifischen Wachstumsbedingungen für Diatomeen in diesem Jahr sehr günstig gestaltet zu haben.

Bei den Dinoflagellaten (Abb. 15 b) blieb die Anzahl der insgesamt vorkommenden Arten mit 8 auf dem gleichen Niveau wie im Vorjahr (9), allerdings traten sie 2013 mit einem breiteren Artenspektrum über fast die gesamte Wachstumsperiode (April – Dezember) auf. Trotzdem ist noch eine deutliche saisonale Abfolge von Schlüsselarten zu sehen, wobei im Frühjahr *Gymnodinium corollarium*, im Hochsommer *Dinophysis norvegica*, im Spätsommer/Herbst *Dinophysis acuminata* und *Ceratium tripos* sowie im Spätherbst/Winter *Dissodinium pseudolunula* die hauptsächlichen Bestände bildeten. Wie im Vorjahr fehlten Proocentren (*Prorocentrum minimum* und *Prorocentrum micans*) in der Sommerphase. Auch hier deutet das Artenspektrum auf den Einfluss von Wasserkörpern aus der zentralen Ostsee hin. Während der Partikelfluss in der ersten Jahreshälfte von Diatomeen dominiert war, nahm die Bedeutung der Dinoflagellaten erst zum August/September zu, trat aber im Vergleich zum Vorjahr klar hinter den Diatomeen zurück.

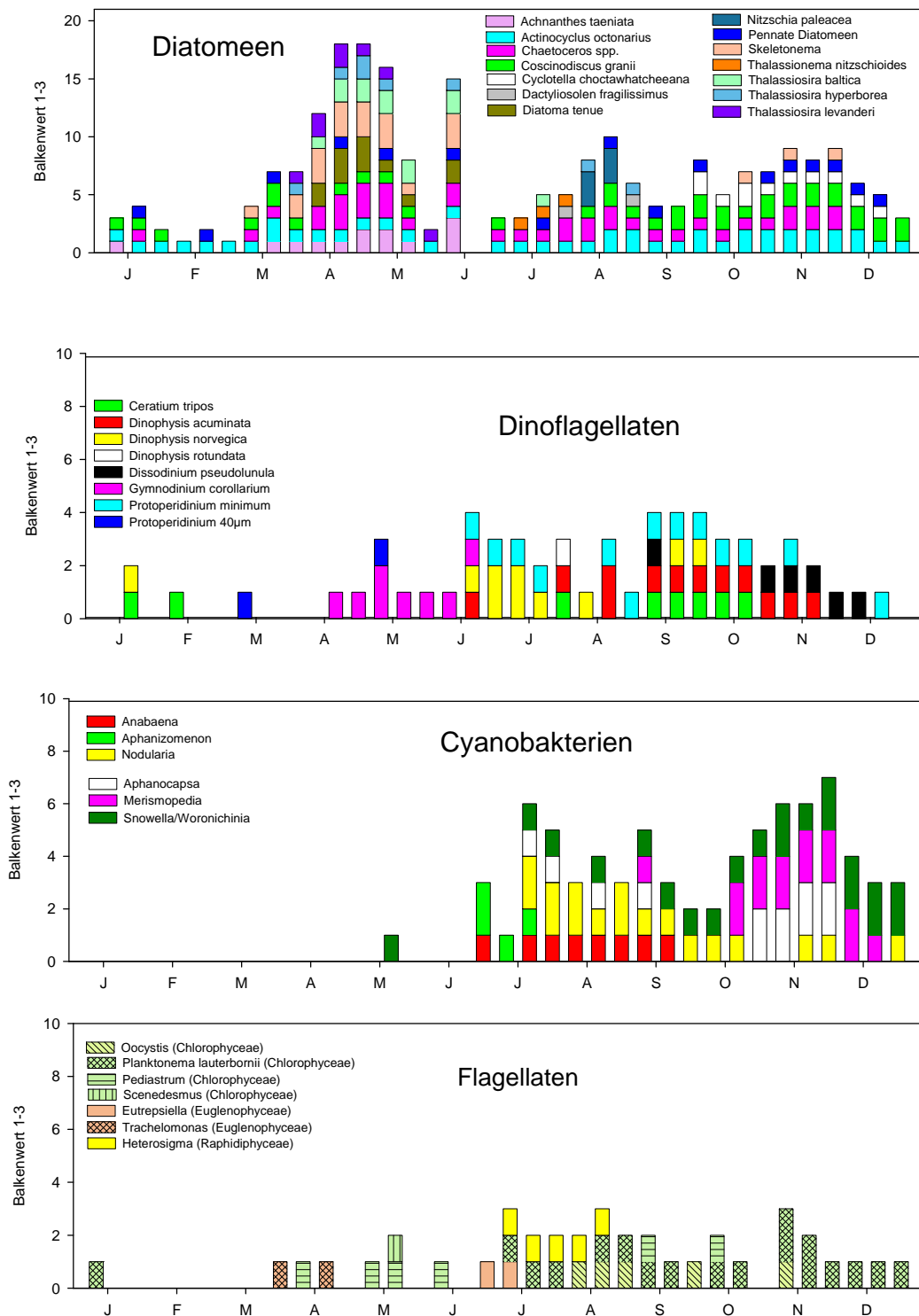


Abb. 15 a-d: Relative Häufigkeit einzelner Arten von Diatomeen, Dinoflagellaten, Cyanobakterien sowie Flagellaten im sedimentierten organischen Material im Jahre 2013.

Fig. 15 a-d: Relative frequency of selected species of diatoms, dinoflagellates, cyanobacteria and flagellates in sedimented organic material in 2013.

Für die Cyanobakterien (Abb. 15 c) war 2013 ein eher typisches Jahr; die Artenzahl stieg von 4 auf 6, wobei auch diazotrophe Gattungen (*Aphanizomenon* und *Nodularia*) wieder in höherer Abundanz auftraten. Der saisonale Wechsel von den sommerlichen Stickstoff-Fixierern *Aphanizomenon*, *Nodularia* und *Anabaena* zu den nicht-N-fixierenden *Merismopedia*, *Aphanocapsa* und *Snowella* in der Herbst- und Winterphase trat klar in Erscheinung, wobei *Snowella/Woronichinia*-Arten in geringerem Umfang auch in den Sommermonaten präsent waren. Die Hauptphase des Wachstums von diazotrophen Arten (Juni-August) traf sich mit dem Absinken der $\delta^{15}\text{N}$ Signatur (Abb. 22) im sinkenden Material von 6 auf 3 und zeigte die Bedeutung dieser externen Stickstoffquelle während dieser Periode. Generell ist dieser Prozess in der Arkonasee im Gegensatz zur mittleren Ostsee jedoch nicht von übergeordneter Relevanz, da der über das Jahr massegewichtete $\delta^{15}\text{N}$ -Mittelwert mit 5,4 wohl eher für Stickstoff-Einträge aus den umgebenden terrestrischen Quellen spricht. Allerdings wäre eine erhöhte Stickstofffixierung dennoch möglich, wenn sie gleichzeitig durch eine größere Zufuhr von schwereren N-Komponenten, z.B. aus bestimmten landwirtschaftlichen Quellen (Gülle), kompensiert werden könnte. Das kann allerdings nur eine Hypothese sein, denn für eine solche komplexe Analyse unterschiedlicher Quellenstärken ist unser methodischer Ansatz nicht ausgelegt.

Bei den Flagellaten (Abb. 15 d) findet sich gegenüber dem Vorjahr wieder eine Erhöhung der identifizierten Arten/Gruppen von 4 auf 7. Die Chlorophyceen *Planktonema lauterbornii* und *Oocystis* traten in der zweiten Jahreshälfte in größeren Zahlen auf, während das Frühjahr bis zum Sommer von *Trachelomonas* (Euglenophyceae) und *Pediastrum* (Chlorophyceae) dominiert wurde. Im Juli und August kamen *Eutreptiella* (Euglenophyceae) und *Heterosigma* (Raphidophyceae) hinzu.

Auf Grund der geringen Vorkommen und Größen spielen Flagellaten generell eine eher untergeordnete Rolle für den Vertikalfluss. Allerdings bedeutet das nicht, dass diese Gruppen im pelagischen Nahrungsnetz keine Bedeutung haben. Im Gegensatz zu den beschalteten Formen, wie Diatomeen und Dinoflagellaten, sowie den robusten fädigen Cyanobakterien, sind sie sehr empfindlich und können während des Absinkens und auch in der Falle zerfallen. Sie bilden durch diese Eigenschaft aber auch eine sehr gute Nahrung für pelagische Heterotrophe und können daher schon im Pelagial preferentiell gefressen werden und nicht mehr im sinkenden Material vorkommen.

Die Hypothese des letzten Jahresberichtes, dass es unterschiedliche Nutzungsintensitäten der Algen durch das Zooplankton im Pelagial gibt, die zu Unterschieden in der Sedimentation führen, würde auf 2013 übertragen bedeuten, dass das Zooplankton wesentlich weniger effizient war, als im Vorjahr. Eine Überprüfung dieses Ansatzes soll erfolgen, wenn eine statistisch auswertbare Anzahl von Jahresgängen des Kohlenstoffexportes und der Zooplanktonentwicklung aus dem Untersuchungsgebiet vorliegt. Das Ergebnis wäre ein interessanter Beitrag zur Bewertung der ökosystemaren Steuerungsmechanismen (top-down vs. bottom-up) im Gradientensystem der westlichen Ostsee.

Die saisonalen Muster des Vertikaltransportes der Hauptelemente Kohlenstoff (Abb. 16), Stickstoff (Abb. 17) und Phosphor (Abb. 18) bilden auch 2013 die mikroskopischen Befunde sehr gut ab. Bis auf Phasen im Dezember, Januar und Februar ist der Einfluss durch Resuspension von Bodenmaterial gering. Während der Silikatfluss im Winter primär durch diese Resuspensionsereignisse dominiert wird, wird er in der Wachstumsphase von den in diesem Jahr wieder abundanten Diatomeen gesteuert und ist dadurch erheblich gegenüber dem Vorjahr

erhöht. Damit wird auch das C/Si –Verhältnis des absinkenden Materials wieder in einen Bereich abgesenkt, der den langjährigen Mittelwerten entspricht.

Die Maxima des Masseflusses (Abb. 20) decken sich in der Wachstumsphase mit denen der biogenen Elemente, so dass organisches Material pelagischer Herkunft als Hauptquelle gesehen werden kann. Diese hohen Stoffflüsse traten mit der zeitlich ausgedehnten Diatomeenblüte im Frühjahr und der Diatomeen/Cyanobakterien-Entwicklung im Sommer auf. Die im Pelagial beobachtete herbstliche Entwicklung scheint im Gegensatz zum Vorjahr nur von geringer Bedeutung für den vertikalen Partikelfluss in dieser Zeit zu sein. Das Sedimentationsmaximum Ende Dezember ist typischerweise auf Grund der hohen mineralischen Beimischungen (extrem hohe Silikatwerte in Bezug zu den anderen biogenen Variablen), als sekundäres Absinken von resuspendiertem sedimentärem Material einzuordnen. Auch die mikroskopischen Analysen deuten auf vom Boden stammendes Material hin. Durch die fehlenden Kohlenstoffwerte in dieser Periode lässt sich aber eine sehr späte Sedimentation der im Herbst gefundenen Diatomeenblüte nicht völlig ausschließen.

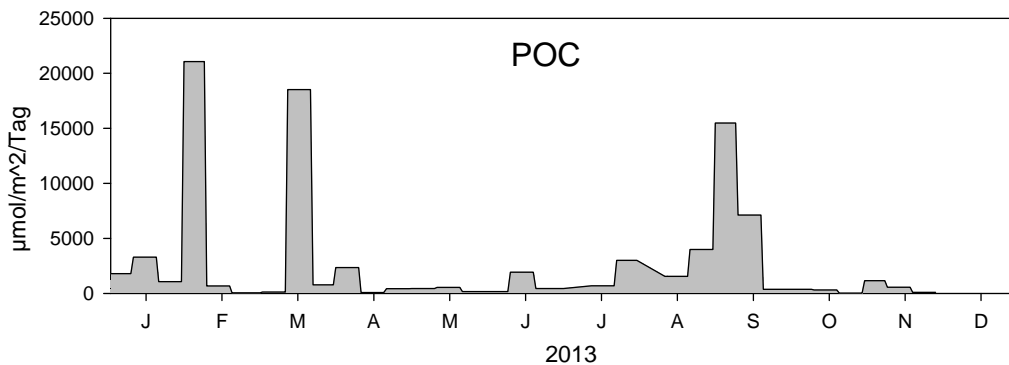


Abb. 16: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Kohlenstoff im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2013. Dezember keine Daten.

Fig. 16: Daily sedimentation rates of particulate organic carbon at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2013. December values are missing due to an instrument failure.

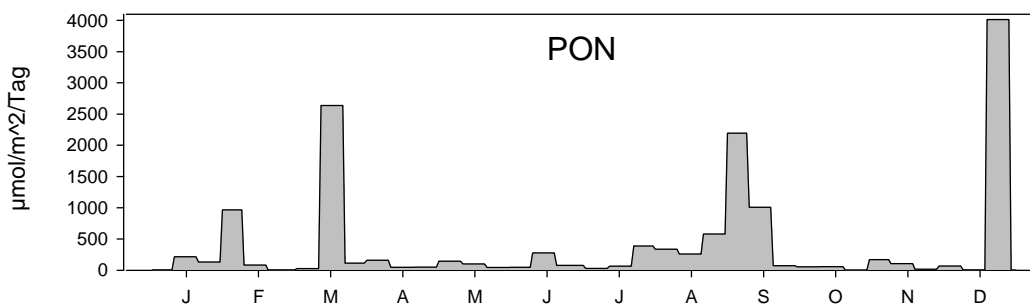


Abb. 17: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Stickstoff im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2013.

Fig. 17: Daily sedimentation rates of particulate organic nitrogen at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2013.

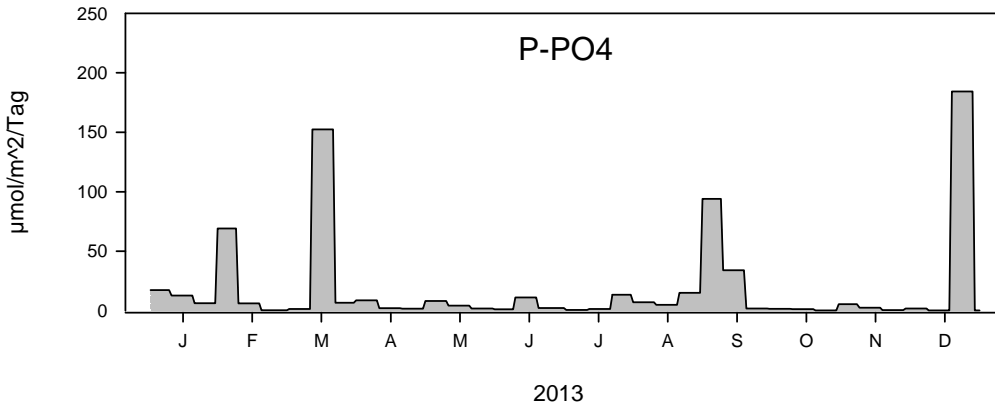


Abb. 18: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem Phosphor im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2013.

Fig. 18: Daily sedimentation rates of particulate phosphorus at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2013.

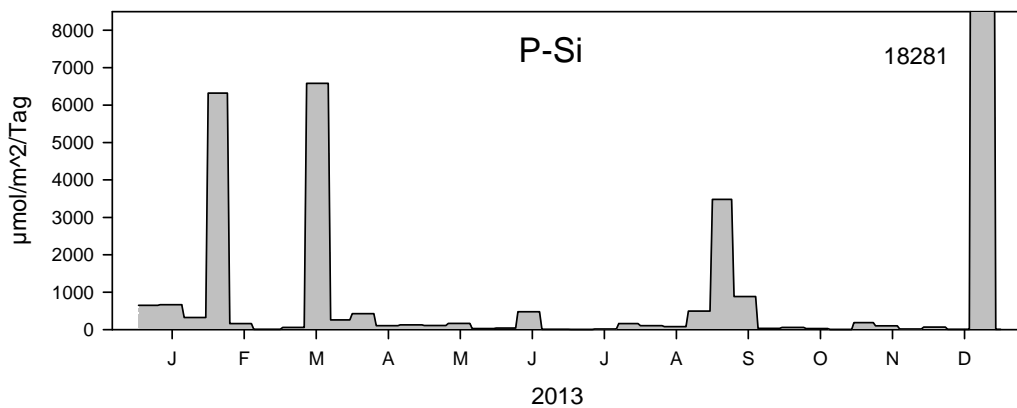


Abb. 19: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem biogenem Silikat im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2013.

Fig. 19: Daily sedimentation rates of particulate biogenic silicate at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2013.

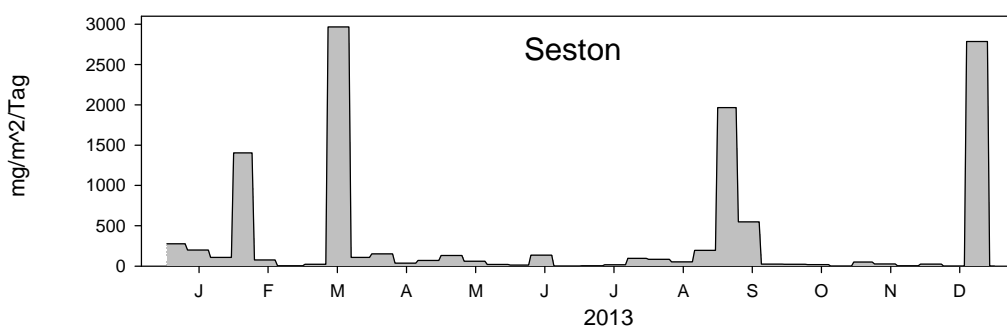


Abb. 20: Tägliche Sedimentationsraten von Trockenmasse (Seston) im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2013.

Fig. 20: Daily sedimentation rates of dry mass (seston) at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2013.

Das atomare Verhältnis von C/P (Abb. 21) zeigt die niedrigsten Werte in der Wachstumsperiode während der Frühjahrsblüte, was zusammen mit den hohen Sinkflüssen für das Absinken einer relativ wenig im Pelagial aufgearbeiteten Diatomeenblüte spricht. Zum Sommer steigen die Verhältnisse an, was auf zunehmende P-Limitierung in der photischen Zone deutet. Zusammen mit den absinkenden N-Isotopensignaturen und mikroskopischen Befunden zeigt sich eine Zunahme der Cyanobakterien, die in Bezug auf die P-Stöchiometrie sehr viel flexibler agieren können als Diatomeen.

Bei der Isotopie des Kohlenstoffs (Abb. 23) wurde eine systematische Erhöhung der $\delta^{13}\text{C}$ -Signatur über das Jahr, wie im Vorjahr, nicht wieder beobachtet. Die typische Schwingung von leichteren Werten um -27‰ im Frühjahr und Herbst zu -25‰ im Sommer lässt sich durch den kumulativen Effekt von Temperatur und produktionsbedingter CO_2 -Fraktionierung erklären.

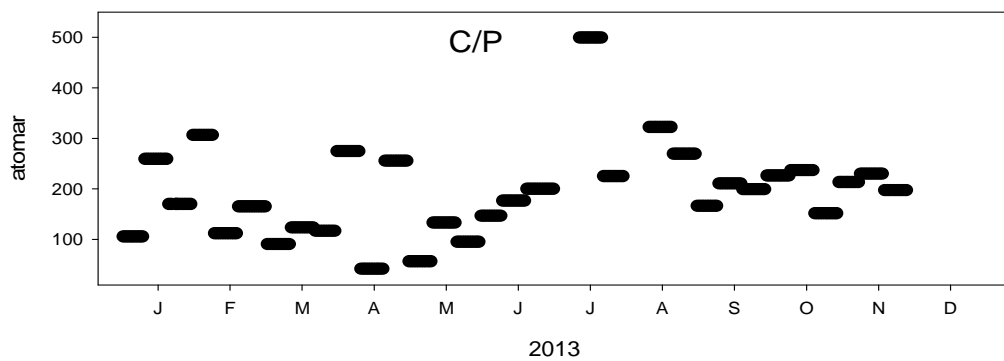


Abb. 21: Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Phosphor in Partikeln im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2013.

Fig. 21: Atomic ratio between carbon and phosphorus in sedimenting particles at at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2013.

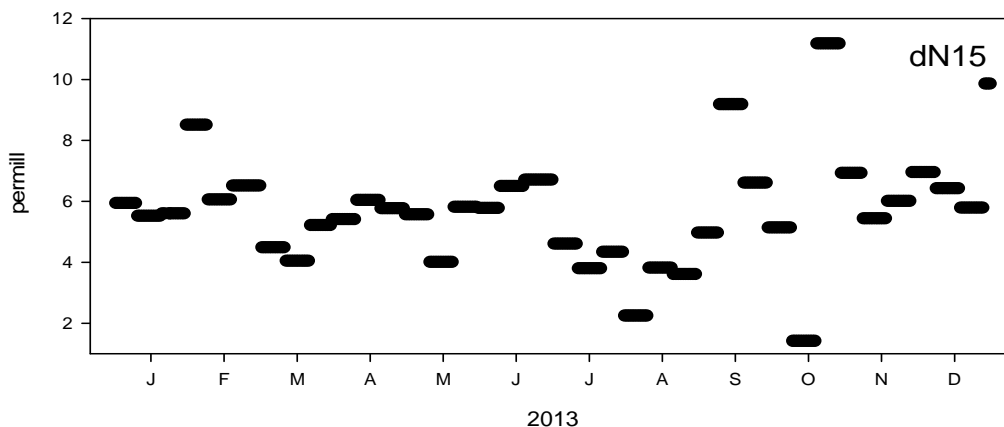


Abb. 22: Isotopie des Stickstoffs ($\text{‰ } \delta^{15}\text{N}$) im Fallenmaterial im Jahr 2013.

Fig. 22: Isotopic signature of nitrogen ($\text{‰ } \delta^{15}\text{N}$) in sediment trap material in 2013.

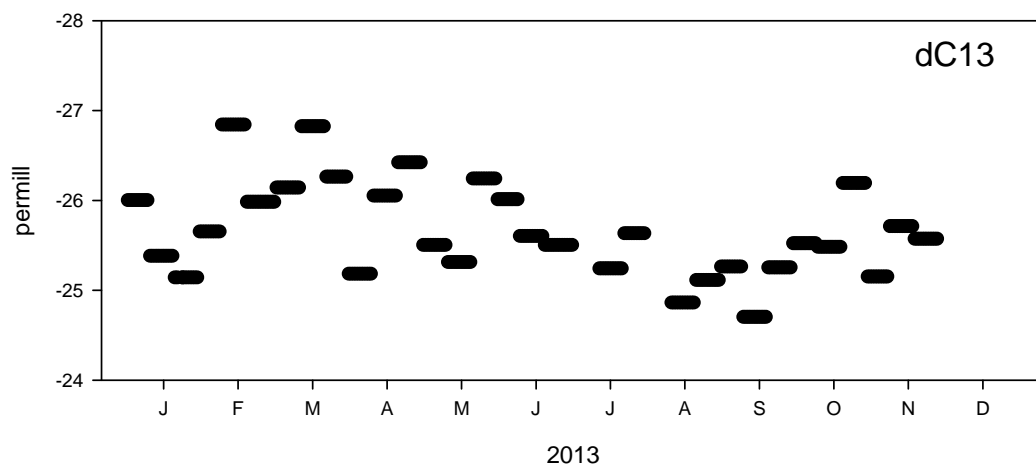


Abb. 23: Isotopie des partikulären Kohlenstoffs (‰ δ¹³C) im Fallenmaterial im Jahr 2013.

Fig. 23: Isotopic signature of particulate carbon (‰ δ¹³C) in sediment trap material in 2013.

Die absoluten Flüsse von einzelnen Elementen und Trockenmasse können 2013 sowohl auf die primäre Sedimentation pelagischen Materials mit Maxima im Frühjahr und Sommer wie auch auf Resuspension von Bodenmaterial im Winter zurückgeführt werden. Der Gesamtfluss für die einzelnen Elemente betrug 2013 1,23 mol C, 142 mmol N, 394 mmol Si und 6,6 mmol P m⁻² a⁻¹ bei einem Massefluss von 113 g Trockengewicht m⁻² a⁻¹. Diese Werte sind höher als in den Vorjahren. Zieht man jedoch das vom Boden stammende Material ab, reduzieren sich die Raten erheblich und liegen dann im Vergleich der Ostseebecken im normalen Bereich für den vertikalen Kohlenstoffexport (7 g C m⁻² a⁻¹). Insgesamt scheint auch 2013 das pelagische Produktionssystem in der Arkonasee keine extremen strukturellen und funktionellen Veränderungen durchgemacht zu haben.

4.2 Mesozooplankton

4.2.1 Artenspektrum, Wasseraustausch und Neozoen

Im Rahmen der Langzeituntersuchung wurden im Jahre 2013 insgesamt 55 Taxa im Pelagial registriert (Tab. A3). Im Vergleich zu den Vorjahren (2011: 56 Taxa, 2012: 55 Taxa) liegt die Artenvielfalt im Jahr 2013 damit auf einem ähnlich hohen Niveau (> 50 Taxa), wie es schon in den Vorjahren gegenüber dem Beginn des Jahrhunderts (< 41 Taxa) beobachtet wurde. Die Anzahl der beobachteten Taxa zeigte jedoch deutliche geographische und saisonale Unterschiede im Untersuchungsgebiet (Tab. A3, Abb. 24). Während in der westlichen Ostsee (OMBMPN₃ bis OMBMPK₄) nur geringe Unterschiede in der Anzahl der Taxa auftraten, nahm sie östlich der Arkonasee dem Salzgehaltsgradienten entsprechend ab. Das Auftreten einiger typischer Vertreter der pelagischen Brackwasser-Arten wie zum Beispiel *Limnocalanus macrurus* steht hier dem Verschwinden vieler Arten und Gruppen mit höheren Ansprüchen an den Salzgehalt (*Euterpina*, *Longipedia*, *Sagittidae*, *Pleopsis polyphemoides*) gegenüber.

In allen Seegebieten traten zudem deutliche jahreszeitliche Schwankungen im Artenspektrum auf. So stieg die Zahl an beobachteten Taxa von 9-22 in der ersten Jahreshälfte auf 16-30 Taxa in der zweiten Jahreshälfte an (Abb. 24). Dies steht im Zusammenhang mit einer deutlichen Erwärmung der Oberflächenschicht, die ein Habitat für wärmeliebende Arten wie zum Beispiel *Acartia tonsa*,

Eurytemora affinis (Copepoda), *Podon intermedius*, *Pleopsis polyphemoides* (Cladocera), *Keratella* spp. (Rotatoria), *Oikopleura* spp. (Appendicularia) oder einige Larven des Benthos schafft.

Das Artenspektrum hat sich gegenüber dem Vorjahr nur geringfügig verändert. Innerhalb der Copepoda konnten Funde der im Vorjahr erstmals beobachteten Art *Eurytemora carolleae* nicht bestätigt werden. Im Gegensatz hierzu traten die im Vorjahr nicht gefundenen calanoiden Copepoden-Arten *Acartia tonsa* und *Centropages typicus* sowie der harpacticoide Copepode *Longipedia* spp. wieder auf. Diese Arten sind jedoch keine neuen Funde und wurden in der Vergangenheit regelmäßig beobachtet. *A. tonsa* trat in zum Teil hohen Dichten bis zu 21×10^3 Individuen m^{-2} besonders während des Sommers auf. Im Gegensatz hierzu wurden die beiden anderen Arten nur sporadisch beobachtet (≤ 20 Individuen m^{-2}). *C. typicus* trat zum Beispiel nur an wenigen Stationen in vereinzelt Exemplaren auf.

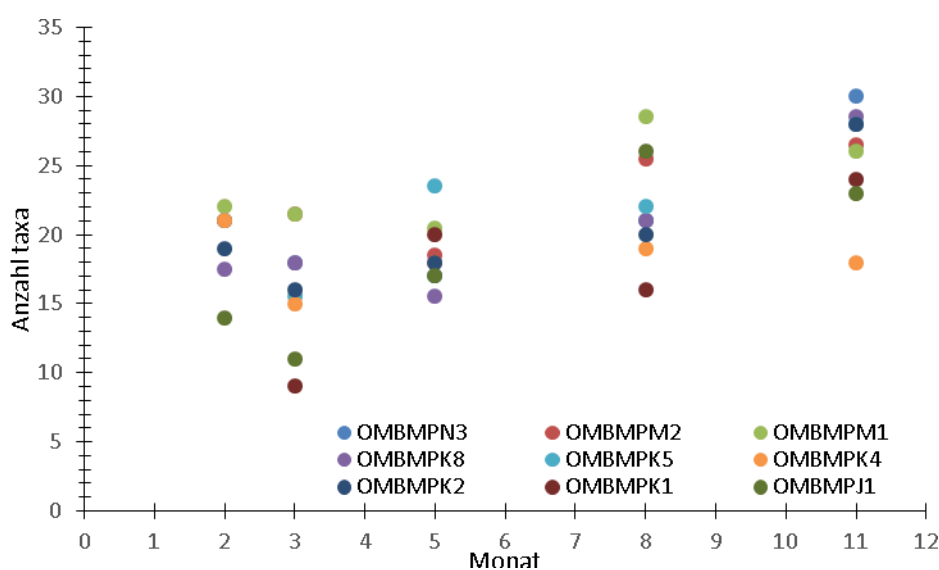


Abb. 24: Anzahl der in den verschiedenen Meeresgebieten beobachteten Taxa im Jahresverlauf.

Fig. 24: Seasonal variation in the number of taxa observed at different stations in the investigation area.

Auch innerhalb der abundanten Gruppe der Cladocera traten Veränderungen zum Vorjahr auf. Die in vergangenen Jahr innerhalb der Podonidae erstmals zusätzlich erfasste Art *Pleopsis polyphemoides* (Nomenklatur nach ITIS, *Pleopis polyphaemoides* nach WORMS) wurde regelmäßig in geringer Abundanz vor allem in der westlichen Ostsee gefunden. Zudem trat die im Vorjahr nicht beobachtete Art *Podon intermedius* regelmäßig und häufig auf. Nach *Bosmina* spp. (max. $3,5 \times 10^6$ Individuen m^{-2}), *Evadne nordmani* (max. $6,5 \times 10^4$ Individuen m^{-2}) und *Podon leuckartii* (max. $3,9 \times 10^4$ Individuen m^{-2}) war diese Art die vierthäufigste Cladocera-Art im Jahre 2013 (max. $1,4 \times 10^4$ Individuen m^{-2}). *P. intermedius* hat eine weite Verbreitung in den neritischen Gewässern des Nordatlantiks (GIESKES 1971). Aus ihrem Verteilungsmuster und dem Fehlen in kälteren Meeresregionen wird *P. intermedius* als stenotherme Art eingestuft, die wärmere Bedingungen benötigt als zum Beispiel *Evadne nordmanni*. Neben *P. intermedius* wurde auch *Cercopagis pengoi* in einzelnen Exemplaren an einigen wenigen Stationen gefunden. Im Vergleich zum Vorjahr wurden die Cladoceren-Art *Penilia avirostris*, der Dinoflagellat *Noctiluca scintillans* oder Isopoda in 2013 nicht im Untersuchungsgebiet beobachtet.

Neozoen traten im Berichtszeitraum nicht neu auf. Von den in der Online-Datenbank des Informationssystems für aquatische, nicht-einheimische Arten (AquaNIS, www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis) und des Europäischen Netzwerkes für invasive Arten (NOBANIS, <http://www.nobanis.org/Search.asp>) geführten Arten traten im Untersuchungszeitraum, wie bereits oben aufgeführt, der Copepode *Acartia tonsa* sehr häufig und die Cladocere *Cercopagis pengoi* sehr selten auf. *Cercopagis pengoi* wurde in den letzten beiden Jahren nicht auf den Monitoring-Stationen nachgewiesen, in 2013 jedoch auf den Stationen OMBMPK5, OMBMPK8 und OMBMPJ1, jeweils im Juli/August in Beständen von bis zu 165 Individuen m⁻² gefunden. Die Art wurde erstmals in der Muuga Bucht (Estland) an der südlichen Küste des Finnischen Meerbusens und in der Pärnu Bucht im Golf von Riga im Jahre 1992 nachgewiesen und hat sich seither in der gesamten Ostsee ausgebreitet. In der westlichen Ostsee wird die Art noch selten angetroffen, was die vereinzeltten Funde im BSH –Messprogramm bestätigen. In deutschen Küstengewässern wurde *C. pengoi* erstmals in der Pommernbucht im Jahr 2004 nachgewiesen (ICES 2005). Weitere eingeschleppte Arten wie z.B. *Evadne anonyx*, *Mnemiopsis leidyi* oder *Eurytemora carolleeae* wurden im Untersuchungszeitraum nicht beobachtet.

4.2.2 Jahrgang in der Artenzusammensetzung

Obwohl die jeweiligen Stationen im Untersuchungsgebiet zum großen Teil auf Hin- und Rückfahrt beprobt wurden, läßt die Analyse des gewonnenen Probenmaterials generell keine detaillierten Rückschlüsse auf die Dynamik und die Sukzession des Zooplanktons im Jahrgang zu. Insbesondere bei den Rotatoria und den Cladocera sind kurzlebige Massenauftritte bekannt, die bei einer Anzahl von 5 Terminfahrten nur unvollständig erfasst werden können. Die Bewertung des Vorkommens und der Abundanz erfolgt daher, gerade im Hinblick auf die langzeitliche Veränderung des Zooplanktons in der Ostsee, auf Basis der maximalen beobachteten Abundanz.

Im Jahrgang des Gesamtzooplanktons in 2013 traten deutliche Unterschiede zwischen den Seegebieten auf (Abb. 25). In der Kieler und der Mecklenburger Bucht (OMBMPN3 und OMBMPM1) wurden vergleichsweise geringe Zooplanktonbestände beobachtet, die ein Abundanz-Maximum vor allem während der kalten Jahreszeit (Februar/November) aufwiesen. In den weiter östlich gelegenen Seegebieten lag es hingegen - wie für weite Teile der Ostsee üblich - in der warmen Jahreszeit im August. Dies steht im Zusammenhang mit einer deutlichen Änderung in der taxonomischen Zusammensetzung des Zooplanktons und dem winterlichen Dominanz der cyclopoiden Copepoden-Gattung *Oithona* spp., die vor allem in den westlichen Meeresgebieten vorkam (vgl. auch Abb. 28). Relativ hohe Zooplanktonbestände von bis zu $4,7 \times 10^6$ Individuen m⁻² wurden vor allem in der Arkonasee (OMBMPK5, OMBMPK4) und der Bornholmsee (OMBMPK2) verzeichnet. Die verschiedenen benthischen Larven, die artspezifisch oft nur zeitlich begrenzt im Pelagial auftreten und als Meroplankton zusammengefasst werden, waren - abgesehen von einigen wenigen Stationen - in 2013 von nur untergeordneter Bedeutung. Das Zooplankton wurde saisonal daher deutlich vom Holoplankton dominiert (Abb. 25).

In der saisonalen Zusammensetzung des Zooplanktons in Bezug auf die Großgruppen war vor allem die von der Kieler Bucht bis in die Arkona- und Bornholmsee (OMBMPK5, OMBMPK4, OMBMPK2) stark zunehmende Bedeutung der Rotatoria und Cladocera auffällig. Diese zeigten sich hauptsächlich für das oben beschriebene, ausgeprägte Sommer-Maximum in den beiden Seegebieten verantwortlich (Abb. 26). In der östlichen Gotlandsee nahmen ihre Bestände aber wieder deutlich ab. Die Bedeutung der Copepoden, einer weiteren wesentlichen Großgruppen des Zooplanktons, variierte dagegen im Untersuchungsgebiet nur unwesentlich. Mit Ausnahme der Beltsee, in der *Oithona* spp. für ein Wintermaximum sorgte, stiegen die Bestände in den anderen Meeresgebieten vor allem während des Sommers an.

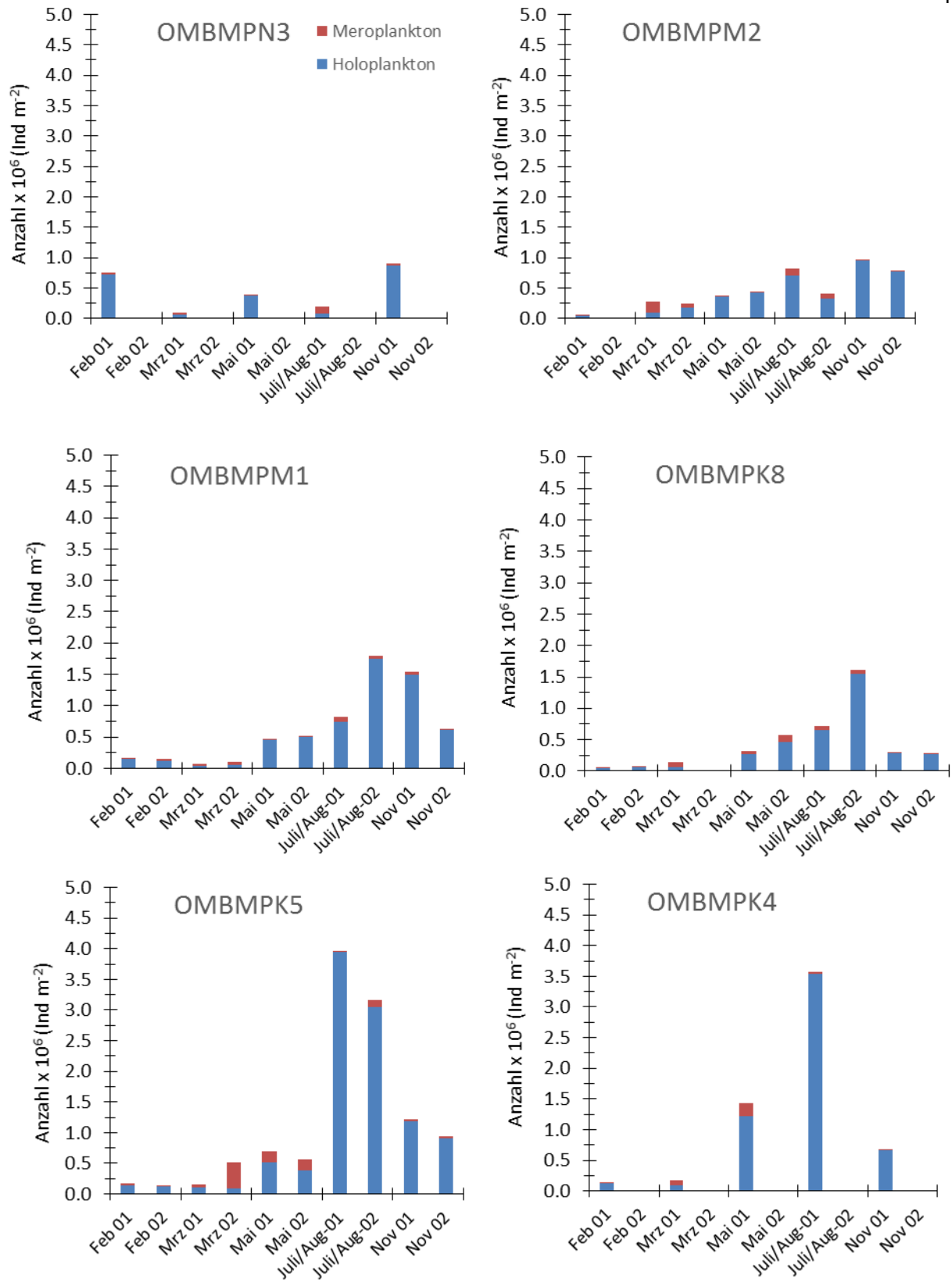


Abb. 25: Jahresgang der Gesamtabundanz des Mesozooplanktons und des Beitrages an Mero- und Holoplankton in den verschiedenen Seegebieten.

Fig. 25: Seasonal variation in the contribution of mero- and holoplankton to the total abundance of mesozooplankton at different stations in the investigation area.

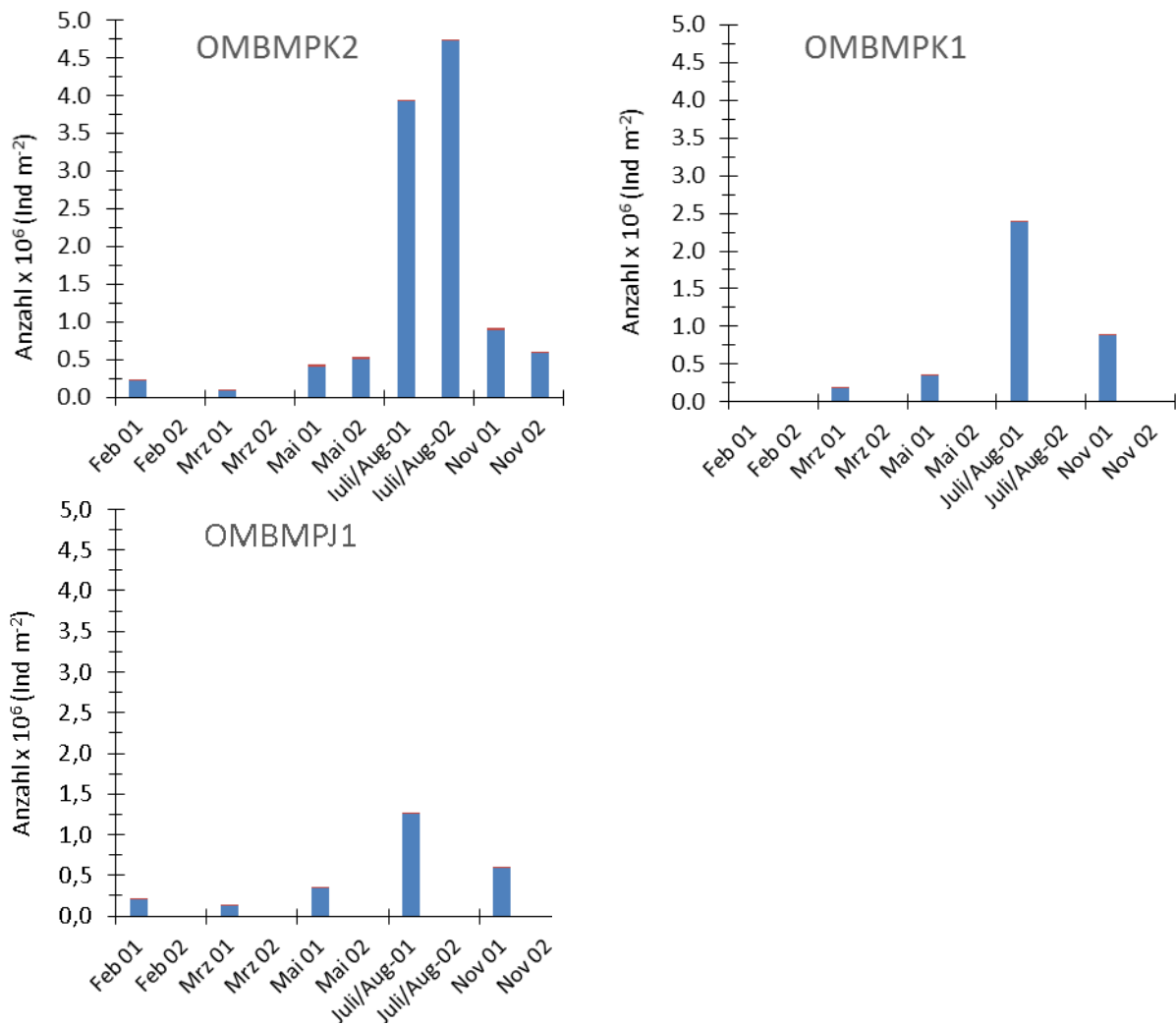


Abb. 25: Fortsetzung.

Fig. 25: continued.

Die Veränderung in der Zusammensetzung zeigt sich besonders deutlich in der maximalen Abundanz der verschiedenen Großgruppen in den Seegebieten (Abb. 27 a). Die Zooplankton-Gemeinschaft ging von einer durch cyclopoide Copepoden und Meroplankton dominierten Gemeinschaft (91%, Station OMBMPN₃) in eine im Wesentlichen durch Cladocera und Rotatoria bestimmte Gemeinschaft (68-85%, OMBMPK₈ bis OMBMPK₂) über. Diese Veränderung basiert zudem auf nur wenigen dominanten Gattungen, wie zum Beispiel *Bosmina* spp. innerhalb der Cladoceren, *Synchaeta* spp. innerhalb der Rotatoria oder *Oithona* spp. innerhalb der Copepoda. Allein an den Stationen in der östlichen Gotlandsee gewannen die calanoiden Copepoden durch den Rückgang des Bestandes an Cladocera und Rotatoria an Bedeutung.

Andere Gruppen spielten saisonal nur eine untergeordnete Rolle und zeigten mehr oder weniger ähnliche Abundanz an den verschiedenen Stationen [Copelata (Appendicularia), Polychaeten-, Bivalvia-, Gastropoden-Larven]. Copelata traten in allen Meeresgebieten vor allem während der warmen Jahreszeit mit der Gattung *Oikopleura* auf (Abb. 26).

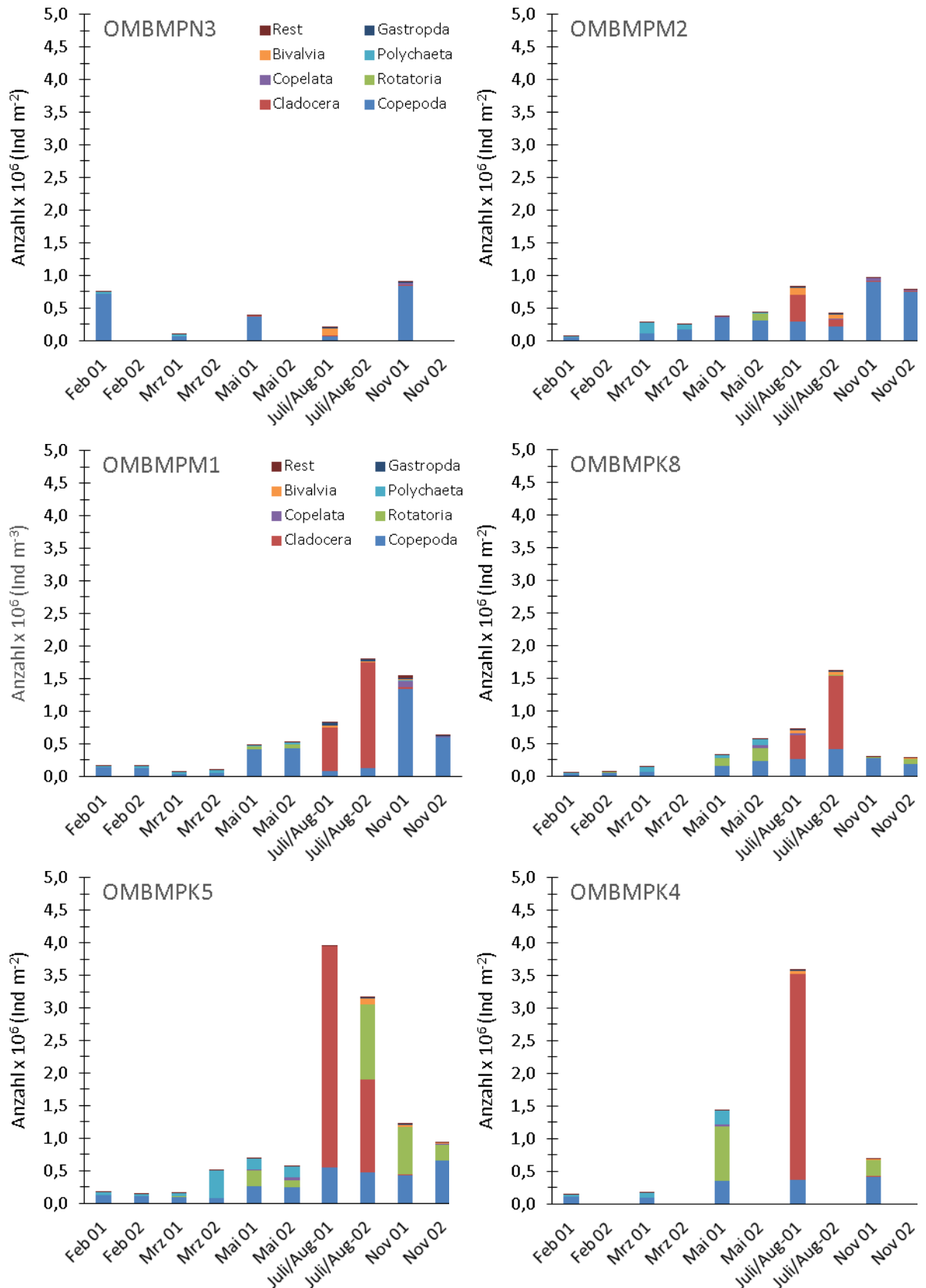


Abb. 26: Jahresgang in den taxonomischen Großgruppen des Mesozooplanktons in den verschiedenen Seegebieten.

Fig. 26: Seasonal variation in the main taxonomic groups of the mesozooplankton at different stations in the investigation area.

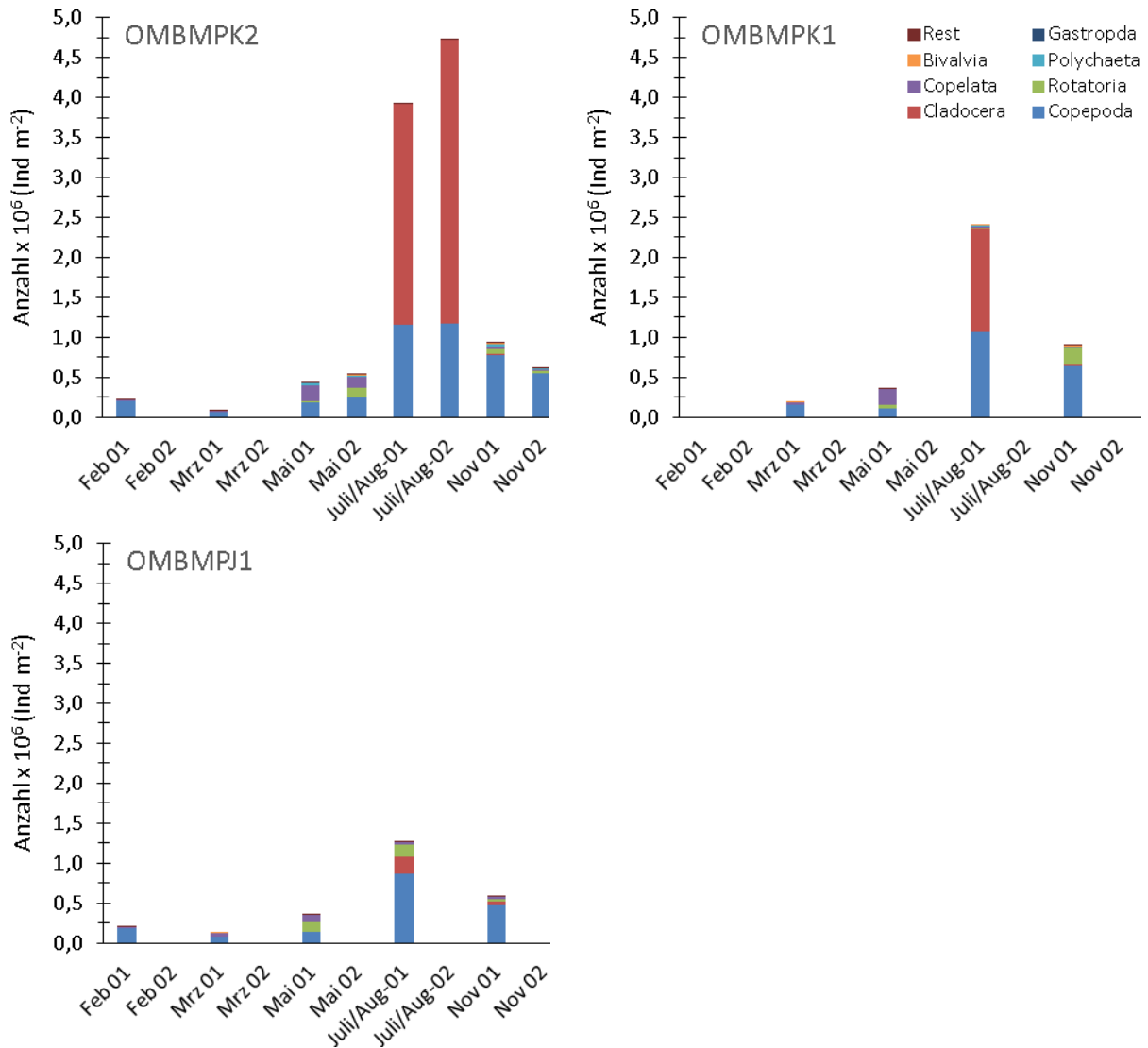


Abb. 26: Fortsetzung.

Fig. 26: continued.

Polychaeten-Larven zeigten sich vor allem während des Frühjahrs von März bis April, während Bivalvia- und Gastropoden-Larven vor allem in Juli/August gefunden wurden. Die maximale Abundanz im gesamten Untersuchungsgebiet zeigt deutlich eine saisonale Sukzession von einer durch Copepoden und Polychaeten-Larven dominierten Gemeinschaft im Winter zu einer durch Rotatorien und Cladoceren dominierten Gemeinschaft im Sommer (Abb. 27 b).

Die ökologische wichtige Gruppe der Copepoda wurde generell von den Cyclopoida, welche allein durch die Gattung *Oithona* repräsentiert war, und den Calanoida dominiert (Abb. 28). Harpacticoida Copepoden waren eher selten und daher von untergeordneter Bedeutung. Zusammen mit der starken Abnahme der Bedeutung von *Oithona* spp. in der Zusammensetzung der Copepoda in östlicher Richtung gewannen einige calanoide Arten wie z.B. *Temora longicornis*, *Acartia* spp. oder *Pseudocalanus* spp. an Bedeutung. Dies zeigt sich deutlich in der maximalen Abundanz der Adulten (Abb. 29 a). Generell dominierten *Oithona* spp., *Acartia* spp., *Temora longicornis* und *Pseudo-/Paracalanus*, während die anderen Arten eine nur unbedeutende Rolle spielten. Bemerkenswert ist das Auftreten von *Acartia tonsa* in allen Seegebieten. Die Art wurde im Jahre 2012 nicht verzeichnet, lieferte aber 2013 einen substantiellen Beitrag. Eine Ausnahme der relativ homogenen Verteilung stellt die Häufung von

Paracalanus parvus in der östlichen Mecklenburger Bucht (OMBMP₁) und die leicht erhöhte Abundanz der Brackwasserart *Acartia bifilosa* in der zentralen Ostsee dar.

Saisonal zeigte sich eine deutliche Sukzession innerhalb der Calanoida (Abb. 29 b). *Oithona* spp. dominierte vor allem im Winter, während *Pseudocalanus* spp., *Temora longicornis* und *Acartia longiremis* die wesentlichen Copepoden-Taxa im Frühjahr darstellen. Im Sommer traten dann auch vermehrt diejenigen Arten auf, die ein wärmeres Habitat bevorzugen (*Paracalanus parvus*, *Acartia tonsa*, *Acartia bifilosa*, *Eurytemora affinis*), während *Pseudocalanus* spp. und *Temora longicornis* maximale Bestände entwickelten.

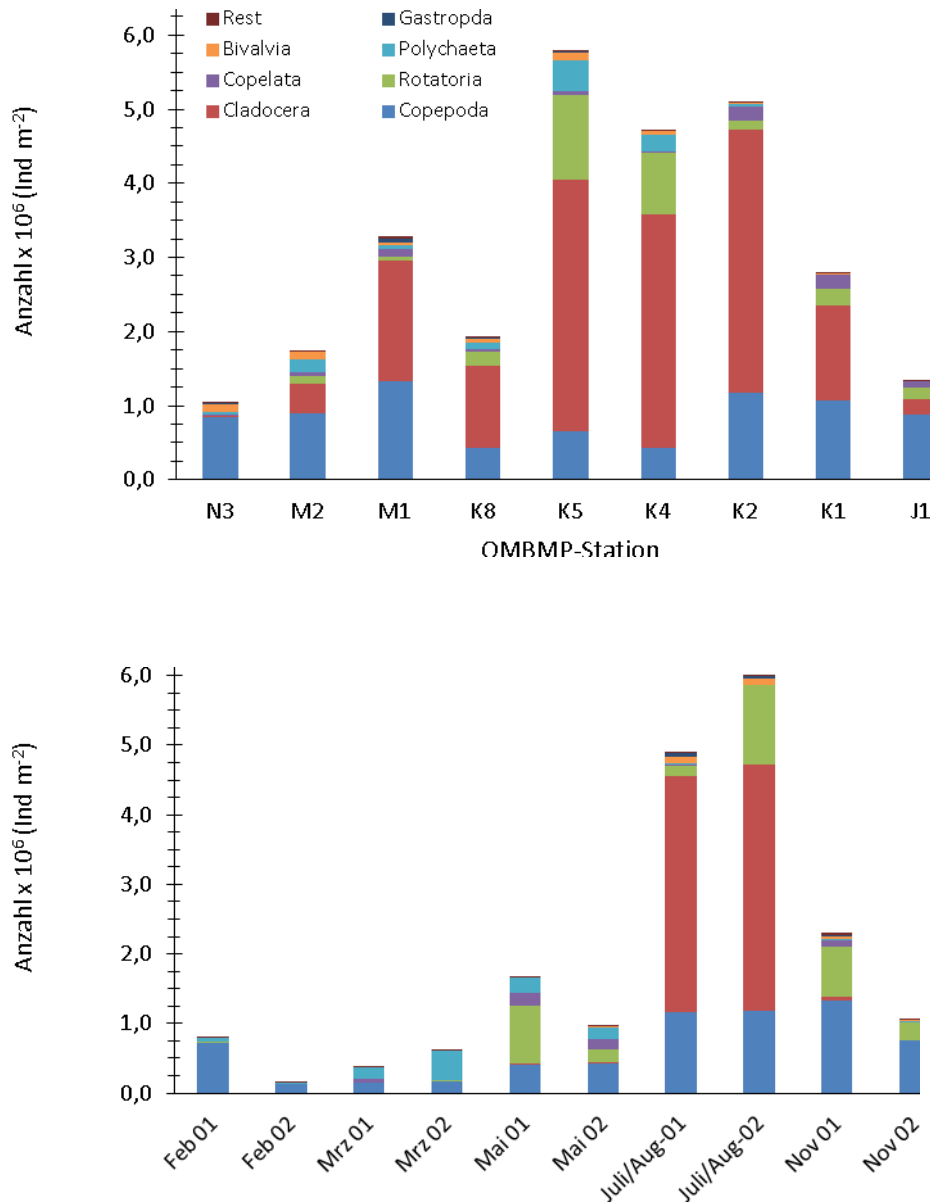


Abb. 27: Maximale Abundanz der Großgruppen des Mesozooplanktons in den Seegebieten (a) und saisonale Variation der maximalen Abundanz im gesamten Untersuchungsgebiet (b).

Fig. 27: Spatial variation of the maximal abundance of the main mesozooplankton groups at the stations (a) and seasonal variation in the maximal abundance of the main mesozooplankton groups in the investigation area (b).

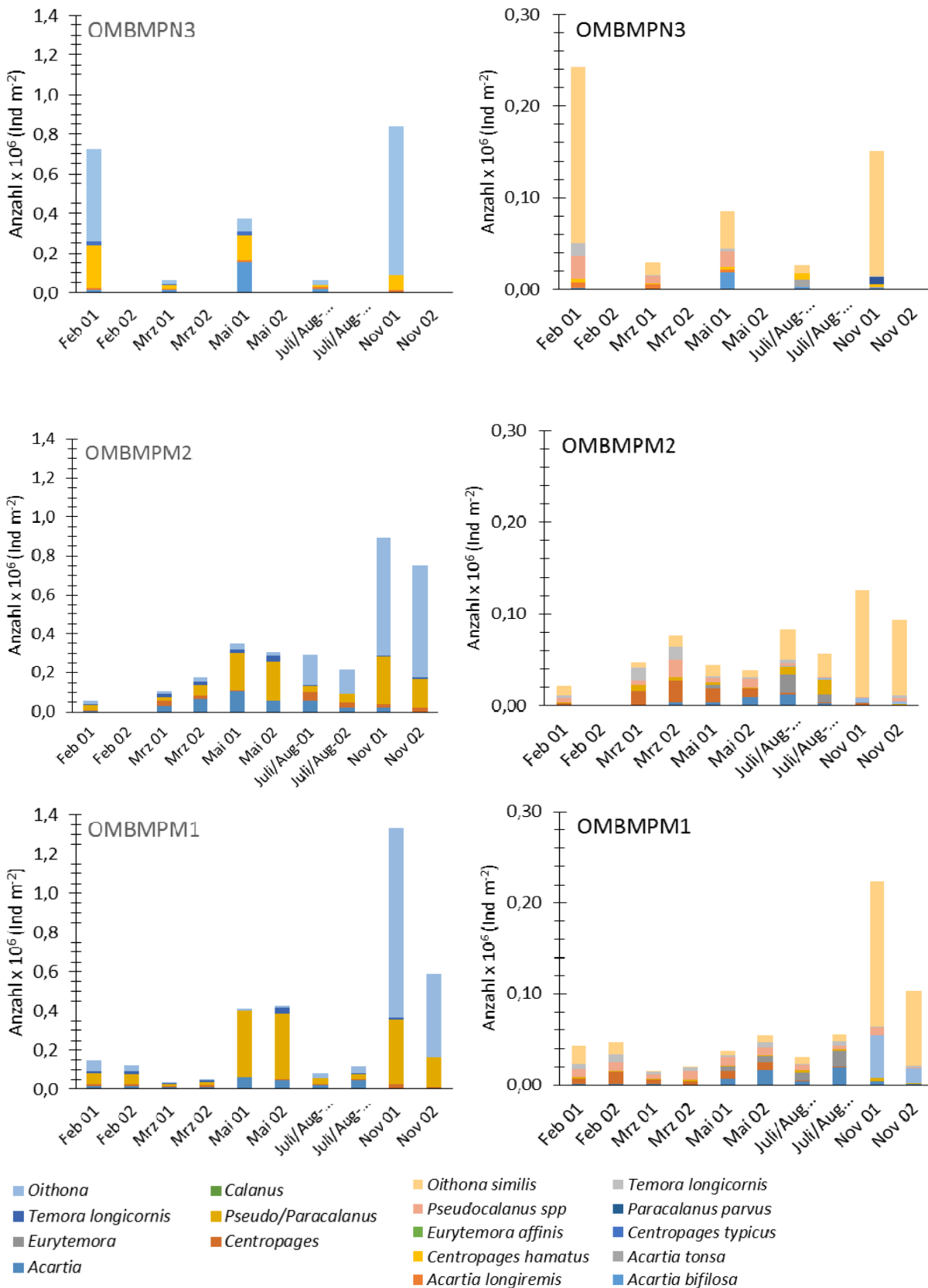
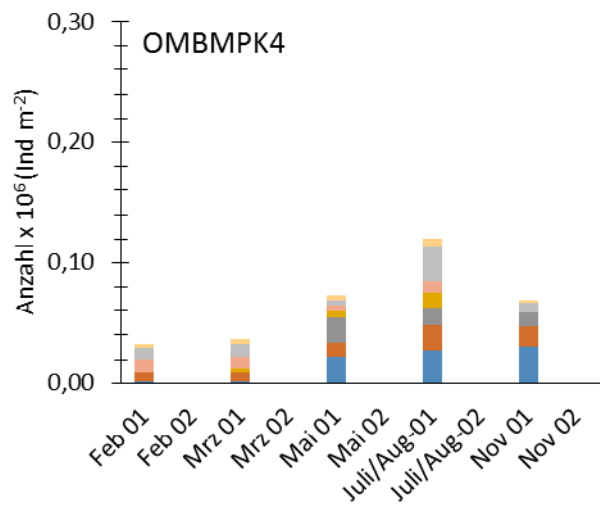
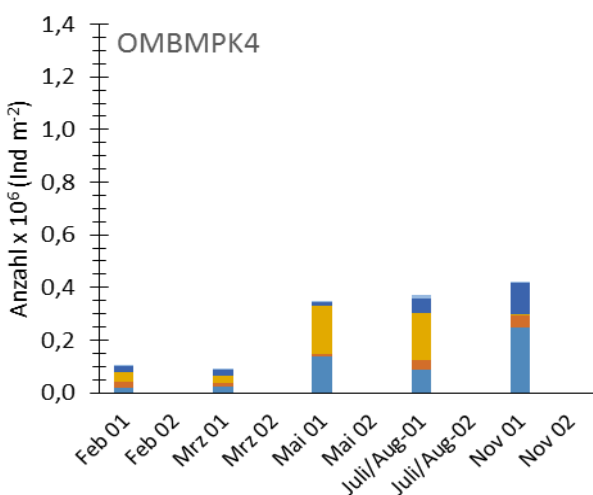
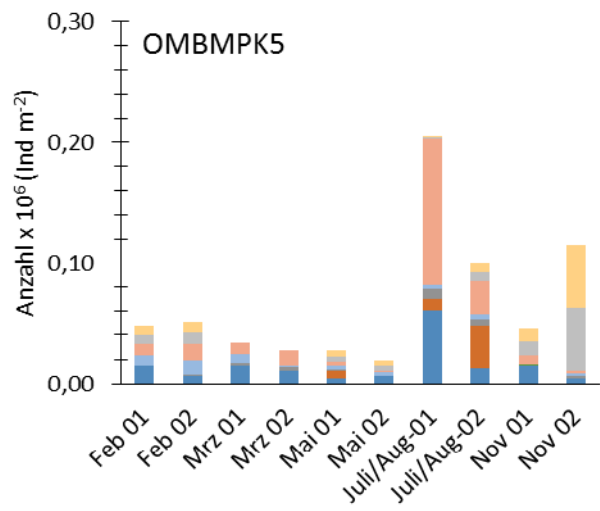
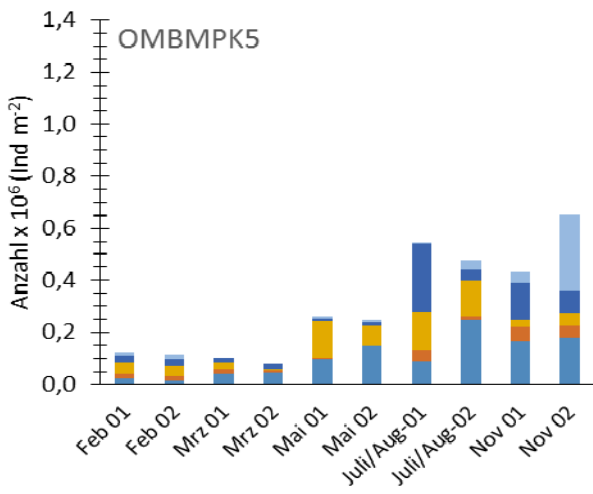
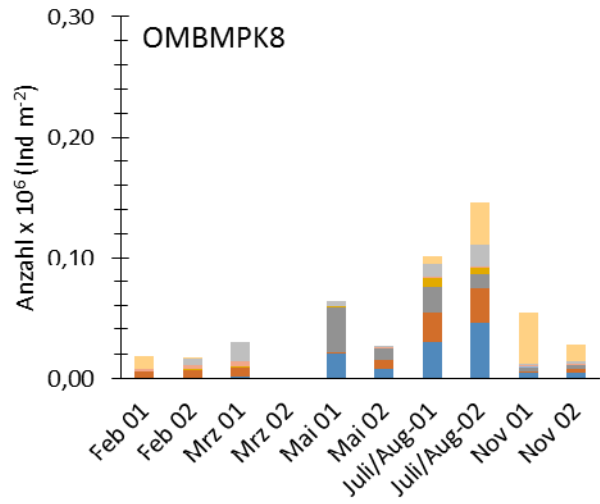
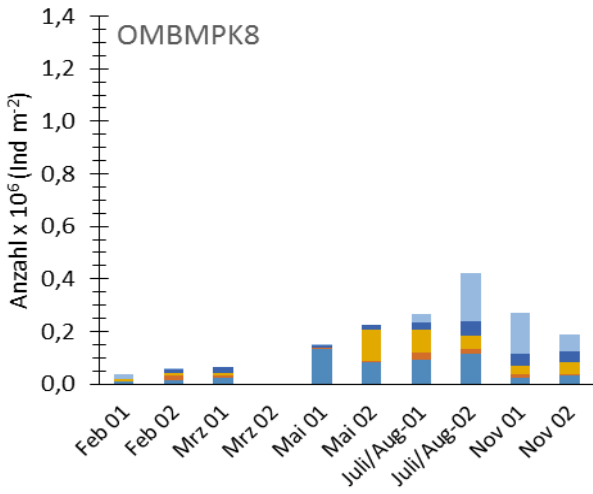


Abb. 28: Jahrgang der Abundanz und Zusammensetzung der juvenilen (links) und adulten Copepoda (rechts) verschiedener Gattungen in den untersuchten Seegebieten.

Fig. 28: Seasonal variation of the abundance and composition of juvenile (left) and adult stages of copepods within different genera at various stations in the investigation area.



- *Oithona*
- *Temora longicornis*
- *Eurytemora*
- *Acartia*
- *Calanus*
- *Pseudo/Paracalanus*
- *Centropages*
- *Oithona similis*
- *Pseudocalanus spp*
- *Eurytemora affinis*
- *Centropages hamatus*
- *Acartia longiremis*
- *Temora longicornis*
- *Paracalanus parvus*
- *Centropages typicus*
- *Acartia tonsa*
- *Acartia bifilosa*

Abb. 28: Fortsetzung.

Fig. 28: continued.

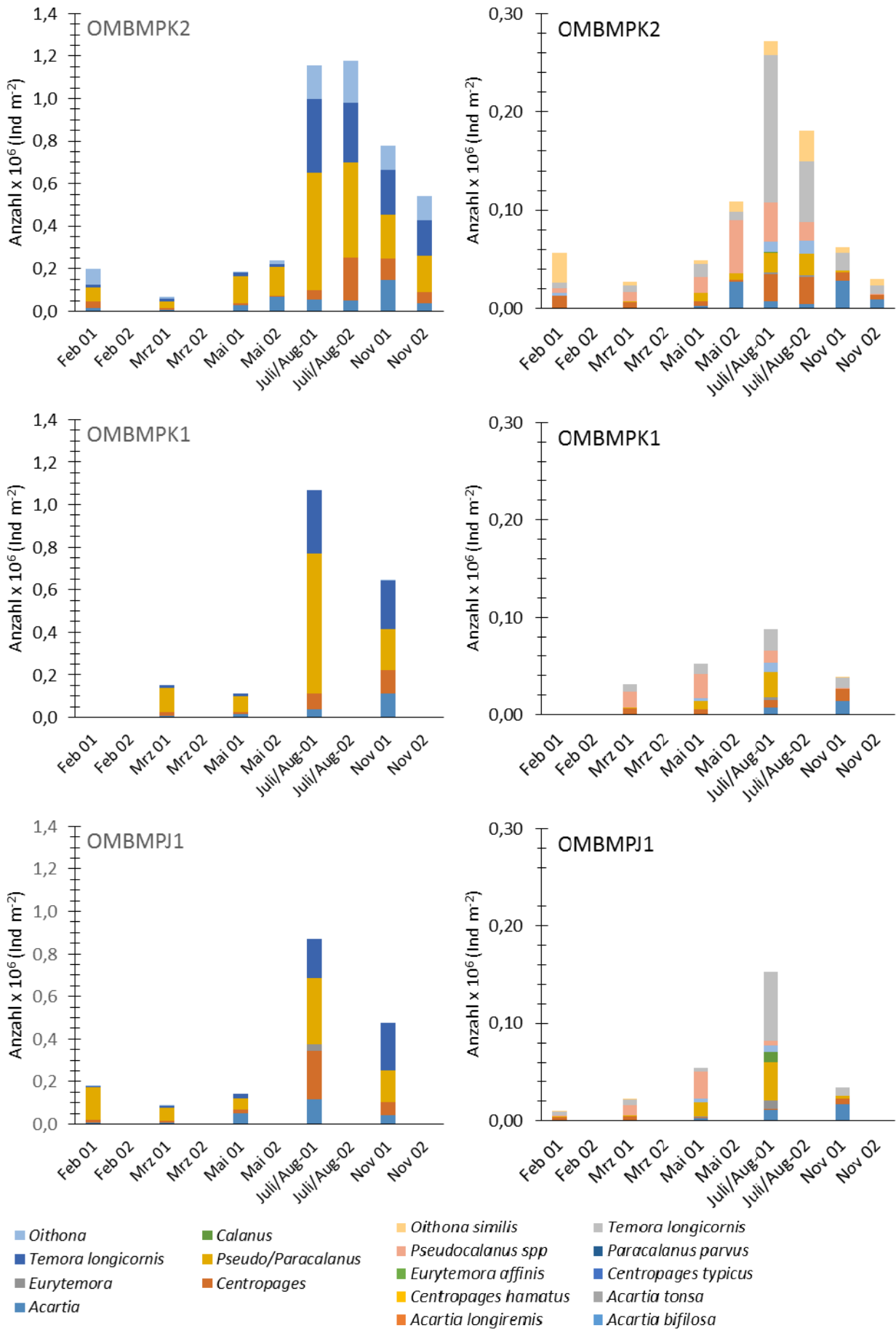


Abb. 28: Fortsetzung.
Fig. 28: continued.

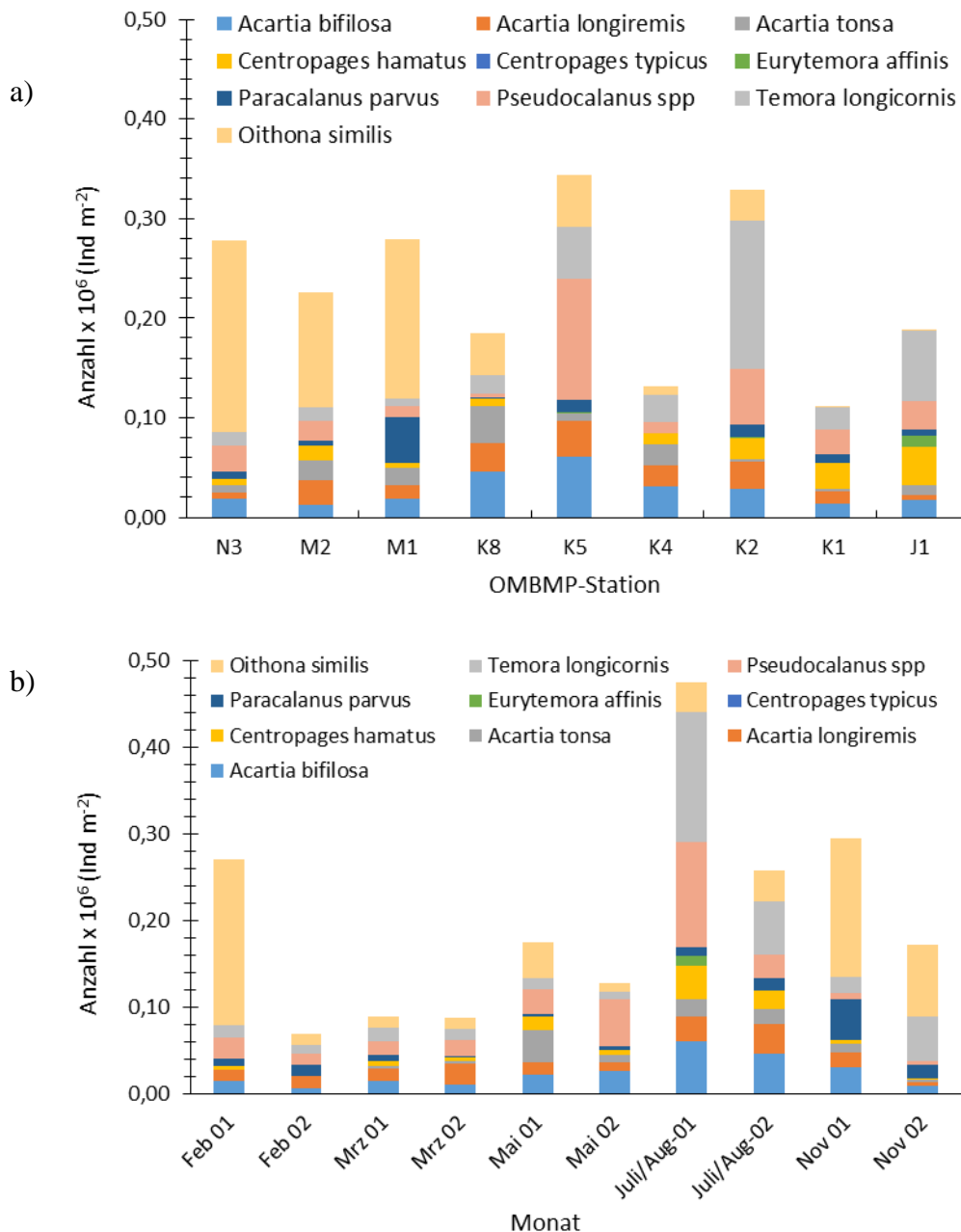


Abb. 29: Maximale Abundanz adulter calanoiden und cyclopoiden Copepoden-Taxa in den verschiedenen Seegebieten (a) und saisonale Variation der maximalen Abundanz im gesamten Untersuchungsgebiet (b).

Fig. 29: Spatial variation (a) and mean seasonal (b) maximal abundance of adults of calanoid and cyclopoid in the investigation area.

Der sich schon in den vorausgegangenen Jahren abzeichnende Trend einer Abnahme in der maximalen Abundanz des gesamten Zooplanktons und insbesondere bei den calanoiden Copepoden gegenüber der Periode in den frühen 90er Jahren setzte sich auch 2013 unvermindert fort (Abb. 30 a). Im Gesamt-Zooplankton blieb vor allem die Abundanz der dominierenden Gruppen der Rotatoria, Cladocera und Calanoida weiterhin niedrig, während die Cyclopida keinen deutlich negativen Trend und in den letzten Jahren sogar einen Anstieg zeigen. Mit $2,0 \times 10^5$ Ind m^{-3} liegt die Gesamtabundanz des Zooplanktons im Jahre 2013 deutlich unterhalb des langjährigen Mittels von $3,9 \times 10^5$ Ind m^{-3} .

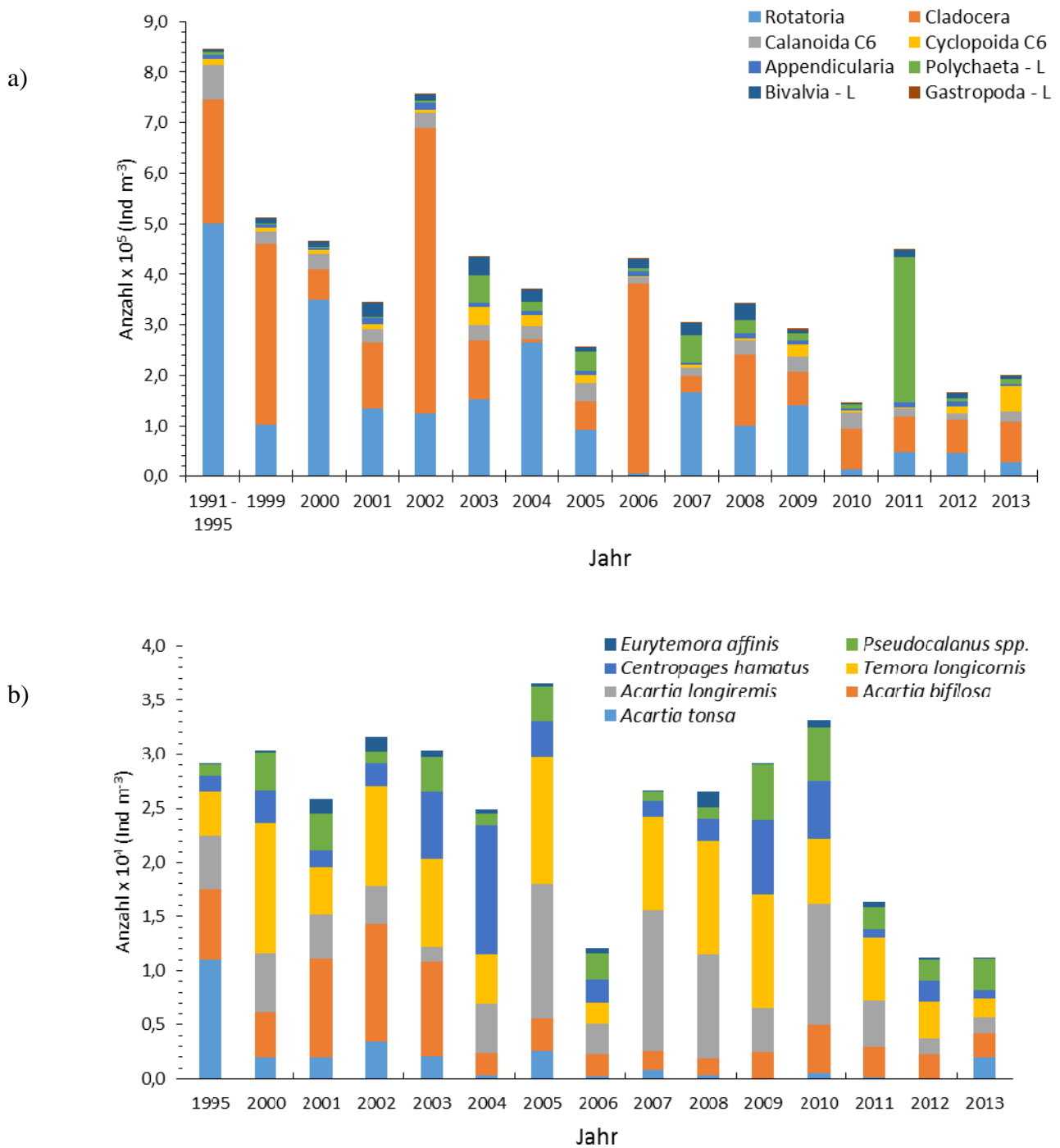


Abb. 30: Langzeitlicher Verlauf der Abundanzmaxima von a) fünf holoplanktischen Taxa (Rotatoria, Cladocera, Cyclopoida, Calanoida, Copelata) und drei meroplanktischen Taxa (Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda) und b) sieben verschiedenen Arten innerhalb der calanoiden Copepoden im Zeitraum 1995-2013.

Fig. 30: Long-term trends in the maximal abundance of a) five holoplanktonic taxa (Rotatoria, Cladocera, Cyclopoida, Calanoida, Copelata) and three meroplanktonic taxa (Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda) and b) seven calanoid copepod species in the years 1995 to 2013.

Innerhalb der Calanoida betrifft die Abnahme nahezu alle Taxa, zeigt sich aber in letzten Jahren besonders deutlich bei *Temora longicornis*, *Centropages hamatus* und *Acartia longiremis* (Abb. 30 b). Mit nur $1,05 \times 10^4$ Ind m^{-3} wurde die seit Bestehen der Zeitserie geringste maximale Abundanz der calanoiden Copepoden gemessen. Damit setzte sich die erst seit 2010 beobachtete deutliche Reduktion in der Abundanz weiter fort. Das langjährige Mittel liegt bei $2,49 \times 10^4$ Ind m^{-3} und für die Periode 2000-2010 bei $2,79 \times 10^4$ Ind m^{-3} .

4.3 Makrozoobenthos

4.3.1 Sedimente und Sauerstoff

An den 7 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. 6). Keine der 7 Monitoringstationen war durch Sauerstoffmangelphasen im Jahr 2013 betroffen.

Tab. 6

Abiotische Parameter an den 7 Monitoringstationen im Herbst 2013 (Org=Organischer Gehalt im Sediment in %, KG=mittlere Korngröße in μm , O₂=Sauerstoffgehalt im bodennahen Wasser in ml/l, S=bodennaher Salzgehalt in psu).

Table 6

Abiotic parameters at 7 monitoring stations in autumn 2013 (org=organic content of sediment in %, KG=mean grain size in μm , O₂=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
OMBMPN ₃	0,97	224	5,45	23,7	Mittelsand mit Schlick
OMBMPN ₁	3,9	249	5,83	21,4	schlickiger Sand
OMBMPM ₂	9,4	20	6,05	18,6	Schlick
OM ₁₈	1,52	152	6,7	16,4	schlickiger Sand
OMBMPK ₈	0,28	221	6,3	15,2	Fein- und Mittelsand
OMBMPK ₄	13,21	21	2,52	15,0	Schlick
OM ₁₆₀	0,24	196	7,1	7,1	Feinsand

4.3.2 Makrozoobenthos an den Stationen

Im November 2013 wurden an 7 Stationen je 3 Proben mit einem van-Veen-Greifer genommen und auf Makrozoobenthos untersucht. Zusätzlich kam an 6 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 118 lag die Artenzahl im Vergleich zu den Jahren 1991 bis 2010 im Durchschnitt (Tab. A₄, Abb. 31). Die Station OMBMPN₃ in der Kieler Bucht stellte sich erwartungsgemäß als die artenreichste im gesamten Untersuchungsgebiet heraus. 70 Taxa konnten dort nachgewiesen werden.

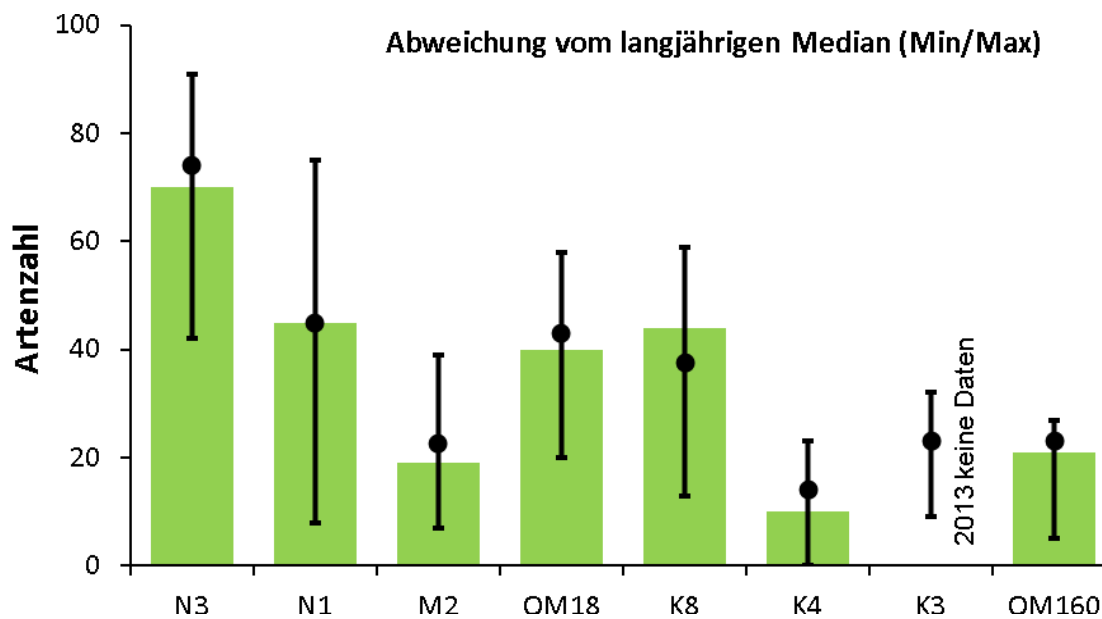


Abb. 31: Artenzahlen (Säulen) des Makrozoobenthos an 7 Monitoring-Stationen im November 2013. Die Medianwerte der Jahre 1991 bis 2013 sind als Punkte und die Minimal- und Maximalwerte als Intervall dargestellt. Die Stationen sind von West (Kieler Bucht=N3) nach Ost (Pommernbucht=OM160) aufgetragen.

Fig. 31: The species number (columns) of macrozoobenthos at 7 monitoring stations in November 2013. The median values of the years 1991 to 2013 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 Medianwerte der beobachteten Artenzahl je Station, so stellt man fest, dass die aktuellen Werte nur an der Darßer Schwelle (OMBMPK8) über dem Median lagen (Abb. 31). An allen anderen Stationen wurden durchschnittliche Artenzahlen (Fehmarnbelt OMBMPN1, Pommernbucht OM160) oder leicht erniedrigte Werte beobachtet. Es wurde an keiner Station eine drastische oder außergewöhnliche Artenreduktion nachgewiesen (s.a. Abb. 36). Offensichtlich waren die Sauerstoffverhältnisse im Jahr 2013 relativ ausgeglichen und durch keinen Mangel gekennzeichnet.

In Abb. 32 sind sowohl die Taxa erfasst, die 2013 an den 7 Stationen gefunden wurden als auch die während der seit 1991 durchgeführten Untersuchungen insgesamt gefundenen Arten (inklusive der Station OMBMPK3, die 2013 auf Grund des Sturmereignis nicht beprobt werden konnte). Als artenreichste Gruppen (nicht nur 2013) stellten sich die Annelida (Polychaeta und Oligochaeta) mit 96 Arten heraus. 2013 wurden 43 Arten identifiziert. Weitere artenreiche Gruppen im Jahr 2013 waren die Mollusca (28), Crustacea (15) und Bryozoa (8).

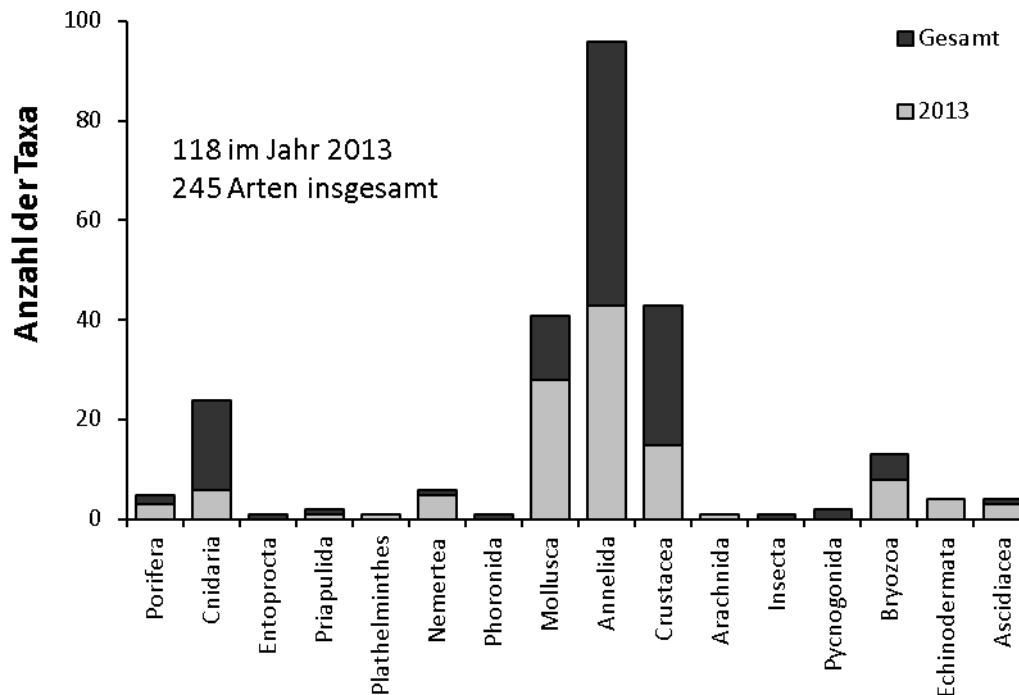


Abb. 32: Taxonomische Aufschlüsselung aller Makrozoobenthos-Vertreter, die während des Monitorings im November 2013 an den 7 Stationen gefunden wurden. Zusätzlich ist die Gesamtartenzahl³ für den Zeitraum 1991 bis 2013 angegeben.

Fig. 32: Taxonomical classification of macrozoobenthos at 7 monitoring stations in November 2013. The species number of the entire monitoring from 1991 to 2013 is also indicated.

Die Abundanzen variierten je nach Seegebiet zwischen 314 (Arkonabecken) und 6.390 Ind./m² (Kieler Bucht) (Abb. 33, Tab. A4). Der hohe Wert des Vorjahres in der Pommernbucht (über 12.000 Ind./m²) wurde dieses Jahr nicht festgestellt. Die Dichte hatte sich halbiert um ca. 6.000 Ind./m²) was auf deutliche Abnahmen der Wattschnecke (*Peringia ulvae*), der Herzmuschel (*Cerastoderma glaucum*) und des Polychaeten *Pygospio elegans* zurückzuführen war. Die dominanten Arten an den Stationen waren jeweils verschieden. Die Werte an den meisten Stationen lagen entweder unter dem langjährigen Mittel (Kieler Bucht OMBMPN₃, Pommernbucht OM160) oder erreichten Werte, die dem langjährigen Median entsprachen bzw. leicht darüber lagen (Abb. 33). Nur im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) und in der südlichen Mecklenburger Bucht (OM18) wurden höhere Abundanzen als im Durchschnitt beobachtet.

³ Beim Gesamtzeitraum wurde auch die Station K3 in der nördlichen Pommernbucht berücksichtigt, die 2013 nicht beprobt werden konnte. 4 Arten wurden bisher ausschließlich dort nachgewiesen (*Calliopaea bellula*, *Fabricia stellaris*, *Monoporeia affinis*, *Paranais litoralis*).

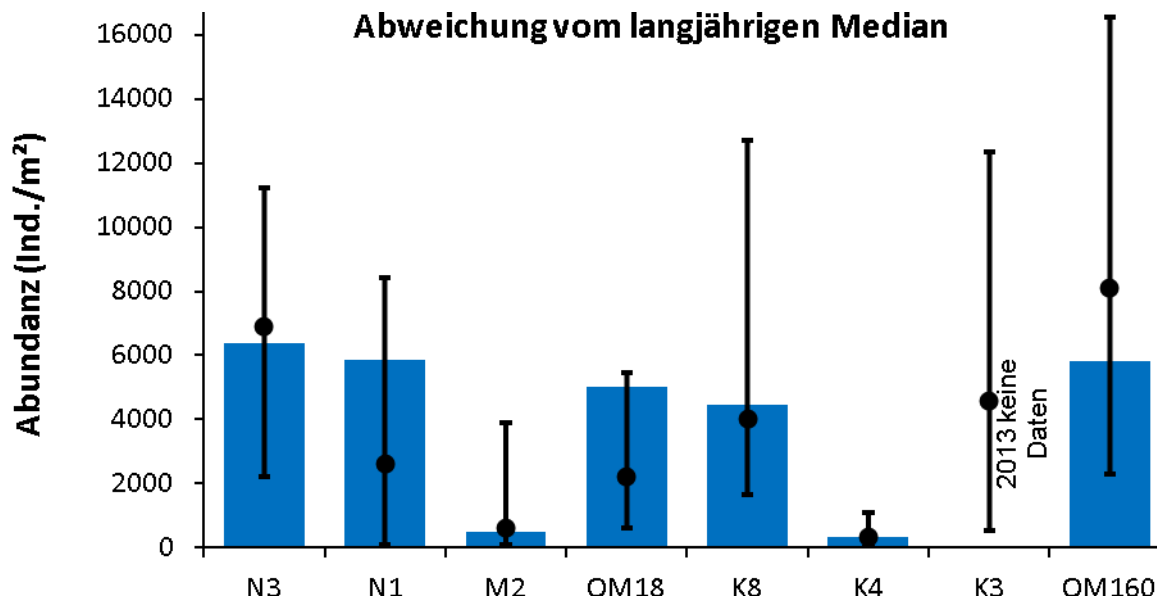


Abb. 33: Gesamtabundanzen (Säulen) des Makrozoobenthos an 7 Monitoring-Stationen im November 2013. Die Medianwerte der Jahre 1991 bis 2013 sind als Punkte und die Minimal- und Maximalwerte als Intervall dargestellt.

Fig. 33: Total abundances (columns) of macrozoobenthos at 7 monitoring stations in November 2013. The median values of the years 1991 to 2013 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 und hängt im Wesentlichen vom vorherrschenden Salzgehalt und dem Substrat ab. Während in der Kieler Bucht (OMBMPN₃) und im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) die Muscheln *Abra alba*, *Arctica islandica*, *Corbula gibba* und *Kurtiella bidentata* über 40 % der Dichte ausmachten, war in der Pommernbucht (OM160) allein die Schnecke *Peringia ulvae* (58 %) für die hohen Abundanzen verantwortlich. Die Dichte im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) dominierten die Kleine Pfeffermuschel (*Abra alba*) mit 49 % und der Polychaet *Terebellides stroemii* (10 %). In der Mecklenburger Bucht (OMBMPM₂) dominierte v.a. der Cumacee *Diastylis rathkei* (31 %) und die Islandmuschel (19 %) die Dichte. In der südlichen Mecklenburger Bucht (OM18) waren es ebenfalls der Cumacee *Diastylis rathkei* (28 %), die Kleine Pfeffermuschel *Abra alba* (26 %) und der Polychaet *Terebellides stroemii* (12 %). An der Darßer Schwelle (OMBMPK₈) traten die Polychaeten *Pygospio elegans* (32 %) und *Scoloplos armiger* (14 %) sowie die Miesmuschel *Mytilus edulis* (28 %) dominant auf. In der zentralen Arkonasee (OMBMPK₄) wurde eine Gesamtabundanz von 314 Ind./m² beobachtet; dabei dominierte mit 46 % der Polychaet *Scoloplos armiger*.

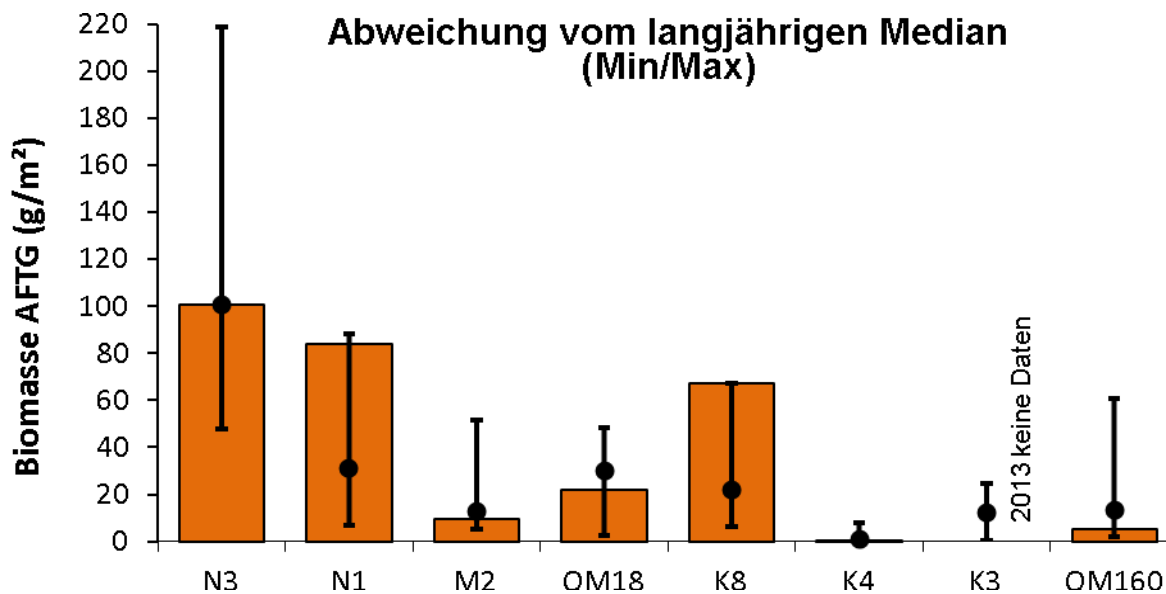


Abb. 34: Geamtbiomassen (Säulen) des Makrozoobenthos an 7 Monitoring-Stationen im November 2013. Die Medianwerte der Jahre 1991 bis 2013 sind als Punkte und die Minimal- und Maximalwerte als Intervall dargestellt.

Fig. 34: Total biomasses (columns) of macrozoobenthos at 7 monitoring stations in November 2013. The median values of the years 1991 to 2013 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. 34). 100 g AFTM/m² wurden festgestellt, wovon *Astarte borealis* 27 % und *Arctica islandica* 63 % ausmachten. In den Dredge-Fängen tauchten daneben auch noch vermehrt Stachelhäuter auf (*Asterias rubens*, *Ophiura albida*) (Abb. 35), die allerdings in den quantitativen Proben der Greifer unterrepräsentiert waren. Im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) sowie in der Mecklenburger Bucht (OMBMPM₂ und OM18) ist die Biomasse zu 70-90 % von der Islandmuschel bestimmt. Dort wurden Werte zwischen 10 und 84 g AFTM/m² erreicht. An der Darßer Schwelle (OMBMPK₈) wurde die Biomasse (67 g AFTM/m²) durch die Muscheln *Astarte borealis* (15 %) und *Mytilus edulis* (75 %) dominiert. Weiter östlich in der Pommernbucht (5,1 g AFTM/m²) spielten dann hauptsächlich *Macoma balthica* (32 %) und *Peringia ulvae* (27 %) eine Rolle. In der Arkonasee (OMBMPK₄) stellten *Scoloplos armiger* 34 % und *Macoma balthica* 26 % der Biomasse (0,4 g AFTM/m²).

Die Auswertung der Langzeitdaten ergab sowohl bei der Abundanz als auch bei der Biomasse zum Teil erhebliche Schwankungen, die als Abweichungsbalken (Min/Max) in den Abbildungen 33 und 34 dargestellt sind. Das hat im Wesentlichen mit der Populationsdynamik von langlebigen Arten (meistens Muscheln) zu tun. Auch das Einbrechen nach Sauerstoffmangel hat einen Einfluss. Nicht zuletzt sind aber auch die Zufälligkeit der Probennahme und die geklumpfte Verteilung der Organismen dafür verantwortlich.



Abb. 35: In der Kieler Bucht (OMBMPN₃) dominierten Islandmuscheln (*Arctica islandica*) und Schlangensterne (*Ophiura albida*) das Bild in der Dredge.

Fig. 35: In the Kiel Bight (OMBMPN₃) the Ocean Quahoc (*Arctica islandica*) and brittle stars (*Ophiura albida*) have dominated the image of the dredge sample.

4.3.3 Langfristiger Trend

Längerfristige Darstellungen (seit 1991) sind den Berichten der letzten Jahre zu entnehmen (siehe WASMUND et al. 2013 a). Die Auswirkungen von Sauerstoffmangel auf die Ökosystemfunktion und die zeitlichen sowie räumlichen Veränderungen an ausgewählten Monitoringstationen wurden in GOGINA et al. (2014) publiziert. Um die Vergleichbarkeit so groß wie möglich zu halten, wurden bei der Auswertung der langfristigen Trends nur die letzten 8 Jahre (2006 bis 2013) herangezogen. Zum einen wurden in diesen 8 Jahren 7 Stationen jeweils im Herbst beprobt und zum anderen kamen bei allen 7 Stationen jeweils 3 Greifer und 1 Dredge zum Einsatz. Somit ist die Basis aus Sicht der Stationsauswertung identisch. In der Abb. 36 sind die relativen Artenzahlen (die absoluten Werte sind den Vorjahresberichten bzw. der Tab. A4 im Anhang zu entnehmen) dargestellt. Erwartungsgemäß nimmt die Artenvielfalt von West (Kieler Bucht OMBMPN₃) nach Ost (Pommernbucht OM16o) ab. Nur die Station OMBMPN₁ (Fehmarnbelt) zeichnete sich durch drastischen Artenschwund bedingt durch Sauerstoffmangel in diesem Zeitraum aus. In den Jahren 2008 und 2010 sind jeweils bis zu 50 % weniger Arten als in den benachbarten Jahren gefunden worden. Alle anderen Stationen weisen relativ stabile Diversitätsverhältnisse auf.

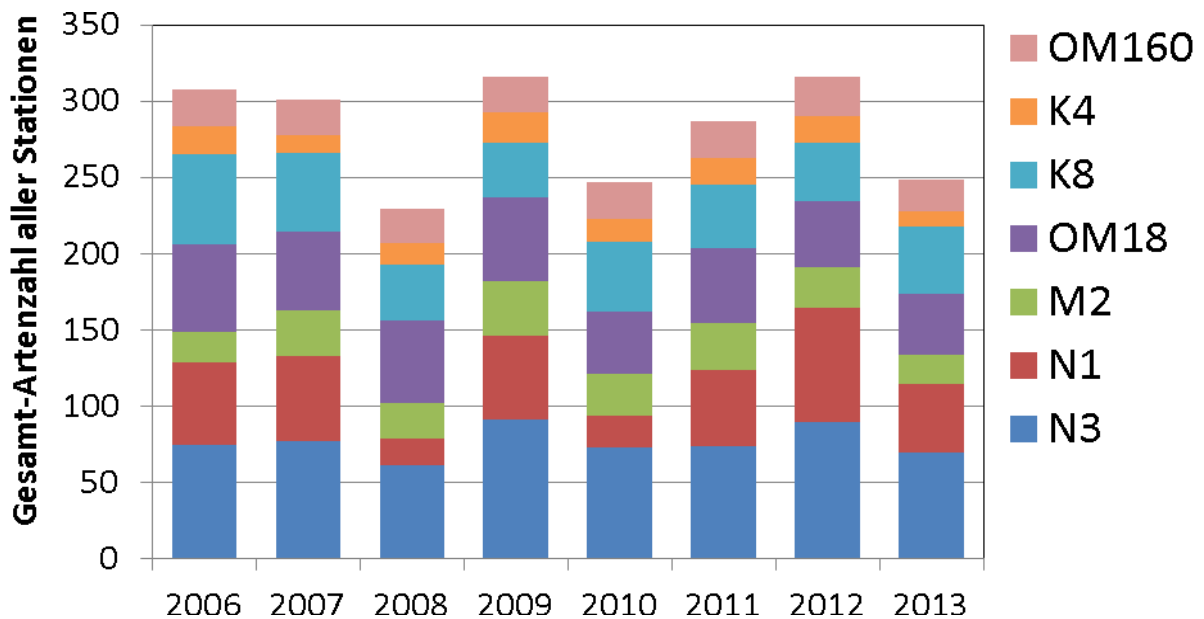


Abb. 36: Artenzahl des Makrozoobenthos an 7 Monitoring-Stationen der Jahre 2006 bis 2013. Die Stationen sind von West (Kieler Bucht=OMBMPN₃) nach Ost (Pommernbucht=OM160) aufgetragen.

Fig. 36: Species number of macrozoobenthos at 7 monitoring stations of the years 2006 to 2013. The stations are drawn from west (Kiel Bight=OMBMPN₃) to east (Pomeranian Bay Sea=OM160).

Bei der Abundanz stellt sich die Situation ganz anders dar. Sowohl die westlichste (Kieler Bucht OMBMPN₃) als auch die östlichste Station (Pommernbucht OM160) zeichnen sich durch hohe bis sehr hohe Abundanzen aus (wie bereits ausgeführt). Die Variationen sind jedoch teilweise erheblich. In manchen Jahren liegen die Werte mehr als 50 % unter den Werten der anderen Jahre (z.B. 2007 und 2008 an der Station OMBMPN₃ und 2010 und 2013 an der Station OM160). Auch an den anderen Stationen sind zum Teil erhebliche Variationen vorhanden, diese spielen jedoch auf erheblich niedrigeren Absolutwerten ab. Im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) sind in den Jahren 2008 und 2010 die Abundanzen durch Sauerstoffmangel drastisch gesunken (siehe auch obige Ausführungen zur Artenzahl). Die Mecklenburger Bucht (OMBMPM₂) war davon nur im Jahre 2008 betroffen.

In der Abb. 38 ist der langfristige Trend der Biomasse dargestellt. Es wird deutlich, dass a) die jeweils größten Werte im Westen (Kieler Bucht, OMBMPN₃) und auch in der südlichen Mecklenburger Bucht (OM18) festgestellt wurden und dass b) die Biomasse nicht so stark von Einflüssen betroffen ist wie die beiden vorangegangenen Parameter Artenzahl und Abundanz. Die Variationen sind zum Teil ebenfalls erheblich, wir konnten jedoch zu keiner Zeit einen sogenannten Einbruch beobachten, wie er beispielsweise durch Sauerstoffmangel im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) in den Jahren 2008 und 2010 bei den Artenzahlen und der Dichte beobachtet wurde.

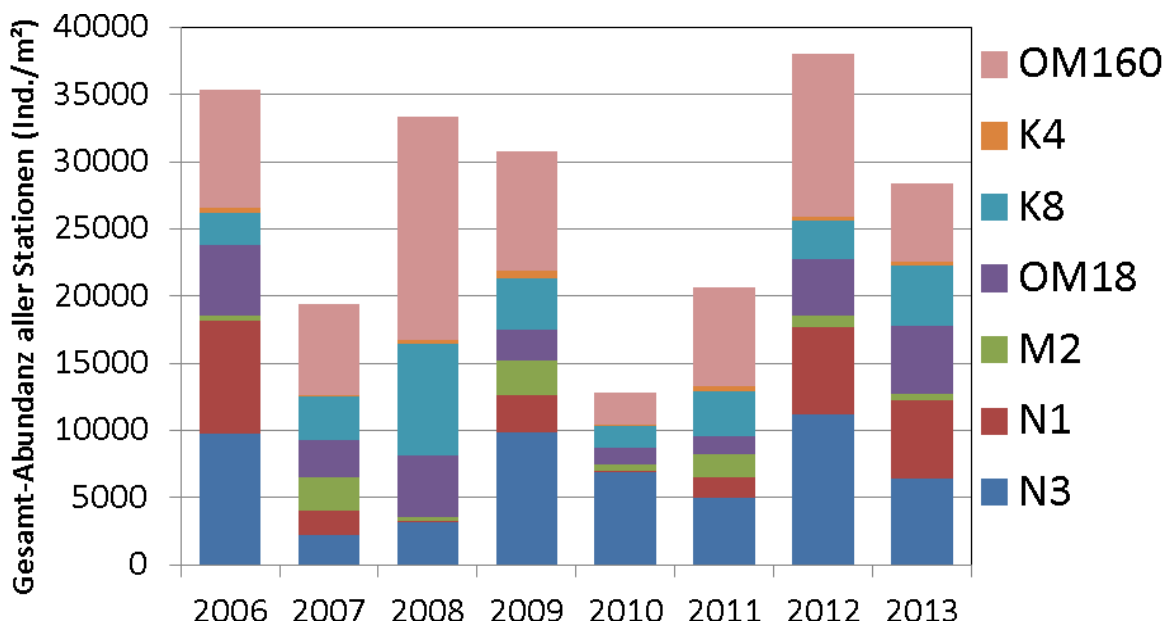


Abb. 37: Abundanz des Makrozoobenthos an 7 Monitoring-Stationen der Jahre 2006 bis 2013. Die Stationen sind von West (Kieler Bucht=OMBMPN3) nach Ost (Pommernbucht=OM160) aufgetragen.

Fig. 37: Abundance of macrozoobenthos at 7 monitoring stations of the years 2006 to 2013. The stations are drawn from west (Kiel Bight=OMBMPN3) to east (Pomeranian Bay Sea=OM160).

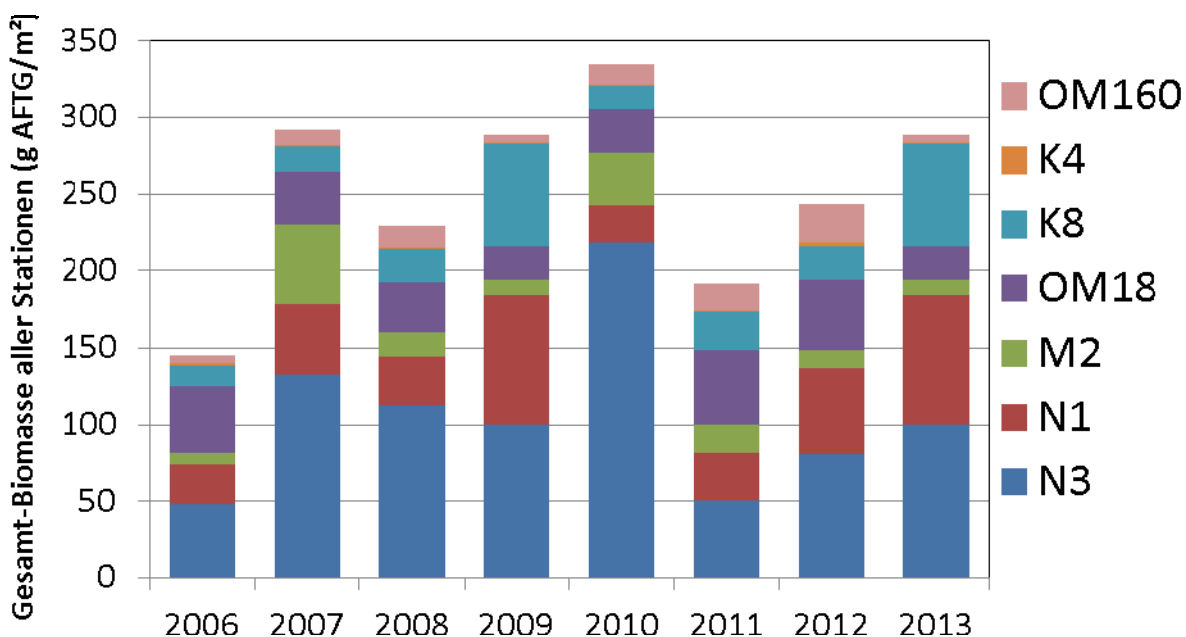


Abb. 38: Biomasse des Makrozoobenthos an 7 Monitoring-Stationen der Jahre 2006 bis 2013. Die Stationen sind von West (Kieler Bucht=OMBMPN3) nach Ost (Pommernbucht=OM160) aufgetragen.

Fig. 38: Biomass of macrozoobenthos at 7 monitoring stations of the years 2006 to 2013. The stations are drawn from west (Kiel Bight=OMBMPN3) to east (Pomeranian Bay Sea=OM160).

4.3.4 Rote Liste

Grundlage für dieses Unterkapitel ist die jüngst erschienene Rote Liste der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere von RACHOR et al. (2013). Von insgesamt 118 Arten gehören 14 einer Gefährdungskategorie (1, 2, 3, G) an (Abb. 39). Weiterhin befinden sich je 6 Arten in der Vorwarnliste oder sind als besonders selten (R) eingestuft. Für 62 Arten wird derzeit keine Gefährdung angenommen. Die Datenlage für 18 Arten ist defizitär und 18 Taxa wurden in der Roten Liste nicht bewertet.

Die vom Aussterben bedrohte Kalk-Plattmuschel *Macoma calcarea* wurde wie in den Vorjahren in der Kieler Bucht (OMBMPN₃) in geringen Dichten (99 Ind./m²) nachgewiesen. Die Arten der Gefährdungskategorie 2 (stark gefährdet) wurden ebenfalls an der westlichsten Station (OMBMPN₃) gefunden. Dazu gehören die Wellhornschncke *Buccinum undatum* und die Abgestutzte Klaffmuschel *Mya truncata*. Die Islandmuschel *Arctica islandica*, Kategorie 3 (gefährdet), wurden an allen westlichen Stationen (OMBMPN₃, OMBMPN₁, OMBMPM₂, OM₁₈) in unterschiedlichen Dichten beobachtet.

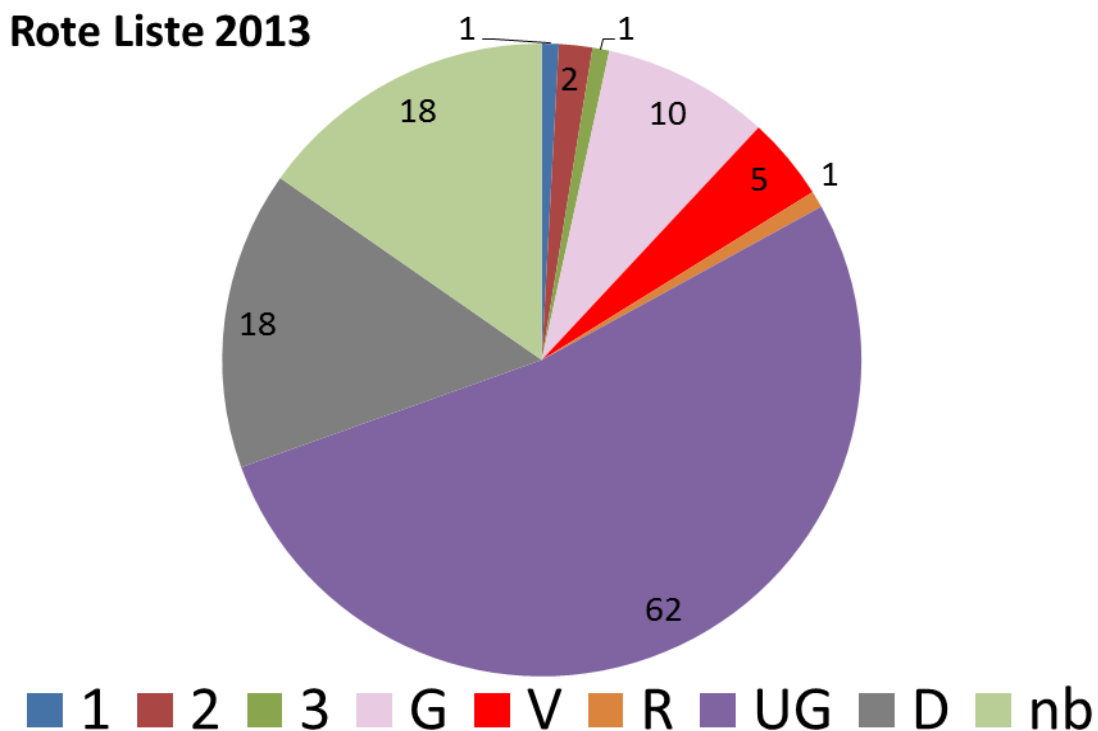


Abb. 39: Anteil der Gefährdungskategorien der Roten Liste (RACHOR et al. 2013) des Makrozoobenthos im Herbst 2013 (1=vom Aussterben bedroht, 2=stark gefährdet, 3=gefährdet, G=Gefährdung anzunehmen, V=Vorwarnliste, R=extrem selten, UG =ungefährdet, D=Daten defizitär, nb=nicht bewertet).

Fig. 39: Percentage of red list categories (RACHOR et al. 2013) of macrozoobenthos in autumn 2013 (1=critically endangered, 2=endangered, 3=vulnerable, G=probably vulnerable, V=near threatened, UG=least concern, D=data deficient, nb=not evaluated).

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 10 Arten verteilen sich auf fast alle Seegebiete. 8 Arten in der Kieler Bucht (OMBMPN₃), 4 Arten im Fehmarnbelt (OMBMPN₁), je 2 Arten in der Mecklenburger Bucht (OM18) und an der Darßer Schwelle (OMBMPK8).

Seit dem letzten Jahr gibt es auch eine Rote Liste der gesamten Ostsee, die durch ein Expertenteam der HELCOM erarbeitet wurde (KONTULA et al. 2013). Demnach sind zwei in dieser Studie angetroffenen Arten dort aufgelistet. Dazu gehören die schon genannten Arten Kalk-Plattmuschel (*Macoma calcarea*), die als VU (=vulnerable) eingestuft wurde und die Abgestutzte Klaffmuschel (*Mya truncata*), die als NT (=near threatened) kategorisiert wurde (Abb. 40).



Abb. 40: *Macoma calcarea* (links) und *Mya truncata* (right): Muschelarten, die in den Roten Listen Deutschlands und der HELCOM als hochgradig gefährdet eingestuft sind. Die abgebildeten Exemplare stammen aus dem Eingangsbereich des Fehmarnbelts bzw. der Kieler Bucht.

Fig. 40: *Macoma calcarea* (left) and *Mya truncata* (right): Bivalve species which are categorised as endangered both in the red list of Germany and HELCOM. The pictured specimens come from the entrance of Fehmarnbelt and the Kiel Bight, respectively.

4.3.5 Neozoen

Neozoen spielen offensichtlich in der offenen Ostsee kaum eine Rolle. Lediglich 4 Arten wurden an den 7 Monitoringstationen 2013 nachgewiesen. Davon sind die Seepocke *Amphibalanus improvisus* und die Sandklaffmuschel *Mya arenaria* auf Grund ihrer schon sehr langen Anwesenheit im Ostseeraum kaum noch als Neozoen zu bezeichnen. Seit den 1980er bzw. 1990er Jahren wurden zwei aus Nordamerika stammenden Polychaetenarten der Gattung *Marenzelleria* beobachtet. 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* in geringen Dichten (7 Ind./m²) an der Darßer Schwelle (OMBMPK8) festgestellt. In der Pommernbucht (OM160) erreichte die Art 253 Ind./m². *M. neglecta* konnte während des Untersuchungsjahres 2013 nicht beobachtet werden. Eine weitere Muschel (*Mytilopsis leucophaeata*), die bisher noch nie in der offenen Ostsee nachgewiesen wurde und deren Nachweise in der Deutschen Ostsee sich bisher auf das Warnowästuar beschränkten

(DARR & ZETTLER, 2000), wurde 2013 erstmals auf der Pommernbucht in geringen Abundanzen festgestellt. Diese ursprünglich aus Nordamerika stammende Art, gelangt gelegentlich auch in die Brackgewässer einiger Häfen (siehe in DARR & ZETTLER 2000), hatte aber nach unserer Kenntnis bisher nie Lebensräume im offshore-Bereich der deutschen Ostsee besiedelt. Dass die Art mit holländischen Baggerschiffen (z.B. Nordstreampipeline-Bau) eingeschleppt wurde, die Art ist in holländischen Häfen weit verbreitet, kann nur spekuliert werden. Auf der Oderbank, wo von uns wenige juvenile Tiere dieser Art 2013 gefunden wurden, sprechen die Lebensumstände eher gegen eine Etablierung dieser ansonsten an Hartsubstraten in Häfen lebenden Art.

Zusammenfassung

Im Rahmen des vom BSH finanzierten deutschen Beitrags zum HELCOM-Monitorings wurden Daten über die Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos des Jahres 2013 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 und von Satelliten vervollständigen saisonale Angaben zur Phytoplanktondynamik. 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

Quantitative Informationen über die Artenzusammensetzung und Sukzession des Phytoplanktons wurden aus Wasserproben gewonnen, die auf den Schiffsexpeditionen genommen wurden und mikroskopisch analysiert wurden. Wir konzentrieren uns primär auf die Mischproben aus 0-10 m Tiefe. Die wegen der relativ geringen Probenfrequenz bestehenden Kenntnislücken beim aktuellen Jahresverlauf der Phytoplanktonentwicklung konnten wir für die Mecklenburger Bucht durch zusätzliche Informationen aus dem Küstenmonitoring des IOW vor Heiligendamm schließen. Die Daten des Küstenmonitorings sind auf der Homepage des IOW unter <http://www.io-warnemuende.de/algenblueten-vor-heiligendamm-2013.html> einzusehen.

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 komplette Phytoplankton-Artenliste (alle Tiefen) des Jahres 2013, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Monitoringfahrten, ist in Tab. A2 zu finden. Die Rangfolge der Taxa nach ihrer Biomasse, gemittelt über alle Stationen und Monitoringfahrten des Jahres 2013, ist ebenfalls angegeben.

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

Frühjahrsblüte: Die Phytoplankton-Biomasse war im Februar 2013 noch gering, stieg aber insbesondere in der westlichen Arkonasee (Stat. OMBMPK8) zu Mitte März stark an durch Wachstum von *Mesodinium rubrum* und/oder Kieselalgen (meistens *Skeletonema marinoi*, *Thalassiosira* spp., *Thalassionema nitzschioides*), während die Nährstoffkonzentrationen im Wasser allerdings noch keine deutliche Abnahme zeigten. An anderen Stationen, die auch eine Woche später beprobt wurden (OMBMPM2, OMBMPM1, OMBMPK5,) wuchsen ab Mitte März die Kieselalgen, aber es wurden dann noch keine Blüten-Konzentrationen erreicht. Wegen fehlender weiterer Beprobung können wir nur spekulieren, dass sich die Frühjahrsblüte in der westlichen Ostsee typischerweise von Ende März bis Anfang April zeigte. Zumindest lässt der starke Rückgang der Nährstoffkonzentrationen von Mitte März bis Anfang Mai auf ein deutliches Phytoplanktonwachstum schließen (Tab. 4). An den Stationen OMBMPK5, OMBMPK2, OMBMPK1 und OMBMPJ1 wurden in der ersten Maihälfte noch erhöhte Biomassen, also die Frühjahrsblüte, angetroffen. Das bestätigt das bekannte Phänomen der Verzögerung des Blütenzeitraums in östliche Richtung. Der in manchen Jahren häufige Flagellat *Dictyocha speculum* war im Frühjahr 2013 in der westlichen Ostsee völlig unbedeutend, trat aber erstaunlicherweise vermehrt im Herbst auf. Im Mai wurde in der Arkonasee die sonst seltene Chrysophyce *Dinobryon balticum* häufiger gefunden.

Die im Jahr 2011 dominierende für die westliche Ostsee ungewöhnliche Kieselalge *Achnanthes taeniata* sowie der im Frühjahr 2011 dominierende neu erfasste Dinoflagellat *Peridiniella danica* waren im Jahre 2013 relativ bedeutungslos. Die dominierende Kieselalge Mitte März 2013 in der Mecklenburger Bucht und der Arkonasee war wieder *Skeletonema marinoi*. Wie schon im Jahre 2012, waren Dinoflagellaten sowie *Dictyocha speculum* ungewöhnlich schwach vertreten.

Sommerblüte: Die Sommerbeprobung beruht auf nur einer Fahrt und kann die große Vielfalt der Phytoplanktongemeinschaft nur unzureichend widerspiegeln. Lediglich in der Kieler Bucht konnte eine Sommer-Kieselalgenblüte registriert werden, die hauptsächlich aus *Dactyliosolen fragilissimus* bestand, begleitet von dem bemerkenswerten Dinoflagellaten *Alexandrium pseudogonyaulax*. Letztere Art wurde im Jahre 2010 erstmals von uns nachgewiesen. Bereits im Sommer beginnen die im Herbst blütenbildenden *Ceratium*-Arten und *Coscinodiscus granii* ihre Entwicklung. Die stickstoff-fixierenden Cyanobakterien *Aphanizomenon* sp. und *Nodularia spumigena* beeinflussten die Küsten Mecklenburg-Vorpommerns und zeigten ihre höchsten Biomassen Ende Juli 2013 in der Lübecker Bucht (Stat. OMO22). Im Allgemeinen kann man das Jahr 2013 für die offene Arkonasee und offene Bornholmsee als ein schwaches Cyanobakterien-Jahr einstufen, denn die Cyanobakterien-Biomassewerte von 2013 lagen unter den langjährigen Mittelwerten. In der östlichen Gotlandsee wurden aber höhere Cyanobakterienbiomassen ermittelt. Zur Bestimmung ihrer Toxizität wurden auf der Terminfahrt vom August 2013 Proben genommen. Kleinere Fischsterben, wahrscheinlich wegen Sauerstoffmangels, wurden Ende August 2013 vor Boltenhagen und Heiligendamm beobachtet.

Herbstblüte: Im Herbst tritt im Allgemeinen eine Blüte aus Kieselalgen und/oder Dinoflagellaten auf. Zur Zeit der Seereise Anfang November 2013 dominierte in der westlichen Ostsee bis zur Station OMBMPM1 eindeutig der für den Herbst typische Dinoflagellat *Ceratium tripos*, während die Blüte in der Arkonasee von der für die zentrale Ostsee typischen Kieselalge *Coscinodiscus granii* dominiert wurde. Es ist hervorzuheben, dass *Dictyocha speculum* nun fast

nicht mehr wie sonst im späten Frühjahr, sondern zunehmend im Herbst beobachtet wird. Es ist eine typische Art für die westliche Ostsee.

Chlorophyll: Die Chlorophyll a-Konzentration sind der Tab. 5 zu entnehmen. Das Jahres-Maximum ist ausnahmsweise zur Herbstblüte zu finden (6,73 mg m⁻³), ein Anzeichen, dass das sonst dominierende Frühjahrsmaximum im Jahre 2013 deutlich verpasst wurde.

Sedimentation: Über das Jahr 2013 zeigte der vertikale Partikelfluss im Arkonabecken ein saisonales Muster der Sedimentation mit einem distinkten Maximum im Frühjahr und einer längeren Phase erhöhter Sedimentation über den Sommer. Der sommerliche, durch Cyanobakterien bedingte Partikelfluss war gegenüber dem Vorjahr wieder deutlich erhöht. Resuspension von bereits abgesunkenem Material konnte während des Winters in mehreren Phasen hoher Turbulenz gemessen werden. Im Vergleich mit dem Vorjahr nahm die Diversität fast aller Gruppen von Primärproduzenten wieder zu und die saisonale Abfolge einzelner Arten und Gruppen zeigte sich deutlicher.

Der Gesamtfluss für die einzelnen Elemente betrug im Jahre 2013 1,23 mol C, 142 mmol N, 394 mmol Si und 6,6 mmol P m⁻² a⁻¹ bei einem Massefluss von 113 g Trockengewicht m⁻² a⁻¹. Gegenüber dem Vorjahr bedeutete das eine Zunahme um den Faktor drei für C, N und Gesamtmasse, von denen aber ca. 50 % auf die winterlichen Resuspensionsereignisse zurückzuführen sind. Aber auch über die Wachstumsphase nahm der Fluss um 50% zu, bei Si sogar um den Faktor 4, wobei die Werte der Jahre vor 2012 wieder erreicht wurden. Dies korrespondiert gut mit den mikroskopischen Befunden, die durchgehend hohe Abundanzen von Diatomeen über die gesamte Wachstumsperiode zeigen. Der P-Fluss zeigte im Vergleich zum Vorjahr die geringste Variabilität mit einer Verdopplung für das gesamte Jahr und einer 10-prozentigen Zunahme in der Wachstumsphase. Auch das mikroskopisch erfasste erhöhte Vorkommen von diazotrophen Cyanobakterien im Sommer zeigte sich im Absinken der Stickstoffisotopie zwischen Juni und August. Allerdings deutet die über das Jahr 2013 massegewichtete mittlere $\delta^{15}\text{N}$ Signatur mit 5,4 nicht auf einen großen Einfluss der diazotrophen Cyanobakterien als Stickstoffquelle hin. Die massegewichteten Mittel der Elementverhältnisse betragen für C/N = 8,67, C/P = 185 und C/Si = 3,2. Mit -25,6 ‰ war die mittlere $\delta^{13}\text{C}$ -Signatur des Kohlenstoffs die gleiche wie im Vorjahr.

Zooplankton

Im Rahmen der Langzeituntersuchung des Zooplanktons in der Ostsee wurden im Jahre 2013 an insgesamt 65 Stationen Probenmaterial zur Analyse der Abundanz und Artenzusammensetzung genommen. Es wurden insgesamt 55 pelagische Taxa gefunden. Damit liegt die Artenvielfalt im Jahr 2013 auf einem ähnlich hohen Niveau, wie es schon in den Vorjahren gegenüber dem Beginn des Jahrhunderts (< 41 Taxa) beobachtet wurde. Im Artenspektrum wurden einige Veränderungen registriert. Auffällig war vor allem das häufige Auftreten des calanoiden Copepoden *Acartia tonsa* und der Cladocere *Podon intermedius*, die in den Vorjahren nicht im Untersuchungsgebiet beobachtet wurden. Auch *Centropages typicus*, *Longipedia* spp und die besonders in der östlichen Ostsee auftretende invasive Art *Cercopagis pengoi* traten erneut auf; allerdings in nur geringer Anzahl. Funde der ebenfalls neu auftretenden Art *Eurytemora carolleae* oder weiterer Neozoa konnten in 2013 hingegen nicht bestätigt werden.

Im Jahresgang des Zooplanktons wurde ein Anstieg in der Abundanz in östlicher Richtung registriert. Gleichzeitig verschob sich das saisonale Auftreten des Abundanz-Maximums vom Winter in den Sommer. Dies steht im Zusammenhang mit einer deutlichen Veränderung in der taxonomischen Zusammensetzung des Zooplanktons, insbesondere einer von West nach Ost zunehmende Bedeutung der Rotatoria und Cladocera während des Sommers, die einer Abnahme der Abundanz an Copepoden im Winter gegenübersteht. Diese Veränderung basiert auf nur wenige dominante Taxa, wie zum Beispiel *Bosmina* spp. innerhalb der Cladoceren, *Synchaeta* spp. innerhalb der Rotatoria oder *Oithona* spp. innerhalb der Copepoda. Die maximale Abundanz im gesamten Untersuchungsgebiet zeigt zudem eine deutliche saisonale Sukzession von einer durch cyclopoide Copepoden und Polychaeten-Larven dominierten Gemeinschaft im Winter zu einer durch Rotatorien und Cladoceren dominierten Gemeinschaft im Sommer.

Die ökologische wichtige Gruppe der Copepoda wurde durch die Gattung *Oithona* als einiges Taxon der cyclopoiden Copepoden und durch *Acartia* spp., *Temora longicornis* und *Pseudoparacalanus* innerhalb der calanoiden Copepoden dominiert. Andere Gattungen traten eher selten auf. Saisonal zeigte sich eine deutliche Sukzession innerhalb der Calanoida. *Oithona* spp. dominierte vor allem im Winter, während *Pseudocalanus* spp., *Temora longicornis* und *Acartia longiremis* die wesentlichen Copepoden-Taxa im Frühjahr darstellen. Im Sommer traten dann auch vermehrt diejenigen Arten auf, die ein wärmeres Habitat bevorzugen (*Paracalanus parvus*, *Acartia tonsa*, *Acartia bifilosa*, *Eurytemora affinis*).

Der sich schon seit dem Beginn des Jahrtausends abzeichnende Trend zur Abnahme der maximalen Abundanz des Zooplanktons hat sich auch in 2013 fortgesetzt. Mit $2,0 \times 10^5$ Ind. m^{-3} liegt die Gesamtabundanz des Zooplanktons im Jahre 2013 deutlich unterhalb des langjährigen Mittels von $3,9 \times 10^5$ Ind. m^{-3} . Die kontinuierliche Abnahme der Cladocera und der Rotatoria ist hierfür größtenteils verantwortlich. In den letzten drei Jahren wird nun auch eine verstärkte Abnahme in der Abundanz der Copepoda beobachtet, zu der vor allem *Temora longicornis*, *Centropages hamatus* und *Acartia longiremis* beitragen.

Makrozoobenthos

Im Makrozoobenthos-Monitorings in der südlichen Ostsee werden die Artenvielfalt, die Abundanz und die Biomasse der Organismen je Station erfasst. Mit insgesamt 118 ist die Artenzahl der 7 offshore-Stationen im Jahr 2013 im Vergleich zu den Vorjahren als mittelmäßig zu bezeichnen. Dass kein lokaler Einbruch zu beobachten war, ist darauf zurückzuführen, dass kein anhaltender Sauerstoffmangel insbesondere in den westlichen (artenreichen) Gebieten zu Defaunationsereignissen geführt hatte, so wie sie zum Beispiel in den Jahren 2002, 2005, 2008 und 2010 beobachtet wurden. In Abhängigkeit vom Seegebiet schwankten die Individuendichten zwischen 314 und 6.400 Ind./ m^2 . Bei den Biomassen wurden ebenfalls die zu erwartenden Unterschiede (0,4 g in der Arkonasee bis 100 g AFTM/ m^2 in der Kieler Bucht) beobachtet. Sowohl im Hinblick auf die Abundanz als auch die Biomasse variierten die dominanten Arten zwischen den Stationen. Einige Beispiele für Schlüsselarten sind die Glatte Wattschnecke *Peringia ulvae*, die Muscheln *Arctica islandica*, *Astarte borealis*, *Mytilus edulis* und *Mya arenaria*, die Polychaeten *Scoloplos armiger*, *Terebellides stroemii* und *Pygospio elegans* sowie der Cumacee *Diastylis rathkei*.

An den 7 Monitoringstationen konnten insgesamt 14 Arten der deutschen Roten Liste (Gefährdungskategorien 1, 2, 3 und G) nachgewiesen werden. Mit *Macoma calcarea* wurde

unter anderem eine im Gebiet sehr selten zu beobachtende Muschel (Rote Liste: 1=vom Aussterben bedroht) in der Kieler Bucht lebend festgestellt. Mit *Macoma calcaria* (VU) und *Mya truncata* (NT) sind zwei Arten der HELCOM Roten Liste nachgewiesen worden.

Der Anteil an Neozoen war 2013 wie erwartet sehr gering. Lediglich 4 Arten wurden beobachtet. Dazu gehören die schon seit langer Zeit etablierten Arten wie die Seepocke (*Amphibalanus improvisus*) und die Sandklaffmuschel (*Mya arenaria*). Seit den 1980 und 1990er Jahren in die Ostsee eingeschleppte Arten der Polychaeten-Gattung *Marenzelleria*. Davon ist *Marenzelleria viridis* hervorzuheben, der in der Pommernbucht Dichten von 253 Ind./m² erreichte. *Mytilopsis leucophaeata*, eine zu den Dreissenidae gehörende Muschel, wurde erstmals im offshore-Bereich der deutschen Ostsee auf der Oderbank nachgewiesen.

Summary

As part of the German contribution to the HELCOM monitoring, financed by the German Maritime and Hydrographic Agency (BSH), 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 2013 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. 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

Quantitative information on the species composition and succession of the phytoplankton was gathered from water samples, taken during the cruises and analysed microscopically in the lab. In this report, we concentrated mainly on mixed samples from 0-10 m depth. Gaps owing to the low sampling frequency could be closed by additional informationen from the coastal monitoring of the IOW in from of Heiligendamm, to be found on <http://www.io-warnemuende.de/algenblueten-vor-heiligendamm-2013.html>.

The 10 most important phytoplankton taxa of each season in each sea area are compiled in Table A1 (Annex), sorted by their percentage in total phytoplankton biomass. A complete species list of the year 2013, including a seasonal indicator, is shown in Table A2 (Annex). The ranking according to their biomass in 2013 is also given.

Spring bloom: The phytoplankton biomass was still low in February 2013, but increased especially in the western Arkona Sea by the mid of March by the growth of *Mesodinium rubrum* and/or diatoms (mainly *Skeletonema marinoi*, *Thalassiosira* spp., *Thalassionema nitzschioides*) (Figs. 3, 8), whereas nutrient concentrations in the water did not decrease accordingly. At stations which were sampled a second time after one week (OMBMPM2, OMBMPM1, OMBMPK5,) a diatom growth was noticed, but bloom concentrations were still not reached. Because of lacking sampling after the 22.3.2013, we can only speculate that the spring bloom occurred from end of March to beginning of April, as usual. The strong decrease in nutrient concentrations in the water from mid of March to beginning of May indicates significant phytoplankton growth. At stations OMBMPK5, OMBMPK2, OMBMPK1 and OMBMPJ1,

the spring bloom was found still in the first half of May. This confirms the old knowledge that the timing of the spring bloom delays into eastern directions.

The flagellate *Dictyocha speculum*, typical for the western Baltic in late spring, was insignificant in spring 2013, but appeared surprisingly in autumn. The otherwise rare chrysophyte *Dinobryon balticum* was frequently found in the Arkona Sea in May 2013.

Unusual algae dominating in 2011 like the cold-water diatom *Achnanthes taeniata* and the newly considered *Peridiniella danica*, were unimportant in 2013. The “usual” *Skeletonema marinoi* was the dominating diatom in mid of March. The share of dinoflagellates in the spring bloom was unusually low in 2013.

Summer bloom: The samples from summer are based on only one cruise and cannot reflect the total diversity. The typical diatom summer bloom could only be found in Kiel Bight, in this case mainly composed of *Dactyliosolen fragilissimus* and accompanied by the remarkable dinoflagellate *Alexandrium protogonyaulax*, which was detected for the first time in this area in 2010. *Ceratium* species and *Coscinodiscus granii*, forming blooms in autumn, start their development already in summer. The nitrogen-fixing cyanobacteria *Aphanizomenon* sp. and *Nodularia spumigena* influenced the coast of Mecklenburg-Vorpommern and reached their highest biomass at the end of July 2013 in Lübeck Bight (Stat. OMO22). The cyanobacteria biomass in the open Arkona Sea and open Bornholm Sea in 2013 was lower than the long-term means in these areas.

Despite of this, samples for toxin analyses were taken during the monitoring cruise in August 2013. The sample from station OMBMPK2 contained 22 µg Nodularin/g dry mass and that from station TFo286 (Farö-deep in the northern part of the Gotland Sea) even 800 µg Nodularin/g dry mass. Fish mortality, probably due to oxygen depletion, was noticed at the end of August 2013 in front of Boltenhagen and Heiligendamm.

Autumn bloom: Usually a bloom of diatoms and/or dinoflagellates occurs in autumn. During the cruise at the beginning of November 2013, the typical dinoflagellate *Ceratium tripos* dominated in the western Baltic up to station OMBMPM1, whereas the bloom in the Baltic Proper was dominated by the typical autumn diatom of the Baltic Proper, *Coscinodiscus granii*. The occurrence of the typical spring species *Dictyocha speculum* shifts from spring to autumn. It is a species of the western Baltic.

Chlorophyll: The concentrations of chlorophyll *a* are compiled in Tab. 5. The annual maximum is found in autumn (6.73 mg m⁻³), which indicates that the usually dominating spring peak was not hit in 2013.

Sedimentation: Over the year 2013 the seasonal pattern of vertical export of particulate organic matter in the Arkona Basin showed a distinct peak in spring and an elongated period of high flux during summer with a clear succession of algal species within and between the sedimentation maxima. Cyanobacterial summer flux was elevated in comparison to the previous year. Resuspension events of already settled material could be observed in periods of intense winter mixing in February and December. In comparison to the previous years the

diversity of almost all algal groups increased and the succession of seasonally occurring species was much more visible.

The total annual flux for single elements in 2013 amounted to 1.23 mol C, 142 mmol N, 394 mmol Si and 6.6 mmol P m⁻² a⁻¹ at a mass flux of 113 g dry mass m⁻² a⁻¹. This was an increase by a factor of three for carbon and nitrogen in comparison to the previous year, of which about 50 % can, however, be attributed to the flux of resuspended material during the winter period. C and N still increased during the growth phase by 50% as compared to the previous year, Si-increase over the growth phase was even higher (by a factor of 4) and thus returned to the level of the years before 2012. These data mirror the microscopical results, which show an increased abundance of diatoms all over the growth period. P-flux was least variable with a two-fold increase against the previous year and just a 10% increase during the growth phase. The presence of diazotrophic cyanobacteria was documented by microscopy and by the drop of the isotopic signature of N over the summer period between June and August. However, the mass weighted $\delta^{15}\text{N}$ signature of 5.4 for the whole year does not document a high influence of nitrogen fixation for the total annual balance in 2013. Over the whole year the mass-weighted means of elemental ratios were C/N = 8.67, C/P = 185 and C/Si = 3.2. With -25.6 ‰ the mean $\delta^{13}\text{C}$ signature of the organic carbon was nearly the same as in the previous year.

Zooplankton

The investigation of the long-term variation in abundance and community composition of the zooplankton in 2013 was based on samples taken at 65 stations in the western and central Baltic Sea. During the analysis 55 different zooplankton taxa were identified. The number of species recorded in the study area, therefore, remains high and continues a recently identified trend of high diversity in comparison to the beginning of the century (less than 41 taxa). The taxonomic composition of the zooplankton has partly changed in comparison to the preceding years. While the main composition continued to be dominated by cladocera, rotifers and copepods, some species which have not been recorded recently have re-appeared in the plankton. Particularly the calanoid copepod *Acartia tonsa* and the cladoceran *Podon intermedius* were found in considerably high densities. Other re-occurring species such as *Centropages typicus*, *Longipedia* spp and the non-indigenous cladoceran species *Cercopagis pengoi* were also observed, but were detected only in low abundance. Other non-indigenous species (NIS) than *Cercopagis* were not recorded. The occurrence of *Eurytemora carolleeae*, which was found for the first time last year, could not be confirmed for 2013.

The abundance of zooplankton increased in eastward direction towards the Arkona and the Bornholm Basin, but declined again in the eastern Gotland Sea. Simultaneously, the seasonal maximum in the abundance of zooplankton shifted from winter to summer. This was associated with a clear shift in the composition, especially with an increase in the abundance of cladocera and rotifers in summer and a decrease in the abundance of copepods in winter from western areas to more eastern stations. The shift in dominance was based on a few taxa only, namely *Bosmina* spp. within the Cladocera, *Synchaeta* spp. within the Rotifera or *Oithona* spp. within the Copepoda. Apart from this shift a clear seasonal succession of a copepod – polychaete larvae dominated community in winter/spring to a rotifer-cladoceran dominated community in summer was observed at most of the stations. In the eastern Gotland Sea, the contribution of calanoid copepods increased and that of rotifers and cladocerans decreased.

The ecologically important group of the copepod was dominated by a single cyclopoid genus, *Oithona*, and by *Acartia* spp., *Temora longicornis* und *Pseudo-/Paracalanus* within the calanoid copepods. Other taxa were rare. The copepods showed a for the area typical seasonal succession. *Oithona* spp. was dominating during winter, while *Pseudocalanus* spp., *Temora longicornis* und *Acartia longiremis* were main species during spring. In summer, the copepod diversity increased by the occurrence of those species preferring warm conditions in the surface layers such as *Paracalanus parvus*, *Acartia tonsa*, *Acartia bifilosa* and *Eurytemora affinis*.

The decline of the total zooplankton abundance that is observed in the investigation area since the beginning of the century continued in 2013. The maximal observed abundance of 2.0×10^5 Ind. m^{-3} was considerably lower than the long term mean of 3.9×10^5 Ind. m^{-3} . A continuous decline of the dominating groups of cladocera and rotifers formed the main basis for zooplankton decrease. In the last three years, however, the decline of calanoid copepods such as *Temora longicornis*, *Centropages hamatus* und *Acartia longiremis* contribute to the overall trend.

Macrozoobenthos

The macrozoobenthos monitoring in the southern Baltic Sea investigates species richness, abundance and biomass of the organisms at 7 offshore stations. Compared to the previous year's the species number of 118 at the monitored stations was moderate. This diversity is caused by missing long-lasting oxygen deficiency. Especially the westernmost stations (which normally have the highest species diversity due to high saline waters) were formerly depressed irregularly by these events, e.g. in the years 2002, 2005, 2008 and 2010. Depending on region the abundances varied between 314 and 6.400 ind./ m^2 . Within the biomass values similar high variations (0.4 in the Arkona Sea to 100 g afdw/ m^2 in the Kiel Bight) were observed. Both in respect to abundance and biomass the dominant species varied at the different stations. Some examples of key species were the gastropod *Peringia ulvae*, bivalves *Arctica islandica*, *Astarte borealis*, *Mytilus edulis* and *Mya arenaria*, the polychaetes *Scoloplos armiger*, *Terebellides stroemii* and *Pygospio elegans* and the cumacean *Diastylis rathkei*.

At the 7 monitoring stations altogether 14 species of the German Red List (CR, EN, VU, PV) could be observed. As example, the bivalve *Macoma calcarea*, critically endangered in German waters, were found in the Kiel Bight. Two species of the HELCOM Red List (KONTULA et al. 2013) were observed, *Macoma calcarea* (VU) and *Mya truncatula* (NT).

4 indigenous species were observed during 2013 sampling. On the one hand the since centuries established species like *Amphibalanus improvisus* (Cirripedia) and *Mya arenaria* (Bivalvia) and at the other hand the recently introduced species (since 1980ies and 1990ies) of the genus *Marenzelleria* (Polychaeta). *Marenzelleria viridis* colonised the Pomeranian Bay in densities of 253 ind./ m^2 . *Mytilopsis leucophaeata*, a dreissenid mussel, was observed the first time in offshore waters of the Oderbank.

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 CHRISTIAN BURMEISTER, SUSANNE BUSCH, INES GLOCKZIN, REGINA HANSEN, UWE HEHL, ANNEMARIE JETTER, NADINE KEISER, GESINE LANGE, IRIS LISKOW, MICHAEL PÖTZSCH, SVENJA ZIMMERMANN sowie den bei der Datenbearbeitung engagierten Kolleginnen und Kollegen Dr. STEFFEN BOCK, JAN DONATH, Dr. SUSANNE FEISTEL, MONIKA GERTH und SOLVEY HÖLZEL. Den Kapitänen und Besatzungen der Forschungsschiffe „ALKOR“, „DENEK“ und „ELISABETH MANN BORGESE“ sowie den Fahrtleitern sei gedankt für die Unterstützung während der Messfahrten. 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

- BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE, 2013: Arbeitsplan 2014. Zur Wahrnehmung meereskundlicher Aufgaben in der Ostsee durch das Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde für das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. Hamburg, Dezember 2013.
- DARR, A., ZETTLER, M.L., 2000: Erstnachweis von *Congerina leucophaeata* (Conrad, 1831) in Mecklenburg-Vorpommern (Bivalvia: Dreissenidae). Malakologische Abhandlungen **20**, 197-200.
- 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.
- 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.
- 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.
- GIESKES, W.W.C., 1971: Ecology of the cladocera of the North Atlantic and the North Sea, 1960-1967. - Netherlands Journal of Sea Research **5** (3), 342-376.
- GOGINA, M., DARR, A., ZETTLER, M.L., 2014: Approach to assess consequences of hypoxia disturbance events for benthic ecosystem functioning. Journal of Marine Systems **129**, 203-213.
- GRINIENE, E., DAUNYS, D., OLENINA, I., HÖGLANDER, H., WASMUND, N., 2013: Phytoplankton ring test 2013. Counting of *Rhodomonas* sp. and *Nodularia spumigena* using different counting strategies and sedimentation chamber volumes. Report to HELCOM, November 2013. Klaipėda: HELCOM Phytoplankton Expert Group (HELCOM PEG). 39 S.

- 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.
- 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/Documents/Baltic%20sea%20trends/Environment%20fact%20sheets/Unusual%20phytoplankton%20event%20during%20winter%202007-2008_BSEFS2008.pdf
- 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: Climate change in the Baltic Sea area. HELCOM Thematic Assessment in 2007. – Baltic Sea Environment Proceedings **111**, 1-49.
<http://www.helcom.fi/Lists/Publications/BSEP111.pdf>
- 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.
<http://www.helcom.fi/Lists/Publications/BSEP115B.pdf>
- HELCOM, 2014: Manual for marine monitoring in the COMBINE programme of HELCOM. – Internet, updated January 2014:
<http://www.helcom.fi/Documents/Action%20areas/Monitoring%20and%20assessment/Manuals%20and%20Guidelines/Manual%20for%20Marine%20Monitoring%20in%20the%20COMBINE%20Programme%20of%20HELCOM.pdf>

- HOPPENRATH, M., ELBRÄCHTER, M., DREBES, G., 2009: Marine Phytoplankton. Selected microphytoplankton from the North Sea around Helgoland and Sylt. – Kleine Senckenberg-Reihe, 49.
- ICES, 2005: Report of the working group on introductions and transfers of marine organisms (WGITMO). - ICES CM 2005/ACME:05 Ref. E, 1-173.
- 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 Indicator Fact Sheet. <http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/eutrophication/shifts-in-the-baltic-sea-summer-phytoplankton-communities-in-1992-2006/>
- KONTULA, T., HALDIN, J. (EDS.) KARLSSON, A., FLORIN, A.B., FÜRHAUPTER, K., HERRMANN, C., KARLSSON, O., SONNTAG, N., AUTIO, I., LAAMANEN, M., ARRENDAL, J., BIRZAKS, J., BRZESKA, P., BOEDEKER, D., BUČAS, M., CHERNOVA, N., FEDOROV, V., GALATIUS, A., GERB, M., GLAZKOVA, E., GRUSZKA, P., HARIO, M., HERKÜL, K., HÄRKÖNEN, T., JOHANSSON, G., KARVINEN, V., KAUTSKY, H., KIECKBUSCH, J., KOSTAMO, K., KOVALCHUK, N., LAINE, A., LOŽYS, L., MARTIN, G., MAXIMOV, A., MORITZ, T., PUSCH, C., PÜTYS, Z., SCHIELE, K., SKÓRA, K., STERNIK, L., STĪPNIECE, A., SVEDÄNG, H., SVENSSON, M., THORUP, O., TJERNBERG, M., TORN, K., TYLIK, K., URHO, L. VITALE, F., VOLODINA, A., ZETTLER, M.L., 2013: HELCOM Red List of Baltic Sea species in danger of becoming extinct. Baltic Sea Environment Proceedings **140**, 1-106.
- LAAMANEN, M., 2002: Genetic and species diversity of planktonic cyanobacteria in the northern Baltic Sea. - Finnish Institute of Marine Research, Contributions No. 4.
- NAUSCH, G., NAUMANN, M., UMLAUF, L., MOHRHOLZ, V., SIEGEL, H., 2014: Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2013. – Meereswiss. Ber., Warnemünde **93**, 1-104 .
- ÖBERG, J., 2013: Cyanobacterial blooms in the Baltic Sea in 2013. - HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheets 2013. Online. <http://helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/eutrophication/cyanobacterial-blooms-in-the-baltic-sea/>
- 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. <http://www.helcom.fi/Lists/Publications/BSEP106.pdf>
- OLENINA, I., HAJDU, S., WASMUND, N., JAANUS, A., JURGENSONE, I., GROMISZ, S., KOWNACKA, J., TOMING, K., OLENIN, S., 2009: Impacts of invasive phytoplankton species on the Baltic Sea ecosystem in 1980-2008. HELCOM Indicator Fact Sheet. <http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/eutrophication/impacts-of-invasive-phytoplankton-species-on-the-baltic-sea-ecosystem-in-1980-2008/>
- OLENINA, I., KOWNACKA, J., 2010: An unusual phytoplankton event five years later: the fate of the atypical range expansion of marine species into the south-eastern Baltic. HELCOM

Indicator Fact Sheet. <http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/eutrophication/an-unusual-phytoplankton-event/>

- OLENINA, I., WASMUND, N., HAJDU, S., JURGENSONE, 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
- 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., 2013: Rote Liste der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* **70**(2), 81-176.
- SANDERS, R.W., 1995: Seasonal distributions of the photosynthesizing ciliates *Laboea strobila* and *Myrionecta rubra* (= *Mesodinium rubrum*) in an estuary of the Gulf of Maine. – *Aquat. Microb. Ecol.* **9**: 237-242.
- 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., ANTONI, S., 2010: Phytoplankton ring test 2007. Identification, counting and biomass determination of synthetic and natural phytoplankton samples. Final report. Umweltbundesamt, 198 pp.
- STICH, H.B., BRINKER, A., 2005: Less is better: Uncorrected versus pheopigment-corrected photometric chlorophyll-a estimation. – *Arch. Hydrobiol.* **162**, 111-120.
- STOECKER, D.K., SILVER, M.W., MICHAELS, A.E., DAVIS, L.H., 1988: Obligate mixotrophy in *Laboea strobila*, a ciliate which retains chloroplasts. – *Marine Biology* **99**, 415-423.
- TELESH, I., POSTEL, L., HEERKLOSS, R., MIRONOVA, E, SKARLATO, S., 2008: Zooplankton of the open Baltic Sea: Atlas. - *Meereswissenschaftliche Berichte* **73**, 3-251.
- UTERMÖHL, H., 1958: Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. – *Ass. intern. Limnol. théor.* **9**, 1-38.
- WACKLIN, P., HOFFMANN, L., KOMÁREK, J., 2009: Nomenclatural validation of the genetically revised cyanobacterial genus *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet et Flahault) comb. nova. - *Fottea* **9**, 59-64.
- WASMUND, N., 1984: Probleme der spektrophotometrischen Chlorophyllbestimmung. – *Acta hydrochim. hydrobiol.* **12**, 253-270.
- WASMUND, N., AUGUSTIN, C.B., POLLEHNE, F., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 2013 a: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2012. *Meereswissenschaftliche Berichte* **92**: 3-83.

- WASMUND, N., BUSCH, S., GROMISZ, S., HAJDU, S., HÖGLANDER, H., JAANUS, A., JOHANSEN, M., JURGENSONE, I., KARLSSON, C., KOWNACKA, J., KRAŚNIEWSKI, W., OLENINA, I., 2013 b: Cyanobacteria biomass. HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheet 2013. Online. <http://helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/eutrophication/cyanobacteria-biomass/>
- WASMUND, N., BUSCH, S., GROMISZ, S., HAJDU, S., HÖGLANDER, H., JAANUS, A., LEHTINEN, S., JOHANSEN, M., JURGENSONE, I., KARLSSON, C., KOWNACKA, J., KRAŚNIEWSKI, W., OLENINA, I., 2014: Cyanobacteria biomass. HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheet 2014. Eingereicht an HELCOM
- 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: Phytoplankton spring blooms in the southern Baltic Sea – spatio-temporal development and long-term trends. – J. Plankton Res. **20**, 1099-1117.
- WASMUND, N., G. NAUSCH, FEISTEL, R., 2013 c: Silicate consumption: an indicator for long-term trends in spring diatom development in the Baltic Sea. – J. Plankton Res. **35**, 393-406.
- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L. 2011 a: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2010. – Meereswissenschaftliche Berichte **85**, 3-87.
- WASMUND, N., POSTEL, L., ZETTLER, M.L. 2011 d: Biologische Bedingungen in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee im Jahre 2010. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **85**, 89-169.
- WASMUND, N., SCHÖPPE, C., GÖBEL, J., VONWEBER, M., 2011 b: Chlorophyll-a in den deutschen Ostseegewässern. Meeresumwelt Aktuell Nord- und Ostsee 2011/2. 1-8. http://www.blmp-online.de/PDF/Indikatorberichte/2011_02_d.pdf
- WASMUND, N., TOPP, I., SCHORIES, D., 2006 b: Optimising the storage and extraction of chlorophyll samples. – Oceanologia **48**, 125-144.
- WASMUND, N., TUIMALA, J., SUIKKANEN, S., VANDEPITTE, L., KRABERG, A. 2011 c: Long-term trends in phytoplankton composition in the western and central Baltic Sea. Journal of Marine Systems **87**: 145–159. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2011.03.010>
- WELSCHMEYER, N.A., 1994: Fluorometric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and pheopigments. – Limnol. Oceanogr. **39**, 1985-1992.
- 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 Februar bis Mai sowie der Juli/August- und Novemberfahrt 2013 in den Seegebieten. Zu Beginn jedes Stations-Blocks ist die durchschnittliche Phytoplanktonbiomasse (in $\mu\text{g/l}$) in Fettdruck angegeben. „Unbestimmte“, „Gymnodinales“ und „Peridinales“ wurden aus der Liste gelöscht. Fortsetzung auf Seite 83 !

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 February-May as well as cruises from July/August and November 2013. The mean phytoplankton biomass (in $\mu\text{g/l}$) is given on the top of each station block. „Unidentified“, „Gymnodinales“ and „Peridinales“ were deleted from the list. Continued on page 83 !

Februar-Mai	(%)	Juli/August	(%)	October/November	(%)
Kieler Bucht (Stat. OMBMPN3)					
Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	213	Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	2603	Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	1720
Ceratium tripos	35,8	Dactyliosolen fragilissimus	71,7	Ceratium tripos	74,8
Mesodinium rubrum	18,9	Alexandrium pseudogonyaulax	8,2	Ceratium fusus	5,9
Teleaulax	6,4	Prymnesiales	3,7	Dinophysis norvegica	4,7
Thalassionema nitzschioides	4,9	Ceratium tripos	3,0	Prorocentrum micans	3,2
Thalassiosira	4,8	Aphanizomenon	1,5	Ceratium lineatum	1,3
Heterocapsa rotundata	3,8	Prorocentrum minimum	0,7	Protoperdinium curtipes	1,2
Skeletonema marinoi	2,7	Cyanonephron styloides	0,5	Mesodinium rubrum	1,1
Protoperdinium pellucidum	2,2	Cymbomonas tetramitiformis	0,4	Dictyocha speculum	1,0
Rhizosolenia setigera	1,7	Gonyaulax cf.	0,4	Prymnesiales	1,0
Ceratium fusus	1,2	Chaetoceros affinis	0,3	Dinophysis acuminata	0,9
Lübecker Bucht (Stat. OMO22)					
Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	162	Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	899	Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	816
Mesodinium rubrum	30,8	Prorocentrum minimum	23,9	Ceratium tripos	77,3
Ceratium tripos	9,3	Ceratium tripos	16,7	Dictyocha speculum	4,8
Thalassiosira	6,8	Alexandrium pseudogonyaulax	14,2	Mesodinium rubrum	4,2
Teleaulax	5,2	Prymnesiales	13,5	Prymnesiales	2,9
Heterocapsa rotundata	5,1	Aphanizomenon	12,2	Ceratium fusus	2,8
Thalassionema nitzschioides	3,6	Dactyliosolen fragilissimus	2,3	Protoperdinium divergens	1,5
Skeletonema marinoi	2,3	Nodularia spumigena	1,8	Dinophysis norvegica	1,1
Protoperdinium pellucidum	2,1	Cyanonephron styloides	1,5	Prorocentrum micans	1,0
Rhizosolenia setigera	1,9	Aphanothece	1,3	Teleaulax	0,5
Mesodinium rubrum	30,8	Prorocentrum minimum	23,9	Ceratium tripos	77,3
Zentrale Mecklenburger Bucht (Stat. OMBMPM2)					
Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	250	Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	768	Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	2108
Skeletonema marinoi	32,0	Dactyliosolen fragilissimus	33,4	Ceratium tripos	82,4
Mesodinium rubrum	26,2	Ceratium tripos	26,1	Ceratium fusus	2,7

Teleaulax	4,6	Aphanizomenon	4,2	Prorocentrum micans	2,5
Thalassiosira	4,0	Prymnesiales	3,4	Dictyocha speculum	2,0
Ceratium tripos	3,3	Cymbomonas tetramitiformis	2,5	Ceratium lineatum	1,8
Thalassionema nitzschioides	1,6	Thalassiosira	2,0	Mesodinium rubrum	1,6
Heterocapsa rotundata	1,4	Plagioselmis prolonga	1,6	Dinophysis norvegica	1,6
Ebria tripartita	1,3	Nodularia spumigena	1,5	Protoperidinium depressum	0,6
Achnanthes taeniata	1,3	Coscinodiscus granii	1,4	Prymnesiales	0,5
Plagioselmis prolonga	1,2	Dictyocha speculum	1,0	Teleaulax	0,5
Östliche Mecklenburger Bucht (Stat. OMBMPM1)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	152	Phytopl.-Biomasse in µg/l	239	Phytopl.-Biomasse in µg/l	1714
Mesodinium rubrum	31,1	Ceratium tripos	20,4	Ceratium tripos	73,9
Skeletonema marinoi	18,2	Aphanizomenon	11,0	Ceratium lineatum	5,4
Ceratium tripos	4,7	Coscinodiscus granii	9,2	Prorocentrum micans	4,5
Heterocapsa rotundata	3,0	Prymnesiales	7,2	Ceratium fusus	3,1
Teleaulax	3,0	Mesodinium rubrum	7,0	Dictyocha speculum	2,1
Pyramimonas	2,0	Plagioselmis prolonga	6,5	Dinophysis norvegica	1,4
Plagioselmis prolonga	1,8	Teleaulax	5,9	Thalassiosira eccentrica	0,8
Prymnesiales	1,6	Pyramimonas	4,8	Protoperidinium depressum	0,7
Thalassiosira	1,5	Chaetoceros impressus	3,8	Mesodinium rubrum	0,7
Protoperidinium pallidum	1,5	Dinophysis acuminata	1,1	Teleaulax	0,6
Westliche Arkonasee (Stat. OMBMPK8)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	275	Phytopl.-Biomasse in µg/l	260	Phytopl.-Biomasse in µg/l	1488
Mesodinium rubrum	30,7	Coscinodiscus granii	25,3	Coscinodiscus granii	67,5
Skeletonema marinoi	24,2	Pyramimonas	11,5	Ceratium tripos	24,5
Actinocyclus	7,1	Mesodinium rubrum	9,2	Prorocentrum micans	1,0
Ebria tripartita	6,2	Teleaulax	5,0	Teleaulax	0,7
Thalassiosira	5,5	Chaetoceros impressus	4,7	Ceratium fusus	0,6
Teleaulax	1,8	Heterocapsa rotundata	4,7	Dictyocha speculum	0,6
Heterocapsa rotundata	1,4	Plagioselmis prolonga	4,1	Ceratium lineatum	0,5
Plagioselmis prolonga	1,2	Ceratium tripos	3,7	Actinocyclus	0,5
Eutreptiella	1,2	Aphanizomenon	2,8	Mesodinium rubrum	0,5
Pyramimonas	1,1	Euglenales	2,5	Plagioselmis prolonga	0,3
Zentrale Arkonasee (Stat. OMBMPK5)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	451	Phytopl.-Biomasse in µg/l	193	Phytopl.-Biomasse in µg/l	1383
Mesodinium rubrum	62,7	Mesodinium rubrum	17,2	Coscinodiscus granii	88,9
Actinocyclus	9,9	Pyramimonas	13,5	Ceratium tripos	1,5
Skeletonema marinoi	5,8	Aphanizomenon	10,2	Teleaulax	1,5
Ebria tripartita	3,7	Teleaulax	7,5	Mesodinium rubrum	0,9
Dinobryon balticum	1,4	Plagioselmis prolonga	6,9	Plagioselmis prolonga	0,7
Teleaulax	1,2	Ceratium tripos	4,5	Pyramimonas	0,7
Thalassiosira	1,1	Ebria tripartita	2,5	Actinocyclus	0,6
Plagioselmis prolonga	0,8	Nitzschia paleacea	2,4	Heterocapsa rotundata	0,5
Chaetoceros wighamii	0,7	Nodularia spumigena	2,4	Prymnesiales	0,5
Heterocapsa rotundata	0,6	Chaetoceros impressus	2,1	Eutreptiella	0,3
Östliche Arkonasee (Stat. OMBMPK4)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	287	Phytopl.-Biomasse in µg/l	92	Phytopl.-Biomasse in µg/l	2638
Mesodinium rubrum	65,2	Teleaulax	17,4	Coscinodiscus granii	96,7
Ebria tripartita	9,1	Aphanizomenon	15,4	Teleaulax	0,4
Peridiniella catenata	2,1	Pseudopedinella	15,2	Mesodinium rubrum	0,3
Dinobryon balticum	1,8	Actinocyclus	14,9	Plagioselmis prolonga	0,2
Teleaulax	1,7	Mesodinium rubrum	13,5	Prymnesiales	0,2
Eutreptiella	1,7	Ceratium tripos	3,8	Heterocapsa rotundata	0,2
Heterocapsa rotundata	1,5	Plagioselmis prolonga	2,8	Pyramimonas	0,2
Plagioselmis prolonga	1,4	Ebria tripartita	1,3	Eutreptiella	0,1
Actinocyclus	1,4	Pyramimonas	0,8	Ceratium tripos	0,1
Pyramimonas	0,9	Chaetoceros impressus	0,7	Dissodinium pseudolunula	0,1

Bornholmsee (Stat. OMBMPK2)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	701	Phytopl.-Biomasse in µg/l	99	Phytopl.-Biomasse in µg/l	450
Mesodinium rubrum	73,2	Mesodinium rubrum	26,7	Coscinodiscus granii	94,5
Scrippsiella spp. CPX	10,1	Teleaulax	16,1	Actinocyclus	1,3
Peridiniella catenata	1,9	Actinocyclus	13,0	Mesodinium rubrum	0,8
Dinophysis norvegica	0,9	Pseudopedinella	7,5	Teleaulax	0,6
Dinobryon balticum	0,7	Pyramimonas	7,3	Plagioselmis prolunga	0,4
Pyramimonas	0,7	Plagioselmis prolunga	5,0	Prymnesiales	0,2
Actinocyclus	0,5	Aphanocapsa	4,2	Hemiselmis	0,2
Heterocapsa rotundata	0,5	Ceratium tripos	1,8	Eutreptiella	0,1
Teleaulax	0,4	Nitzschia paleacea	1,4	Dinophysis norvegica	0,1
Peridiniella danica	0,4	Oocystis	1,1	Heterocapsa rotundata	0,1
Südliche Gotlandsee (Stat. OMBMPK1)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	1266	Phytopl.-Biomasse in µg/l	138	Phytopl.-Biomasse in µg/l	630
Scrippsiella spp. CPX	60,4	Prymnesiales	35,5	Coscinodiscus granii	87,8
Achnanthes taeniata	16,0	Cyanonephron styloides	7,6	Hemiselmis	2,0
Mesodinium rubrum	14,1	Plagioselmis prolunga	3,4	Actinocyclus	1,6
Peridiniella catenata	2,1	Mesodinium rubrum	3,4	Mesodinium rubrum	1,6
Heterocapsa rotundata	0,4	Pseudopedinella	3,2	Prymnesiales	0,9
Dinophysis acuminata	0,4	Teleaulax	2,0	Teleaulax	0,8
Katablepharis remigera	0,4	Katablepharis remigera	1,9	Plagioselmis prolunga	0,5
Prymnesiales	0,3	Pyramimonas	1,6	Chaetoceros impressus	0,3
Peridiniella danica	0,3	Nodularia spumigena	1,1	Dinophysis acuta	0,2
Thalassiosira	0,3	Leucocryptos marina	1,1	Peridinales	0,2
Östliche Gotlandsee (Stat. OMBMPJ1)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	410	Phytopl.-Biomasse in µg/l	444	Phytopl.-Biomasse in µg/l	894
Mesodinium rubrum	44,4	Prymnesiales	48,5	Coscinodiscus granii	83,3
Scrippsiella spp. CPX	28,2	Aphanizomenon	16,4	Mesodinium rubrum	8,2
Peridiniella catenata	5,9	Nodularia spumigena	9,4	Actinocyclus	1,6
Teleaulax	2,2	Mesodinium rubrum	2,0	Teleaulax	1,2
Dinophysis norvegica	1,9	Pseudanabaena limnetica	1,7	Aphanizomenon	0,6
Protoperdinium pallidum	1,6	Teleaulax	1,7	Eutreptiella	0,5
Aphanizomenon	1,4	Cyanodictyon planctonicum	1,7	Dinophysis norvegica	0,4
Dinophysis acuminata	1,2	Aphanothece	1,3	Prymnesiales	0,4
Heterocapsa rotundata	1,0	Aphanocapsa	1,2	Hemiselmis	0,4
Actinocyclus	0,9	Pseudopedinella	1,1	Plagioselmis prolunga	0,4

Tab. A2

Alphabetische Liste der im Jahre 2013 gefundenen Phytoplanktonarten und ihrer taxonomischen Zugehörigkeit mit Angabe der Rangfolge (nach Biomasse, alle Stationen einschl. zentrale Ostsee, alle Tiefen) und saisonalem Vorkommen (5 Terminfahrten). Im Gegensatz zu vorigen Berichten wurden nun auch die bisher nicht dargestellten unbestimmten Taxa einbezogen: Gymnodiniales, Peridinales, Craspedophyceae, Chrysophyceae, Centrales, Pennales, Unidentified und Unidentified flagellata.

Fortsetzung auf Seite 86 ff.

Table A2

Phytoplankton species list of 2013, with class affiliation, biomass rank (for all stations including central Baltic, all depths) and seasonal occurrence from the five monitoring cruises. In contrast to previous reports, also unidentified categories were included now: Gymnodiniales, Peridinales, Craspedophyceae, Chrysophyceae, Centrales, Pennales, Unidentified and Unidentified flagellata.

Continued on page 86 ff.

Artname (Gesamtliste)	Klasse	Rang	Feb.	März	Mai	Juli/ Aug.	Nov.
<i>Achnanthes taeniata</i>	Bacillarioph.	12		X	X		
<i>Actinocyclus</i> sp.	Bacillarioph.	8	X	X	X	X	X
<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	Dinophyceae	22				X	
<i>Amphidinium crassum</i>	Dinophyceae	119				X	X
<i>Amphidinium sphenoides</i>	Dinophyceae	104	X		X	X	
<i>Amylax triacantha</i>	Dinophyceae	79			X	X	X
<i>Anabaena</i> spp.	Cyanobact.	88				X	
<i>Anabaenopsis</i> spp.	Cyanobact.	146				X	
<i>Apedinella radians</i>	Chrysophyc.	105		X	X		
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Cyanobact.	14	X	X	X	X	
<i>Aphanocapsa</i> spp.	Cyanobact.	42	X	X	X	X	X
<i>Aphanothece</i> spp.	Cyanobact.	59	X	X	X	X	
<i>Aphanothece paralleliformis</i>	Cyanobact.	77		X		X	
<i>Attheya septentrionalis</i>	Bacillarioph.	65	X	X	X	X	
<i>Botryococcus</i> spp.	Chlorophyc.	142					X
Centrales	Bacillarioph.	96			X	X	X
<i>Cerataulina pelagica</i>	Bacillarioph.	106				X	X
<i>Ceratium fusus</i>	Dinophyceae	15	X	X		X	X
<i>Ceratium lineatum</i>	Dinophyceae	23				X	X
<i>Ceratium longipes</i>	Dinophyceae	30	X		X	X	X
<i>Ceratium tripos</i>	Dinophyceae	2	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> spp.	Bacillarioph.	43	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros affinis</i>	Bacillarioph.	47				X	
<i>Chaetoceros brevis</i>	Bacillarioph.	91		X	X	X	X
<i>Chaetoceros ceratosporus</i> var. <i>ceratosporus</i>	Bacillarioph.	136			X		
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>borealis</i>	Bacillarioph.	113				X	
<i>Chaetoceros circinalis</i>	Bacillarioph.	80				X	
<i>Chaetoceros contortus</i>	Bacillarioph.	103				X	
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Bacillarioph.	99		X	X	X	X

<i>Chaetoceros danicus</i>	Bacillarioph.	78	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Bacillarioph.	74			X		
<i>Chaetoceros diadema</i>	Bacillarioph.	107			X		
<i>Chaetoceros impressus</i>	Bacillarioph.	40	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros minimus</i>	Bacillarioph.	140				X	
<i>Chaetoceros pseudobrevis</i>	Bacillarioph.	101				X	
<i>Chaetoceros similis</i>	Bacillarioph.	141	X	X			
<i>Chaetoceros socialis</i>	Bacillarioph.	116		X	X	X	X
<i>Chaetoceros subtilis</i> var. <i>subtilis</i>	Bacillarioph.	66	X	X	X		
<i>Chaetoceros thronsdensii</i> var. <i>thronsdensii</i>	Bacillarioph.	110		X	X	X	
<i>Chaetoceros wighamii</i>	Bacillarioph.	32	X	X	X	X	
<i>Chrysophyceae</i>	Chrysophyc.	75	X	X		X	X
<i>Cladopyxis claytonii</i>	Dinophyceae	57	X	X	X	X	X
<i>Cocconeis</i> spp.	Bacillarioph.	125			X		
<i>Coelosphaerium minutissimum</i>	Cyanobact.	97			X	X	
<i>Coscinodiscus granii</i>	Bacillarioph.	1				X	X
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Bacillarioph.	73	X			X	X
<i>Craspedophyceae</i>	Craspedoph.	67	X	X	X	X	X
<i>Cryptomonadales</i>	Cryptophyc.	145			X		
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	Cyanobact.	68			X	X	
<i>Cyanonephron styloides</i>	Cyanobact.	63			X	X	
<i>Cyclotella</i> spp.	Bacillarioph.	129				X	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Bacillarioph.	137	X	X	X	X	X
<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>	Prasinophyc.	62				X	
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Bacillarioph.	5				X	X
<i>Detonula confervacea</i>	Bacillarioph.	112		X			
<i>Diatoma tenue</i>	Bacillarioph.	122		X	X		
<i>Dictyocha speculum</i>	Dictyochoph.	25	X	X	X	X	X
<i>Dinobryon</i> spp.	Chrysophyc.	115				X	
<i>Dinobryon balticum</i>	Chrysophyc.	41		X	X		
<i>Dinobryon faculiferum</i>	Chrysophyc.	121		X	X	X	
<i>Dinophysis</i> spp.	Dinophyceae	117					X
<i>Dinophysis acuminata</i>	Dinophyceae	39		X	X	X	X
<i>Dinophysis acuta</i>	Dinophyceae	72		X		X	
<i>Dinophysis norvegica</i>	Dinophyceae	17	X		X	X	X
<i>Dinophysis rotundata</i>	Dinophyceae	133				X	X
<i>Dissodinium pseudolunula</i>	Dinophyceae	120					X
<i>Ditylum brightwellii</i>	Bacillarioph.	55				X	X
<i>Ebria tripartita</i>	Ebriophyc.	19	X	X	X	X	X
<i>Euglenales</i>	Euglenoph.	86				X	
<i>Eutreptiella</i> spp.	Euglenoph.	33	X	X	X	X	X
<i>Gonyaulax</i> cf.	Dinophyceae	95				X	
<i>Guinardia delicatula</i>	Bacillarioph.	56				X	X
<i>Guinardia flaccida</i>	Bacillarioph.	48					X
<i>Gymnodiniales</i>	Dinophyceae	6	X	X	X	X	X
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	Dinophyceae	138				X	
<i>Gyrodinium spirale</i>	Dinophyceae	37	X	X	X	X	X
<i>Hemiselmis</i> spp.	Dinophyceae	34	X	X	X	X	X

<i>Heterocapsa rotundata</i>	Dinophyceae	21	X	X	X	X	X
<i>Katablepharis</i> spp.	Incertae sedis	111		X	X	X	
<i>Katablepharis remigera</i>	Incertae sedis	46	X	X	X	X	X
<i>Katodinium glaucum</i>	Dinophyceae	69	X	X	X	X	X
<i>Laboea strobila</i>	Oligotrichea	84	X	X	X	X	
<i>Lemmermanniella pallida</i>	Cyanobact.	89	X		X	X	
<i>Lemmermanniella parva</i>	Cyanobact.	143				X	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillarioph.	124				X	
<i>Leucocryptos marina</i>	Incertae sedis	35	X	X	X	X	X
<i>Licmophora</i> spp.	Bacillarioph.	114					X
<i>Melosira arctica</i>	Bacillarioph.	102		X			
<i>Merismopedia</i> spp.	Cyanobact.	108				X	X
<i>Merismopedia tenuissima</i>	Cyanobact.	118				X	X
<i>Mesodinium rubrum</i>	Litostomatea	3	X	X	X	X	X
<i>Monoraphidium contortum</i>	Chlorophyc.	131			X	X	X
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	Chlorophyc.	149	X		X		
<i>Monoraphidium minutum</i>	Chlorophyc.	148	X			X	
<i>Nitzschia paleacea</i>	Bacillarioph.	82				X	X
<i>Nodularia spumigena</i>	Cyanobact.	38				X	X
<i>Oocystis</i> spp.	Chlorophyc.	81	X	X	X	X	X
<i>Pachysphaera</i>	Prasinophyc.	134		X		X	
<i>Paralia sulcata</i>	Bacillarioph.	127		X	X		
<i>Pennales</i>	Bacillarioph.	85	X	X	X	X	X
<i>Peridinales</i>	Dinophyceae	28	X	X	X	X	X
<i>Peridiniella catenata</i>	Dinophyceae	26	X	X	X		X
<i>Peridiniella danica</i>	Dinophyceae	52			X	X	
<i>Plagioselmis prolunga</i>	Cryptophyc.	16	X	X	X	X	X
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Chlorophyc.	109	X	X	X	X	X
<i>Planktolyngbya</i> spp.	Cyanobact.	144	X			X	
<i>Planktolyngbya contorta</i>	Cyanobact.	132	X	X		X	X
<i>Polykrikos schwartzii</i>	Dinophyceae	100					X
<i>Proboscia alata</i>	Bacillarioph.	64				X	X
<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae	18	X			X	X
<i>Prorocentrum minimum</i>	Dinophyceae	27			X	X	X
<i>Protoperidinium</i> spp.	Dinophyceae	31	X	X	X	X	X
<i>Protoperidinium bipes</i>	Dinophyceae	98			X		X
<i>Protoperidinium curtipes</i>	Dinophyceae	70					X
<i>Protoperidinium curvipes</i>	Dinophyceae	93					X
<i>Protoperidinium depressum</i>	Dinophyceae	49					X
<i>Protoperidinium divergens</i>	Dinophyceae	53					X
<i>Protoperidinium pallidum</i>	Dinophyceae	51			X		
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	Dinophyceae	45			X	X	X
<i>Protoperidinium pentagonum</i>	Dinophyceae	126					X
<i>Protoperidinium steini</i>	Dinophyceae	87					X
<i>Prymnesiales</i>	Prymnesioph.	10		X	X	X	X
<i>Pseudanabaena</i> spp.	Cyanobact.	123				X	X
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	Cyanobact.	54		X	X	X	
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> GROUP	Bacillarioph.	147				X	X

<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	Bacillarioph.	76				X	X
<i>Pseudonitzschia seriata</i> GROUP	Bacillarioph.	139					X
<i>Pseudopedinella</i> spp.	Chrysophyc.	44	X	X	X	X	X
<i>Pterosperma</i> spp.	Prasinophyc.	90	X	X	X	X	X
<i>Pyramimonas</i> spp.	Prasinophyc.	24	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	Bacillarioph.	20			X	X	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	Bacillarioph.	36	X	X	X	X	X
<i>Romeria</i> spp.	Cyanobact.	130				X	
<i>Scrippsiella</i> COMPLEX	Dinophyceae	4			X	X	X
<i>Skeletonema marinoi</i>	Bacillarioph.	7	X	X	X	X	X
<i>Snowella</i> spp.	Cyanobact.	60	X	X	X	X	X
<i>Teleaulax</i> spp.	Cryptophyc.	11	X	X	X	X	X
<i>Telonema</i> spp.	Incertae sedis	50	X	X	X	X	X
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Bacillarioph.	29	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira</i> spp.	Bacillarioph.	13	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira baltica</i>	Bacillarioph.	92		X			
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	Bacillarioph.	58				X	X
<i>Thalassiosira hyperborea</i> var. <i>pelagica</i>	Bacillarioph.	135		X			
<i>Thalassiosira punctigera</i>	Bacillarioph.	71					X
<i>Thalassiosira rotula</i>	Bacillarioph.	128			X		
<i>Trachelomonas</i> spp.	Euglenoph.	83	X	X	X	X	X
<i>Unidentified</i>	-	9	X	X	X	X	X
<i>Unidentified flagellata</i>	-	61	X	X	X	X	X
<i>Verrucophora farcimen</i>	Dictyochoph.	94		X			
Anzahl der Taxa: insgesamt 149			59	72	84	113	90

Tab. A3

Liste der im Jahre 2013 gefundenen Taxa mit Erstbeschreibung, taxonomischer Stellung und Seriennummer (TSN) des ‚Integrated Taxonomic Information System‘ (ITIS) und saisonales Vorkommen im Untersuchungsgebiet.

Table A3

Seasonal occurrence of taxa found in the investigation area in 2013 with information on original description, taxonomic rank and serial number from the Integrated Taxonomic Information System (ITIS).

	Rang	TSN	Feb	März	Mai	Aug	Nov
Protozoa							
Tintinnidae Claparède & Lachmann, 1858	Familie	46743			0	0	
Annelida							
<i>Harmothoe</i> spp. Kinberg, 1855	Gattung	64502	0	0	0	0	0
Spionidae Grube, 1850	Familie	66781	0	0	0	0	0
<i>Pectinaria</i> spp. Savigny in Lamarck, 1818	Gattung	67706					0
Arthropoda - Crustacea							
Copepoda							
<i>Acartia bifilosa</i> Giesbrecht, 1881	Art	86095	0	0	0	0	0
<i>Acartia longiremis</i> Lilljeborg, 1853	Art	86087	0	0	0	0	0
<i>Acartia tonsa</i> Dana, 1849	Art	86088			0	0	0
<i>Calanus</i> spp. Leach, 1819	Art	85263					0
<i>Centropages hamatus</i> Lilljeborg, 1853	Art	85766	0	0	0	0	0
<i>Centropages typicus</i> Krøyer, 1849	Art	85767			0		
<i>Eurytemora affinis</i> Poppe, 1880	Art	85863		0	0	0	
<i>Euterpina acutifrons</i> Dana, 1849	Art	86546		0	0	0	0
<i>Limnocalanus macrurus</i> G.O. Sars, 1863	Art	85775	0	0	0	0	0
<i>Longipedia</i> spp. Claus, 1862	Gattung	86127			0		
<i>Microsetella</i> spp. Brady & Robertson, 1873	Gattung	86208	0	0	0	0	0
<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	Art	88805	0	0	0	0	0
<i>Paracalanus parvus</i> Claus, 1863	Art	85323				0	0
<i>Pseudocalanus</i> spp. Boeck, 1872	Gattung	85369	0	0	0	0	0
<i>Temora longicornis</i> O.F.Müller, 1785	Art	85877	0	0	0	0	0
Phyllopoda							
<i>Bosmina</i> spp. Baird, 1845	Gattung	83936		0	0	0	0
<i>Evadne nordmanni</i> Lovén, 1836	Art	86546	0	0	0	0	0
<i>Podon intermedius</i> Lilljeborg, 1853	Art	83965	0			0	0
<i>Podon leuckartii</i> G. O. Sars, 1862	Art	83966	0	0	0	0	0
<i>Cercopagis pengoi</i> Ostroumov, 1891	Art	684625				0	
<i>Pleopsis polyphaemoides</i> (Leuckart, 1859)	Art	684626				0	0
andere Crustacea							
<i>Diastylis</i> spp. Say, 1818	Gattung	90836			0		0
Ostracoda Latreille, 1802	Class	84195		0	0		
<i>Crangon crangon</i> Linnaeus, 1758	Art	107552				0	0
<i>Carcinus maenas</i> Linnaeus, 1758	Art	107381				0	0
Lophogastrida Sars, 1870	Ordnung	89808					0

Tab. A3 Fortsetzung:

Table A3 continued:

	Rang	TSN	Feb	März	Mai	Aug	Nov
andere Crustacea							
Facetotecta	Infraklasse	621149	0	0			
Gammaridea	Familie	93745				0	
<i>Balanus</i> spp. Da Costa, 1778	Gattung	89600	0	0	0	0	0
Bryozoa							
Gymnolaemata Allman, 1856	Class	155471	0	0			0
Chaetognatha							
Sagittidae Claus and Grobben, 1905	Familie	158726	0	0	0	0	0
Chordata							
<i>Fritellaria borealis</i> Lohmann, 1896	Art	159675	0	0	0		0
<i>Oikopleura dioica</i> Fol 1872	Art	159669	0			0	0
Teleostei	Infraklasse	161105	0	0	0	0	0
Cnidaria & Ctenophora							
Ctenophora Eschscholtz, 1829	Stamm	53856	0	0	0	0	0
<i>Aurelia aurita</i> Linnaeus, 1758	Art	51701	0	0	0	0	
<i>Rathkea octopunctata</i> M. Sars, 1835	Art	49387	0				0
<i>Euphysa aurata</i> Forbes, 1848	Art	48976	0			0	0
<i>Sarsia tubulosa</i> M.Sars, 1835	Art	49055			0		0
Leptothecatae	Ordnung	718926					0
<i>Obelia geniculata</i> Linnaeus, 1758	Art	49522					0
Echinodermata							
<i>Asterias</i> spp. Linnaeus, 1758	Gattung	157215				0	0
<i>Ophiura</i> spp. Lamarck, 1801	Gattung	157411					0
Phoronida							
<i>Phoronis muelleri</i> Selys-Longchamps, 1903	Art	206663					0
Platyhelminthes							
<i>Alaurina</i> spp. Metschnikoff, 1861	Art	54024	0	0	0	0	0
Turbellaria	Klasse	54025	0				
Trematoda Rudolphi, 1808	Klasse	54556			0		
Molluska							
Bivalvia Linnaeus, 1758	Klasse	79118	0	0	0	0	0
Gastropoda Cuvier, 1797	Klasse	69459	0	0	0	0	0
Nematoda							
	Stamm	59490	0	0	0		
Rotifera							
<i>Synchaeta</i> spp. Ehrenberg, 1832	Gattung	59255	0	0	0	0	0
<i>Keratella</i> spp. Bory de St.Vincent, 1822	Gattung	58348				0	0

Tab. A4

Verbreitung des Makrozoobenthos an den 7 Stationen im November 2013. In der rechten Spalte sind die Arten der Roten Liste (RACHOR et al. 2013) indiziert (1=vom Aussterben bedroht, 2=stark gefährdet, 3=gefährdet, G=Gefährdung anzunehmen, V=Vorwarnliste, R=extrem selten, D=Daten defizitär, *=ungefährdet, nb=nicht bewertet).

Table A4

Distribution of macrozoobenthos at 7 stations in November 2013. In the right column the red list (RACHOR et al. 2013) species are indicated (1=critically endangered, 2=endangered, 3=vulnerable, G=probably vulnerable, V=near threatened, R=very rare, D=data deficient, *=least concern, nb=not evaluated).

Taxa	N3	N1	M2	OM18	K8	K4	OM160	RL2013
Amphipoda								
<i>Corophium volutator</i>							X	*
<i>Crassikorophium crassicorne</i>		X			X			*
<i>Gammarus oceanicus</i>					X			*
<i>Gammarus salinus</i>					X		X	*
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>			X	X	X			*
<i>Pontoporeia femorata</i>		X				X		V
<i>Protomeдея fasciata</i>		X						R
Anthozoa								
<i>Actinia equina</i>		X						D
<i>Edwardsia danica</i>	X			X				D
Arachnida								
Halacaridae	X							nb
Asciacea								
<i>Ciona intestinalis</i>	X							*
<i>Dendrodoa grossularia</i>	X	X						V
<i>Molgula manhattensis</i>	X							D
Bivalvia								
<i>Abra alba</i>	X	X	X	X				*
<i>Arctica islandica</i>	X	X	X	X				3
<i>Astarte borealis</i>	X			X	X			G
<i>Astarte elliptica</i>	X	X						G
<i>Cerastoderma glaucum</i>					X		X	*
<i>Corbula gibba</i>	X	X		X				*
<i>Hiatella arctica</i>	X							*
<i>Kurtiella bidentata</i>	X	X		X				*
<i>Macoma balthica</i>	X	X	X	X	X	X	X	*
<i>Macoma calcarea</i>	X							1
<i>Musculus discors</i>	X							G
<i>Musculus niger</i>	X							G
<i>Musculus subpictus</i>	X							G
<i>Mya arenaria</i>				X	X		X	*
<i>Mya truncata</i>	X							2
<i>Mytilopsis leucophaeata</i>							X	nb
<i>Mytilus edulis</i>	X	X		X	X	X	X	*
<i>Parvicardium pinnulatum</i>	X	X						D
<i>Parvicardium scabrum</i>	X							D

Taxa	N3	N1	M2	OM18	K8	K4	OM160	RL2013
Turbellaria							X	nb
Polychaeta								
Alitta virens		X						D
Ampharete acutifrons			X			X		*
Ampharete baltica	X	X	X	X	X	X		*
Arenicola marina					X			*
Aricidea minuta	X							*
Aricidea suecica	X			X	X			*
Bylgides sarsi		X	X	X	X	X		*
Capitella capitata			X		X			*
Dipolydora quadrilobata	X	X	X	X	X	X		*
Eteone longa	X				X			*
Eumida sanguinea	X			X				*
Harmothoe imbricata	X	X		X	X			D
Hediste diversicolor					X		X	*
Heteromastus filiformis	X	X	X	X	X			*
Lagis koreni	X	X	X	X	X			*
Laonome kroyeri	X							D
Lepidonotus squamatus				X				*
Levinsenia gracilis	X		X					*
Marenzelleria viridis					X		X	nb
Neoamphitrite figulus	X			X				*
Nephtys caeca	X							*
Nephtys ciliata	X	X	X	X				*
Nephtys hombergii	X	X	X	X				*
Nereimyra punctata	X	X		X				G
Ophelia rathkei					X			V
Pherusa plumosa	X	X						D
Pholoe assimilis	X	X		X				D
Pholoe baltica	X							*
Phyllodoce groenlandica		X						*
Phyllodoce maculata				X				*
Phyllodoce mucosa	X	X		X	X			*
Pseudopolydora pulchra	X							*
Pygospio elegans	X			X	X		X	*
Scalibregma inflatum	X	X						G
Scoloplos armiger	X	X		X	X	X		*
Sphaerodoropsis baltica					X			D
Spio goniocephala					X			*
Streblospio shrubsolii							X	V
Terebellides stroemii	X	X	X	X				*
Travisia forbesii					X			G
Trochochaeta multisetosa						X		D
Porifera								
Chalinula limbata	X	X	X					D
Haliclona oculata		X						D
Leucosolenia sp.	X							nb
Priapulida								
Priapulus caudatus		X						nb
Artenzahl XX8	70	45	119	40	44	10	21	
Abundanz (Ind./m²)	6390	5851	498	5028	4475	314	5817	
Biomasse (AFTM g/m²)	100,4	83,8	9,7	21,9	67,1	0,4	5,1	

Wasmund, N.; Dutz, J.; Pollehne, F.;
Siegel, H.; Zettler, M.L.:
Biologische Zustandseinschätzung
der Ostsee im Jahre 2013.

CONTENT

Kurzfassung/Abstract

- 1 Introduction
- 2 Material and methods
- 3 The abiotic situation in 2013
- 4 Results
 - 4.1 Phytoplankton
 - 4.2 Mesozooplankton
 - 4.3 Macrozoobenthos

Zusammenfassung/Summary

Acknowledgements

References

Annex

