

Meereswissenschaftliche Berichte

MARINE SCIENCE REPORTS

No. 85

Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2010

von

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

S. 3-87

Biologische Bedingungen in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee im Jahre 2010

von

Norbert Wasmund, Lutz Postel und Michael L. Zettler

S. 89-169

**Leibniz-Institut für Ostseeforschung
Warnemünde**

2011

Wasmund, N.; Pollehne, F.; Postel, L.; Siegel., H; Zettler, M.L.:
 Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2010

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abstract	5
Kurzfassung	6
1. Einleitung	7
2. Material und Methoden	8
2.1 Beprobungs-Strategie	8
2.2 Phytoplankton	10
2.3 Algenpigmente	11
2.4 Mesozooplankton	14
2.5 Makrozoobenthos	16
2.6 Sedimentation	17
2.7 Qualitätssicherung	18
3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2010	19
4. Ergebnisse	19
4.1 Phytoplankton	19
4.1.1 Satellitengestützte Darstellung der raum-zeitlichen Phytoplanktonentwicklung	19
4.1.2 Jahrgang von Artenzusammensetzung und Biomasse	21
4.1.2.1 Frühjahrsblüte	23
4.1.2.2 Sommerblüte	25
4.1.2.3 Herbstblüte	26
4.1.3 Invasive Phytoplankton-Arten	34
4.1.4 Jahrgang und Trend der Chlorophyll a – Konzentration	35
4.1.5 Sedimentation	38
4.2 Mesozooplankton	45
4.2.1 Artenspektrum, Wasseraustausch und Neozoen	45
4.2.2 Abundanzrückgang seit Beginn der neunziger Jahre	47
4.2.3 Pelago-benthische Beziehungen	50
4.3 Makrozoobenthos	51
4.3.1 Sedimente	51
4.3.2 Sauerstoff und Salzgehalt	51
4.3.3 Makrozoobenthos an den Stationen	52
4.3.4 Langfristiger Trend	56
4.3.5 Rote Liste	61
4.3.6 Neozoen	62
4.3.7 Diskussion	63
Zusammenfassung	64
Summary	68
Danksagung	72
Literaturverzeichnis	73
Anhang	79

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 Baltic Proper, existing since 1979, was continued in 2010.

The phytoplankton spring bloom start in Kiel Bight at the end of January and reaches its maximum with almost 7 g/L in the mid of March, mainly with *Rhizosolenia setigera*, *Skeletonema costatum* and *Coscinodiscus radiatus*. The share of *Mesodinium rubrum* in the spring bloom increases towards the east. In comparison with previous years, *Dictyocha speculum* and *Chrysochromulina* sp. have strongly diminished. The usual diatom summer bloom was not found. Cyanobacteria were dominant in the Arkona Sea temporarily. Strong diatom but no dinoflagellate blooms occurred in November 2010. The bloom-forming diatom was *Pseudosolenia calcar-avis* in Kiel Bight and Mecklenburg Bight and *Coscinodiscus granii* in the Arkona Sea.

The chlorophyll a method was changed. It is strongly recommended to use only the data corrected for pheopigment (Chl.a-kor) until 2009. Since the year 2010 we apply a new fluorometric method which delivers data called "Chl.a-tot-NEU". Parallel measurements performed in 2010 showed that no break in data series occurred by the change.

Sedimentation records of organic matter in the Arkona Basin over the year 2010 displayed sedimentation maxima in spring and autumn. Mainly due to the high input of resuspended material the total annual flux for the single elements exceeded the values of the previous year by far and amounted to 628 mmol C, 68 mmol N, 228 mmol Si and 6.7 mmol P m⁻² a⁻¹ at a mass flux of 133 g dry mass m⁻² a⁻¹.

The total number of mesozooplankton taxa amounted to 41 from the beginning of the BSH-financed monitoring, with most taxa found in 1998 and 2010. In 2010, the number increased by six in comparison to the previous year. New neozoans were not found. The declining tendency of mesozooplankton abundance since the early 1990s is still continuing, probably additionally caused by the strong winter and the too early sampling time of the July-cruise in respect to cladocerans.

The 118 species found in the macrozoobenthos in 2010 mark a very low diversity within the 20 years of zoobenthos monitoring conducted by the IOW. A defaunation process due to an oxygen deficit situation was observed in 2010 in the Fehmarnbelt and Mecklenburg Bight. The abundances varied in respect to the area between 91 and 7.000 ind./m². The biomasses (ash free dry weight) ranged from 1 g/m² in the central Arkona Basin to 91 g/m² in Kiel Bight. At the 8 monitoring stations altogether 19 species of the Red List could be observed. 4 indigenous species were observed during the 2010 sampling.

Kurzfassung

Die 1979 begonnene HELCOM-Datenreihe der Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos wurde im Jahre 2010 in der Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht und der eigentlichen Ostsee fortgesetzt.

Die Phytoplankton-Frühjahrsblüte beginnt in der Kieler Bucht bereits Ende Januar und erreicht das Maximum mit fast 7 g/L Mitte März. Sie war im Jahre 2010 als klassische Kieselalgenblüte ausgeprägt (*Rhizosolenia setigera*, *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus radiatus*), der in östliche Richtung zunehmend *Mesodinium rubrum* beigemischt ist. Die in früheren Jahren bedeutenden *Dictyocha speculum* und *Chrysochromulina* spp. traten nur gering auf. Eine in früheren Jahren gefundene Kieselalgen-Sommerblüte konnte im Jahre 2010 nicht nachgewiesen werden. In der Arkonasee dominierten im Juli die Cyanobakterien. Im November 2010 finden wir in der westlichen Ostsee starke Kieselalgenblüten bei nur geringen Dinoflagellaten-Biomassen. Die Kieselalgen wurden in der Kieler und Mecklenburger Bucht fast ausschließlich durch *Pseudosolenia calcar-avis* und in der Arkonasee durch *Coscinodiscus granii* repräsentiert.

Wesentliche Änderungen der Chlorophyll-Bestimmungsmethode werden diskutiert. Für die Eingabe in Datenbanken (Datenbank des BSH, ICES) sollten bis einschließlich 2009 unsere für Phaeopigment korrigierten Werte (Chl.a-kor) verwendet werden. Ab dem Jahr 2010 sind die mit einer neuen fluorometrischen Methode bestimmten Werte (Chl.a-tot-NEU) zu verwenden. Ein Bruch in der Datenreihe entsteht dadurch nicht.

Die Sedimentation des organischen Materials im Arkonabecken im Jahr 2010 zeigte Maxima im Frühjahr und Herbst. Durch den starken sturmbedingten Eintrag von resuspendiertem Material übertraf der vertikale Exportfluss die Werte des Vorjahres bei weitem und betrug für partikulären Kohlenstoff 628 mmol, für Stickstoff 68 mol, für Silikat 228 mmol und für Phosphor 6,7 mmol m⁻² a⁻¹ bei einem Massefluss von 133 g m⁻² a⁻¹ Trockenmasse.

Das Gesamt-Anzahl der Mesozooplankton-Taxa seit Beginn des BSH-finanzierten Monitoring betrug 41. Die Zahl stieg im Jahre 2010 im Vergleich zum Vorjahr um 6 an. Neue Neozoen wurden nicht gefunden. Der Rückgang der Gesamtabundanz des Mesozooplanktons im Vergleich zu den frühen 90er Jahren blieb in der Tendenz erhalten, wahrscheinlich verstärkt durch den strengen Winter und den für Cladoceren zu frühen Zeitpunkt der Sommerexpedition.

Mit insgesamt 118 ist die Artenzahl des Makrozoobenthos an den 8 offshore-Stationen im Jahr 2010 im Vergleich zu den Vorjahren als niedrig zu bezeichnen. Diese niedrige Artenzahl ist auf anhaltenden Sauerstoffmangel insbesondere im Fehmarnbelt und der Mecklenburger Bucht zurückzuführen. In Abhängigkeit vom Seegebiet schwankten die Individuendichten zwischen 91 und 7.000 Ind./m². Bei den Biomassen wurden ebenfalls die zu erwartenden Unterschiede (1 g bis 91 g AFTM/m²) beobachtet. An den 8 Monitoringstationen konnten insgesamt 19 Arten der Roten Liste nachgewiesen werden. Der Anteil an Neozoen war 2010 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) in der westlichen Ostsee im Auftrage des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und in der zentralen Ostsee mit Eigenmitteln des IOW durchgeführt wird. Es ist Bestandteil des internationalen Umweltüberwachungsprogramms der Helsinki-Kommission (HELCOM), das seit dem Jahre 1979 durchgeführt wird und an dem das Vorgänger-Institut des IOW von Anfang an beteiligt war. Es beinhaltet neben den biologischen Komponenten auch ein umfangreiches hydrographisch-chemisches Untersuchungsprogramm (NAUSCH et al. 2011). Mit Gründung des IOW im Jahre 1992 wird der deutsche Beitrag zum Monitoring-Programm der HELCOM kontinuierlich weitergeführt. Der biologische Teil dieses Programms wurde von 1991-1995 vom Umweltbundesamt gefördert (v. BODUNGEN et al. 1996). Ab dem Jahre 1997 führt das IOW das biologische Monitoring im Auftrag des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) durch. Ab dem Jahre 2008 beschränkt sich das vom BSH finanzierte Programm im wesentlichen auf die Ausschließliche Wirtschaftszone Deutschlands (AWZ). Die traditionelle Beprobung in der Bornholmsee und der östlichen Gotlandsee wurde aus Mitteln des IOW fortgesetzt.

Die gewonnenen Daten gehen in das Bund-Länder-Meßprogramm (BLMP, siehe <http://www.blmp-online.de/Seiten/Infos.html>) der deutschen Küstenländer ein. Sie werden über nationale Datenbanken (in Deutschland die Datenbank des BSH) jährlich an die HELCOM-Datenbank, die beim ICES (International Council for the Exploration of the Sea, siehe <http://www.ices.dk/indexnofla.asp>) angesiedelt ist, gemeldet (zusammen mit einem nationalen Kommentar). Im Abstand von 5 Jahren wurden die Ergebnisse in Periodischen Assessments der HELCOM zusammengefaßt und in internationalen Arbeitsgruppen wissenschaftlich bewertet (HELCOM 1987, 1990, 1996, 2002). Gegenwärtig legt HELCOM verstärkt Wert auf aktuellere Berichte in Form der „Indicator Fact Sheets“ (HAJDU et al. 2006, FLEMING and KAITALA 2007, JAANUS et al. 2007, HAJDU et al. 2008, KAITALA and HÄLLFORS 2008, OLENINA et al. 2009, HANSSON AND ÖBERG 2010, OLENINA AND KOWNACKA 2010, WASMUND et al. 2011 a). Außerdem werden spezielle Thematische Assessments veröffentlicht, z.B. über Einflüsse klimatischer Veränderungen (HELCOM 2007) oder der Eutrophierung (HELCOM 2009).

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. Die biologischen Umweltdaten diverser europäischer Institute werden im Rahmen von EU-Netzwerken gesammelt und ausgewertet (z.B. MARBEF, siehe <http://www.marbef.org/>). Den gesetzlichen Rahmen für die forcierte internationale Zusammenarbeit bilden die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, siehe EUROPEAN UNION 2000, und <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:DE:HTML>) sowie die EG-Meerestrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL, siehe EUROPEAN UNION 2008, und <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:DE:PDF>) Als vorbereitende Arbeit zur Umsetzung der MSRL ist nach einer Definition von

Umweltzielen der Zustand der Meeresumwelt zu bewerten. Es liegen Berichte zum Stand der Umsetzung der MSRL unter <http://www.meeresschutz.info/index.php/berichte.html> vor. Entsprechende Monitoringprogramme sind zu unterhalten bzw. aufzubauen. Ein darauf aufbauendes Maßnahmenprogramm sowie ein Netz an Meeresschutzgebieten vervollständigen die Meeresstrategie mit ihrem Ziel, den guten Zustand der Meeresumwelt zu erhalten oder wo erforderlich wieder herzustellen.

Die umfassende Auswertung der Daten wird im IOW ermöglicht durch die enge Zusammenarbeit von Ozeanographen, Meereschemikern und Biologen. Die biologischen Daten werden vor dem Hintergrund der hydrographisch-chemischen Zustandseinschätzung interpretiert, die für das Jahr 2010 bereits erschienen ist (NAUSCH et al. 2011).

Die Bearbeitung des Phytoplanktonkapitels lag in den Händen von Dr. NORBERT WASMUND. Die Zooplanktonpassagen wurden von Dr. LUTZ POSTEL und der Makrozoobenthosteil von Dr. MICHAEL L. ZETTLER verfasst. Die Sinkstofffallen wurden von Dr. FALK POLLEHNE und die Satellitenbilder von Dr. HERBERT SIEGEL bearbeitet.

2. Material und Methoden

2.1 Beprobungs-Strategie

Die Aufgaben des IOW sind im Arbeitsplan des BSH festgelegt (BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFAHRT UND HYDROGRAPHIE 2010). 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 2010) verbindlich vorgeschrieben. Für die Auswertung der Sinkstoff-Fallen und der Satellitenbilder gibt es noch keine HELCOM-Methodenvorschriften.

Die Stationen für die biologischen Untersuchungen sind in Abb. 1 dargestellt. Die Untersuchungsfahrten des Jahres 2010 konnten mit Eigenmitteln des IOW bis in die zentralen Ostseebecken fortgesetzt werden.

Seit einigen Jahren wird nicht mehr die IOW-interne Bezeichnung der Stationen, sondern die offizielle BLMP- und ICES-Nomenklatur nach ICES-Station-Dictionary verwendet. In Ausnahmefällen wird in Abbildungen und Tabellen aus Platzgründen aber auf den in diesem Bericht redundanten Präfix „OMBMP“ verzichtet. Die Entsprechungen der Stationsbezeichnungen sind aus Tab. 1 ersichtlich. Die bislang verwendeten IOW-Stationennummern sind parallel noch einmal in Tab. 3 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. Im Jahre 2010 erhielten wir keine Phytoplanktonproben der Lübecker und Mecklenburger Bucht vom

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) zur Bearbeitung, da das LLUR nun Kapazität hat, diese Proben selbst zu analysieren. Frau Jeanette Göbel (LLUR) schickte uns aber ihre Daten von der Lübecker und Mecklenburger Bucht, die wir wie in den Vorjahren wieder in unsere Jahresgang-Darstellungen einbeziehen konnten. Die bislang vom IOW für das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) genommenen Phytoplanktonproben werden auf Wunsch des LUNG nicht mehr genommen. Die Übergabe von dänischen Phytoplankton-Proben des National Environmental Research Institute (NERI) aus der Arkonasee an das IOW beschränkte sich nur auf 2 Proben vom Januar 2010.

Die Sinkstoff-Fallen sind ab dem Jahre 2008 erstmals im Meßfeld Arkonabecken (siehe Station AB in Abb. 1) installiert worden. In diesem Bericht werden die Daten der Sinkstoff-Fallen des Jahres 2010 gezeigt, wobei einschränkend gesagt werden muss, dass der Jahresgang aufgrund technischer Probleme nicht komplett ist.

Zu den Zooplanktonproben gibt es in Tab. 3 noch eine gesonderte Statistik, aus der die Anzahl der Hols pro Station im Rahmen des BSH-Monitorings abzuleiten ist. Makrozoobenthos-Proben werden nur einmal im Jahr (im Oktober/November) von insgesamt 8 Stationen (siehe Tab. 4 auf Seite 17) genommen.

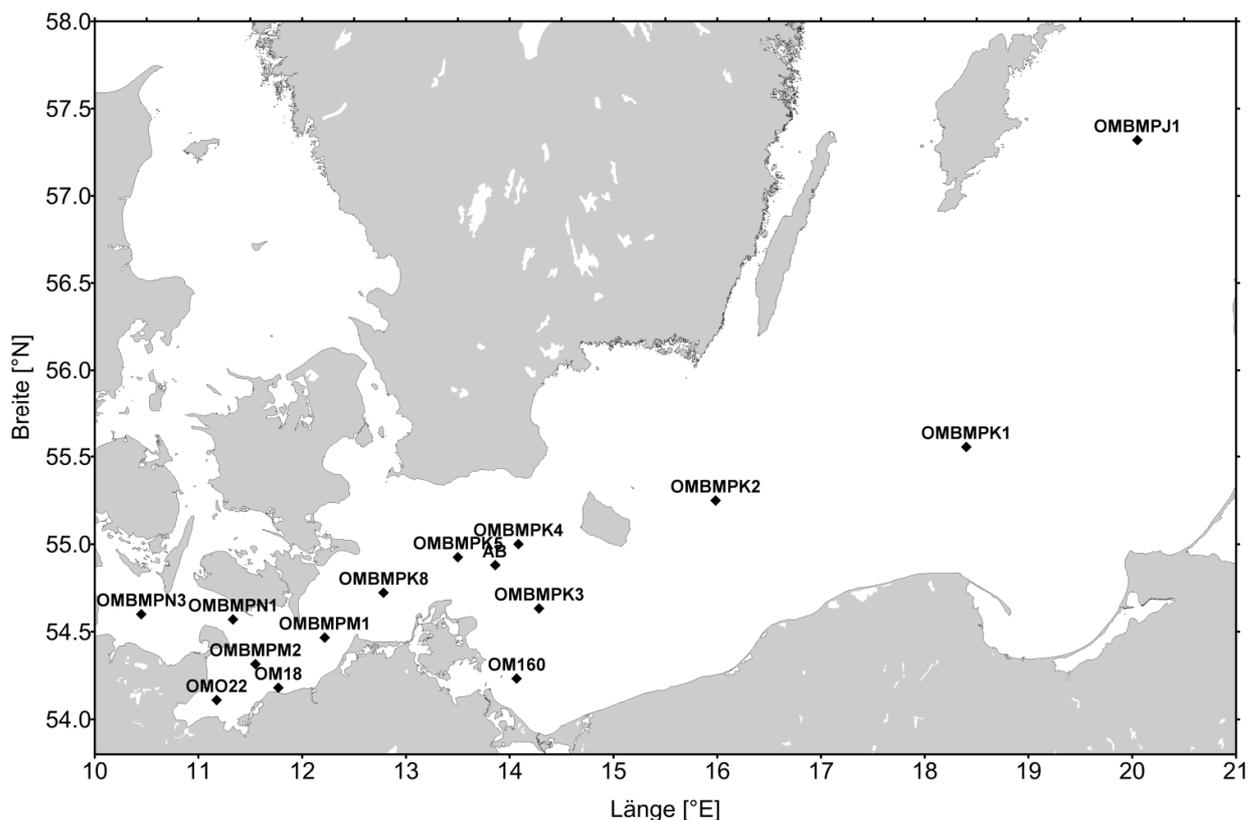


Abb. 1: Die Lage der beprobten Stationen in der Ostsee.

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

Tab. 1

Häufigkeit der Probenahme (= Anzahl der Probentermine) zur Gewinnung der biologischen Daten des IOW im Jahre 2010. Gekürzte Stationsnummern, die teilweise in diesem Bericht verwendet werden, in Spalte 2.

Table 1

Sampling statistics for different parameters specified for sampling stations in 2010. Short name of international station number inserted in column 2.

Stationsnummer	Verkürzte Stationsnummer	Chloro- phyll	Phyto- plankton	Zoo- plankton	Zoo- benthos
Beltsee	Beltsee				
OMBMPN ₃	N ₃	5	5	5	1
OMBMPN ₁	N ₁	-	-	-	1
OMBMPM ₂	M ₂	10	10	9	1
OMO ₂₂	O ₂₂	5	5	-	-
OM ₁₈	OM ₁₈	-	-	-	1
OMBMPM ₁	M ₁	10	10	8	-
Arkonasee	Arkonasee				
OMBMPK ₈	K ₈	9	9	7	1
OMBMPK ₅	K ₅	10	10	9	-
OMBMPK ₄	K ₄	6	6	1	1
Pommernbucht	Pommernbucht				
OMBMPK ₃	K ₃	-	-	-	1
OM ₁₆₀	OM ₁₆₀	-	-	-	1
Bornholmsee	Bornholmsee				
OMBMPK ₂	K ₂	8	8	7	-
Östl. Gotlandsee	Östl. Gotlandsee				
OMBMPK ₁	K ₁	5	5	5	-
OMBMPJ ₁	J ₁	5	5	5	-

2.2 Phytoplankton

Im allgemeinen wurden an jeder Station 2 Phytoplanktonproben genommen: eine Oberflächen-Mischprobe, für die Wasser von 1 m, 2,5 m, 5 m, 7,5 m und 10 m Tiefe zu gleichen Teilen gemischt wurde sowie eine Probe unterhalb der obersten Sprungschicht (meistens aus 15 oder 20 m Tiefe). Bei Vorliegen interessanter Strukturen (z.B. markante Fluoreszenzmaxima im Tiefenprofil) wurden auch aus diesen Wassertiefen zusätzliche Proben genommen. Die Proben (200 ml) wurden mit 1 ml saurer Lugolscher Lösung fixiert und so bis zur Auswertung gelagert (max. 6 Monate).

Die Biomasse der einzelnen Phytoplanktonarten wurde mikroskopisch nach der traditionellen Methode nach UTERMÖHL (1958) bestimmt. Bei der Zählung wurden die Individuen nicht nur nach Taxa, sondern auch nach Größenklassen entsprechend der HELCOM-Vorgaben (OLENINA et al. 2006) eingeteilt. Um eine statistisch akzeptable Abschätzung zu erhalten, wurden von den häufigsten Arten mindestens 50 Individuen gezählt, so dass ein

statistischer Zählfehler für die häufigsten Einzelarten von etwa 28 % angenommen werden kann. Insgesamt kommt man pro Probe auf mindestens 500 gezählte Individuen. Damit wird der Fehler für die Gesamtbiomasse deutlich geringer (< 10 %). Jeder Art bzw. Größenklasse entspricht ein charakteristisches Individuenvolumen (Berechnung nach HELCOM 2010). 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.

2.3 Algenpigmente

Dieses Kapitel verdient besondere Beachtung, da hier methodische Untersuchungen vom Jahre 2010 vorgestellt werden, die die vergangene und zukünftige Datenhaltung der Chlorophyll-Daten beeinflussen.

Es ist bekannt, dass die Chlorophyll a-Konzentration als Maß für die Gesamtbiomasse des Phytoplanktons angesehen wird. 1 mg Chlorophyll a soll etwa 30 (im Frühjahr und Herbst) bis 60 (im Sommer) mg organischem Kohlenstoff der Algen entsprechen (nach GARGAS et al. 1978). 1 mg organischer Kohlenstoff entspricht etwa 9 mg Algen-Frischmasse (EDLER 1979). Eine Korrelation zwischen Chlorophyll a-Konzentration und Phytoplankton-Frischmasse wurde schon in den Vorjahren (WASMUND et al. 1998 a) nachgewiesen.

Neben dem Chlorophyll a kann mit der „Ansäuerungs- Methode“ (LORENZEN 1967) zusätzlich auch das Phaeopigment a bestimmt werden, welches verschiedene Komponenten (Phaeophytin, Phaeophorbid) enthält, die im Fluorometer (aber auch im Photometer) summarisch gemessen werden. Phaeophytin a hat als Teil des Photosystem II als primärer Elektronenakzeptor Bedeutung (Yves Collos, pers. Mitteilung 21.3.2011). Phaeopigmente werden aber im wesentlichen als Chlorophyll a-Abbauprodukte angesehen. Im Gegensatz zu flachen Küstengewässern mit häufiger Resuspension abgestorbener Pflanzenteile spielen Phaeopigmente in der offenen See keine große Rolle. Sie sind nur mit großer Ungenauigkeit zu bestimmen. Aus den verschiedenen Gründen betrachten wir das Phaeopigment als zweitrangig und stellen es mit diesem Bericht letztmalig vor (Daten in Tab. 5). Wir konzentrieren uns auf das Chlorophyll a und erwähnen das Phaeopigment a nicht extra, selbst wenn beide Parameter gemessen wurden.

Proben zur Bestimmung der Chlorophyll a – Konzentration wurden 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 wurden durch Glasfaserfilter (Whatman GF/F) filtriert. Die Filter wurden dann in flüssigem Stickstoff (-196 °C) schock-gefrostet und im Institut für maximal 3 Monate bei -80 °C gelagert. Die Extraktion erfolgte mit 96 %igem Ethanol, wie es von HELCOM (2010) vorgeschrieben ist. Dadurch konnte auf Homogenisation und Zentrifugation verzichtet werden. Die verwendete Methode zur Bestimmung des Chlorophyll a wurde ausführlich von WASMUND et al. (2006 b)

beschrieben. Die fluorometrische Messung und die anschließende Berechnung kann nach verschiedenen Methoden erfolgen. Sie beeinflusst die zu errechnenden Chlorophyll a-Konzentrationen erheblich. Deshalb stört ein Wechsel der Methode die Kontinuität von Langzeit-Serien. Ein Zusammenspielen von Daten verschiedener Institute, die unterschiedliche Methoden verwenden, ist problematisch. Das wurde schon früh erkannt. Deshalb schreiben Monitoringprogramme, wie HELCOM, die zu verwendenden Methoden vor. Sie lassen aber immer noch Spielraum für Modifikationen.

Es gibt zwei Haupt-Verfahren für Routine-Anwendungen:

(a) ...die Ansäuerungs-Methodik von LORENZEN (1967). Zur Berechnung der „Aktiven Chlorophyll a“ – und Phaeopigment a –Konzentrationen werden Formeln von EDLER (1979) und JGOFS (1993) benutzt. Aus dem Chlorophyll a-Wert ist also schon der Phaeopigment-Anteil herausgerechnet, er ist „korrigiert“ (Chl.a-kor). Dieses Verfahren ist allerdings sehr anfällig (vgl. WASMUND 1984, STICH & BRINKER 2005) und kann unerklärlich hohe Phaeopigment-Konzentrationen bei gleichzeitig negativen Chlorophyll-Konzentrationen liefern. Beispielsweise stört Chlorophyll b, das nach Ansäuerung zu einem Anstieg der Fluoreszenz führt, während die Methode nur das Absinken der Fluoreszenz des Chlorophyll a nach Ansäuerung einkalkuliert (Yves Collos, pers. Mitteilung 21.3.2011).

(b) ...ein einfaches Verfahren, das ohne Ansäuerung der Extrakte durchgeführt wird. Dadurch läßt sich das Phaeopigment a nicht separat ermitteln und der Chlorophyll a-Wert ist nicht für Phaeopigment a korrigiert. Diesen „unkorrigierten“ Wert bezeichnen wir als „Gesamt-Chlorophyll a“ (Chl.a-tot). Dieses Verfahren wird von HELCOM (2010) empfohlen.

Formel zu (a) Ansäuerungsmethode:

$$\text{Chl.a-kor} [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] = F_m \cdot (F_m - 1)^{-1} \cdot (F_o - F_a) \cdot K_X \cdot V_E \cdot V_{Pr}^{-1}$$

$$\text{Phaeo.a} [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] = F_m \cdot (F_m - 1)^{-1} \cdot [(F_m \cdot F_a) - F_o] \cdot K_X \cdot V_E \cdot V_{Pr}^{-1}$$

Formel zu (b) Einfache Formel ohne Korrektur:

$$\text{Chl.a-tot} [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] = F_o \cdot K_X \cdot V_E \cdot V_{Pr}^{-1}$$

K_X = linearer Kalibrierfaktor [$\mu\text{g chl.a/L}$ pro Fluoreszenzeinheit]

F_m = acidification coefficient

F_o = rel. Fluoreszenz vor Ansäuerung

F_a = rel. Fluoreszenz nach Ansäuerung

V_E = Extraktions-Volumen [ml]

V_{Pr} = Filtrationsvolumen der Probe [ml]

Das Problem der Anwendung unterschiedlicher Mess- und Berechnungsverfahren durch die unterschiedlichen Institute und Behörden, die der Datenbank des BSH zuarbeiten wurde erkannt. Nach ausführlicher Diskussion fasste die UAG Qualitätssicherung Plankton im BLMP am 11.9.2008 den Beschluß, nur noch die Gesamt-Chlorophyll-a-Werte zu melden (bestätigt auf der 7.Sitzung am 30.4.2009). Das hat weitreichende Konsequenzen. Schließlich liegen die Chl.a-tot-Werte naturgemäß höher als die Chl.a-kor-Werte. Es führte beispielsweise dazu, dass wir in Runde 57 des QUASIMEME-Tests sogar außerhalb des „guten Bereiches“ lagen. Es ist kritisch anzumerken, dass QUASIMEME die

Berechnungsmethode gar nicht abfragt und die nach verschiedenen Methoden berechneten Werte „in einen Topf wirft“.

Für uns ergab sich die Konsequenz, dass wir weiterhin beide Methoden parallel anwendeten und ab dem Jahre 2008 neben den traditionellen Chl.a-kor-Werten auch die Werte für das "Gesamt-Chlorophyll a" (Chl.a-tot) an die Datenbank des BSH meldeten (siehe in den vorjährigen Berichten, z.B. WASMUND et al. 2010, Tab. 5). Bevor wir die Ansäuerungsmethode aufgeben wollten, mußten wir erst die Vergleichbarkeit der beiden Methoden testen und gegebenenfalls einen Umrechnungsfaktor ermitteln.

Gleichzeitig sollte eine neue Methoden eingeführt und getestet werden. Wie bereits im vorjährigen Bericht (WASMUND et al. 2010) angekündigt, führen wir im Jahre 2010 parallel die Chlorophyllbestimmung nach der Methode von WELSCHMEYER (1994) durch, die zwar nicht für Phaeo.a, aber für Chl.b korrigiert. Das ist möglich durch eine optimierte Konfiguration der optischen Filter in dem Fluorometer, d.h. die Nutzung eines neueren TURNER - Fluorometers 10-AU-005-CE. Es ergeben sich Werte von Chl.a-tot-NEU, die durch diese Korrektur niedriger sein werden als der mit dem alten TURNER - Fluorometer 10-AU-005 gemessenen Werte Chl.a-tot-ALT. Erstere könnten deshalb nahe den Chl.a-kor-Werten liegen und sich ohne Bruch in die Datenreihe einpassen. Es wurde deshalb bisher empfohlen, bis zum Vorliegen der Testergebnisse auch in den Jahren 2008 und 2009 die Chl.a-kor-Werte zu verwenden.

Die Ergebnisse der im Jahre 2010 durchgeführten Vergleichsuntersuchungen werden in Tab. 2 dargestellt. Sie basieren auf allen im Monitoring der Ostsee und Nordsee genommenen Chlorophyll-Proben des Jahres 2010.

Tab. 2

Vergleich der nach 3 verschiedenen Methoden berechneten Chlorophyll a-Konzentrationen und Berechnung der prozentualen Abweichung der mit der neuen Methode gemessenen Werten (Chl.a-tot-Neu) von den nach den bisher verwendeten Methoden gemessenen Werten (Chl.a-kor, Chl.a-tot-ALT).

Table 2

Comparison of chlorophyll a concentrations determined by three different methods. Also the deviation (percent) of the data "Chl.a-tot-NEU" measured by the new method with those measured by the old methods (Chl.a-kor, Chl.a-tot-ALT) are presented.

Seegebiet	Anzahl der Proben	Mittlere Konzentration aller Proben [mg m ⁻³]			Abweichung des Chl.a-tot-NEU vom Chl.a-kor [%]	Abweichung des Chl.a-tot-NEU vom Chl.a-tot-ALT [%]
		Chl.a-tot-NEU	Chl.a-kor	Chl.a-tot-ALT		
Ostsee	371)*	2,45	2,42	2,81	+0,994	-14,83
Nordsee	282	2,24	2,21	2,64	+1,006	-18,02

)* einschl. der IOW-Proben aus Bornholm- und Gotlandsee

Es bestätigt sich die Beobachtung der Vorjahre, dass die Chl.a-tot-ALT-Werte immer höher lagen als die Chl.a-kor-Werte, und zwar um durchschnittlich 16 %. Eine „Vermischung“ von Werten des Chl.a-kor und Chl.a-tot-ALT ohne vorherige Korrektur ist also nicht erlaubt. Die „neue“ Methode nach WELSCHMEYER (1994) liefert verringerte Chl.a-tot-Werte (hier als „Chl.a-tot-NEU“ bezeichnet), die glücklicherweise fast genau in dem Bereich der Chl.a-kor-Werte liegen. Die Abweichung um durchschnittlich 1 % liegt im Toleranzbereich und erlaubt, keine Korrektur anwenden zu müssen.

In Tab. 5 (Kapitel 4.1.4) sind die über die oberen 10 m integrierten Mittelwerte jeder Probenahme aufgelistet, und zwar sind neben den Phaeopigment a-Werten vergleichend die Chl.a-tot-NEU-Werte und die Chl.a-kor-Werte gezeigt. Die in der letzten Zeile vorgenommene Mittelwertbildung bestätigt, dass diese kaum voneinander abweichen.

Unsere bisherige Strategie war also richtig und bestätigt:

Für die Eingabe in nationale und internationale Datenbanken (Datenbank des BSH, ICES) sollten bis einschließlich 2009 unsere Chl.a-kor-Werte verwendet werden. Ab dem Jahr 2010 sind die Chl.a-tot-NEU-Werte zu nutzen. Damit entfallen ab dem Jahr 2010 die Phaeopigment a-Werte, die grundsätzlich an die Chl.a-kor-Werte gekoppelt sind. Es besteht kein Bedarf an den parallel genommenen Chl.a-tot-ALT-Werten der Jahre 2008 und 2009; diese sollten gelöscht werden, um Verwirrung zu vermeiden.

2.4 Mesozooplankton

Die Einschätzung des Jahres 2010 beruht auf insgesamt 111 Netzproben (Tab. 3, Abb.1). Die Beprobung erfolgte entsprechend der HELCOM-Vorschrift mit einem WP-2 Netz (100 µm Maschenweite) in bis zu drei Tiefenstufen pro Station, teilweise auf der Hin- und Rückfahrt. Die Details der Probenentnahme sind dem Bericht über das Jahr 2004 zu entnehmen (WASMUND et al., 2005).

Im Labor folgte die Bestimmung der Taxa, die Zählung der Individuen und die Berechnung der Abundanz (Ind. m⁻³). Dazu wurden Unterprobenvolumina einer Gesamtprobe mikroskopisch in einer Bogorov-Zählkammer unter der Voraussetzung analysiert, dass die Verteilung der Organismen in der Gesamtprobe im Moment der Teilprobenherstellung homogen ist. Das Verfahren sieht für unterschiedlich häufig auftretende Taxa eine unterschiedliche Anzahl von Teilproben vor, wobei der mit dem Verfahren verbundene Fehler statistisch von der Menge der gezählten Individuen abhängt. Die Proben wurden gemäß der 2010 gültigen HELCOM Vorschrift (HELCOM 2010) ausgezählt, bis bei drei Taxa (außer Nauplia, Rotatorien und *Bosmina* spp.) mindestens die Zahl von 100 Individuen erreicht worden ist. War dies nicht in der ersten Teilprobe der Fall, wurden zusätzliche Teilproben durchgemustert. Abschließend wurde der Rest der Probe vollständig mittels einer größeren Bogorov-Kammer analysiert und nur die Taxa quantitativ berücksichtigt, die in dem bisherigen Teilproben-Verfahren nicht bzw. nur als einzelne Exemplare auftraten. Nicht gezählt wurden Häutungsprodukte und Phytoplankton.

Tab. 3

Statistik der Zooplankton-Probenentnahme vom Februar bis November 2010. Hin- und Rückfahrt separat erfasst.

Table 3

Sample statistic of zooplankton hauls between February and November 2010. Go- and return tour separated.

Stationsbezeichnung		Zeitraum				
IOW Bezeichnung	Internationale Bezeichnung	27.1.-5.2.	17.3.-25.3.	13.5.-19.5.	16.7.-21.7.	9.11.-20.11.
		Tiefe von-bis (m)	Tiefe von-bis (m)	Tiefe von-bis (m)	Tiefe von-bis (m)	Tiefe von-bis (m)
TF0360	OMBMPN3	12-0	13-0	16-0	6-0	14-0
TF0360	OMBMPN3				15-6	
TF0012	OMBMPM2	17-0	20-0	12-0	8-0	17-0
TF0012	OMBMPM2			20-12	21-8	21-17
TF0022	OMO22					14-0
TF0022	OMO22					20-13
TF0046	OMBMPM1	21-0	8-0	10-0	6-0	22-0
TF0046	OMBMPM1				14-6	
TF0046	OMBMPM1		21-8	23-10	22-14	
TF0030	OMBMPK8	18-0	10-0	16-0	18-0	8-0
TF0030	OMBMPK8					15-8
TF0030	OMBMPK8		18-10	20-16		19-15
TF0113	OMBMPK5	20-0	25-0	35-0	7-0	12-0
TF0113	OMBMPK5				30-7	25-12
TF0113	OMBMPK5	41-20	39-25	45-35	43-30	47-25
TF0109	OMBMPK4				8-0	
TF0109	OMBMPK4				25-8	
TF0109	OMBMPK4				44-25	
TF0213	OMBMPK2		25-0	35-0	7-0	40-0
TF0213	OMBMPK2	50-20	45-25		30-7	
TF0213	OMBMPK2	79-50	83-45	85-35	86-30	85-40
TF0259	OMBMPK1		25-0	35-0	12-0	45-0
TF0259	OMBMPK1	52-20	50-25	68-35	60-12	
TF0259	OMBMPK1	80-52	83-50	84-68	85-60	85-45
TF0271	OMBMPJ1	25-0	25-0	50-0	12-0	50-0
TF0271	OMBMPJ1	60-25	45-25		65-12	
TF0271	OMBMPJ1	130-60	130-45	125-50	140-65	145-50
TF0213	OMBMPK2			20-0		
TF0213	OMBMPK2	40-25		40-20		
TF0213	OMBMPK2	84-40		85-40		
TF0113	OMBMPK5		25-0	10-0		33-0
TF0113	OMBMPK5			32-10		
TF0113	OMBMPK5	38-25	40-25	43-32		40-33
TF0030	OMBMPK8			18-0		15-0
TF0030	OMBMPK8					19-15
TF0046	OMBMPM1		22-0	16-0		19-0
TF0046	OMBMPM1			21-16		
TF0012	OMBMPM2	19-0	20-0	20-0		22-0

Bei zerbrochenen Tieren wurde jeweils nur das Kopfteil gezählt, wenn dies zweifelsfrei dem entsprechenden Taxon zuzuordnen ist. Die jeweiligen Teilprobenvolumina werden für die folgende Konzentrationsberechnung registriert. Taxonomische Bezeichnungen und Zuordnungen erfolgten gegenwärtig nach dem Integrated Taxonomic Information System (ITIS, <http://www.itis.gov/>).

Wegen taxonomischer Unsicherheiten wurde *Bosmina* spp. nur auf dem Gattungsniveau berücksichtigt. Dem Standard des „Integrated Taxonomic Information System“ folgend, wurden *Sagitta* als *Parasagitta* geführt, die Bryozoa als Gymnolaemata und die Mysidacea als Lophogastrida.

Die Tabelle 6 (Seite 45) gibt die Namen der Taxa mit Autor, Jahreszahl der Beschreibung und ITIS Code wieder (TNS = Taxonomic Serial Number), die 2010 in der westlichen und zentralen Ostsee angetroffen wurden.

2.5 Makrozoobenthos

Beginnend von der Kieler Bucht wurden bis zur Bornholmsee im November 2010 an 8 Stationen Benthosuntersuchungen durchgeführt. Die Übersicht in Tab. 4 soll die Lage der Stationen verdeutlichen. Je nach Sedimenttyp wurden zwei verschiedene van-Veen-Greifer (980 cm² und 1060 cm²) mit unterschiedlichen Gewichten (38 kg bzw. 70 kg sowie 23 kg) eingesetzt. Pro Station wurden 3 Parallelproben (Hols) entnommen. Die einzelnen Hols wurden über ein Sieb mit 1 mm Maschenweite mit Seewasser gespült, der Siebrückstand in Gefäße überführt und mit 4%igem Formalin fixiert (HELCOM 2010). An allen Stationen wurde eine Dredge (Kieler Kinderwagen) mit einer Spannweite von 1 m und einer Maschenweite von 5 mm eingesetzt. Die Dredge erbrachte insbesondere bei den vagilen und selteneren Arten Nachweise, die mit Hilfe des Greifers übersehen worden wären.

Die weitere Bearbeitung der Proben erfolgte im Labor. Nach dem Waschen der einzelnen Hols wurden die Taxa mit Hilfe eines Binokulares bei 10-20 facher Vergrößerung ausgesammelt und bis auf wenige Gruppen (z.B. 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 2010) 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 ArGe Makrozoobenthos des Bund-Länder-Mess-Programmes abgestimmt.

Tab. 4

Stationsliste über Untersuchungen am Makrozoobenthos im November 2010.

Table 4

Station list of macrozoobenthic investigations in November 2010.

	Datum	Tiefe	Nord	Ost	Seegebiet
OMBMPN3	10.11.2010	18,3	54° 36,000	10° 27,000	Kieler Bucht
OMBMPN1	09.11.2010	27,6	54° 33,200	11° 20,000	Fehmarnbelt
OMBMPM2	09.11.2010	23,9	54° 18,900	11° 33,000	Mecklenburger Bucht
OM18	09.11.2010	20,3	54° 11,000	11° 46,000	Mecklenburger Bucht Süd
OMBMPK8	11.11.2010	21,9	54° 44,000	12° 47,400	Darßer Schwelle
OMBMPK4	13.11.2010	44,1	55° 00,000	14° 05,000	Arkonasee Zentral
OMBMPK3	12.11.2010	29,8	54° 38,000	14° 17,000	Pommernbucht Nord
OM160	12.11.2010	12,4	54° 14,500	14° 04,000	Pommernbucht Zentral

2.6 Sedimentation

Die Raten des vertikalen Partikelflusses (Sedimentation) wurden im Messfeld des IOW in der zentralen Arkonasee gemessen. Hier wurde zur Erfassung der Menge und Qualität des aus der Deckschicht absinkenden Materials eine automatische Sinkstofffalle 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 5 und 7 Tagen. In der Verankerung befand sich die Falle unter der Dichteschichtung in 35 m Tiefe im Tiefenwasser. Am aufgefangenen Material wurden Elementanalysen, Bestimmungen der natürlichen Isotopenzusammensetzung sowie mikroskopisch-taxonomische Analysen durchgeführt. Die Probengewinnung im Jahr 2010 lief bis zum Herbst nach Plan ab. Ab November wurde der automatische Probenteller durch abfallende Miesmuscheln verstopft, so dass bis Februar 2011 keine Proben mehr gewonnen werden konnten. Die Verankerungen konnten regulär aufgenommen werden, es traten keine Probleme mehr mit durch Fischerei verzogene oder komplett gekappte Verankerungen auf. Ähnlich wie im Vorjahr fehlen die Kohlenstoff- und Stickstoffwerte und deren Isotopie ab September, da diese Analysen eine längere Probenvorbereitung durchlaufen und insgesamt die Massenspektrometrie durch einen technisch bedingten geringeren Probendurchsatz ein generelles Nadelöhr im Institut darstellt. Es wird daher die Anschaffung eines weiteren Massenspektrometers durch das IOW erwogen, wobei allerdings die hohe Investitionssumme nicht in einem Haushaltsjahr bereit gestellt werden kann. Zur Erstellung des Jahresbudgets wurden für die ausgefallenen Daten daher als Näherung die Daten aus der Spätherbst/Winter-Phase 2009 hinzugenommen, die im letzten Bericht aus gleichen Gründen nicht mehr aufgenommen werden konnten.

2.7 Qualitätssicherung

Das Jahr 2010 war gekennzeichnet durch die umfangreichen Vorbereitungen zur Akkreditierung. Für die Prüfgruppen Phytoplankton, Zooplankton, Zoobenthos und Chlorophyll wurden die Antragsunterlagen, insbesondere die SOP, erarbeitet und zu Beginn des Jahres 2011 eingereicht.

Die qualifizierte Artbestimmung des Phytoplanktons ist wesentlich vom Kenntnisstand des Bearbeiters abhängig. Aus diesem Grunde führt die Phytoplankton-Expertengruppe (PEG) jährliche Weiterbildungsveranstaltungen durch, an denen die Phytoplankton-Bearbeiter teilnehmen. Im Jahre 2010 fand der jährliche Phytoplanktonkurs und –workshop der HELCOM vom 3. bis 6. Mai in Riga statt. PEG beteiligte sich geschlossen an dem von der Qualitätssicherungsstelle (Dr. P. SCHILLING, UBA) organisierten Phytoplankton-Ringversuch (November 2007/Januar 2008). Die Auswertung dieses Ringversuchs wurde auf dem PEG-Meeting 2010 vorgestellt (SCHILLING und UHLIG 2010). Die Teilnahme der Phytoplankton-Bearbeiter des IOW am Ringversuch war erfolgreich.

Ein besonders gutes Beispiel für die Vergleichbarkeit von Daten unterschiedlicher Institute, wenn sie mit abgestimmten Methoden ermittelt wurden, ergibt sich durch Eingliederung von Daten aus dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) in unsere Zeitserie von der Lübecker und Mecklenburger Bucht. Etwa zur gleichen Zeit von beiden Instituten unabhängig genommene Proben zeigten eine erstaunlich gute Übereinstimmung, siehe Abb. 3 a, b; Daten vom 26./27.1.2010, 16./18.3.2010, 9.11.2010.

Das IOW beteiligt sich regelmäßig an den Chlorophyll-Vergleichen von AQ11 (= Chlorophyll im Meerwasser) im Rahmen von QUASIMEME. Entsprechend des Beschlusses der BLMP-UAG Qualitätssicherung Plankton vom 11.9.2008 wurde nur noch das unkorrigierte „Gesamt“-Chlorophyll-a gemeldet, wobei wir in Runde 59 (Februar 2010) erstmalig das nach der „neuen“ Methode bestimmte Chl.a-tot-NEU verwendeten. Damit lagen wir sehr gut (z-score = 1.1). In Runde 61 (August 2010) lagen unsere z-scores bei 1.3 und 0.6.

Die Qualitätssicherung für die Zooplanktonarbeiten umfasste zunächst die Einweisung der technischen Mitarbeiter(innen) auf der Basis einer Arbeitsanweisung (SOP), die auf dem HELCOM COMBINE Manual beruht. Bei einem ostseeweiten Ringtest im Jahre 2007 wurde dem Labor ein nicht zu beanstandendes Ergebnis bescheinigt.

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

3. Die abiotischen Verhältnisse in der Ostsee im Jahre 2010

Die klimatologischen und hydrographischen Verhältnisse beeinflussen die Entwicklung der Organismen und sollen deshalb in diesem Kapitel kurz dargestellt werden. Diese Darstellung beruht auf dem Bericht von NAUSCH et al. (2011), aus dem detaillierte Daten zu entnehmen sind.

Die Entwicklung der Wasseroberflächentemperatur (SST) war im Jahr 2010 durch Monatsmittel in der Periode von Januar bis Mai unter und im heißen Juli über den langjährigen Mittelwerten gekennzeichnet. Die starke Abkühlung im November/Dezember 2009 setzte sich im Januar und Februar fort. Dadurch entwickelte sich der Februar zum kältesten Monat mit Anomalien von -2 K in der westlichen Ostsee und bis zu -5 K im Skagerrak/Kattegatt. Die anhaltend schwüle Witterung im Juli erwärmte die Ostsee sehr stark. Das führte zu positiven Anomalien von bis zu +2 K und Maximaltemperaturen von 20-23°C im Monatsmittel. Nach einer Wetterumstellung in der zweiten Juli Hälfte begann sich die westliche Ostsee abzukühlen, wodurch der Juli zum wärmsten Monat des Jahres wurde. September bis November lag im Bereich der langjährigen Mittelwerte. Starke atmosphärische Abkühlung im November/Dezember verminderte die SST im Dezember in der westlichen Ostsee. Dadurch lagen die Monatsmittel im Kattegat/Skagerrak ca. 4 K und in der westlichen Ostsee 2-3 K unter den langjährigen Mittelwerten, was in der Pommernbucht zur Eisbildung in der dritten Dekade führte. 2010 war neben 1998 der kälteste Dezember in der westlichen Ostsee seit 1990.

Im Jahre 2010 kam es zu fünf barotropen Einstromereignissen in die Ostsee: im Januar/Februar, im Juli, im September, Oktober/November sowie im Dezember. Das eingeströmte Wasser drang aber nicht bis in die Tiefen des Gotlandbeckens vor, so dass die Stagnationsperiode hier unvermindert anhielt (NAUSCH et al., 2011).

4. Ergebnisse

4.1 Phytoplankton

4.1.1 Satellitengestützte Darstellung der raum-zeitlichen Phytoplanktonentwicklung

Die raum-zeitliche Entwicklung des Phytoplankton im Jahr 2010 wurde anhand von Chlorophyllkarten erarbeitet, die aus Satellitendaten der amerikanischen MODIS Sensoren auf den Satelliten Aqua und Terra sowie von MERIS auf dem europäischen Satelliten ENVISAT abgeleitet worden sind. Einbezogen wurde auch das **WAQSS - Water Quality Service System** von Brockmann Consult. Die Chlorophyllkarten haben eine räumliche Auflösung von 1 km. Für die Untersuchung der Cyanobakterienentwicklung wurden MODIS Daten mit einer Auflösung von 250 m einbezogen.

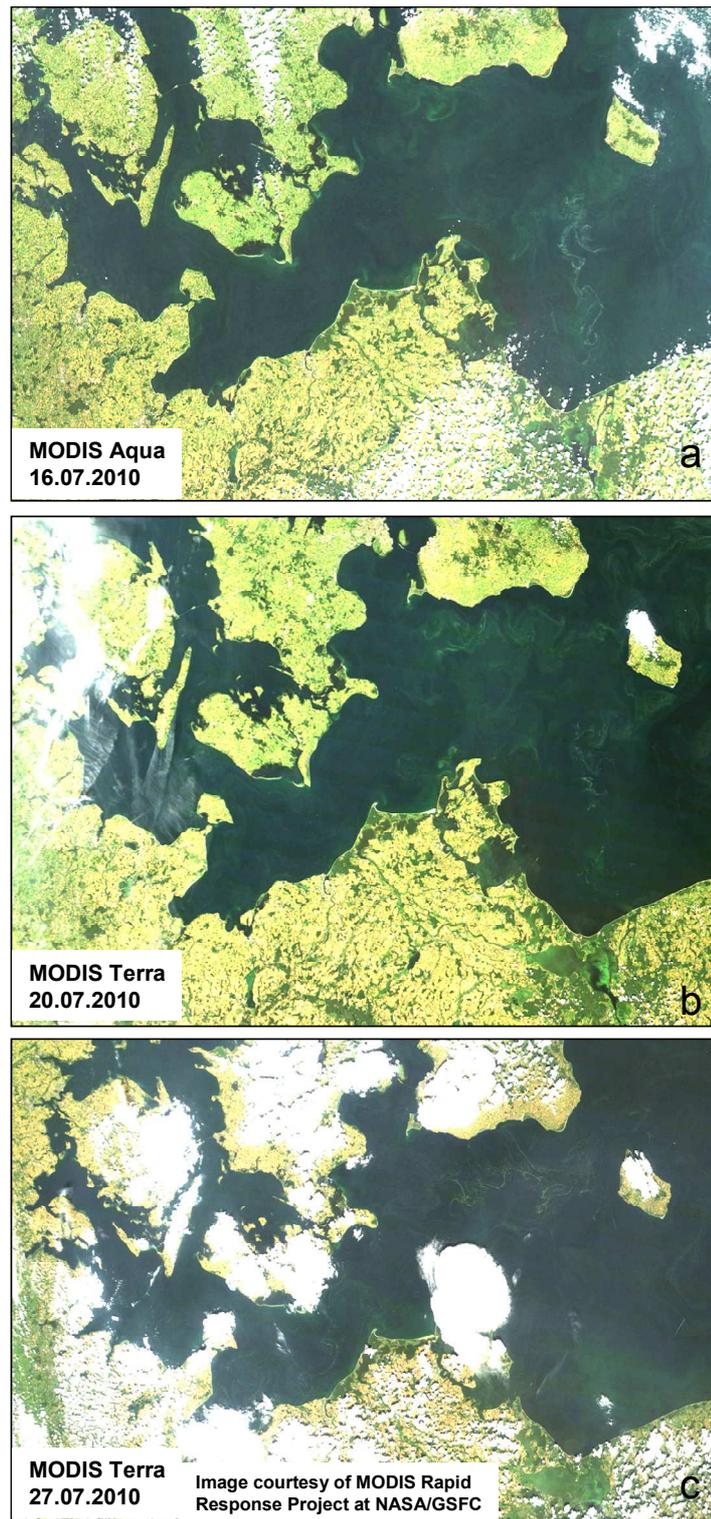


Abb. 2: Cyanobakterienentwicklung am 16.07., 20.07. und 27.07.2010 in der westlichen Ostsee.

Fig. 2: Cyanobacteria development on 16, 20 and 27 July 2010 in the western Baltic Sea.

Ab 25.06. erschienen erste Cyanobakterienfilamente in der Gotlandsee. Zu Beginn des Jahres in den Monate Januar und Februar war die Verfolgung der Planktonentwicklung durch eine hohe Wolkenbedeckung schwierig. Die ersten nutzbaren Satellitenszenen zeigen um den 25. Januar Chlorophyllkonzentrationen um 3-5 mgm^{-3} im Bereich der Darßer Schwelle. Bis Ende Februar waren auf den wenigen wolkenfreien Pixeln 1- 2 mgm^{-3} zu erkennen. Am 4.3.2010 waren die Konzentrationen in der Kieler Bucht auf bis 5 mgm^{-3} und in der Arkonasee auf 1-2 mgm^{-3} angestiegen. Das blieb in etwas bis 20.3. erhalten mit Werten von 5-10 mgm^{-3} westlich der Darsser Schwelle, was auch während der Terminfahrt gemessen wurde. Ende des Monats liegt das Maximum mit 4-7 mgm^{-3} im Bereich der Darßer Schwelle. Bei westlichen Winden führt der Oderaustrom hohe Konzentrationen entlang der polnischen Küste. Bis zum 10.4. hatten sich die Konzentrationen in der westlichen Ostsee vermindert und das Maximum war in der nördlichen Arkona- und Bornholmsee zu finden. Die geringen Konzentrationen von ca. 1-3 mgm^{-3} blieben in den westlichen Teilen bis zum 15.05. erhalten. Danach erfolgte bis 20.5. wieder ein Anstieg auf ca. 3 mgm^{-3} westlich der Darßer Schwelle, was bis Ende des Monats etwa erhalten blieb. Ansonsten lagen die Konzentrationen bei 1-2 mgm^{-3} . Bis zum 15.6. nahmen die Konzentrationen auch westlich der Darßer Schwelle wieder ab. Das blieb dann so ähnlich bis Ende des Monats erhalten.

Am 4.-5.7. sind erste Filamente im Bereich der Oderbank und in der nördlichen Bornholmsee zu verzeichnen. An den folgenden Tagen breitete sich die Blüte in beiden Gebieten langsam weiter aus und hatte am 10.7. auch die südliche Arkonasee erreicht. Am 16.7. war die gesamte Arkonasee schwach beeinflusst mit Filamenten entlang der schwedischen Küste (Abb. 2a). Um den 20.7. erschien ein kräftiges Filament nordwestlich von Rügen dicht vor der Küste (Abb. 2b). In den Folgetagen sind kaum Wolkenlöcher vorhanden, so dass kaum Informationen ableitbar waren. Am 27.7.2010 waren schwach ausgeprägte Filamente in der gesamten westlichen Ostsee verteilt (Abb. 2c). Bis Ende des Monats Juli schwächte sich das weiter ab. Der Monat August war durch sehr starke Wolkenbedeckung charakterisiert. In den wenigen Wolkenlöchern waren keine Filamente von Cyanobakterien mehr zu erkennen.

In der ersten Septemberdekade erhöhte sich noch einmal die Chlorophyllkonzentration von der Beltsee aus bis zur Darßer Schwelle auf 3-5 mgm^{-3} . Diese Zweiteilung blieb bis Ende des Monats erhalten, wobei die Konzentrationen in der Arkonasee auf Werte unter 1 mgm^{-3} sank. In der ersten Dekade Oktober stiegen die Konzentrationen auch noch einmal in weiten Teilen der Arkonasee auf 2-4 mgm^{-3} . Das reduziert sich in den Folgetagen wieder und ab ca. 22.10. gibt es keine Satelliteninformationen mehr, da die westliche Ostsee komplett bis Ende Dezember zu den Überflugzeiten wolkenbedeckt war.

4.1.2 Jahrgang von Artenzusammensetzung und Biomasse

Die begrenzte Anzahl an Fahrten, Stationen und Tiefenhorizonten läßt keine umfangreicheren Analysen zur Sukzession, horizontalen und vertikalen Verteilung des Phytoplanktons zu. Insbesondere die vertikale Verteilung ist jedoch, im Gegensatz zum Zooplankton, von geringerer Priorität, da sich das Phytoplankton hauptsächlich in der

durchmischten Deckschicht aufhält, so dass wir uns primär auf die Mischproben aus 0-10 m Tiefe konzentrieren können.

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-2009.html> einzusehen. Durch Einbeziehung von Daten aus dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) erreichten wir in der Lübecker und Mecklenburger Bucht (Abb. 3 a, b) eine besonders gute zeitliche Abdeckung.

Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Taxa (nach Biomasse) aus den Oberflächenproben von den 5 Monitoringfahrten sind für die einzelnen Stationen und Jahreszeiten in Tab. A1 (Anhang) zusammengestellt, sortiert nach ihrem prozentualen Anteil an der Gesamt-Biomasse der Station und Jahreszeit. Die drei Winter/Frühjahrsfahrten sind zusammengefasst. Unbestimmte Kategorien („Unbestimmte“, „Gymnodiniales“ und „Peridinales“) sind dann aus der Tabelle entfernt, wenn sie jeweils weniger als 10% der Biomasse der Probe ausmachten; 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-Artenliste (alle Tiefen) des Jahres 2010, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Monitoringfahrten, ist in Tab. A2 zu finden. Die Arten sind dort alphabetisch sortiert. Es sind auch die Individuen einbezogen, die der Art sehr ähnlich sind, dieser aber nicht mit Sicherheit zugeordnet werden konnten (gekennzeichnet mit „cf.“). Ebenso sind die Organismen einbezogen, die nur bis zur Gattung bestimmt werden konnten (gekennzeichnet mit „sp.“). Die Rangfolge der Taxa nach ihrer Biomasse, gemittelt über alle Stationen und Monitoringfahrten des Jahres 2010, ist ebenfalls angegeben. Es muß aber darauf hingewiesen werden, dass der Rangfolge seltener Arten keine Bedeutung beizumessen ist, da deren Biomasse nur mit größerer Ungenauigkeit zu bestimmen ist und deshalb keine feine Differenzierung mehr erlaubt. Nützliche Informationen zur taxonomischen Zugehörigkeit der Arten finden sich ebenfalls in Tab. A2. 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. 3-5 für die untersuchten Stationen dargestellt. In diese Darstellung wurden auch Daten des LLUR eingegliedert, sie sind mit einem Stern über der Säule gekennzeichnet.

Traditionsgemäß werden auch heterotrophe Arten (wie *Ebria tripartita* und *Protoperidinium* spp.) bei der Zählung erfasst. Wir haben sie in die Artenlisten (Tab. A1 und A2) und die Phytoplankton-Biomasseangaben (Abb. 3-5) einbezogen.

Die *Aphanizomenon*-Art der eigentlichen Ostsee ist bis Mitte der 90er Jahre als *Aphanizomenon flos-aquae* bezeichnet worden. Sie unterscheidet sich phänotypisch aber von der Original-Beschreibung der Art *A. flos-aquae*. Deshalb ist sie provisorisch als *Aphanizomenon* sp. bezeichnet worden, solange keine gültige Artbeschreibung vorliegt. Bei den Arbeiten zur gültigen Neubeschreibung dieser Art durch mehrere Wissenschaftler stellte sich aber heraus, dass sie genotypisch von der eigentlichen Süßwasserart *A. flos-aquae* nicht verschieden ist (LAAMANEN et al. 2002). Wir könnten die Ostseeart also wieder *A. flos-aquae* nennen, bleiben vorläufig aber noch bei der in den letzten Jahren auch international verwendeten Bezeichnung *Aphanizomenon* sp.

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

Die Art *Dictyocha speculum* tritt größtenteils in ihrer „nackten“ Form (ohne das typische Kieselskelett) auf. Sie ist in diesem Falle schwer zu bestimmen und kann leicht mit *Verrucophora farcimen* (zu Dictyochophyceae) und *Chattonella* spp. (zu Raphidophyceae) verwechselt werden. Die Bestimmung ist also nicht abgesichert. Obwohl *Dictyocha* von einigen Taxonomen in eine eigene Klasse (Dictyochophyceae) gestellt wird, belassen wir es in den Abb. 3-5 wie bisher in der Klasse der Chrysophyceae; in dieser Kategorie macht es den weitaus größten Biomasse-Anteil aus.

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

4.1.2.1 Frühjahrsblüte

Auch im Jahre 2010 deutet sich die typische Verzögerung der Frühjahrsblüte in östliche Richtung an, die bereits von WASMUND et al. (1998 b) ausführlich analysiert wurde. Bereits am 27.1.2009 traten an Station OMBMPN₃ in der Kieler Bucht eine Phytoplankton-Biomasse von über 1 mg/L auf, die von Kieselalgen dominiert wurde (Abb. 4a). Diese waren noch erstaunlich divers: *Proboscia alata* = 288 µg/L, *Pseudo-nitzschia pungens* = 258 µg/L, *Rhizosolenia setigera* = 178 µg/L, *Chaetoceros curvisetus* = 107 µg/L, *Skeletonema costatum* = 90 µg/L, *Thalassionema nitzschioides* = 59 µg/L. An den anderen Stationen war die Biomasse noch unbedeutend. Leider standen uns von der interessanten 2. Februarhälfte und 1. Märzhälfte keine Proben aus der offenen See zur Verfügung, so dass wir die Entwicklung der Blüte nicht verfolgen konnten. Allerdings können wir die Daten von

der IOW-Meßstation Heiligendamm heranziehen, die wöchentlich erhoben werden. Ab dem 16.2.2010 begann hier die Kieselalgenentwicklung, hauptsächlich durch *Rhizosolenia setigera* (Abb. 6a) und wie üblich durch *Skeletonema costatum*. Im Gegensatz zum Jahre 2009 konnte sich neben *Skeletonema costatum* in der folgenden Blüte weitere Arten durchsetzen. Die Frühjahrs-Kieselalgenblüte bestand vor Heiligendamm am peak (16.3.2010) im wesentlichen aus *Rhizosolenia setigera* (801 µg/L), *Skeletonema costatum* (787 µg/L), *Chaetoceros wighamii* (617 µg/L) und *Thalassiosira* spp. (253 µg/L); Gesamt-Phytoplankton-Biomasse 3286 µg/L).

Das Blütenmaximum vor Heiligendamm fällt zeitlich mit den Probennahmen auf See zusammen. Tatsächlich scheinen wir in der Kieler Bucht (Abb. 4a) am 17.3.2010 mit etwa 7 mg/L den peak getroffen zu haben. Diese Blüte wurde fast ausschließlich durch *Rhizosolenia setigera* gebildet. In der zentralen Mecklenburger Bucht (Abb. 3b) lag die Biomasse etwa im Bereich der oben genannten Küstengewässer vor Heiligendamm; die Blüte wurde hier ebenfalls im wesentlichen durch *Rhizosolenia setigera* (1254 µg/L) und *Skeletonema costatum* (698 µg/L) gebildet (wie auch in der Lübecker Bucht, Abb. 3 a). In 20 m Tiefe war *Rhizosolenia setigera* mit 1960 µg/L sogar noch stärker vertreten. Die Blüte nahm zum Ende März insbesondere durch das Verschwinden von *Skeletonema costatum* bereits ab, wobei sich nun Dinoflagellaten (unbestimmte Gymnodiniales sowie das heterotrophe *Protoperidinium pellucidum*) in den oberen 10 m entwickelten. *Rhizosolenia setigera* war dann in 20 m Tiefe noch mit 1306 µg/L zu finden.

Unsere wenigen Daten lassen immer noch den Schluss zu, dass die Blüte sich in östliche Richtung verzögert, denn in der östlichen Mecklenburger Bucht (Abb. 3c) entwickelte sich die Blüte vom 18.3. zum 24.3. noch weiter. Innerhalb dieser Woche nahmen *Rhizosolenia setigera* und *Thalassiosira* spp. deutlich ab, während *Skeletonema costatum* (597 µg/L) zunahm.

In östliche Richtung reduziert sich der Anteil von *Rhizosolenia setigera* (vgl. Abb. 8b) zugunsten von *Mesodinium rubrum* (Abb. 9a). *Thalassiosira* spp. und *Skeletonema costatum* sind die dominierenden Kieselalgen der Frühjahrsblüte in der westlichen und zentralen Arkonasee (Stat. OMBMPK8, OMBMPK5). Es ist bemerkenswert, dass sich am 18.3.2010 an Station OMBMPK8 (aber nicht mehr an OMBMPK5) unterhalb der Sprungschicht in 20 m Tiefe hohe Biomassen von *Rhizosolenia setigera* befanden (919 µg/L), in den oberen 10 m aber absolut keine. Sie sind wahrscheinlich mit dem Tiefenwasser aus der Mecklenburger Bucht in östliche Richtung transportiert worden.

Die Station OMBMPK4 (Abb. 4b) in der östlichen Arkonasee unterscheidet sich deutlich von den westlicheren Stationen. Es zeigte sich am 19.3.2011 eine deutliche Blüte, die fast ausschließlich aus *Coscinodiscus radiatus* (1515 µg/L; Abb. 6b), daneben auch *Thalassiosira* spp., bestand. Erstaunlicherweise bildete *Coscinodiscus radiatus* am 13.4.2010 und am 18.5.2010 vor Heiligendamm eine Blüte und erschien am 19.5.2010 auch an Station OMBMPM1 mit 634 µg/L (Abb. 3c).

An den anderen Stationen war im Mai 2010 keine Blüte mehr nachzuweisen. In der Arkonasee dominierte dann *Mesodinium rubrum*, das bei Mangel an anorganischen Nährstoffen auf heterotrophe Ernährung umstellen könnte.

Das vor Heiligendamm (wie bereits im Jahre 2008) gefundene spontane Auftreten der Euglenophyceae *Eutreptiella* sp. (später identifiziert als *Eutreptiella braarudii*) am 16.3.2010 konnte in der offenen See nicht nachgewiesen werden. Die in vielen Jahren (2007, 2008) in der Beltsee gefundene Frühjahrsart *Dictyocha speculum* war im Jahre 2010 unbedeutend; sie trat lediglich Mitte Mai und Anfang Juni in erwähnenswerten Anteilen auf (Abb. 3a, b; unter „Chrysophyceae“). Auch die in manchen Jahren (insbesondere 2008, 2009; vgl. HAJDU et al. 2008) nach der Kieselalgenblüte einsetzende Entwicklung von *Chrysochromulina*, die wahrscheinlich mit heterotrophe Dinoflagellaten konkurrieren, wurde nicht mehr beobachtet. Die schwache Entwicklung von *Dictyocha speculum* und *Chrysochromulina* wurde auch durch unsere Proben von Heiligendamm bestätigt.

Das Ende der Blüte wird im allgemeinen durch Nährstofflimitation herbeigeführt. Es wird aber auch Parasitenbefall diskutiert. Möglicherweise fanden wir solch einen Befall bei *Porosira* sp. am 18.3.2010 an Station OMBMPK8 in 20 m Tiefe (Abb. 6c). Wir konnten auch die Bildung von Auxosporen bei *Thalassiosira baltica* in der Probe vom 24.3.2010, Stat. OMBMPP1, sehen (Abb. 6d).

Zur Frühjahrsblüte können wir also zusammenfassen:

Sie beginnt in der Kieler Bucht bereits Ende Januar und erreicht das Maximum in allen untersuchten Gebieten wahrscheinlich Mitte März. Sie war im Jahre 2010 als klassische Kieselalgenblüte ausgeprägt, der in östliche Richtung zunehmend *Mesodinium rubrum* beigemischt ist. Die in manchen Jahren bedeutenden *Dictyocha speculum* und *Chrysochromulina* spp. traten nur gering auf.

4.1.2.2 Sommerblüte

Der sonst im Frühjahr (in 2007 sogar ungewöhnlich früh) in der Kieler und Mecklenburger Bucht gefundene Flagellat *Dictyocha speculum* erschien „verspätet“ Mitte Mai und Anfang Juni als dominanter Teil der insgesamt geringen Phytoplankton-Biomasse. Ende Juni dominierten autotrophe und heterotrophe Flagellaten, insbesondere *Ebria tripartita* (in Abb. 3a und 3b, unter „Übrige“ erfasst). Eine in anderen Jahren gefundene Kieselalgen-Sommerblüte konnte im Jahre 2010 nicht nachgewiesen werden, trotz relativ enger Beprobung an den Stationen OMO22 und OMBMPP2. Lediglich in der Kieler Bucht wurde die typische Sommerart *Dactyliosolen fragilissimus* am 16.7.2010 mit 487 µg/L gefunden. Diese Art erschien auch am 10.8.2010 vor Heiligendamm, und am 17.8.2010 kam dort die typische Herbst-Kieselalge *Coscinodiscus granii* hinzu.

Im Allgemeinen entwickelten sich im Laufe des Sommers bereits langsam die *Ceratium*-Arten, die zum Herbst normalerweise in der Mecklenburger Bucht eine Blüte bilden. Diese Erscheinung wurde im Sommer 2010 nicht beobachtet. Dinoflagellaten (*Dinophysis norvegica*) traten allerdings unterhalb der Sprungschicht auf, z.B. Mitte Juli an Station OMBMPP2, 18m Tiefe: 156 µg/L; Station OMO22, 15 m Tiefe: 370 µg/L.

Blüten stickstofffixierender Cyanobakterien sind in der Mecklenburger Bucht selten, in der eigentlichen Ostsee aber eine typische Erscheinung des Sommers (Abb. 2). Dementsprechend fanden wir insbesondere in der östlichen Arkonasee (Abb. 4b) eine von *Aphanizomenon* sp. und *Nodularia spumigena* dominierte Gemeinschaft. Während der Monitoring-Fahrt fanden wir in der deutschen AWZ keine Cyanobakterienblüte. Erst im Bornholmrat zwischen Bornholm und Schweden waren Cyanobakterienaggregate sichtbare, die aber nur locker im Wasser verteilt waren und noch nicht an die Oberfläche trieben. Die östlich von Bornholm gesichtete kräftige Blüte ist nicht mehr Gegenstand dieses Berichts. Es soll an dieser Stelle aber erwähnt werden, dass Fehlinterpretationen von Satellitenbildern durch das Ostseebüro des WWF zu Falschmeldungen führten, dass 377.000 Quadratkilometer der Wasseroberfläche in der Ostsee, von Finnland bis in die Pommersche Bucht und nordwestlich von Rügen, von einer Blaualgenblüte bedeckt sein sollten. Da unsere Expedition zeitgleich stattfand, konnten wir diese möglicherweise politisch motivierte Übertreibung widerlegen. Eine fundierte Analyse der Situation, die sich mit unseren Beobachtungen deckt, wurde vom „Information Office for the Baltic Proper“ (ANEER 2010) herausgegeben.

4.1.2.3 Herbstblüte

Die Herbstblüte setzt sich in der Mecklenburger Bucht normalerweise aus Kieselalgen und Dinoflagellaten zusammen, wobei das Verhältnis dieser beiden Gruppen an den einzelnen Stationen oft kurzzeitig in Abhängigkeit von der Strömungssituation variiert. Im Jahre 2008 war das Verhältnis zwischen diesen beiden Gruppen noch recht ausgewogen, während es im Jahre 2009 stark zugunsten der Kieselalgen verschoben wurde. Auch im Jahre 2010 finden wir starke Kieselalgenblüten bei nur geringen Dinoflagellaten-Biomassen. Die Kieselalgen wurden in der Kieler und Mecklenburger Bucht fast ausschließlich durch *Pseudosolenia calcar-avis* repräsentiert (Abb. 3a-c, 4a, 7a, 8a). Hauptvertreter der Dinoflagellaten waren hier *Ceratium tripos*, *C. fusus* und *Polykrikos schwartzii*. In der Arkonasee dominierte die typische Herbst-Kieselalge *Coscinodiscus granii* (Abb. 6e), während *Pseudosolenia calcar-avis* fast vollständig fehlte (Abb. 8a, c). Auch die *Ceratium*-Arten sowie *Polykrikos schwartzii* kamen hier nicht mehr vor.

Erstaunlicherweise war die Blüte bereits am 20.11.2010 vorüber. Lediglich an Station OMBMPM₁ trat am 20.11.2010 noch eine sehr hohe Kieselalgen-Biomasse auf. Diese wurde nun aber nicht mehr durch *Pseudosolenia calcar-avis*, sondern durch *Coscinodiscus granii* repräsentiert. Offensichtlich ist der Wasserkörper aus der Arkonasee zum 20.11.2010 bis in die östliche Mecklenburger Bucht vorgedrungen.

Aus dem Oktober 2010 liegen nur Informationen von der Küstenstation Heiligendamm vor. Dort waren die wichtigsten Kieselalgen am 5.10.2010 *Chaetoceros socialis*, *Cerataulina pelagica*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Pseudo-nitzschia* spp. und *Chaetoceros curvistosus*. Am 12.10.2010 wurde der peak erreicht mit *Cerataulina pelagica* (1844 µg/L), *Pseudosolenia calcar-avis* (684 µg/L) und *Pseudo-nitzschia* spp. (673 µg/L). Diese Blüte hielt mindestens bis zum 9.11.2010 an.

Im Gegensatz zu den Jahren 2008 und 2009 konnte keine ungewöhnlich späte Kieselalgen-Herbstblüte nachgewiesen werden.

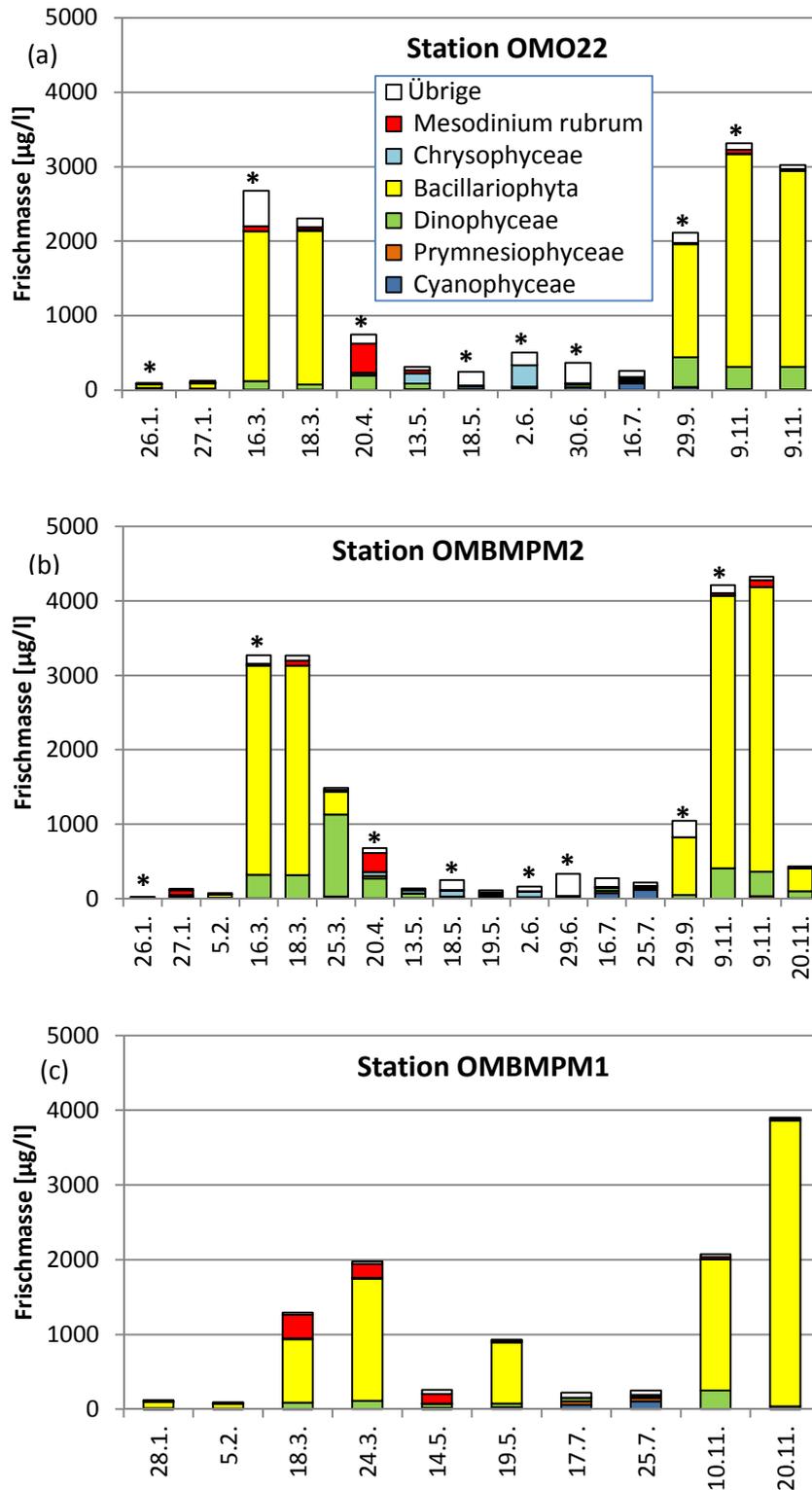


Abb. 3: Jahresgang 2010 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Lübecker Bucht (a) und Mecklenburger Bucht (b, c). Die Sterne bezeichnen die Säulen, die auf Daten des LLUR basieren

Fig. 3: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in Lübeck Bight (a) and Mecklenburg Bight (b, c) in 2010. The asterisks mark columns which are based on data of the LLUR.

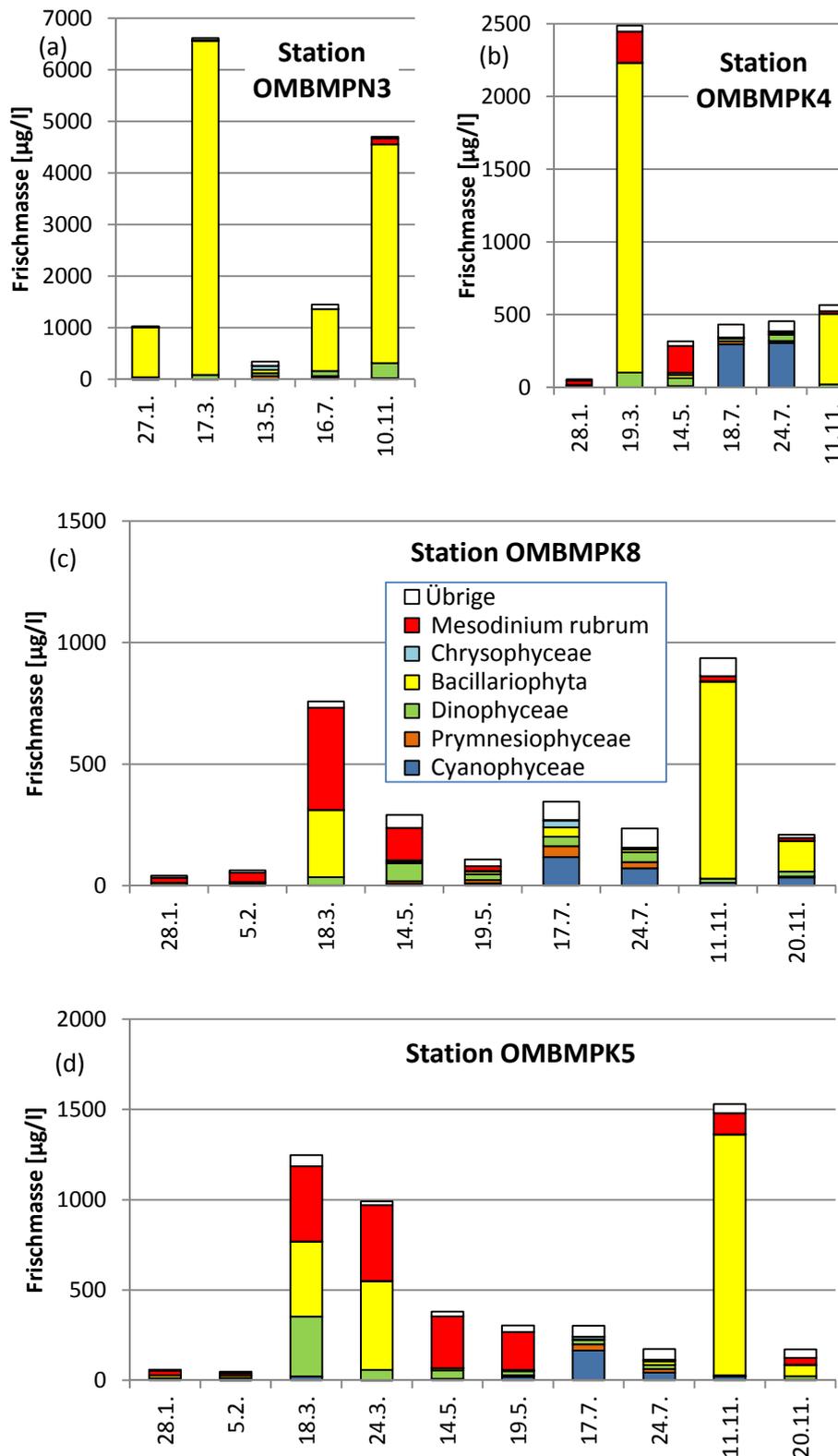


Abb. 4: Jahresgang 2010 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Kieler Bucht (a) und der Arkonasee (b-d).

Fig. 4: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in Kiel Bight (a) and in the Arkona Sea (b-d) in 2010.

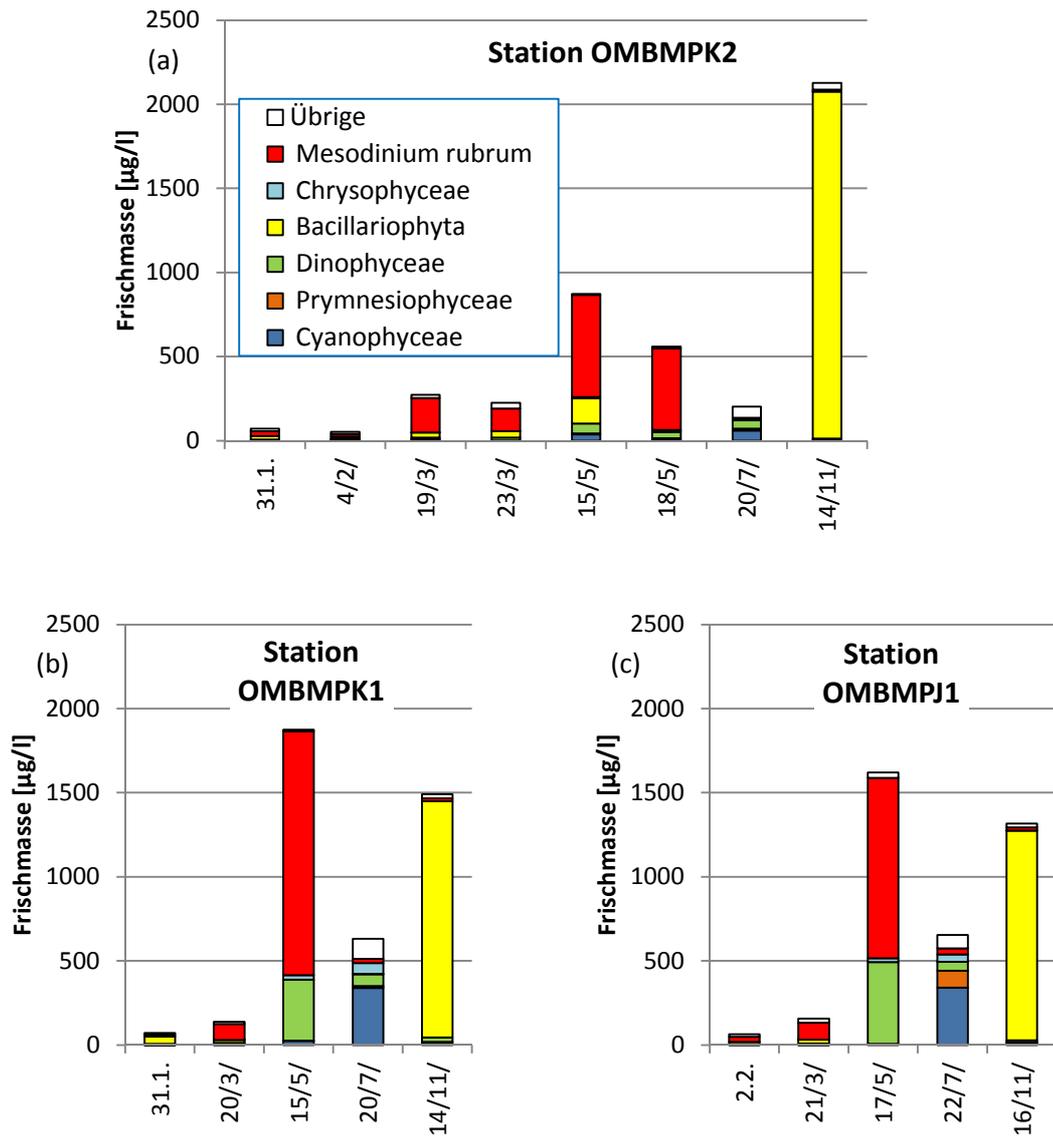


Abb. 5: Jahresgang 2010 der Phytoplanktonbiomasse (Frischmasse) in taxonomischen Gruppen in der Bornholmsee (a) und der Östlichen Gotlandsee (b-c).

Fig. 5: Seasonal variation of phytoplankton wet weight, split into main taxonomical groups, in the Bornholm Sea (a) and in the Eastern Gotland Sea (b-c) in 2010.

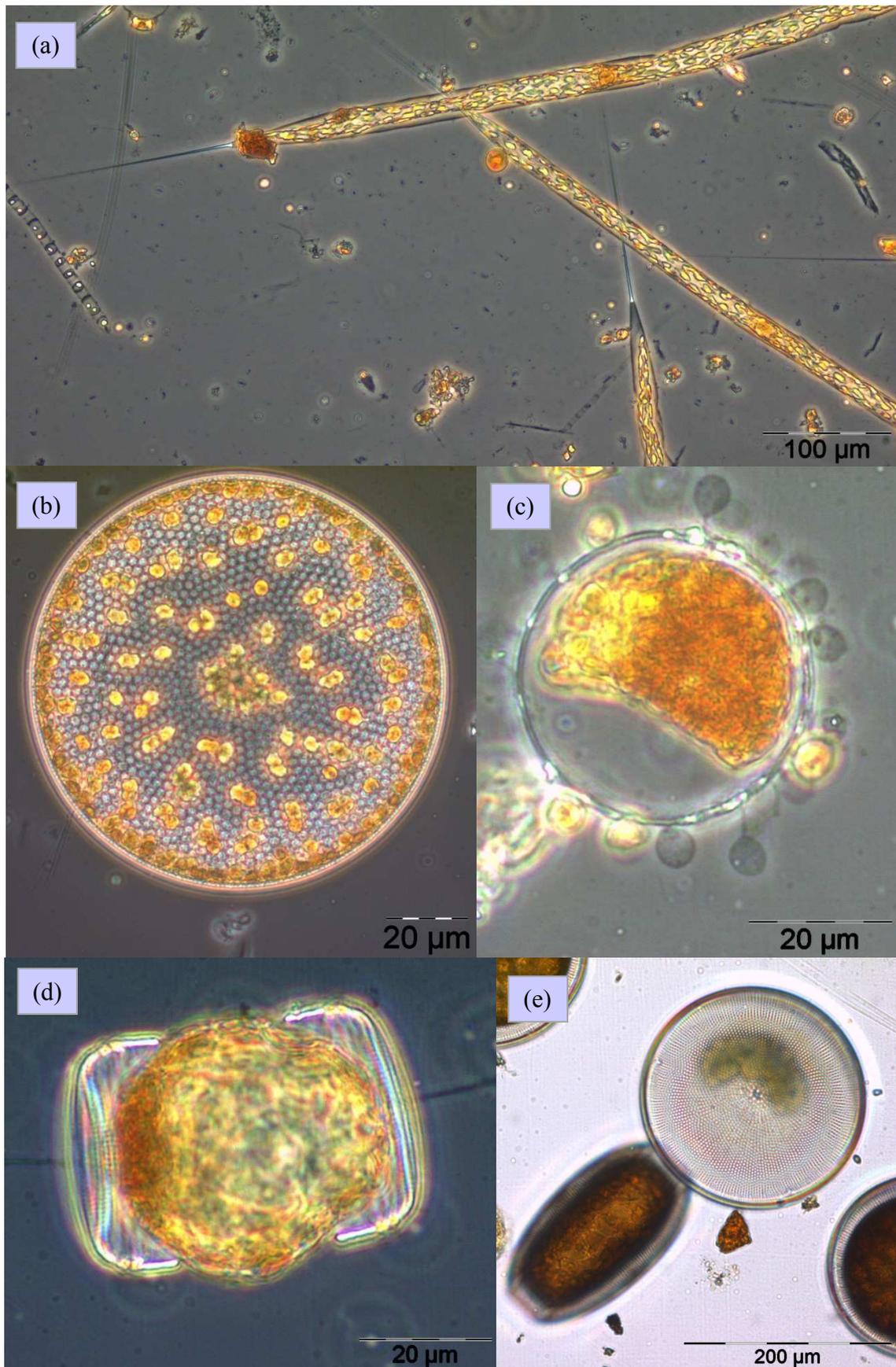


Abb. 6: Lichtmikroskopische Aufnahmen wichtiger Phytoplankter des Jahres 2010: (a) *Rhizosolenia setigera*, (b) *Coscinodiscus radiatus*, (c) *Porosira* von Parasiten (?) befallen, (d) *Thalassiosira baltica* mit Auxospore, (e) *Coscinodiscus granii* (Fotos: Susanne Busch).

Fig. 6: Photos of the above mentioned diatoms (photos by Susanne Busch).

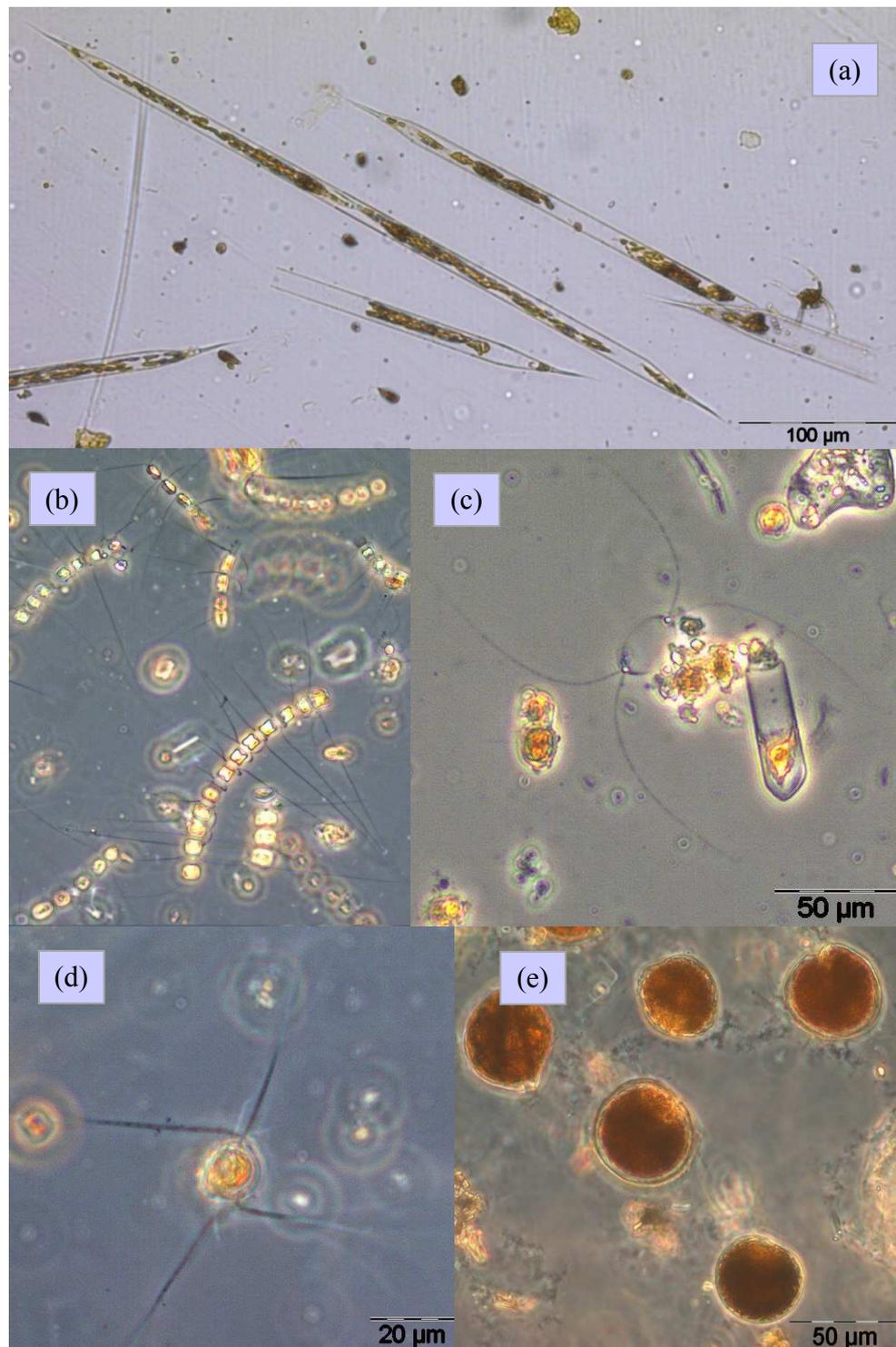


Abb. 7: Die im Jahre 2010 gefundenen ungewöhnlichen Arten *Pseudosolenia calcar-avis* (a), *Chaetoceros socialis* (b), *Chaetoceros circinalis* (c), *Chaetoceros pseudobrevis* (d) and *Alexandrium pseudogonyaulax* (Fotos: Susanne Busch).

Abb. 7: The uncommon species *Pseudosolenia calcar-avis* (a), *Chaetoceros socialis* (b), *Chaetoceros circinalis* (c), *Chaetoceros pseudobrevis* (d) and *Alexandrium pseudogonyaulax* found in 2010 (photos by Susanne Busch).

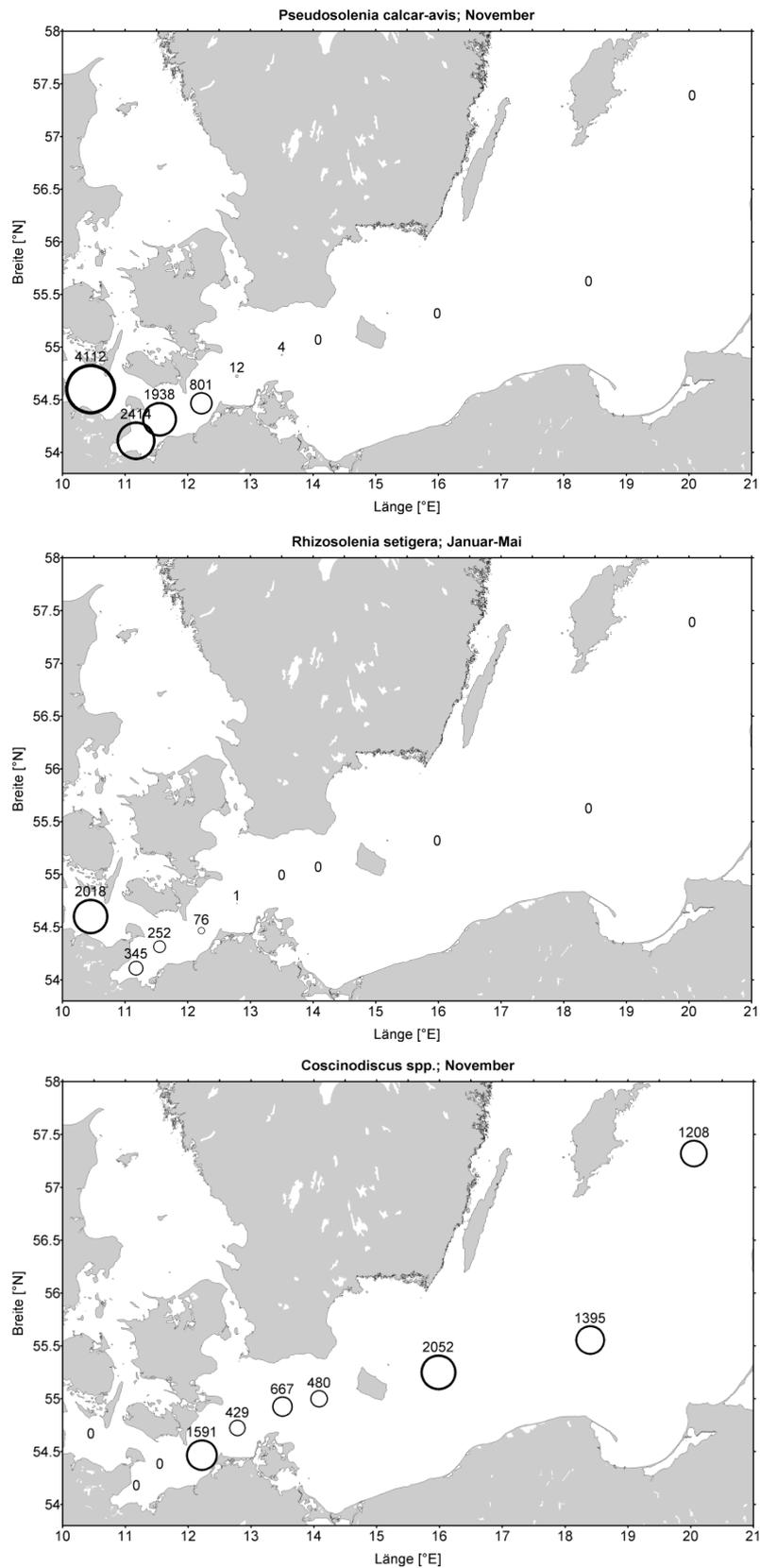


Abb. 8: Verteilung von *Pseudosolenia calcar-avis*, *Rhizosolenia setigera* und *Coscinodiscus* spp. im Untersuchungsgebiet in Jahreszeiten ihres Hauptvorkommens.

Fig. 8: Distribution of *Pseudosolenia calcar-avis*, *Rhizosolenia setigera* and *Coscinodiscus* spp. in the investigation area in the seasons of their principal occurrence.

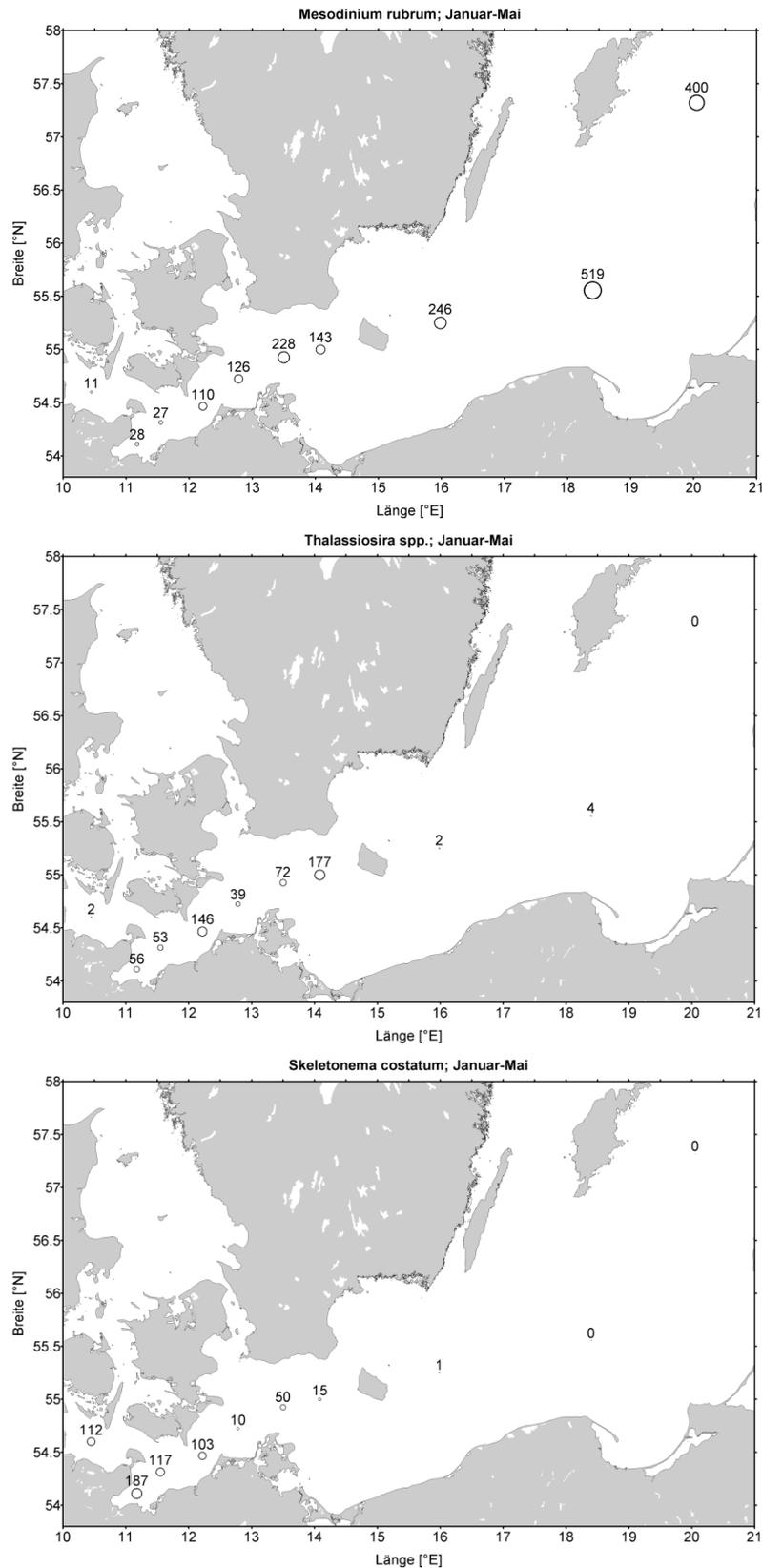


Abb. 9: Verteilung von *Mesodinium rubrum*, *Thalassiosira* spp. und *Skeletonema costatum* im Untersuchungsgebiet in Jahreszeiten ihres Hauptvorkommens.

Fig. 9: Distribution of *Mesodinium rubrum*, *Thalassiosira* spp. and *Skeletonema costatum* spp. in the investigation area in the seasons of their principal occurrence.

4.1.3 Invasive Phytoplankton-Arten

Der Schutz der marinen Umwelt beinhaltet nicht nur die Erreichung bzw. Erhaltung einer guten Wasserqualität und der natürlichen Produktivität eines Gewässers, sondern auch die Erhaltung der natürlichen Diversität. Die Einwanderung und Etablierung neuer Arten ist mit einem Verdrängen einheimischer Arten verbunden. Es dürfte sich dadurch sogar die Diversität vor Ort erhöhen (α -Diversität), aber die typischen biozönotischen Strukturen 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*, das wahrscheinlich auf natürlichem Wege über das Kattegat in die Ostsee vorgedrungen ist. HAJDU et al. (2000) und OLENINA et al. (2010) haben eindrucksvoll das Vordringen dieser Art nachgezeichnet. Sie ist zeit- und stellenweise zur dominanten Art geworden. Andererseits ist die Art *Prorocentrum balticum* anscheinend verschwunden (WASMUND et al. 2008 b).

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 Salzwassereintrüben in das Tiefenwasser, sondern auch mit warmen oberflächennahen Strömungen, die mit einfachen Salzgehaltsmessungen nicht nachgewiesen werden (HAJDU et al., 2006). Insofern sind diese Arten Indikatoren für oberflächennahe Einströme von Nordseewasser. OLENINA & KOWNACKA (2010) analysierten die Artenzusammensetzung 5 Jahre nach dem von HAJDU et al. (2006) beschriebenen ungewöhnlich weitern 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 von uns im Jahre 2009 in der südlichen Gotlandsee gefundene heterotrophe Dinoflagellat *Noctiluca scintillans* konnte im Jahre 2010 nicht mehr nachgewiesen werden. Auch die im letzten Jahr für uns neuen Arten *Chaetoceros lorenzianus* und *Phaeodactylum tricorutum* traten nicht mehr auf, während *Lennoxia faveolata* noch ganz gering vertreten war.

Die Kieselalge *Pseudosolenia calcar-avis* (Abb. 7a auf Seite 31), die ab 28.9.2010 mit 200-600 $\mu\text{g/L}$ an der Herbstblüte vor Heiligendamm beteiligt war, ist neu für die IOW-Artenliste. Diese Blüte ist in Kapitel 4.1.2.3 beschrieben.

Die Art *Chaetoceros socialis* (Abb. 7b) ist in der Mecklenburger Bucht nicht ungewöhnlich. Sie trat vor Heiligendamm am 5.10.2010 aber in ungewöhnlich großen Massen auf (793

µg/L) und dominierte dort die Herbstblüte. Da wie keine Expedition im Oktober 2010 hatten, fiel sie in den regulären Monitoringproben allerdings kaum noch auf.

Wir fanden in den Proben vom März 2010 in der Kieler und Mecklenburger Bucht erstmalig die Arten *Chaetoceros circinalis* (Abb. 7c) und *Chaetoceros pseudobrevis* (Abb. 7d). Allerdings wurden diese Arten auch in der Liste von Hällfors für Kattegat/Beltsee genannt. Sie sind also nicht neu für das Gebiet, sondern nur neu für uns.

Neu für uns war auch *Alexandrium pseudogonyaulax* (Abb. 7e), aber auch diese Art wird bereits in der Liste von Hällfors für Kattegat/Beltsee genannt. Wir fanden sie auf unserer Juli-Fahrt, aber auch am 10.8.2010 vor Heiligendamm. Sie ist schwer bestimmbar und möglicherweise zuvor schon zeitweise aufgetreten, aber nicht erkannt worden. Die Bestimmung wurde von Frau Göbel vom LLUR bestätigt.

4.1.4 Jahresgang und Trend der Chlorophyll a – Konzentration

Ein grober Jahresgang der Chlorophyll a-Konzentration ist der Tab. 5 zu entnehmen. Er entspricht etwa den bereits in Abb. 3-5 dargestellten Jahresgängen der Biomasse und wird deshalb hier nicht noch einmal diskutiert. Es sind für jede Probenahme die Mittelwerte über die oberen 10 m gezeigt. Zur Unterstützung der methodischen Diskussion (Kap. 2.3) sind in der Tabelle die nach 2 verschiedenen Methoden gewonnenen Daten parallel gezeigt und deren über das ganze Jahr gemittelter Durchschnittswert in der letzten Zeile angegeben.

Das Maximum der Frühjahrsblüte ist meistens Mitte März zu finden; es stellt gleichzeitig (außer an Station OMBMPK5) das Jahresmaximum dar. Wir fanden am 18.3.2011 an Station OMBMPM2 einen extrem hohen Wert von 11,4 mg m⁻³. Die kräftige Herbstblüte zeigt sich in den Chlorophyllwerten an den meisten Stationen weniger deutlich.

Die horizontale Verteilung der Chlorophyll-a-Werte im Stationsnetz für die 5 Monitoringfahrten ist in Abb. 10 und 11 dargestellt. Abb 10a macht wiederum deutlich, dass die Phytoplanktonentwicklung in der Kieler Bucht beginnt. Der in Tab. 5 gezeigte Spitzenwert der Station OMBMPM2 erscheint hier nicht mehr, da Mittelwerte der entsprechenden Fahrten dargestellt wurden. Solche Spitzenwerte sind oft zufallsbedingt und problematisch für Trenduntersuchungen.

Die jährlich fortgeschriebenen Grafiken zu den Trendanalysen wollen wir nicht jedes Jahr neu präsentieren, da der Informationszuwachs gering ist. Wir wollen auf die umfangreichen Trenddarstellungen und Diskussionen verweisen, die in dem Indikatorbericht von WASMUND et al. (2011 b) publiziert worden sind.

Tab. 5

Mittlere Konzentrationen von „aktivem Chlorophyll a“ (Chl.a-kor), Phaeopigment a und „Gesamt-Chlorophyll a“, bestimmt nach der neuen Methode (Chl.a-tot-NEU), alles in mg m⁻³, von 0 bis 10 m Tiefe. In der letzten Zeile werden die Mittelwerte über alle in den zusammengehörigen zwei Spalten der Tabelle gezeigten Werte angezeigt.

Table 5

Depth-integrated (0-10m) concentrations of “active chlorophyll a” (chl.a-cor), phaeopigment a and “total chlorophyll a” (chl.a-tot-NEU). The average over all data in the corresponding two columns of the table are given in the last row.

Stat.	Datum	Chl.a-kor	Phae.a	Chl.a-tot-NEU	Stat.	Datum	Chl.a-kor	Phae.a	Chl.a-tot-NEU
		(mg m ⁻³)					(mg m ⁻³)		
OMBMPN3	27/01/10	3.13	1.52	3.12	OMBMPK8	11/11/10	3.90	0.81	3.94
OMBMPN3	17/03/10	6.36	1.67	6.07	OMBMPK8	20/11/10	2.57	1.30	2.78
OMBMPN3	13/05/10	2.04	0.52	1.95	OMBMPK5	28/01/10	0.79	0.66	0.84
OMBMPN3	16/07/10	1.81	0.60	1.86	OMBMPK5	05/02/10	0.88	0.43	0.93
OMBMPN3	10/11/10	4.93	0.94	4.93	OMBMPK5	18/03/10	4.36	0.85	4.36
OMO22	27/01/10	1.03	0.56	1.07	OMBMPK5	24/03/10	4.73	0.88	4.71
OMO22	18/03/10	9.29	3.09	9.22	OMBMPK5	14/05/10	1.62	0.29	1.57
OMO22	13/05/10	2.72	1.22	2.86	OMBMPK5	19/05/10	1.52	0.41	1.51
OMO22	16/07/10	1.59	0.33	1.60	OMBMPK5	17/07/10	1.72	0.40	1.76
OMO22	09/11/10	3.86	0.53	3.77	OMBMPK5	24/07/10	1.48	0.60	1.61
OMBMPM2	27/01/10	0.76	0.56	0.82	OMBMPK5	11/11/10	5.63	0.86	5.66
OMBMPM2	05/02/10	0.86	0.63	0.91	OMBMPK5	20/11/10	2.13	0.77	2.21
OMBMPM2	18/03/10	11.23	2.79	11.43	OMBMPK4	28/01/10	0.75	0.54	0.79
OMBMPM2	25/03/10	1.64	0.56	1.61	OMBMPK4	19/03/10	7.20	0.89	6.89
OMBMPM2	13/05/10	1.51	0.51	1.54	OMBMPK4	14/05/10	1.88	0.48	1.88
OMBMPM2	19/05/10	1.24	0.47	1.28	OMBMPK4	18/07/10	1.96	0.52	2.03
OMBMPM2	16/07/10	0.88	0.21	0.91	OMBMPK4	24/07/10	2.91	0.70	2.95
OMBMPM2	25/07/10	1.09	0.32	1.17	OMBMPK4	11/11/10	3.16	0.63	3.17
OMBMPM2	09/11/10	5.07	0.61	4.84	OMBMPK2	31/01/10	0.60	0.40	0.65
OMBMPM2	20/11/10	1.68	0.57	1.71	OMBMPK2	04/02/10	0.61	0.21	0.61
OMBMPM1	28/01/10	0.90	1.13	1.02	OMBMPK2	19/03/10	1.40	0.29	1.42
OMBMPM1	05/02/10	0.93	0.64	0.98	OMBMPK2	23/03/10	1.47	0.38	1.51
OMBMPM1	18/03/10	7.40	1.66	7.33	OMBMPK2	15/05/10	3.22	0.27	3.00
OMBMPM1	24/03/10	5.11	1.20	5.07	OMBMPK2	18/05/10	2.11	0.22	1.94
OMBMPM1	14/05/10	2.67	0.84	2.68	OMBMPK2	20/07/10	1.37	0.51	1.50
OMBMPM1	19/05/10	1.20	0.44	1.24	OMBMPK2	14/11/10	4.79	0.64	4.68
OMBMPM1	17/07/10	1.05	0.31	1.09	OMBMPK1	31/01/10	0.46	0.27	0.47
OMBMPM1	25/07/10	1.29	0.37	1.35	OMBMPK1	20/03/10	0.92	0.22	0.93
OMBMPM1	10/11/10	2.77	0.53	2.75	OMBMPK1	15/05/10	5.71	0.44	5.37
OMBMPM1	20/11/10	2.09	1.54	2.41	OMBMPK1	20/07/10	3.38	0.97	3.49
OMBMPK8	28/01/10	0.63	0.63	0.70	OMBMPK1	14/11/10	3.66	0.57	3.61
OMBMPK8	05/02/10	0.92	0.41	0.95	OMBMPJ1	01/02/10	0.58	0.19	0.58
OMBMPK8	18/03/10	4.03	0.58	3.95	OMBMPJ1	21/03/10	1.39	0.36	1.43
OMBMPK8	14/05/10	2.67	0.64	2.57	OMBMPJ1	16/05/10	4.01	0.56	3.84
OMBMPK8	19/05/10	1.07	0.38	1.12	OMBMPJ1	21/07/10	2.66	0.46	2.66
OMBMPK8	17/07/10	1.88	0.67	2.03	OMBMPJ1	15/11/10	3.67	0.56	3.68
OMBMPK8	24/07/10	1.43	0.50	1.54	Mittelwert		2.63	0.69	2.64

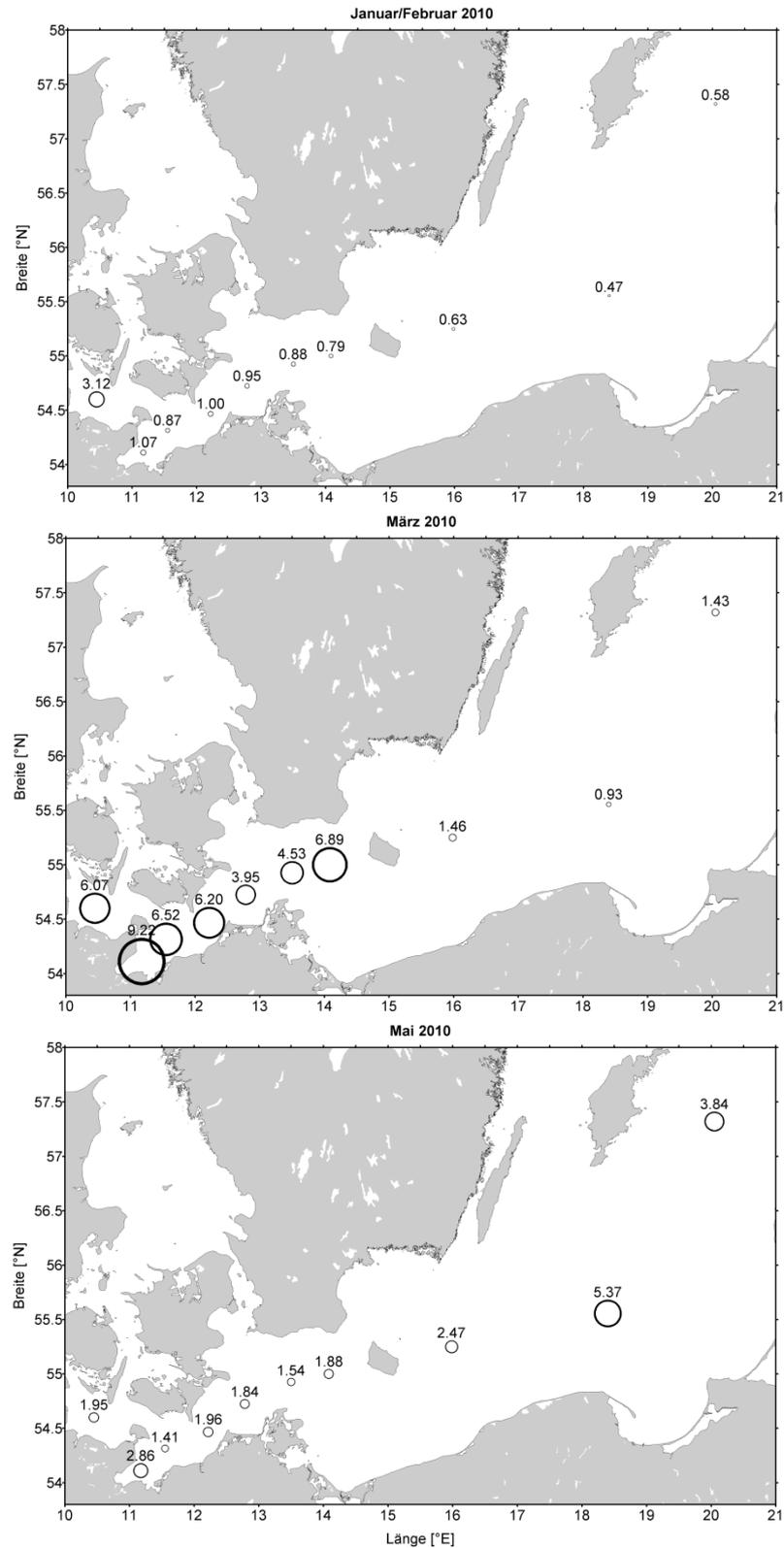


Abb. 10: Horizontale Verteilung der Chlorophyll-a-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) auf den Stationen während der Fahrten vom Januar/Februar, März und Mai 2010.

Abb. 10: Horizontal distribution of the chlorophyll-a-concentrations ($\mu\text{g/L}$) at the stations of the cruises from January/February, March and May 2010.

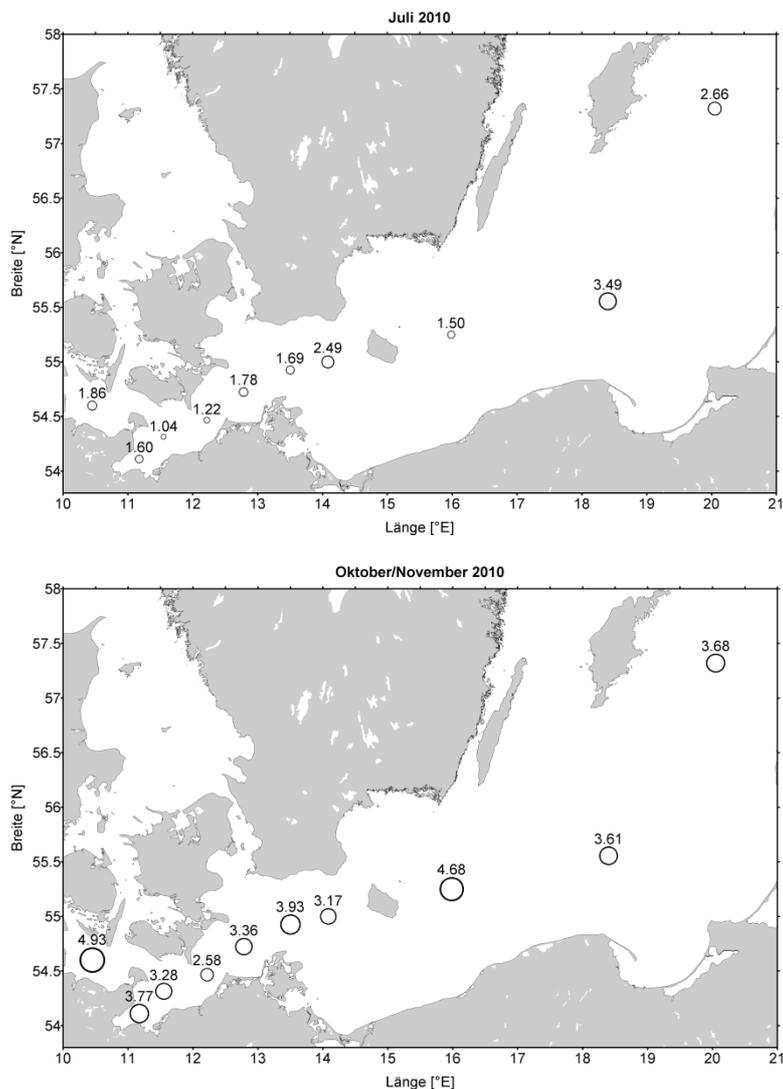


Abb. 11: Horizontale Verteilung der Chlorophyll-a-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) auf den Stationen während der Fahrten vom Juli und November 2010.

Abb. 11: Horizontal distribution of the chlorophyll-a-concentrations ($\mu\text{g/L}$) at the stations of the cruises from July and November 2010.

4.1.5 Sedimentation

Die mikroskopischen Analysen des im westlichen Arkonabecken aufgefangenen Materials zeigen die ostseetypische saisonale Abfolge von Phytoplanktongemeinschaften (Abb. 12 a-d) die sich in Frühjahrsblüte, Sommerphase und herbstliches Sedimentationsmaximum aufteilen läßt. Die von Diatomeen (Abb. 12 a) geprägte Sedimentation der Frühjahrsblüte in der Arkonasee begann im Jahre 2010 Anfang März, d.h. zum gleichen Zeitpunkt wie im Vorjahr. Die Artenzusammensetzung der Schlüsselarten war jedoch nicht völlig identisch. Während *Thalassiosira levanderi* und *Skeletonema spp* in beiden Jahren die Hauptvertreter der Frühjahrs-Diatomeen stellten, waren *Chaetoceros spp.* und *Coscinodiscus granii* im Frühjahr weniger abundand vertreten, traten dafür 2010 im Gegensatz zum Vorjahr aber in

der herbstlichen Entwicklung deutlicher auf. Während des ganzen Jahres waren *Actinocyclus octonarius* und geringe Mengen an pennaten Diatomeen präsent. Nur im Frühjahr traten *Rhizosolenia setigera*, *Rhizosolenia hebetata* und *Melosira arctica* auf, nur im Herbst *Cyclotella choctawhatcheena*, *Dactyliosolen fragilissima*, *Cerataulina pelagica*, *Pseudo-nitzschia sp.* und *Pseudosolenia calcar-avis*. Es lässt sich auf taxonomischer Ebene bei den 20 in diesem Jahr gefundenen Arten bzw Gruppen von Diatomeen eine deutliche Trennung zwischen Frühjahrs- und Herbstgemeinschaften erkennen. Die durch Diatomeen aus der Deckschicht abtransportierten Jahresmengen an Silikat (Abb. 13) lassen sich schlecht quantifizieren, da sie von den großen Silikatflüssen aus sedimentären Quellen überdeckt werden, die im Winter und Spätherbst durch Resuspensionsprozesse ins Wasser transportiert wurden. Trotzdem sind die Silikatflüsse in den von diesen Prozessen wenig beeinflussten Perioden der Wachstumsphase (März bis Oktober) höher als im Vorjahr, was für einen höheren sedimentären Eintrag Diatomeen-basierter Organik in diesem Jahr spricht.

Dinoflagellaten (Abb. 12 b) waren im Jahre 2010 wesentlich artenreicher als im Vorjahr, wobei sich die Anzahl der identifizierten Arten/Gruppen von 7 auf 14 verdoppelte. Das Vorkommensmaximum tritt im Sommer zwischen April und Oktober auf. Eine frühe Gemeinschaft (April bis Juni) mit *Protoperidinium sp.*, *Peridinella catenata*, *Gymnodinium corollarium*, *Heterocapsa rotundata*, *Heterocapsa triquetra* und Gymnodiniales wird durch eine späte Dinoflagellatengemeinschaft (August bis Oktober) mit *Prorocentrum minimum*, *Dinophysis acuminata*, *Dissodinium pseudolunula*, *Ceratium tripos* und *Peridinales* (10-15 µm) abgelöst. Die Zeit zwischen Juni und August füllen mit *Gymnodinium corollarium*, *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis norvegica* und Peridinales (10-15 µm) nur wenige Gruppen übergreifend, so daß sich für die Dinoflagellaten eine sehr gute Abgrenzung zwischen frühen und späten Formen in der Wachstumsphase ergibt. Im Hochsommer zwischen April und August scheinen sie ebenso wie die Cyanobakterien keine große Rolle für die Sedimentation zu spielen, da hier die Flüsse von biogenem Material insgesamt sehr niedrig sind.

Im Gegensatz zum Vorjahr (April) treten größere Bestände an Cyanobakterien (Abb. 12 c) erst im August auf. Von da an nehmen sowohl fädige diazotrophe Gruppen (*Aphanizomenon*, *Nodularia*) die sich Mitte September abwechseln, als auch nicht-N-fixierende koloniebildende Gruppen (*Merismopedia*, *Snowella*, *Aphanocapsa*) deutlich bis zum Oktober hin zu. Ihr dabei zunehmender Beitrag zum Partikelfluss läßt sich auch am Absinken der Delta-15-N-Signaturen über diesen Zeitraum erkennen. Die Cyanobakterien zeigten im Jahr 2010 damit in ihrem Vorkommen eine Verzögerung von ungefähr 5 Monaten im Verhältnis zum Vorjahr.

Bei den Flagellaten (Abb. 12 d) wechselten sich verschiedene Gruppen, vor allem von Chlorophyceen, über die Wachstumsphase ab. *Planktonema lauterborni* und *Pediastrum sp.*, die über das ganze Jahr vorkamen, bildeten dabei eine Art Hintergrund, auf dem sich im Frühsommer zusätzlich Chrysophyceen (*Dinobryon balticum*) und Euglenophyceen entwickelten, während im Spätsommer *Dictyosphaerium sp.* und *Oocystis sp.* als Chlorophyceen sowie die Rapidophyceen *Heterosigma akashiwo* hinzukamen. Auch bei diesen Flagellatengruppen wurden doppelt so viele Arten identifiziert wie im Vorjahr, was

zur insgesamt deutlich höheren Artendiversität der Phytoplankter im Fallenmaterial im Jahr 2010 beitrug.

Bis auf die Perioden im Winter (Januar/Februar) und im Spätherbst (November) gingen auch 2010 die saisonalen Muster des Vertikaltransportes der Hauptelemente Kohlenstoff (Abb. 14), Stickstoff (Abb. 15) und Phosphor (Abb. 16) mit der Entwicklung der pelagischen Produzenten, und dabei vor allem mit der von Diatomeen und Cyanobakterien einher. Während 2009 die Maxima und auch die absoluten Mengen von Elementflüssen in der Frühjahrs-, Sommer- und Herbstphase ähnlich hoch waren, waren die sommerlichen Raten 2010 sehr viel niedriger. Der erste Eindruck, dass in diesem Jahr die Exportproduktion nur vom Diatomeenwachstum gesteuert wird, ist jedoch nicht richtig, da sich durch die Verschiebung des Eintrages von Cyanobakterien in den Herbst die Sedimentationsmaxima von Diatomeen und Cyanobakterien decken. Die Entwicklung der Stickstoffisotopie (Abb. 17) indiziert, dass ein großer Teil des organischen Materials in dieser Zeit durch diazotrophe Cyanobakterien eingetragen wurde. Der kontinuierliche Abfall dieser Variable von 8 Promill im Winter über 6 im Frühjahr und Frühsommer bis zu 2 im August zeigt, dass zum Ausgang des Sommers zunehmend leichter Stickstoff durch biogene Fixierung in das System gelangt.

Während der Sommerphase ist der Gesamteintrag ausgesprochen niedrig. Anhand der extrem hohen C/P-Verhältnisse (Abb. 18) lässt sich darauf schließen, dass dieses Material schon erheblichen Abbauprozessen in der Wassersäule unterlag. Dieses Bild unterscheidet sich erheblich vom Vorjahr, in dem während des Sommers große Mengen frischer von Cyanobakterien gebildeter organischer Substanz genau in dieser Zeit aus dem Pelagial exportiert wurden. Beim C/N-Verhältnis (Abb. 20) lassen sich die unterschiedlichen Phasen nicht so genau unterscheiden. Es bleibt im gesamten betrachteten Zeitraum im Bereich von 8. Das deutet darauf hin, dass sich die Abbauraten von Kohlenstoff und Stickstoff im Wasser nicht wesentlich unterscheiden.

Die absoluten Flüsse von Elementen und Trockenmasse (Abb. 19) wurden in diesem Jahr durch die extrem hohen Einträge von resuspendiertem Material im Januar/Februar und November dominiert. Der überwiegende Teil der aufgefangenen Menge pro m^2 und Jahr von 628 mmol C, 68 mmol N, 228 mmol Si und 6,7 mmol P sowie einem Massefluss von 133 g Trockenmasse $m^{-2} a^{-1}$ wurde in diesen zwei Perioden in die Fallen eingetragen. Berücksichtigt man die Daten aus diesen Phasen nicht, was in den produktionsarmen Wintermonaten relativ unkritisch ist, im November aber auch einen Teil des tatsächlich absinkenden pelagischen Materials ausschließt, dann reduziert sich der jährliche Eintrag auf 157 mmol C, 17 mmol N, 39 Si und 0,9 P $m^{-2} a^{-1}$. Diese Werte sind etwa um die Hälfte geringer als im Vorjahr, was sicher an der Unterschätzung der spätherbstlichen Produktionsphase liegt. Andererseits sind die sommerlichen Raten von Juni bis August 2010 extrem niedrig, während 2009 fast ein Drittel der organischen Substanz in dieser Zeit aufgefangen wurde. Die höheren Werte im Spätsommer/Herbst, die durch die gemeinsame Sedimentation von Diatomeen und Cyanobakterien zu erklären sind, können diese Menge nicht kompensieren. Es muss also davon ausgegangen werden, dass die tatsächlichen Mengen im Bereich von 20-30% unterhalb der Vorjahreswerte liegen.

Arkonasee 2010

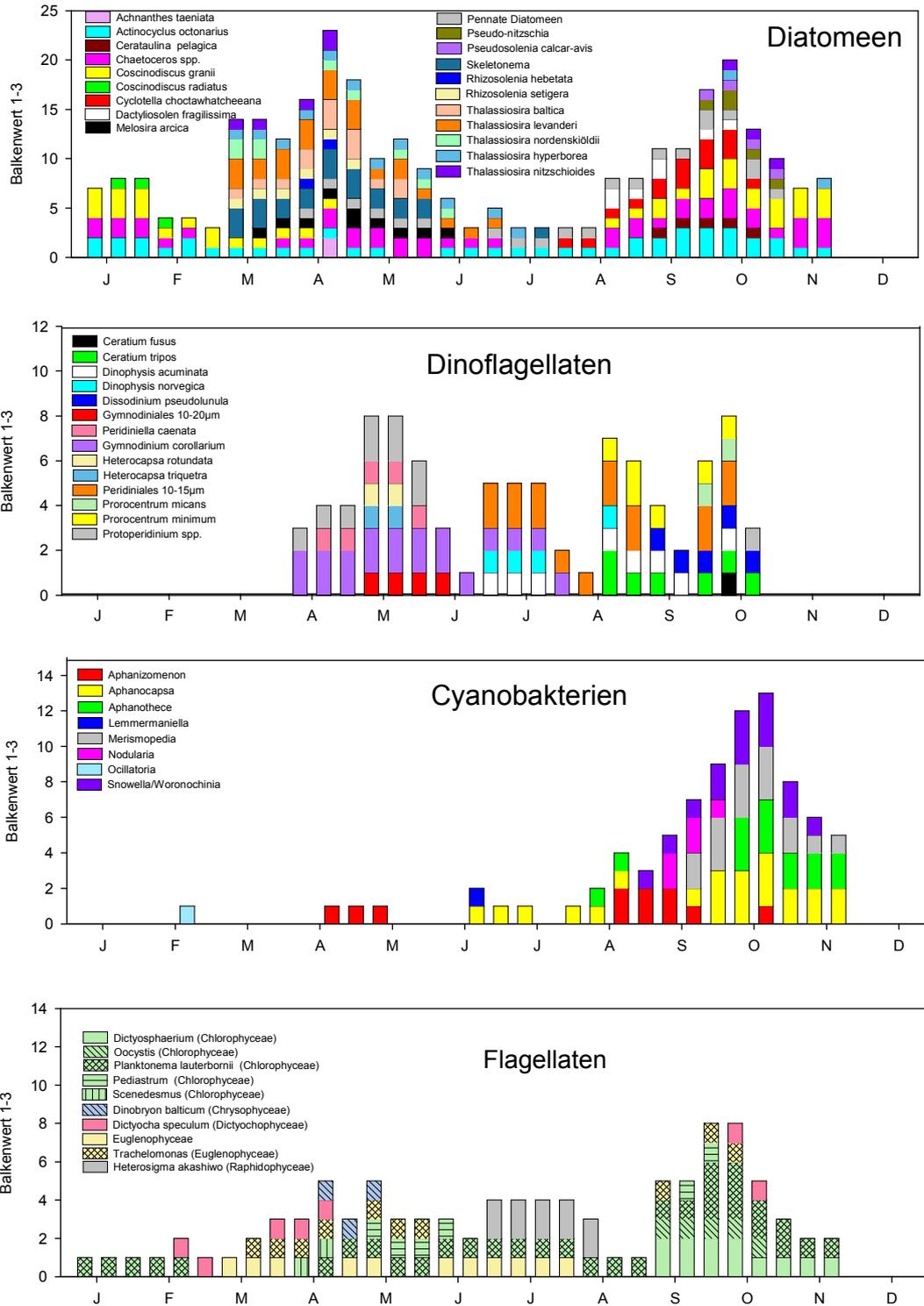


Abb. 12 a-d: Relative Häufigkeit einzelner Arten von Diatomeen, Dinoflagellaten, Cyanobakterien sowie Grünalgen im sedimentierten organischen Material im Jahre 2010.

Fig. 12 a-d: Relative frequency of selected species of diatoms, dinoflagellates, cyanobacteria and green algae in sedimented organic material in 2010.

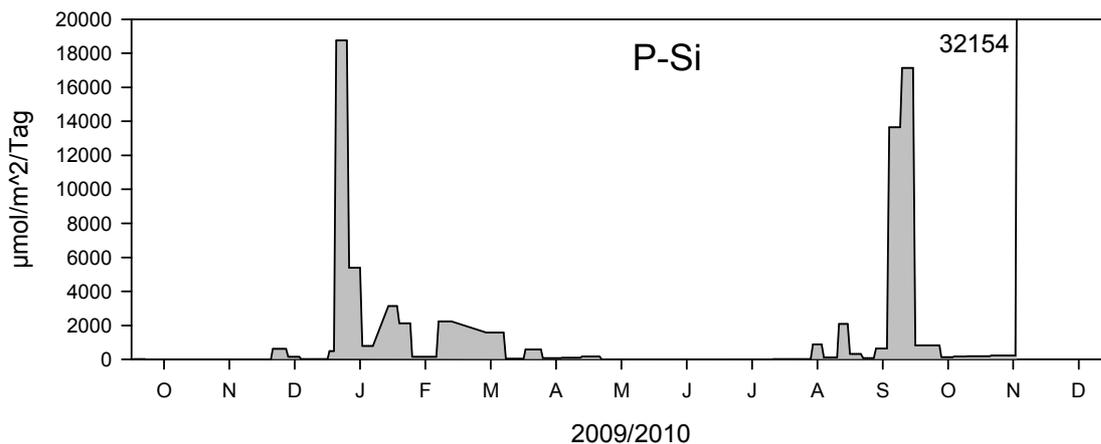


Abb. 13: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem biogenem Silikat im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2009/2010.

Fig. 13: Daily sedimentation rates of particulate biogenic silicate at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2009/2010.

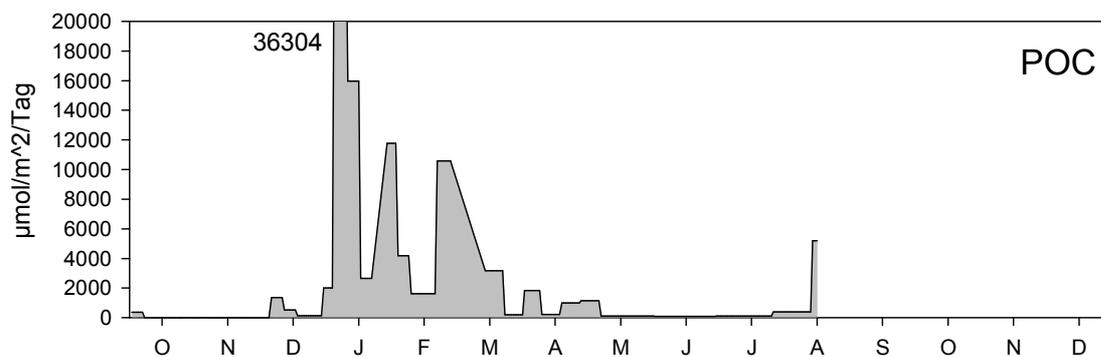


Abb. 14: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Kohlenstoff im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2009/2010

Fig. 14: Daily sedimentation rates of particulate organic carbon at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2009/2010.

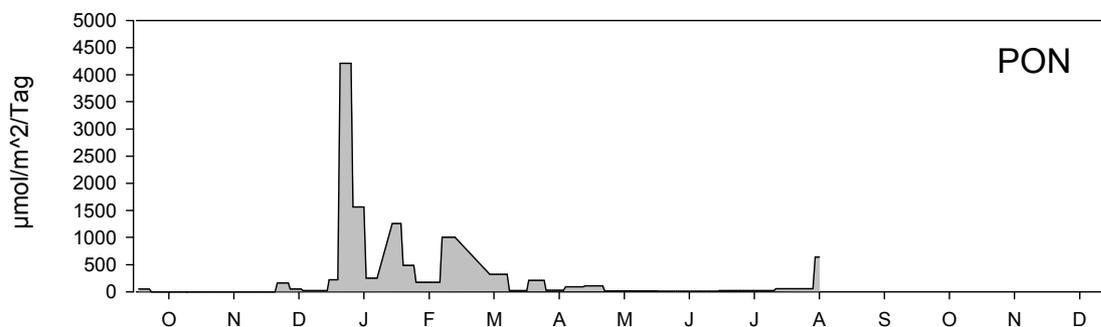


Abb. 15: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem organischem Stickstoff im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2009/2010.

Fig. 15: Daily sedimentation rates of particulate organic nitrogen at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2009/2010.

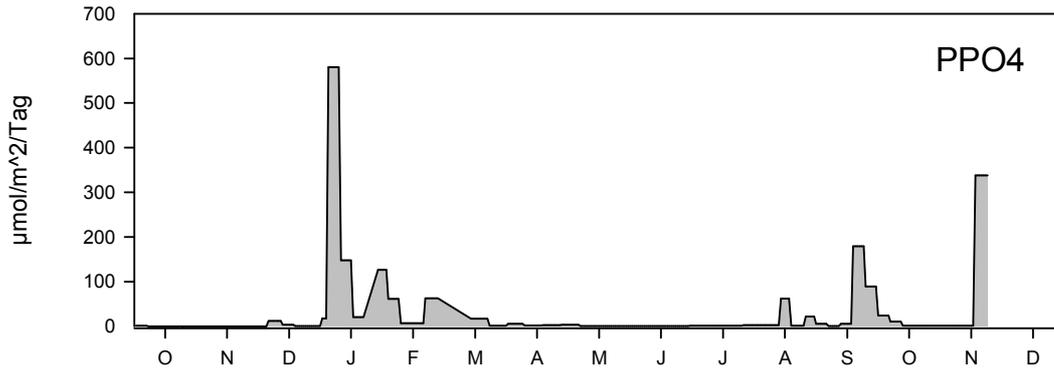


Abb. 16: Tägliche Sedimentationsraten von partikulärem Phosphor im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2009/2010.

Fig. 16: Daily sedimentation rates of particulate phosphorus at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2009/2010.

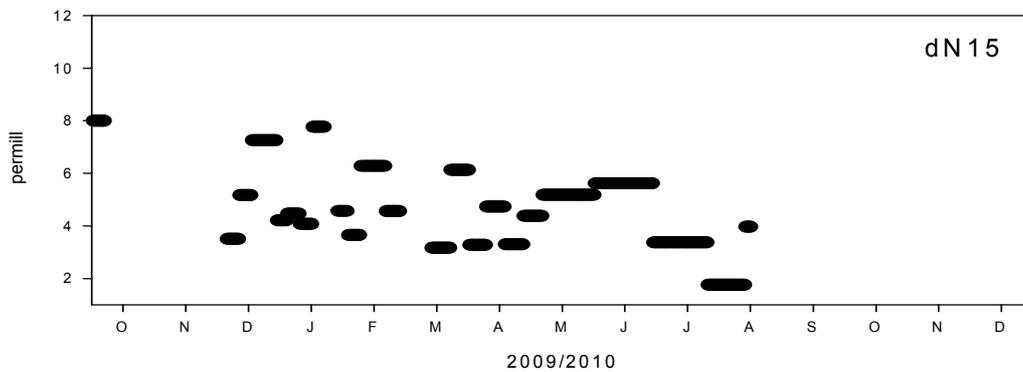


Abb. 17: Isotopie des Stickstoffs (permill delta 15 N) im Fallenmaterial im Jahr 2009/2010.

Fig. 17: Isotopic signature of nitrogen (permill delta 15 N) in sediment trap material in 2009/2010.

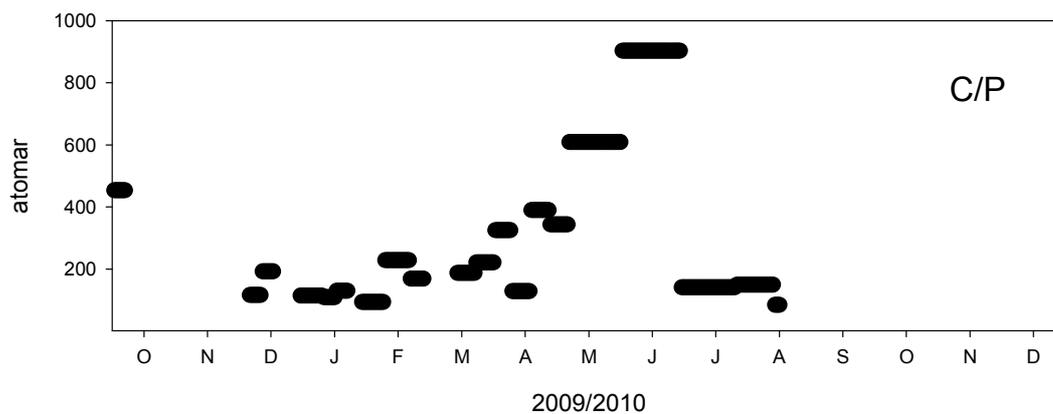


Abb. 18: Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Phosphor in Partikeln im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2009/2010.

Fig. 18: Atomic ratio between carbon and phosphorus in sedimenting particles at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2009/2010.

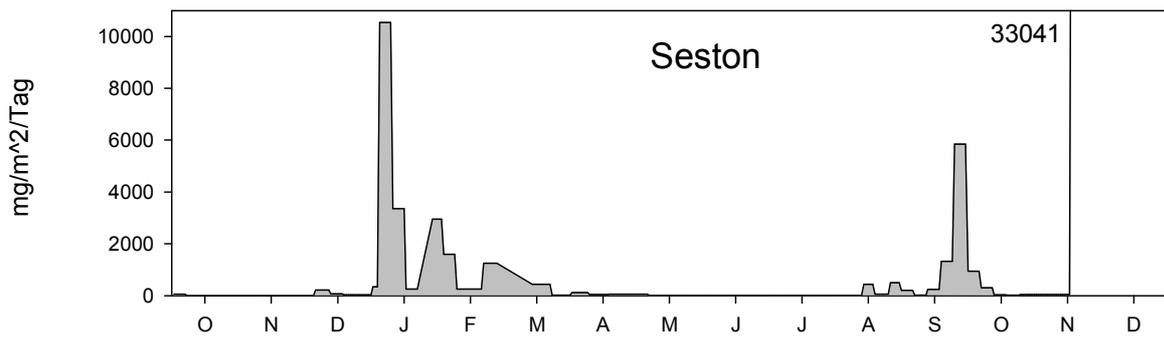


Abb. 19: Tägliche Sedimentationsraten von Trockenmasse (Seston) im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2009/2010.

Fig. 19: Daily sedimentation rates of dry mass (seston) at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2009/2010.

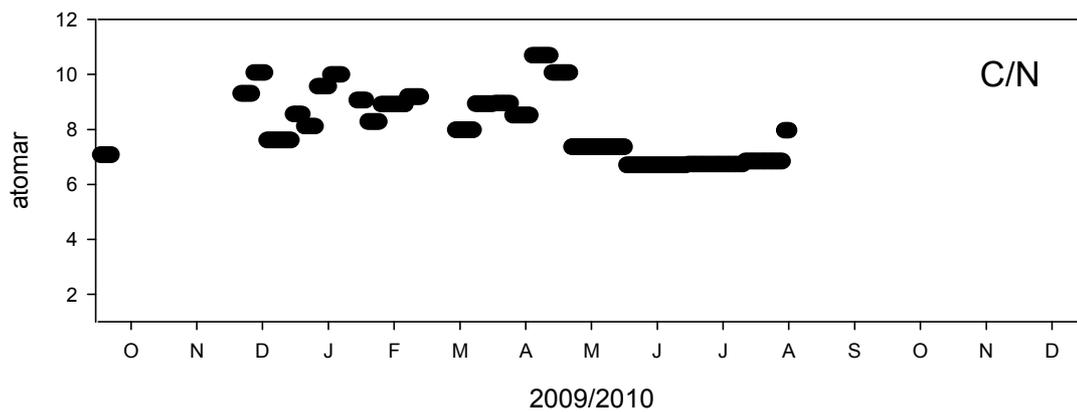


Abb. 20: Atomares Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff in Partikeln im Sedimentationshorizont 35 m auf der Station Arkonasee im Jahr 2009/2010.

Fig. 20: Atomic ratio between carbon and nitrogen in sedimenting particles at at 35 m depth in the central Arkona Sea in 2009/2010.

4.2 Mesozooplankton

4.2.1 Artenspektrum, Wasseraustausch und Neozoen

Seit Beginn des BSH-Monitorings im IOW wurden insgesamt 41 Taxa registriert, wobei mit 21 bis 30 Taxa pro Monat in der zweiten Jahreshälfte stets die Zahlen aus den ersten Monaten (20 - 22 Taxa) übertroffen wurden (WASMUND et al., 2009). Die diesjährige Übersicht für die deutsche AWZ ist in Tab. 6 enthalten. Gegenüber dem Vorjahr war eine Nettozunahme um sechs auf 41 Taxa zu verzeichnen, auf das bisherige Höchstniveau von 1998. Dies betraf vor allem marine Vertreter, wie *Calanus finmarchicus*, *Centropages typicus*, *Paracalanus parvus*, *Noctiluca scintillans* und *Phoronis muelleri*, was für einen im Vergleich zum Vorjahr erhöhten Wasseraustausch spricht. Nach NAUSCH et al. (2011) waren im Jahre 2010 fünf barotrope Einstromereignissen in die Ostsee zu verzeichnen: im Januar/Februar, im Juli, im September, Oktober/November sowie im Dezember. Das waren zwei mehr als im Vorjahr. Allerdings machten sie sich unterhalb der Haloklinen nur bis in die Bornholmsee bemerkbar. Bei diesen Indikatorarten für Salzwassereinträge in der westlichen Ostsee handelte es sich wie üblich um wenigen Exemplare pro Kubikmeter.

Tab. 6

Liste der 2010 gefundenen Taxa mit Erstbeschreibung, taxonomischer Stellung und ITIS – Code (TNS = Taxonomic Serial Number); Fortsetzung auf Seite 46.

Table 6

Compilation of taxa found in 2010 with author and year of original description, taxonomic rank, and ITIS – code (TNS = Taxonomic Serial Number); continued on page 46

Name	Author, Jahr	Rang	TSN (ITIS)
<i>Acartia bifilosa</i>	Giesbrecht, 1881	Art	86095
<i>Acartia longiremis</i>	Lilljeborg, 1853	Art	86087
<i>Acartia tonsa</i>	Dana, 1849	Art	86088
<i>Alaurina composita</i>	Mecznikow, 1865	Art	
<i>Aurelia aurita</i>	Linnaeus, 1758	Art	51701
<i>Balanus improvisus</i>	Darwin, 1854	Art	89622
Bivalvia	Linnaeus, 1758	Klasse	79118
<i>Bosmina</i> spp.	Baird, 1845	Gattung	83936
<i>Calanus finmarchicus</i>	Gunner, 1765	Art	85272
<i>Centropages hamatus</i>	Lilljeborg, 1853	Art	85766
<i>Centropages typicus</i>	Krøyer, 1849	Art	85767
Ctenophora	Eschscholtz	Phylum	53856
<i>Cyclops</i> spp.	O. F. Müller, 1776	Gattung	88640
<i>Dyastilis rathkei</i>	(Krøyer, 1841)	Art	90852
Echinodermata	Klein, 1734	Stamm	156857
<i>Euphysa aurata</i>	Forbes, 1848	Art	48976
<i>Eurytemora affinis</i>	(Poppe, 1880)	Art	85863
<i>Evadne nordmanni</i>	Lovén, 1836	Art	83961
<i>Fritillaria borealis</i>		Art	159675

Name	Author, Jahr	Rang	TSN (ITIS)
Gastropoda	Cuvier, 1797	Klasse	69459
Gymnolaemata syn. Bryozoa		Klasse	155471
Harpacticoida	G.O. Sars, 1903	Ordnung	86110
Hydroidolina		Unterklasse	718924
<i>Keratella</i> spp.	Bory de St. Vincent, 1822	Gattung	58348
<i>Limnocalanus macrurus</i>	G.O. Sars, 1883	Art	85775
Lophogastrida	G.O. Sars, 1870	Ordnung	89808
Malacostraca	Latreille, 1802	Klasse	89787
<i>Noctiluca scintillans</i>	(Macartney) Kofoid & Swezy, 1921	Species	10150
<i>Obelia geniculata</i>	Linnaeus, 1758	Species	49522
<i>Oikopleura dioica</i>	Fol, 1872	Art	159669
<i>Oithona similis</i>	Claus, 1866	Art	88805
<i>Paracalanus parvus</i>	Claus, 1863	Art	85323
<i>Phoronis muelleri</i>	Selys-Longchamps, 1903	Art	206663
<i>Pleopsis polyphemoides</i>	Leuckart, 1859	Art	684626
<i>Podon intermedius</i>	Lilljeborg, 1853	Art	83965
<i>Podon leukartii</i>	G. O. Sars, 1862	Art	83966
<i>Polychaeta</i>		Klasse	64358
<i>Pseudocalanus acuspes</i>	Boeck, 1872	Gattung	85369
<i>Synchaeta</i> spp.	Ehrenberg, 1832	Gattung	59255
Teleostei		Infraklasse	161105
<i>Temora longicornis</i>	(O. F. Müller, 1785)	Art	85877
Tintinnidae		Familie	46743
Turbellaria		Klasse	53964

Neufunde an Neozoen traten im Berichtszeitraum nicht auf.

Die von der amerikanischen Ostküste stammende lobate Ctenophore *Mnemiopsis leidyi* überwinterte seit dem Herbst 2006 in der Kieler und in der Mecklenburger Bucht mit bis zu 5 Ind.*m⁻³ (KUBE et al., 2007a). Sie trat hauptsächlich in der zweiten Jahreshälfte auf (KUBE et al., 2007b). In den Jahren 2009 und 2010 begann diese Phase im August, wobei die Spitzenwerte in der Summe über alle Größenklassen zwei Monate später erreicht wurden (KUBE und AUGUSTIN, persönliche Mitteilung). Sie lagen in der westlichen Ostsee um eine Größenordnung unter den von JAVIDPOUR (2008) im Juni 2007 in der Kieler Bucht gemessenen 500 Ind.*m⁻³. Auf der Darßer Schwelle verringerte sich die höchste Konzentration um eine weitere Größenordnung. Das bestätigt den 2007 festgestellten West-Ost-Gradienten in der Verteilung (KUBE et al., 2007b). Die 2008 erstmals im Hafen von Aarø am Kleinen Belt verzeichnete marine Cladocereart *Penilia avirostris* war zumindest zu den im Zeitraum der Datenerhebung 2009 und 2010 nicht nachweisbar.

In den letzten Berichtsjahren wurde auf die Wirkung der räuberisch lebenden, pontokaspischen Wasserflohart *Cercopages pengoi* auf die Konzentration von *Bosmina* spp. in der zentralen Ostsee (WASMUND et al., 2005, 2006a, 2009). Ihr Auftreten ging mit einer Dezimierung des *Bosmina* spp.-Bestandes einher. Das ließ sich aus der Gegenüberstellung

der maximalen Oberflächentemperatur und der *Bosmina* spp.- Konzentration ablesen, bei der in den Jahren mit auffälliger *Cercopages pengoi* Präsenz deutlich geringere Werte zu verzeichnen waren als nach den Temperaturbedingungen zu erwarten waren (z.B. Abb. 18 in WASMUND et al., 2009). Problematisch dabei ist, dass sowohl *Bosmina* spp. als auch *Cercopages pengoi* zur Nahrungsquelle der Sprotten (*Sprattus sprattus*) gehören. Verlängert sich der Weg der Nahrung über *Cercopages pengoi* um eine Stufe, bedeutet das an dieser Stelle einen Energieverlust von 90%, wie in der klassischen Literatur angenommen wird. Inzwischen wurde diese Art auch in der Pommerschen Bucht, unweit des Greifswalder Boddens, dem Hauptlaichgebiet des Rügenschens Frühjahrsherings, nachgewiesen (OLSZEWSKA, 2006). Dieser Aspekt sollte unbedingt bei den Erkundungen des Heringslarven-Aufkommens berücksichtigt werden.

4.2.2 Zooplankton – Abundanzrückgang seit Beginn der neunziger Jahre

Der Rückgang in der Gesamtabundanz des Mesozooplanktons gegenüber der Periode in den frühen 90er Jahren blieb in der Tendenz erhalten (Tab. 7, Abb. 21-23). Abgesehen von den Jahren mit außergewöhnlich hoher Konzentration (1991-1995; 2002), schrumpfte die Summe der Maxima aller berücksichtigten Taxa in den letzten zehn Jahren von 500 000 (1999) auf nunmehr 150 000 Ind.*m⁻³. Das bedeutete einen weiteren Rückgang gegenüber dem Vorjahr um 50 % und über den gesamten Beobachtungszeitraum betrachtet von mehr als 2/3. Dabei fielen besonders die Abnahmen im Bereich der mikrophagen Rotatorien ins Gewicht (Abb. 22). 2010 lag das Maximum um das Zehnfache unter dem des Vorjahres.

Tab. 7:

Maximale Abundanz von fünf holoplanktischen (Rotatoria, Cladocera, Calanoida, Cyclopoida, Appendicularia) und drei meroplanktischen Gruppen (Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda) aus allen, im Jahre 2010 gewonnenen Proben, im Vergleich mit den Jahren 1991–95 und den Ergebnissen seit 1999. Die unterste Zeile erlaubt den relativen Vergleich zum Zeitraum 1991–95.

Table 7:

Abundance maximum of five holoplanktonic (Rotatoria, Cladocera, Calanoida, Cyclopoida, Appendicularia) and three meroplanktonic taxa (Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda) of all samples collected in 2010 in comparison to the previous years and the period between 1991 and 1995. The relative numbers in comparison to the 1991 to 1995 period are shown in the last row.

Taxa	Max. Abundanz [Ind*m ⁻³]												
	1991 - 1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Rotatoria	500000	101500	350000	135000	124000	152700	264000	92500	6100	166600	99847	140087	13200
Cladocera	245000	357900	60000	130000	564600	116600	7200	55638	375600	32229	141935	66041	80800
Calanoida C6	68000	24800	30400	25900	31600	30400	24940	36600	12000	15673	26443	26975	32835
Cyclopoida C6	14000	8533	8000	9500	4700	35300	22800	15935	2300	6345	4551	22978	2667
Appendicularia	8000	4700	3500	12000	13800	8300	8900	7540	9050	4176	10065	8476	3840
Polychaeta - L	5000	3500	3000	2000	3900	53800	17600	38274	5700	53333	26953	14694	8123
Bivalvia - L	4000	10200	9000	28000	12100	37300	24500	8459	19400	24635	31381	6258	2048
Gastropoda - L	500	900	800	1300	2200	2000	900	2398	1100	934	514	3499	680
Summe	844500	512033	464700	343700	756900	436400	370840	257344	431250	303925	341689	289009	144193

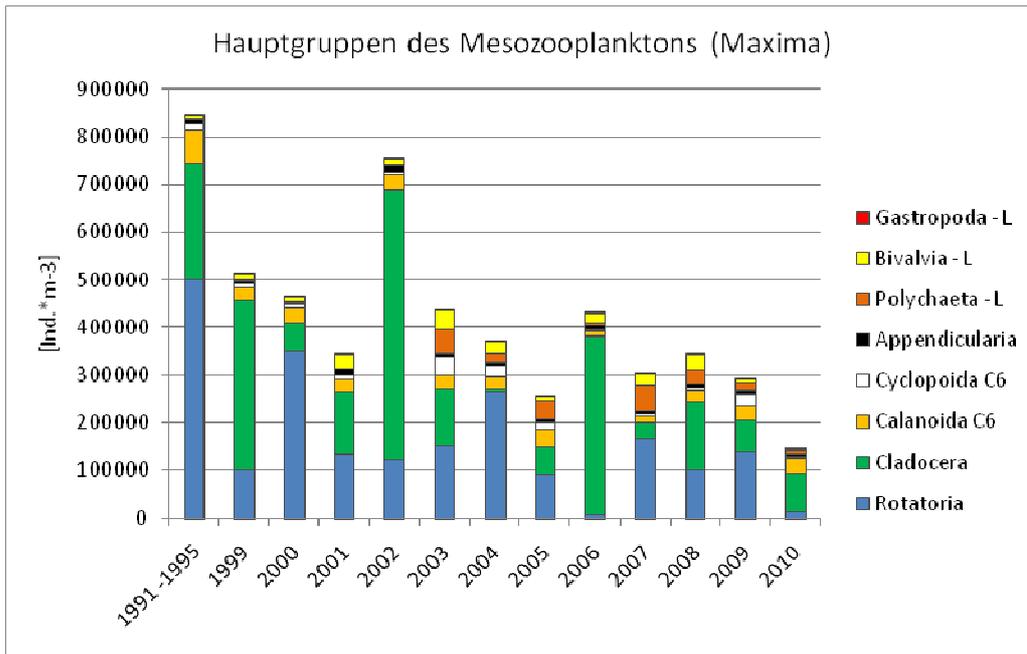


Abb. 21: Verlauf der Abundanzmaxima von fünf holoplanktischen Taxa (Rotatoria, Cladocera, Calanoida, Cyclopoida, Appendicularia) und drei meroplanktischen Taxa (Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda) seit Beginn der neunziger Jahre laut Tab. 7.

Fig. 21: Course of total abundance maxima of five holoplanktonic taxa (Rotatoria, Cladocera, Calanoida, Cyclopoida, Appendicularia) and three meroplanktonic taxa (Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda) since the beginning of the 1990s according to Table 7.

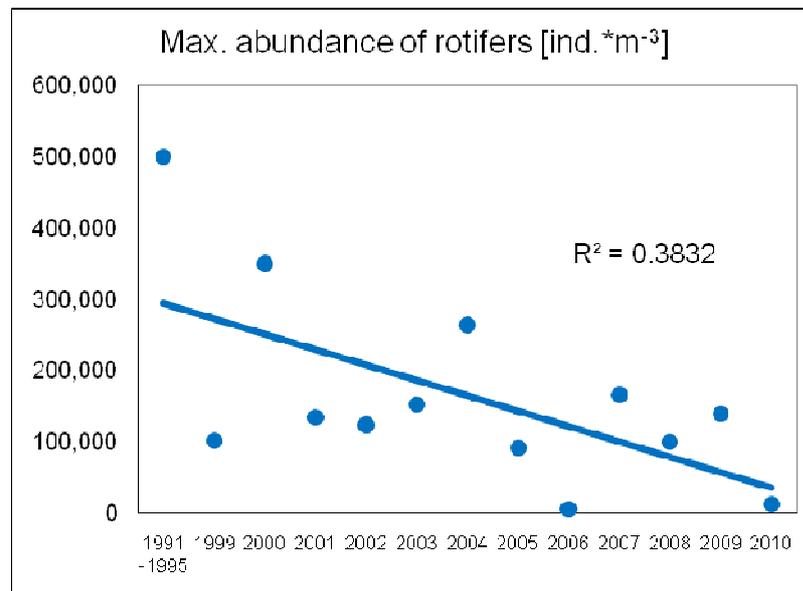


Abb. 22: Verlauf der Abundanzmaxima der Gruppe der Rotatorien seit Beginn der neunziger Jahre laut Tab. 7.

Fig. 22: Course of total abundance maxima of rotifers since the beginning of the 1990s according to Table 7.

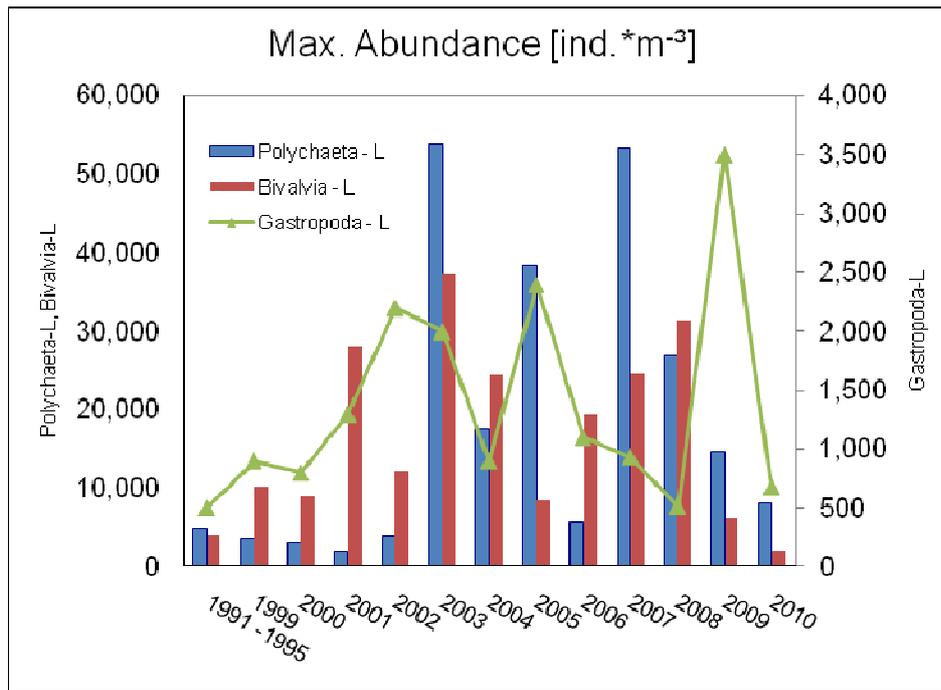


Abb. 23: Verlauf der Abundanzmaxima der meroplanktischen Larven von Polychaeten, Muscheln und Schnecken seit Beginn der neunziger Jahre laut Tab. 7.

Fig. 23: Course of total abundance maxima of meroplanktonic larvae of polychaets, bivalves, and gastropods since the beginning of the 1990s according to Table 7.

Neben der abnehmenden Eutrophierung wurde 2010 der Rückgang von Rotatorien und Cladoceren vermutlich durch zwei weitere Umstände begünstigt. Zum einen wird sich der kalte und langanhaltende Winter negativ auf die Rotatorien-Abundanz ausgewirkt haben, denn frühere Untersuchungen (v. BODUNGEN et al., 1995) zeigten, dass diese Organismen nur in milden Wintern höhere Populationsdichten erzielen. Zum anderen lag der relativ niedrige Anteil der Cladoceren sehr wahrscheinlich an der für die Bosminen zu frühen Beprobung im Juli. Sie erzielen erfahrungsgemäß im August die Höchstabundanz. In der Folge stiegen die calanoiden Copepoden mit 23% nach den Cladoceren zur zweitwichtigsten Gruppe im Mesoplankton-Spektrum des Jahre 2010 auf. Die Cladoceren machten einen Anteil von ca. 50% aus. Bei den calanoiden Copepoden schwankte die maximale Konzentration in den letzten 16 Jahren wenig um die Maximalkonzentration von ca. 30.000 Ind.*m⁻³, wenn auch die Proportionen der einzelnen Arten von Jahr zu Jahr variierten (Tab. 8).

Bereits in den letzten Jahren wurde innerhalb der *Acartia*-Gattung bei *A. bifilosa* und *A. longiremis* gegenläufige Tendenzen sichtbar. Der Anteil an *A. bifilosa* nahm seit 2003/2004 deutlich ab, zugunsten von *A. longiremis* (Abb. 19 in WASMUND et al., 2010). Eine zunächst beobachtete Umkehr der Verhältnisse seit 2008/2009 ließ sich im Jahre 2010 nicht bestätigen. *A. bifilosa* machte lediglich 29% am Anteil beider Arten aus. Damit blieb die Tendenz zur *A. longiremis* – Dominanz erhalten. Beide Arten unterscheiden sich in ihren Verbreitungsgrenzen und im saisonalen Auftreten. Während *A. longiremis* auf die

westliche und offene Ostsee begrenzt ist, findet man *A. bifilosa* bis fast in den Süßwasserbereich. Insofern sind hier nach wie vor Fragen in der wechselnden Synchronisation im Nahrungsnetz betroffen.

Tab. 8

Maximale Abundanz von sieben calanoiden Copepoden-Gattungen bzw. -Arten aus allen im Jahre 2010 gewonnenen Proben im Vergleich mit den Situationen aus den Jahren 1995 und ab 2000.

Table 8

Maximum abundance of seven calanoid copepods species and genera, respectively from all samples of 2010 in comparison to 1995 and to the period beginning with 2000.

Calanoide Copepods (Adulti)	Max. Abundanz [Ind*m ⁻³]											
	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<i>Acartia tonsa</i>	11 000	2 000	2 000	3 400	2 100	340	2 600	200	900	300	2 300	500
<i>Acartia bifilosa</i>	6 500	4 100	9 100	10 900	8 700	2 000	3 000	2 100	1 700	1 600	2 500	4 500
<i>Acartia longiremis</i>	5 000	5 500	4 000	3 500	1 300	4 600	12 400	2 800	13 000	9 600	4 000	11 200
<i>Temora longicornis</i>	4 000	12 000	4 500	9 300	8 200	4 500	11 800	2 000	8 700	10 500	10 500	6 000
<i>Centropages hamatus</i>	1 500	3 000	1 600	2 000	6 200	12 000	3 300	2 000	1 400	2 100	7 000	5 300
<i>Pseudocalanus</i> spp.	1 000	3 600	3 300	1 200	3 300	1 100	3 200	2 500	800	1 000	5 000	5 000
<i>Eurytemora affinis</i>	100	200	1 400	1 300	600	400	250	400	140	1 400	60	700
Summe	29 100	30 400	25 900	31 600	30 400	24 940	36 600	12 000	26 640	26 500	31 360	33 200

Der abnehmende Trend in der Konzentration von Mikrophagen, der mit einer reduzierten Eutrophierung einhergeht (WASMUND et al. 2006a, 2007, 2008a, 2009; FLINKMAN & POSTEL, 2009) und die wenig veränderte Calaniden-Abundanz macht auf eine Verschiebung im Nahrungsnetz aufmerksam, von dem auf Abbauvorgängen beruhenden „microbial loop“ zur klassischen Nahrungskette. Hier besteht Forschungsbedarf.

4.2.3 Pelago-benthische Beziehungen

Benthische Organismen vermehren sich häufig über pelagische Larven. Diese gehören definitionsgemäß zum Meroplankton. Ihre Bedeutung beruht im Ostseeraum besonders in der Potenz zeitweilig leblose Zonen nach Sauerstoffzufuhr durch Salzwassereinbrüche wieder zu besiedeln. Ihre Abundanz schwankt deutlich und hängt von der Menge der benthischen Organismen in einer Region zusammen und umgekehrt sowie von der Verbreitung durch Salzwassereinbrüche. Damit ist ihr Auftreten von relativ komplexen Umständen abhängig. Die Abbildung 22, die ebenfalls auf Tab. 7 beruht, soll daher nur einen Eindruck vermitteln, in welchen Jahren Wiederbesiedlungen durch vorhandene Larven möglich waren. Speziell im Fall der Polychaeten-Larven fielen höhere Abundanzen mit den Salzwassereinbrüchen 2003 und 2007 zusammen.

4.3 Makrozoobenthos

4.3.1 Sedimente

An den 8 Monitoringstationen wurden Sedimentproben aus einem separaten van-Veen-Greifer zur Analyse der Korngröße und des organischen Gehaltes genommen. Außerdem wurden Begleitparameter wie Sauerstoffgehalt und Salzgehalt im bodennahen Wasser mit der CTD bestimmt (Tab. 9).

Tab. 9

Abiotische Parameter an den 8 Monitoringstationen im Herbst 2010 (Org=Organischer Gehalt im Sediment in %, KG=mittlere Korngröße in μm , O_2 =Sauerstoffgehalt im bodennahen Wasser in ml/l, S=bodennaher Salzgehalt in psu).

Table 9

Abiotic parameters at 8 monitoring stations in autumn 2010 (org=organic content of sediment in %, KG=mean grain size in μm , O_2 =oxygen content of near bottom water in ml/l, S=salinity at near bottom water in psu).]

Station	Org %	KG (μm)	O_2 (mg/l)	S (psu)	Sedimentansprache an Bord
OMBMPN3	0,77	279	4,93	21,9	Mittelsand mit Schlick
OMBMPN1	1,95	181	5,90	22,9	schlickiger Sand
OMBMPM2	9,18	16	5,65	20,1	Schlick
OM18	1,27	119	6,39	18,3	schlickiger Sand
OMBMPK8	0,27	222	6,28	16,3	Fein- und Mittelsand
OMBMPK4	12,27	21	5,20	15,7	Schlick
OMBMPK3	0,42	227	6,48	13,3	Fein- und Mittelsand
OM160	0,21	199	7,79	6,90	Feinsand

4.3.2 Sauerstoff und Salzgehalt

Von den 8 Monitoringstationen waren 2 durch Sauerstoffmangelphasen im Jahr 2010 betroffen. Während die Kieler Bucht über weite Bereiche vom Sauerstoffmangel verschont geblieben ist und nur in einigen Buchten und Förden Werte < 1 ml/l auftraten (Mitteilung des LLUR vom 15.11.1011, Ansprechpartner Thorkild Petenati), wurden im Fehmarnbelt (Stn. OMBMPN1) und in der Mecklenburger Bucht (Stn. OMBMPM2) bereits im Juni Werte um 2 ml/l gemessen. Besonders kritisch war es im September und Oktober, wo die Werte zwischen 0,09 und 0,6 ml/l lagen (Abb. 24). Die Mangelphase (< 1 ml/l) im Fehmarnbelt dauerte ca. 2 Monate und in der Mecklenburger Bucht etwa 1 Monat.

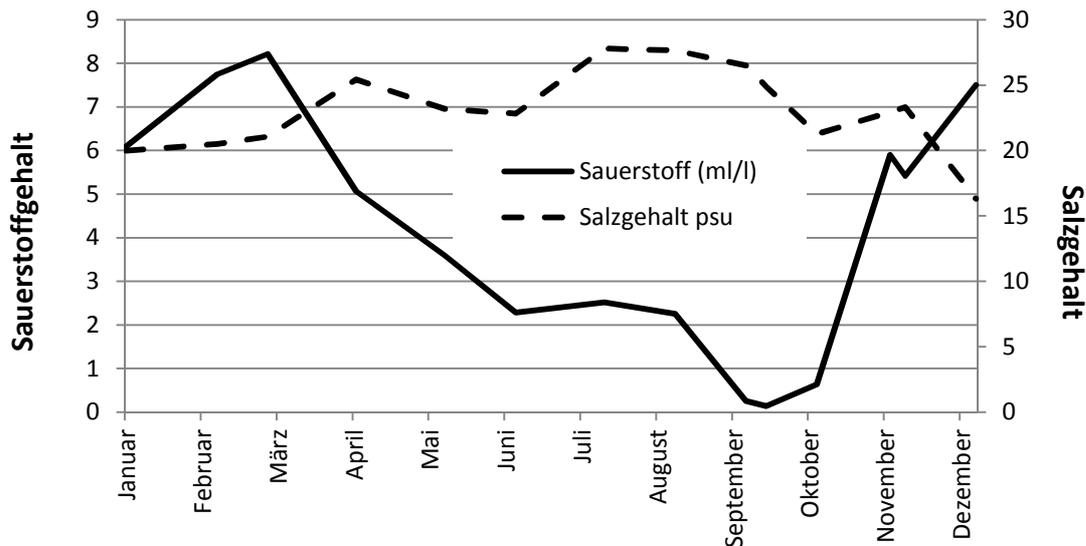


Abb. 24: Entwicklung des Salzgehaltes und des Sauerstoffgehaltes im bodennahen Wasser im Fehmarnbelt (Stn. OMBMPN₁). Die Werte stammen vom IOW, Physikalische Ozeanographie.

Fig. 24: Development of salinity and oxygen in near bottom waters of the Fehmarn Belt (stn. OMPMPN₁). The data are in origin of IOW, Physical Oceanography.

4.3.3 Makrozoobenthos an den Stationen

Im November 2010 wurden an 8 Stationen je 3 Proben mit einem van-Veen-Greifer genommen und auf Makrozoobenthos untersucht. Zusätzlich kam an allen Stationen eine Dredge zum Einsatz, um die selteneren und vagilen Arten zu erfassen. An den gleichen Stationen wurden Sedimentproben zur Analyse der Korngröße und des organischen Gehaltes genommen. Mit 118 war die Artenzahl im Vergleich zu den Jahren 1991 bis 2009 relativ niedrig (Tab. A3, Abb. 25). Die Station OMBMPN₃ in der Kieler Bucht stellte sich erwartungsgemäß als die artenreichste im gesamten Untersuchungsgebiet heraus. 73 Taxa konnten dort nachgewiesen werden.

Vergleicht man die langjährigen Medianwerte der beobachteten Artenzahl je Station, so stellt man fest, dass im Gegensatz zum Jahr 2009 an der Darßer Schwelle und in der nördlichen Pommernbucht die aktuelle Diversität höher liegt (Abb. 25). Hingegen lagen die diesjährigen Werte im Fehmarnbelt deutlich darunter und an den anderen Stationen genau im langjährigen Durchschnitt. Die deutliche Artenreduktion im Fehmarnbelt war eine Folge des Sauerstoffmangels (siehe oben), so wie es z.B. in den Jahren 2002, 2005 und teilweise auch 2008 nachgewiesen wurde (s.a. Abb. 29). Hingegen reichte offensichtlich der einmonatige Sauerstoffmangel in der Mecklenburger Bucht nicht aus, hier ebenfalls eine Artenreduktion zu initiieren. Allerdings kann es auch sein, dass hier eine Wiederbesiedlung im Nachhinein schneller vonstatten ging.

In Abb. 26 sind sowohl die Taxa erfasst, die 2010 an den 8 Stationen gefunden wurden als auch die seit 1991 durchgeführten Untersuchungen insgesamt gefundenen Arten. Als

artenreichste Gruppen (nicht nur 2010) stellten sich die Annelida (Polychaeta und Oligochaeta) mit 87 Arten heraus. 2010 wurden 44 Arten identifiziert. Weitere artenreiche Gruppen im Jahr 2010 waren die Mollusca (23), Crustacea (21) und Cnidaria (7).

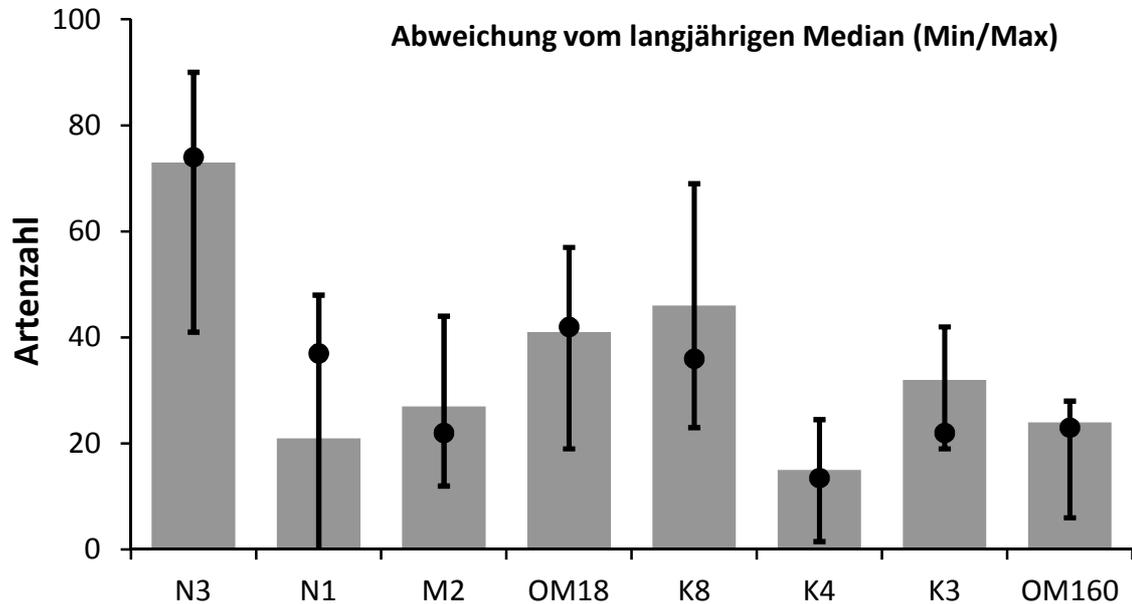


Abb. 25: Artenzahlen (Säulen) des Makrozoobenthos an 8 Monitoring-Stationen im November 2010. Die Medianwerte der Jahre 1991 bis 2010 sind als Punkte und die Minimal- und Maximalwerte als Intervall dargestellt. Die Stationen sind von West (Kieler Bucht=N3) nach Ost (Pommernbucht=OM160) aufgetragen.

Fig. 25: The species number (columns) of macrozoobenthos at 8 monitoring stations in November 2010. The median values of the years 1991 to 2010 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).

Die Abundanzen variierten je nach Seegebiet zwischen 91 (Arkonabecken) und 7.000 Ind./m² (Kieler Bucht) (Abb. 27, Tab. A3). Die höchsten Werte wurden in der Kieler Bucht und in der Pommernbucht registriert. Die dominanten Arten an den Stationen waren jeweils verschieden. Nur die Stationen in der Mecklenburger Bucht (OMBMPM₂) und in der nördlichen Pommernbucht (OMBMPK₃) erreichten Werte, die dem langjährigen Median entsprachen (Abb. 27). Die Gesamtdichten an den anderen Stationen lagen mehr oder weniger deutlich unter den Medianwerten. Besonders auffällig waren dabei die Stationen im Fehmarnbelt (OMBMPN₁), Darßer Schwelle (OMBMPK₈) und Pommernbucht (OM160).

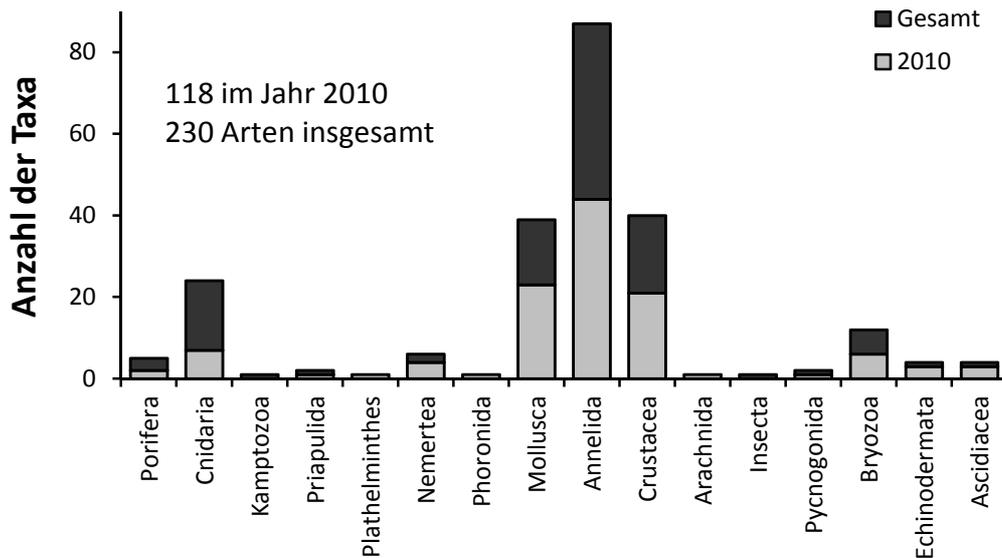


Abb. 26: Taxonomische Aufschlüsselung aller Makrozoobenthos-Vertreter, die während des Monitorings im November 2010 an den 8 Stationen gefunden wurden. Zusätzlich ist die Gesamtartenzahl für den Zeitraum 1991 bis 2010 angegeben.

Fig. 26: Taxonomical classification of macrozoobenthos at 8 monitoring stations in November 2010. The species number of the whole monitoring from 1991 to 2010 is also indicated.

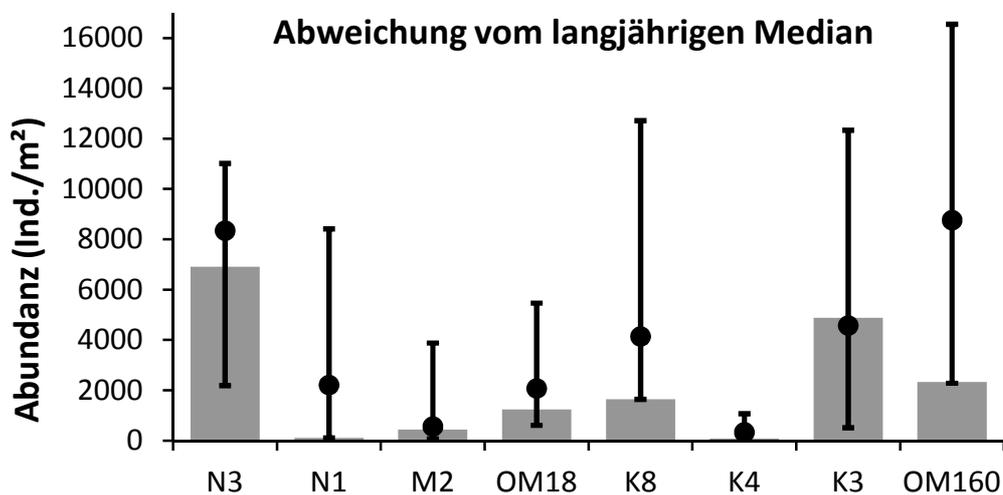


Abb. 27: Gesamtabundanzen (Säulen) des Makrozoobenthos an 8 Monitoring-Stationen im November 2010. Die Medianwerte der Jahre 1991 bis 2010 sind als Punkte und die Minimal- und Maximalwerte als Intervall dargestellt.

Fig. 27: Total abundances (columns) of macrozoobenthos at 8 monitoring stations in November 2010. The median values of the years 1991 to 2010 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) die Muschel *Kurtiella bidentata* und die Polychaeten *Dipolydora quadrilobata*, *Pygospio elegans* und *Scoloplos armiger* über 50 % der Dichte ausmachten, war in der nördlichen Pommernbucht (OMBMPK₃) allein der Polychaet *Pygospio elegans* (72 %) für die hohen Abundanzen verantwortlich. Die geringen Dichten (101 Ind./m²) im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) dominierte die Islandmuschel (*Arctica islandica*) mit knapp 30 % und in der Mecklenburger Bucht (OMBMPM₂, OM18) dominierten v.a. der Polychaet *Lagis koreni* bzw. *Scoloplos armiger* sowie der Cumacee *Diastylis rathkei* die Dichte. An der Darßer Schwelle (OMBMPK₈) traten die Polychaeten *Spio goniocephala* und *Travisia forbesii* dominant auf. In der Pommernbucht (OM160) waren es die Wattschnecke *Hydrobia ulvae* und der ursprünglich aus Nordamerika eingewanderte Polychaet *Marenzelleria viridis*. In der zentralen Arkonasee (OMBMPK₄) wurden nur 91 Ind./m² beobachtet, dabei dominierten mit 24 bzw. 20 % die Baltische Plattmuschel *Macoma balthica* und der Polychaet *Nephtys ciliata*.

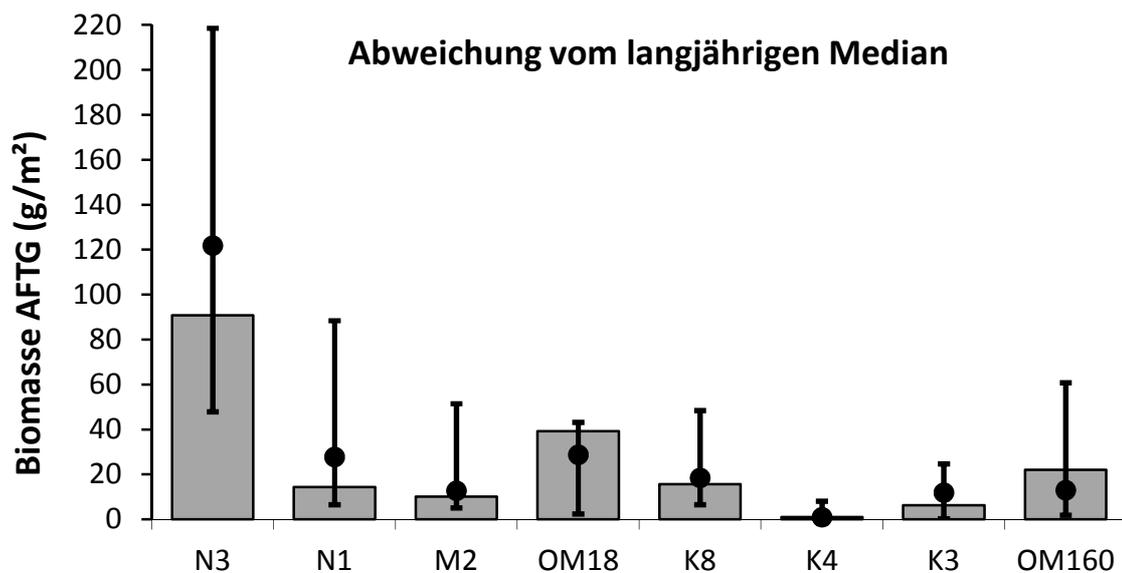


Abb. 28: Geamtbiomassen (Säulen) des Makrozoobenthos an 8 Monitoring-Stationen im November 2010. Die Medianwerte der Jahre 1991 bis 2010 sind als Punkte und die Minimal- und Maximalwerte als Intervall dargestellt.

Fig. 28: Total biomasses (columns) of macrozoobenthos at 8 monitoring stations in November 2010. The median values of the years 1991 to 2010 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. 28). 91 g AFTG/m² wurden festgestellt, wovon *Arctica islandica* (42 %), *Astarte borealis* (45 %), *A. elliptica* (2 %) und *Abra alba* (4 %) über 92 % ausmachten. Im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) sowie in der Mecklenburger Bucht (OMBMPM₂ und OM18) ist die Biomasse ebenfalls zu über 90 % von der Islandmuschel bestimmt. Insgesamt wurden dort

Werte zwischen 10 und 39 g AFTM/m² erreicht. An der Darßer Schwelle (OMBMPK8) wurde die Biomasse (15,7 g AFTM/m²) durch die Muscheln *Astarte borealis* (56 %), *Macoma balthica* (10 %) und *Mya arenaria* (21 %) dominiert. Weiter östlich in der Pommernbucht spielte dann hauptsächlich *Macoma balthica*, *Mya arenaria* und *Mytilus edulis* eine Rolle. In der nördlichen Pommernbucht kam noch die Reliktassel *Saduria entomon* hinzu. In der Arkonasee (OMBMPK₄) stellten *Macoma balthica* und *Nephtys ciliata* 97 % der Biomasse. Im Vergleich zum langjährigen Median sind an den Stationen insgesamt die Abweichungen nicht so krass, wie am Beispiel der Abundanz aufgezeigt (vergleiche Abb. 27 und 28).

4.3.4 Langfristiger Trend

In der Kieler Bucht (OMBMPN₃) wurde bei allen beobachteten Parametern (Artenzahl, Shannon-Wiener-Index, Abundanz, Biomasse) eine Abnahme gegenüber zum Vorjahr festgestellt, jedoch lagen diese eher in der natürlichen Variabilität und sollten nicht als Signal gedeutet werden. Die Abundanz erreichte fast 7.000 Ind./m² einen noch immer relativ hohen Wert. Die Biomasse war mit 91 g AFTM/m² noch sehr hoch. Mit 73 Arten und einem Shannon-Wiener-Index von 3,88 würden die zweithöchsten Diversitäten seit Beginn der Untersuchungen an dieser Station beobachtet.

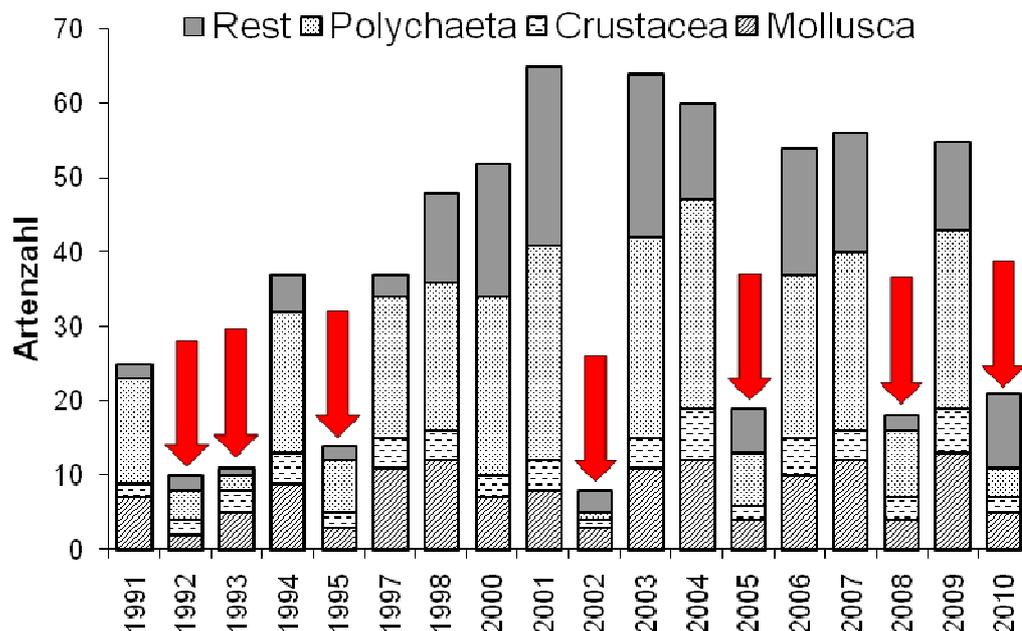


Abb. 29: Entwicklung der Artenzahl des Makrozoobenthos an der Stn. OMBMPN₁ (Fehmarnbelt) von 1991 bis 2010. Die Pfeile markieren sommerliche Sauerstoffmangelergebnisse im bodennahen Wasserkörper.

Fig. 29: Development of the species number of macrozoobenthos at stn. OMBMPN₁ (Fehmarnbelt) from 1991 to 2010. The arrows indicate summer events with low oxygen values at near bottom waters.

Im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) wurde nach den starken Reduktionen durch Sauerstoffmangel in den Jahren 1992, 1993, 1995, 2002, 2005 und 2008 in den Folgejahren jeweils eine schnelle Erholung der Lebensgemeinschaft beobachtet (siehe Abb. 29). Letztes Jahr kam es zu einer erneuten Artenreduktion, bedingt durch den bereits oben beschriebenen Sauerstoffmangel in den Monaten September und Oktober. Auch die Abundanz und die Biomasse waren deutlich betroffen. Die Dichte sank auf nur noch 4 % des Vorjahres (112 Ind./m²) und bei der Biomasse wurde mit 14 g AFTM/m² der drittniedrigste Wert seit 1991 festgestellt (Abb. 30).

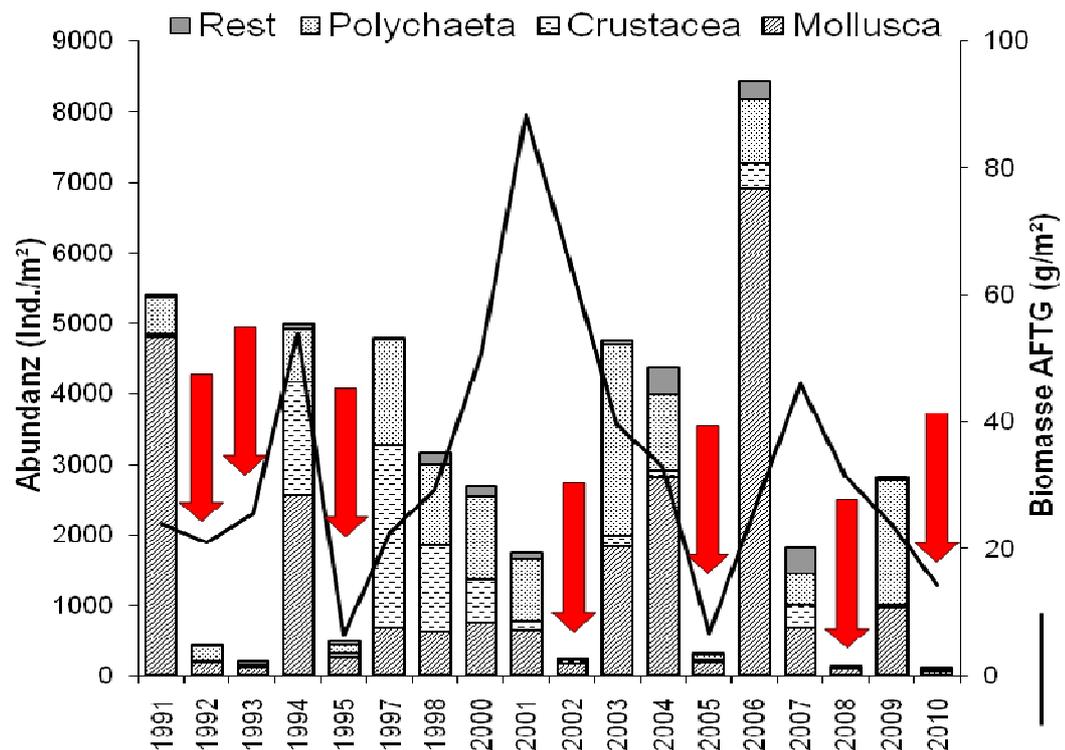


Abb. 30: Entwicklung der Abundanz und der Biomasse des Makrozoobenthos an der Stn. OMBMPN₁ (Fehmarnbelt) von 1991 bis 2010. Die Pfeile markieren sommerliche Sauerstoffmangelereignisse im bodennahen Wasserkörper.

Fig. 30: Development of the species number of macrozoobenthos at stn. OMBMPN₁ (Fehmarnbelt) from 1991 to 2010. The arrows indicate summer events with low oxygen values at near bottom waters.

In der zentralen Mecklenburger Bucht (M₂) wurden mit 433 Ind./m² und 10 g AFTM/m² sehr niedrige Werte bei der Abundanz bzw. Biomasse nachgewiesen (Abb. 31). Während die Dichte durch *Lagis koreni* und *Diastylis rathkei* bestimmt wurde, stellte die Islandmuschel fast 96 % der Gesamtbiomasse. Während die Artenzahl (27 Taxa) als eher mittelmäßig zu bezeichnen ist, war der Shannon-Wiener-Index (3,00) einer der höchsten seit Untersuchungsbeginn. Das war durch die relativ ausgeglichene Abundanzverteilung zwischen den Arten begründet.

In der südlichen Mecklenburger Bucht (OM18) waren die beobachtete Dichte mit 1.240 Ind./m² geringer und die Biomasse mit 39 g AFTM/m² höher als die langjährige Mittel (s.a. Abb. 27 und 28). Die Artenzahl (41) und der Shannon-Wiener-Index (3,08) lagen moderat im langfristigen Mittel.

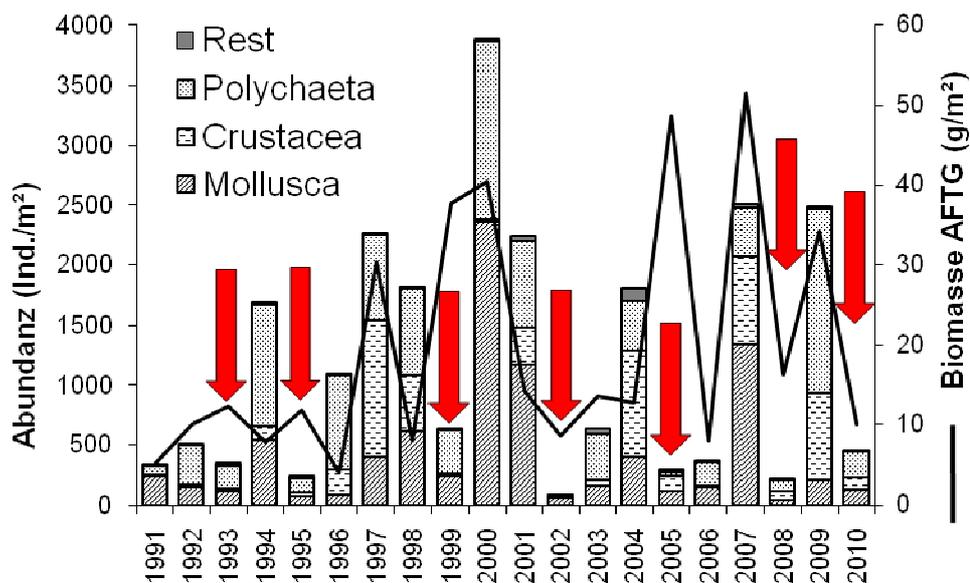


Abb. 31: Entwicklung der Abundanz und der Biomasse des Makrozoobenthos an der Stn. OMBMPM₂ (Mecklenburger Bucht) von 1991 bis 2010. Die Pfeile markieren sommerliche Sauerstoffmangelereignisse im bodennahen Wasserkörper.

Fig. 31: Development of the species number of macrozoobenthos at stn. OMBMPM₂ (Mecklenburg Bight) from 1991 to 2010. The arrows indicate summer events with low oxygen values at near bottom waters.

Die Darßer Schwelle (OMBMPK₈) zeigte wie im Vorjahr erneut eine Halbierung der Individuendichte auf ca. 1.650 Ind./m². Die Gesamtabundanz lag deutlich unter dem langjährigen Durchschnitt (siehe Abb. 27 und 32), was wiederum durch die Abnahmen von *Hydrobia ulvae* (Wattschnecke) und *Pygospio elegans* (Polychaet) bedingt war. Beide Arten machen im „Normalfall“ etwa 40 bis 80 % der Gesamtabundanz aus. Die Dichte der Wattschnecke reduzierte sich beispielsweise von 1.800 Ind./m² im Vorjahr auf 47 Ind./m² in 2010. Das war eine der geringsten Häufigkeiten von allen Untersuchungsjahren. 46 nachgewiesenen Arten und ein Shannon-Wiener-Index von 3,86 lagen deutlich über dem langjährigen Durchschnitt.

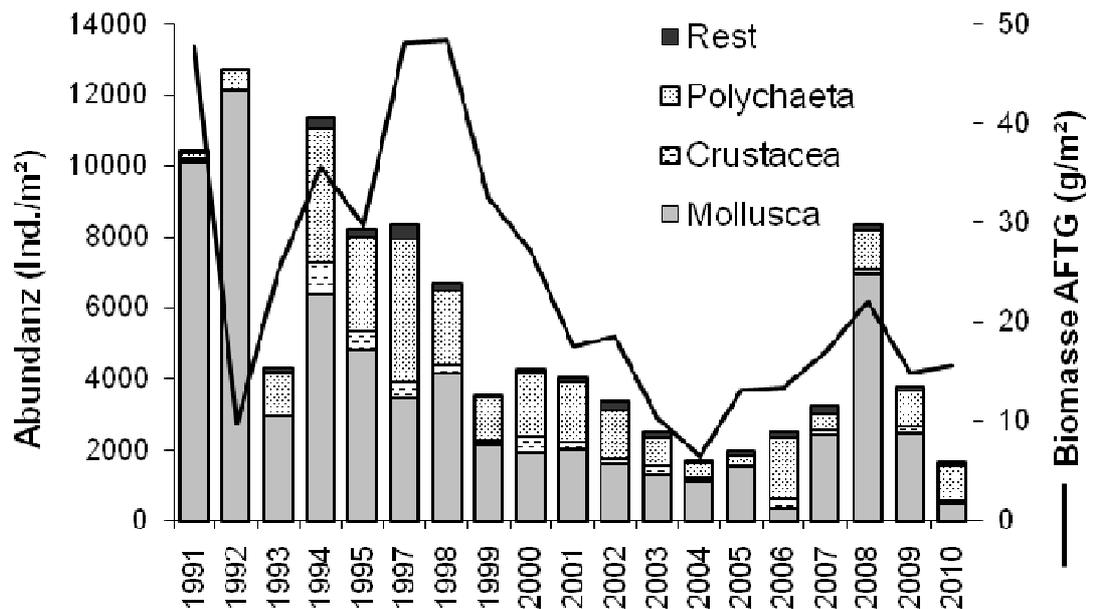


Abb. 32: Entwicklung der Abundanz und der Biomasse des Makrozoobenthos an der Stn. OMBMPK8 (Darßer Schwell) von 1991 bis 2010.

Fig. 32: Development of the species number of macrozoobenthos at stn. OMBMPK8 (Darss Rise) from 1991 to 2010.

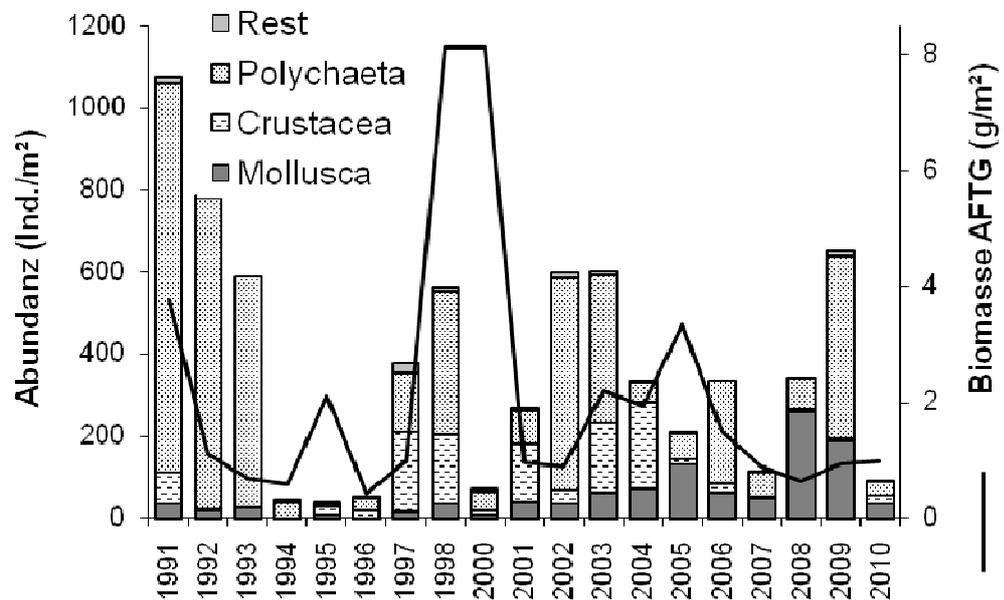


Abb. 33: Entwicklung der Abundanz und der Biomasse des Makrozoobenthos an der Stn. OMBMPK4 (zentrale Arkonasee) von 1991 bis 2010.

Fig. 33: Development of the species number of macrozoobenthos at stn. OMBMPK4 (Arkona Basin) from 1991 to 2010.

In der zentralen Arkonasee (OMBMPK₄) wurde mit 91 Ind./m² die seit vielen Jahren kleinste Abundanz gemessen (Abb. 33). Nur Mitte der 1990er Jahre lagen die Werte noch niedriger. Hauptsächlich der starke Rückgang von *Ampharete baltica* und *Scoloplos armiger*, die im Vorjahr zusammen ca. 60 % der Dichte ausmachten, waren dafür verantwortlich. Die Biomasse lag mit etwa 1 g AFTM/m² ähnlich niedrig wie in den Vorjahren. Nur 1998 und 2000 wurden mit über 8 g deutlich höhere Werte beobachtet. Das ist jedoch durch das geklumppte Auftreten von *Arctica islandica* verursacht, wo bereits das Auffinden/Nichtauffinden von einem Tier erhebliche Biomassenschwankungen verursachen kann. Mit 15 Arten lag die Artendiversität im langjährigen Durchschnitt (siehe auch Abb. 25).

Die nördliche Pommernbucht (OMBMPK₃) zeigte mit 4.900 Ind./m² einen leicht niedrigeren Abundanzwert als das Vorjahr, lag aber im langjährigen Durchschnitt (s.a. Abb. 27), wohingegen die Biomasse mit 6,3 g AFTM/m² etwas darunter lag (Abb. 28). Bis auf wenige Ausnahmen (nur 2001 und 2002) dominiert der Polychaet *Pygospio elegans* diese Station mit über 65 % Anteil an der Gesamtabundanz seit Untersuchungsbeginn im Jahr 1991. In diesem Jahr lag der Anteil an der Gesamtabundanz bei 72 %. Mit 32 Arten lag die Artendiversität deutlich über dem langjährigen Durchschnitt (Abb. 25).

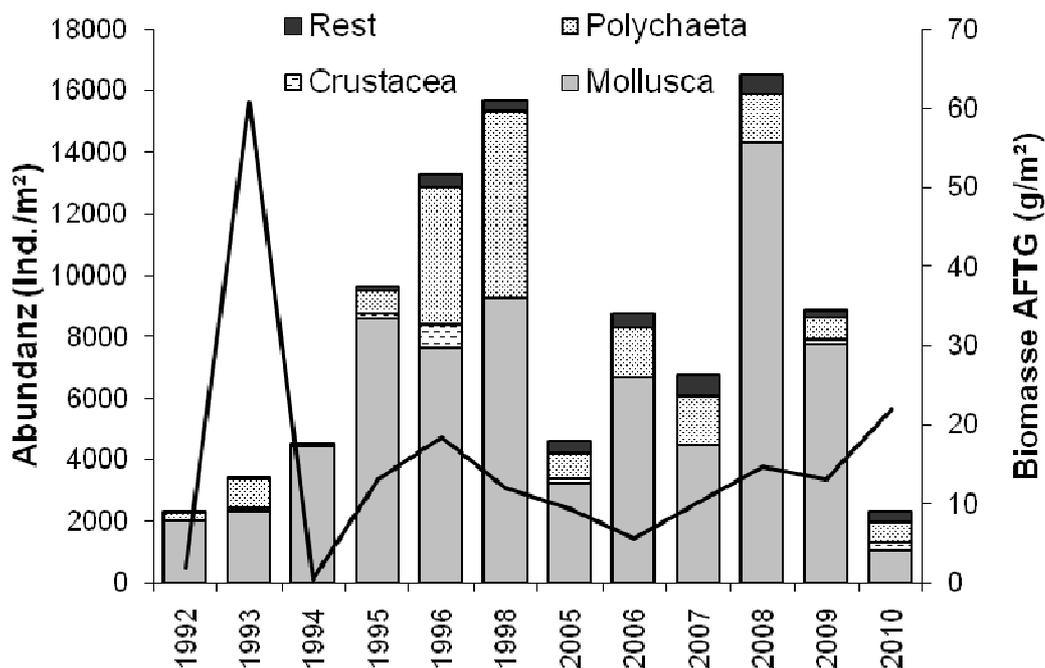


Abb. 34: Entwicklung der Abundanz und der Biomasse des Makrozoobenthos an der Stn. OM160 (Pommernbucht) von 1992 bis 2010 (bitte Zeitlücken beachten).

Fig. 34: Development of the species number of macrozoobenthos at stn. OM160 (Pomeranian Bay) from 1992 to 2010 (please note the time gaps).

Langfristig gesehen und hinsichtlich der Biomasse und Artenvielfalt erweist sich die zentrale Pommernbucht (OM160) als relativ stabil (siehe Abb. 25 und 28). Allerdings muss betont werden, dass insbesondere die Abundanz enorme Schwankungen aufweisen kann. Sehr oft liegen die Werte jedoch zwischen 8.000 und 10.000 Ind./m², wobei die Wattschnecke *Hydrobia ulvae* in der Regel etwa 70 % der relativen Abundanz ausmacht. Die Abundanz lag in 2010 bei 2.300 Ind./m² war somit deutlich niedriger als der langjährige Median (Abb. 27 und 34). Das ist auf den „Zusammenbruch“ der Wattschnecken-Population zurückzuführen, die weniger als 1/10 der Vorjahrespopulation erreichte. Bei der Biomasse von 22 g AFTM/m² im Jahr 2010 waren wie in den Vorjahren die drei Muscheln *Macoma balthica*, *Mytilus edulis* und *Mya arenaria* zum überwiegenden Teil (hier 92 %) beteiligt. Lediglich der Polychaet *Marenzelleria viridis* erreichte 2010 ebenfalls mit fast 1 g eine nennenswerte Biomasse. Die Artenzahl lag ähnlich wie in den beiden Vorjahren bei 24.

4.3.5 Rote Liste

Grundlage für dieses Unterkapitel ist die jüngst erschienene Rote Liste der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere von RACHOR et al. (im Druck). Von insgesamt 118 Arten gehören 19 einer Gefährdungskategorie (1, 2, 3, G) an (Abb. 35). Weiterhin befinden sich 2 Arten in der Vorwarnliste. Für 65 Arten wird derzeit keine Gefährdung angenommen. Die Datenlage für 17 Arten ist defizitär und 15 Taxa wurden in der Roten Liste nicht bewertet.

Die vom Aussterben bedrohte Muschel *Macoma calcarea* wurde in der Kieler Bucht (OMBMPN₃) in moderate Dichten (122 Ind./m²) nachgewiesen. Außerdem gelang erstmals der Nachweis von 2 Individuen an der Station OM18 vor Kühlungsborn. Die Arten der Gefährdungskategorie 2 (stark gefährdet) wurden ebenfalls an der westlichsten Station (OMBMPN₃) gefunden. Dazu gehören die Muschel *Mya truncata* und der Polychaet *Euchone papillosa*. Die Islandmuschel *Arctica islandica* und die Kugel-Astarte *Astarte montagui*, beide Kategorie 3 (gefährdet), wurden auch in der Kieler Bucht gefunden. Die Islandmuschel konnte außerdem an allen westlichen Stationen (OMBMPN₃, OMBMPN₁, OMBMPM₂, OM18, OMBMPK₈) bis hin zur Arkonasee (OMBMPK₄) in unterschiedlichen Dichten beobachtet werden. Der Hydroid-Polyp *Halitholus yoldiaarcticae* wurde im Fehmarnbelt (OMBMPN₁) festgestellt.

Die Kategorie G (Gefährdung anzunehmen) beinhaltet Arten, für die nach derzeitigem Kenntnisstand keine genaue Zuordnung zu eine der o.g. Kategorien (1, 2 oder 3) erfolgen kann, jedoch eine Gefährdung als sicher gilt. Demzufolge wird eine Gefährdung ohne Einstufung deklariert. Die während der vorliegenden Studie nachgewiesenen 13 Arten verteilen sich auf fast alle Seegebiete. 9 Arten in der Kieler Bucht (N₃), 3 Arten im Fehmarnbelt (N₁), 2 Arten an der Darßer Schwelle (K₈) und südliche Mecklenburger Bucht (OM18), je 1 Art in der Arkonasee (K₄) und nördlichen Pommernbucht (K₃).

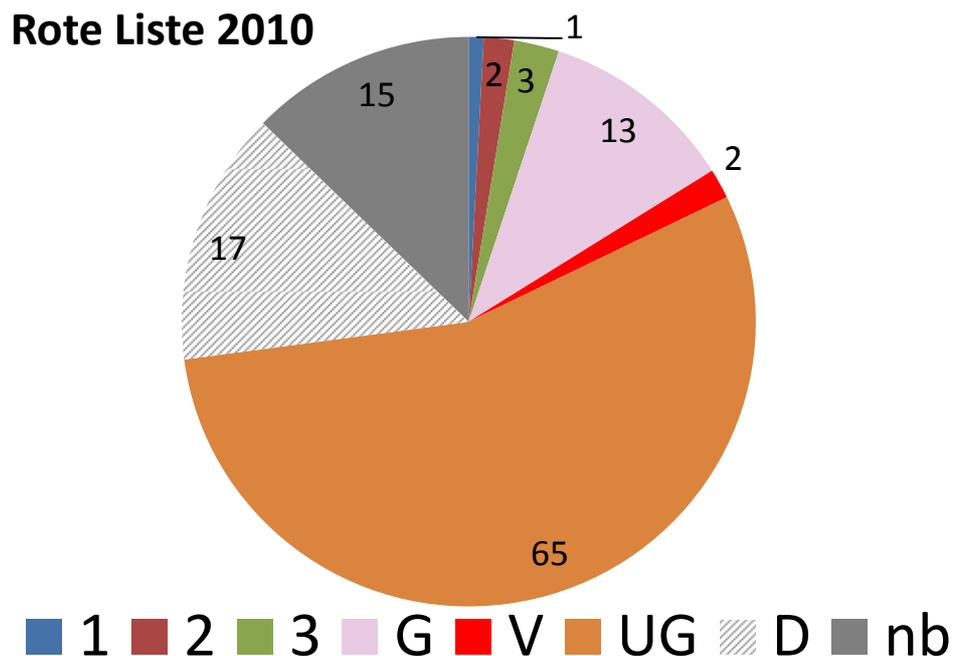


Abb. 35: Anteil der Gefährdungskategorien der Roten Liste (RACHOR et al., im Druck) des Makrozoobenthos im Herbst 2010 (für Legende siehe Tab. A3).

Fig. 35: Percentage of red list categories (RACHOR et al., in press) of macrozoobenthos in autumn 2010 (for legend see table A3).

4.3.6 Neozoen

Neozoen spielen offensichtlich in der offenen Ostsee kaum eine Rolle. Lediglich 4 Arten wurden an den 8 Monitoringstationen 2010 nachgewiesen. Davon sind die Seepocke *Balanus improvisus* und die Sandklaffmuschel *Mya arenaria* auf Grund ihrer schon sehr langen Anwesenheit im Ostseeraum kaum noch als Neozoen zu bezeichnen. Die beiden aus Nordamerika stammenden Polychaetenarten der Gattung *Marenzelleria* sollen etwas hervorgehoben werden. Während *M. neglecta* hauptsächlich in den inneren Küstengewässern zu finden ist und hier zum Teil erhebliche Abundanzen erreichen kann, findet *M. viridis* eher im offshore Bereich geeignete Lebensbedingungen. In der vorliegenden Studie wurde *M. viridis* in geringen Dichten (7 Ind./m²) an der Darßer Schwelle (OMBMPK8) festgestellt. In der Pommernbucht (OMBMPK3 and OM16o) erreichte die Art 105 bzw. 284 Ind./m². *M. neglecta* konnte im Gegensatz zu den Vorjahren im offshore-Bereich nicht nachgewiesen werden. Eine ebenfalls aus Nordamerika eingeschleppte Art ist die Brackwasserkrabbe *Rhithropanopeus harrisi*. Küstennah wurde diese Art in Deutschland schon lange festgestellt (z.B. seit Anfang/Mitte der 1990er Jahre im Greifswalder Bodden). Küstenferner ist sie bisher nur in der Pommernbucht und am Adlergrund nachgewiesen worden. In der vorliegenden Studie wurde die Art in geringen Dichten (10 Ind./m²) in der Pommernbucht (OM16o) gefunden.

4.3.7 Diskussion

Ein deutlicher, langfristiger Trend ist im offshore Bereich der deutschen Ostsee kaum auszumachen, sondern hängt eher von regionalen Besonderheiten ab (ZETTLER et al. 2006). In erster Linie sind hier die Sauerstoffmangelereignisse zu nennen. Diese können durch Stagnationsphasen im Hochsommer hervorgerufen werden, in denen es keinen Austausch des bodennahen Tiefenwassers unter der Halokline gibt und Sauerstoffzehrungsprozesse auf Grund der erhöhten Temperaturen beschleunigt sind. Auch Ausstromsituationen von sauerstoffarmem Tiefenwasser aus der zentralen Ostsee können zu solchen Prozessen führen. In der Vergangenheit wurde hauptsächlich im Bereich der Becken der Kieler und Mecklenburger Bucht sowie des Fehmarnbelts Sauerstoffmangelsituationen festgestellt, die dann bei langanhaltenden Phasen auch zu Absterbe- und Defaunationsereignissen geführt haben (z.B. 2002, 2005, 2008 und 2010). Durch Sturmereignisse oder durch starke Einstromsituationen aus dem Kattegat kann es dann zu einer Erneuerung des Tiefenwassers und damit zur Anreicherung mit Sauerstoff kommen und der Prozess wird abgebremst bzw. es kommt zu einer Wiederbesiedlungssukzession.

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

Mit der Einführung der europäischen Richtlinien (Wasser-Rahmen-Richtlinie) und Meeres-Strategie-Rahmen-Richtlinie) sind die Staaten u.a. aufgefordert, die ökologischen Zustände ihrer Küsten- und offshore-Gewässer zu bewerten und letztendlich in definierten Zeitfenstern den guten Zustand zu gewährleisten. Ein Hilfsmittel zur Bewertung stellen u.a. auch die benthischen Wirbellosen dar. Diese gilt es zu erfassen und zu bewerten. Die hierzu notwendigen „Bewertungs-Werkzeuge“ befinden sich seit Jahren in der Entwicklung. Insbesondere für die Küstengewässer sind eine Reihe von sogenannten Indices entwickelt worden, die durch die Staaten und Bundesländer angewandt werden. Im offshore-Bereich hat man sich bisher noch nicht geeinigt, welches Instrumentarium verwendet wird, um den

ökologischen Zustand der benthischen Meeresfauna zu analysieren. Beispielhaft wurde in den Vorjahren durch die Autoren ein solch mögliches Verfahren (Benthic Quality Index nach ROSENBERG et al. 2004) angewendet (siehe WASMUND et al. 2010). Da durch ZETTLER et al. (2007) deutlich aufgezeigt werden konnte, dass der Index salzgehaltsabhängig ist und es insbesondere im Untersuchungsgebiet einen starken Salzgehaltsgradienten von West nach Ost gibt (siehe Tab. 9) wurde die durch FLEISCHER & ZETTLER (2009) angepasste Variante des BQI berechnet und ausgewertet. Außerdem fand die Version von FLEISCHER et al. (2007) Eingang, wo zusätzlich noch die Probengrößenunabhängigkeit gewährleistet werden konnte. In diesem Jahr erfolgt keine Zustandsbewertung, da, wie oben angemerkt, keine definitive Methode in Deutschland bisher fixiert wurde. Es besteht erheblicher Forschungsbedarf.

Zusammenfassung

Im Rahmen des HELCOM-Monitorings wurden Daten über die Artenzusammensetzung und Biomasse bzw. Abundanz des Phyto- und Zooplanktons sowie des Makrozoobenthos des Jahres 2010 in der Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht und Arkonasee (Abb. 1) gewonnen. Die Einbindung in die seit 1979 kontinuierlich weitergeführten Datenreihen soll Aussagen zu eventuellen Trends ermöglichen. Daten von Sinkstoff-Fallen aus der Arkonasee vervollständigen saisonale Angaben zur Phytoplanktodynamik. Für die Stationen OMBMPM2 und OMO22 wurden auch Phytoplanktondaten, die uns vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) zum Zwecke der Erhöhung der Probenfrequenz zur Verfügung gestellt wurden, in die Auswertung einbezogen. Außerdem erhielten wir zwei dänischen Proben des National Environmental Research Institute (NERI) aus der Arkonasee. Die allgemeine Probenstatistik ist in Tab. 1 und eine spezielle Statistik der Zooplankton-Hols in Tab. 3 sowie der Zoobenthosbeprobung in Tab. 4 gezeigt.

Phytoplankton

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

Die Frühjahrsblüte zeigte sich Anfang März in der Kieler Bucht schon mit hohen Chlorophyll-Konzentrationen, in der Arkonasee noch weniger. Zum Anfang April verschob sich das Maximum der Blütenentwicklung in die nördliche Arkona- und Bornholmsee.

Ab 25.6.2010 erschienen erste Cyanobakterienfilamente in der Gotlandsee und am 4./5.7.2010 in der Pommerschen Bucht und der nördlichen Bornholmsee. Am 16.7.2010 war die gesamte Arkonasee schwach beeinflusst. Die Cyanobakterienentwicklung schwächte sich bis Ende Juli ab (Abb. 2).

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

Frühjahrsblüte: Auch im Jahre 2010 deutet sich die typische Verzögerung der Frühjahrsblüte in östliche Richtung an. Bereits am 27.1.2010 traten an Station OMBMPN₃ in der Kieler Bucht eine Phytoplankton-Biomasse von über 1 mg/L auf, während die Biomasse an den anderen Stationen noch unbedeutend war (Abb. 3, 4). Am 17.3.2010 scheinen wir mit etwa 7 mg/L den peak der Blüte in der Kieler Bucht (Abb. 4a) getroffen zu haben. Diese Blüte wurde fast ausschließlich durch *Rhizosolenia setigera* gebildet. In der zentralen Mecklenburger Bucht und der Lübecker Bucht (Abb. 3a, b) wurde die Blüte im wesentlichen durch *Rhizosolenia setigera* und *Skeletonema costatum* gebildet. Die Blüte nahm zum Ende März insbesondere durch das Verschwinden von *Skeletonema costatum* bereits ab, wobei sich nun Dinoflagellaten (unbestimmte Gymnodiniales sowie das heterotrophe *Protoperidinium pellucidum*) in den oberen 10 m entwickelten. *Rhizosolenia setigera* war dann vorrangig in 20 m Tiefe zu finden.

In östliche Richtung reduziert sich der Anteil von *Rhizosolenia setigera* (Abb. 7b) zugunsten von *Mesodinium rubrum* (Abb. 8a). *Thalassiosira* spp. und *Skeletonema costatum* sind die dominierenden Kieselalgen der Frühjahrsblüte in der westlichen und zentralen Arkonasee (Stat. OMBMPK₈, OMBMPK₅), während die Blüte in der östlichen Arkonasee (Stat. OMBMPK₄) fast ausschließlich aus *Coscinodiscus radiatus*, daneben auch *Thalassiosira* spp., bestand. Im Mai 2010 war die Frühjahrsblüte im allgemeinen vorüber. In der Arkonasee dominierte dann *Mesodinium rubrum*.

Die in manchen Jahren (2007, 2008) in der Beltsee gefundene Frühjahrsart *Dictyocha speculum* war im Jahre 2010 unbedeutend; sie trat lediglich Mitte Mai und Anfang Juni in erwähnenswerten Anteilen auf (Abb. 3a, b; unter „Chrysophyceae“). Auch die in einigen Jahren (insbesondere 2008, 2009) nach der Kieselalgenblüte einsetzende starke Entwicklung von *Chrysochromulina* wurde nicht mehr beobachtet.

Sommerblüte: Eine in anderen Jahren gefundene Kieselalgen-Sommerblüte konnte im Jahre 2010 nicht nachgewiesen werden. Lediglich in der Kieler Bucht wurde die typische Sommerart *Dactyliosolen fragilissimus* am 16.7.2010 in größerer Biomasse gefunden. *Ceratium*-Arten waren im Sommer 2010 relativ selten. *Dinophysis norvegica* trat Mitte Juli unterhalb der Sprungschicht in größerer Biomasse auf. Insbesondere in der östlichen Arkonasee (Abb. 4b) dominierten im Juli die Cyanobakterien *Aphanizomenon* sp. und *Nodularia spumigena*.

Herbstblüte: Im November 2010 finden wir starke Kieselalgenblüten bei nur geringen Dinoflagellaten-Biomassen. Die Kieselalgen wurden in der Kieler und Mecklenburger Bucht fast ausschließlich durch *Pseudosolenia calcar-avis* repräsentiert (Abb. 3a-c, 4a, 6a, 7a). Hauptvertreter der Dinoflagellaten waren hier *Ceratium tripos*, *C. fusus* und *Polykrikos schwartzii*. In der Arkonasee dominierte die typische Herbst-Kieselalge *Coscinodiscus granii* (Abb. 5e), während *Pseudosolenia calcar-avis*, *Ceratium*-Arten sowie *Polykrikos schwartzii* fast vollständig fehlten.

Erstaunlicherweise war die Blüte bereits am 20.11.2010 vorüber. Lediglich an Station OMBMPM₁ erschien am 20.11.2010 *Coscinodiscus granii* noch in hoher Biomasse; es wurde offensichtlich aus der Arkonasee hierher transportiert. Es konnte also im Gegensatz zu den Jahren 2008 und 2009 keine ungewöhnlich späte Kieselalgen-Herbstblüte nachgewiesen werden.

Die 10 bedeutendsten Phytoplanktonarten jeder Jahreszeit in den einzelnen Seegebieten sind in Tabelle A1 (Anhang) zusammengestellt. Eine komplette Artenliste des Jahres 2010 einschl. saisonale Verbreitung ist in Tabelle A2 (Anhang) gezeigt.

Invasive Phytoplankton-Arten: Das massenhafte Auftreten der bisher unbedeutenden Kieselalge *Chaetoceros socialis* (Abb. 6b) in der Mecklenburger Bucht ist ungewöhnlich. Sie dominierte die Herbstblüte vor Heiligendamm am 5.10.2010. Die Kieselalge *Pseudosolenia calcar-avis* (Abb. 6a), die ab 28.9.2010 mit 200-600 µg/L an der Herbstblüte vor Heiligendamm beteiligt war, ist neu für die IOW-Artenliste. Wir fanden in den Proben vom März 2010 in der Kieler und Mecklenburger Bucht erstmalig die Arten *Chaetoceros circinalis* (Abb. 6c) und *Chaetoceros pseudobrevis* (Abb. 6d) und im Sommer *Alexandrium pseudogonyaulax*. Diese Arten sind bereits in der Liste von HÄLLFORS (2004) für Kattegat/Beltsee genannt. Sie sind in unserer Liste aber neu.

Chlorophyll: Im Jahre 2010 wurden umfangreiche Vergleichsmessungen mit unterschiedlichen Bestimmungsmethoden vorgenommen. Verglichen wurde die im Jahre 2008 eingeführte Bestimmung des für Phaeopigment „unkorrigierten“ Gesamt-Chlorophyll a (Chl.a-tot-ALT) mit unserer traditionellen Bestimmung des „korrigierten“ aktiven Chlorophyll a (Chl.a-kor) und einer neuen fluorometrischen Methode (Chl.a-tot-NEU). Es zeigte sich dass die Werte Chl.a-tot-ALT deutlich zu hoch liegen und die Werte Chl.a-kor und Chl.a-tot-NEU sehr gut übereinstimmen (Tab. 2). Für die Eingabe in Datenbanken (Datenbank des BSH, ICES) sollten bis einschließlich 2009 unsere für Phaeopigment korrigierten Werte (Chl.a-kor) verwendet werden. Ab dem Jahr 2010 sind die mit der neuen fluorometrischen Methode bestimmten Werte (Chl.a-tot-NEU) zu verwenden. Ein Bruch in der Datenreihe entsteht dadurch nicht.

Sedimentation: Die Sedimentation des organischen Materials im Arkonabecken im Jahr 2010 zeigte ein saisonales Muster der Exportproduktion mit Maxima im Frühjahr und Herbst. Der Exportfluss über die Sommerzeit war im Vergleich dazu gering. Aufgrund der sehr dynamischen physikalischen Bedingungen und der relativ geringen Größe des Beckens wurde dieses Grundmuster allerdings durch sehr hohe Resuspensionsfrachten in den stürmischen Perioden des Frühjahrs und Spätherbstes überlagert. Während der Wachstumsphase zeigte sich eine höhere Diversität der Phytoplanktongemeinschaft als im Vorjahr und Schlüsselarten aller Hauptgruppen zeigten einen Wechsel im zeitlichen Muster ihres Auftretens.

Vorwiegend aufgrund des Eintrags resuspendierten sedimentären Materials waren die akkumulierten Flüsse der Hauptelemente wesentlich höher als im Vorjahr und betragen 628 mmol C, 68 mmol N, 228 mmol Si and 6,7 mmol P m⁻² a⁻¹ bei einem Massefluss von 133

g Trockenmasse $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$. Besonders die hohen Massefluss- und Silikatwerte deuten auf das Sediment als Quelle eines großen Teils des Materials hin. Ohne Berücksichtigung der Perioden hoher Resuspension im Januar/Februar und November 2010 sinken die jährlichen Flüsse auf für pelagischen Export wahrscheinlichere 157 mmol C , 17 mmol N , 39 Si and $0.9 \text{ P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$. Die isotopische Zusammensetzung des organischen Materials über den Verlauf der Wachstumsphase weist auf die unterschiedlichen Quellen des Stickstoffs hin.

Mesozooplankton

Über zehn Jahre betrachtet, wurden insgesamt 41 Mesozooplankton-Taxa registriert. Der Höchstwert lag im Jahre 1998. Durch eine Nettozunahme um sechs Arten gegenüber dem Vorjahr wurde er 2010 wieder erreicht. Beteiligt waren vor allem marine Vertreter, wie *Calanus finmarchicus*, *Centropages typicus*, *Paracalanus parvus*, *Noctiluca scintillans* und *Phoronis muelleri*, was für eine Zustrom salzreichen Wassers spricht.

Neue Neozoen traten im Berichtszeitraum nicht neu auf. Die von der amerikanischen Ostküste stammende lobate Ctenophore *Mnemiopsis leidy* muss als etabliert angesehen werden. Die 2008 erstmals im Hafen von Aarø am Kleinen Belt verzeichnete marine Cladocereart *Penilia avirostris* war zumindest zu den im Zeitraum der Datenerhebungen 2009 und 2010 nicht nachweisbar. Literaturstudien zufolge wurde bereits 2006 die räuberische Cladocere *Cercopages pengoi* aus dem ponto-kaspischen Raum auch in der Pommerschen Bucht, unweit des Greifswalder Boddens, nachgewiesen. Dieser Aspekt sollte unbedingt bei den Erkundungen des dortigen Heringslarven-Aufkommens berücksichtigt werden.

Der Rückgang in der Gesamtabundanz des Mesozooplanktons gegenüber der Periode in den frühen 90er Jahren blieb in der Tendenz erhalten. Abgesehen von den Jahren mit außergewöhnlich hoher Konzentration (1991-1995; 2002), schrumpfte die Summe der Maxima aller berücksichtigten Taxa in den letzten zehn Jahren von 500.000 (1999) auf nunmehr $150.000 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-3}$. Das bedeutete einen weiteren Rückgang gegenüber dem Vorjahr um 50 % und über den gesamten Beobachtungszeitraum betrachtet, von mehr als $2/3$. Dabei fielen besonders die Abnahmen im Bereich der mikrophagen Rotatorien ins Gewicht. 2010 lag das Maximum um das Zehnfache unter dem von 2009.

Neben der abnehmenden Eutrophierung wurde 2010 der Rückgang von Rotatorien vermutlich durch den kalten und langanhaltenden Winter verstärkt. Die relativ niedrige Cladoceren- Menge kann dem zu frühen Beprobung im Juli zugeschrieben werden. Sie erzielten erfahrungsgemäß im August die Höchstabundanz.

Bei den calanoiden Copepoden schwankte die maximale Konzentration in den letzten 16 Jahren wenig um die Maximalkonzentration von ca. $30.000 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-3}$ wenn auch die Proportionen der einzelnen Arten von Jahr zu Jahr variierten.

Der abnehmende Trend in der Konzentration von Mikrophagen, der mit einer reduzierten Eutrophierung einhergeht und die wenig veränderte Calaniden – Abundanz macht auf eine Verschiebung im Nahrungsnetz aufmerksam, von dem auf Abbauvorgängen beruhenden „microbial loop“ zur klassischen Nahrungskette. Hier besteht Forschungsbedarf.

Makrozoobenthos

In der vorliegenden Studie werden die Ergebnisse des Makrozoobenthos-Monitorings vom November 2010 dargestellt. Als Parameter wurden die Artenvielfalt, die Abundanz und die Biomasse der Organismen je Station erfasst.

Mit insgesamt 118 ist die Artenzahl im Jahr 2010 im Vergleich zu den Vorjahren als niedrig zu bezeichnen. Die Artendiversität war im Fehmarnbelt im Jahre 2010 geringer als der Medianwert der Langzeitdaten. An den anderen Stationen sind die Werte gegenwärtig im Bereich der Langzeit-Medianwerte. Im Jahre 2010 wurde Sauerstoffmangel beobachtet, der die tiefen Bereiche der Fehmarnbelt und die zentrale Mecklenburger Bucht ähnlich wie in den Jahren 2002, 2005 und 2008 beeinflusste.

In Abhängigkeit vom Seegebiet und den dort herrschenden Umweltparametern schwankten die Individuendichten zwischen 91 und 7.000 Ind./m². Die höchsten Werte wurden in der Kieler Bucht und der nördlichen Pommerschen Bucht gefunden. Wegen der unterschiedlichen Salzregimes unterschieden sich die dominanten Taxa an den unterschiedlichen Stationen deutlich. Beispielsweise wurde die Kieler Bucht (OMBMPN₃) dominiert von der Muschel *Kurtiella bidentata* und den Polychäten *Dipolydora quadrilobata*, *Pygospio elegans* und *Scoloplos armiger* mit mehr als 50 %, während in der nördlichen Pommerschen Bucht (OMBMPK₃) hauptsächlich *Pygospio elegans* vorkam. Beispiele für Schlüsselarten sind die Muscheln *Arctica islandica*, *Astarte borealis*, *Mytilus edulis* und *Mya arenaria* und die Polychäten *Lagis koreni*, *Pygospio elegans* und *Nephtys ciliata*.

Die Biomassen (aschefreie Trockenmasse) reichten von 1 g/m² im zentralen Arkonabecken (OMBMPK₄) bis 91 g/m² in der Kieler Bucht (OMBMPN₃). Die höchsten Biomassen wurden mesitens durch Muscheln wie *Arctica islandica*, *Astarte borealis*, *Mytilus edulis* und *Mya arenaria* repräsentiert.

An den 8 Monitoringstationen konnten insgesamt 19 Arten der 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 und in der südlichen Mecklenburger Bucht lebend festgestellt. Der Anteil an Neozoen war 2010 wie erwartet sehr gering. Lediglich 4 Arten wurden beobachtet: die über Jahrhunderte bereits etablierten Arten *Balanus improvisus* (Cirripedia) und *Mya arenaria* (Bivalvia) sowie die neu (seit den 1990ern) eingeführten Arten *Marenzelleria viridis* (Polychaeta) und *Rhithropanopeus harrisi* (Decapoda).

Summary

In the frame of the HELCOM monitoring, data on species composition and biomass or abundance of phyto- and zooplankton as well as macrozoobenthos from Kiel Bight, Mecklenburg Bight and the Arkona Sea (Fig. 1) were gathered in 2010 in order to continue the time series which exists since 1979. Data from sediment traps deployed in the Arkona

Sea give information on particle dynamics. Also satellite data are used to trace the phytoplankton bloom development. The phytoplankton data are supplemented by data from the State Agency for Agriculture, Environment and Rural Areas Schleswig-Holstein (LLUR), National Environmental Research Institute (NERI), but these additional data were not involved in the calculations for Tables A1 and A2. They are, however, inserted into Figs. 3-4. A general sample statistics is shown in Table 1 and special statistics of the zooplankton and zoobenthos samplings are presented in Tables 3 and 4.

Phytoplankton

A general overview on the spatio-temporal development of the phytoplankton was gathered from chlorophyll maps, derived from satellite data of MODIS and MERIS sensors (Fig. 2). The spring bloom reached high chlorophyll concentrations at the beginning of March in Kiel Bight, but not so in the Arkona Sea. The maximum of the spring bloom shifted to the northern Arkona and Bornholm Sea by the beginning of April. First cyanobacteria filaments were seen in the Gotland Sea since 25.6.2010 and in the Pomeranian Bight and northern Bornholm Sea on 4./5. Juli 2010. On 16.7.2010, the whole Arkona Sea was weakly affected, but the cyanobacterial development ceased by the end of July already.

Spring bloom: The diatom bloom started rather early in Kiel Bight (27.1.2010: phytoplankton biomass of about 1 mg/L) and it increased to a peak value of almost 7 g/L. This peak was almost exclusively formed by *Rhizosolenia setigera*. In the central Mecklenburg Bight and Lübeck Bight, the bloom reached biomass values higher than 3 g/L in the mid of March, mainly composed of *Rhizosolenia setigera* and *Skeletonema costatum*. By the end of March, *Skeletonema costatum* disappeared but dinoflagellates (unidentified Gymnodiniales, *Protoperidinium pellucidum*) appeared.

In eastern direction, the share of *Rhizosolenia setigera* increased but that of *Mesodinium rubrum* decreased (Fig. 8a). *Thalassiosira* spp. and *Skeletonema costatum* were the dominating diatoms in the spring bloom of the western and central Arkona Sea (Stat. OMBMPK8, OMBMPK5), while the bloom in the eastern Arkona Sea consisted almost exclusively of *Coscinodiscus radiatus* and some *Thalassiosira* spp. In Mai 2010, the spring bloom was over; *Mesodinium rubrum* became dominant at that time.

Chrysochromulina spp. and *Dictyocha speculum*, which formed high biomass in some previous years, were of low biomass in 2010.

Summer bloom: A diatom summer bloom, found in previous years, was not observed in 2010. Only in Kiel Bight, *Dactyliosolen fragilissimus* occurred in higher biomass on 16.7.2010. *Ceratium* species were unexpectedly rare. *Dinophysis norvegica* appeared in mid of July in higher biomass below the pycnocline. *Aphanizomenon* sp. and *Nodularia spumigena* dominated in July in the Arkona Sea but did not form blooms in the German EEZ.

Autumn bloom: Strong diatom blooms were observed in mid of November 2010 at all stations, but only to less degree on Stat. OMBMPK4. They were composed of *Pseudosolenia calcar-avis* in Kiel Bight and Mecklenburg Bight (Abb. 3a-c, 4a, 6a, 7a) and

of *Coscinodiscus granii* in the Arkona Sea. An unusually low biomass of dinoflagellates was found in Kiel Bight and Mecklenburg Bight, mainly represented by *Ceratium tripos*, *C. fusus* and *Polykrikos schwartzii*.

The 10 most important phytoplankton species of each season in each sea area are compiled in Table A1 (Annex). A complete species list of the year 2010, including a seasonal indicator, is given in Table A2 (Annex).

Invasive phytoplankton species: *Chaetoceros socialis*, which was insignificant in the past, dominated the autumn bloom at our coastal station Heiligendamm on 5.10.2010. Another component of the autumn bloom, *Pseudosolenia calcar-avis*, was new in our list. Also the species *Chaetoceros circinalis* and *Chaetoceros pseudobrevis* (both in Kiel and Mecklenburg Bight in March 2010) and *Alexandrium pseudogonyaulax* (in summer) were new for us, but they are already included in the list of HÄLLFORS (2004).

Chlorophyll: Extensive comparisons of different methods for chlorophyll *a* analysis were carried through in 2010. These were an „old“ method for „uncorrected“ total chlorophyll *a* (Chl.a-tot-ALT), the traditional acidification method leading to a value corrected for pheopigments (Chl.a-kor) and a new fluorometric method (Chl.a-tot-NEU). It turned out that the values „Chl.a-tot-ALT“ were clearly too high, but the values „Chl.a-kor“ and „Chl.a-tot-NEU“ agreed very well (Tab. 2). For storage in national and international data banks (BSH, ICES), only our values Chl.a-kor should be used until 2009. Since 2010, the values Chl.a-tot-NEU have to be used. A break in the data series does not occur by the change of the two recommended methods.

Sedimentation: Sedimentation records of organic matter in the Arkona Basin over the year 2010 displayed a seasonal pattern of export production with maxima preferentially in spring and autumn. Summer fluxes were comparatively low. Due to the dynamic physical environment and the restricted size of the basin this basic pattern was however superimposed by large peaks of resuspended matter during stormy periods in early spring and late autumn. During the growth season the phytoplankton assemblage was much more diverse than in the previous year and key species of all major groups shifted their seasonal patterns of occurrence.

Mainly due to the high input of resuspended material the total annual flux for the single elements exceeded the values of the previous year by far and amounted to 628 mmol C, 68 mmol N, 228 mmol Si and 6.7 mmol P m⁻² a⁻¹ at a mass flux of 133 g dry mass m⁻² a⁻¹. Particularly the high mass flux and silica values point to the benthic origin of a large part of the material. Omission of data from periods of heavy resuspension events (Jan/Feb 2010 and Nov 2010) reduced the annual pelagic flux to more probably 157 mmol C, 17 mmol N, 39 Si and 0.9 P m⁻² a⁻¹. The isotopic composition of the organic matter reflects different sources of nitrogen nutrients over the course of the growth season.

Mesozooplankton

Since the beginning of BSH monitoring program in IOW, a total of 41 mesozooplankton taxa were observed, with most taxa in 1998 and in 2010. The net increase by six taxa in 2010 based on marine species like *Calanus finmarchicus*, *Centropages typicus*,

Paracalanus parvus, *Noctiluca scintillans* and *Phoronis muelleri*. This indicated salt water intrusions.

There were no new invasive species in 2010. *Mnemiopsis leidyi* seems to be established in the western Baltic Sea while the cladoceran *Penilia avirostris* which was abundant in Little Belt in 2008 was not observed during the monitoring program neither in 2009 nor in 2010. According to the literature, the carnivorous cladoceran *Cercopages pengoi* invaded in Pomeranian Bay in 2006 already. This should be considered in herring larvae studies in Greifswald Bodden.

Decreasing tendency in total maximum abundances since the 1990s was further observed in the last year. Except of some high concentrations in 1991-1995 and in 2002, the total abundance decreased from 500.000 to 150.000 ind.*m⁻³ within the last decade which was a drastic decrease by 50% in comparison to 2009 and by 2/3 in the entire period. The decrease was especially caused by microphagous rotifers which indicate a decreasing eutrophication.

The heavy decline in 2010 was probably additionally caused by the strong and long lasting winter in case of rotifers and by the too early sampling time in July in relation to the expected cladoceran maximum in August.

The total abundance of adult calanoid copepods did not change much in the last sixteen years. They remained at about 30.000 ind.*m⁻³ at varying proportions between the species.

The decreasing trend in concentration of microphagous organisms and the rather stable conditions in calanoid copepods let expect a shift within food web from more “microbial loop” basing on degradation of organic material to more classical food chain. This is field of future research.

Macrozoobenthos

The present study describes the macrozoobenthic community of 8 offshore stations within south-western Baltic waters in 2010. Following water bodies were sampled: Kiel Bight (N3), Fehmarnbelt (stn. N1), Mecklenburg Bight (M2 and OM18), the Darss Rise (K8), Arkona Sea (K4) and the Pomeranian Bay (K3 and OM160). At each station the species composition, their abundance and their biomass were determined. Whereas 6 stations were sampled during the last decade's, 2 additional stations were included within the monitoring programme since 2006. One “new” station is situated within the Kiel Bight with high salinity (22 psu) and showed with 73 species the highest taxonomical diversity. Another one represents the central Pomeranian Bay with its low salinity (7 psu) and was colonised by 24 species.

The 118 species found in the macrozoobenthos in 2010 mark a very low diversity within the 20 years of zoobenthos monitoring conducted by the IOW. The species diversity in the Fehmarnbelt in 2010 is currently lower than the median values of the long term data. In the other water bodies the recent values are more or less the same as the long term median

values. In 2010 a deficit of oxygen was observed, which affected the deep areas of the Fehmarnbelt and central Mecklenburg Bight in a similar way as in 2002, 2005 and 2008.

The abundances varied in depending on the area and the specific environmental parameters between 91 and 7.000 ind./m². The highest values were observed in the Kiel Bight and in the northern Pomeranian Bay. Due to the different salinity regimes at the different monitoring stations the dominant taxa changed drastically. For example, whereas the Kiel Bight (OMBMPN₃) was dominated by the bivalve *Kurtiella bidentata* and the polychaetes *Dipolydora quadrilobata*, *Pygospio elegans* and *Scoloplos armiger* with more than 50 %, the northern Pomeranian Bay (OMBMPK₃) were most represented by polychaete *Pygospio elegans*. Some examples of key species were the bivalves *Arctica islandica*, *Astarte borealis*, *Mytilus edulis* and *Mya arenaria* and the polychaetes *Lagis koreni*, *Pygospio elegans* and *Nephtys ciliata*.

The biomasses (ash free dry weight) ranged from 1 g/m² in the central Arkona Basin (OMBMPK₄) to 91 g/m² in the Kiel Bight (OMBMPN₃). In most cases bivalves like *Arctica islandica*, *Astarte borealis*, *Mytilus edulis* and *Mya arenaria* reached the highest percentages from the total weights at stations.

At the 8 monitoring stations altogether 19 species of the Red List could be observed. As example, the bivalve *Macoma calcarea*, threatened with extinction in German waters, was found in the Kiel and Mecklenburg Bight in low abundance. Four indigenous species were observed during 2010 sampling: on the one hand the since centuries established species like *Balanus improvisus* (Cirripedia) and *Mya arenaria* (Bivalvia) and at the other hand the recently introduced species (since 1990's) *Marenzelleria viridis* (Polychaeta) and *Rhithropanopeus harrisi* (Decapoda).

Danksagung

Die Autoren danken den am Ostseeüberwachungsprogramm beteiligten Mitarbeitern des Leibniz-Instituts für Ostseeforschung, insbesondere den mit der biologischen Probengewinnung und -bearbeitung betrauten Kolleginnen und Kollegen SUSANNE BUSCH, INES GLOCKZIN, ANNA HAGENMEIER, REGINA HANSEN, UWE HEHL, ANNEMARIE JETTER, NADINE KEISER, IRIS LISKOW, ARKADIUSZ LIZ, ANNELI POSTEL, INA TOPP, CAROLA WAGNER, SVENJA ZIMMERMANN sowie den bei der Datenbearbeitung engagierten Kolleginnen und Kollegen Dr. STEFFEN BOCK, JAN DONATH, SABINE FEISTEL, MONIKA GERTH, TORALF HEENE und SOLVEY HÖLZEL. Den Kapitänen und Besatzungen der Forschungsschiffe „ALKOR“, „HEINCKE“ und „Professor Albrecht Penck“ sowie den Fahrleitern sei gedankt für die Unterstützung während der Messfahrten. Einzelne Proben wurden uns von Dr. COLIN A. STEDMON und KJELD SAUERBERG (National Environmental Research Institute) zur Verfügung gestellt. JEANETTE GÖBEL vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) stellte uns Daten zur Vervollständigung hier gezeigter Jahresgänge aus der Mecklenburger und Lübecker Bucht zur Verfügung. 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

- ANEER, G., 2010: Report on the conditions of the coastal and off shorewaters of the Baltic Proper. Country Administrative Board of Stockholm. Information No. 3/10. <http://www.infobaltic.se>
- V. BODUNGEN, B., JOST, G., POSTEL, L., POWILLEIT, M., WASMUND, N., 1996: Biologisches Monitoring und wissenschaftliche Zustandseinschätzung der Ostsee im Rahmen der HELCOM. – Abschlussbericht 1991-1995 des IOW im Auftrag des Umweltbundesamtes, 183 pp.
- BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFAHRT UND HYDROGRAPHIE, 2010: Arbeitsplan 2011. Hamburg, Dezember 2010.
- 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.
- FLEISCHER, D., ZETTLER, M.L., 2009: An adjustment of benthic ecological quality assessment to effects of salinity. – Marine Pollution Bulletin **58**, 351-357.
- FLEISCHER, D., GRÉMARE, A., LABRUNE, C., RUMOHR, H., VANDEN BERGHE, E., ZETTLER, M.L., 2007: Performance comparison of two biotic indices measuring the ecological status of water bodies in the Southern Baltic and Gulf of Lions. – Marine Pollution Bulletin **54**, 1598-1606.
- FLEMING, V., KAITALA, S., 2007: Phytoplankton spring bloom biomass in the Gulf of Finland, Northern Baltic Proper and Arkona Basin in 2006. HELCOM Indicator Fact Sheets 2006. http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2006/en_GB/springbloom/
- FLINKMAN, J. , POSTEL, L., 2009: Zooplankton communities. In: ZWEIFEL,U. and LAAMANEN,M. (eds.) Biodiversity in the Baltic Sea. An integrated thematic assessment on biodiversity and nature conservation in the Baltic Sea. – Balt. Sea Environ. Proc. No **116B**, 43-46.

- GARGAS, E., NIELSEN, G.E., MORTENSEN, S., 1978: Phytoplankton production, chlorophyll-a and nutrients in the open Danish waters 1975-1977. – The Belt Project. The National Agency of Environmental Protection, Denmark, 103 pp.
- HAJDU, S., EDLER, L., OLENINA, I. and WITEK, B., 2000: Spreading and establishment of the potentially toxic dinoflagellate *Prorocentrum minimum* in the Baltic Sea. – Internat. Review of Hydrobiology **85**, 561-575.
- HAJDU, S., OLENINA, I., WASMUND, N., EDLER, L., WITEK, B., 2006: Unusual phytoplankton events in 2005. HELCOM/MONAS Indicator Fact Sheet.
http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2006/en_GB/phyto
- HAJDU, S., HÄLLFORS, S., GROMISZ, S., SKJEVIK, A.-T., BUSCH, S., KOWNACKA, J., JURGENSONE, I., OLENINA, I., HUSEBY, S., WASMUND, N., JAANUS, A., HÄLLFORS, G., RINTALA, J.-M., MAJANEVA, M., BLOMSTER, M., 2008: Unusual phytoplankton event during winter-spring 2007-2008. HELCOM Indicator Fact Sheets.
http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2008/en_GB/Phytoplankton_events/
- HÄLLFORS, G., 2004: Checklist of Baltic Sea Phytoplankton Species (including some heterotrophic protistan groups). – Baltic Sea Environment Proceedings 95, 1-208.
- HANSSON, M., ÖBERG, J., 2010: Cyanobacterial blooms in the Baltic Sea. HELCOM Indicator Fact Sheet. Online.
http://www.helcom.fi/BSAP_assessment/ifs/ifs2010/en_GB/Cyanobacterial_blooms/
- 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.

- 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.
- HELCOM, 2010: Manual for marine monitoring in the COMBINE programme of HELCOM, Part C. – Internet, updated 2010:
http://www.helcom.fi/groups/monas/CombineManual/AnnexesC/en_GB/
- HOPPENRATH, M., ELBRÄCHTER, M., DREBES, G., 2009: Marine Phytoplankton. Selected microphytoplankton from the North Sea around Helgoland and Sylt. – Kleine Senckenberg-Reihe, 49.
- JAANUS, A., ANDERSSON, A., HAJDU, S., HUSEBY, S., JURGENSONE, I., OLENINA, I., WASMUND, N., TOMING, K., 2007: Shifts in the Baltic Sea summer phytoplankton communities in 1992-2006. HELCOM Indicator Fact Sheet.
http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2007/en_GB/Phytoplankton/
- JAVIDPOUR, J., 2008: Ecological assessment of the Ctenophore Invader *Mnemiopsis leidyi* in the Western Baltic Sea. - Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christians-Albrechts-Universität zu Kiel: 106 S.
- JGOFS, 1993: Core measurement protocol. – Scientific Committee on Oceanic Research, Bergen (JGOFS Rep. No. 6).
- JOSEFSON, A.B. 2009: Additive partitioning of estuarine benthic macroinvertebrate diversity across multiple spatial scales. – Marine Ecology Progress Series 396: 283–292.
- KAITALA, S., HÄLLFORS, S., 2008: Cyanobacteria bloom index. HELCOM Indicator Fact Sheets.
http://www.helcom.fi/BSAP_assessment/ifs/archive/ifs2008/en_GB/CyanobacteriaBloomIndex/
- KUBE, S., POSTEL, L., HONNEF, C., AUGUSTIN, C.B., 2007 a: *Mnemiopsis leidyi* in the Baltic Sea – distribution and overwintering between autumn 2006 and spring 2007. – Aquatic Invasions **2** (2): 137-146 (URL: <http://www.aquaticinvasions.ru>)
- KUBE, S., HAMMER, C., ZIMMERMANN, C., SOMMER, U., JAVIDPOUR, J., CLEMMESSEN, C., BOERSMA, M., POSTEL, L., 2007 b: Die Invasion der räuberischen Rippenqualle *Mnemiopsis leidyi* in der Ostsee (The invasion of the carnivorous ctenophore *M. leidyi* in the Baltic Sea). Final Report, Leibniz Institute of Baltic Sea Res., 50pp.
- LAAMANEN, M.J., FORSSTRÖM, L., SIVONEN, K., 2002: Diversity of *Aphanizomenon* populations (cyanobacteria) on a Baltic Sea salinity gradient - Only one ITS1-S genotype persists in the Baltic Sea. In: LAAMANEN, M.J. - Genetic and species diversity of planktonic cyanobacteria in the northern Baltic Sea. Contributions of the Finnish Inst. of Marine Research, Helsinki, Vol. **4**, Part IV, 14 pp.

- LORENZEN, C.J., 1967: Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. – *Limnol. Oceanogr.* **12**, 343-346.
- NAUSCH, G., FEISTEL, R., UMLAUF, L., MOHRHOLZ, V., SIEGEL, H., 2011: Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2010. – *Meereswiss. Ber., Warnemünde* **84**: 1-99.
- OLENINA, I., HAJDU, S., ANDERSSON, A., EDLER, L., WASMUND, N., BUSCH, S., GÖBEL, J., GROMISZ, S., HUSEBY, S., HUTTUNEN, M., JAANUS, A., KOKKONEN, P., LEDAINE, I., NIEMKIEWICZ, E., 2006: Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. – *Baltic Sea Environment Proceedings* **106**, 1-144.
- OLENINA, I., 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/BSAP_assessment/ifs/ifs2009/en_GB/InvasivePhytoplanktonSpecies/
- 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/BSAP_assessment/ifs/ifs2010/en_GB/unusual_phytoplankton_events/
- 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
- OLSZEWSKA, A., 2006. New records of *Cercopagis pengoi* (Ostroumov 1891) in the southern Baltic. *Oceanologia*, **48** (2), 319–321.
- 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., im Druck: Rote Liste der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* **70**(2).
- SARNO, D., KOOISTRA, W.H.C.F., MEDLIN, L., PERCOPO, I., ZINGONE, A.J., 2005: Diversity in the genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae). II. An assessment of the taxonomy of *S. costatum*-like species with the description of four new species. – *J. Phycol.* **41**, 151-176.
- SCHILLING, P., UHLIG, S., 2010: Phytoplankton ring test 2007. Identification, counting and biomass determination of synthetic and natural phytoplankton samples. Final report. Umweltbundesamt, 198 pp.

- STICH, H.B., BRINKER, A., 2005. Less is better: Uncorrected versus pheopigment-corrected photometric chlorophyll-a estimation. – Arch. Hydrobiol. 162, 111-120.
- UTERMÖHL, H., 1958: Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. – Ass. intern. Limnol. théor. **9**, 1-38.
- WASMUND, N., 1984: Probleme der spektrophotometrischen Chlorophyllbestimmung. – Acta hydrochim. hydrobiol. 12, 253-270.
- WASMUND, N., ALHEIT, J., POLLEHNE, F., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 1998 a: Ergebnisse des Biologischen Monitorings der Ostsee im Jahre 1997 im Vergleich mit bisherigen Untersuchungen. – Meereswiss. Ber., Warnemünde **32**, 1-66.
- WASMUND, N., BUSCH, S., GROMISZ, S., HAJDU, S., HÖGLANDER, H., JAANUS, A., JOHANSEN, M., JURGENSONE, I., KARLSSON, C., KOWNACKA, J., KRAŚNIEWSKI, W., OLENINA, I., 2011 a: Cyanobacteria biomass indicator. HELCOM Indicator Fact Sheets 2011. Online. http://www.helcom.fi/BSAP_assessment/ifs/ifs2011/en_GB/CyanobacteriaBiomass/
- WASMUND, N., GÖBEL, J., V.BODUNGEN, B., 2008 b: 100-years-changes in the phytoplankton community of Kiel Bight (Baltic Sea). – J. Mar. Syst. 73:300-322
- WASMUND, N., NAUSCH, G., MATTHÄUS, W., 1998 b: Phytoplankton spring blooms in the southern Baltic Sea – spatio-temporal development and long-term trends. – J. Plankton Res., **20**, 1099-1117.
- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 2005: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2004. – Meereswiss. Ber., Warnemünde **64**, 1-78.
- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 2006 a: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2005. – Meereswiss. Ber., Warnemünde **69**, 1-78.
- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 2007: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2006. – Meereswiss. Ber., Warnemünde **71**, 1-82.
- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L., 2008 a: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2007. – Meereswiss. Ber., Warnemünde **74**, 1-88.
- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L. 2009: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2008. – Meereswissenschaftliche Berichte **78**, 1-91.

- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L. 2010: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2009. – Meereswissenschaftliche Berichte **81**, 1-90.
- 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.
- WELSCHEMEYER, N.A., 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and pheopigments. – Limnol. Oceanogr. **39**, 1985-1992.
- ZETTLER, M.L., FRANKOWSKI, J., RÖHNER, M., 2006: Long term changes of macrozoobenthos in the Arkona Basin (Baltic Sea). – Boreal Environmental Research **11**, 247-260.
- ZETTLER, M.L., SCHIEDEK, D., BOBERTZ, B., 2007: Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. – Marine Pollution Bulletin **55**, 258-270.
- ZETTLER, M.L., SCHIEDEK, D., GLOCKZIN, M., 2008: Chapter 17: Zoobenthos. In: Feistel, R., Nausch, G., Wasmund, N. (eds.) State and Evolution of the Baltic Sea, 1952 – 2005. A Detailed 50-Year Survey of Meteorology and Climate, Physics, Chemistry, Biology, and Marine Environment. John Wiley & Sons, Hoboken, 517-541.
- ZINGONE, A., PERCOPO, I., SIMS, P.A., SARNO, D., 2005: Diversity in the genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae). I. A reexamination of the type material of *S. costatum* with the description of *S. grevillei* sp. nov. – J. Phycol. **41**, 140-150.

ANHANG (für mehrseitige Tabellen)

Tab. A1

Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Taxa (in Prozent der Phytoplankton-Biomasse) in den oberen 10 m der Wassersäule: Mittelwerte der drei Fahrten von Januar bis Mai sowie der Juli- und Novemberfahrt 2010 in den verschiedenen Seegebieten. Zu Beginn jedes Blocks ist die entsprechende durchschnittliche Phytoplanktonbiomasse (in $\mu\text{g/l}$) angegeben. „Unbestimmte“, „Gymnodiniales“ und „Peridinales“ wurden aus der Liste gelöscht, wenn sie jeweils <10% ausmachten. Fortsetzung auf Seite 80-81 !

Table A1

The 10 most abundant phytoplankton taxa (percentage of total phytoplankton biomass) in the different sea areas (upper 10 m): averages from the three cruises January-May as well as cruises from July and November 2010. The mean phytoplankton biomass (in $\mu\text{g/l}$) is given on the top of each block. „Unidentified“, „Gymnodiniales“ and „Peridinales“ were deleted from the list if the specimen accounted for less than 10 % of the biomass in the sample. Continued on page 80-81 !

Januar-Mai	(%)	Juli	(%)	November	(%)
Kieler Bucht (Stat. OMBMPN3)					
Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	2663	Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	1454	Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	4704
Rhizosolenia setigera	75.8	Proboscia alata	48.6	Pseudosolenia calcar-avis	87.4
Skeletonema costatum	4.2	Dactyliosolen fragilissimus	33.5	Polykrikos schwartzii	2.6
Rhizosolenia hebetata f. semispina	3.5	Ceratium tripos	3.9	Mesodinium rubrum	2.4
Proboscia alata	2.9	Leucocryptos marina	1.5	Pseudo-nitzschia	1.1
Pseudo-nitzschia pungens	2.6	Alexandrium pseudogonyaulax	1.4	Ceratium fusus	0.8
Thalassionema nitzschioides	1.3	Chrysochromulina	1.4	Ceratium tripos	0.6
Dictyocha speculum	1.0	Anabaena	1.1	Chrysochromulina	0.5
Chrysochromulina	0.8	Cymbomonas tetramitiformis	1.1	Guinardia flaccida	0.5
Chaetoceros curvisetus	0.6	Plagioselmis prolonga	0.8	Prorocentrum micans	0.5
Thalassiosira nordenskiöldii	0.5	Aphanizomenon	0.6	Cerataulina pelagica	0.5
Lübecker Bucht (Stat. OMO22)					
Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	915	Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	258	Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	3023
Rhizosolenia setigera	37.7	Aphanizomenon	16.0	Pseudosolenia calcar-avis	79.9
Skeletonema costatum	20.4	Dictyocha speculum	10.7	Ceratium tripos	4.2
Chaetoceros	7.9	Plagioselmis prolonga	7.8	Guinardia flaccida	3.6
Thalassiosira	6.1	Katablepharis remigera	7.8	Pseudo-nitzschia	1.9
Dictyocha speculum	5.4	Chrysochromulina	7.4	Polykrikos schwartzii	1.3
Eutreptiella	3.6	Nodularia spumigena	7.4	Ceratium fusus	1.1
Mesodinium rubrum	3.0	Anabaena	4.8	Teleaulax	0.9
Dinophysis norvegica	2.0	Pyramimonas	2.7	Dictyocha speculum	0.6
Porosira glacialis	2.0	Leucocryptos marina	2.6	Prorocentrum micans	0.5
Cerataulina pelagica	1.5	Dactyliosolen fragilissimus	1.9	Protoperidinium pellucidum	0.4
Zentrale Mecklenburger Bucht (Stat. OMBMPM2)					
Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	869	Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	245	Phytopl.-Biomasse in $\mu\text{g/l}$	2378
Rhizosolenia setigera	29.0	Aphanizomenon	25.0	Pseudosolenia calcar-avis	81.5
Skeletonema costatum	13.5	Unidentified	11.9	Ceratium tripos	2.2
Protoperidinium pellucidum	12.0	Nodularia spumigena	10.7	Pseudo-nitzschia	2.0
Gymnodiniales	10.0	Gymnodiniales	10.3	Mesodinium rubrum	2.0
Thalassiosira	6.1	Chrysochromulina	8.9	Polykrikos schwartzii	1.7
Protoperidinium	3.6	Katablepharis remigera	8.3	Ceratium fusus	1.3
Rhizosolenia hebetata f.	3.5	Plagioselmis prolonga	4.1	Guinardia flaccida	1.1

semispina					
Mesodinium rubrum	3.1	Cymbomonas tetramitiformis	2.7	Chrysochromulina	0.8
Porosira glacialis	2.8	Chaetoceros impressus	2.1	Teleaulax	0.7
Chaetoceros	2.2	Mesodinium rubrum	1.7	Cerataulina pelagica	0.6
Östliche Mecklenburger Bucht (Stat. OMBMPM1)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	781	Phytopl.-Biomasse in µg/l	237	Phytopl.-Biomasse in µg/l	2988
Thalassiosira	18.7	Aphanizomenon	23.0	Coscinodiscus	53.2
Mesodinium rubrum	14.1	Chrysochromulina	18.7	Pseudosolenia calcar-avis	26.8
Coscinodiscus radiatus	13.6	Unidentified	11.3	Coscinodiscus radiatus	10.2
Skeletonema costatum	13.2	Nodularia spumigena	9.0	Protoperidinium depressum	2.3
Rhizosolenia setigera	9.8	Katablepharis remigera	5.2	Guinardia flaccida	1.3
Thalassiosira baltica	4.8	Plagioselmis prolonga	2.7	Mesodinium rubrum	0.8
Chaetoceros	4.2	Telonema	2.0	Pseudo-nitzschia	0.7
Actinocyclus	3.9	Chrysophyceae	1.9	Ceratium tripos	0.6
Rhizosolenia hebetata f. semispina	1.7	Actinocyclus	1.2	Teleaulax	0.6
Heterocapsa rotundata	1.0	Pyramimonas	1.2	Actinocyclus	0.5
Westliche Arkonasee (Stat. OMBMPK8)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	252	Phytopl.-Biomasse in µg/l	291	Phytopl.-Biomasse in µg/l	573
Mesodinium rubrum	50.0	Aphanizomenon	16.2	Coscinodiscus granii	74.8
Thalassiosira	15.6	Chrysochromulina	12.1	Actinocyclus	4.2
Skeletonema costatum	4.0	Unidentified	11.2	Mesodinium rubrum	2.9
Heterocapsa rotundata	3.7	Nodularia spumigena	5.4	Pseudosolenia calcar-avis	2.1
Pyramimonas	2.2	Ebria tripartita	5.0	Snowella	2.0
Chrysochromulina	2.0	Plagioselmis prolonga	4.7	Aphanocapsa	1.0
Teleaulax	1.7	Cyclotella	4.2	Teleaulax	0.9
Actinocyclus	1.4	Katablepharis remigera	3.7	Woronichinia	0.6
Plagioselmis prolonga	1.3	Katodinium glaucum	3.4	Ceratium tripos	0.6
Aphanizomenon	1.1	Aphanocapsa	3.0	Plagioselmis prolonga	0.4
Zentrale Arkonasee (Stat. OMBMPK5)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	505	Phytopl.-Biomasse in µg/l	238	Phytopl.-Biomasse in µg/l	851
Mesodinium rubrum	45.2	Aphanizomenon	30.9	Coscinodiscus granii	78.4
Thalassiosira	14.2	Nodularia spumigena	11.6	Mesodinium rubrum	9.1
Woloszynskia cf. halophila	11.7	Chrysochromulina	11.4	Actinocyclus	2.1
Skeletonema costatum	9.8	Unidentified	10.6	Gymnodiniales	0.9
Thalassiosira baltica	2.7	Eutreptiella	3.0	Teleaulax	0.8
Eutreptiella	1.8	Actinocyclus	2.8	Cerataulina pelagica	0.7
Aphanizomenon	1.5	Katablepharis remigera	2.8	Snowella	0.5
Chaetoceros	1.3	Pyramimonas	2.8	Woronichinia	0.5
Actinocyclus	1.1	Plagioselmis prolonga	2.6	Pseudosolenia calcar-avis	0.4
Chaetoceros similis	0.8	Chrysophyceae	2.5	Aphanocapsa	0.4
Östliche Arkonasee (Stat. OMBMPK4)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	952	Phytopl.-Biomasse in µg/l	443	Phytopl.-Biomasse in µg/l	565
Coscinodiscus radiatus	53.0	Nodularia spumigena	45.6	Coscinodiscus granii	84.9
Thalassiosira	18.6	Aphanizomenon	20.7	Mesodinium rubrum	3.3
Mesodinium rubrum	15.0	Chrysochromulina	3.9	Teleaulax	1.3
Woloszynskia cf. halophila	2.6	Katablepharis remigera	2.9	Katodinium glaucum	1.2
Skeletonema costatum	1.6	Eutreptiella	2.1	Plagioselmis prolonga	1.0
Chaetoceros	1.2	Plagioselmis prolonga	2.0	Trachelomonas	0.8
Actinocyclus	0.8	Chrysophyceae	1.8	Actinocyclus	0.6
Eutreptiella	0.7	Pyramimonas	1.0	Hemiselmis	0.5
Heterocapsa rotundata	0.5	Trachelomonas	1.0	Pyramimonas	0.3
Teleaulax	0.4	Mesodinium rubrum	0.8	Craspedophyceae	0.2

Bornholmsee (Stat. OMBMPK2)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	343	Phytopl.-Biomasse in µg/l	202	Phytopl.-Biomasse in µg/l	2127
Mesodinium rubrum	71.7	Aphanizomenon	25.8	Coscinodiscus granii	96.5
Coscinodiscus radiatus	6.2	Unidentified	21.0	Mesodinium rubrum	0.5
Actinocyclus	3.4	Gymnodiniales	17.9	Actinocyclus	0.5
Aphanizomenon	2.8	Chrysochromulina	6.3	Aphanizomenon	0.3
Teleaulax	1.3	Plagioselmis prolonga	5.9	Craspedophyceae	0.2
Peridiniella catenata	1.3	Heterocapsa triquetra	3.2	Teleaulax	0.1
Eutreptiella	1.1	Nodularia spumigena	3.0	Katablepharis remigera	0.1
Chrysochromulina	0.9	Actinocyclus	2.7	Telonema	0.1
Chaetoceros	0.7	Mesodinium rubrum	2.2	Plagioselmis prolonga	0.1
Thalassiosira	0.6	Chrysophyceae	2.0	Hemiselmis	0.0
Südliche Gotlandsee (Stat. OMBMPK1)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	695	Phytopl.-Biomasse in µg/l	631	Phytopl.-Biomasse in µg/l	1492
Mesodinium rubrum	74.6	Aphanizomenon	21.3	Coscinodiscus granii	93.5
Peridiniella catenata	7.5	Nodularia spumigena	11.9	Mesodinium rubrum	1.1
Actinocyclus	2.3	Eutreptiella	10.5	Actinocyclus	0.6
Gyrodinium spirale	1.9	Chrysophyceae	9.9	Aphanizomenon	0.6
Gymnodinium corollarium	1.8	Aphanothece	6.8	Dinophysis norvegica	0.6
Dinobryon balticum	1.3	Aphanocapsa	4.1	Chrysochromulina	0.4
Aphanizomenon	1.1	Mesodinium rubrum	4.0	Teleaulax	0.3
Teleaulax	0.5	Lemmermanniella pallida	3.4	Protoperidinium	0.2
Thalassiosira	0.5	Aphanothece paralleliformis	2.7	Pyramimonas	0.2
Chrysochromulina	0.4	Plagioselmis prolonga	2.6	Gyrodinium spirale	0.1
Östliche Gotlandsee (Stat. OMBMPJ1)					
Phytopl.-Biomasse in µg/l	613	Phytopl.-Biomasse in µg/l	654	Phytopl.-Biomasse in µg/l	1318
Mesodinium rubrum	65.3	Nodularia spumigena	17.3	Coscinodiscus granii	91.7
Gymnodiniales	20.5	Chrysochromulina	15.5	Actinocyclus	2.8
Actinocyclus	1.5	Aphanocapsa	10.2	Mesodinium rubrum	1.5
Amylax triacantha	1.5	Aphanizomenon	8.6	Aphanizomenon	1.1
Gyrodinium spirale	1.4	Aphanothece	7.3	Dinophysis norvegica	0.5
Dinobryon balticum	1.2	Chrysophyceae	6.4	Craspedophyceae	0.2
Pyramimonas	0.9	Aphanothece paralleliformis	5.8	Eutreptiella	0.1
Teleaulax	0.7	Mesodinium rubrum	5.7	Pyramimonas	0.1
Eutreptiella	0.5	Plagioselmis prolonga	4.5	Gyrodinium spirale	0.1
Heterocapsa rotundata	0.5	Pyramimonas	1.8	Teleaulax	0.1

Tab. A2

Alphabetische Liste der im Jahre 2010 gefundenen Phytoplanktonarten und ihrer taxonomischen Zugehörigkeit mit Angabe der Rangfolge (nach Biomasse, alle Stationen, alle Tiefen) und saisonalem Vorkommen (nur die Daten der 5 Terminfahrten zugrunde gelegt). Fortsetzung Seite 83 ff.

Table A2

Phytoplankton species list of 2009, with class affiliation, biomass rank (for all stations, all depths) and seasonal occurrence from the five monitoring cruises (continued on page 83).

Artname (Gesamtliste)	Klasse	Rang	Jan/Feb	März	Mai	Juli	Nov
<i>Achnanthes taeniata</i>	Bacillarioph.	96		X			
<i>Actinocyclus</i> sp.	Bacillarioph.	14	X	X	X	X	X
<i>Akashiwo sanguinea</i>	Dinophyceae	113			X		
<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	Dinophyceae	92				X	
<i>Amphidinium crassum</i>	Dinophyceae	108			X	X	
<i>Amphidinium sphenoides</i> (incl. cf.)	Dinophyceae	122		X	X		X
<i>Amylax triacantha</i>	Dinophyceae	62			X		
<i>Anabaena</i> sp.	Cyanobacteria	58				X	
<i>Anabaenopsis</i> sp.	Cyanobacteria	123				X	
<i>Apedinella radians</i>	Chrysophyc.	118		X			X
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Cyanobacteria	11	X	X	X	X	X
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Cyanobacteria	37	X	X	X	X	X
<i>Aphanothece minutissima</i>	Cyanobacteria	145		X			
<i>Aphanothece paralleleiformis</i>	Cyanobacteria	36			X	X	
<i>Aphanothece</i> sp.	Cyanobacteria	39		X	X	X	X
<i>Attheya septentrionalis</i>	Bacillarioph.	90	X	X	X		X
<i>Cerataulina pelagica</i>	Bacillarioph.	38	X				X
<i>Ceratium fusus</i>	Dinophyceae	45	X	X		X	X
<i>Ceratium lineatum</i>	Dinophyceae	84					X
<i>Ceratium longipes</i>	Dinophyceae	69			X	X	X
<i>Ceratium tripos</i>	Dinophyceae	29	X	X		X	X
<i>Chaetoceros affinis</i>	Bacillarioph.	109					X
<i>Chaetoceros ceratosporus</i> var. <i>ceratosporus</i>	Bacillarioph.	132	X	X	X		
<i>Chaetoceros circinalis</i>	Bacillarioph.	66		X			
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>circinalis</i>	Bacillarioph.	98		X			
<i>Chaetoceros contortus</i>	Bacillarioph.	111	X				X
<i>Chaetoceros convolutus</i>	Bacillarioph.	70	X				X
<i>Chaetoceros curvisetus</i> (incl. cf.)	Bacillarioph.	40		X		X	X
<i>Chaetoceros danicus</i>	Bacillarioph.	68	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros debilis</i> (incl. cf.)	Bacillarioph.	79	X	X			
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Bacillarioph.	106	X			X	X
<i>Chaetoceros diadema</i> (incl. cf.)	Bacillarioph.	50	X	X			
<i>Chaetoceros impressus</i>	Bacillarioph.	63	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros laciniosus</i> (incl. cf.)	Bacillarioph.	91	X	X			
<i>Chaetoceros pseudobrevis</i>	Bacillarioph.	44		X			
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>pseudobrevis</i>	Bacillarioph.	83		X			
<i>Chaetoceros similis</i>	Bacillarioph.	64	X	X	X	X	
<i>Chaetoceros socialis</i>	Bacillarioph.	131	X	X			X
<i>Chaetoceros</i> sp.	Bacillarioph.	15		X			X
<i>Chaetoceros subtilis</i> var. <i>subtilis</i>	Bacillarioph.	94	X	X	X	X	
<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	Bacillarioph.	139	X				X
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>tenuissimus</i>	Bacillarioph.	149	X				
<i>Chaetoceros thronsenii</i> var. <i>thronsenii</i>	Bacillarioph.	140	X	X		X	
<i>Chaetoceros wighamii</i>	Bacillarioph.	134		X			

<i>Chrysochromulina</i> sp.	Prymnesioph.	12	X	X	X	X	X
<i>Coelosphaerium minutissimum</i>	Cyanobacteria	78	X		X	X	
<i>Coelosphaerium</i> sp.	Cyanobacteria	144			X		
<i>Coscinodiscus granii</i>	Bacillarioph.	3	X				X
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Bacillarioph.	8		X	X		X
<i>Coscinodiscus</i> sp.	Bacillarioph.	7					X
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	Cyanobacteria	53	X	X	X	X	X
<i>Cyanonephron styloides</i>	Cyanobacteria	87			X	X	X
<i>Cyclotella</i> sp.	Bacillarioph.	82				X	X
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Bacillarioph.	77	X	X	X	X	X
<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>	Prasinophyc.	80				X	X
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Bacillarioph.	18	X	X		X	X
<i>Dictyocha speculum</i> (incl. cf.)	Dictyochoph.	20	X	X	X	X	X
<i>Dinobryon balticum</i>	Chrysophyc.	54		X	X	X	X
<i>Dinobryon faculiferum</i>	Chrysophyc.	112			X	X	X
<i>Dinobryon</i> sp.	Chrysophyc.	124	X			X	
<i>Dinophysis acuminata</i>	Dinophyceae	65	X	X	X	X	X
<i>Dinophysis acuta</i>	Dinophyceae	86	X		X		
<i>Dinophysis norvegica</i>	Dinophyceae	13	X	X	X	X	X
<i>Dinophysis rotundata</i>	Dinophyceae	138			X		
<i>Dinophysis</i> sp.	Dinophyceae	119		X	X	X	
<i>Dissodinium pseudolunula</i>	Dinophyceae	114					X
<i>Ditylum brightwellii</i>	Bacillarioph.	71	X	X			X
<i>Ebria tripartita</i>	Ebriidea	59	X	X	X	X	X
<i>Euglena</i> cf. <i>acus</i>	Euglenophyc.	146		X			
<i>Eutreptiella</i> sp.	Euglenophyc.	24	X	X	X	X	X
<i>Guinardia delicatula</i>	Bacillarioph.	75	X				X
<i>Guinardia flaccida</i>	Bacillarioph.	22	X				X
<i>Gymnodinium corollarium</i>	Dinophyceae	52			X		
<i>Gyrodinium spirale</i> (incl. cf.)	Dinophyceae	23	X	X	X		X
<i>Hemiselmis</i> sp.	Dinophyceae	57	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa rotundata</i>	Dinophyceae	33	X	X	X	X	X
<i>Heterocapsa triquetra</i>	Dinophyceae	93	X			X	X
<i>Heterosigma akashiwo</i> (incl. cf.)	Raphidophyc.	76	X		X		X
<i>Katablepharis remigera</i>	Incertae sedis	32	X	X	X	X	X
<i>Katodinium glaucum</i>	Dinophyceae	56		X	X	X	X
<i>Lemmermanniella pallida</i>	Cyanobacteria	81	X		X	X	
<i>Lemmermanniella parva</i>	Cyanobacteria	85			X	X	
<i>Lennoxia faveolata</i>	Bacillarioph.	150	X				
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillarioph.	73	X	X			X
<i>Leptocylindrus minimus</i>	Bacillarioph.	117		X			X
<i>Leucocryptos marina</i>	Incertae sedis	48	X	X	X	X	X
<i>Melosira arctica</i>	Bacillarioph.	67		X			
<i>Melosira nummuloides</i>	Bacillarioph.	135		X			
<i>Merismopedia punctata</i>	Cyanobacteria	133					X
<i>Merismopedia</i> sp.	Cyanobacteria	143					X
<i>Mesodinium rubrum</i>	Litostomatea	4	X	X	X	X	X
<i>Monoraphidium contortum</i>	Chlorophyc.	130			X	X	X
<i>Monoraphidium minutum</i>	Chlorophyc.	147					X
<i>Nitzschia paleacea</i>	Bacillarioph.	141				X	
<i>Nodularia spumigena</i>	Cyanobacteria	16			X	X	X
<i>Oocystis</i> sp.	Chlorophyc.	102	X	X	X	X	X
<i>Pachysphaera</i> sp.	Prasinophyc.	129			X	X	X
<i>Paralia sulcata</i>	Bacillarioph.	126			X		

<i>Peridiniella catenata</i>	Dinophyceae	35	X	X	X		
<i>Plagioselmis prolunga</i>	Cryptophyc.	21	X	X	X	X	X
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Chlorophyc.	115		X	X	X	X
<i>Planktolyngbya contorta</i>	Cyanobacteria	121	X	X		X	X
<i>Planktolyngbya</i> sp.	Cyanobacteria	137	X		X		X
<i>Polykrikos schwartzii</i>	Dinophyceae	41					X
<i>Porosira glacialis</i>	Bacillarioph.	34	X	X			
<i>Proboscia alata</i>	Bacillarioph.	9	X	X	X	X	X
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	Dinophyceae	110					X
<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae	51	X		X		X
<i>Prorocentrum minimum</i>	Dinophyceae	120				X	X
<i>Protoperidinium bipes</i>	Dinophyceae	116	X	X	X		X
<i>Protoperidinium depressum</i>	Dinophyceae	42	X	X	X		X
<i>Protoperidinium pallidum</i> (incl. cf.)	Dinophyceae	100					X
<i>Protoperidinium pellucidum</i> (incl. cf.)	Dinophyceae	17		X	X		X
<i>Protoperidinium</i> sp.	Dinophyceae	26	X	X	X		X
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (incl. cf.)	Cyanobacteria	97	X		X	X	X
<i>Pseudanabaena</i> sp. (incl. cf.)	Cyanobacteria	127			X	X	
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> group	Bacillarioph.	74	X	X	X		X
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i>	Bacillarioph.	25	X				X
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> group	Bacillarioph.	46		X	X		X
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	Bacillarioph.	27	X		X		X
<i>Pseudopedinella</i> sp.	Chrysophyc.	95	X	X	X	X	X
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	Bacillarioph.	1					X
<i>Pterosperma</i> sp. (incl. cf.)	Prasinophyc.	103	X			X	
<i>Pyramimonas longicauda</i>	Prasinophyc.	107					X
<i>Pyramimonas</i> sp.	Prasinophyc.	43	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	Bacillarioph.	10	X	X	X		
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	Bacillarioph.	125			X		
<i>Rhizosolenia pungens</i>	Bacillarioph.	55	X				X
<i>Rhizosolenia setigera</i>	Bacillarioph.	2	X	X			X
<i>Rhodomonas</i> cf. <i>marina</i>	Cryptophyc.	101		X			X
<i>Rhodomonas marina</i>	Cryptophyc.	128		X			X
<i>Rhodomonas</i> sp.	Cryptophyc.	148	X				
<i>Romeria</i> sp.	Cyanobacteria	105			X	X	
<i>Scenedesmus</i> sp.	Chlorophyc.	142					X
<i>Skeletonema costatum</i>	Bacillarioph.	6	X	X	X	X	X
<i>Snowella</i> sp.	Cyanobacteria	61	X	X	X	X	X
<i>Teleaulax</i> sp.	Cryptophyc.	19	X	X	X	X	X
<i>Telonema</i> sp.	Incertae sedis	47	X	X	X	X	X
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Bacillarioph.	30	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	Bacillarioph.	60	X	X			
<i>Thalassiosira baltica</i> (incl. cf.)	Bacillarioph.	31	X	X			
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	Bacillarioph.	88					X
<i>Thalassiosira hyperborea</i> var. <i>pelagica</i>	Bacillarioph.	104		X			
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	Bacillarioph.	49	X	X			X
<i>Thalassiosira rotula</i>	Bacillarioph.	89					X
<i>Thalassiosira</i> sp.	Bacillarioph.	5	X	X	X		X
<i>Trachelomonas</i> sp.	Euglenophyc.	72		X		X	X
<i>Verrucophora farcimen</i>	Dictyochoph.	136		X			
<i>Woloszynskia</i> cf. <i>halophila</i>	Dinophyceae	28		X	X		X
<i>Woronichinia</i> sp.	Cyanobacteria	99	X	X		X	X
Anzahl der Taxa: insgesamt 150			81	86	76	68	101

Tab A3

Verbreitung des Makrozoobenthos an den 8 Stationen im November 2010. In der rechten Spalte sind die Arten der Roten Liste (RACHOR et al., Im Druck) indiziert (1=vom Aussterben bedroht, 2=stark gefährdet, 3=gefährdet, G=Gefährdung anzunehmen, R=extrem selten, V=Vorwarnliste, D=Daten defizitär, *=ungefährdet, nb=nicht bewertet).

Table A3

Distribution of macrozoobenthos at 8 stations in November 2009. In the right column the red list (RACHOR et al. In press) species are indicated (1=critically endangered, 2=endangered, 3=vulnerable, G=probably vulnerable, R=extreme rare, V=near threatened, D=data deficient, *=least concern, nb=not evaluated).

Taxa	N3	N1	M2	OM18	K8	K4	K3	OM160	RL2010
PORIFERA									
<i>Chalinula limbata</i>		x							D
<i>Leucosolenia</i> sp.	x								nb
CNIDARIA									
<i>Dynamena pumila</i>			x	x					D
<i>Edwardsia danica</i>				x					D
<i>Halitholus yoldiaarcticae</i>		x							3
<i>Hartlaubella gelatinosa</i>	x	x		x	x	x	x	x	D
<i>Rhizocaulus verticillata</i>		x							G
<i>Sertularia cupressina</i>				x					G
<i>Tubularia</i> sp.		x							nb
PRIAPULIDA									
<i>Halicryptus spinulosus</i>					x		x		nb
PLATHELMINTHES									
<i>Turbellaria</i> indet.	x							x	nb
NEMATHELMINTHES									
<i>Cyanophthalma obscura</i>					x				nb
<i>Lineus ruber</i>	x			x	x				nb
<i>Malacobdella grossa</i>	x								nb
Nemertea	x				x				nb
PHORONIDA									
<i>Phoronis</i> sp.	x						x		nb
MOLLUSCA									
<i>Abra alba</i>	x		x	x					*
<i>Ancula gibbosa</i>	x								*
<i>Arctica islandica</i>	x	x	x	x	x	x			3
<i>Astarte borealis</i>	x	x			x				G
<i>Astarte elliptica</i>	x	x				x			G
<i>Astarte montagui</i>	x								3
<i>Cerastoderma glaucum</i>					x			x	*
<i>Corbula gibba</i>	x	x		x					*
<i>Facelina bostoniensis</i>	x								*
<i>Hiatella arctica</i>	x								*
<i>Hydrobia ulvae</i>					x	x	x	x	*
<i>Kurtiella bidentata</i>	x	x	x	x					*
<i>Macoma balthica</i>	x			x	x	x	x	x	*
<i>Macoma calcarea</i>	x			x					1
<i>Modiolarca subpicta</i>	x								G
<i>Musculus discors</i>	x								G
<i>Musculus niger</i>	x								G
<i>Mya arenaria</i>	x				x	x	x	x	*

<i>Mya truncata</i>	x								2
<i>Mytilus edulis</i>	x		x	x	x		x	x	*
<i>Parvicardium pinnulatum</i>	x								G
<i>Phaxas pellucidus</i>	x								*
<i>Retusa truncatula</i>	x				x				*
ANNELIDA									
<i>Heterochaeta costata</i>					x		x	x	*
<i>Nais elinguis</i>							x		*
<i>Oligochaeta indet.</i>			x		x	x	x	x	nb
<i>Tubificoides benedii</i>					x		x	x	*
<i>Alitta succinea</i>	x						x	x	D
<i>Ampharete baltica</i>	x		x	x	x	x			*
<i>Arenicola marina</i>					x				*
<i>Aricidea minuta</i>	x								*
<i>Aricidea suecica</i>	x			x	x				*
<i>Bylgides sarsi</i>	x		x	x	x	x	x		*
<i>Capitella capitata</i>			x	x	x		x		*
<i>Caulleriella killariensis</i>	x								D
<i>Chaetozone setosa</i>	x								*
<i>Dipolydora caeca</i>	x		x						*
<i>Dipolydora quadrilobata</i>	x		x	x					*
<i>Eteone longa</i>	x				x				*
<i>Euchone papillosa</i>	x								2
<i>Exogone naidina</i>	x								D
<i>Harmothoe imbricata</i>	x			x	x				D
<i>Hediste diversicolor</i>								x	*
<i>Heteromastus filiformis</i>	x	x	x	x	x				*
<i>Lagis koreni</i>	x	x	x	x					*
<i>Laonome kroeyeri</i>	x								D
<i>Marenzelleria viridis</i>					x		x	x	*
<i>Nephtys caeca</i>	x		x						*
<i>Nephtys ciliata</i>	x	x	x	x		x			*
<i>Nephtys hombergii</i>	x	x	x	x					*
<i>Nereimyra punctata</i>	x			x					G
<i>Nicolea zostericola</i>	x								*
<i>Paradoneis eliasoni</i>	x		x						*
<i>Paraonis fulgens</i>	x								*
<i>Pherusa plumosa</i>	x								D
<i>Pholoe assimilis</i>	x			x	x				D
<i>Pholoe baltica</i>	x								*
<i>Phyllodoce mucosa</i>	x								*
<i>Polycirrus medusa</i>	x								D
<i>Polydora cornuta</i>	x		x	x					*
<i>Pygospio elegans</i>	x			x	x		x	x	*
<i>Scalibregma inflatum</i>	x								G
<i>Scoloplos armiger</i>	x		x	x	x	x	x		*
<i>Spio gonocephala</i>	x				x				*
<i>Terebellides stroemi</i>	x			x					*
<i>Travisia forbesii</i>					x				G
<i>Trochochaeta multisetosa</i>			x	x	x	x			D
CRUSTACEA									
<i>Balanus crenatus</i>					x				*
<i>Balanus improvisus</i>							x	x	*
<i>Corophium volutator</i>								x	*
<i>Crangon crangon</i>				x	x		x	x	*
<i>Crassikorophium crassicorne</i>	x				x				*
<i>Diastylis rathkei</i>	x	x	x	x	x	x	x		*
<i>Gammarus oceanicus</i>				x	x		x	x	*
<i>Gammarus salinus</i>					x		x	x	*

<i>Gammarus zaddachi</i>					x	x	x	x	*	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>				x					nb	
<i>Idotea balthica</i>				x	x				*	
<i>Idotea chelipes</i>				x	x				D	
<i>Jaera albifrons</i>					x		x		*	
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>			x	x					*	
<i>Monocorophium inidiosum</i>	x								*	
<i>Mysis mixta</i>							x		nb	
<i>Neomysis integer</i>						x	x	x	nb	
<i>Palaemon elegans</i>		x							*	
<i>Praunus felxuosus</i>							x	x	nb	
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>								x	*	
<i>Saduria entomon</i>							x		G	
ARACHNIDA										
Halacaridae indet.					x		x		nb	
PYCNOGONIDA										
<i>Nymphon brevistro</i>					x				*	
BRYOZOA										
<i>Alcyonidium polyoum</i>					x		x		D	
<i>Callopora lineata</i>			x	x					*	
<i>Einhornia crustulenta</i>	x	x	x	x			x	x	*	
<i>Eucratea loricata</i>		x	x	x					V	
<i>Farrella repens</i>	x	x	x		x		x		D	
<i>Escharella immersa</i>		x							*	
ECHINODERMATA										
<i>Asterias rubens</i>	x		x	x	x				*	
<i>Echinocyamus pusillus</i>	x								G	
<i>Ophiura albida</i>	x								*	
TUNICATA										
<i>Ciona intestinalis</i>	x								*	
<i>Dendrodoa grossularia</i>	x	x		x					V	
<i>Molgula manhattensis</i>	x								D	
Summe	118 Taxa	73	21	27	41	46	15	32	24	
Abundanz (Ind./m²)	6915	112	446	1238	1645	91	4885	2327		
Biomasse (g AFTG/m²)	90,8	14,3	10,0	39,2	15,7	1,0	6,3	22,0		

Wasmund, N.; Postel, L.; Zettler, M.L.:

Biologische Bedingungen in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee im Jahre 2010

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abstract	91
Kurzfassung	92
1. Einleitung	93
2. Material und Methoden	94
2.1 Beprobungs-Strategie	94
2.2 Phytoplankton	95
2.3 Chlorophyll	96
2.4 Mesozooplankton	99
2.5 Makrozoobenthos	101
2.6 Qualitätssicherung	102
3. Ergebnisse	103
3.1 Phytoplankton	103
3.1.1 Artenspektrum	103
3.1.2 Biomasse	106
3.2 Chlorophyll	110
3.3 Mesozooplankton	112
3.3.1 Rückblick und Zielstellung	112
3.3.2 Ergebnisse	113
3.4 Makrozoobenthos	122
3.4.1 Sedimentdaten	122
3.4.2 Artenzahl	123
3.4.3 Abundanz	125
3.4.4 Biomasse	125
3.4.5 Vergleich zwischen 2008 und 2009	126
3.4.6 Lebensgemeinschaften	128
3.4.7 Rote Liste	130
3.4.8 Eingeschleppte Arten (Neozoen)	131
Zusammenfassung	132
Summary	134
Danksagung	135
Literaturverzeichnis	136
 ANHANG	 139

Abstract

The year 2010 was the third year of a complex biological monitoring in the German exclusive economical zone of the North Sea, conducted by the Leibniz Institute of Baltic Sea Research Warnemünde (IOW) and commissioned and supported by the Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH). Phytoplankton (incl. chlorophyll *a*) and mesozooplankton were investigated at 12 stations, macrozoobenthos at 13 stations. The plankton was sampled at 5 cruises and the zoobenthos at 2 cruises.

The phytoplankton comprised 144 taxa, most of them belonging to the diatoms. In comparison to the previous year, 19 taxa disappeared from our list, but 25 were newly added. The highest phytoplankton biomass occurred nearshore in spring and summer (cf. chl.*a*). A modification of the method for “total” chlorophyll *a* led to data which were well comparable with those of the acidification method („Chl.a-kor“). Therefore it is recommended to use the values „Chl.a-kor“ up to year 2009 and the values “Chl.a-tot-NEU” since 2010. The most important species in terms of biomass were the large-sized *Rhizosolenia imbricate*, *Noctiluca scintillans*, *Mediopyxis helysia*, *Odontella sinensis* and *Coscinodiscus wailesii*.

Mesozooplankton analysis led to 157 taxa in 2010 which was 14 more than in 2009. The increase of taxa was mainly an effect of higher taxonomic skills in comparison to the previous year. The spatial distribution of taxa according to the Margalef index of species richness showed a typical estuarine distribution with increasing numbers at growing distance to the river mouth. In coastal areas, the region off the North Frisian Islands (HELGO, AMRU₂, SYLT₁) was characterized by a smaller diversity than the region off the East Frisian Islands. This was reflected in the numbers of Pielous evenness index and is a result of the different origin of the water bodies. Interestingly, the ten major taxonomic groups occurred in the course of a year earlier (May) off the North Frisian Islands than in the East Frisian area (August / September).

In the macrozoobenthos, 286 taxa were found in spring and autumn 2010 at 13 stations. The species number varied from 16 (off Sylt) to 90 (ENTE₃) in the samples. With 121 species (both campaigns added) the station in the central North Sea (ENTE₃) was most diverse. The seasonal variability was extremely high at the shallow areas off Amrum and Sylt. Similar to the species number, the autumn densities were mostly higher than the spring ones. The ash free dry weight at stations ranged from 1.27 g/m² at station NSB₃ in autumn to 77,5 g/m² at the central North Sea (station ENTE₃) in spring. The very high value was caused by the occurrence of adults of the ocean quahog *Arctica islandica*. Two distinct groups of stations could be distinguished by cluster analysis based on different water depths, sediment characteristics and macrozoobenthic assemblages. 57 species from the Red List could be observed during this study. Four species belong to the category 2 (endangered).

Kurzfassung

Das Jahr 2010 war das dritte Jahr, in dem das biologische Monitoring im deutschen offshore-Bereich (meistens AWZ) der Nordsee durch das IOW im Auftrage des BSH durchgeführt wurde. Es wurde das Phytoplankton (einschl. Chlorophyll a) und Mesozooplankton an 12 Stationen und das Makrozoobenthos an 13 Stationen untersucht. Das Plankton wurde auf 5 Fahrten, das Benthos lediglich auf der Frühjahrs- und Herbstfahrt beprobt.

Im Phytoplankton wurden 144 Taxa gefunden, von denen die meisten zu den Kieselalgen gehörten. Im Vergleich zum Vorjahr sind aus unserer Liste 19 Taxa verschwunden, aber 25 neue hinzugekommen. Die höchsten Phytoplankton-Biomassen traten im allgemeinen im Frühjahr und Sommer in Küstennähe auf (vgl. Chl.a). Eine zum Jahre 2010 eingeführte methodische Modifikation führte zu „Chl.a-tot-NEU“-Werten, die mit denen der bisherigen Ansäuerungsmethode („Chl.a-kor“) übereinstimmten. Deshalb sollen bis einschließlich 2009 unsere „Chl.a-kor“-Werte verwendet werden. Ab dem Jahr 2010 sind die „Chl.a-tot-NEU“-Werte zu nutzen. Die bedeutendsten Arten bezüglich Biomasse waren die großzelligen Arten *Rhizosolenia imbricata*, *Noctiluca scintillans*, *Mediopyxis helysia*, *Odontella sinensis* und *Coscinodiscus wailesii*.

Im Zooplankton wurden 157 Taxa im Jahre 2010 registriert, also 14 mehr als im Vorjahr. Der Anstieg war hauptsächlich begründet in der zunehmenden taxonomischen Expertise der Bearbeiterin. Die räumliche Verteilung der Taxa gemäß des Margalef Artenvielfalts-Index zeigte ein für Ästuarien typisches Muster. Die Werte stiegen von Station bei Helgoland in Richtung zentrale Nordsee an. In den küstennahen Bereichen war die Region vor den Nordfriesischen Inseln von einer geringeren Vielfalt gekennzeichnet als die Region vor den Ostfriesischen Inseln. Das kam in den Zahlen von Pielous Eveness Index zum Ausdruck und ist ein Ergebnis der unterschiedlichen Herkunft der Wasserkörper. Interessanterweise traten die zehn wichtigsten taxonomischen Gruppen im Laufe eines Jahres vor den Nordfriesischen Inseln früher auf (Mai) als vor den Ostfriesischen (August/September).

Im Makrozoobenthos konnten im Frühjahr und im Herbst 2010 an 13 Stationen insgesamt 286 Taxa festgestellt werden. Die Artenzahlen schwankten zwischen den Stationen und Beprobungsterminen zwischen 16 (vor Sylt) und 90 (ENTE₃). Wenn beide Beprobungstermine zusammengefasst wurden, war die Station in der zentralen Nordsee (ENTE₃) mit 121 Arten die artenreichste. Die saisonale Variabilität war extrem hoch in den flachen Gebieten vor Amrum und Sylt. Im Herbst waren Artenzahl und Besiedlungsdichten höher als im Frühjahr. Die aschefreie Trockenmasse an den Stationen reichte von 1.27 g/m² an Station NSB₃ im Herbst bis 77,5 g/m² an Station ENTE₃ im Frühjahr, wobei dieser hohe Wert durch das Vorkommen adulter Islandmuscheln (*Arctica islandica*) bedingt war. Mit Hilfe der Clusteranalyse konnten zwei Gruppen von Stationen unterschieden werden, die sich maßgeblich auf Grund der unterschiedlichen Wassertiefe und Sedimentbeschaffenheit und der einhergehenden unterschiedlichen benthischen Besiedlung voneinander trennten. 57 Arten aus der Roten Liste wurden gefunden. Davon gehörten 4 Arten zur Kategorie 2 (stark gefährdet).

1. Einleitung

Dem Meer kommt als Ressource für Wirtschaft (z.B. Fischerei, Öl-, Kies- und Energiegewinnung, Transportweg) und Erholung (Strand-Tourismus, Kreuzfahrt-Tourismus) eine wachsende Bedeutung zu. Deshalb ist die Erhaltung der Gewässerqualität und somit auch die Überwachung des biologischen Zustandes der Nord- und Ostsee von hoher gesellschaftspolitischer und sozio-ökonomischer Relevanz, sowohl auf Landes-, Bundes- als auch europäischer Ebene. Die Aktivitäten der deutschen Küstenländer zur Überwachung und Bewertung des Gewässerzustandes werden in dem Bund-Länder-Meßprogramm (BLMP, siehe <http://www.blmp-online.de/Seiten/Infos.html>) zusammengeführt, um den wachsenden Qualitätsanforderungen besser gerecht zu werden und die Anforderungen seitens anderer Richtlinien (OSPAR, HELCOM, WRRL, MSRL etc., siehe unten) mit abzudecken. Eine Aufgabe ist die Erarbeitung von Handbüchern (siehe <http://www.blmp-online.de/Seiten/Monitoringhandbuch.htm>) und Standardarbeitsanweisungen (SOP), die auch als Grundlage für die geplanten Akkreditierungen der am BLMP beteiligten Labore dienen. Die gewonnenen Daten werden von den beitragenden Instituten in einem einheitlichen Datenformat an die Datenbank des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) gemeldet.

Für Nord- und Ostsee gibt es seit vielen Jahren internationale Konventionen zum Schutz der Meeresumwelt, die Oslo-Paris-Kommission (OSPAR, siehe <http://www.ospar.org/>) und die Helsinki-Kommission (HELCOM, siehe <http://www.helcom.fi/>). Die von den Partnern erhobenen Daten werden über die nationalen Koordinatoren, in Deutschland die DATENBANK DES BSH, in eine gemeinsame Datenbank eingespeist, die beim ICES (International Council for the Exploration of the Sea, siehe <http://www.ices.dk/indexnofla.asp>) angesiedelt ist. ICES, OSPAR und HELCOM haben über viele Jahre in gemeinsamen Arbeitsgruppen die Qualitätssicherung der Daten betrieben und die Methoden weitgehend abgestimmt. Die internationale Kooperation erhält zunehmend einen europäischen Rahmen. So entwickelt beispielsweise das Europäische Komitee für Normung (CEN, siehe <http://www.cen.eu/cenorm/homepage.htm>) europaweit gültige Methodenvorschriften. Diese sind weitgehend mit den von uns seit vielen Jahren konsequent angewendeten HELCOM-Methoden konsistent. 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;](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:DE:HTML; EUROPEAN UNION, 2000) EUROPEAN UNION, 2000) und die EG-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL, siehe [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:DE:PDF;](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:DE:PDF; EUROPEAN UNION 2008) EUROPEAN UNION 2008). Als vorbereitende Arbeit zur Umsetzung der MSRL ist nach einer Definition von Umweltzielen der Zustand der Meeresumwelt zu bewerten. Erste Berichte zum Stand der Umsetzung der MSRL liegen unter <http://www.meeresschutz.info/index.php/berichte.html> vor. Zur Realisierung der Anforderungen sind entsprechende Monitoringprogramme zu unterhalten bzw. aufzubauen. Ein auf den Monitoringergebnissen 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 Bearbeitung des Phytoplanktonkapitels lag in den Händen von Dr. NORBERT WASMUND. Die Zooplanktonpassagen wurden von Dr. LUTZ POSTEL verfasst und der Makrozoobenthosteil von Dr. MICHAEL L. ZETTLER.

2. Material und Methoden

2.1 Beprobungs-Strategie

Die Aufgaben des IOW sind im Arbeitsplan des BSH festgelegt (BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFAHRT UND HYDROGRAPHIE 2010). Im Einzelnen umfasst das biologische Monitoring am IOW die Bestimmung der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Phytoplanktons, Mesozooplanktons und Makrozoobenthos sowie die Bestimmung des Chlorophyll-a-Gehalts von Wasserproben.

Es wurden 5 Fahrten durchgeführt (siehe Tab. 1). Makrozoobenthosproben wurden nur auf der März- und Oktoberfahrt genommen (Tab. 4).

Aus dem umfangreichen Stationsnetz des BSH sind 12 Stationen für die biologischen Untersuchungen ausgewählt, die die ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) Deutschlands möglichst gleichmäßig abdecken. Lediglich die Station ES₁ liegt im Küstenmeer; sie wurden in das Untersuchungsprogramm aufgenommen, um mögliche Auswirkungen durch den nahegelegenen Windpark identifizieren zu können. Das Makrozoobenthos wurde auch von einer zusätzlichen 13. Station (ENTE₃) untersucht.

Die Stationen für die Plankton- und Benthos-Untersuchungen sind in Tab. 3 und 4 aufgelistet und in Abb. 1 dargestellt. In Tab. 3 sind die geografische Lage und die Tiefe mit angegeben.

Tab. 1

Die Nordsee-Fahrten des BSH im Jahre 2010, auf denen das biologische Monitoring durchgeführt wurde.

Table 1

The cruises of the BSH of the year 2010, which were used for the biological monitoring.

Fahrttermin	Schiff	Fahrtleiter
21.1.-29.1.2010	Celtic Explorer	Dr. Stefan Schmolke
15.3.-24.3.2010	Zirfaea	Dr. Gerhard Dahlmann
18.5.-27.5.2010	Atair	Dr. Norbert Theobald
23.8.-5.9.2010 (2. FA)	Pelagia	Dr. Sieglinde Weigelt-Krenz
1.11.-9.11.2010	Celtic Explorer	Dr. Achim Schulz

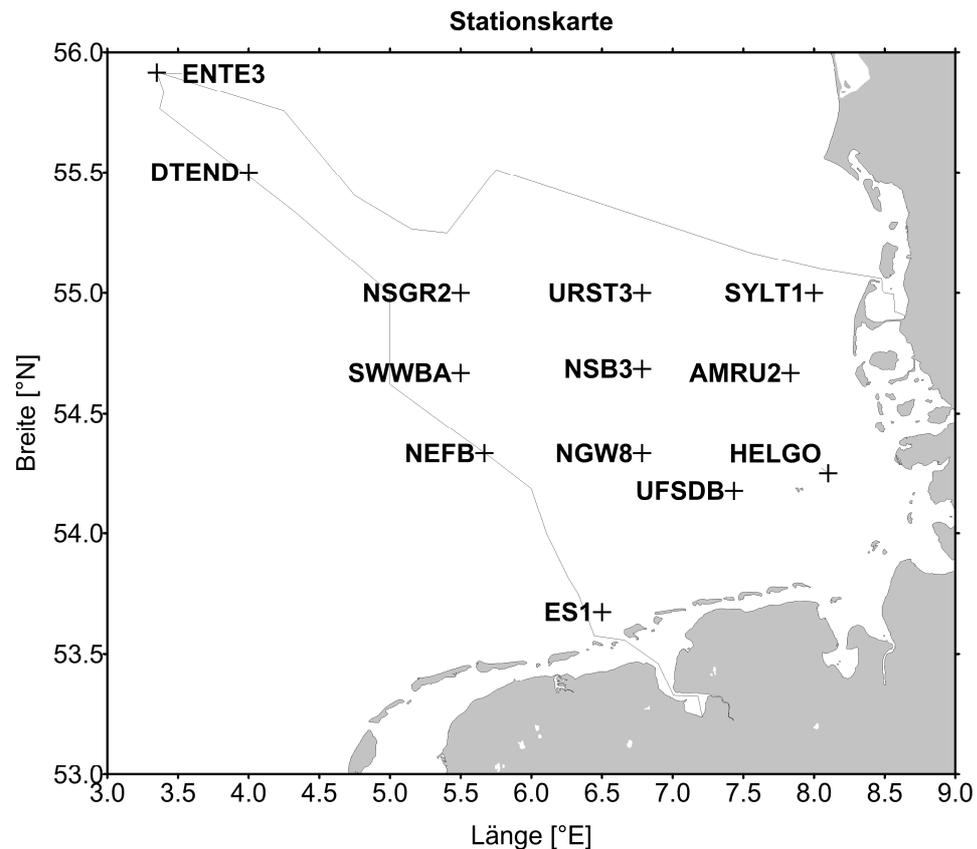


Abb. 1: Die Stationen des biologischen Monitoring in der deutschen AWZ der Nordsee. Die Station ENTE₃ ist eine zusätzliche Station, an der durch das IOW Zoobenthosproben genommen wurden.

Fig. 1: The stations of biological monitoring in the German Exclusive Economical Zone of the North Sea. Station ENTE₃ is an additional station for zoobenthos samples.

2.2 Phytoplankton

Das Phytoplankton wird durch eine über die oberen 10 m der Wassersäule genommene Probe repräsentiert. Zur Herstellung dieser Oberflächen-Mischprobe wird Wasser von 1 m, 2,5 m, 5 m, 7,5 m und 10 m Tiefe zu gleichen Teilen gemischt. Bei Vorliegen interessanter Strukturen (z.B. markante Fluoreszenzmaxima im Tiefenprofil) wird auch aus dieser Wassertiefe eine zusätzliche Probe genommen. Die Proben (200 ml) werden mit 1 ml saurer Lugolscher Lösung fixiert und bis zur Auswertung gelagert (max. 6 Monate).

Die Biomasse der einzelnen Phytoplanktonarten wird mikroskopisch entsprechend der traditionellen Methode nach UTERMÖHL (1958) bestimmt. Bei der Zählung werden die

Individuen nicht nur nach Taxa, sondern auch nach Größenklassen entsprechend der HELCOM-Strategie (OLENINA et al. 2006) eingeteilt. Diese Strategie wird von ICES auch für die Nordsee gefordert. Um eine statistisch akzeptable Abschätzung zu erhalten, wurden von den häufigsten Arten mindestens 50 Individuen gezählt, so dass ein statistischer Zählfehler für die häufigsten Einzelarten von etwa 28 % angenommen werden kann. Insgesamt kommt man pro Probe auf mindestens 500 gezählte Individuen. Damit wird der Fehler für die Gesamtbiomasse deutlich geringer ($< 10\%$). Jeder Art bzw. Größenklasse entspricht ein charakteristisches Individuenvolumen (Berechnung nach HELCOM, 2010). 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. Das Zählprogramm greift auf eine Artenliste zurück, in der bereits Kalkulationsfaktoren für die Biomasseberechnung enthalten sind. Da solch eine Liste für die Nordsee nicht besteht, benutzten wir die HELCOM-Liste (http://www.helcom.fi/groups/monas/en_GB/biovolumes/), die nun während des Arbeitens sukzessive mit den gefundenen Nordsee-Arten erweitert wird. Die Artnamen werden mit den Listen von ITIS (<http://www.itis.gov/>) und ERMS (<http://www.marbef.org/data/aphia.php?p=search>), sowie moderster Literatur (z.B. THRONSEN et al. 2007, HOPPENRATH et al. 2009, KRABERG et al. 2010, HALLEGRAEFF et al., 2010.) abgestimmt. Bei der Festlegung der Größenklassen richten wir uns so weit wie möglich nach der ICES-Vorgabe (<http://www.ices.dk/datacentre/reco/reco.asp>).

2.3 Chlorophyll

Dieses Kapitel verdient besondere Beachtung, da hier methodische Untersuchungen vom Jahre 2010 vorgestellt werden, die die vergangene und zukünftige Datenhaltung der Chlorophyll-Daten beeinflussen.

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). Derartige Umrechnungen können nur zu groben Abschätzungen führen, da die Faktoren sehr variabel sind. Zudem unterliegt die Chlorophyll a-Konzentration einem deutlichen Tagesgang (HINTZE et al. 1999). Es wird im allgemeinen auf Umrechnungen verzichtet und die Chlorophyll a-Konzentration direkt angegeben.

Proben zur Bestimmung der Chlorophyll a – Konzentration wurden in der Regel parallel zu den Phytoplankton-Proben entnommen. Pro Entnahmetiefe (1 m, 5 m, 10 m, 15 m und 20 m) wurden 200-500 ml Probenwasser durch Glasfaserfilter (Whatman GF/F) filtriert. Die Filter wurden dann in flüssigem Stickstoff (-196 °C) schock-gefrostet und im Institut für maximal

3 Monate bei -80 °C gelagert. Sie wurden mit 96 %igem Ethanol extrahiert, wie es von HELCOM vorgeschrieben ist. Dadurch konnte auf Homogenisation und Zentrifugation verzichtet werden. Die verwendete Methode zur Bestimmung des Chlorophyll a wurde ausführlich von WASMUND et al. (2006) beschrieben. Die fluorometrische Messung und die anschließende Berechnung kann nach verschiedenen Methoden erfolgen.

Neben dem Chlorophyll a kann mit der „Ansäuerungs- Methode“ (LORENZEN, 1967) zusätzlich auch das Phaeopigment a bestimmt werden, welches verschiedene Komponenten (Phaeophytin, Phaeophorbid) enthält, die im Fluorometer (aber auch im Photometer) summarisch gemessen werden. Phaeophytin a hat als Teil des Photosystem II als primärer Elektronenakzeptor Bedeutung (Yves Collos, pers. Mitteilung 21.3.2011). Phaeopigmente werden aber im wesentlichen als Chlorophyll a-Abbauprodukte angesehen. Im Gegensatz zu flachen Küstengewässern mit häufiger Resuspension abgestorbener Pflanzenteile spielen Phaeopigmente in der offenen See keine große Rolle. Sie sind nur mit großer Ungenauigkeit zu bestimmen. Aus den verschiedenen Gründen betrachten wir das Phaeopigment als zweitrangig und stellen es mit diesem Bericht letztmalig vor (Daten in Tab. 6). Wir konzentrieren uns auf das Chlorophyll a und erwähnen das Phaeopigment a nicht extra, selbst wenn beide Parameter gemessen wurden.

Es gibt zwei Haupt-Verfahren für Routine-Anwendungen:

(a) ...die Ansäuerungs-Methodik von LORENZEN (1967). Zur Berechnung der „Aktiven Chlorophyll a“ – und Phaeopigment a –Konzentrationen werden Formeln von EDLER (1979) und JGOFS (1993) benutzt. Aus dem Chlorophyll a-Wert ist also schon der Phaeopigment-Anteil herausgerechnet, er ist „korrigiert“ (Chl.a-kor). Dieses Verfahren ist allerdings sehr anfällig (vgl. WASMUND 1984, STICH & BRINKER 2005) und kann unerklärlich hohe Phaeopigment-Konzentrationen bei gleichzeitig negativen Chlorophyll-Konzentrationen liefern. Beispielsweise stört Chlorophyll b, das nach Ansäuerung zu einem Anstieg der Fluoreszenz führt, während die genannte Methode nur das Absinken der Fluoreszenz des Chlorophyll a nach Ansäuerung einkalkuliert (Yves Collos, pers. Mitteilung 21.3.2011).

(b) ...ein einfaches Verfahren, das ohne Ansäuerung der Extrakte durchgeführt wird. Dadurch läßt sich das Phaeopigment a nicht separat ermitteln und der Chlorophyll a-Wert ist nicht für Phaeopigment a korrigiert. Diesen „unkorrigierten“ Wert bezeichnen wir als „Gesamt-Chlorophyll a“ (Chl.a-tot). Dieses Verfahren wird von HELCOM (2010) empfohlen.

Formel zu (a) Ansäuerungsmethode:

$$\text{Chl.a-kor} [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] = F_m \cdot (F_m - 1)^{-1} \cdot (F_o - F_a) \cdot K_X \cdot V_E \cdot V_{Pr}^{-1}$$

$$\text{Phaeo.a} [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] = F_m \cdot (F_m - 1)^{-1} \cdot [(F_m \cdot F_a) - F_o] \cdot K_X \cdot V_E \cdot V_{Pr}^{-1}$$

Formel zu (b) Einfache Formel ohne Korrektur:

$$\text{Chl.a-tot} [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] = F_o \cdot K_X \cdot V_E \cdot V_{Pr}^{-1}$$

K_X = linearer Kalibrierfaktor [$\mu\text{g chl.a/L}$ pro Fluoreszenzeinheit]

F_m = acidification coefficient

F_o = rel. Fluoreszenz vor Ansäuerung

F_a = rel. Fluoreszenz nach Ansäuerung

V_E = Extraktions-Volumen [ml]

V_{Pr} = Filtrationsvolumen der Probe [ml]

Das Problem der Anwendung unterschiedlicher Mess- und Berechnungsverfahren durch die unterschiedlichen Institute und Behörden, die der Datenbank des BSH zuarbeiten wurde erkannt. Nach ausführlicher Diskussion fasste die UAG Qualitätssicherung Plankton im BLMP am 11.9.2008 den Beschluß, nur noch die Gesamt-Chlorophyll-a-Werte zu melden (bestätigt auf der 7.Sitzung am 30.4.2009). Das hat weitreichende Konsequenzen. Schließlich liegen die Chl.a-tot-Werte naturgemäß höher als die Chl.a-kor-Werte. Es führte beispielsweise dazu, dass wir in Runde 57 des QUASIMEME-Tests sogar außerhalb des „guten Bereiches“ lagen. Es ist kritisch anzumerken, dass QUASIMEME die Berechnungsmethode gar nicht abfragt und die nach verschiedenen Methoden berechneten Werte „in einen Topf wirft“.

Für uns ergab sich die Konsequenz, dass wir weiterhin beide Methoden parallel anwendeten und ab dem Jahre 2008 neben den traditionellen Chl.a-kor-Werten auch die Werte für das "Gesamt-Chlorophyll a" (Chl.a-tot) an die Datenbank des BSH meldeten (siehe in den vorjährigen Berichten, z.B. WASMUND et al. 2010, darin Tab. 5 und Kapitel 2.6). Bevor wir die Ansäuerungsmethode aufgeben, mußten wir erst die Vergleichbarkeit der beiden Methoden testen und gegebenenfalls einen Umrechnungsfaktor ermitteln.

Gleichzeitig sollte eine neue Methoden eingeführt und getestet werden: die Methode von WELSCHMEYER (1994), die zwar nicht für Phaeo.a, aber für Chl.b korrigiert. Das ist möglich durch eine optimierte Konfiguration der optischen Filter in dem Fluorometer, d.h. die Nutzung eines neueren TURNER - Fluorometers 10-AU-005-CE. Es ergeben sich Werte von „Chl.a-tot-NEU“, die durch diese Korrektur niedriger sein werden als die mit dem alten TURNER - Fluorometer 10-AU-005 gemessenen Werte „Chl.a-tot-ALT“. Erstere könnten deshalb nahe den Chl.a-kor-Werten liegen und sich ohne Bruch in die Datenreihe einpassen. Es wurde deshalb bisher empfohlen, bis zum Vorliegen der Testergebnisse auch in den Jahren 2008 und 2009 die Chl.a-kor-Werte zu verwenden.

Tab. 2

Vergleich der nach 3 verschiedenen Methoden berechneten Chlorophyll a-Konzentrationen und Berechnung der prozentualen Abweichung der mit der neuen Methode gemessenen Werten (Chl.a-tot-Neu) von den nach den bisher verwendeten Methoden gemessenen Werten (Chl.a-kor, Chl.a-tot-ALT).

Table 2

Comparison of chlorophyll a concentrations determined by three different methods. Also the deviation (percent) of the data "Chl.a-tot-NEU" measured by the new method with those measured by the old methods (Chl.a-kor, Chl.a-tot-ALT) are presented.

Seegebiet	Anzahl der Proben	Mittlere Konzentration aller Proben [mg m ⁻³]			Abweichung des Chl.a-tot-NEU vom Chl.a-kor [%]	Abweichung des Chl.a-tot-NEU vom Chl.a-tot-ALT [%]
		Chl.a-tot-NEU	Chl.a-kor	Chl.a-tot-ALT		
Ostsee	371)*	2,45	2,42	2,81	+0,994	-14,83
Nordsee	282	2,24	2,21	2,64	+1,006	-18,02

Die Ergebnisse der im Jahre 2010 durchgeführten Vergleichsuntersuchungen werden in Tab. 2 dargestellt. Sie basieren auf allen im Monitoring der Ostsee und Nordsee genommenen Chlorophyll-Proben des Jahres 2010. Es bestätigt sich die Beobachtung der Vorjahre, dass die Chl.a-tot-ALT-Werte immer höher lagen als die Chl.a-kor-Werte, und zwar um durchschnittlich 16 %. Eine „Vermischung“ von Werten des Chl.a-kor und Chl.a-tot-ALT ohne vorherige Korrektur ist also nicht erlaubt. Die „neue“ Methode nach WELSCHMEYER (1994) liefert verringerte Chl.a-tot-Werte (hier als „Chl.a-tot-NEU“ bezeichnet), die glücklicherweise fast genau in dem Bereich der Chl.a-kor-Werte liegen. Die Abweichung um durchschnittlich 1 % liegt im Toleranzbereich und erlaubt, keine Korrektur anwenden zu müssen.

In Tab. 6 (Seite 110) sind die über die oberen 10 m integrierten Mittelwerte jeder Probenahme aufgelistet, und zwar sind neben den Phaeopigment a-Werten verleichend die Chl.a-tot-NEU-Werte und die Chl.a-kor-Werte gezeigt. Die in der letzten Zeile vorgenommene Mittelwertbildung bestätigt, dass diese kaum voneinander abweichen.

Unsere bisherige Strategie war also richtig und bestätigt:

Für die Eingabe in nationale und internationale Datenbanken (DATENBANK DES BSH, ICES) sollten bis einschließlich 2009 unsere Chl.a-kor-Werte verwendet werden. Ab dem Jahr 2010 sind die Chl.a-tot-NEU-Werte zu nutzen. Damit entfallen ab 2010 die Phaeopigment a-Werte, die grundsätzlich an die Chl.a-kor-Werte gekoppelt sind. Es besteht kein Bedarf an den parallel genommenen Chl.a-tot-ALT-Werte der Jahre 2008 und 2009; diese sollten gelöscht werden, um Verwirrung zu vermeiden.

2.4 Mesozooplankton

Die Beprobung erfolgte in Anlehnung an die HELCOM-Vorschrift, jedoch mit einem, mit der Originalmaschenweite von 200 µm ausgestatteten WP-2 Netz (UNESCO, 1968). Auf jeder der zwölf Stationen wurde jeweils ein Vertikalhol durch die gesamte Wassersäule vorgenommen. Die Tiefe ergab sich aus der vom Echolot bestimmten Bodentiefe abzüglich der Netzlänge und Toleranz von insgesamt vier Metern. Die filtrierte Wassermenge wurde mit dem analog registrierenden Durchflusszähler TSK der Firma Tsurumi-Seiki Co. (Yokohama, Japan) ermittelt. Dieser wurde für das optimale Arbeiten mit WP-2 Netzen, speziell für die geforderte Hievgeschwindigkeit von 0,75 m/ s entwickelt. Die Lage der Zooplanktonstation blieb 2010 gegenüber den Vorjahren unverändert (s. WASMUND et al. 2010). Insgesamt beruht die Einschätzung des Jahres 2010 auf 57 Netzproben aus der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (Tab. 3).

Die Analyse im Labor begann mit der quantitativen Spülung der Proben in einem 55 µm Sieb mit filtriertem Seewasser (Glasfaser Mikrofilter GF/F 0,7 µm), um das kanzerogene Formalin zu entfernen. Im Anschluss wurde die Probe in ein Becherglas (200 ml - 1000 ml) überführt, bei sorgfältiger Spülung der 55 µm Gaze, und je nach Probendichte, mit filtriertem Seewasser (Glasfaser Mikrofilter GF/F 0,7 µm) auf ein bestimmtes

Ausgangsvolumen aufgefüllt. Für die Analyse wurden Teilproben mit einer variabel einstellbaren Eppendorf- Pipette (500-5000 µl) entnommen, wobei mit der Pipette entsprechende Rührbewegungen ausgeführt wurden, um eine homogene Verteilung der Organismen zu erreichen. Anschließend wurden im Durchschnitt 3 – 5 ml in eine mittelgroße Bogorov-Kammer (10x8x1cm) überführt. Die Zählkammer wurde schließlich mit filtriertem Seewasser aus der Region bis zum Rand gefüllt. Häufige Taxa wurden bei weiteren Teilproben nicht mehr berücksichtigt, wenn die Zahl von 100 identifizierten Individuen erreicht war. Danach wurde eine größere Bogorov-Kammer (15x8,5x2 cm) für eine weitere Teilprobe von 10 ml benutzt und zwar so lange, bis von weniger häufigen Arten/Taxa mindestens 50 Individuen pro Taxa gezählt waren. Die Öffnung der Pipettenspitze entsprach einem Durchmesser von 5 mm. Größere Organismen wurden zusammen mit äußerst seltenen bei der abschließenden Durchmusterung der restlichen Probe berücksichtigt. Die unterschiedlichen Teilprobenvolumina gingen selbstverständlich als solche in die Berechnung ein. Für die Zähl- und Bestimmungsarbeiten wurde ein Olympus SZX 9 Stereomikroskop benutzt. Biomassefaktoren wurden in Anbetracht der Unvollständigkeit nicht verwendet. Insofern liegen die Ergebnisse als Abundanz (Ind.*m⁻³) vor. Taxonomische Bezeichnungen und Zuordnungen erfolgten nach dem Integrated Taxonomic Information System (ITIS, <http://www.itis.gov/>). Für die multivariaten Analysen und die Berechnung der Biodiversitäts-Indizes wurde das Software- Paket PRIMER 6.0 verwendet.

Tab. 3

Statistik der Probenentnahmen in den jeweiligen Tiefenstufen [m] auf den in Abb. 1 verzeichneten Stationen

Table 3

Sample statistic of zooplankton hauls and sampling depth intervals [m] (cf. Fig. 1).

Stations- bezeichnung	Zeitraum und Tiefe [m]				
	22.-27.01.10	16.-22.03.10	19.-24.05.10	26.08.-03.09.10	02.-08.11.10
AMRU2	0-13	0-13	0-13	0-14	0-13
DTEND	0-30	0-31	0-29	0-29	0-30
ES1	0-20	0-22		0-20	0-23
HELGO	0-12	0-18	0-14	0-14	0-14
NEFB	0-39	0-37		0-42	0-41
NGW8	0-34	0-35	0-37	0-42	0-41
NSB3	0-40	0-42	0-38	0-36	0-40
NSGR2	0-38	0-43	0-37	0-37	0-37
SWWBA	0-41	0-49	0-42	0-41	0-40
SYLT1	0-14	0-14	0-15	0-16	0-16
UFSDB	0-36	0-38		0-38	0-41
URST3	0-33	0-33	0-34	0-34	0-33

2.5 Makrozoobenthos

Im offshore-Bereich der deutschen Nordsee (zum größten Teil in der AWZ) wurde im Frühjahr und Herbst 2010 zum dritten Mal durch das IOW eine Aufnahme des Makrozoobenthos an 12 Standardstationen durchgeführt. Zu beiden Messkampagnen wurde außerdem noch eine Zusatzstation (ENTE₃) im äußersten Bereich der deutschen AWZ (Entenschnabel) beprobt. Die Übersicht in Tabelle 4 soll die Lage der Stationen verdeutlichen. Es wurde ein van-Veen-Greifer (980 cm²) mit einem Gewicht von 75 kg eingesetzt. Pro Station wurden 3 Parallelproben (Hols) entnommen. Die einzelnen Hols wurden über ein Sieb mit 1 mm Maschenweite mit Seewasser gespült, der Siebrückstand in Gefäße überführt und mit 4%igem Formalin fixiert (nach SOP).

Tab. 4

Übersicht über die Stationen an denen 2010 Makrozoobenthos untersucht wurde.

Table 4

Station list of macrozoobenthic investigations in 2010.

Station	Datum	Tiefe	Nord	Ost	Seegebiet
UFSDB	16.03.2010	40,4	54°10,70'	7°26,00'	Zentrale Deutsche Bucht
UFSDB	02.11.2010	39			
HELGO	21.03.2010	17,5	54°15,00'	8°06,00'	Östlich Helgoland
HELGO	02.11.2010	18			
AMRU ₂	22.03.2010	14,8	54°40,00'	7°50,00'	vor Amrum
AMRU ₂	03.11.2010	15			
SYLT ₁	22.03.2010	16,2	55°00,00'	8°00,00'	vor Sylt
SYLT ₁	03.11.2010	18			
URST ₃	19.03.2010	34,5	55°00,00'	6°47,00'	Elbe-Urstromtal
URST ₃	05.11.2010	36			
DTEND	17.03.2010	32,2	55°30,00'	4°00,00'	Doggerbank
DTEND	04.11.2010	32			
ENTE ₃	17.03.2010	71,3	55°55,00'	3°21,00'	Zentrale Nordsee
ENTE ₃	04.11.2010	71,3			
NSGR ₂	18.03.2010	41,2	55°00,00'	5°30,00'	Westl. Weiße Bank
NSGR ₂	06.11.2010	41			
SWWBA	18.03.2010	44,8	54°40,00'	5°30,00'	Südwestlich Weiße Bank
SWWBA	07.11.2010	44			
NGW ₈	16.03.2010	37,4	54°20,00'	6°47,00'	Mittl. Deutsche Bucht
NGW ₈	06.11.2010	38			
NEFB	18.03.2010	41,7	54°20,00'	5°40,00'	NW Deutsche Bucht
NEFB	07.11.2010	40			
ES ₁ -BRIF	20.03.2010	23,1	53°40,50'	6°25,00'	Nördlich Borkum
ES ₁ -BRIF	08.11.2010	21			
NSB ₃	20.03.2010	40,3	54°41,00'	6°45,00'	Südöstlich Weiße Bank
NSB ₃	06.11.2010	40			

An allen Stationen wurde eine Dredge („Kieler Kinderwagen“) mit einer Spannweite von 1 m und einer Maschenweite von 5 mm eingesetzt. Die Dredge erbrachte insbesondere bei den vagilen und selteneren Arten Nachweise, die mit Hilfe des Greifers übersehen worden wären.

Die weitere Bearbeitung der Proben erfolgte im Labor des IOW. Nach dem Waschen der einzelnen Hols wurden die Taxa mit Hilfe eines Binokulares bei 10-20facher Vergrößerung ausgesammelt und bis auf wenige Gruppen (z. B. Nemertea) 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 wurden die Proben vor der Bearbeitung für 3 Monate gelagert. Alle Massebestimmungen (Feucht-, Trocken- und Aschefreie Trockenmasse) erfolgten durch Messungen auf einer Mikrowaage (Genauigkeit 0,1 mg).

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 ArGe Makrozoobenthos des Bund-Länder-Mess-Programmes abgestimmt.

2.6 Qualitätssicherung

Die Zulieferung von Daten verschiedener Institute und Labors im nationalen (Bund-Länder-Messprogramm) und internationalen (ICES) Rahmen macht eine Abstimmung der Methoden erforderlich, um die Vergleichbarkeit der Messdaten zu gewährleisten. Die Arbeit nach einem gemeinsamen Methodenhandbuch (z.B. HELCOM 2010) ist erste Voraussetzung für die Gewinnung vergleichbarer Daten. Darüber hinaus sind Interkalibrierungen zwischen den beteiligten Instituten erforderlich.

Gerade die Artbestimmung der Organismen ist wesentlich vom Kenntnisstand des Bearbeiters abhängig. Aus diesem Grunde nehmen die Experten des IOW regelmäßig an angebotenen Weiterbildungsveranstaltungen (z.B. dem jährlichen Phytoplanktonkurs der HELCOM-Phytoplanktonexpertengruppe) und an Ringversuchen teil. Wir beteiligten uns erfolgreich an dem von der Qualitätssicherungsstelle (Dr. P. SCHILLING, UBA) organisierten Phytoplankton-Ringversuch (November 2007/Januar 2008). Die Auswertung dieses Ringversuchs wurde auf dem PEG-Meeting 2010 vorgestellt (SCHILLING und UHLIG 2010).

Das IOW beteiligt sich regelmäßig an den Chlorophyll-Vergleichen von AQ11 (= Chlorophyll im Meerwasser) im Rahmen von QUASIMEME. Entsprechend des Beschlusses der BLMP-UAG Qualitätssicherung Plankton vom 11.9.2008 wurde nur noch das unkorrigierte „Gesamt“-Chlorophyll-a gemeldet, wobei wir in Runde 59 (Februar 2010) erstmalig das nach der „neuen“ Methode bestimmte Chl.a-tot-NEU verwendeten. Damit lagen wir sehr gut (z-score = 1.1). In Runde 61 (August 2010) lagen unsere z-scores bei 1.3 und 0.6.

Bezüglich der taxonomischen Expertise bestand zu Beginn des Zooplankton-Projektteiles Nachholbedarf. Diese Lücke wurde in einem mehrtägigen Training durch Experten des BSH geschlossen. Im Laufe des Jahres erfolgte eine Nachbestimmung von Proben, verbunden mit der Klärung unbestimmter Exemplare. Das Ergebnis dieser Überprüfung bestätigte stichprobenhaft die Richtigkeit der am IOW durchgeführten Analysen.

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

3. Ergebnisse

3.1 Phytoplankton

Die mikroskopische Methode erlaubt sowohl qualitative (Artenzusammensetzung) als auch quantitative (Biomasse) Aussagen. Beide sind für eine Einschätzung des Gewässerzustandes von Interesse. Die Basisdaten des Phytoplanktons sind im Anhang tabellarisch zusammengefasst.

3.1.1 Artenspektrum

Die Phytoplankton-Artenliste des Jahres 2010 ist in Tabelle A1 (Anhang ab Seite 139) zu finden. Die Arten sind dort alphabetisch sortiert und ihre Klassenzugehörigkeit angegeben. Die Funde des Jahres 2010 sind aufgeschlüsselt nach den einzelnen Fahrten. Diesen Arten wurden nach ihrer mittleren Biomasse, gemittelt über alle Stationen und Fahrten des Jahres 2010, ein Rang zugeordnet. Taucht die gefundene Art auch in den Artenlisten von WASMUND et al. (2010), DREBES & ELBRÄCHTER (1976) und HOPPENRATH (2004) auf, ist das in den letzten drei Spalten mit einem Kreuz vermerkt.

Selbstverständlich sind die häufigen Arten für das Ökosystem von besonderer Bedeutung, z.B. als Nahrungsquelle für höhere trophische Ebenen oder im Falle toxischer Algen für Vergiftungen bei Massenaufreten (z.B. „harmful algal blooms“, „red tides“). Sie werden in Kapitel 3.1.2 vorrangig betrachtet. Diese meist omnipotenten und allgemein verbreiteten Arten sind allerdings oft von geringerem Zeigerwert als seltenere Arten, die z.B. an der Grenze ihres Toleranzbereiches vegetieren.

Die Biomassewerte der seltenen Arten unterliegen leider wegen ihrer großen Streuung einer hohen statistischen Unsicherheit (vgl. Kap. 2.2). Schwer identifizierbare Arten könnten manchmal nicht vollständig erfasst sein und neigen folglich zur Unterbestimmung. Das sei an einem Gedankenexperiment verdeutlicht: Manche Experten zählen zum Beispiel Individuen von *Chrysochromulina* in diese Kategorie, wenn sie die

Merkmale (Geißeln und Haptonema) deutlich erkennen, andere rechnen aufgrund ihrer Erfahrung auch Individuen hinzu, die diese Merkmale nicht mehr eindeutig zeigen. Aber es bleiben in jedem Fall wohl Vertreter dieser Art unerkant, wenn sie z.B. aufgrund der Fixierung alle Körperanhänge abgeworfen haben und völlig deformiert sind. Sie werden dann in die Kategorie der „Unbestimmten“ gezählt, weshalb die eigentliche Art unterbestimmt wird. Oft ist es jedoch möglich, eine unbestimmte Art wenigstens einer Ordnung (z.B. Gymnodiniales, Peridinales, Centrales, Pennales) oder einer Klasse (z.B. Dinophyceae) zuzuordnen. Diese höheren Taxa sind in Tab. A1 nicht erfasst. Die in Tab. A1 gezeigten Taxa müssen mindestens bis zur Gattung bestimmt sein oder einer Gruppe oder einem Komplex zugeordnet sein. Eine Gruppe ist ein Bestimmungsebene, die zwischen Art und Gattung liegt, d.h. hier werden mehrere schwer unterscheidbare Arten zusammengefasst, die aber eindeutig einer Gattung zuzuordnen sind (z.B. *Pseudonitzschia*). Mehrere sehr ähnliche Gattungen kann man zu „Komplexen“ zusammenfassen, z.B. *Diplopsalis*-Komplex, *Scrippsiella*-Komplex.

Traditionsgemäß werden auch heterotrophe Arten (wie z.B. *Protoperidinium* spp., *Ebria tripartita*) bei der Zählung erfasst. Wir haben sie in die Artenlisten (Tab. A1 und A2) einbezogen.

Im Jahre 2010 wurden von uns 144 Taxa gefunden. Das sind 6 mehr als im Jahre 2009 (Tab. A1). Es ist interessant, dass nicht nur Arten hinzugekommen sind, sondern manche auch verschwanden. Insgesamt sind 19 Taxa verschwunden und 25 hinzugekommen (siehe Tab. 5). Wenn die „neuen“ Arten sowohl im Jahr 2009 als auch 2008 nicht gefunden wurden, hat ihr Auftreten höheres Gewicht; deren Namen wurden in Fettschrift dargestellt. Diese Angaben sollte man aus oben genannten Gründen nicht zu hoch bewerten, wenn es sich um seltenere Arten handelt. Diese Daten sind aus statistischer Sicht oft nicht belastbar, da sie nur auf sehr wenigen Proben beruhen.

Bei der Artbestimmung kommt noch eine subjektive Komponente hinzu. So wurde beispielsweise im Jahre 2008 die Kieselalge *Actinocyclus* sicherheitshalber nicht bis zur Art bestimmt, aber im Jahre 2009 war sie häufiger und machte detailliertere Untersuchungen nötig, die zur Identifizierung von *Actinocyclus octonarius* führten. Im Jahre 2010 geben wir sogar noch die Varietät an. Die im Jahre 2008 häufige Kieselalge *Coscinodiscus concinnus* wurde im Jahre 2009 nicht gefunden, es könnten aber durchaus Exemplare unter *Coscinodiscus* sp. erfasst worden sein. Im Jahre 2010 war sie wieder vorhanden. Andererseits wurde *Coscinodiscus wailesii* im Jahre 2008 nicht identifiziert, nahm aber aufgrund ihrer Zellgröße im Jahre 2009 sogar den ersten Rang und im Jahre 2010 den fünften Rang bezüglich der Biomasse ein. Ihr Auftreten schwankt also stark, zeigt aber wohl auch einen Trend an, denn DREBES und ELBRÄCHTER (1976) hatten sie bis zum Jahre 1974 noch nicht nachgewiesen. *Neocalyptrella robusta* belegte im Jahre 2008 noch den 9.Rang, wurde aber im Jahre 2009 und 2010 nicht mehr gefunden.

Unsere dreijährigen Untersuchungen erlauben selbstverständlich keine Trendaussagen. Erst eine langzeitige Weiterführung der Datenreihe in Zusammenschau mit älteren Daten kann Trends aufdecken. Die statistische Auswertung von unterschiedlichen Datenreihen ist problematisch, wenn der Kenntnisstand der Bearbeiter und der Untersuchungsaufwand

unterschiedlich ist. So fanden DREBES und ELBRÄCHTER (1976) 153 Taxa, HOPPENRATH (2004) 210 Taxa und wir in den Jahren 2008 bis 2010 insgesamt 190 Taxa. DREBES und ELBRÄCHTER (1976) und HOPPENRATH (2004) hatten sich dabei ganz auf die Kieselalgen und Dinoflagellaten (einschl. heterotrophe) konzentriert während wir alle gefundenen Algengruppen (einschl. heterotrophe) berücksichtigten.

Die Phytoplankton-Zusammensetzung und Biomasse ist starken saisonalen Schwankungen unterworfen. Aus Tab. A1 ist bereits zu ersehen, dass bestimmte Arten nur zu bestimmten Jahreszeiten auftreten. Interessanter als die bloße Präsenz ist die quantitative Erscheinung, also die Abundanz und die Biomasse. Gerade wenn ein weites Größenspektrum, also von etwa 2-200 µm, im Extremfall sogar bis 2mm abgedeckt wird, ist das Arbeiten mit der Biomasse sinnvoller. Dieser quantitative Aspekt wird im folgenden Kapitel vorgestellt und diskutiert.

Tab. 5

Liste von Taxa, die von 2009 zu 2010 „verschwundenen“ und „hinzugekommenen“ sind. Arten, die sowohl in 2008 als auch 2009 nicht gefunden wurden, sind fett hervorgehoben.

Table 5

List of taxa which „disappeared“ (left column) or „appeared“ (right column) from 2009 to 2010. Species which were absent both in 2008 and 2009 are marked by bold letters.

„Verschwundene Arten“ Von uns in 2009 gefunden, aber nicht in 2010	„Neue Arten“ Von uns in 2010 gefunden, aber nicht in 2009 Fett: auch nicht in 2008 gefunden
<i>Achnanthes</i> sp.	<i>Attheya septentrionalis</i>
<i>Achnanthes taeniata</i>	<i>Chaetoceros affinis</i>
<i>Bellerochea malleus</i>	<i>Chaetoceros contortus</i>
<i>Chaetoceros convolutus</i>	<i>Chaetoceros subtilis</i>
<i>Chaetoceros simplex</i>	<i>Corethron hystix</i>
<i>Corethron criophilum</i>	<i>Coscinodiscus concinnus</i>
<i>Coscinodiscus granii</i>	<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>
<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Dissodinium pseudolunula</i>
<i>Detonula confervacea</i>	<i>Emiliania huxleyi</i>
<i>Eutreptia</i> sp.	<i>Fragilaria islandica</i>
<i>Gonyaulax spinifera</i>	<i>Fragilaria oblonga</i>
<i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Lennoxia faveolata</i>
<i>Gyrodinium calyptroglyphe</i>	<i>Meringosphaera mediterranea</i>
<i>Katodinium glaucum</i>	<i>Mesoporus perforatus</i>
<i>Lithodesmium undulatum</i>	<i>Nematodinium armatum</i>
<i>Protoperidinium claudicans</i>	<i>Nitzschia frigida</i>
<i>Protoperidinium conicum</i>	<i>Odontella regia</i>
<i>Rhodomonas</i> cf. <i>baltica</i>	<i>Oxytoxum gracile</i>
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>
	<i>Plagiogrammopsis vanheurckii</i>
	<i>Protoperidinium latidorsale</i>
	<i>Pseudopedinella</i> sp.
	<i>Rhizosolenia antennata</i> f. <i>antennata</i>
	<i>Sclerodinium calyptroglyphe</i>
	<i>Thalassiosira angulata</i>
19 Taxa	25 Taxa

3.1.2 Biomasse

Die Biomasse des Phytoplanktons wird pro Station und Fahrt in Tab. A2 zusammengestellt. Unter der Biomasseangabe sind jeweils die 10 wichtigsten Phytoplankton-Taxa pro Station und Fahrt aufgelistet, zusammen mit Angaben zu ihren prozentualen Anteilen an der Phytoplankton-Biomasse. Organismen, der Kategorie „Unbestimmte“ wurden in der Liste der 10 wichtigsten Taxa nicht genannt, wenn sie weniger als 10 % der Phytoplankton-Biomasse ausmachten. Dadurch konnten gut bestimmbare Arten in diesen Listen aufrücken.

Die 5 Proben pro Jahr und Station erlauben keine Darstellung von Jahresgängen. Aussagen zu Phytoplanktonblüten sind nicht möglich, da bei der geringen Intensität der Beprobung die Wahrscheinlichkeit groß ist, dass kurzzeitige Massenvermehrungen des Phytoplanktons übersehen werden oder die Spitze der Blütenentwicklung nicht erfasst wird. Die Problematik des Erfassens von Phytoplanktonblüten sowie Möglichkeiten zur zukünftigen Verbesserung der Datenserien wurden von WASMUND et al. (2008) diskutiert. Eine grobe jahreszeitliche Abhängigkeit der Verteilung kann aus den Tab. A1 und A2 entnommen werden. Während wir aufgrund der Datenlage keine jahreszeitlichen Abhängigkeiten diskutieren können, erlauben die 12 Untersuchungsstationen aber eine Untersuchung der räumlichen Verbreitung.

Wie im vorjährigen Bericht haben wir in Abb. 2 und 3 die Verbreitung ausgewählter Arten dargestellt, wobei jene Jahreszeiten ausgewählt wurden, in denen diese Arten ihre stärkste Präsenz hatten. Wir hätten gern die gleichen belästigenden oder potenziell toxischen Arten wie im Vorjahr gezeigt, stellten aber fest, dass es Verschiebungen in der Bedeutung gab. Wir gehen in der Reihenfolge der Bedeutung der einzelnen Taxa (Rang siehe Tab. A1) vor. Es muß an dieser Stelle betont werden, dass wir die Biomasse als Kriterium nehmen, wodurch sich die großzelligen Arten besonders hervorheben, obwohl deren Abundanz manchmal relativ gering ist.

Die Kieselalge *Rhizosolenia imbricata* (Abb. 2a) belegte im Jahre 2010 den 1. Rang, im Jahre 2009 den 5. Rang und im Jahre 2008 den 4. Rang. Ihre Verbreitung im März 2008 wurde bereits in dem Bericht von WASMUND et al. (2009) dargestellt (damals noch Abundanzen) und es stellte sich damals ein Verbreitungsschwerpunkt um die Stationen NSB₃ und NGW₈ heraus. An den selben Stellen war die Art auch im August/September 2010 stark vertreten, allerdings noch stärker an den küstennahen Stationen ES₁ und SYLT₁.

Den zweiten Rang bezüglich der Biomasse nahm der heterotrophe Dinoflagellat *Noctiluca scintillans* ein, hauptsächlich wegen seiner riesigen Zellgröße aufgrund einer großen Gallerte. Diese hohe Biomasse täuscht darüber hinweg, dass die Art nur zweimal gefunden wurde: Stat. ES₁ am 25.5.2010 und SYLT₁ am 3.11.2010. Davon eine „Verbreitungskarte“ zu zeichnen wäre nicht gerechtfertigt.

Das gilt auch für *Mediopyxis helysia*. Biomassen $> 10 \mu\text{g/L}$ wurden nur an den Stationen AMRU₂, HELGO und SYLT₁ gefunden, wobei das Maximum jeweils im Mai lag. Diese

Kieselalge lag im Jahre 2009 nur auf Rang 40 und wurde im Jahre 2008 gar nicht nachgewiesen. Ihr Auftreten hat sich also verstärkt.

Die Art *Odontella sinensis* liegt auf Rang 4. Sie war schon in den Jahren 2008 und 2009 bedeutend und ihre Verbreitung wurde schon für das Jahr 2009 (September) grafisch dargestellt. Sie trat damals sowohl küstennah als auch küstenfern auf, mit einer „Lücke“ im Bereich der Stationen URST₃ und NSB₃. Gerade diese „Lücke“ wurde im November 2010 gefüllt (Abb. 2b). *Odontella sinensis* ist insbesondere im Winterhalbjahr über die gesamte Nordsee verteilt. Die Abundanzen sind relativ gering, aber durch die große Zellgröße wird die Biomasse erheblich.

Die extrem großzellige Kieselalge *Coscinodiscus wailesii* belegte im Jahre 2009 den Biomasse-Rang 1 und im Jahre 2010 den Rang 5. Sie bildete im März 2009 an Station NSGR₂ eine Blüte und machte dort 94 % der Biomasse aus. Auch im März 2010 kam sie im Bereich der Stationen NSGR₂ und SWWBA in hohen Biomassen vor; daneben nur noch auf SYLT₁. Für diese drei Stationen lohnte sich eine grafische Darstellung nicht.

Eucampia zodiacus (Rang 6, Abb. 2c) war im August/September 2010 auf den küstenferneren Stationen nicht vertreten. Demgegenüber kam *Guinardia flaccida* (Rang 7, Abb. 2d) im März 2010 nur küstenfern (Schwerpunkt im „Entenschnabel“) vor. *Thalassiosira pacifica* (Abb. 2e) wurde dagegen in März 2010 nur küstennah gefunden. Diese Art wurde von DREBES und ELBRÄCHTER (1976), HOPPENRATH (2004) sowie von WASMUND et al. (2009) nicht gefunden. Sie trat bei uns erstmals im Jahre 2009, und zwar mit Rang 85, auf und scheint zuzunehmen.

Rhizosolenia styliformis belegte im Jahre 2008 den Rang 2 und im Jahre 2009 den Rang 4. Im Jahre 2010 kam es auf Rang 10 und war im November 2010 hauptsächlich küstenfern anzutreffen (Abb. 2f). Untersuchungen mit dem kontinuierlichen Planktonrecorder im Jahre 1959 wiesen die Art in der westlichen und zentralen Nordsee, aber noch nicht in der deutschen Bucht nach (ROBINSON & WALLER, 1966).

Die im Jahre 2008 (Rang 5) bedeutende fadenbildende Kieselalge *Leptocylindrus danicus* belegte im Jahre 2010 zwar nur den Rang 15; wir wollen die Verbreitung in Abb. 3a aber trotzdem darstellen. Diese Art hatte ihren Verbreitungsschwerpunkt im August/September 2010 im Zentrum der AWZ. Im Mai 2008 hatte sie ihr Maximum an der Station ES₁ mit 1,1 Mill. Zellen/L.

Der potenziell toxische Flagellat *Chrysochromulina* spp. kommt in hohen Abundanzen vor. Er erreicht wegen seiner geringen Zellgröße aber nur den Biomasse-Rang 23, lag im Jahre 2009 auf Rang 9 und im Jahre 2008 auf Rang 27. Er kommt bevorzugt küstenfern vor, wurde aber auch in den Vorjahren im „Entenschnabel“ gar nicht gefunden (Abb. 3b). Die Art *Chrysochromulina polylepis* wurde „berühmt“ wegen einer starken toxischen Blüte in der nördlichen Nordsee im Mai-Juni 1988 (NIELSEN & RICHARDSON, 1989).

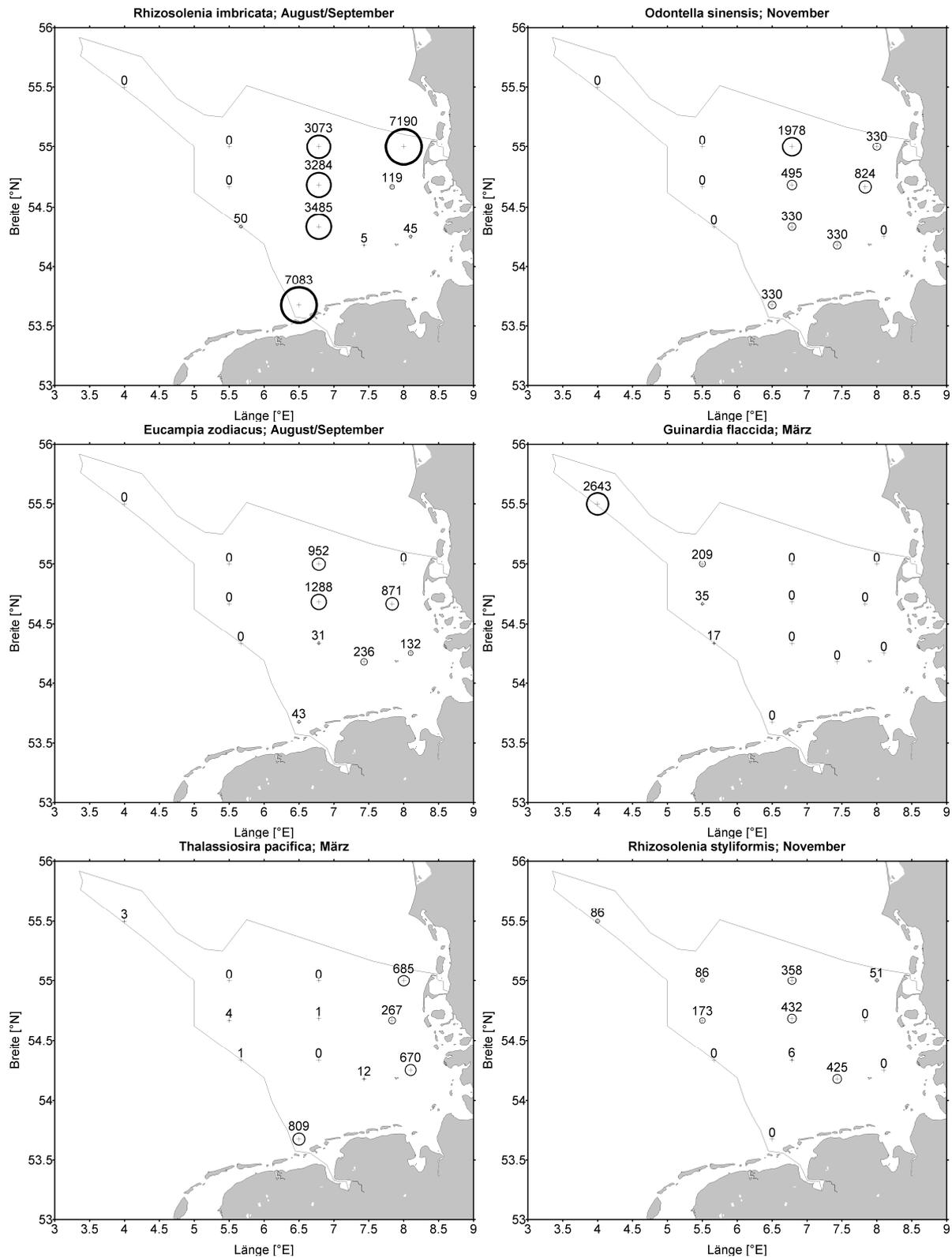


Abb. 2: Räumliche Verteilung der Biomasse ($\mu\text{g/l}$) wichtiger Arten zum Zeitpunkt ihres stärksten Vorkommens.

Fig. 2: Regional pattern of important species during their strongest appearance. The numbers are biomass (wet weight) in $\mu\text{g/l}$.

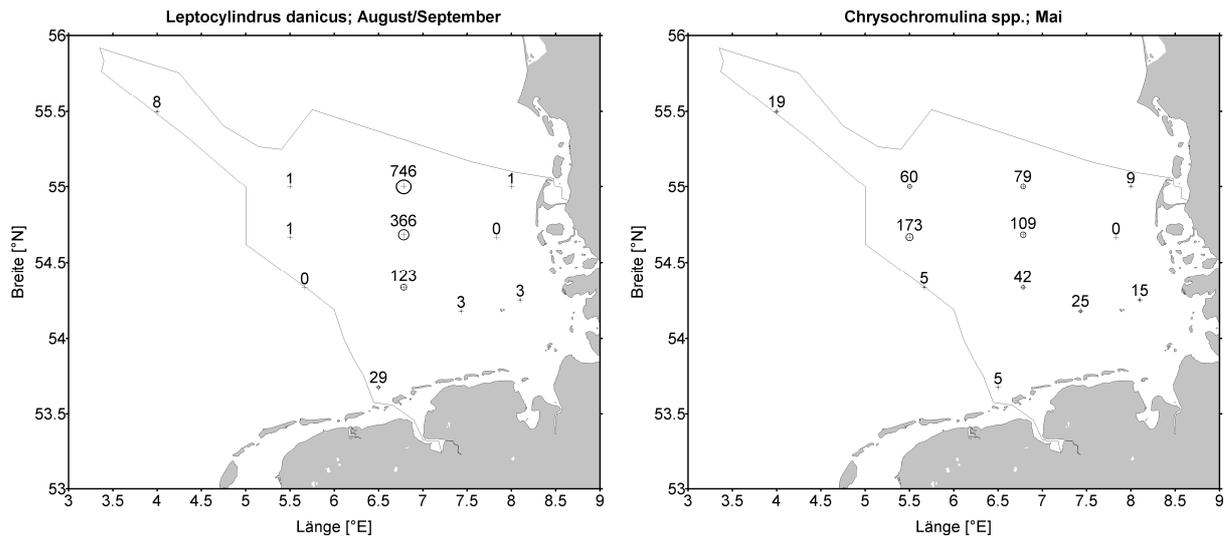


Abb. 3: Räumliche Verteilung der Biomasse ($\mu\text{g/l}$) wichtiger Arten zum Zeitpunkt ihres stärksten Vorkommens.

Fig. 3: Regional pattern of important species during their strongest appearance. The numbers are biomass (wet weight) in $\mu\text{g/l}$.

Die lästige Blüten bildende Gattung *Phaeocystis* trat während der März-Fahrt des Jahres 2008 in hohen Konzentrationen vor Borkum auf und nahm damals von ihrer Biomasse her den 11. Rang ein. Im Jahre 2009 (Rang 52) und 2010 (Rang 54) war sie wesentlich schwächer vorhanden und rechtfertigt daher eine herausgehobene Stellung nicht mehr. Allerdings können Blüte mit unserer sporadischen Probennahme leicht verfehlt werden. *Phaeocystis*-Blüten sollen sich im Frühjahr in flachen Gewässern entwickeln sobald das Licht bis auf den Gewässergrund vordringt (JOINT & POMROY, 1993). Seit 1973 sollen *Phaeocystis*-Blüten zugenommen haben (CADEE, 1989; RAHMEI et al. 1995). Sie sind in der südlichen Nordsee von besonderer Bedeutung (LANCELOT et al., 1991).

Die potenziell toxischen Gattungen *Prorocentrum* und *Pseudo-nitzschia* waren im Jahre 2010 nur schwach vertreten (vgl. Tab. A1). Ihre Verbreitung wurde im letztjährigen Bericht ausführlicher diskutiert.

Von den Arten *Dictyocha speculum* und *Lauderia annulata*, die von 2008 bis 2009 deutlich zugenommen hatten, fiel *Dictyocha speculum* wieder auf einen unbedeutenden Rang zurück, während *Lauderia annulata* weiter anstieg (auf Rang 13). Diese Art wird aber noch nicht extra dargestellt. Im Rückgang begriffen war die Kieselalge *Guinardia delicatula*. Sie nahm im Jahre 2009 Rang 8 ein, im Jahre 2010 nur noch Rang 25, während *Guinardia striata* von Rang 59 auf Rang 14 anstieg. *Mesodinium rubrum* ist von Rang 14 (in 2008) über Rang 28 (in 2009) auf Rang 37 (2010) rückgefallen.

Die in der westlichen Ostsee blütenbildende Gattung *Ceratium* wurde auf unseren Nordseefahrten nur in geringen Biomassen gefunden (vgl. Tab. A1). EDWARDS et al. (2006) stellen *Ceratium furca* als eine wichtige blütenbildende Art („harmful algae bloom“) der Nordsee heraus, die an der norwegischen Küste zunimmt, an den Küsten der südlichen Nordsee aber abnimmt. Die potenziell toxische Gattung *Dinophysis* soll ihren

Verbreitungsschwerpunkt von der westlichen in die östliche Nordsee verschoben haben. Wir fanden diese Gattung aber immer nur in geringen Biomassen.

3.2 Chlorophyll

Ein grober Jahresgang der Chlorophyll *a*-Konzentration ist der Tab. 6 zu entnehmen. Gleichzeitig werden die Ergebnisse des Methodenvergleichs gezeigt, der in Kapitel 2.3 ausführlich beschrieben wurde. Die Daten beider Methoden, gemittelt über alle Werte, weichen kaum voneinander ab, wie aus der letzten Zeile hervorgeht.

Tab. 6

Mittlere Konzentrationen von „aktivem Chlorophyll *a*“ (Chl.a-kor), Phaeopigment *a* und „Gesamt-Chlorophyll *a*“ nach der „neuen“ Methode (Chl.a-tot-NEU), von 0 bis 10 m Tiefe.

Table 6

Mean concentrations of “active chlorophyll *a*” (Chl.a-kor), phaeopigment *a* and “total chlorophyll *a*” measured by the “new” method (Chl.a-tot-NEU) in the upper 10 m.

Stat.	Datum	Chl.a-kor (mg m ⁻³)	Phaeo a (mg m ⁻³)	Chl.a-tot-NEU (mg m ⁻³)	Stat.	Datum	Chl.a-kor (mg m ⁻³)	Phaeo a (mg m ⁻³)	Chl.a-tot-NEU (mg m ⁻³)
AMRU2	23/01/10	0.38	0.49	0.44	NSB3	23/01/10	0.40	0.34	0.47
AMRU2	22/03/10	5.04	0.77	4.75	NSB3	20/03/10	0.69	0.28	0.72
AMRU2	20/05/10	5.56	2.98	5.57	NSB3	21/05/10	1.07	0.27	1.05
AMRU2	01/09/10	5.21	1.23	5.07	NSB3	31/08/10	5.05	0.96	4.85
AMRU2	03/11/10	1.58	2.41	1.99	NSB3	06/11/10	1.95	0.46	1.94
DTEND	25/01/10	0.37	0.29	0.39	NSGR2	26/01/10	0.40	0.17	0.41
DTEND	17/03/10	2.68	1.84	2.74	NSGR2	18/03/10	3.13	0.73	3.06
DTEND	23/05/10	0.54	0.16	0.55	NSGR2	24/05/10	0.88	0.14	0.85
DTEND	26/08/10	0.93	0.25	0.94	NSGR2	28/08/10	0.91	0.28	0.94
DTEND	04/11/10	1.20	0.71	1.31	NSGR2	06/11/10	1.31	0.31	1.32
ES1	27/01/10	0.74	0.58	0.80	SWWBA	26/01/10	0.43	0.14	0.43
ES1	20/03/10	6.58	2.03	6.37	SWWBA	18/03/10	1.24	0.43	1.26
ES1	25/05/10	2.96	1.25	2.98	SWWBA	24/05/10	0.69	0.24	0.72
ES1	30/08/10	7.99	3.18	8.03	SWWBA	27/08/10	1.74	0.45	1.77
ES1	08/11/10	2.89	1.40	3.03	SWWBA	07/11/10	1.09	0.41	1.13
HELGO	22/01/10	0.38	0.51	0.47	SYLT1	23/01/10	0.28	0.36	0.31
HELGO	21/03/10	5.86	1.44	5.72	SYLT1	22/03/10	7.79	1.13	7.33
HELGO	19/05/10	6.78	3.05	6.83	SYLT1	20/05/10	3.61	1.22	3.53
HELGO	03/09/10	3.42	1.53	3.47	SYLT1	01/09/10	6.68	1.02	6.57
HELGO	02/11/10	1.61	0.91	1.74	SYLT1	03/11/10	1.72	2.50	2.09
NEFB	26/01/10	0.68	0.28	0.71	UFSDB	22/01/10	0.61	0.31	0.63
NEFB	18/03/10	0.63	0.34	0.68	UFSDB	16/03/10	1.11	0.25	1.10
NEFB	25/05/10	0.93	0.31	0.94	UFSDB	26/05/10	1.04	0.32	1.02
NEFB	27/08/10	1.01	0.40	1.06	UFSDB	02/09/10	5.24	4.31	6.55
NEFB	07/11/10	0.90	0.36	0.95	UFSDB	02/11/10	1.83	0.46	1.83
NGW8	23/01/10	0.50	0.32	0.52	URST3	23/01/10	0.33	0.26	0.35
NGW8	16/03/10	0.72	0.28	0.75	URST3	19/03/10	0.74	0.17	0.71
NGW8	21/05/10	0.54	0.20	0.56	URST3	21/05/10	1.27	0.38	1.30
NGW8	30/08/10	3.92	1.21	3.97	URST3	31/08/10	5.33	1.61	5.36
NGW8	06/11/10	1.30	0.61	1.38	URST3	05/11/10	3.08	0.71	3.06
					Mittelwert 2010:		2.26	0.87	2.29

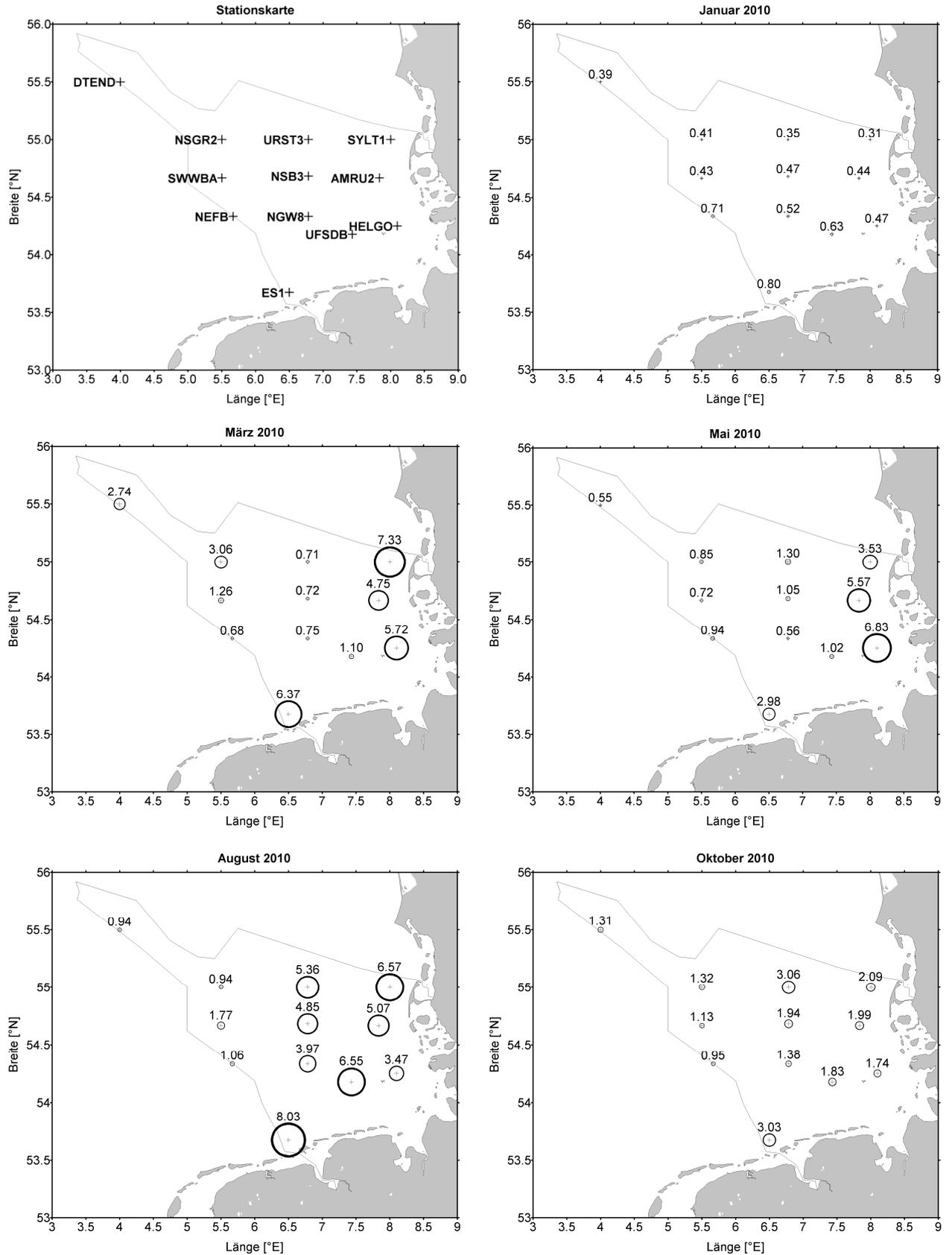


Abb. 4: Regionale Verteilung der Chlorophyll a-Konzentration (mg m^{-3}) auf den Meßfahrten.

Fig. 4: Regional distribution pattern of chlorophyll a concentration (mg m^{-3}) at the cruises.

Wie schon oben ausführlich erläutert, werden wir nur noch mit den Werten „Chl.a-tot-NEU“ arbeiten. Diese sind in Abb. 4 dargestellt sind, jeweils als Mittelwerte aus den oberen 10 m der Wassersäule. Aus Abb. 4 geht sowohl die saisonale als auch die regionale Verteilung des Chlorophyll a in der deutschen AWZ hervor. Es wird deutlich, dass die höchsten Konzentrationen vor der Küste anzutreffen sind. Die höchsten Werte treten im allgemeinen im Frühjahr und Sommer auf. Obwohl es problematisch ist, aus 2 Frühjahrs-Beprobungen (März und Mai) zu verallgemeinern, scheint ein küstennahes Chlorophyll a-Maximum üblich zu sein, denn es wurde im allgemeinen auch in den vorigen Untersuchungsjahren gefunden. Im August 2010 zeigten auch die Stationen in der Mitte der AWZ relativ hohe Chlorophyll a-Konzentrationen. Bereits JOINT und POMROY (1993) berichteten über hohe Chlorophyll-Werte in der östlichen Nordsee (Deutsche Bucht) im Vergleich zur übrigen Nordsee.

3.3 Mesozooplankton

3.3.1 Rückblick und Zielstellung

Die Auswertungen in den letzten beiden Berichtsjahren zeigten, dass die Ergebnisse auf der Station nahe Helgoland dem dortigen, langjährigen Mittel entsprachen. Das ergaben die Vergleiche der saisonalen, sukzessiven Abfolge verschiedener Copepoden, mit den Maxima für Calaniden im Juni, für Cyclopoida im August und Harpacticoida im Spätherbst sowie die Höhe ihrer maximalen Abundanzen.

Des Weiteren konnten Vergleiche zu den Verhältnissen in der Ostsee gezogen werden. Beide Seegebiete wurden vom IOW Zooplankton-Labor untersucht. So waren von den calanoiden Copepoden, wie in der Ostsee, die *Acartia*-Arten numerisch am meisten präsent. Die Konzentration allerdings lag um ein Drittel unter den Ostseeverhältnissen. Ferner wurden mehr als einhundert Taxa identifiziert. Das wiederum überstieg die Verhältnisse in der Ostsee um das Dreifache. Die größte Vielfalt wies die Fraktion der Crustacea auf. Ihr Anteil lag über 50 Prozent. Räumlich gesehen, veränderte sich im August die Anzahl der Arten in der für Ästuarien typische Weise von der inneren Deutschen Bucht in Richtung zentrale Nordsee. Das Arten-Minimum lag 2008 seewärts von Helgoland. Im Mittel nahm 2009 die Anzahl der Taxa mit dem Abstand zur Küste zu. Im Verlauf eines Jahres stiegen die Werte, dank der jahreszeitlich bedingten Entwicklung des Planktons, ab Mai deutlich an. Dieser Effekt ist in der Ostsee regelmäßig zu beobachten und beruht auf der Reproduktion von benthischen Organismen, die ihre planktischen Larven bilden.

GREVE et al. (2004) berechneten den mittlerem Wassertransport mit dem sogenannten DRIFT – Model für den Zeitraum 1975 bis 2003 und fanden, dass das um Helgoland vorkommende Plankton meistens aus Gebieten stammt, die den Nordfriesischen Inseln vorgelagert sind. Wasser im Bereich der Ostfriesischen Inseln stammt eher aus dem holländischen Küstenvorfeld. Das erklärte die Verteilung der Eigenschaften in den letzten Jahren. Niedriger Salzgehalt und höhere Chlorophyll-Konzentrationen vor Schleswig-Holstein waren dem Elbezustrom zu verdanken, während lusitanische Zooplanktonarten,

wie *Penilia avirostris* vor den Ostfriesischen Inseln auftraten. Das impliziert einen gegen den Uhrzeigersinn gerichteten mittleren Strom.

Nun soll am Beispiel des Jahres 2010 speziell der der Frage nachgegangen werden, ob sich diese mittleren Strömungsmuster auf die Bildung von Planktongemeinschaften auswirken. Dazu wurden die räumliche Verteilung von Biodiversitäts-Indizes ermittelt sowie multivariate Verfahren, wie Ähnlichkeits- und Clusteranalyse sowie multidimensionale Skalierung angewandt. Grundlage für beide Ansätze bildete eine Datenmatrix aus allen auf den jeweiligen Stationen innerhalb des Jahres zu verzeichnenden Taxa und Entwicklungsstadien sowie deren Abundanzen. Als Biodiversitäts-Indizes wurden Margalefs Artenvielfalts- (species richness) Index, ein normiertes Maß für die Anzahl der Arten sowie Pielou's Artenverteilungs (evenness)- Index benutzt. Letzterer ist eine Art normierte Version des Shannon und Weaver Diversitäts-Index, der wiederum in reziproker Weise die Dominanz-Verhältnisse wiedergibt (CLARKE & WARWICK, 1994). Pielou's Artenverteilungs (evenness)-Index beschreibt die Gleichheit bzw. Ungleichheit in einem Habitat. Somit lässt das Ergebnis eine faunistische Zonierung erwarten.

3.3.2 Ergebnisse

Im Jahre 2010 wurden insgesamt 157 Taxa unterschieden (Tab. 7), wobei die Arthropoda mit 80 Taxa die häufigste Gruppe bildete, gefolgt von den Cnidaria mit 27 Taxa, den Polychaeta mit 15 und den Echinodermata-Larven mit 9 Taxa. Tabelle A3 im Anhang enthält die detaillierte Aufschlüsselung.

Die Gesamtsumme überstieg die des Vorjahres um 14 Taxa, in die von 2008 um 40 Taxa. Das ist vornehmlich ein Ergebnis zunehmender Artenkenntnis der Bearbeiterin speziell im Bereich der Cnidarier und meroplanktischen Crustaceen. Das spricht für eine dringend erforderliche Personalkonstanz bei längerfristig angelegten Monitoring-Programmen.

Die räumliche Verteilung der Taxa gemäß dem Margalef Artenvielfalts- (species richness) Index zeigte ein für Ästuarien typisches Muster (Abb. 5). Die Werte stiegen mit zunehmender Entfernung von der der Elbemündung am nächsten gelegenen Station bei Helgoland (HELGO) in Richtung zentrale Nordsee (Stationen NSGR2) an. Diese Erfahrung wurde bereits im ersten Berichtsjahr, 2008, gemacht (WASMUND et al., 2009). Das Ergebnis wurde durch die sich damals verändernde Copepoden-Zusammensetzung unterstützt, wonach sich mit zunehmender Entfernung zur Küste (Station HELGO zu Station DTEND) der Anteil an marinen Gattungen (*Oithona* und *Para-* bzw. *Pseudocalanus*) von 20% auf >80% steigerte.

Die geringere Vielfalt war in der gesamten Region vor den Nordfriesischen Inseln (Stationen HELGO, AMRU2 und SYLT1) zu beobachten. Das befindet sich in Übereinstimmung mit dem großräumigen Wassertransport vor der Küste in Richtung Jütland. Im Jahre 2008 war diese Zone von einer „Mündungsfahne“ mit niedrigerem Salzgehalt und höheren Chlorophyll-Werten gekennzeichnet (WASMUND et al., 2009).

Tab. 7

Anzahl der 2010 gefundenen Taxa in den aufgeführten taxonomischen Kategorien.

Table 7

Compilation of the amount of taxa found in 2010 within the mentioned taxonomic categories.

Taxonomische Gruppe			
Cnidaria	27	Scyphozoa	2
		Anthozoa	1
		Hydrozoa	24
		Hydroidolina	22
		Trachylina	2
Ctenophora	3		
Polychaeta	15		
Oligochaeta	1		
Arthropoda	80		
		Amphipoda	5
		Arachnida (Acari)	1
		Calanoide Copepoden	20
		Cumacea	3
		Cyclopoida	3
		Decapoda unbest.	22
		Diplostraca (Cladocera)	6
		Euphausiacea	1
		Harpacticoida	8
		Isopoda	1
		Kentrogonida	1
		Lophogastrida	1
		Metridinidae	1
		Ostracoda	2
		Siphonostomatoida	1
		Copepoda unbest.	1
		Crustacea unbest.	1
		Thecostraca	1
		Cirripedia	1
		Rhizocephala	1
Chaetognatha	3		
Appendicularia	2		
Thaliacea	1		
Echinodermata	9		
Gymnolaemata	1		
Enteropneusta	1		
Branchiostoma	1		
Bivalvia	1		
Cephalopoda	1		
Gastropoda	2		
Nemata	1		
Nemertea	1		
Phoronida	1		
Platyhelminthes	2		
Noctiluca scintillans	1		
Teleostei Larven	3		
Summe	157		

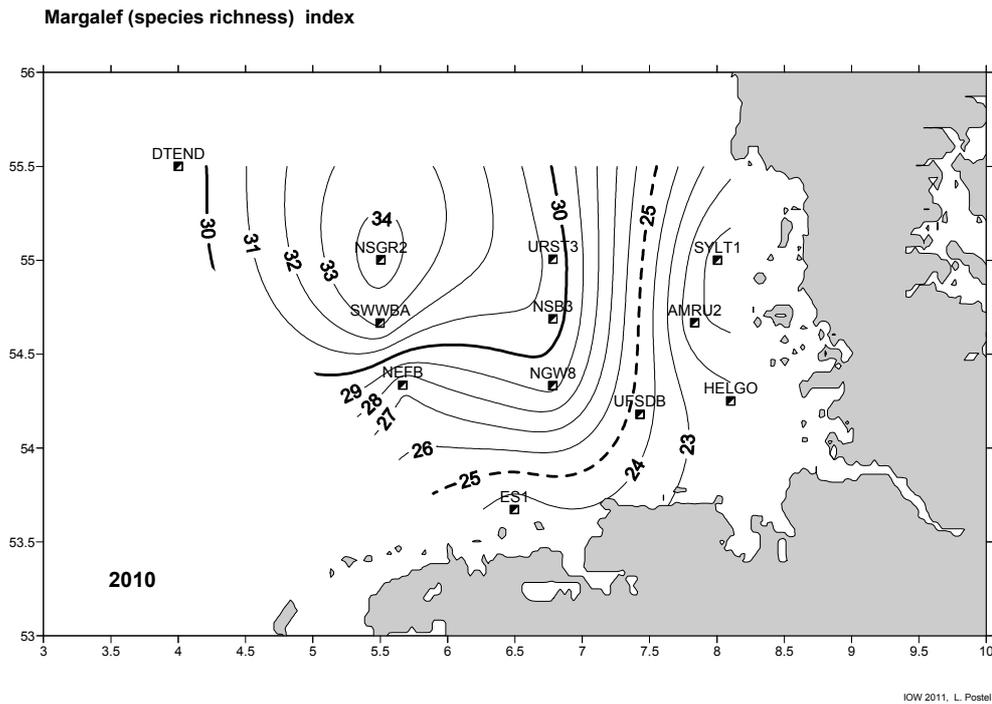


Abb. 5: Räumliche Muster des Margalefs Artenvielfalts-Index auf der Basis der Mesozooplankton Taxa und deren Entwicklungsstadien in der Nordsee im Jahre 2010.

Fig. 5: Spatial distribution of Margalef's species richness index basing on zooplankton taxa and their developmental stages in the North Sea in 2010.

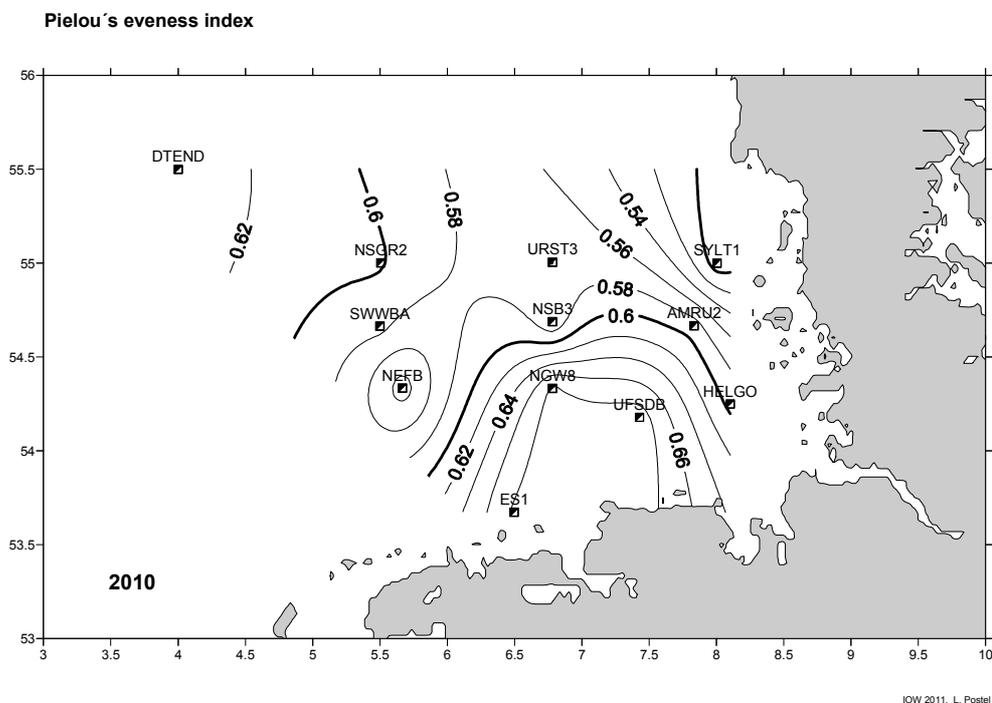


Abb. 6: Räumliche Muster des Pielou-Artenverteilungs (evenness)-Index auf der Basis der Abundanzen aller Taxa und deren Entwicklungsstadien im Jahre 2010.

Fig. 6: Spatial distribution of Pielou's evenness index basing on zooplankton taxa and their developmental stages in the North Sea in 2010.

Im Pielous evenness Index wird wie im Fall anderer Diversitätsindizes neben der Anzahl der Taxa auch deren Abundanz-Verteilung zwischen den Stationen (Proben) berücksichtigt. Hohe Anzahl von Taxa und gleichverteilte Abundanzen führen zu höheren Indexzahlen, die im Fall von Pielous Index zwischen Null und Eins schwanken (Abb. 6). Auch hier fanden wir niedrigere Diversitätszahlen vor den Nordfriesischen Inseln. Allerdings kommt in den Zahlen vor den Ostfriesischen Inseln der Einfluss vom Ärmelkanal deutlicher zum Ausdruck als im Fall des Margalef-Artenvielfalts-Index. Das ist ein Ausdruck für eine diverse Artengemeinschaft, deren sukzessive Vorstufen ihren Ursprung südwestlich der Ostfriesischen Inseln haben müssen. Diese Verteilung befindet sich in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Vorjahre (WASMUND et al., 2009, 2010) und mit der großräumigen Zirkulation in der Nordsee (SVENDSEN et al., 1994).

Mit Hilfe der Ähnlichkeits- und Clusteranalyse sowie der Multidimensionalen Skalierung wurde nun untersucht, ob sich typische Muster einer faunistischen Zonierung im Untersuchungs-gebiet ableiten lassen. Grundlage für die Berechnung ist der auch für die Ermittlung der Diversitäts-Indizes benutzte Datensatz.

Die Berechnungen führten auf dem 25% Ähnlichkeitsniveau zu zwei Clustergruppen (Abb. 7 und 8). Cluster I beinhaltet die Stationen der inneren und äußeren Helgoländer Bucht und Cluster II die übrigen zwischen Borkum (ES₁) und der Doggerbank (Abb. 9). Auf dem 50% - Niveau bildeten sich fünf Gruppen heraus, die vor Helgoland und den Nordfriesischen Inseln (HELGO, AMRU₂, SYLT₁), die im Bereich der äußeren Helgoländer Bucht (NGW₈, NSB₃, URST₃) sowie drei Stationen in Richtung Doggerbank, wobei die Distanz zwischen Station DTEND auf der einen und SWWBA/NSGR₂ auf der anderen größer ist, als zwischen den beiden Stationen SWWBA und NSGR₂ (Abb. 7 bis 9).

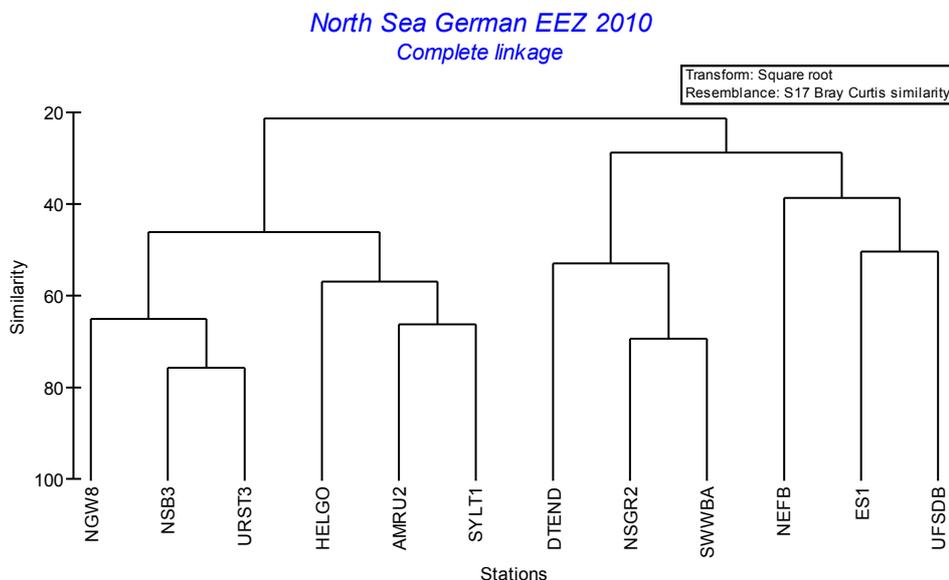


Abb. 7: Ergebnisse der Clusteranalyse der Mesozooplankton-Gemeinschaften auf der Basis der Abundanzen aller Taxa und deren Entwicklungsstadien in der deutschen AWZ im Jahre 2010.

Fig. 7: Results of the cluster analysis of mesozooplankton communities basing on abundance of all zooplankton taxa and their developmental stages within the German Exclusive Economic Zone of the North Sea in 2010.

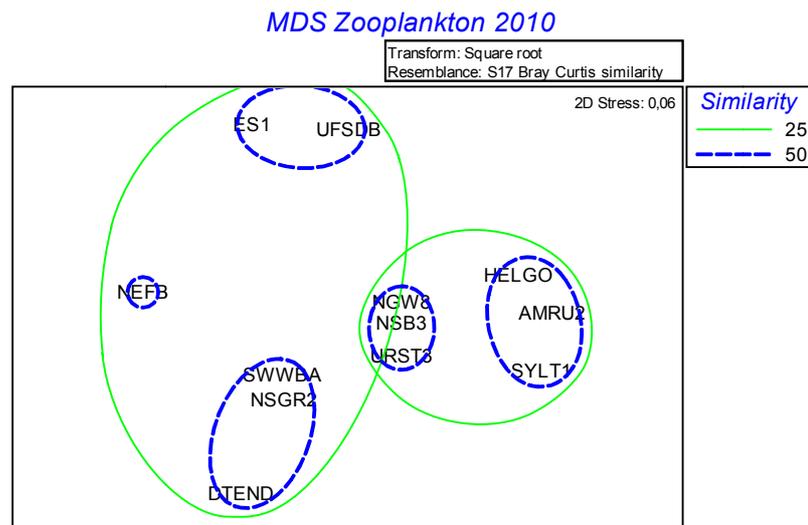


Abb. 8: Ergebnisse der Multidimensionalen Skalierung der Mesozooplankton-Gemeinschaften auf der Basis der Abundanzen aller Taxa und deren Entwicklungsstadien in der deutschen EWZ im Jahre 2010.

Fig. 8: Results of multidimensional scaling (MSD) of mesozooplankton communities basing on abundance of all zooplankton taxa and their developmental stages within the German Exclusive Economic Zone of the North Sea in 2010.

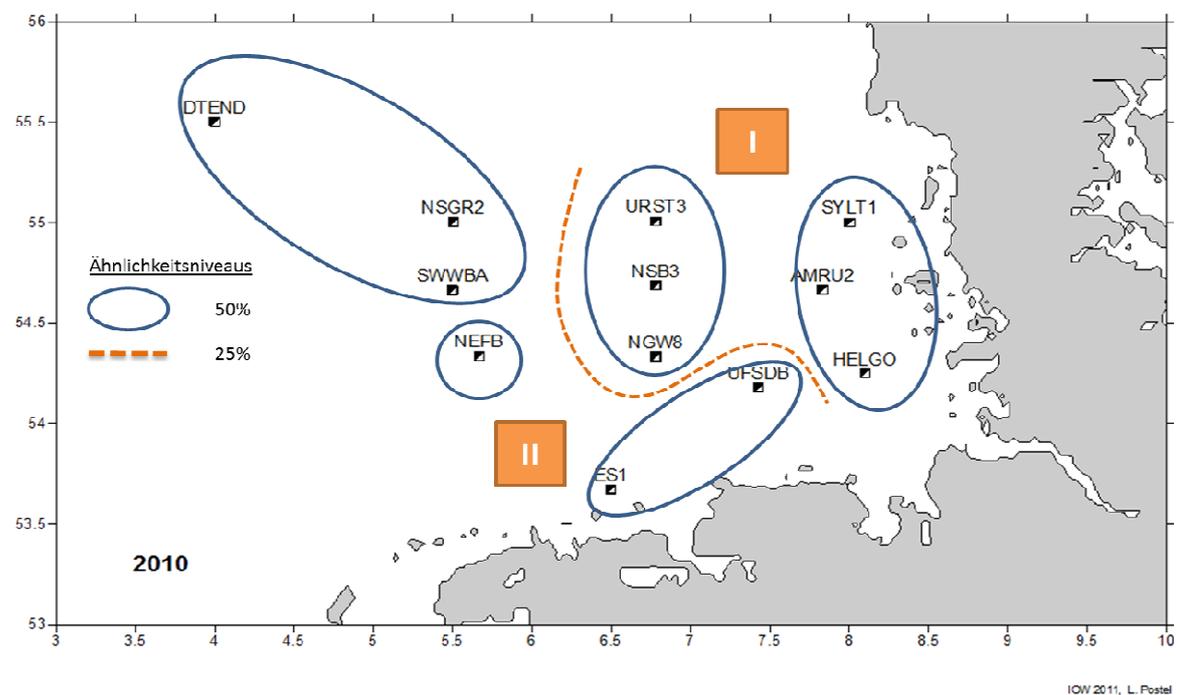


Abb. 9: Räumliche Verteilung der der Mesozooplankton-Gemeinschaften laut Clusteranalyse auf der Basis der Abundanzen aller Taxa und deren Entwicklungsstadien in der deutschen EWZ im Jahre 2010.

Fig. 9: Spatial distribution of mesozooplankton communities according to cluster analysis basing on abundance of all zooplankton taxa and their developmental stages within the German Exclusive Economic Zone of the North Sea in 2010.

Im Cluster I (25% Ähnlichkeits-Niveau) überwogen bei den zehn wichtigsten Taxa und Entwicklungsstadien diejenigen, die häufig im Mai die höchsten Konzentrationen erzielten. Im Cluster II fanden sich jene, deren Maximalwerte später im Jahr erreicht werden. In beiden Clustern entsprachen sich die Copepoden und meroplanktische Larven prozentual (65% bzw. 12/13%). *Fritillaria*, die Appendikularien, die aus der Ostsee für ihre große Salzgehaltstoleranz bekannt sind, und Cladoceren überwogen in der Helgoländer Bucht und vor Sylt/Amrum im Cluster I (12 gegenüber 5%, bzw. 10 gegenüber 7%), während *Noctiluca* und Chaetognaten mit marinen Charakteristika nur im Cluster II auftraten.

Die taxonomischen Unterschiede in den auf dem 50% Ähnlichkeitsniveau gebildeten fünf voneinander getrennten Regionen sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Die Prozentzahlen beruhen auf Abundanzen unter den zehn jeweils am häufigsten pro Jahr vorkommenden Gruppen.

Tab. 8

Relative Zusammensetzung der Zooplanktongemeinschaften innerhalb der fünf definierten Cluster anhand von jeweils zehn am häufigsten pro Jahr vorkommenden Gruppen sowie die mittleren Zeitpunkte ihres Erscheinens innerhalb der deutschen Wirtschaftszone der Nordsee im Jahre 2010.

Table 8

Relative composition of zooplankton communities within the five defined cluster basing on abundance of the ten top zooplankton taxa and their developmental stages and their average appearance within the German Exclusive Economic Zone of the North Sea in 2010.

	HELGO, SYLT1, AMRU2	NGW8, NSB3, URST3	ES1, UFSDB	NEFB	SWWBA, NSGR2, DTEND
Appendicularia	13	10	5		7
Copepoda	53	80	70	60	63
Cladocera	10	10	10		7
Alaurina	3				
Meropl.L	21	3	5	20	17
Noctiluca			10	10	7
Chaetognatha				10	
Mittl. Auftreten der zehn dominierenden Gruppen/Monat	4,9	5,1	6,8	8,6	6,4

Im Ergebnis fällt der höhere Anteil an meroplanktischen Larven im Bereich um Helgoland/Sylt/ Amrum auf sowie auf der nordwestlich der Ostfriesischen Inseln gelegenen Station NEFB auf. Dieser Bereich wurde auch als „Wirbelzone“ bezeichnet (Tab. 9), die sich in den quasistationären Strömungsmustern bei SVENDSEN et al. (1994) erkennen lässt. *Noctiluca* und Chaetognathen traten eher in der äußeren Helgoländer Bucht bis hin zur Doggerbank in größeren Konzentrationen auf und kennzeichneten dadurch die marin geprägten Cluster. Interessant war die Beobachtung, dass der Zeitpunkt der maximal auftretenden Gruppen in der inneren und äußeren Helgoländer Bucht (Cluster HELGO, SYLT1, AMRU2 und NGW8, NSB3, URST3) früher im Jahr eintrat (Monate April und Mai) als in den übrigen, marin geprägten Zonen (Monate Juni bis September). Das ist ein Hinweis auf die Zirkulationsmuster und die Richtigkeit der Vermutung, dass die sukzessive Planktonentwicklung für den Bereich vor den Ostfriesischen Inseln ihren Ursprung südwestlich davon hat und die vor Jütland in der Helgoländer Bucht (WASMUND et al., 2009). Abbildung 10 gibt diese Verteilung im Mittel wieder.

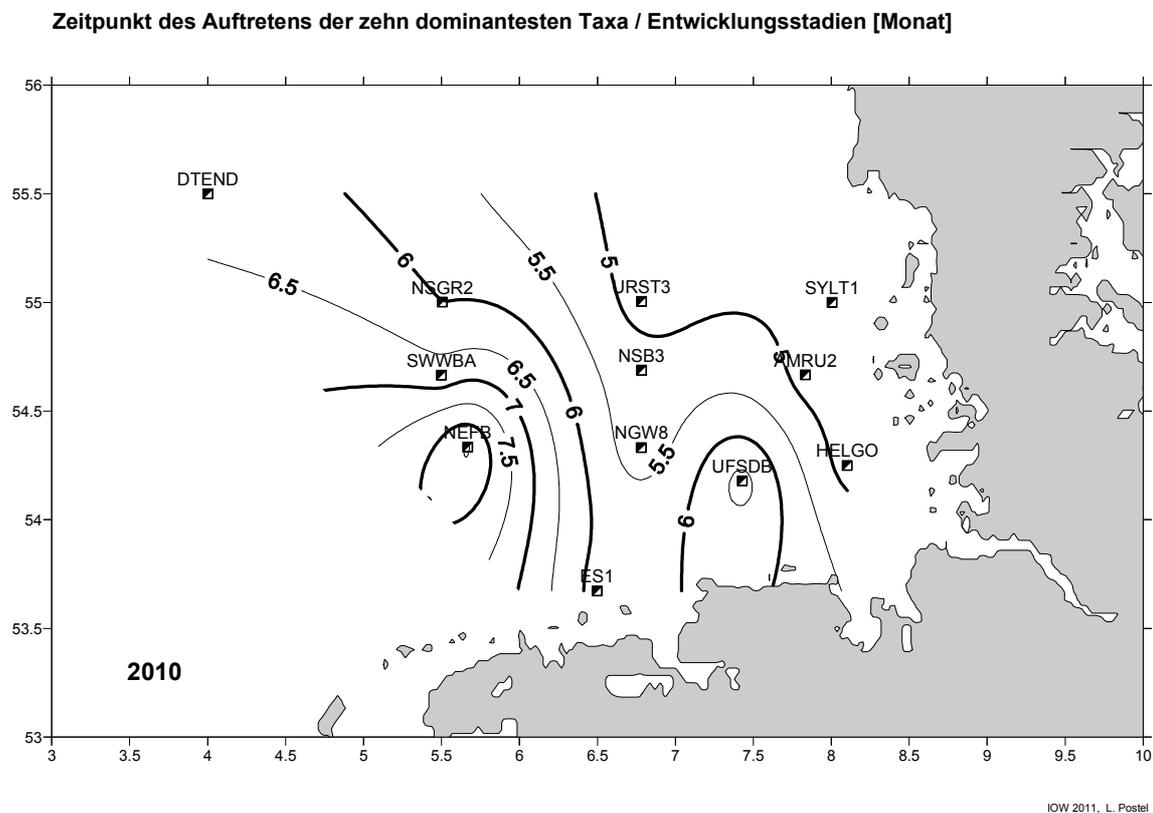


Abb. 10: Mittlere Zeitpunkte für maximale Abundanzen der jeweils zehn wichtigsten Taxa pro Station innerhalb der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee im Jahre 2010.

Fig. 10: Average timing of maximum abundances of the top ten taxa of each station within the German Exclusive Economic Zone of the North Sea in 2010.

Tab. 9

Gesamtanzahl der taxonomischen Gruppen S, unter Berücksichtigung ihrer Entwicklungsstadien und Monate des Auftretens (Letzte Zahl im Namen= Monat) sowie die Abundanz ($\text{Ind.} \cdot \text{m}^{-3}$) der zehn wichtigsten Gruppen pro Station, gegliedert nach fünf Clustern auf der Basis des 50% Ähnlichkeitsniveaus; J₁= Copepodit I-III, J₂= Copepodit IV-V, J= Copepodit I-V; M= Männchen, F= Weibchen.

Table 9

Total number of taxonomic groups S under consideration of their developmental stages and month of observation (Last number of names= month) and abundance ($\text{ind.} \cdot \text{m}^{-3}$) of the top ten taxa per station, combined according the five clusters obtained on the 50% similarity level; J₁= copepodite I-III, J₂= copepodite IV-V, J= copepodite I-V; M= male, F= female.

Ostfriesische Zone/ Innere Helgoländer Bucht					
SYLT1	S=205	AMRU2	S=201	HELGO	S=211
EVADNE NORDMANNI 5	5022	ASTERIAS 5	2462	FRITILLARIA BOREALIS 3	2365
ACARTIA J1 5	4733	FRITILLARIA BOREALIS 5	1645	ACARTIA J1 5	1697
FRITILLARIA BOREALIS 5	2733	ACARTIA J1 5	1055	TEMORA LONGICORNIS J1 5	1564
PODONIDAE 5	1511	TEMORA LONGICORNIS J1 5	1055	ACARTIA J2 5	667
TEMORA LONGICORNIS J1 5	1333	PODONIDAE 5	692	ACARTIA M 5	415
BIVALVIA 5	1127	EUTERPINA ACUTIFRONS 5	556	ACARTIA F 5	395
ACARTIA J2 5	889	TEMORA LONGICORNIS M 5	420	PARA+PSEUDOCALANUS J 5	379
ASTERIAS 5	600	FRITILLARIA BOREALIS 3	389	TEMORA LONGICORNIS J2 5	379
TEMORA LONGICORNIS M 5	400	TEMORA LONGICORNIS J2 5	340	TEMORA LONGICORNIS M 5	277
ALAUINA COMPOSITA 5	340	LANICE 5	335	ASTERIAS 5	256

Äussere Helgoländer Bucht					
URST3	S=315	NSB3	S=316	NGW8	S=286
ACARTIA J1 5	4513	ACARTIA J1 5	7255	EVADNE NORDMANNI 5	2475
EVADNE NORDMANNI 5	4256	EVADNE NORDMANNI 5	3415	ACARTIA J1 5	1600
ACARTIA J2 5	3154	ACARTIA J2 5	3335	FRITILLARIA BOREALIS 3	872
TEMORA LONGICORNIS J2 5	1923	FRITILLARIA BOREALIS 3	2330	ACARTIA J2 5	853
TEMORA LONGICORNIS J1 5	1487	TEMORA LONGICORNIS J1 5	1272	TEMORA LONGICORNIS J1 5	821
OITHONA SIMILIS F 5	1077	PARA+PSEUDOCALANUS J 5	997	ASTERIAS 5	709
TEMORA LONGICORNIS F 5	821	ACARTIA F 5	699	OITHONA SIMILIS F 5	384
TEMORA LONGICORNIS M 5	795	OITHONA SIMILIS F 5	642	CORYCAEUS 11	369
ACARTIA F 5	590	CORYCAEUS 11	546	PSAMMECHINUS MILIARIS 5	346
FRITILLARIA BOREALIS 3	544	PARA+PSEUDOCALANUS J 3	509	PARA+PSEUDOCALANUS J 3	299

Tab.9 Fortsetzung/ continued

Doggerbank Bereich					
NSGR2	S=346	SWWBA	S=340	DTEND	S=295
EVADNE NORDMANNI 5	4995	EVADNE NORDMANNI 5	5538	SPATANGOIDA 5	4013
ECHINOCARDIUM 5	1467	OITHONA SIMILIS F 8	2361	OITHONA SIMILIS F 5	2265
OITHONA SIMILIS F 11	1243	PARA+PSEUDOCALANUS J 8	2351	GASTROPODA 11	1029
PARA+PSEUDOCALANUS J 11	1204	SPATANGOIDA 5	2223	OITHONA SIMILIS F 11	1008
OIKOPLEURA DIOICA 5	1128	PARA+PSEUDOCALANUS J 11	1058	PARA+PSEUDOCALANUS J 11	882
PARA+PSEUDOCALANUS J 8	966	PARACALANUS PARVUS F 8	1054	TEMORA LONGICORNIS J1 3	880
NOCTILUCA SCINTILLANS 1	865	NOCTILUCA SCINTILLANS 1	974	GASTROPODA 8	807
OITHONA SIMILIS F 8	616	ACARTIA J1 5	858	OITHONA SIMILIS F 3	800
FRITILLARIA BOREALIS 3	588	OITHONA SIMILIS F 11	727	TEMORA LONGICORNIS J1 5	788
OITHONA SIMILIS F 3	541	OITHONA SIMILIS J 5	523	OITHONA SIMILIS F 1	732

Ostfriesische Zone			
ES1	S= 205	UFSDB	S=206
NOCTILUCA SCINTILLANS 1	979	PENILIA AVIROSTRIS 11	427
PARA+PSEUDOCALANUS J 3	403	ACARTIA J1 3	341
TEMORA LONGICORNIS J1 3	388	PARA+PSEUDOCALANUS J 3	327
ACARTIA J1 11	348	PENILIA AVIROSTRIS 8	314
ACARTIA J2 11	334	FRITILLARIA BOREALIS 3	259
POLYCHAETA 3	299	PARA+PSEUDOCALANUS J 11	188
TEMORA LONGICORNIS J 11	298	ACARTIA F 11	181
PARA+PSEUDOCALANUS J 11	259	TEMORA LONGICORNIS J1 3	151
EUTERPINA ACUTIFRONS 11	212	CORYCAEUS 11	132
NOCTILUCA SCINTILLANS 3	185	ACARTIA J2 3	105

"Wirbelzone"	
NEFB	S=262
PARA+PSEUDOCALANUS J 8	3543
OITHONA SIMILIS F 8	2229
PARACALANUS PARVUS F 8	2152
NOCTILUCA SCINTILLANS 8	1419
SAGITTIDAE 8	524
OITHONA SIMILIS J 8	495
CORYCAEUS 11	377
ACARTIA F 8	333
SPIONIDAE 8	248
BIVALVIA 11	224

3.4 Makrozoobenthos

Im Frühjahr und Herbst 2010 wurden an 13 Stationen je 3 Parallelproben mit einem van-Veen-Greifer genommen und auf Makrozoobenthos untersucht. Zusätzlich kam an allen Stationen eine Dredge zum Einsatz, um die selteneren und vagilen Arten zu erfassen.

3.4.1 Sedimentdaten

An den 13 Monitoringstationen wurden Sedimentproben aus einem separaten van-Veen-Greifer zur Analyse der Korngröße und des organischen Gehaltes genommen. Begleitparameter wie Sauerstoffgehalt und Salzgehalt im bodennahen Wasser wurden mit der CTD bestimmt (siehe Tab. 10).

Tab. 10

Abiotische Parameter an den 13 Monitoringstationen im Frühjahr (F) und Herbst (H) 2010 (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 10

Abiotic parameters at 13 monitoring stations at spring (F) and autumn (H) 2008 (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)	Tiefe (m)	Sedimentansprache an Bord
AMRU2-F	0,24	562	8,05	31,8	16	Mittelsand
AMRU2-H	0,18	452	6,29	30,9	16	Mittelsand
DTEND-F	0,39	194	7,74	34,6	32	Feinsand mit Muschelschill
DTEND-H	0,29	194	6,32	34,8	33	Feinsand mit Muschelschill
ENTE3-F	0,80	151	7,22	35,0	67	Feinsand
ENTE3-H	0,81	144	4,60	34,9	71	Feinsand
ES1-F	0,38	520	7,80	31,8	22	Muschelschill mit Röhren
ES1-H	0,37	219	6,32	31,6	23	Muschelschill mit Röhren
HELGO-F	0,33	408	8,03	32,3	18	Fein/Mittelsand mit Laniceröhren
HELGO-H	0,28	418	6,12	31,7	17	Fein/Mittelsand mit Laniceröhren
NEFB-F	1,65	155	7,33	34,4	40	schlickiger Feinsand
NEFB-H	3,34	131	6,09	34,5	40	schlickiger Feinsand
NGW8-F	1,13	137	7,52	34,1	37	Feinsand mit Schlickanteil
NGW8-H	1,05	146	6,12	33,6	38	Feinsand mit Schlickanteil
NSB3-F	1,33	82	7,55	34,6	39	Feinsand mit Schlickanteil
NSB3-H	1,58	81	6,10	33,8	42	Feinsand mit Schlickanteil
NSGR2-F	0,43	152	7,64	34,6	40	Feinsand mit Schlickanteil
NSGR2-H	0,45	149	6,21	34,6	40	Feinsand mit Schlickanteil
SWWBA-F	0,94	151	7,43	34,7	43	Feinsand mit Schlickanteil
SWWBA-H	0,51	159	6,11	34,7	43	Feinsand mit Schlickanteil
SYLT1-F	0,30	445	8,36	31,9	16	Mittelsand mit Feinsandauflage
SYLT1-H	0,24	460	6,32	31,2	19	Mittelsand mit Feinsandauflage
UFSDB-F	1,56	91	7,49	33,8	40	schlickiger Feinsand
UFSDB-H	1,17	91	6,00	32,8	41	schlickiger Feinsand
URST3-F	0,55	164	7,54	34,7	36	Feinsand mit Schlickanteil
URST3-H	0,43	158	6,11	33,9	36	Feinsand mit Schlickanteil

**Die Sedimentqualitäten an ES1 unterschieden sich zwischen Frühjahr und Herbst erheblich, was auf stark geklumpte Verteilung des Schills an dieser Station zurückzuführen ist.

3.4.2 Artenzahl

Die Gesamtartenzahl (Frühjahr und Herbstbeprobung aller 13 Stationen zusammengefasst) betrug 286 (siehe Tab. A4 im Anhang). Die Artenzahl war relativ hoch, kann jedoch auf Grund fehlender Daten nur mit den beiden Vorjahren verglichen werden. In 2008 wurden allerdings nur 12 Stationen und davon 3 nur im Frühjahr (aufgrund schlechter Wetterereignisse) beprobt, so dass 21 Beprobungsereignisse ausgewertet wurden und 218 Arten registriert wurden. Im Jahr 2009 wurden alle 13 Stationen beprobt, allerdings wurde die Station ENTE3 nur im Frühjahr erfasst. Die insgesamt angetroffene Artenzahl lag bei 259. Obwohl sich die Werte nicht wirklich vergleichen lassen, bleibt zu vermuten, dass die Artenvielfalt tendenziell leicht zugenommen hat, was aber wahrscheinlich der natürlichen Variabilität entspricht.

An den Stationen rangierte die Artenvielfalt zwischen 37 (AMRU2) und 121 (ENTE3) (siehe Tab. A4). Betrachtet man die Frühjahr- und Herbstbeprobung separat so variierten die Artenzahlen zwischen 16 (SYLT1-Frühjahr) und 90 (ENTE3-Frühjahr) (Abb. 11). Im Herbst war die Artenvielfalt an den Stationen bis auf zwei Ausnahmen (ENTE3 und NEFB) immer höher.

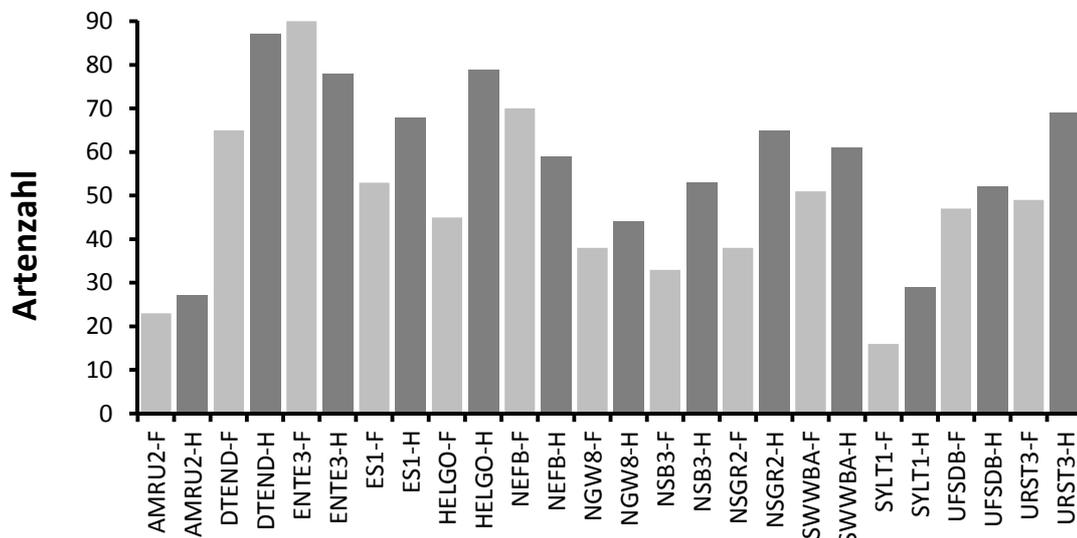


Abb. 11: Artenzahlen an den 13 Monitoringstationen separiert nach Frühjahr (F) und Herbst (H) in 2010.

Fig. 11: Species number at 13 monitoring stations during spring (F) and autumn (H) sampling in 2010.

Die Makrozoobenthosgemeinschaften wurden und werden maßgeblich durch die Umweltbedingungen beeinflusst und hier in erster Linie durch die Sedimenteigenschaften und die Bodenstruktur (siehe Tab. 10). Stark exponierte, eher grobsandige Sedimente waren völlig anders besiedelt als organisch angereicherte Feinsande (siehe z.B. Abb. 12). Insbesondere die Gruppen der Crustacea und der Polychaeta profitieren von den Bedingungen in der Nordsee mit den stark variierenden Strömungsregime und dem enormen Einfluss durch die Bodennetzfischerei (Abb. 13). Vor allem opportunistische Arten bzw. Taxa scheinen davon bevorteilt zu sein. Langlebige Arten der Mollusca und der Echinodermata sind unterrepräsentiert. Gelegentlich kommt es zu Massenansammlungen des Gemeinen Seesterns (*Asterias rubens*), wie im Frühjahr an der Station NEFB (Abb. 12, rechts). Hingegen trat an

einigen flacheren Stationen mit mittelsandigen Sedimenten (z.B. vor Sylt, Amrum und Borkum) der Polychaet *Ophelia limacina* (Abb. 12, links) zum Teil häufig auf und erreichte teilweise Dichten von bis zu 214 Ind./m² (SYLT1-H).



Abb. 12: Impressionen der Makrofauna von zwei sehr unterschiedlichen Biotopen im Jahr 2010. Links: *Ophelia limacina* von SYLT1-Herbst, Wassertiefe 19 m, Sediment-Organik 0,24 %, Sediment mittl. Korngröße 460 µm. Rechts: Dredge-Hol von NEFB-Frühjahr, Wassertiefe 40 m, Sediment-Organik 1,65 %, Sediment mittl. Korngröße 155 µm.

Fig. 12: Impressions of macrofauna from two different water depths and sediment characteristics in 2010. Left: *Ophelia limacina* at SYLT1-autumn, water depth 19 m, organic content of sediment 0,24 %, mean grain size 460 µm. Right: Dredge-haul at NEFB-spring, water depth 40 m, organic content of sediment 1,65 %, sediment mean grain size 155 µm.]

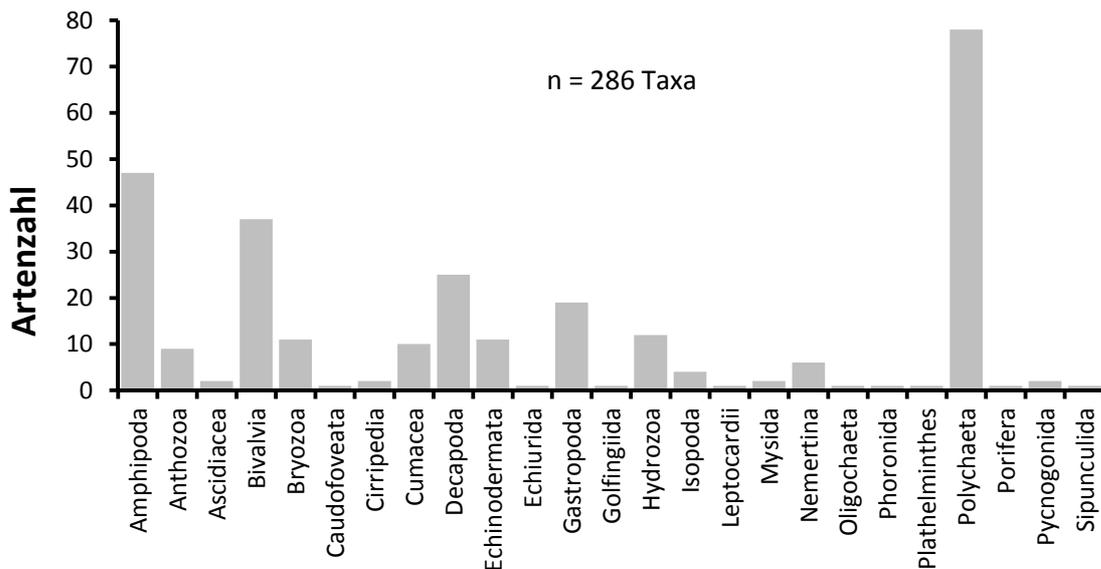


Abb. 13: Zusammensetzung des Makrozoobenthos an den 13 Monitoringstationen im Jahr 2010.

Fig. 13: Composition of the macrozoobenthos at the 13 monitoring stations in 2010.

3.4.3 Abundanz

Nicht nur die Artenvielfalt sondern auch die Individuendichte wird maßgeblich durch die oben genannten Faktoren bestimmt. Die saisonalen Unterschiede waren v.a. an den eher flachen und exponierten Bereichen vor Amrum und Sylt sehr hoch (Abb. 14). Wurden im Frühjahr nur Werte von 161 bzw. 49 Ind./m² beobachtet, lagen die Werte im Herbst bei mehr als dem 15- bis 20fachen (2528 bzw. 1173 Ind./m²). Ähnlich wie bei der Artenzahl wurden generell im Herbst meist höhere Werte festgestellt. Im Frühjahr wurden mit 1400 Ind./m² die höchsten Dichten auf der Doggerbank (DTEND) und in der zentralen Nordsee (ENTE₃) beobachtet. Im Herbst lagen die maximalen Abundanzen mit 4800 bzw. 5400 Ind./m² an den Stationen vor Borkum (ES₁) und im Elbeurstromtal (URST₃).

Welche Art jeweils die Individuendichte dominierte, variierte zum Teil erheblich. Sehr oft waren die Dichten erstaunlich ausgeglichen zwischen den einzelnen Arten. Nur gelegentlich wurden Dominanzen von 60 bis 80 % von Einzelarten an einzelnen Stationen festgestellt. Mit 60 bis 85 % die höchsten Dominanzen erreichten *Ensis directus* (AMRU₂-H, SYLT₁-H), *Amphiura filiformis* (NEFB-H), *Nucula nitidosa* (NGW8-F) und *Phoronis* sp. (URST₃-H, NSB₃-H). Hervorzuheben sei außerdem das häufige Auftreten von *Lanice conchilega* und *Scoloplos armiger* (beide über 1000 Ind./m²) an der Station ES₁ im Herbst und *Spiophanes bombyx* welcher im Herbst im Elbe-Urstromtal (URST₃) Individuendichten von 756 Ind./m² erreichte.

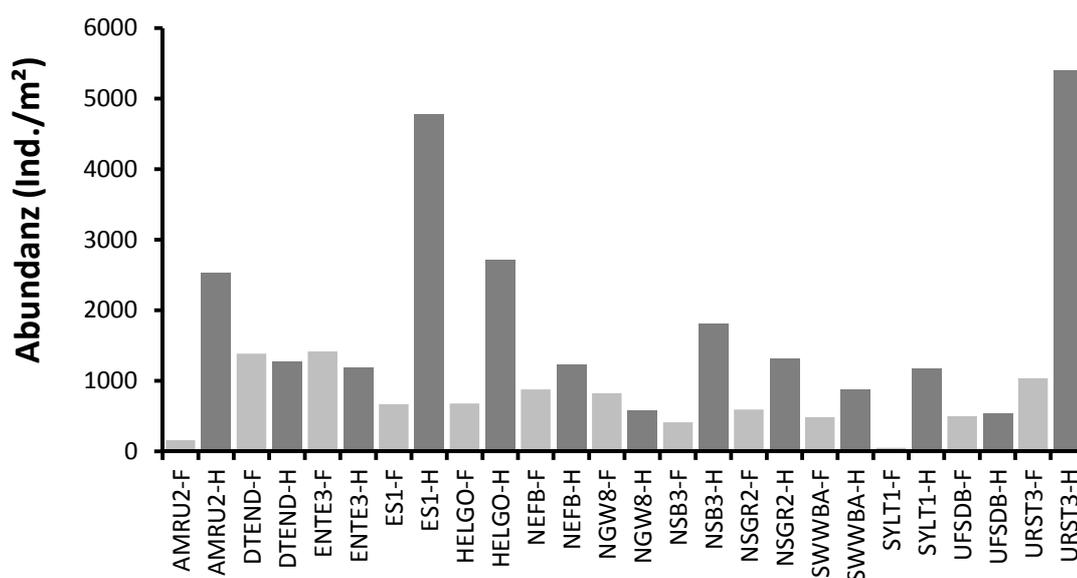


Abb. 14: Individuendichte des Makrozoobenthos an den 13 Monitoringstationen im Frühjahr (F) und Herbst (H) 2010.

Fig. 14: Abundance of macrozoobenthos at 13 monitoring stations at spring (F) and autumn (H) 2010.

3.4.4 Biomasse

Die aschefreie Trockenmasse variierte an den Stationen zwischen 1,27 g/m² an der Station NSB₃ im Herbst und 77,5 g/m² an der Station ENTE₃ im Frühjahr in der zentralen Nordsee (Abb. 15). Der hohe Wert war bedingt durch das Vorkommen adulter Islandmuscheln, die die Biomasse erheblich dominierten (97 %). Ansonsten wurden höhere Biomassewerte eher an den flacheren Stationen festgestellt, was hauptsächlich durch die dort häufigen und

biomassedominierenden Muscheln (z.B. *Ensis directus*, *Spisula solida*) bedingt war. Die insgesamt an den Stationen biomassedominierenden Gruppen oder Arten sind recht unterschiedlich. Einige weitere Arten, die erhebliche Dominanzen in der Biomasse erreichten, sollen im Folgenden beispielhaft genannt werden. *Echinocardium cordatum* dominierte die Biomasse an einigen Stationen mit Werten bis 30 bis 80 %. Insbesondere an der südwestlichen Weißen Bank (SWWBA) und an der Doggerbank (DTEND) wurden zwischen 4 und 8 g AFTM/m² festgestellt. *Lanice conchilega* erreichte bei Helgoland (HELGO-H) und bei Borkum (ES1-H) Werte von 4 bis 10 g AFTM/m². Je nach Beprobungsgebiet und Zeit traten auch andere makrozoobenthische Vertreter biomassedominant auf, diese jedoch eher sporadisch und unständig (z.B. *Abra alba*, *Spisula solida*, *Turritella communis*, *Ophelia limacina*).

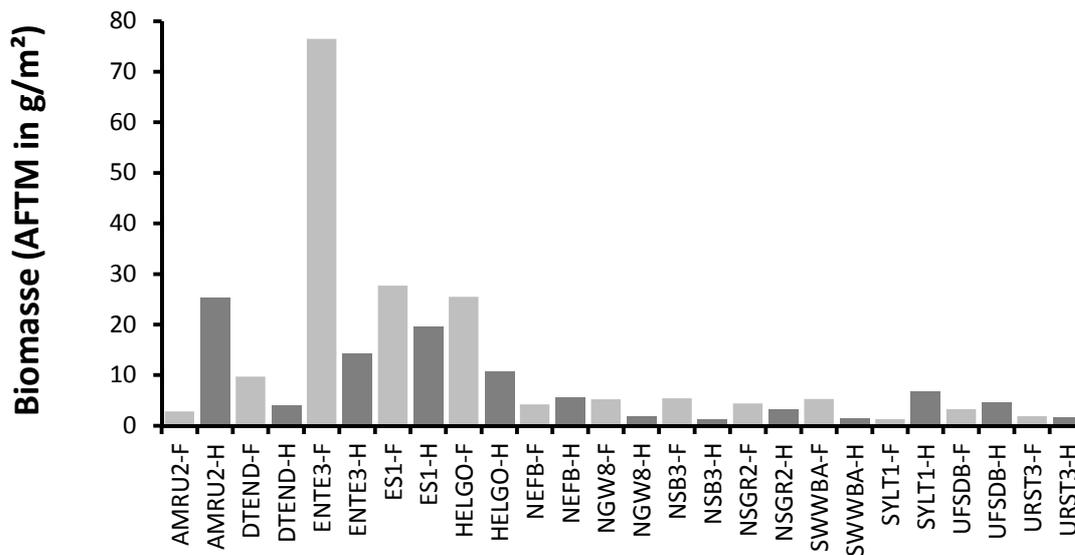


Abb. 15: Aschefreies Trockengewicht an den 13 Monitoringstationen im Frühjahr (F) und Herbst (H) 2010.

Fig. 15: Ash free dry weight at 13 monitoring stations at spring (F) and autumn (H) 2010.

3.4.5 Vergleich zwischen 2009 und 2010

In diesem Kapitel sollen kurz die Unterschiede zwischen dem Vorjahr und 2010 dargestellt werden. Die Variabilitäten (sowohl räumlich als auch zeitlich) sind oft erheblich, so dass man schwerlich von absoluten Zahlen sprechen sollte, sondern von Schätzwerten. Deshalb sind die im Folgenden dargestellten Veränderungen nicht überzubewerten sondern lediglich als Zusatzinformation über Veränderungen der Besiedlung durch das Makrozoobenthos zu verstehen. Über Kausalitäten und Trends kann derzeit noch keine Aussage getroffen werden. Ob Ursachen (natürliche oder anthropogene) für Veränderungen überhaupt verantwortlich sind oder allenfalls die hohen natürlichen Variabilitäten, hervorgerufen durch Patchiness, dafür verantwortlich sind, kann ebenfalls nicht geklärt werden.

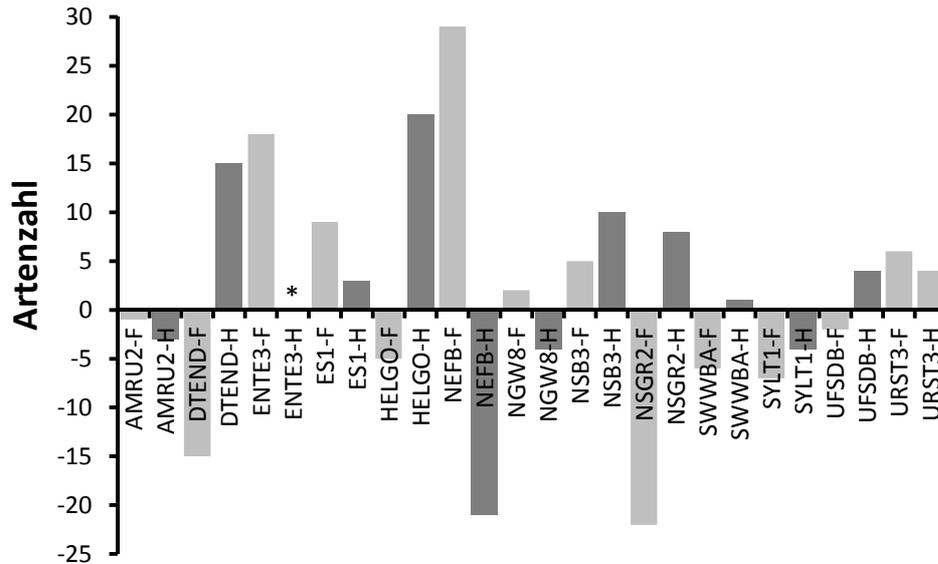


Abb. 16: Veränderungen der Artenzahl je Station im Vergleich zwischen 2009 und 2010 (*=für diese Station fand im Herbst 2009 keine Beprobung statt).

Fig. 16: Changes of species number between 2009 and 2010 at different stations and sampling events (*=this station was not sampled in autumn 2009).

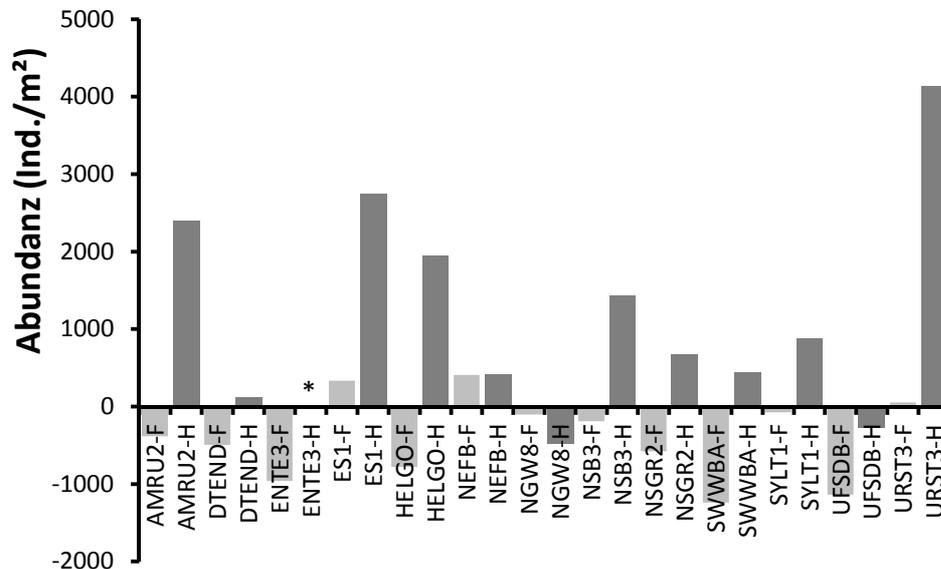


Abb. 17: Veränderungen der Abundanz je Station im Vergleich zwischen 2009 und 2010 (*=für diese Station fand im Herbst 2009 keine Beprobung statt).

Fig. 17: Changes of abundances between 2009 and 2010 at different stations and sampling events (*=this station was not sampled in autumn 2009).

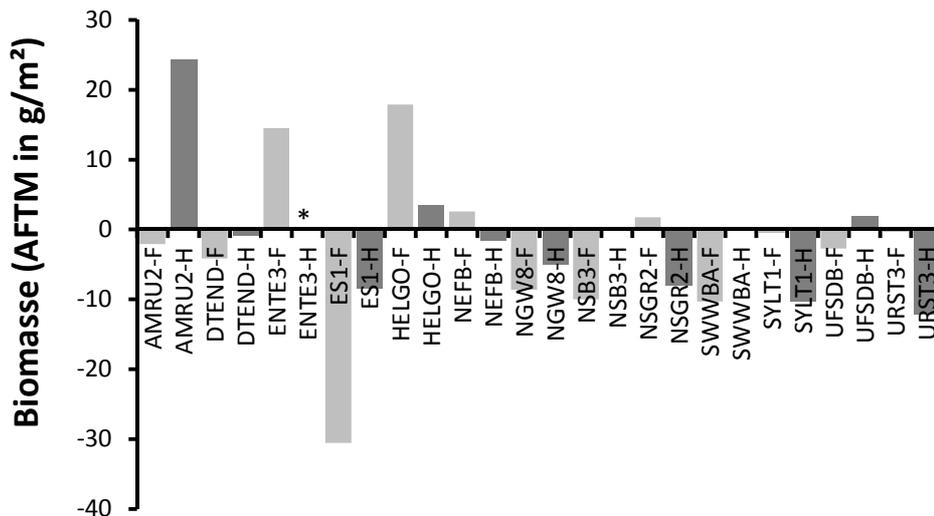


Abb. 18: Veränderungen der Biomassen je Station im Vergleich zwischen 2009 und 2010 (*=für diese Station fand im Herbst 2009 keine Beprobung statt).

Fig. 18: Changes of biomass between 2009 and 2010 at different stations and sampling events (*=this station was not sampled in autumn 2009).

Es wird deutlich, dass zumindest bei einigen Parametern und Stationen bzw. Beprobungsterminen zum Teil erhebliche Schwankungen/Abweichungen zum Vorjahr auftraten. Betrachtet man die Artenzahl, so ist festzustellen, dass die größten Zunahmen im Herbst auf der Doggerbank (DTEND) und vor Helgoland (HELGO) und im Frühjahr in der zentralen Nordsee (ENTE₃) und in der nordwestlichen Deutschen Bucht (NEFB) zu beobachten waren (Abb. 16). Die größten Abnahmen wurden im Frühjahr auf der Doggerbank und westlich der Weißen Bank (NSGR₂) sowie im Herbst auf NEFB festgestellt.

Bei der Abundanz fallen insbesondere die zum Teil starken Zunahmen im Herbst an vielen Stationen auf (Abb. 17). An 8 von 13 Stationen wurde eine Zunahme im Vergleich zum Vorjahr registriert. Die stärksten Anstiege lagen dabei auf AMRU₂, ES₁ und URST₃. Dahingegen lagen die Werte im Frühjahr an 10 Stationen niedriger als im Vorjahr, jedoch fielen diese Reduktionen meist nicht so stark aus.

Letztendlich wurde bei der Biomasse vor Amrum im Herbst und vor Helgoland im Frühjahr eine deutliche Zunahme beobachtet (Abb. 18). Der größte Biomasseverlust im Vergleich zum Vorjahr trat vor Borkum (ES₁) im Frühjahr auf. Generell wurde an 18 von 25 Beprobungsereignissen (Stationen und Kampagne) eine Abnahme der Biomasse im Vergleich zum Vorjahr nachgewiesen, während sich die Zunahmen und Abnahme bei der Artenzahl und der Abundanz relativ ausgeglichen darstellten (vergleiche Abb. 16, 17 und 18).

3.4.6 Lebensgemeinschaften

Bei der Lebensgemeinschaftsanalyse (Clusteranalyse nach Bray-Curtis-Ähnlichkeit) kristallisierten sich wie in den Vorjahren im Wesentlichen 2 Gruppen heraus (Abb. 19). Die eine Gruppe war typisch für Stationen, die zum einen eine geringe Wassertiefe hatten (16 bis 23 m) und zum anderen gröbere Sande oder Mischsande aufwiesen (siehe Tab. 10). Dazu gehörten die Stationen SYLT₁, AMRU₂, HELGO und ES₁. Die benthische Gemeinschaft war hauptsächlich

charakterisiert durch eine relativ geringe Individuendichte und durch Polychaetenarten wie *Aonides paucibranchiata*, *Lanice conchilega* und *Ophelia limacina*. Hinzu kam das stetige und häufige Auftreten der Muschel *Ensis directus*. Die tieferen Stationen (31 bis 70 m) bildeten eine zweite Gruppe, die sich durch Feinsande mit erhöhtem Schlickanteil auszeichneten (siehe Tab. 10, Abb. 19). Einzig die Station in der zentralen Nordsee (ENTE₃, ca. 70 m Tiefe) grenzte sich etwas von der zweiten Gruppe ab. Während die „tiefe Gruppe“ (31 bis 45 m) durch die Muschel *Nucula nitidosa* bzw. den Schlangensterne *Amphiura filiformis* charakterisiert wurde (siehe Abb. 20), wurde die Station ENTE₃ hauptsächlich von dem Polychaeten *Galathowenia oculata* beherrscht (466 - 700 Ind./m²).

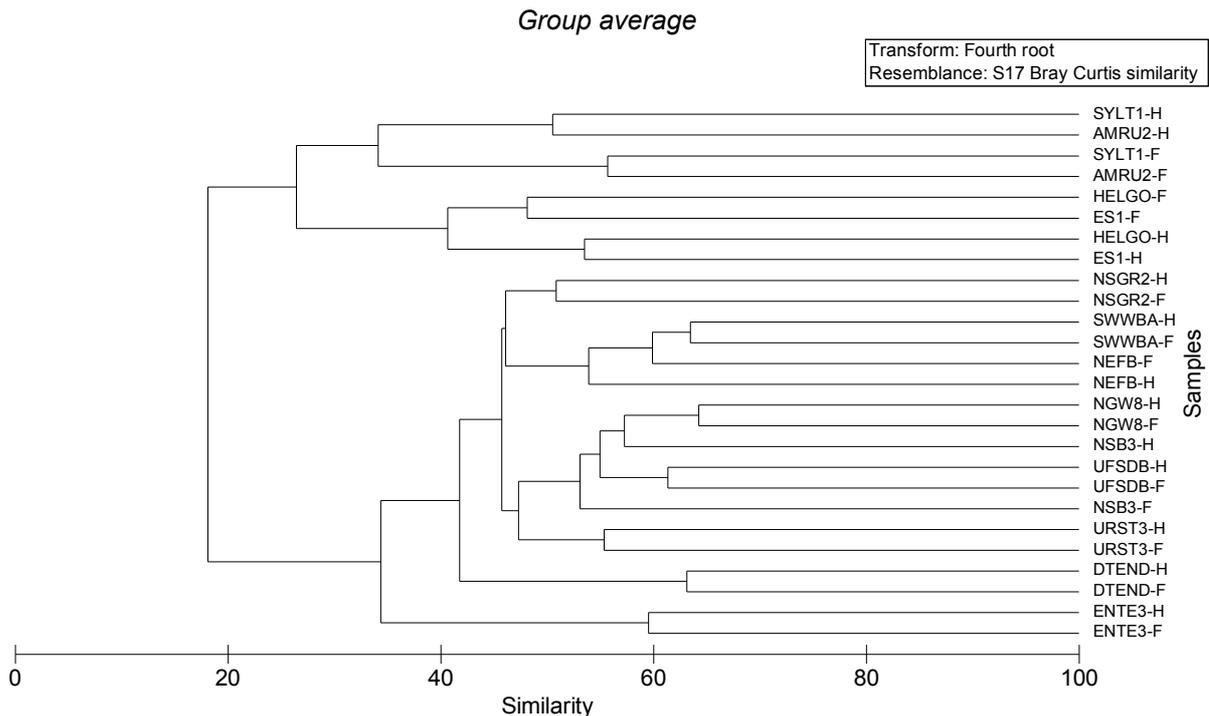


Abb. 19: Clusteranalyse der benthischen Lebensgemeinschaften an den 13 Monitoringstationen im Frühjahr (F) und Herbst (H) 2010 basierend auf der Abundanz.

Fig. 19: Cluster analysis of benthic communities at 13 monitoring stations at spring (F) and autumn (H) 2010 based on the abundance.

Man muss allerdings hervorheben, dass auch andere Arten, wenigstens saisonal, eine große Rolle gespielt haben. So wurde beispielsweise *Phoronis sp.* im Herbst an NSB₃ und URST₃ sehr häufig beobachtet. Die mit einer Präsenz von >75 % am regelmäßigsten verbreiteten Organismen während der beiden Beprobungskampagnen an allen Stationen waren *Asterias rubens*, *Crangon crangon*, *Goniada maculata*, *Nephtys hombergii*, *Phoronis sp.*, *Schistomysis ornata* und *Spiophanes bombyx*.

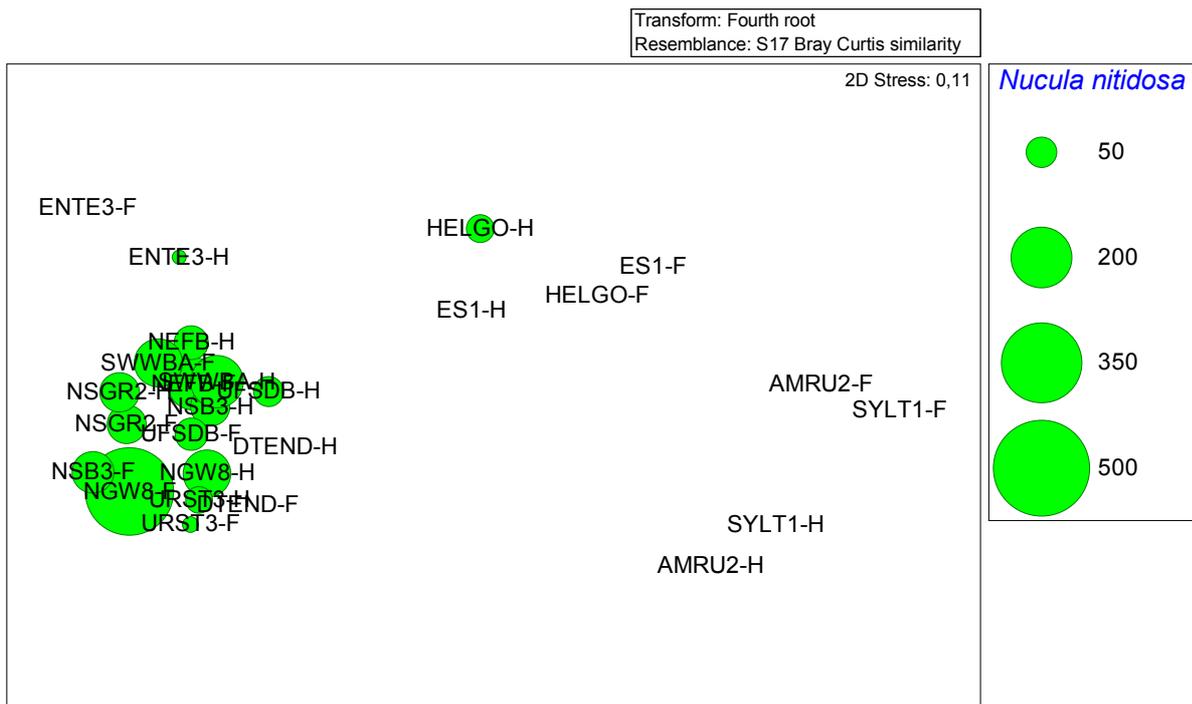


Abb. 20: Multidimensionale Skalierung (MDS) der benthischen Lebensgemeinschaften an den 13 Monitoringstationen im Frühjahr (F) und Herbst (H) 2010 basierend auf der Abundanz. Die Größe der Kreise indiziert die Häufigkeit von *Nucula nitidosa*.

Fig. 20: Multidimensional scaling (MDS) of benthic communities at 13 monitoring stations at spring (F) and autumn (H) 2010 based on the abundance. The size of the bubbles indicates the density of *Nucula nitidosa*.

3.4.7 Rote Liste

Während der Untersuchungen an den 13 Monitoringstationen im Frühjahr und Herbst 2010 wurden auch Arten nachgewiesen, die in Kategorien der Roten Liste (RACHOR et al. im Druck) enthalten sind (siehe Tab. A4, Abb. 21). Die Rote Meerhand *Alcyonium glomeratum* (Rote Liste: Kat. 2) konnte an der tiefsten Monitoringstation (ENTE3) in der zentralen Nordsee im Herbst nachgewiesen werden. Die Wellhornschnecke *Buccinum undatum*, eine ebenfalls stark gefährdete Art (Kat. 2), wurde an der Station DTEND und an der ENTE3 festgestellt. Der Quappwurm *Echiurus echiurus* (Kat. 2) wurde in geringen Dichten an NSGR2 und SWWBA registriert und die Pferdemoschel *Modiolus modiolus* wurde an der Station HELGO im Herbst beobachtet. Vier Arten der Kategorie 3 (gefährdet) wurden gefunden, die Islandmuschel *Arctica islandica*, die Sanddorn-Astarte *Goodallia triangularis*, der Amphipode *Iphimedia obesa* und der Polychaet *Sigalion mathildae*. 17 Arten sind sehr selten und in die Kategorie „R“ (restriktive Verbreitung) eingestuft. Von weiteren 21 Arten ist eine Gefährdung anzunehmen jedoch sind diese bisher nicht eingestuft worden. 11 Arten gehören der Vorwarnstufe an. Die Kenntnisse von 40 Arten sind derzeit noch als defizitär (Kat. D) zu bezeichnen. 150 Arten werden in der Roten Liste als ungefährdet bezeichnet. Weitere 39 Taxa sind bisher nicht bewertet, dazu gehören sowohl Taxa die bisher nicht berücksichtigt wurden (z.B. Nemertea, Mysida, Plathelminthes) als auch neu für das Gebiet gefundene bzw. nicht in der Roten Listen enthaltenen Arten (z.B. die Schnecke *Chrysallida clathrata*, der Krebs *Ebalia nux*, sowie der Polychaet *Procerastea nematodes*).

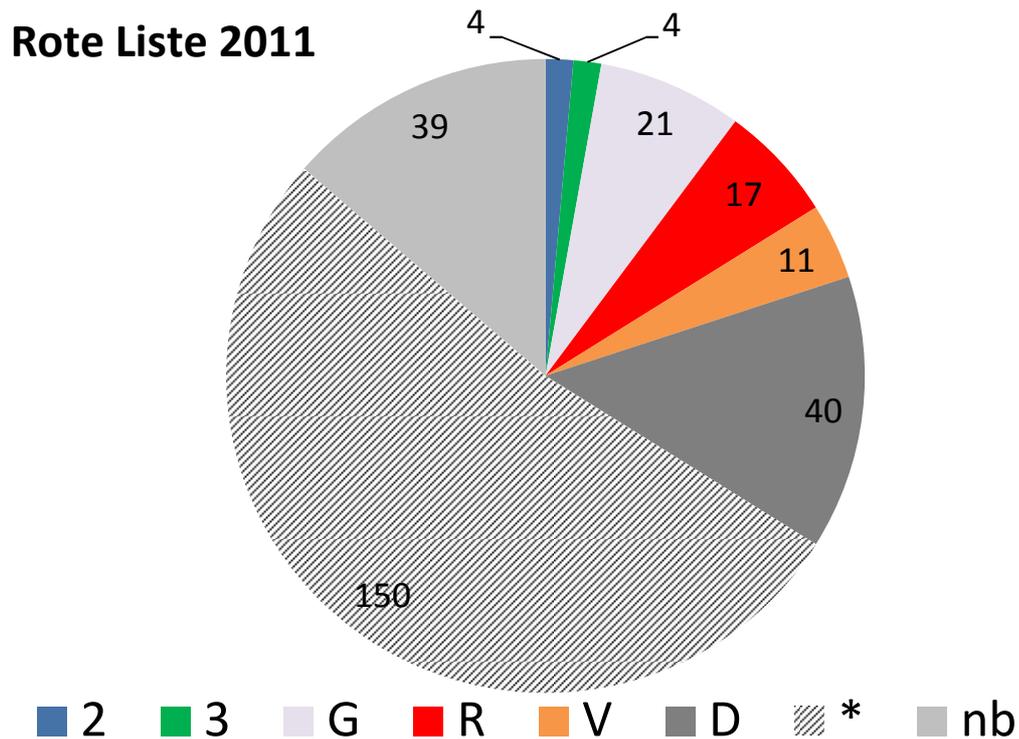


Abb. 21: Anteil der Gefährdungskategorien der Roten Liste (Rachor et al. im Druck) des Makrozoobenthos in Frühjahr und Herbst 2010 (für Legende siehe Tab. A3).

Fig. 21: Percentage of red list categories (RACHOR et al. in press) of macrozoobenthos in spring and autumn 2010 (for legend see table A3).

3.4.8 Eingeschleppte Arten (Neozoen)

Im offshore-Bereich der Nordsee spielen Neozoen meistens eine untergeordnete Rolle. Während der Untersuchungen im Jahr 2010 konnten 4 Vertreter von eingeschleppten Arten nachgewiesen werden. Dabei ist der genaue Einwanderungsprozess der Sandklaffmuschel *Mya arenaria* in die Nordsee nicht ganz eindeutig. Zumindest wird die Art als Neozoon geführt und ist vermutlich schon fast 200 Jahre an der deutschen Nordseeküste vorhanden und etabliert. In der zentralen Deutschen Bucht (UFSDB) wurde die Art im Frühjahr im Dredgefang registriert. Die Austernpest *Crepidula fornicata* wurde Anfang des 20. Jahrhunderts in die Nordsee eingeschleppt und hat sich seitdem in der gesamten Nordsee ausgebreitet. Hauptsächlich küstennah in Watten und auf Muschelbänken ist die Schnecke vorhanden. In der vorliegenden Studie konnte die Art vor Borkum (ES₁) und Helgoland (HELGO) in geringen Dichten (Einzelnachweise in der Dredge) beobachtet werden. *Monocorophium sextonae* wurde ebenfalls vor Borkum (ES₁) in geringen Dichten nachgewiesen. Hierbei kann das Vorkommen im küstenfernen Bereich der Nordsee für diese Art bestätigt werden (siehe NEHRING & LEUCHS 1999, S. 24). Wirkliche Bedeutung im offshore-Bereich hat von den eingeschleppten Arten bisher nur *Ensis directus* erlangt. An 8 Beprobungsterminen und an 6 Stationen wurde die Amerikanische Scheidenmuschel beobachtet. Dabei schwankten die Dichten zwischen Einzelnachweisen und 2200 Ind./m² (AMRU₂-Herbst). Vor allem vor Amrum, Borkum, Helgoland und Sylt trat die Art häufig und regelmäßig auf.

Zusammenfassung

Das Jahr 2010 war das dritte Jahr, in dem das biologische Monitoring im deutschen offshore-Bereich (meistens AWZ) der Nordsee durch das IOW im Auftrage des BSH durchgeführt wurde. Es wurde das Phytoplankton (einschl. Chlorophyll a) und das Mesozooplankton an 12 Stationen, das Makrozoobenthos sogar an 13 Stationen untersucht (Abb. 1). Das Plankton wurde auf 5 Fahrten (Tab. 1), das Benthos lediglich auf der Frühjahrs- und Herbstfahrt beprobt.

Im Phytoplankton wurden 144 Taxa gefunden, von denen die meisten zu den Kieselalgen gehörten (Tab. A1, A2). Im Vergleich zum Vorjahr sind aus unserer Liste 19 Taxa verschwunden, aber 25 neue hinzugekommen (Tab. 5). Die geringste Vielfalt wurde im Januar festgestellt (43 Taxa), die größte im August/September (99 Taxa). Die 5 Proben pro Jahr und Station zeigen deutliche jahreszeitliche Unterschiede (Tab. A1), erlauben aber keine Diskussion der Phytoplanktonsuccession. Die höchsten Phytoplankton-Biomassen traten im allgemeinen im Frühjahr und Sommer in Küstennähe auf (vgl. Chl.a, Tab. 6, Abb. 4). Wir hatten bisher zwei unterschiedliche Chlorophyllberechnungsmethoden angewendet, die abweichende Werte lieferten. Eine zum Jahre 2010 eingeführte Neuerung führte zu „Chl.a-tot-NEU“-Werten, die mit denen der bisherigen Ansäuerungsmethode („Chl.a-kor“) übereinstimmten. Deshalb sollen bis einschließlich 2009 unsere „Chl.a-kor“-Werte verwendet werden. Ab dem Jahr 2010 sind die „Chl.a-tot-NEU“-Werte zu nutzen. Die unangenehme Blüten bildende Gattung *Phaeocystis* trat in unseren Proben nur gering auf, aber der potentiell toxische Flagellat *Chrysochromulina* spp. in relativ hohen Abundanzen. Fundierte Aussagen zu Phytoplanktonblüten lassen sich aufgrund der geringen Datendichte aber nicht machen. Die bedeutendsten Arten bezüglich Biomasse waren die großzelligen Arten *Rhizosolenia imbricata*, *Noctiluca scintillans*, *Mediopyxis helysia*, *Odontella sinensis* und *Coscinodiscus wailesii*.

Im Mesozooplankton wurden im Jahre 2010 insgesamt 157 Taxa unterschieden, wobei die Arthropoda mit 80 Taxa die häufigste Gruppe bildeten, gefolgt von den Cnidaria mit 27 Taxa, den Polychaeta mit 15 und den Echinodermata-Larven mit 9 Taxa. Die Gesamtsumme überstieg die des Vorjahres um 14 Taxa, in die von 2008 um 40 Taxa. Das ist vornehmlich ein Ergebnis zunehmender Artenkenntnis der Bearbeiterin speziell im Bereich der Cnidarier und meroplanktischen Crustaceen.

Die räumliche Verteilung der Taxa gemäß dem Margalef Artenvielfalts- (species richness) Index zeigte ein für Ästuarien typisches Muster. Die Werte stiegen mit zunehmender Entfernung von der Elbemündung am nächsten gelegenen Station bei Helgoland (HELGO) in Richtung zentrale Nordsee (Station NSGR2) an. In den küstennahen Bereichen war die Region vor den Nordfriesischen Inseln (Stationen HELGO, AMRU2 und SYLT1) von einer geringeren Vielfalt gekennzeichnet als die Region vor den Ostfriesischen Inseln. Das kam in den Zahlen von Pielous Evenness Index zum Ausdruck und ist ein Ergebnis der unterschiedlichen Herkunft der Wasserkörper. Während sich in Richtung Nordosten Weser und Elbe bemerkbar machen, ist für die Bedingungen vor den Ostfriesischen Inseln der Einfluss vom Ärmelkanal her ausschlaggebend. Diese Beobachtungen befinden sich in Übereinstimmung mit der großräumigen Zirkulation in der Nordsee und spiegeln sich auch in den Ergebnissen einer Clusteranalyse wieder. Interessanterweise traten die zehn wichtigsten taxonomischen Gruppen im Laufe eines Jahres vor den Nordfriesischen Inseln früher auf (Mai) als vor den Ostfriesischen (August/September).

Zur Makrozoobenthos-Untersuchung wurden im Frühjahr und Herbst 2010 im deutschen offshore-Bereich (meistens AWZ) der Nordsee an 13 Stationen Sedimentproben genommen. Bei beiden Messkampagnen konnten insgesamt 286 Taxa festgestellt werden. Die Artenzahlen schwankten zwischen den Stationen und Beprobungsterminen zwischen 16 (SYLT₁-Frühjahr) und 90 (ENTE₃-Frühjahr). Mit insgesamt 121 Arten stellte sich die Station in der zentralen Nordsee (ENTE₃) als artenreichste (Frühjahr und Herbstbeprobung zusammengefasst) heraus. Im Herbst war die Artenvielfalt an den Stationen bis auf zwei Ausnahmen immer höher.

Bei der Abundanz waren die saisonalen Unterschiede vor allem an den eher flachen und exponierten Bereichen vor Amrum und Sylt sehr hoch. Wurden im Frühjahr nur Werte von 161 bzw. 49 Ind./m² beobachtet, lagen die Werte im Herbst bei mehr als dem 15 bis 20fachen. Ähnlich wie bei der Artenzahl wurden generell im Herbst meist höhere Werte festgestellt. Welche Art jeweils die Individuendichte dominierte, variierte zum Teil erheblich. Sehr oft waren die Dichten erstaunlich ausgeglichen zwischen den einzelnen Arten. Nur gelegentlich wurden Dominanzen von 60 bis 80 % von Einzelarten an einzelnen Stationen festgestellt. Mit 60 bis 85 % die höchsten Dominanzen erreichten *Ensis directus*, *Amphiura filiformis*, *Nucula nitidosa* und *Phoronis* sp.

Die aschefreie Trockenmasse variierte an den Stationen zwischen 1,27 g/m² an der Station NSB₃ (südöstlich Weiße Bank) im Herbst und 77,5 g/m² an der Station ENTE₃ (Entenschnabel) in der zentralen Nordsee im Frühjahr. Der hohe Wert war bedingt durch das Vorkommen adulter Islandmuscheln (*Arctica islandica*), die die Biomasse erheblich dominierten. Die an den Stationen biomassedominierenden Gruppen oder Arten sind recht unterschiedlich. Sowohl Muscheln wie *Ensis directus* als auch Seeigel (*Echinocardium cordatum*) und Polychaeten (*Lanice conchilega*, *Ophelia limacina*) zeigten die größten Biomassen an unterschiedlichen Stationen. Mit Hilfe der Clusteranalyse konnten zwei Gruppen von Stationen voneinander unterschieden werden, die sich maßgeblich auf Grund der unterschiedlichen Wassertiefe und Sedimentbeschaffenheit und der einhergehenden unterschiedlichen benthischen Besiedlung voneinander trennten.

Von der Roten Liste (RACHOR et al. im Druck) konnten 57 Arten der Kategorien 2 (stark gefährdet), 3 (gefährdet), R (sehr selten), G (Gefährdung anzunehmen) und V (Vorwarnstufe) während dieser Studie nachgewiesen werden, wobei vier Arten der Kategorie 2 (stark gefährdet) angehören. Diese sind *Buccinum undatum* (Wellhornschncke), *Alcyonium glomeratum* (Rote Meerhand), *Echiurus echiurus* (Quappwurm) und *Modiolus modiolus* (Pferdemuschel). Vier weitere Arten sind der Kategorie 3 (gefährdet) zuzuordnen.

Summary

The year 2010 was the third year of the complex biological monitoring conducted in the German off-shore area (mainly the exclusive economical zone) of the North Sea by the Leibniz Institute of Baltic Sea Research Warnemünde (IOW) and commissioned and supported by the Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH). Phytoplankton (incl. chlorophyll *a*), mesozooplankton and macrozoobenthos were investigated at 12 stations (for benthos exceptionally 13 stations, Fig.1). The plankton was sampled at 5 cruises (Tab. 1) and the zoobenthos at 2 cruises.

The phytoplankton comprised 144 taxa, most of them belonging to the diatoms (Tab. A1, A2). In comparison to the previous year, 19 taxa disappeared from our list, but 25 were newly added (Tab. 5). The lowest diversity was found in January (43 taxa) and the highest in August/September (99 taxa). The 5 samples per year and station showed clear seasonal patterns (Tab. A1), but did not allow discussions on phytoplankton succession. The highest phytoplankton biomass occurred nearshore in spring and summer (cf. chl.*a*, Tab. 6, Fig. 3). In the past, we applied two different methods for calculation of chlorophyll *a* concentrations, which gave deviating results. A modification of the method for “total” chlorophyll *a* led to data which were comparable with those of the acidification method („Chl.a-kor“). Therefore it is recommended to use the values „Chl.a-kor“ up to year 2009 and the values “Chl.a-tot-NEU” since 2010. The bloom-forming *Phaeocystis* sp. was rare in our samples, but the abundancies of the potentially toxic *Chrysochromulina* spp. were relatively high. Sound information on the duration and magnitude of phytoplankton blooms is not possible because of the low temporal coverage. The most important species in terms of biomass were the large-sized *Rhizosolenia imbricate*, *Noctiluca scintillans*, *Mediopyxis helysia*, *Odontella sinensis* and *Coscinodiscus wailesii*.

In the mesozooplankton, a total of 157 taxa were identified in 2010. Arthropoda was the most frequent group with 80 taxa, followed by cnidarians with 27 taxa, polychaets with 15 taxa, and Echinodermata larvae with 9 taxa. The total exceeded the numbers of the previous year by 14 categories and the results in 2008 by 40 taxa. This is primarily a result of increasing skills for species identification especially in the field of cnidarians and meroplanktonic crustaceans. The spatial distribution of taxa according to the Margalef index of species richness showed a typical estuarine distribution, from the Elbe estuary at the station nearby Helgoland Island (HELGO) towards the central North Sea (stations NSGR2), with increasing numbers at growing distance to the river mouth. In coastal areas, the region off the North Frisian Islands (HELGO, AMRU2, SYLT1) was characterized by a smaller diversity than the region off the East Frisian Islands. This was reflected in the numbers of Pielous evenness index and is a result of the different origin of the water bodies. While the conditions of the North Frisian Islands are influenced by discharges of Weser and Elbe, those of the East Frisian region are rather a result of influences from the English Channel. This observation is consistent with the large-scale circulation in the North Sea and was also reflected in the results of a cluster analysis. Interestingly, the ten major taxonomic groups occurred in the course of a year earlier (May) off the North Frisian Islands than in the East Frisian area (August / September).

Macrozoobenthos was investigated during spring and autumn 2010 at 13 stations within the German offshore area (predominantly EEZ) of the North Sea. In both sampling campaigns altogether 286 species were recorded. Between the stations the species number varied from 16 (off Sylt) to 90 (ENTE₃). With 121 species (both campaigns added) the station at the central North Sea (ENTE₃) was most diverse. With only two exceptions the species richness was always higher in autumn than in spring. Similar to the species number the autumn densities were mostly higher than the spring ones.

The seasonal variability was extremely high at the shallow areas off Amrum and Sylt, where in spring only 161 and 49 ind./m² was registered respectively, whereas the values of autumn were 15 to 20fold higher. Partially the dominant species at stations varied significantly. With 60 to 80 % relative abundance *Ensis directus*, *Amphiura filiformis*, *Nucula nitidosa* and *Phoronis* sp. were dominant at different stations.

The ash free dry weight at stations ranged from 1.27 g/m² at station NSB₃ (south eastern White Bank) in autumn to 77,5 g/m² at the central North Sea (Entenschnabel) in spring. The very high value was caused by the occurrence of adults of the ocean quahog *Arctica islandica*. Biomass dominated groups and species at the sampled stations were very different. Bivalves (*Ensis directus*), sea urchins (*Echinocardium cordatum*) and polychaetes (*Lanice conchilega*, *Ophelia limacina*) showed the highest biomasses at the distinct stations. Two distinct groups of stations could be distinguished by cluster analysis. The distinctness was mainly caused by different water depths, different sediment characteristics and also different macrozoobenthic assemblages.

57 species from the Red List (RACHOR et al. in press) could be observed during this study. Four species belong to the category 2 (endangered). These species are *Buccinum undatum* (common whelk), *Alcyonium glomeratum* (red sea fingers), *Echiurus echiurus* (echiurid worm) and *Modiolus modiolus* (northern horse mussel). 4 additional species belong to the category 3 (vulnerable).

Danksagung

Die Autoren danken den am Nordseeüberwachungsprogramm beteiligten Mitarbeitern des Instituts für Ostseeforschung, insbesondere den mit der Probengewinnung und -bearbeitung betrauten Kolleginnen und Kollegen INES GLOCKZIN, REGINA HANSEN, ANNEMARIE JETTER, FRANK POHL, MICHAEL PÖTZSCH, INA TOPP, SVENJA ZIMMERMANN sowie den bei der Datenbearbeitung engagierten Kolleginnen und Kollegen Dr. STEFFEN BOCK, SABINE FEISTEL, TORALF HEENE und SOLVEY HÖLZEL. Den Kapitänen und Besatzungen der Forschungsschiffe „Celtic Explorer“, „Zirfaea“, „Atair“ und „Pelagia“ sowie den Fahrtleitern (Tab. 1) sei gedankt für die Ermöglichung der Teilnahme an den Fahrten und für die Unterstützung während der Messfahrten. Für die Hilfe bei der taxonomischen Nachbestimmung bzw. Bestätigung einiger Ascidien, Polychaeten bzw. Amphipoden sei Dr. Wolfgang Groepler (Jockgrim), Dr. Andreas Bick (Rostock) und Jan Beermann (Helgoland) herzlich gedankt.

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, 2010: Arbeitsplan 2010 zur Wahrnehmung meereskundlicher Aufgaben in der Ostsee und in der Nordsee durch das Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde für das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. – Hamburg, Januar 2010.
- CADEE, G.C., 1989. Increase of *Phaeocystis* blooms in the westernmost inlet of the Wadden Sea, the Marsdeep, since 1973. In: LANCELOT, C., BILLEN, G., BARTH, H. (Eds.), Eutrophication and algal blooms in North Sea coastal zones, the Baltic and adjacent areas. E. Guyot SA, Brüssel, pp. 105-112.
- DREBES, G. AND ELBRÄCHTER, M., 1976. A checklist of planktonic diatoms and dinoflagellates from Helgoland and List (Sylt), German Bight. – Bot. Mar., 19: 75-83.
- 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.
- EDWARDS, M., JOHNS, D.G., LETERME, S.C., SVERDSEN, E., RICHARDSON, A.J., 2006. Regional climate change and harmful algal blooms in the northeast Atlantic. – Limnol. Oceanog., 51: 820-829.
- 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.
- HALLEGRAEFF, G.M. et al., 2010. Algae of Australia. Phytoplankton of temperate coastal waters. – CSIRO Publishing, Melbourne. 421 pp.
- HELCOM, 2010: Manual for marine monitoring in the COMBINE programme of HELCOM, Part C. – Internet, updated 2010: http://www.helcom.fi/groups/monas/CombineManual/AnnexesC/en_GB/
- HINTZE, R., POPP, P., RECKERMANN, M., RUSER, A., KÖHLER, J., OCKENFELD, K., VANSELOW, K.H., 1999: Experiments for continuous chlorophyll fluorescence measurements in a mesocosm. – Ber. Forsch.- u. Technologiezent. Westküste d. Univ. Kiel 19, 11-25.
- HOPPENRATH, M., 2004. A revised checklist of planktonic diatoms and dinoflagellates from Helgoland (North Sea, German Bight). Helgol. Mar. Res., 58: 243-251.

- HOPPENRATH, M., ELBRÄCHTER, M. AND DREBES, G., 2009. Marine phytoplankton: selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt. *Kleine Senckenberg-Reihe*, 49, 49. Schweizerbarth, Stuttgart, 264 pp.
- JGOFS, 1993: Core measurement protocol. – Scientific Committee on Oceanic Research, Bergen (JGOFS Rep. No. 6).
- JOINT, I., POMROY, A., 1993. Phytoplankton Biomass and Production in the Southern North Sea. – *Marine Ecology Progress Series*, 99, 169-182.
- KRABERG, A., BAUMANN, M. AND DÜRSELEN, C.-D., 2010. Coastal phytoplankton. Photo guide for northern European seas. *Handbooks of Marine Flora and Fauna*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, 204 pp.
- LANCELOT, C., BILLEN, G., BARTH, H. (Eds.), 1991. The dynamics of *Phaeocystis* blooms in nutrient enriched coastal zones. E. Guyot SA, Brüssel.
- LORENZEN, C.J., 1967: Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. – *Limnology and Oceanography*, 12, 343-346.
- NEHRING, S., LEUCHS, H. 1999: Neozoa (Makrozoobenthos) an der deutschen Nordseeküste. Eine Übersicht. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Bericht-BfG-1200: 131pp
- NIELSEN, A., RICHARDSON, K., 1989. *Crysochromulina* bloom in Danish, Swedish and Norwegian waters, May-June 1988 - an analysis of extent, effects and causes. In: LANCELOT, C., BILLEN, G., BARTH, H. (Eds.), *Eutrophication and algal blooms in North Sea coastal zones, the Baltic and adjacent areas*. E. Guyot SA, Brüssel, pp. 11-25.
- 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.
- RACHOR, E., BÖNSCH, R., BOOS, K., GOSELCK, 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., im Druck: Rote Liste der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70(2).
- RAHMEL, J., BÄTJE, M., MICHAELIS, H., NOACK, U., 1995. *Phaeocystis globosa* and the phytoplankton succession in the East Frisian coastal waters. – *Helgoländer Meeresunters.*, 49, 399-408.
- ROBINSON, G.A., WALLER, D.R., 1966. The distribution of *Rhizosolenia styliformis* Brightwell and its varieties. In: BARNES, H. (Ed.), *Some contemporary studies in marine science*. George Allen and Unwin Ltd., London, pp. 645-663.

- SCHILLING, P., UHLIG, S., 2010: Phytoplankton ring test 2007. Identification, counting and biomass determination of synthetic and natural phytoplankton samples. Final report. Umweltbundesamt, 198 pp.
- STICH, H.B., BRINKER, A., 2005: Less is better: Uncorrected versus pheopigment-corrected photometric chlorophyll-a estimation. – Arch. Hydrobiol., **162**, 111-120.
- THRONDSSEN, J., HASLE, G.R., TANGEN, K., 2007. Phytoplankton of Norwegian coastal waters. – Almater Forlag As, Oslo. 341 pp.
- UNESCO, 1968: Zooplankton sampling. Monographs on oceanographic methodology 2. – The UNESCO Press, Paris, 174 pp.
- UTERMÖHL, H., 1958: Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. – Ass. intern. Limnol. théor., **9**, 1-38.
- WASMUND, N., 1984: Probleme der spektrophotometrischen Chlorophyllbestimmung. – Acta hydrochim. hydrobiol., **12**, 255-272.
- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H., ZETTLER, M.L. 2008: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2007. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **74**, 1-88.
- WASMUND, N., POSTEL, L., ZETTLER, M.L. 2009: Biologische Bedingungen in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee im Jahre 2008. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **79**, 61 pp.
- WASMUND, N., POSTEL, L., ZETTLER, M.L. 2010: Biologische Bedingungen in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee im Jahre 2009. – Meereswiss. Ber., Warnemünde, **82**, 79 pp.
- WASMUND, N., TOPP, I., SCHORIES, D. 2006: Optimising the storage and extraction of chlorophyll samples. – Oceanologia, **48**, 125-144.
- WELSCHMEYER, N.A., 1994: Fluorometric analysis of chlorophyll *a* in the presence of chlorophyll *b* and pheopigments. – Limnol. Oceanogr., **39**, 1985-1992.

ANHANG

Tab. A1 ab Seite 140
 Alphabetische Liste der im Jahre 2010 gefundenen Phytoplanktonarten mit ihrer taxonomischen Zugehörigkeit, Rangfolge entsprechend ihrer Biomasse und saisonales Vorkommen. In den letzten 3 Spalten: Vergleich mit den Funden von 2009 (WASMUND et al. 2010), den Kieselalgen- und Dinoflagellaten-Funde von Helgoland (1966-1971) und List (1972-1974) nach DREBES und ELBRÄCHTER (1976) und den Kieselalgen- und Dinoflagellaten-Funden von Helgoland (2001-2003) nach HOPPENRATH (2004); in der letzten Zeile ist die Gesamtzahl der in den genannten Listen genannten Taxa in Klammern gezeigt.

Tab. A2 ab Seite 146
 Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Taxa (in Prozent der Phytoplankton-Biomasse) in den oberen 10 m der Wassersäule während der Fahrten von 2010 an den 12 Untersuchungsstationen. Zu Beginn jedes Blocks ist die entsprechende durchschnittliche Phytoplanktonbiomasse (in µg/l) angegeben. „Unbestimmte“ wurden aus dieser Liste gelöscht, wenn sie jeweils <10% ausmachten, zugunsten nachfolgender identifizierter Taxa.

Tab. A3 ab Seite 153
 Liste der Zooplanktontaxa, die im Jahre 2010 im Rahmen des Biologischen Monitorings innerhalb in der Nordsee vom IOW Zooplankton Labor identifiziert wurden mit Angaben zur Erstbeschreibung, taxonomischer Stellung und ITIS –Code (TNS = Taxonomic Serial Number).

Tab. A4 ab Seite 158 unten
 Verbreitung des Makrozoobenthos an den 13 Stationen im Jahre 2010. In der 3. Spalte sind die Arten der Roten Liste (RACHOR et al. im Druck) indiziert (1=vom Aussterben bedroht, 2=stark gefährdet, 3=gefährdet, G=Gefährdung anzunehmen, R=extrem selten, V=Vorwarnliste, D=Daten defizitär, nb=nicht bewertet). Die Zahlen bei den Stationen bedeuten 1=nur im Frühjahr gefunden, 2=nur im Herbst gefunden, 3=im Frühjahr und Herbst gefunden.

Tab. A1

Alphabetische Liste der im Jahre 2010 gefundenen Phytoplanktonarten mit ihrer taxonomischen Zugehörigkeit, Rangfolge entsprechend ihrer Biomasse und saisonales Vorkommen. In den letzten 3 Spalten: Vergleich mit den Funden von 2009 (WASMUND et al. 2010), den Kieselalgen- und Dinoflagellaten-Funde von Helgoland (1966-1971) und List (1972-1974) nach DREBES und ELBRÄCHTER (1976) und den Kieselalgen- und Dinoflagellaten-Funden von Helgoland (2001-2003) nach HOPPENRATH (2004); in der letzten Zeile ist die Gesamtzahl der in den genannten Listen genannten Taxa in Klammern gezeigt.

Table A1

Alphabetic list of phytoplankton species from 2010 with class affiliation, rank number (according to biomass) and seasonal indicator. The last three columns compare our recent list with those from 2009 (WASMUND et al. 2010), the diatoms and dinoflagellates from the Helgoland area (1966-1971) und List (1972-1974) according to DREBES and ELBRÄCHTER (1976) and the diatoms and dinoflagellates from Helgoland (2001-2003) according to HOPPENRATH (2004). The total taxa number in these lists is given at the bottom in squared brackets.

Artname (Gesamtliste)	Klasse	Rang	Jan.	März	Mai	Aug./Sep.	Nov.	Wasmund et al. (2009)	Drebes und Elbrächter (1976)	Hoppenrath (2004)
<i>Actinocyclus octonarius</i> var. <i>octonarius</i>	Bacillarioph.	12	X	X	X	X		X	X	X
<i>Actinoptychus senarius</i>	Bacillarioph.	38	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Akashiwo sanguinea</i>	Dinophyc.	106				X	X	X	X	X
<i>Amphidinium crassum</i>	Dinophyc.	139			X			X		
<i>Apedinella radians</i>	Chrysophyc.	132					X	X		
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	Bacillarioph.	39		X	X	X	X	X	X	X
<i>Attheya septentrionalis</i>	Bacillarioph.	113		X	X			X	?	
<i>Bacillaria paxillifer</i>	Bacillarioph.	67				X	X	X	X	X
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	Bacillarioph.	61	X			X		X	X	X
<i>Biddulphia alternans</i>	Bacillarioph.	107				X	X	X	X	X
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	Bacillarioph.	78	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cerataulina pelagica</i>	Bacillarioph.	29		X	X	X	X	X	X	X
<i>Ceratium furca</i>	Dinophyc.	126					X	X	X	X
<i>Ceratium fusus</i>	Dinophyc.	43		X	X	X	X	X	X	X

<i>Ceratium horridum</i>	Dinophyc.	96		X	X	X	X	X	X	X
<i>Ceratium lineatum</i>	Dinophyc.	128		X		X	X	X	X	X
<i>Ceratium macroceros</i>	Dinophyc.	64	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ceratium tripos</i>	Dinophyc.	74	X		X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros affinis</i>	Bacillarioph.	93				X		X	X	X
<i>Chaetoceros contortus</i>	Bacillarioph.	111				X	X			
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Bacillarioph.	22		X		X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros danicus</i>	Bacillarioph.	62	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros debilis</i>	Bacillarioph.	26		X		X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Bacillarioph.	31		X	X	X		X	X	X
<i>Chaetoceros densus</i>	Bacillarioph.	46			X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros diadema</i>	Bacillarioph.	44		X		X		X	X	X
<i>Chaetoceros didymus</i> (incl. var. <i>didymus</i>)	Bacillarioph.	89			X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros lauderi</i>	Bacillarioph.	56				X		X	X	X
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Bacillarioph.	120		X				X		
<i>Chaetoceros socialis</i> (incl. f. <i>socialis</i>)	Bacillarioph.	51	X	X		X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp.	Bacillarioph.	8		X	X	X	X	X		
<i>Chaetoceros subtilis</i> var. <i>subtilis</i>	Bacillarioph.	131				X				X
<i>Chaetoceros teres</i>	Bacillarioph.	80		X				X	X	X
<i>Chrysochromulina</i> sp.	Prymnesioph.	23	X	X	X	X	X	X		
<i>Corethron hystrix</i>	Bacillarioph.	108		X						X
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	Bacillarioph.	41				X		X	X	X
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Bacillarioph.	16	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Coscinodiscus</i> sp.	Bacillarioph.	21	X	X	X	X		X		
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	Bacillarioph.	5		X				X		X
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Bacillarioph.	105	X	X	X	X	X	X		X
<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>	Prasinoph.	103			X					
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Bacillarioph.	70				X		X		
<i>Delphineis surirella</i>	Bacillarioph.	77		X			X	X	X	X

<i>Detonula pumila</i>	Bacillarioph.	40		X		X		X	X	X
<i>Dictyocha fibula</i>	Dictyochoph.	119				X	X	X		
<i>Dictyocha speculum</i>	Dictyochoph.	59		X	X	X	X	X		
<i>Dinobryon</i> sp.	Chrysophyc.	143			X	X		X		
<i>Dinophysis acuminata</i>	Dinophyc.	87			X	X	X	X	X	X
<i>Dinophysis acuta</i>	Dinophyc.	72				X		X	X	X
<i>Dinophysis norvegica</i>	Dinophyc.	114			X			X	X	X
<i>Dinophysis rotundata</i>	Dinophyc.	123			X		X	X	X	X
<i>Diplopsalis complex</i>	Dinophyc.	122				X		X		
<i>Dissodinium pseudolunula</i>	Dinophyc.	104			X			X	X	X
<i>Ditylum brightwellii</i>	Bacillarioph.	35	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ebria tripartita</i>	Ebriidea	116			X			X		
<i>Emiliania huxleyi</i>	Prymnesioph.	28		X	X	X	X			
<i>Eucampia zodiacus</i>	Bacillarioph.	6				X	X	X	X	X
<i>Eunotogramma dubium</i>	Bacillarioph.	144				X		X		X
<i>Eutreptiella</i> sp.	Euglenophyc.	92				X		X		
<i>Fragilaria islandica</i>	Bacillarioph.	135		X				X	X	
<i>Fragilaria oblonga</i>	Bacillarioph.	136		X				X		X
<i>Guinardia delicatula</i>	Bacillarioph.	25	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Guinardia flaccida</i>	Bacillarioph.	7	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Guinardia striata</i>	Bacillarioph.	14				X	X	X	X	X
<i>Gyrodinium</i> sp.	Dinophyc.	97		X		X	X	X		
<i>Gyrodinium spirale</i>	Dinophyc.	60		X	X	X	X	X	X	X
<i>Gyrosigma</i> sp.	Bacillarioph.	42	X	X	X	X	X	X		
<i>Heterocapsa rotundata</i>	Dinophyc.	90		X	X	X	X	X		X
<i>Katablepharis remigera</i>	Incertae sedis	129			X			X		
<i>Lauderia annulata</i>	Bacillarioph.	13	X	X		X	X	X	X	X
<i>Lennoxia faveolata</i>	Bacillarioph.	49			X	X				
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillarioph.	15				X	X	X	X	X

<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	Bacillarioph.	140				X		X		
<i>Leptocylindrus minimus</i>	Bacillarioph.	27	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Leucocryptos marina</i>	Incertae sedis	79	X	X	X	X	X	X		
<i>Mediopyxis helysia</i>	Bacillarioph.	3	X	X	X	X	X	X		
<i>Meringosphaera mediterranea</i>	Xanthophyc.	117				X				
<i>Mesodinium rubrum</i>	Litostomatea	37	X	X	X	X	X	X		
<i>Mesoporus perforatus</i>	Dinophyc.	110					X		X	X
<i>Meuniera membranacea</i>	Bacillarioph.	45					X	X		
<i>Nematodinium armatum</i> (incl. cf.)	Dinophyc.	109	X	X					X	X
<i>Nitzschia frigida</i> (incl. cf.)	Bacillarioph.	137		X				X		
<i>Nitzschia sp.</i>	Bacillarioph.	141			X			X		
<i>Noctiluca scintillans</i>	Dinophyc.	2			X		X	X	X	X
<i>Odontella aurita</i>	Bacillarioph.	32		X		X		X	X	X
<i>Odontella mobilensis</i>	Bacillarioph.	75	X				X	X	X	X
<i>Odontella regia</i>	Bacillarioph.	47				X			X	X
<i>Odontella rhombus</i>	Bacillarioph.	91					X	X	X	X
<i>Odontella sinensis</i>	Bacillarioph.	4	X			X	X	X	X	X
<i>Oxytoxum gracile</i>	Dinophyc.	121				X				
<i>Pachysphaera sp.</i>	Prasinoph.	102			X	X		X		
<i>Paralia sulcata</i>	Bacillarioph.	33	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Phaeocystis sp.</i>	Prymnesioph.	54		X	X	X		X		
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	Bacillarioph.	124				X				
<i>Plagiogrammopsis vanheurckii</i>	Bacillarioph.	127		X	X					X
<i>Podosira stelliger</i>	Bacillarioph.	66		X	X	X	X	X	X	X
<i>Porosira glacialis</i>	Bacillarioph.	95		X				X	X	X
<i>Proboscia alata</i>	Bacillarioph.	20	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Proboscia indica</i>	Bacillarioph.	19		X		X		X	X	X
<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyc.	48				X	X	X	X	X
<i>Prorocentrum minimum</i>	Dinophyc.	34			X			X		X

<i>Prorocentrum redfieldii</i>	Dinophyc.	88				X	X	X		X
<i>Protoperidinium bipes</i>	Dinophyc.	115	X	X	X	X		X	X	X
<i>Protoperidinium conicoides</i>	Dinophyc.	118			X			X		
<i>Protoperidinium depressum</i>	Dinophyc.	71		X	X			X	X	X
<i>Protoperidinium latidorsale</i>	Dinophyc.	85				X				
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	Dinophyc.	65			X		X	X	X	X
<i>Protoperidinium pentagonum</i>	Dinophyc.	101					X	X	X	X
<i>Protoperidinium</i> sp.	Dinophyc.	50	X		X	X	X	X		
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> group	Bacillarioph.	73	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i>	Bacillarioph.	84	X			X	X	X	X	X
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	Bacillarioph.	30	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	Bacillarioph.	133	X			X		X		
<i>Pseudopedinella</i> sp.	Chrysophyc.	130				X		X		
<i>Pyramimonas longicauda</i>	Prasinoph.	55				X	X	X		
<i>Pyramimonas</i> sp.	Prasinoph.	86	X		X	X		X		
<i>Rhizosolenia antennata</i> f. <i>antennata</i>	Bacillarioph.	81		X						
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	Bacillarioph.	82		X	X		X	X	X	X
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	Bacillarioph.	1	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia pungens</i>	Bacillarioph.	63				X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia setigera</i>	Bacillarioph.	18	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia similoides</i>	Bacillarioph.	100		X	X	X	X	X		cf.
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	Bacillarioph.	10	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Roperia tessellata</i>	Bacillarioph.	99		X			X	X		
<i>Scenedesmus</i> sp.	Chloroph.	142	X	X		X		X		
<i>Sclerodinium calyptroglyphe</i>	Dinophyc.	138					X			
<i>Scrippsiella</i> complex	Dinophyc.	134		X				X		
<i>Skeletonema</i> sp.	Bacillarioph.	68		X	X		X	X	X	X
<i>Stephanopyxis turris</i>	Bacillarioph.	57					X	X	X	X
<i>Synura</i> sp.	Chrysophyc.	112			X	X	X	X		

<i>Teleaulax</i> sp.	Cryptophyc.	36	X	X	X	X	X	X		
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	Bacillarioph.	125					X	X		X
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Bacillarioph.	98		X		X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira angulata</i>	Bacillarioph.	69	X	X				X		X
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	Bacillarioph.	76		X				X	X	X
<i>Thalassiosira constricta</i>	Bacillarioph.	11		X				X		
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	Bacillarioph.	52		X				X	X	X
<i>Thalassiosira hendeyi</i>	Bacillarioph.	58	X	X		X	X	X		X
<i>Thalassiosira pacifica</i>	Bacillarioph.	9		X				X		
<i>Thalassiosira punctigera</i>	Bacillarioph.	53	X	X		X		X		X
<i>Thalassiosira rotula</i>	Bacillarioph.	17		X		X	X	X		X
<i>Thalassiosira</i> sp.	Bacillarioph.	24	X	X	X	X	X	X		
<i>Thalassiosira tenera</i>	Bacillarioph.	83				X	X	X		X
<i>Torodinium robustum</i>	Dinophyc.	94	X		X	X	X	X	X	X
Anzahl der Taxa in 2010: 144		144	43	78	68	99	83	[138]	[153]	[210]

Tab. A2

Die 10 wichtigsten Phytoplankton-Taxa (in Prozent der Phytoplankton-Biomasse) in den oberen 10 m der Wassersäule während der Fahrten von 2010 an den 12 Untersuchungsstationen. Zu Beginn jedes Blocks ist die entsprechende durchschnittliche Phytoplanktonbiomasse (in µg/l) angegeben. „Unbestimmte“ wurden aus dieser Liste gelöscht, wenn sie jeweils <10% ausmachten, zugunsten nachfolgender identifizierter Taxa.

Table A2

The 10 most abundant phytoplankton taxa (percentage of total phytoplankton biomass) in the upper 10 m during the cruises from 2010. The mean phytoplankton biomass (in µg/l) is given on the top of each block. „Unidentified” were disregarded if the specimen accounted for less than 10 %.

Januar	%	März	%	Mai	%	August/September	%	November	%
AMRU2									
Phytopl.-Biomasse in µg/l	10	Phytopl.-Biomasse in µg/l	3145	Phytopl.-Biomasse in µg/l	5892	Phytopl.-Biomasse in µg/l	1975	Phytopl.-Biomasse in µg/l	1034
Actinoptychus senarius	72.3	Actinocyclus octonarius	40.1	Mediopyxis helsius	80.1	Eucampia zodiacus	44.1	Odontella sinensis	79.7
Peridinales	16.7	Chaetoceros	20.6	Chaetoceros decipiens	4.1	Mediopyxis helsius	22.0	Mediopyxis helsius	7.8
Centrales	5.1	Rhizosolenia setigera	9.1	Coscinodiscus	2.8	Rhizosolenia imbricata	6.0	Rhizosolenia setigera	4.2
Brockmanniella brockmannii	4.9	Thalassiosira pacifica	8.5	Rhizosolenia imbricata	2.6	Chaetoceros socialis	5.6	Actinoptychus senarius	1.7
Pennales	0.9	Coscinodiscus	3.9	Chaetoceros	2.4	Chaetoceros densus	3.9	Thalassiosira rotula	1.1
Cylindrotheca closterium	0.1	Actinoptychus senarius	3.8	Rhizosolenia setigera	2.3	Chaetoceros debilis	3.8	Cerataulina pelagica	1.0
Rhizosolenia imbricata	0.0	Thalassiosira constricta	3.5	Rhizosolenia styliformis	1.7	Cerataulina pelagica	2.2	Chaetoceros	0.5
Noctiluca scintillans	0.0	Chaetoceros diadema	3.4	Phaeocystis	0.9	Gyrosigma	1.9	Peridinales	0.4
Mediopyxis helsius	0.0	Chaetoceros debilis	1.4	Protoperidinium	0.7	Thalassiosira rotula	1.8	Thalassiosira	0.4
Odontella sinensis	0.0	Thalassiosira rotula	1.3	Pseudo-nitzschia delicatissima group	0.3	Rhizosolenia setigera	1.4	Chaetoceros curvisetus	0.3

DTEND									
Phytopl.-Biomasse in µg/l	247	Phytopl.-Biomasse in µg/l	3294	Phytopl.-Biomasse in µg/l	512	Phytopl.-Biomasse in µg/l	570	Phytopl.-Biomasse in µg/l	226
Odontella sinensis	64.9	Guinardia flaccida	80.2	Rhizosolenia imbricata	43.0	Actinocyclus normanii f. subsala	35.8	Rhizosolenia styliformis	38.2
Guinardia flaccida	16.8	Thalassiosira	4.1	Guinardia flaccida	15.2	Coccosphaerales	24.2	Delphineis surirella	13.8
Ceratium macroceros	4.0	Proboscia alata	2.2	Peridinales	9.0	Unidentified	16.5	Cryptomonadales	10.6
Peridinales	2.4	Proboscia indica	2.1	Gymnodiniales	4.6	Ceratium fusus	11.2	Gymnodiniales	9.6
Gymnodiniales	1.8	Craspedophyceae	1.5	Leptocylindrus minimus	4.5	Proboscia alata	3.9	Chaetoceros densus	7.9
Paralia sulcata	0.9	Lauderia annulata	1.1	Chrysochromulina	3.8	Dactyliosolen fragilissimus	3.0	Centrales	6.6
Chrysochromulina	0.9	Cerataulina pelagica	1.0	Mesodinium rubrum	2.8	Leptocylindrus danicus	1.4	Teleaulax	3.4
Proboscia alata	0.7	Chaetoceros debilis	0.9	Rhizosolenia styliformis	2.5	Ceratium tripos	0.8	Peridinium pentagonum	1.9
Teleaulax	0.6	Guinardia delicatula	0.8	Proboscia alata	2.5	Actinocyclus octonarius	0.6	Leucocryptos marina	1.0
Cryptomonadales	0.5	Rhizosolenia styliformis	0.8	Actinocyclus normanii f. subsala	1.8	Guinardia flaccida	0.5	Peridinales	0.9
ES1									
Phytopl.-Biomasse in µg/l	62	Phytopl.-Biomasse in µg/l	1082	Phytopl.-Biomasse in µg/l	13863	Phytopl.-Biomasse in µg/l	8878	Phytopl.-Biomasse in µg/l	705
Actinocyclus normanii f. subsala	29.8	Thalassiosira pacifica	74.8	Noctiluca scintillans	97.8	Rhizosolenia imbricata	79.8	Odontella sinensis	46.7
Paralia sulcata	19.6	Mediopyxis helsius	6.2	Coccolithus huxleyi	0.5	Odontella sinensis	11.1	Meuniera membranacea	12.2
Peridinales	17.7	Actinoptychus senarius	4.2	Gymnodiniales	0.4	Pseudo-nitzschia pungens	1.8	Guinardia flaccida	9.9
Teleaulax	14.7	Odontella aurita	3.8	Teleaulax	0.3	Thalassiosira rotula	1.7	Eucampia zodiacus	4.9
Gymnodiniales	6.2	Actinocyclus normanii f. subsala	3.5	Lennoxia faveolata	0.2	Odontella regia	1.7	Guinardia delicatula	4.2
Ceratium tripos	5.6	Teleaulax	1.9	Peridinales	0.2	Chaetoceros debilis	1.4	Stephanopyxis turris	2.9
Leptocylindrus minimus	1.9	Chaetoceros curvisetus	1.2	Cryptomonadales	0.1	Guinardia delicatula	0.7	Mediopyxis helsius	2.6
Thalassiosira	1.4	Thalassiosira	1.1	Gyrosigma	0.1	Eucampia zodiacus	0.5	Actinocyclus normanii f. subsala	2.0
Nematodinium armatum	1.4	Porosira glacialis	0.8	Mediopyxis helsius	0.1	Leptocylindrus danicus	0.3	Thalassiosira	1.7
Pyramimonas	1.0	Centrales	0.7	Mesodinium rubrum	0.0	Rhizosolenia pugens	0.2	Paralia sulcata	1.4

HELGO									
Phytopl.-Biomasse in µg/l	11	Phytopl.-Biomasse in µg/l	1542	Phytopl.-Biomasse in µg/l	3618	Phytopl.-Biomasse in µg/l	2177	Phytopl.-Biomasse in µg/l	360
Centrales	48.4	<i>Thalassiosira pacifica</i>	43.4	<i>Mediopyxis helysia</i>	86.8	<i>Odontella sinensis</i>	45.4	<i>Pyramimonas longicauda</i>	24.9
<i>Paralia sulcata</i>	30.2	<i>Thalassiosira constricta</i>	21.2	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	4.6	<i>Coscinodiscus concinnus</i>	9.2	Pennales	15.8
<i>Mediopyxis helysia</i>	21.2	<i>Rhizosolenia setigera</i>	16.7	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	3.8	<i>Eucampia zodiacus</i>	6.1	<i>Rhizosolenia setigera</i>	12.2
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0.2	<i>Thalassiosira rotula</i>	3.7	Teleaulax	0.6	<i>Chaetoceros debilis</i>	5.1	<i>Ditylum brightwellii</i>	8.1
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0.0	<i>Chaetoceros diadema</i>	3.3	<i>Chrysochromulina</i>	0.4	<i>Coscinodiscus</i>	4.6	<i>Mediopyxis helysia</i>	6.4
<i>Noctiluca scintillans</i>	0.0	<i>Coscinodiscus</i>	2.8	<i>Chaetoceros</i>	0.3	<i>Guinardia delicatula</i>	3.5	<i>Rhizosolenia pugens</i>	3.8
<i>Odontella sinensis</i>	0.0	<i>Mediopyxis helysia</i>	1.5	Peridinales	0.2	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	2.9	Centrales	3.8
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	0.0	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	1.3	<i>Katodinium rotundatum</i>	0.2	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	2.8	Peridinales	3.1
<i>Eucampia zodiacus</i>	0.0	<i>Actinocyclus normanii f. subsala</i>	1.2	Cryptomonadales	0.2	<i>Thalassiosira hendeyi</i>	2.1	<i>Chaetoceros</i>	2.7
<i>Guinardia flaccida</i>	0.0	<i>Chaetoceros</i>	1.0	Gymnodiniales	0.1	<i>Thalassiosira punctigera</i>	2.1	<i>Guinardia delicatula</i>	2.5
NEFB									
Phytopl.-Biomasse in µg/l	78	Phytopl.-Biomasse in µg/l	74	Phytopl.-Biomasse in µg/l	593	Phytopl.-Biomasse in µg/l	317	Phytopl.-Biomasse in µg/l	115
<i>Actinocyclus normanii f. subsala</i>	24.0	<i>Guinardia flaccida</i>	23.5	Peridinales	29.6	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	15.8	Pennales	27.7
Unidentified	18.1	<i>Ditylum brightwellii</i>	15.2	<i>Coccolithus huxleyi</i>	20.9	<i>Proboscia alata</i>	14.7	Unidentified	17.2
<i>Mesodinium rubrum</i>	16.2	<i>Thalassiosira</i>	11.6	Unidentified	19.2	<i>Actinocyclus normanii f. subsala</i>	12.8	Gymnodiniales	16.4
Peridinales	15.4	Peridinales	10.8	<i>Prorocentrum minimum</i>	11.1	<i>Rhizosolenia styliiformis</i>	10.0	<i>Odontella mobilensis</i>	12.4
Teleaulax	6.7	<i>Roperia tessellata</i>	9.1	<i>Protoperidinium pellucidum</i>	7.3	Gymnodiniales	9.3	Teleaulax	5.0
Cryptomonadales	4.7	<i>Porosira glacialis</i>	8.1	<i>Mesodinium rubrum</i>	3.5	Peridinales	6.7	<i>Protoperidinium</i>	3.1
Centrales	3.7	<i>Paralia sulcata</i>	6.1	Gymnodiniales	2.5	<i>Chaetoceros densus</i>	3.7	<i>Ditylum brightwellii</i>	2.5
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	3.2	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	3.8	<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>	1.1	<i>Dictyocha speculum</i>	3.4	<i>Paralia sulcata</i>	2.2
<i>Gyrosigma</i>	3.2	Teleaulax	3.6	<i>Chrysochromulina</i>	0.9	<i>Thalassiosira rotula</i>	3.0	<i>Chrysochromulina</i>	2.2
<i>Chrysochromulina</i>	1.7	<i>Gyrosigma</i>	3.0	<i>Pachysphaera</i>	0.8	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	2.5	<i>Gyrosigma</i>	2.2

NGW8									
Phytopl.-Biomasse in µg/l	130	Phytopl.-Biomasse in µg/l	115	Phytopl.-Biomasse in µg/l	284	Phytopl.-Biomasse in µg/l	4666	Phytopl.-Biomasse in µg/l	470
Actinocyclus normanii f. subsala	85.0	Peridinales	29.8	Prorocentrum minimum	35.6	Rhizosolenia imbricata	74.7	Odontella sinensis	70.2
Peridinales	3.9	Actinocyclus normanii f. subsala	23.5	Unidentified	28.7	Proboscia alata	14.2	Paralia sulcata	5.2
Gyrosigma	3.8	Thalassiosira constricta	8.5	Chrysochromulina	14.9	Leptocylindrus danicus	2.6	Gymnodinales	4.1
Cryptomonadales	2.6	Chaetoceros debilis	8.4	Mesodinium rubrum	6.0	Pseudo-nitzschia pungens	1.9	Guinardia delicatula	2.2
Chrysochromulina	1.9	Katodinium rotundatum	4.0	Teleaulax	2.9	Eucampia zodiacus	0.7	Peridinales	1.8
Gymnodinales	1.1	Cryptomonadales	3.7	Coccolithus huxleyi	2.8	Peridinales	0.7	Meuniera membranacea	1.8
Teleaulax	0.6	Gyrodinium spirale	2.9	Peridinales	2.0	Bacillaria paxillifer	0.6	Rhizosolenia styliformis	1.4
Pyramimonas	0.6	Teleaulax	2.9	Gymnodinales	1.8	Bacteriastrum hyalinum	0.5	Ceratium macroceros	1.2
Pseudo-nitzschia fraudulenta	0.2	Corethron criophilum	2.8	Pachysphaera	1.1	Gymnodinales	0.4	Chrysochromulina	0.9
Torodinium robustum	0.1	Paralia sulcata	2.2	Cryptomonadales	1.1	Hyalodiscus stelliger	0.3	Ditylum brightwellii	0.8
NSB3									
Phytopl.-Biomasse in µg/l	20	Phytopl.-Biomasse in µg/l	129	Phytopl.-Biomasse in µg/l	308	Phytopl.-Biomasse in µg/l	5375	Phytopl.-Biomasse in µg/l	1194
Gymnodinales	34.6	Coscinodiscus	33.4	Chrysochromulina	35.4	Rhizosolenia imbricata	61.1	Odontella sinensis	41.4
Chrysochromulina	15.3	Mesodinium rubrum	12.8	Mesodinium rubrum	21.4	Eucampia zodiacus	24.0	Rhizosolenia styliformis	36.2
Peridinales	14.9	Peridinales	10.1	Gymnodinales	13.3	Leptocylindrus danicus	6.8	Ceratium macroceros	2.7
Cryptomonadales	11.3	Chaetoceros curvisetus	6.7	Prorocentrum minimum	8.7	Guinardia delicatula	1.7	Ditylum brightwellii	2.1
Torodinium robustum	6.1	Rhizosolenia imbricata	5.7	Peridinales	6.1	Gymnodinales	0.9	Chaetoceros	1.8
Teleaulax	5.4	Thalassiosira	5.6	Cryptomonadales	3.6	Thalassiosira rotula	0.8	Hyalodiscus stelliger	1.7
Pyramimonas	1.5	Thalassiosira rotula	4.2	Teleaulax	2.5	Cerataulina pelagica	0.7	Guinardia delicatula	1.5
Pseudo-nitzschia delicatissima group	0.5	Rhizosolenia hebetata	2.2	Lennoxia faveolata	2.4	Guinardia striata	0.6	Centrales	1.4
Skeletonema	0.4	Ditylum brightwellii	2.2	Craspedophyceae	1.4	Dictyocha speculum	0.6	Paralia sulcata	1.0
Pennales	0.2	Centrales	2.0	Leucocryptos marina	1.0	Lauderia annulata	0.4	Peridinales	1.0

NSGR2									
Phytopl.-Biomasse in µg/l	90	Phytopl.-Biomasse in µg/l	2786	Phytopl.-Biomasse in µg/l	993	Phytopl.-Biomasse in µg/l	736	Phytopl.-Biomasse in µg/l	438
Gymnodiniales	36.0	Coscinodiscus wailesii	56.9	Leptocylindrus minimus	35.3	Odontella sinensis	44.8	Guinardia flaccida	23.8
Unidentified	28.8	Guinardia flaccida	7.5	Rhizosolenia imbricata	11.8	Peridinales	16.3	Rhizosolenia styliformis	19.7
Protoperdinium	9.6	Detonula pumila	5.8	Proboscia alata	8.3	Chrysochromulina	6.2	Cerataulina pelagica	12.0
Centrales	6.4	Thalassiosira eccentrica	3.5	Guinardia flaccida	7.0	Coccosphaerales	5.8	Gymnodiniales	12.0
Ditylum brightwellii	3.1	Thalassiosira rotula	3.2	Chrysochromulina	6.1	Gymnodiniales	5.7	Pseudo-nitzschia pungens	5.0
Chrysochromulina	2.9	Cerataulina pelagica	3.2	Rhizosolenia styliformis	5.8	Rhizosolenia styliformis	5.2	Thalassiosira rotula	4.3
Chaetoceros danicus	2.4	Lauderia annulata	2.4	Dictyocha speculum	4.3	Chaetoceros	2.4	Thalassiosira hendeyi	2.7
Cryptomonadales	2.4	Rhizosolenia styliformis	2.1	Peridinales	3.9	Ceratium fusus	2.4	Ditylum brightwellii	2.5
Paralia sulcata	2.2	Thalassiosira angulata	2.0	Prorocentrum minimum	1.5	Gyrodinium spirale	2.3	Guinardia striata	2.0
Pyramimonas	1.3	Chaetoceros danicus	1.7	Mesodinium rubrum	1.4	Coccolithus huxleyi	2.2	Chrysochromulina	2.0
SWWBA									
Phytopl.-Biomasse in µg/l	86	Phytopl.-Biomasse in µg/l	879	Phytopl.-Biomasse in µg/l	510	Phytopl.-Biomasse in µg/l	436	Phytopl.-Biomasse in µg/l	301
Rhizosolenia styliformis	29.5	Coscinodiscus wailesii	60.1	Chrysochromulina	34.0	Gymnodiniales	25.1	Rhizosolenia styliformis	57.3
Lauderia annulata	17.5	Lauderia annulata	7.9	Prorocentrum minimum	19.8	Peridinales	16.5	Gymnodiniales	11.8
Unidentified	10.9	Thalassiosira rotula	4.5	Peridinales	15.7	Ceratium fusus	11.9	Guinardia flaccida	5.8
Peridinales	7.8	Guinardia flaccida	4.0	Leptocylindrus minimus	5.1	Chrysochromulina	8.5	Centrales	3.2
Gyrosigma	5.8	Cerataulina pelagica	3.8	Proboscia alata	2.8	Rhizosolenia styliformis	5.8	Paralia sulcata	2.0
Rhizosolenia imbricata	5.7	Thalassiosira eccentrica	2.8	Gymnodiniales	2.4	Dactyliosolen fragilissimus	4.8	Cryptomonadales	1.8
Gymnodiniales	3.9	Peridinales	2.2	Mesodinium rubrum	2.0	Coccosphaerales	4.4	Chrysochromulina	1.6
Chrysochromulina	3.4	Mesodinium rubrum	1.9	Protoperdinium pellucidum	2.0	Chaetoceros curvisetus	3.8	Thalassiosira rotula	1.6
Thalassiosira hendeyi	3.4	Thalassiosira punctigera	1.8	Ceratium tripos	1.7	Teleaulax	3.4	Roperia tessellata	1.6
Cryptomonadales	3.3	Thalassiosira angustilineata	1.4	Coccolithus huxleyi	1.3	Cryptomonadales	2.4	Teleaulax	1.0

SYLT1									
Phytopl.-Biomasse in µg/l	38	Phytopl.-Biomasse in µg/l	7797	Phytopl.-Biomasse in µg/l	864	Phytopl.-Biomasse in µg/l	7451	Phytopl.-Biomasse in µg/l	5031
Guinardia flaccida	54.6	Coscinodiscus wailesii	27.1	Rhizosolenia imbricata	22.3	Rhizosolenia imbricata	96.5	Noctiluca scintillans	89.9
Actinocyclus octonarius	29.6	Chaetoceros	20.6	Mediopyxis helsysia	15.2	Gymnodiniales	0.5	Odontella sinensis	6.6
Actinoptychus senarius	9.4	Thalassiosira constricta	19.2	Chaetoceros decipiens	11.5	Rhizosolenia pugens	0.5	Rhizosolenia styliiformis	1.0
Centrales	3.8	Thalassiosira pacifica	8.8	Lennoxia faveolata	9.2	Leptocylindrus minimus	0.4	Rhizosolenia setigera	0.5
Teleaulax	1.7	Thalassiosira	5.3	Cryptomonadales	7.7	Cerataulina pelagica	0.3	Actinocyclus normanii f.	0.5
Rhizosolenia setigera	0.5	Coscinodiscus	5.0	Protoperidinium depressum	5.1	Teleaulax	0.2	Ditylum brightwellii	0.2
Chaetoceros danicus	0.4	Thalassiosira rotula	4.6	Chaetoceros	3.7	Dictyocha speculum	0.1	Thalassiosira rotula	0.2
Pennales	0.1	Odontella aurita	3.7	Coscinodiscus	3.2	Chaetoceros	0.1	Actinoptychus senarius	0.2
Rhizosolenia imbricata	0.0	Rhizosolenia setigera	2.4	Protoperidinium	2.9	Peridinales	0.1	Lauderia annulata	0.2
Noctiluca scintillans	0.0	Mediopyxis helsysia	1.1	Guinardia flaccida	2.3	Guinardia delicatula	0.1	Protoperidinium	0.2
UFSDB									
Phytopl.-Biomasse in µg/l	973	Phytopl.-Biomasse in µg/l	235	Phytopl.-Biomasse in µg/l	301	Phytopl.-Biomasse in µg/l	4218	Phytopl.-Biomasse in µg/l	1315
Actinocyclus normanii f. subsala	48.8	Unidentified	47.1	Unidentified	45.1	Lauderia annulata	31.3	Rhizosolenia styliiformis	32.3
Actinocyclus octonarius	32.8	Thalassiosira constricta	9.6	Gymnodiniales	14.7	Peridinales	15.8	Odontella sinensis	25.1
Coscinodiscus	5.7	Rhizosolenia setigera	7.2	Teleaulax	9.6	Chaetoceros curvisetus	14.6	Paralia sulcata	15.3
Centrales	2.5	Chaetoceros debilis	6.8	Chrysochromulina	8.3	Odontella sinensis	11.7	Eucampia zodiacus	4.8
Paralia sulcata	1.5	Paralia sulcata	5.7	Mesodinium rubrum	7.7	Eucampia zodiacus	5.6	Meuniera membranacea	2.7
Gymnodiniales	1.2	Thalassiosira punctigera	5.5	Peridinales	5.7	Guinardia delicatula	3.8	Peridinales	2.2
Teleaulax	0.6	Thalassiosira pacifica	5.2	Cryptomonadales	4.1	Prorocentrum micans	2.7	Ditylum brightwellii	1.5
Gyrosigma	0.5	Actinocyclus normanii f. subsala	4.0	Coccolithus huxleyi	1.8	Chaetoceros debilis	1.9	Odontella rhombus	1.3
Cryptomonadales	0.3	Peridinales	2.1	Lennoxia faveolata	1.1	Mediopyxis helsysia	1.6	Coccosphaerales	1.1
Minuscula bipes	0.3	Gyrodinium spirale	1.4	Katodinium rotundatum	1.1	Dinophysis acuta	1.2	Odontella mobilensis	1.1

URST3									
Phytopl.-Biomasse in µg/l	17	Phytopl.-Biomasse in µg/l	73	Phytopl.-Biomasse in µg/l	289	Phytopl.-Biomasse in µg/l	7846	Phytopl.-Biomasse in µg/l	2850
Odontella mobilensis	28.6	Peridinales	27.4	Chrysochromulina	27.4	Rhizosolenia imbricata	39.2	Odontella sinensis	69.4
Thalassiosira punctigera	25.9	Unidentified	20.8	Gymnodiniales	18.6	Guinardia striata	17.1	Rhizosolenia styliiformis	12.6
Cryptomonadales	14.8	Chaetoceros debilis	9.6	Peridinales	11.8	Proboscia indica	12.6	Stephanopyxis turris	2.9
Paralia sulcata	9.8	Mesodinium rubrum	7.8	Coscinodiscus	9.6	Eucampia zodiacus	12.1	Guinardia striata	2.3
Gymnodiniales	4.5	Centrales	6.6	Craspedophyceae	6.8	Leptocylindrus danicus	9.5	Guinardia flaccida	1.2
Chrysochromulina	4.0	Gymnodiniales	5.6	Cryptomonadales	5.3	Thalassiosira rotula	1.5	Paralia sulcata	1.0
Teleaulax	3.8	Chaetoceros	4.8	Leucocryptos marina	3.3	Chaetoceros	0.9	Gyrosigma	1.0
Pyramimonas	3.6	Teleaulax	4.7	Teleaulax	3.2	Ditylum brightwellii	0.6	Thalassiosira rotula	0.9
Peridinales	3.1	Rhizosolenia hebetata	3.9	Lennoxia faveolata	2.9	Cerataulina pelagica	0.6	Lauderia annulata	0.9
Chaetoceros danicus	1.4	Gyrosigma	3.0	Rhizosolenia imbricata	2.4	Actinoptychus senarius	0.6	Guinardia delicatula	0.9

Tab. A3

Liste der Zooplanktontaxa, die im Jahre 2010 im Rahmen des Biologischen Monitorings innerhalb in der Nordsee vom IOW Zooplankton Labor identifiziert wurden mit Angaben zur Erstbeschreibung, taxonomischer Stellung und ITIS –Code (TNS = Taxonomic Serial Number).

Table A3

Compilation of zooplankton taxa identified by the IOW zooplankton laboratory in the frame of the biological monitoring in the North Sea in 2010 with indication of author and year of original description, taxonomic affiliation and ITIS – code (TNS = Taxonomic Serial Number).

scientific name	ITIS-code TSN	author, year	taxonomy phylum	subphylum	class	subclass	superorder	order	suborder
OLIGOCHAETA	68422		Annelida		Clitellata	Oligochaeta			
LANICE	68036	Malmgren, 1866	Annelida		Polychaeta	Palpa		Canalipalpata	Terebellida
MAGELONA	67043	Mueller, 1858	Annelida		Polychaeta	Palpa		Canalipalpata	
HARMOTHOE	64502	Kinberg, 1855	Annelida		Polychaeta	Palpata		Aciculata	Phyllodocida
TOMOPTERIS	65460	Eschscholtz, 1825	Annelida		Polychaeta	Palpata		Aciculata	Phyllodocida
HARMOTHOE	64502	Kinberg, 1855	Annelida		Polychaeta	Palpata		Aciculata	Phyllodocida
ANAITIDES	65229	Czerniavsky, 1882	Annelida		Polychaeta	Palpata		Aciculata	Phyllodocida
MYRIANIDA	65862	H.Milne Edwards, 1845	Annelida		Polychaeta	Palpata		Aciculata	Phyllodocida
PECTINARIA	67706	Savigny in Lamarck, 1818	Annelida		Polychaeta	Palpata		Canalipalpata	Terebellida
SPIONIDAE	66781	Grube, 1850	Annelida		Polychaeta	Palpata		Canalipalpata	Spionida
OWENIA	67645	Delle Chiaje, 1841	Annelida		Polychaeta	Palpata		Canalipalpata	Sabellida
POECILOCHAETUS	67081	Claparede, 1875	Annelida		Polychaeta	Palpata		Canalipalpata	Spionida
POLYDORA	66789	Bosc, 1802	Annelida		Polychaeta	Palpata		Canalipalpata	Spionida
POLYGORDIUS	68419	Schneider, 1868	Annelida		Polychaeta	Palpata		Canalipalpata	
POLYCHAETA	64358		Annelida		Polychaeta				
ACARI	733321		Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari			
EVADNE	83960	Lovén, 1836	Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	Phyllopoda		Diplostraca	Cladocera
PODONIDAE	621207	Mordukhai-Boltovskoi, 1968	Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	Phyllopoda		Diplostraca	Cladocera
EVADNE NORDMANNI	83961	Lovén, 1836	Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	Phyllopoda		Diplostraca	Cladocera
PODON LEUCKARTII	83966	G. O. Sars, 1862	Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	Phyllopoda		Diplostraca	Cladocera
EVADNE SPINIFERA	83963	P. E. Müller, 1867	Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	Phyllopoda		Diplostraca	Cladocera

scientific name	ITIS-code TSN	author, year	taxonomy phylum	subphylum	class	subclass	superorder	order	suborder
PENILIA AVIROSTRIS	83836	Dana, 1849	Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	Phyllopoda		Diplostraca	Cladocera
CORYSTES CASSIVELANUS	98660		Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda	Pleocyemata
CRANGON CRANGON	97118	Linnaeus, 1758	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda	Pleocyemata
LIOCARCINUS	660431	Stimpson, 1871	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda	Pleocyemata
CRANGON ALLMANNI	97135		Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda	Pleocyemata
PAGURUS BERNHARDUS	97805		Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda	Pleocyemata
PANDALINA BREVIROSTRIS	97059		Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda	Pleocyemata
PAGURUS	97775	Fabricius, 1775	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda	Pleocyemata
EBALIA	98377	Leach, 1817	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda	Pleocyemata
PHILOCHERAS BISPINOSUS	97190		Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda	Pleocyemata
PINNOTHERES	98974	Latreille, 1802	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda	Pleocyemata
EUPHAUSIACEA	95496	Dana, 1852	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Euphausiacea	
DECAPODA	95599	Latreille, 1802	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida		
GAMMARIDEA	93295	Latreille, 1802	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Amphipoda	Gammaridea
HYPERIIDEA	95107	Milne-Edwards, 1830	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Amphipoda	Hyperiidea
DIASTYLIS	90836	Say, 1818	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Cumacea	
PSEUDOCUMA	90930	Sars, 1865	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Cumacea	
LOPHOGASTRIDA	89808	Sars, 1870	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Lophogastrida	
ISOPODA	92120	Latreille, 1817	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Peradarida	Isopoda	
CAPRELLA LINEARIS	95395	Linnaeus, 1767	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Amphipoda	Caprellidea
CAPRELLIDAE	95375	Leach, 1814	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Amphipoda	Caprellidea
AMPHIPODA	93294	Latreille, 1816	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Amphipoda	
CUMACEA	90745	Krøyer, 1846	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Cumacea	
GALATHEA	98047	Fabricius, 1793	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Decapoda	Pleocyemata
CALIANASSA	97733	Leach, 1814	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Decapoda	Pleocyemata
CARCINUS MAENAS	98734	Linnaeus, 1758	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Decapoda	Pleocyemata
MACROPODIA ROSTRATA	98555	Linnaeus, 1761	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Decapoda	Pleocyemata
PORCELLANA	98086	Lamarck, 1801	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Decapoda	Pleocyemata
PROCESSA	96942	Leach, 1815	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Decapoda	Pleocyemata
PROCESSA MODICA MODICA	?		Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Decapoda	Pleocyemata
PROCESSA NOUVELI	?		Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Decapoda	Pleocyemata

scientific name	ITIS- code TSN	author, year	taxonomy phylum	subphylum	class	subclass	superorder	order	suborder
HOLTHUISI									
UPOGEBIA DELTAURA	98210	Leach, 1815	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Decapoda	Pleocyemata
UPOGEBIA STELLATA	98212	Montagu, 1808	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca		Decapoda	Pleocyemata
EUALUS PUSIOLUS	96811	Krøyer, 1841	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda	Pleocyemata
CYCLOPINA	88863	Claus, 1863	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Cyclopoida		
ANOMALOCERA PATERSONI	86065	Templeton, 1837	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
CALANUS	85263	Leach, 1819	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
CALANUS HELGOLANDICUS	85276	Claus, 1863	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
CANDACIA ARMATA	86024	Boeck, 1872	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
CENTROPAGES	85761	Krøyer, 1849	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
CENTROPAGES HAMATUS	85766	Lilljeborg, 1853	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
CENTROPAGES TYPICUS	85767	Krøyer, 1849	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
METRIDIA LUCENS	85741	Boeck, 1865	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
MICROCALANUS PIGMAEUS	85368	G. O. Sars, 1900	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
PARA+PSEUDOCALANUS			Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
PARACALANUS PARVUS	85323	Claus, 1863	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
PSEUDOCALANUS	85369	Boeck, 1872	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
TEMORA LONGICORNIS	85877	O.F.Müller, 1785	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
ACARTIA CLAUSI	86085	Giesbrecht, 1889	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
ISIAS CLAVIPES	205935	Boeck, 1865	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea	Calanoida	
METRIDIA	85734	Boeck, 1865	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Gymnoplea		Metridinidae
CANDACIA	86020	Dana, 1846	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Necopepoda	Calanoida	
OITHONA ATLANTICA	88824	Farran, 1908	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Necopepoda	Cyclopoida	
OITHONA SIMILIS	88805	Claus, 1866	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Necopepoda	Cyclopoida	
CLYTEMNESTRA	86441	Dana, 1849	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Necopepoda	Harpacticoida	
MICROSETELLA NORVEGICA	86209	Boeck, 1865	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Necopepoda	Harpacticoida	
ALTEUTHA INTERRUPTA	206044	Goodsir, 1845	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Necopepoda	Harpacticoida	
CALIGUS	89009	O.F.Müller, 1785	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Necopepoda	Siphonostomatoida	
HARPACTICOIDA	86110	G. O. Sars, 1903	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Necopepoda		
CYCLOPOIDA	88530	Burmeister, 1834	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Podoplea	Cyclopoida	

scientific name	ITIS- code TSN	author, year	taxonomy phylum	subphylum	class	subclass	superorder	order	suborder
EUTERPINA ACUTIFRONS	86546	Dana, 1849	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Podoplea	Harpacticoida	
LONGIPEDIA	86127	Claus, 1863	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Podoplea	Harpacticoida	
MICROSETELLA	86208	Brady and Robertson, 1873	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Podoplea	Harpacticoida	
CLYTEMNESTRA SCUTELLATA	86443	Dana, 1849	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Podoplea	Harpacticoida	
CORYCAEUS	88571	Dana, 1846	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda	Podoplea		Corycaeidae
ACARTIA	86084	Dana, 1846	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda		Calanoida	
METRIDIA LONGA	85746	Lubbock, 1854	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda		Calanoida	
ANOMALOCERA	86064	Templeton, 1837	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Copepoda		Calanoida	
PELTOGASTER PAGURI	89745	Rathke, 1842	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Thecostraca	Rhizocephala	Kentrogonida	
CIRRIPIEDIA	89433	Burmeister, 1843	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	Thecostraca	Cirripedia		
CALANUS FINMARCHICUS	85272	Gunner, 1765	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda		Copepoda	Calanoida	
COPEPODA	85257	Milne-Edwards, 1840	Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda				
OSTRACODA	84195	Latreille, 1802	Arthropoda	Crustacea	Ostracoda				
CRUSTACEA	83677	Brünnich, 1772	Arthropoda	Crustacea					
PARASAGITTA SETOSA	158795	Mueller, 1847	Chaetognatha		Sagittoidae			Aphragmophora	Ctinodontina
SAGITTIDAE	158726	Claus and Grobben, 1905	Chaetognatha		Sagittoidae			Aphragmophora	Ctinodontina
CHAETOGNATHA	158650		Chaetognatha						
FRITILLARIA BOREALIS	159675	Lamarck, 1816	Chordata	Tunicata	Appendicularia			Copelata	
OIKOPLEURA DIOICA	159669		Chordata	Tunicata	Appendicularia			Copelata	
DOLIOLUM NATIONALIS	159640	Borgert, 1893	Chordata	Tunicata	Thaliacea			Doliolida	
PLEURONECTES PLATESSA	172902	Linnaeus, 1758	Chordata	Vertebrata	Actinopterygii	Neopterygii	Acanthopterygii	Pleuronectiformes	Pleuronectoidei
SARDINA PILCHARDUS	161813	Walbaum, 1792	Chordata	Vertebrata	Actinopterygii	Neopterygii	Clupeomorpha	Clupeiformes	Clupeoidei
TELEOSTEI	161105		Chordata	Vertebrata	Actinopterygii	Neopterygii	Teleostei		
BRANCHIOSTOMA	159681	Costa, 1834	Chordata		Cephalochordata			Amphioxiformes	
AURELIA AURITA	51701	Linnaeus, 1758	Cnidaria	Medusozoa	Scyphozoa	Discomedusae		Semaeostomeae	
CYANEA LAMARCKI	51678	Péron and Lesueur, 1809	Cnidaria	Medusozoa	Scyphozoa	Discomedusae		Semaeostomeae	
CERIANTHIDAE	51985	Milne-Edwards and Haime, 1852	Cnidaria		Anthozoa	Ceriantipatharia		Ceriantharia	
BOUGAINVILLIA	48766	Lesson, 1836	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Anthoathecata	Filifera

scientific name	ITIS-code TSN	author, year	taxonomy phylum	subphylum	class	subclass	superorder	order	suborder
LIZZIA BLONDINA	48874	Forbes, 1848	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Anthoathecata	Filifera
EUPHYSA AURATA	48976	Forbes, 1848	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Anthoathecata	Capitata
LEUCKARTIARA OCTONA	49146	Fleming, 1823	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Anthoathecata	Filifera
STEENSTRUPIA NATANS	48970	M.Sars, 1835	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Anthoathecata	Capitata
ANTHOATHECATAE	718925		Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Anthoathecatae	
ECTOPLEURA DUMORTIERII	719102	van Beneden, 1844	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Anthoathecatae	Capitata
SARSIA TUBULOSA	49055	M. Sars, 1835	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Anthoathecatae	Capitata
BOUGAINVILLIA MUSCUS	48800	Allman, 1863	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Anthoathecatae	Filifera
BOUGAINVILLIA PRINCIPES	48773	Steenstrup, 1850	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Anthoathecatae	Filifera
BOUGAINVILLIA BRITANNICA	48779	Forbes, 1841	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Anthoathecatae	Filifera
RATHKEA OCTOPUNCTATA	49387	M.Sars, 1835	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Filifera	Rathkeidae
CLYTIA HEMISPHERICA	49583	Linnaeus, 1767	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Leptothecatae	
EUCHEILOTA MACULATA	50576	Hartlaub, 1894	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Leptothecatae	
EUTIMA GRACILIS	49815	Forbes and Goodsire, 1853	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Leptothecatae	
LEPTOTHECATAE	718926		Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Leptothecatae	
OBELIA	49514	Péron and Lesueur, 1810	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Leptothecatae	
EUTONINA INDICANS	49828	Romanes, 1876	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Leptothecatae	
HELGICIRRHA SCHULZEI	49839	Hartlaub, 1909	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Leptothecatae	
AGALMATIDAE	718956	Brandt, 1835	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Siphonophorae	Physonectae
HYDROIDOLINA	718924		Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina			
MUGGIAEA ATLANTICA	51297	Cunningham, 1892	Cnidaria		Hydrozoa	Hydroidolina		Siphonophorae	Calycophorae
ACTINULIDA	50864	Swedmark and Teissier, 1958	Cnidaria		Hydrozoa	Trachylina		Actinulida	
AGLANTHA DIGITALE	719178	O.F.Müller, 1776	Cnidaria		Hydrozoa	Trachylina		Trachymedusae	
BEROE	53954	Gronov, 1760	Ctenophora		Nuda			Beroidea	
PLEUROBRACHIA	53861	Fleming, 1822	Ctenophora		Tentaculata			Cydidippida	
CTENOPHORA	53856	Eschscholtz, 1829	Ctenophora						
ASTERIAS RUBENS	157220	Linnaeus, 1758	Echinodermata	Eleutherozoa	Asteroida	Asterozoa		Forcipulatida	
ASTERIAS	157215	Linnaeus, 1758	Echinodermata	Eleutherozoa	Asteroidea			Forcipulatida	

scientific name	ITIS- code TSN	author, year	taxonomy phylum	subphylum	class	subclass	superorder	order	suborder
ECHINOCARDIUM	158128		Echinodermata	Eleutherozoa	Echinoidea	Euechinoidea	Atelostomata	Spatangoida	Micrasterina
SPATANGOIDA	158069	Claus, 1876	Echinodermata	Eleutherozoa	Echinoidea	Euechinoidea		Spatangoida	
OPHIOTHRIX FRAGILIS	157804		Echinodermata	Eleutherozoa	Ophiuroidea		Ophiurida	Gnathophiurina	
OPHIURA	157411	Lamarck, 1801	Echinodermata	Eleutherozoa	Ophiuroidea			Ophiurida	Chilophiurina
OPHIURIDEA	157384	Lyman, 1865	Echinodermata	Eleutherozoa	Ophiuroidea			Ophiurida	Chilophiurina
OPHIURIDAE	157384	Lyman, 1865	Echinodermata	Eleutherozoa	Ophiuroidea			Ophiurida	Chilophiurina
PSAMMECHINUS MILIARIS	157954		Echinodermata	Eleutherozoa		Euechinoidea	Echinacea	Echinoidea	
GYMNOLAEMATA	155471		Ectoprocata		Gymnolaemata				
ENTEROPNEUSTA	158617		Hemichordata						
BIVALVIA	79118	Linnaeus, 1758	Mollusca		Bivalvia				
CEPHALOPODA	82326	Cuvier, 1797	Mollusca		Cephalopoda				
CLIONE	78088	Pallas, 1774	Mollusca		Gastropoda			Gymnosomata	
GASTROPODA	69459	Cuvier, 1797	Mollusca		Gastropoda				
NEMATA	563956		Nemata						
NEMERTEA	57411		Nemertea						
PHORONIS MUELLERI	206663	Selys-Longchamps, 1903	Phoronida						
ALAUINA COMPOSITA	54024		Platyhelminthes		Turbellaria	Archoophora		Macrostomida	
TURBELLARIA	53964		Platyhelminthes		Turbellaria				
NOCTILUCA SCINTILLANS	10150	(Macartney) Kofoid and Swezy, 1921			Dinophyceae			Noctilucales	

Tab. A4

Verbreitung des Makrozoobenthos an den 13 Stationen im Jahre 2010. In der 3. Spalte sind die Arten der Roten Liste (RACHOR et al. im Druck) indiziert (1=vom Aussterben bedroht, 2=stark gefährdet, 3=gefährdet, G=Gefährdung anzunehmen, R=extrem selten, V=Vorwarnliste, D=Daten defizitär, nb=nicht bewertet). Die Zahlen bei den Stationen bedeuten 1=nur im Frühjahr gefunden, 2=nur im Herbst gefunden, 3=im Frühjahr und Herbst gefunden.

Table A4

Distribution of macrozoobenthos at 13 stations in 2010. In the third column the red list (RACHOR et al. in press) species are indicated (1=critically endangered, 2=endangered, 3=vulnerable, G=probably vulnerable, R=extreme rare, V=near threatened, D=data deficient, nb=not evaluated). The numbers at stations indicate 1=recorded in spring, 2=recorded in autumn, 3=recorded in spring and autumn.

Gruppe	Name	RL	AMRU2	DTEND	ENTE3	ESF1	HELGO	NEFB	NGW8	NSB3	NSGR2	SWWBA	SYLT1	UFSDB	URST3
Amphipoda	<i>Abludomelita obtusata</i>	*		2		3	3	3	1	3	3	3		3	3
Bivalvia	<i>Abra alba</i>	*				3	2	2	3	2				3	3
Bivalvia	<i>Abra nitida</i>	G		2	3		2	3		2	2	2		3	
Bivalvia	<i>Abra prismatica</i>	D		2	2						3				
Bivalvia	<i>Acanthocardia echinata</i>	G			3					2					
Pycnogonida	<i>Achelia hispida</i>	R					2								
Gastropoda	<i>Acteon tornatilis</i>	V			3				3	1				2	2
Bryozoa	<i>Alcyonidium diaphanum</i>	*		3			2			2					
Bryozoa	<i>Alcyonidium polyoum</i>	D				3	2							2	
Anthozoa	<i>Alcyonium glomeratum</i>	2			1										
Amphipoda	<i>Ampelisca brevicornis</i>	*		1	3			1		2	2	3		1	2
Amphipoda	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	*			3		2	2				3			
Polychaeta	<i>Ampharete baltica</i>	*			1		2								
Polychaeta	<i>Amphicteis midas</i>	*			2		2								
Polychaeta	<i>Amphictene auricoma</i>	*			3			1				3			
Amphipoda	<i>Amphilochus neapolitanus</i>	V				2						1			
Echinodermata	<i>Amphiura filiformis</i>	*		3	3			3	3	2	3	3		1	3
Bivalvia	<i>Anomia ephippium</i>	R			1										
Anthozoa	Anthozoa	nb	2		3	2		3		2	2	1			2
Anthozoa	Anthozoa auf Echinocardium	nb					2	2					2		1
Anthozoa	Anthozoa auf Echinocardium (gekeulte Tentakeln)	nb	2	2									2		

Gruppe	Name	RL	AMRU2	DTEND	ENTE3	ESF1	HELGO	NEFB	NGW8	NSB3	NSGR2	SWWBA	SYLT1	UFSDB	URST3
Anthozoa	Anthozoa indet. 1	nb				1									
Anthozoa	Anthozoa indet. 2	nb				1									
Anthozoa	Anthozoa indet. 3	nb				1									
Polychaeta	Aonides paucibranchiata	*	1			3	3						3		
Amphipoda	Aora typica	*		2			2	2				3			2
Amphipoda	Apherusa ovalipes	*										3			
Polychaeta	Aphrodita aculeata	D			1			1			1				
Gastropoda	Aporrhais pespelecani	G			1										
Bivalvia	Arctica islandica	3			3						3				
Polychaeta	Artacama proboscidea	*			1										
Ascidiacea	Asciidiella scabra	R					2								
Echinodermata	Asterias rubens	*	3	2	3	3	1	3	3	2	1	3		3	1
Echinodermata	Astropecten irregularis	G		2	3			3	2		3	2			2
Amphipoda	Atylus swammerdami	*		2										2	
Amphipoda	Autonoe longipes	*							2						
Cirripedia	Balanus crenatus	*		2		1	1						2	2	
Amphipoda	Bathyporeia elegans	*	3	3					3		3	2			3
Amphipoda	Bathyporeia guilliamsoniana	*		3							2				1
Amphipoda	Bathyporeia pilosa	*									2				
Bryozoa	Bicellariella ciliata	R			1										
Polychaeta	Bispira crassicornis	*						1							
Cumacea	Bodotria scorpioides	*				2	2								
Hydrozoa	Bougainvillia britannica	D													2
Hydrozoa	Bougainvillia sp.	nb		1					2						
Leptocardii	Branchiostoma lanceolatum	G	1	2			1				1		1		
Gastropoda	Buccinum undatum	2		1	2										
Decapoda	Callianassa subterranea	*						3							

Gruppe	Name	RL	AMRU2	DTEND	ENTE3	ESF1	HELGO	NEFB	NGW8	NSB3	NSGR2	SWWBA	SYLT1	UFSDB	URST3
Decapoda	Cancer pagurus	*					2								
Amphipoda	Caprella linearis	V			1										
Decapoda	Carcinus maenas	*				3									
Decapoda	Caridion gordonii	R			1										
Polychaeta	cf. Linopherus hemuli	nb			2										
Caudofoveata	Chaetoderma nitidulum	D			3										
Polychaeta	Chaetozone setosa	*		2	3				2		3	2			2
Bivalvia	Chamelea gallina	G		3		3	2	3	3	2	3	3		3	3
Gastropoda	Chrysallida clathrata	nb		1											
Gastropoda	Chrysallida indistincta	nb													2
Gastropoda	Chrysallida interstincta	*													2
Gastropoda	Clione limacina	nb			1										
Hydrozoa	Clytia hemisphaerica	D	2	3	2	3	3	3	3	2		2	2	2	2
Bivalvia	Corbula gibba	*		3			2	3			3	3			3
Decapoda	Corystes cassivelaunus	*						1			2	1		1	
Decapoda	Crangon allmanni	*	3	2			2	3	2	1		3	1	3	3
Decapoda	Crangon crangon	*	3		2	3	3	3	2	3		3	3	3	3
Amphipoda	Crassikorophium bonellii	*					2								
Gastropoda	Crepidula fornicata	V				3	1								
Bryozoa	Cribrilina punctata	*		1											
Bryozoa	Crisia eburnea	*			1		3								
Nemertea	Cyanophthalma obscura	nb		2				2							
Gastropoda	Cylichna cylindracea	*		2	1			3		1		2		3	2
Cumacea	Diastylis bradyi	*		2			2					3			2
Cumacea	Diastylis laevis	*			3			2		2					
Cumacea	Diastylis rathkei	*									2				
Cumacea	Diastylis rugosa	D						1		1					

Gruppe	Name	RL	AMRU2	DTEND	ENTE3	ESF1	HELGO	NEFB	NGW8	NSB3	NSGR2	SWWBA	SYLT1	UFSDB	URST3
Hydrozoa	Dicoryne sp.	nb									2				
Polychaeta	Diplocirrus glaucus	*			3			3		1		3			
Polychaeta	Dipolydora quadrilobata	*			2	2									
Bivalvia	Donax vittatus	G				2									
Bivalvia	Dosinia exoleta	G		3	2			3			2	3			
Decapoda	Ebalia nux	nb			2										
Decapoda	Ebalia tuberosa	D													1
Echinodermata	Echinocardium cordatum	*		3	3	3	3	3	3	3	1	1		1	1
Echinodermata	Echinocyamus pusillus	G		3			1								1
Echiurida	Echiurus echiurus	2									2	2			
Anthozoa	Edwardsia sp.	nb		3	1			1			2	2		1	1
Bryozoa	Einhornia crustulenta	*			1	3	3		2					2	
Bryozoa	Electra pilosa	*		3	3	3	2			3	2	3	2	2	
Bivalvia	Ensis directus	*	2	1		2	3						2		3
Bivalvia	Epilepton clarkiae	nb			3										
Amphipoda	Erichthonius difformis	D			1										
Amphipoda	Erichthonius punctatus	*										1			
Bryozoa	Escharella immersa	*						1							
Polychaeta	Eteone longa	*	2			2									2
Decapoda	Eualus pusiolus	D			1										
Gastropoda	Eubranthus sp.	nb					2								
Bryozoa	Eucratea loricata	V			2										
Cumacea	Eudorella truncatula	*			3			2	1	2					
Cumacea	Eudorellopsis deformis	*			1						2				
Polychaeta	Eulalia bilineata	G		2									2		
Polychaeta	Eumida bahusiensis	*									2				
Polychaeta	Eumida sanguinea	*	2			3	3	1	2	2	2	1		2	2

Gruppe	Name	RL	AMRU2	DTEND	ENTE3	ESF1	HELGO	NEFB	NGW8	NSB3	NSGR2	SWWBA	SYLT1	UFSDB	URST3
Gastropoda	Euspira pulchella	*		3		1	1	3	2	3	1	3		3	2
Polychaeta	Exogone (Parexogone) hebes	D						2							
Bryozoa	Flustra foliacea	*		2	1		3						2		
Decapoda	Galathea intermedia	V													2
Decapoda	Galathea squamifera	R			1										
Polychaeta	Galathowenia oculata	*			3										
Amphipoda	Gammaropsis maculata	D					3			2		1	2		
Amphipoda	Gammaropsis nitida	*		3	2		3							2	
Bivalvia	Gari costulata	nb		2											
Bivalvia	Gari fervensis	*		2											
Mysida	Gastrosaccus spinifer	nb	3			1	1						3		
Polychaeta	Gattyana cirrhosa	*				2	2							2	
Polychaeta	Glycera alba	D	1	3	2	3	3	3		2	1	3	1		
Polychaeta	Glycera lapidum	D	1		2	1	1								2
Sipunculida	Golfingia sp.	nb		1											
Sipunculida	Golfingia vulgaris vulgaris	nb													1
Decapoda	Goneplax rhomboides	R						1							
Polychaeta	Goniada maculata	*		3	3	2		3	3	3	3	3		3	3
Polychaeta	Goniadella bobretzkii	*	3			3	3								
Bivalvia	Goodallia triangularis	3				3	3								
Bivalvia	Gouldia minima	R													2
Hydrozoa	Halecium halecinum	R													2
Porifera	Halisarca dujardini	D										2			
Polychaeta	Harmothoe impar	*		2	3		1					2			
Amphipoda	Harpinia antennaria	*			3			1		2	3	3			
Cumacea	Hemilamprops roseus	D			1										
Polychaeta	Heteromastus filiformis	*				3	2	2							

Gruppe	Name	RL	AMRU2	DTEND	ENTE3	ESF1	HELGO	NEFB	NGW8	NSB3	NSGR2	SWWBA	SYLT1	UFSDB	URST3
Polychaeta	Magelona alleni	*										1		3	3
Polychaeta	Magelona filiformis	*													1
Polychaeta	Magelona johnstoni	*		3				2	1	3	3	3		3	3
Polychaeta	Magelona mirabilis	D		1				1	3		3	2		3	3
Nemertea	Malacobdella grossa	nb			3										
Polychaeta	Malmgreniella arenicolae	D				3					2			2	
Polychaeta	Malmgreniella glabra	*	1		1		3							1	
Amphipoda	Megaluropus agilis	V		2											
Amphipoda	Megamphopus cornutus	*			2										
Amphipoda	Microprotopus maculatus	*	2	2		2									
Bivalvia	Modiolus modiolus	2					2								
Asciacea	Molgula sp.	nb			1										
Amphipoda	Monocorophium sextonae	*													
Bivalvia	Musculus discors	G			1	3									
Bivalvia	Mya arenaria	*					2								
Polychaeta	Myrianida sp.	nb		1	1	2	2								
Bivalvia	Mytilus edulis	*				2	3								
Gastropoda	Nassarius incrassatus	G				2									
Isopoda	Natatolana borealis	D						1							
Nemertea	Nemertea	nb	3	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2		2
Polychaeta	Nephtys caeca	*	3	3	3	3	3	1			3		3		1
Polychaeta	Nephtys hombergii	*		3	3	2		3	3	3	3	3		3	3
Polychaeta	Nephtys incisa	*						2							
Gastropoda	Neptunea antiqua	G			2										
Polychaeta	Nereis pelagica	*		2		2	2								
Polychaeta	Notomastus latericeus	*		3	2	1	2				2		2	3	
Amphipoda	Nototropis falcatus	*	2	1		2							1		

Gruppe	Name	RL	AMRU2	DTEND	ENTE3	ESF1	HELGO	NEFB	NGW8	NSB3	NSGR2	SWWBA	SYLT1	UFSDB	URST3
Bivalvia	<i>Nucula nitidosa</i>	*			2		2	3	3	3	3	3		3	3
Pycnogonida	<i>Nymphon brevirostre</i>	*				3	2								
Hydrozoa	<i>Obelia geniculata</i>	D	2	1			2					1			
Hydrozoa	<i>Obelia longissima</i>	D								2			2		
Hydrozoa	<i>Obelia</i> sp.	nb		2		2								3	
Gastropoda	<i>Onchidoris muricata</i>	0			1										
Polychaeta	<i>Ophelia limacina</i>	*	3			3	2						3		
Polychaeta	<i>Ophelina acuminata</i>	*			1						2	1			
Polychaeta	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	*			3			2		2	2				
Echinodermata	<i>Ophiura albida</i>	*		3	3	3	3	3	2		2	2	2	3	3
Echinodermata	<i>Ophiura ophiura</i>	*				1							2		
Amphipoda	<i>Orchomenella nana</i>	*		3	2			1		3	2	3	2	1	
Polychaeta	<i>Owenia fusiformis</i>	*		3	3			1	3	2	3	3		2	3
Decapoda	<i>Pagurus bernhardus</i>	*		3	3	3	1	3		3		1		3	
Decapoda	<i>Pandalina brevirostris</i>	G			2										
Decapoda	<i>Pandalus montagui</i>	*		1			3								
Polychaeta	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	*			2										
Amphipoda	<i>Parapleustes assimilis</i>	*			1										
Amphipoda	<i>Pariambus typicus</i>	*				3	3			2	1	3		2	3
Amphipoda	<i>Periiculodes longimanus</i>	*		3					2	2					
Bivalvia	<i>Phaxas pellucidus</i>	*		2	3			3	3	2	3	3		3	3
Hydrozoa	<i>Phialella quadrata</i>	D		3	3				3		2			1	3
Gastropoda	<i>Philine scabra</i>	R	2		2						2				
Decapoda	<i>Philocheras bispinosus</i>	D		3	3			3	3	3	3	3		3	3
Decapoda	<i>Philocheras trispinosus</i>	D	2	3											
Polychaeta	<i>Pholoe assimilis</i>	D						1			2			1	2
Polychaeta	<i>Pholoe baltica</i>	*		3			2	3	2	2	2			2	2

Gruppe	Name	RL	AMRU2	DTEND	ENTE3	ESF1	HELGO	NEFB	NGW8	NSB3	NSGR2	SWWBA	SYLT1	UFSDB	URST3
Polychaeta	Pholoe inornata	R		1											
Phoronida	Phoronis sp.	nb		3	3	2	2	3	3	3	3	3		3	3
Amphipoda	Photis longicaudata	V			1					2					
Amphipoda	Photis pollex	*					1								
Amphipoda	Phtisica marina	*			1		2								
Polychaeta	Phyllodoce (Anaitides) groenlandica	*	3					2		1	2	2		2	2
Polychaeta	Phyllodoce laminosa	D												1	
Polychaeta	Phyllodoce maculata	*			3	1		1							
Polychaeta	Phyllodoce mucosa	*				2	3			1					2
Polychaeta	Phyllodoce rosea	*			1			1	2			2			2
Decapoda	Pisidia longicornis	*						2				3			
Polychaeta	Pisione remota	*	1			1	1								
Polychaeta	Podarkeopsis helgolandica	*		3	1			1				3		1	1
Bivalvia	Pododesmus squama	nb		2											
Polychaeta	Poecilochaetus serpens	*		1				3	2		2				2
Polychaeta	Polydora ciliata	*			1										
Polychaeta	Polygordius lacteus	V	1												
Amphipoda	Pontocrates altamarinus	*		2				1							
Amphipoda	Pontocrates arenarius	*	1												
Polychaeta	Prionospio cirrifera	R			2										
Polychaeta	Procerastea nematodes	nb			1										
Decapoda	Processa nouveli holthuisi	*						3	1			2	2	2	2
Gastropoda	Propebela turricula	*		2				2	3	3				3	3
Polychaeta	Protodorvillea kefersteini	*				2									
Echinodermata	Psammechinus miliaris	*		2	3		2								
Isopoda	Pseudione borealis	D						1							

Gruppe	Name	RL	AMRU2	DTEND	ENTE3	ESF1	HELGO	NEFB	NGW8	NSB3	NSGR2	SWWBA	SYLT1	UFSDB	URST3
Isopoda	<i>Pseudione callianassae</i>	D						2							
Cumacea	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	D									2				
Polychaeta	<i>Pseudopolydora pulchra</i>	*				2	2								
Amphipoda	<i>Pseudoprotella phasma</i>	D					2								
Gastropoda	<i>Rissoa parva</i>	V					2								
Anthozoa	<i>Sagartia sp.</i>	nb						2							
Polychaeta	<i>Scalibregma inflatum</i>	G			3		2	2			1				
Mysida	<i>Schistomysis ornata</i>	nb	3	1	3	2	2	1	3	3	1	3	3	1	1
Polychaeta	<i>Scoelepis (Scoelepis) foliosa</i>	*											2		
Polychaeta	<i>Scoelepis bonnieri</i>	*									3		2		3
Polychaeta	<i>Scoloplos (Scoloplos) armiger</i>	*		3	3	3	2	1	3	3	3			3	3
Amphipoda	<i>Scopelocheirus hopei</i>	*		3	2			1			2				
Hydrozoa	<i>Sertularia cupressina</i>	G				3	3			2					
Polychaeta	<i>Sigalion mathildae</i>	3		3					1	3					3
Amphipoda	<i>Siphonoecetes (Centraloecetes) kroyeranus</i>	*		3			2								3
Polychaeta	<i>Spio filicornis</i>	*	2	3	2	3									3
Polychaeta	<i>Spio goniocephala</i>	*	2				2						3		
Polychaeta	<i>Spiophanes bombyx</i>	*	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3
Polychaeta	<i>Spiophanes kroyeri</i>	*			1										
Polychaeta	<i>Spirobranchus triqueter</i>	*		2								1			
Bivalvia	<i>Spisula solida</i>	G	1			1							1		
Bivalvia	<i>Spisula subtruncata</i>	G	1	3		3		1	1			2	3	2	
Amphipoda	<i>Stenothoe monoculoides</i>	R		2											
Amphipoda	<i>Stenula rubrovittata</i>	D		1		2						1			
Polychaeta	<i>Sthenelais limicola</i>	*		1	3			3	1	3	3	3		3	2
Amphipoda	<i>Synchelidium maculatum</i>	D						1							2

Gruppe	Name	RL	AMRU2	DTEND	ENTE3	ESF1	HELGO	NEFB	NGW8	NSB3	NSGR2	SWWBA	SYLT1	UFSDB	URST3
Bivalvia	Tellimyia ferruginosa	*		3	2			3	3	3	1	1		1	1
Bivalvia	Tellina fabula	*		3		3	2		3						3
Bivalvia	Tellina pygmaea	D				1									
Bivalvia	Tellina tenuis	V		2		2	3						1	1	2
Polychaeta	Terebellides stroemi	*			3										
Decapoda	Thia scutellata	D				1									
Bivalvia	Thracia papyracea	*		3				2	3	1					2
Bivalvia	Thracia pubescens	R		1				1							1
Bivalvia	Thyasira flexuosa	*			3				3	3	3			3	2
Polychaeta	Tomopteris septentrionalis	nb		2											
Polychaeta	Trichobranthus roseus	*			3										
Amphipoda	Tryphosites longipes	*			2										
Oligochaeta	Tubificoides benedii	*					2								
Nemertea	Tubulanus linearis	nb		2											
Nemertea	Tubulanus polymorphus	nb		3		2		3	3	2	2	2		3	3
Hydrozoa	Tubularia sp.	nb		2	1				2						
Bryozoa	Tubulipora sp.	nb			1										
Platyhelminthes	Turbellaria	nb			2						3				
Gastropoda	Turritella communis	G						3	1	3	2	3			3
Amphipoda	Urothoe elegans	D		2											
Amphipoda	Urothoe poseidonis	*		3		2									3
Bivalvia	Venerupis senegalensis	G				2	2								
Cirripedia	Verruca stroemia	*			2										
Amphipoda	Westwoodilla caecula	D			3										
Artenzahl	286		37	106	121	86	93	90	55	62	76	75	36	67	83

Meereswissenschaftliche Berichte

MARINE SCIENCE REPORTS

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

- 10** (1995) Schmidt, Martin:
Analytical theory and numerical experiments to the forcing of flow at isolated topographic features
- 11** (1995) Kaiser, Wolfgang; Nehring, Dietwart; Breuel, Günter; Wasmund, Norbert; Siegel, Herbert; Witt, Gesine; Kerstan, Eberhard; Sadkowiak, Birgit:
Zeitreihen hydrographischer, chemischer und biologischer Variablen an der Küstenstation Warnemünde (westliche Ostsee)
Schneider, Bernd; Pohl, Christa:
Spurenmittelkonzentrationen vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns
- 12** (1996) Schinke, Holger:
Zu den Ursachen von Salzwassereinbrüchen in die Ostsee
- 13** (1996) Meyer-Harms, Bettina:
Ernährungsstrategie calanoider Copepoden in zwei unterschiedlich trophierten Seegebieten der Ostsee (Pommernbucht, Gotlandsee)
- 14** (1996) Reckermann, Marcus:
Ultraphytoplankton and protozoan communities and their interactions in different marine pelagic ecosystems (Arabian Sea and Baltic Sea)
- 15** (1996) Kerstan, Eberhard:
Untersuchung der Verteilungsmuster von Kohlenhydraten in der Ostsee unter Berücksichtigung produktionsbiologischer Meßgrößen
- 16** (1996) Nehring, Dietwart; Matthäus, Wolfgang; Lass, Hans Ulrich; Nausch, Günther; Nagel, Klaus:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1995
- 17** (1996) Brosin, Hans-Jürgen:
Zur Geschichte der Meeresforschung in der DDR
- 18** (1996) Kube, Jan:
The ecology of macrozoobenthos and sea ducks in the Pomeranian Bay
- 19** (1996) Hagen, Eberhard (Editor):
GOBEX - Summary Report
- 20** (1996) Harms, Andreas:
Die bodennahe Trübezone der Mecklenburger Bucht unter besonderer Betrachtung der Stoffdynamik bei Schwermetallen
- 21** (1997) Zülicke, Christoph; Hagen, Eberhard:
GOBEX Report - Hydrographic Data at IOW
- 22** (1997) Lindow, Helma:
Experimentelle Simulationen windangeregter dynamischer Muster in hochauflösenden numerischen Modellen
- 23** (1997) Thomas, Helmuth:
Anorganischer Kohlenstoff im Oberflächenwasser der Ostsee
- 24** (1997) Matthäus, Wolfgang; Nehring, Dietwart; Lass, Hans Ulrich; Nausch, Günther; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1996

- 25** (1997) v. Bodungen, Bodo; Hentzsch, Barbara (Herausgeber):
Neue Forschungslandschaften und Perspektiven der Meeresforschung - Reden und Vorträge zum Festakt und Symposium am 3. März 1997.
- 26** (1997) Lakaschus, Sönke:
Konzentrationen und Depositionen atmosphärischer Spurenmetalle an der Küstenstation Arkona
- 27** (1997) Löffler, Annekatriin:
Die Bedeutung von Partikeln für die Spurenmetallverteilung in der Ostsee, insbesondere unter dem Einfluß sich ändernder Redoxbedingungen in den zentralen Tiefenbecken
- 28** (1998) Leipe, Thomas; Eidam, Jürgen; Lampe, Reinhard; Meyer, Hinrich; Neumann, Thomas; Osadczuk, Andrzej; Janke, Wolfgang; Puff, Thomas; Blanz, Thomas; Gingele, Franz Xaver; Dannenberger, Dirk; Witt, Gesine:
Das Oderhaff. Beiträge zur Rekonstruktion der holozänen geologischen Entwicklung und anthropogenen Beeinflussung des Oder-Ästuars.
- 29** (1998) Matthäus, Wolfgang; Nausch, Günther; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1997
- 30** (1998) Fennel, Katja:
Ein gekoppeltes, dreidimensionales Modell der Nährstoff- und Planktodynamik für die westliche Ostsee
- 31** (1998) Lemke, Wolfram:
Sedimentation und paläogeographische Entwicklung im westlichen Ostseeraum (Mecklenburger Bucht bis Arkonabecken) vom Ende der Weichselvereisung bis zur Litorinatransgression
- 32** (1998) Wasmund, Norbert; Alheit, Jürgen; Pollehne, Falk; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Ergebnisse des Biologischen Monitorings der Ostsee im Jahre 1997 im Vergleich mit bisherigen Untersuchungen
- 33** (1998) Mohrholz, Volker:
Transport- und Vermischungsprozesse in der Pommerschen Bucht
- 34** (1998) Emeis, Kay-Christian; Struck, Ulrich (Editors):
Gotland Basin Experiment (GOBEX) - Status Report on Investigations concerning Benthic Processes, Sediment Formation and Accumulation
- 35** (1999) Matthäus, Wolfgang; Nausch, Günther; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1998
- 36** (1999) Schernewski, Gerald:
Der Stoffhaushalt von Seen: Bedeutung zeitlicher Variabilität und räumlicher Heterogenität von Prozessen sowie des Betrachtungsmaßstabs - eine Analyse am Beispiel eines eutrophen, geschichteten Sees im Einzugsgebiet der Ostsee (Belauer See, Schleswig-Holstein)

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

- 49** (2002) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2001
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Ostsee-Monitoring - Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2001
- 50** (2002) Manasreh, Riyad:
The general circulation and water masses characteristics in the Gulf of Aqaba and northern Red Sea
- 51** (2002) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2001
- 52** (2002) Reißmann, Jan Hinrich:
Integrale Eigenschaften von mesoskaligen Wirbelstrukturen in den tiefen Becken der Ostsee
- 53** (2002) Badewien, Thomas H.:
Horizontaler und vertikaler Sauerstoffaustausch in der Ostsee
- 54** (2003) Fennel, Wolfgang; Hentzsch, Barbara (Herausgeber):
Festschrift zum 65. Geburtstag von Wolfgang Matthäus
- 55** (2003) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2002
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2002
- 56** (2003) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2002
- 57** (2004) Schernewski, Gerald; Dolch, Tobias (Editors):
The Oder estuary against the background of the European Water Framework Directive
- 58** (2004) Feistel, Rainer; Nausch, Günther; Matthäus, Wolfgang; Łysiak-Pastuszak, Elżbieta; Seifert, Torsten; Sehested Hansen, Ian; Mohrholz, Volker; Krüger, Siegfried; Buch, Erik; Hagen, Eberhard:
Background Data to the Exceptionally Warm Inflow into the Baltic Sea in late Summer of 2002
- 59** (2004) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2003
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2003
- 60** (2004) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2003
- 61** (2004) Petry, Carolin:
Mikrobieller Abbau von partikulärem organischen Material in der tiefen Wassersäule

- 62 (2005) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2004
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2004
- 63 (2005) Umlauf, Lars; Burchard, Hans; Bolding, Karsten:
GOTM – Scientific Documentation. Version 3.2
- 64 (2005) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2004
- 65 (2006) Matthäus, Wolfgang:
The history of investigation of salt water inflows into the Baltic Sea
- from the early beginning to recent results
- 66 (2006) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2005
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2005
- 67 (2006) Rößler, Doreen:
Reconstruction of the Littorina Transgression in the Western
Baltic Sea
- 68 (2006) Yakushev, Evgeniy V.; Pollehne, Falk; Jost, Günter; Kuznetsov, Ivan;
Schneider, Bernd; Umlauf, Lars:
Redox Layer Model (ROLM): a tool for analysis of the water column
oxic/anoxic interface processes
- 69 (2006) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2005
- 70 (2007) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Lass, Hans Ulrich; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2006
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2006
- 71 (2007) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2006
- 72 (2008) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Umlauf, Lars; Nagel, Klaus; Siegel, Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2007
Pohl, Christa; Hennings, Ursula:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2007
- 73 (2008) Telesh, Irena; Postel, Lutz; Heerkloss, Reinhard; Mironova, Ekaterina;
Skarlato, Sergey:
Zooplankton of the Open Baltic Sea: Atlas
- 74 (2008) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2007

- 75** (2009) Hagen, Eberhard; Plüschke, Günter:
Daily Current Series in the Deep Eastern Gotland Basin (1993 – 2008)
- 76** (2009) Telesh, Irena; Postel, Lutz; Heerkloss, Reinhard; Mironova, Ekaterina;
Skarlato, Sergey:
Zooplankton of the Open Baltic Sea: Extended Atlas
- 77** (2009) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Umlauf, Lars; Nagel, Klaus; Siegel,
Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2008
Pohl, Christa; Hennings, Ursula; Leipe, Thomas:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2008
- 78** (2009) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert; Zettler,
Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2008
- 79** (2009) Wasmund, Norbert; Postel, Lutz; Zettler, Michael L.:
Biologische Bedingungen in der deutschen ausschließlichen
Wirtschaftszone der Nordsee im Jahre 2008
- 80** (2010) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Umlauf, Lars; Nagel, Klaus; Siegel,
Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2009
Pohl, Christa; Hennings, Ursula; Leipe, Thomas:
Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2009
- 81** (2010) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert;
Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2009
- 82** (2010) Wasmund, Norbert; Postel, Lutz; Zettler, Michael L.:
Biologische Bedingungen in der deutschen ausschließlichen
Wirtschaftszone der Nordsee im Jahre 2009
- 83** (2010) Matthäus, Wolfgang:
Germany and the investigation of the Baltic Sea hydrography during
the 19th and early 20th century
Matthäus, Wolfgang:
Publications on the history of the marine research in
Warnemünde/Germany
- 84** (2011) Nausch, Günther; Feistel, Rainer; Umlauf, Lars; Mohrholz, Volker; Siegel,
Herbert:
Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2010
- 85** (2011) Wasmund, Norbert; Pollehne, Falk; Postel, Lutz; Siegel, Herbert;
Zettler, Michael L.:
Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2010
Wasmund, Norbert; Postel, Lutz; Zettler, Michael L.:
Biologische Bedingungen in der deutschen ausschließlichen
Wirtschaftszone der Nordsee im Jahre 2010