



## Chlorophyll-a in den deutschen Ostseegewässern

### Chlorophyll a in the German Baltic Sea

NORBERT WASMUND, CHRISTINE SCHÖPPE, JEANETTE GÖBEL und MARIO VON WEBER

Key Words: Chlorophyll, Trend, Water Framework Directive, Baltic Sea

#### Zusammenfassung

Die Ostsee ist ein stark von Eutrophierung belastetes Gewässer. Dabei ist der Eintrag von Nährstoffen aus der Landwirtschaft über die Flüsse nach wie vor die größte Nährstoffquelle. Nährstoffeinträge wirken sich unmittelbar auf die Phytoplankton-Biomasse und damit auf die Chlorophyll-Konzentration aus. Das Chlorophyll-a (Chl-a) wird deshalb als ein wichtiger Indikator für die Gewässerqualität angesehen und gilt als biologisches Qualitätskriterium für die Gewässergüte-Einschätzung der deutschen Küstengewässer nach der EG-Wasser-Rahmenrichtlinie (WRRL). Länderübergreifend wurde für die Ostseeküstengewässer die Bewertung durch die Sommermittelwerte (Mai-September) auf Basis des Chl-a-Gehaltes entwickelt. Küstenfern, also jenseits der 1-Seemeilen-Zone, wird die Klassifizierung mit dem „HELCOM Eutrophication Assessment Tool“ (HEAT) durchgeführt. Beide Bewertungsmethoden enden in der Berechnung einer „Ecological Quality Ratio“ (EQR).

Für die Bewertung werden Sommerwerte (Mittelwerte Mai-September) des Zeitraums von 2003-2008 zugrunde gelegt. Die flachen und weitgehend von der offenen See getrennten Gewässerteile (Schlei, Bodden, Peenestrom, Kleines Haff) wiesendie höchsten Konzentrationen und einen unbefriedigenden bis schlechten Zustand auf. Ergänzend dazu wurden Langzeitentwicklungen (1978-2008) der saisonalen Frühjahrs- und Sommerentwicklungen des Chlorophylls untersucht. Die Chl-a-Konzentrationen zeigten in der Pommerschen Bucht einen abnehmenden und in der Arkonasee sowohl bei den Sommer- als auch bei den Frühjahrswerten einen zunehmenden Trend. In der Mecklenburger Bucht nahmen die Chl-a-Konzentrationen des Frühjahrs deutlich ab. Diese Gegenläufigkeit von Trends in angrenzenden Seegebieten zeigt, dass jedes Seegebiet seine eige-

nen Charakteristika aufweist und deshalb nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich separat untersucht und bewertet werden muss.

#### Summary

The Baltic Sea is affected by eutrophication. Input of nutrients from agriculture by river runoff is the main source. Nutrient input directly causes an increase in phytoplankton biomass and in chlorophyll a (chl a) concentration. Chl a is considered as an important indicator of water quality and is, therefore, used as a biological parameter for the classification according to the EC Water Framework Directive (WFD). The international intercalibration groups of the Baltic Sea States agreed to use the mean monthly summer values as one of the quality components for the assessment of coastal waters. Offshore, (beyond the 1 nm zone) the “Helcom Eutrophication Assessment Tool” (HEAT) was used for classification. Both assessment methods end up in the calculation of the “Ecological Quality Ratio” (EQR).

This report presents the current state of the coastal and open waters of the German Baltic Sea, using the mean summer (May-September) chl a values for the period 2003-2008. The shallow water bodies, separated from the open sea, like Schlei, Bodden, Peenestrom, Kleines Haff, have the highest concentrations and a poor or bad status. Additionally, the long-term development in the spring and summer period was analysed. Chl a concentrations showed a decreasing trend in the Pommernian Bight and an increasing trend in the Arkona Sea, both in spring and summer data. In the Mecklenburg Bight, spring values of chl a decreased significantly. These opposite trends in neighbouring sea areas show that each sea area has its own characteristics and has to be treated and classified separately.

## Hintergrund

Die Eutrophierung ist immer noch eines der wesentlichen Umweltprobleme in der Ostsee. Eutrophierte Gewässer zeichnen sich durch eine starke Entwicklung der Phytoplankton-Biomasse (Blüten) aus, die zeitweise eine hohe Trübung des Wassers hervorruft. Die durch die hohe Trübung verursachte Lichtreduzierung bewirkt insbesondere auch den Rückgang der Makrophyten im Küstenbereich. Im Flachwasserbereich kann durch Blütenbildung die Nutzbarkeit als Badegewässer eingeschränkt sein. Zudem leidet die Ostsee wegen ihrer Schichtungsverhältnisse ganz besonders in den tieferen Wasserschichten unter Sauerstoffmangel, der dort pelagische Tiere und die Bodenfauna absterben lässt. Weiterhin verstärkt Sauerstoffmangel letztlich auch die Eutrophierung durch Phosphat-Rücklösung aus dem Boden. Das Absinken von Phytoplanktonblüten kann diese Tendenz noch verstärken. Das Phytoplankton (Beispiel in Abb. 1) ist ein unmittelbarer Anzeiger für den Trophiezustand eines Gewässers. Insbesondere die im Winter akkumulierten Nährstoffe wirken sich auf die Frühjahrsblüte aus. Veränderungen der Phytoplankton-Biomasse lassen sich über die Konzentration des gesamten Chlorophyll-a (Chl-a) verfolgen. Dieses erlaubt aber im Gegensatz zur mikroskopischen Zählung keine Aussagen über die Zusammensetzung des Phytoplanktons.

Die Kenntnis des Trophiezustandes und die daraus resultierende Auswahl und Anwendung von effektiven Nährstoffreduktionsmaßnahmen ist also nicht nur im Hinblick auf die damit verbundenen Kosten von bedeutender gesellschaftlicher Relevanz, sondern ist auch ein wesentlicher Aspekt im Hinblick auf die schrittweise Umsetzung der WRRL, die die folgenden Schritte umfasst: Erfassen, Bewerten, Maßnahmen zum Erreichen der vorgegebenen Ziele, erneute Erfassung und Bewertung.

Auf Grundlage der Ergebnisse der ersten Bewertung gemäß WRRL (Europäische Union [2000]) sollen durch geeignete Maßnahmen bis zum Jahr 2015 die Oberflächengewässer einen ökologisch als gut zu bewertenden Zustand erreichen. Die Gesamtbewertung der Gewässer erfolgt auf einer breiten Basis verschiedener Parameter. Diese wird in der „Ökologischen Zustandsbewertung der deutschen Küstengewässer“ dargestellt (Voß et al. [2010]). Der Phytoplankton-Biomasseparameter Chl-a ist eine der Komponenten dieser Bewertung. Die entsprechende Bewertung der deutschen Ostseegewässer soll in diesem Bericht dargestellt werden.

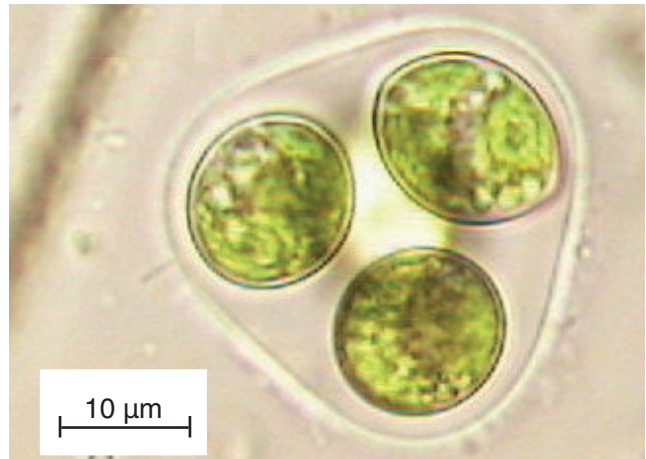


Abb. 1: *Oocystis* sp. aus der Pommerschen Bucht

Foto: Gabriele Krauß

Fig. 1: *Oocystis* sp. from the Pomeranian Bight

foto: Gabriele Krauß

## Datenbasis und Methode

Die Daten aus den Küstengewässern von Mecklenburg-Vorpommern resultieren aus der Gewässerüberwachung durch das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) und das Staatliche Amt für Umwelt und Natur Stralsund (STAUN). Die Analytik erfolgte im Labor für Küstengewässeruntersuchungen des LUNG in Stralsund entsprechend dem COMBINE-Handbuch (HELCOM [2007]) für die Bestimmung des Gesamt-Chl-a-Gehaltes. Die Daten aus den Küstengewässern von Schleswig-Holstein stammen aus dem Monitoring des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) in Flintbek. Die Analytik der schleswig-holsteinischen Proben erfolgte nach der trichromatischen Methode von JEFFREY und HUMPHREY [1975]. Die Erfassung und Bewertung von Umweltparametern in der offenen Ostsee im Rahmen des HELCOM-Monitorings wird vom Leibniz-Institut für Ostseeforschung (IOW) im Auftrag des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) durchgeführt. Es wird die von HELCOM vorgeschriebene Methodik verwendet (vgl. WASMUND et al. [2006 b]).

Im Vergleich zu den natürlichen Schwankungen sind die methodischen Unterschiede vernachlässigbar. Das zeigen auch die Ergebnisse der nationalen und internationalen Ringversuche, an denen die am Landesmonitoring beteiligten Einrichtungen regelmäßig und erfolgreich teilnehmen. Trotz methodischer Unterschiede bei der Gewinnung der Chlorophyll-a-Daten ist deren Qualität und Vergleichbarkeit gewährleistet.

Alle verfügbaren Daten der drei Institutionen IOW, LLUR und LUNG wurden zusammengefügt und stellen einen großen Datenpool dar. Die Verdichtung der Da-

tenreihen durch Nutzung aller Werte aus unterschiedlichen Quellen ist unbedingte Voraussetzung für eine fundierte Analyse der hochvariablen Daten.

Um eine möglichst repräsentative Probe der euphotischen Zone oder der oberen durchmischten Schicht zu bekommen, wurden in den offenen Gewässern nach HELCOM-Beprobungsstrategie [HELCOM 2007] jeweils Mittelwerte der oberen 10 m berechnet, die sich aus 3 - 5 Einzeltiefen zusammensetzen. In den flacheren und im Allgemeinen gut durchmischten Küstengewässern wurden Proben vom Oberflächenwasser (etwa 1 m Tiefe) genommen.

Aus dem vorhandenen Datenpool ließen sich Monatsmittel zur Bewertung des Sommerplanktons für einen Zeitraum von 6 Jahren (2003-2008) an den einzelnen BLMP-Stationen ableiten und Mittelwerte der Frühjahrs- und Sommerperiode über einen längeren Zeitraum für

einzelne Meeresgebiete berechnen. Für die Auswertung der Langzeitdaten genügt bei der vorliegenden Werteverteilung ein einfaches lineares Verfahren, das in diesem Falle die gleichen Aussagen ergibt wie das nicht-parametrische Mann-Kendall-Verfahren (WASMUND und UHLIG [2003], WASMUND et al. [2006a]).

Für die Darstellung von Trends sollte die Datenbasis so groß wie möglich sein, um den Einfluss von Zufälligkeiten nicht-repräsentativer Extremwerte zu reduzieren. Deshalb wurden Daten einzelner Regionen zusammengefasst.

Es handelt sich um folgende Seegebiete (s. Abb. 2):

- Lübecker Bucht
- Mecklenburger Bucht
- Arkonasee
- Pommersche Bucht

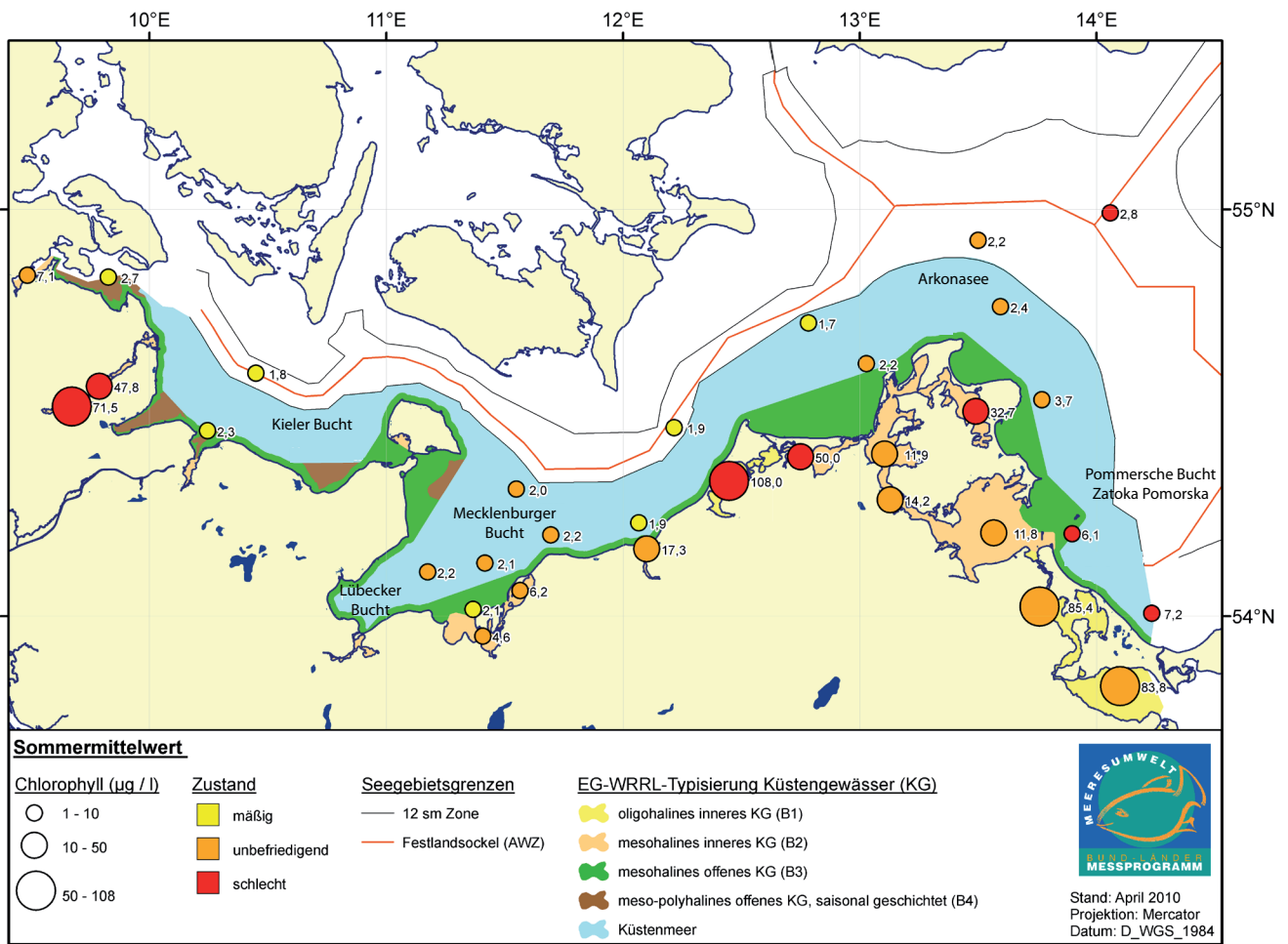


Abb. 2: Stationen des Bund-Länder-Messprogramms (BLMP) mit Angabe der mittleren Chl-a-Konzentration (Mai-September, 2003-2008). Die Größe der Kreise zeigt die Größenordnung (3-stufig) an; die Farbe zeigt die Einstufung nach WRRL oder HEAT an

Fig. 2: Stations of the German marine monitoring programme and data of mean chl a concentrations (May-September, 2003-2008). The size of the circles indicates the magnitude and the colour shows the classification according to WFD or HEAT

## Bewertungsgrundlage

Die WRRL verlangt zur Bewertung des Phytoplanktons in den Küstengewässern (innerhalb der 1-sm-Zone) die Klassifizierung der Parameter Artenzusammensetzung, Abundanz und Biomasse sowie Häufigkeit und Intensität von Phytoplanktonblüten. Derzeit wird die Bewertung anhand der Chl-a-Konzentration als Biomasse-Proxy für die verschiedenen Gewässertypen, die im Wesentlichen durch verschiedene Salzgehaltsbereiche charakterisiert sind, durchgeführt. Dabei wird für jeden Gewässertyp ein Referenzwert ermittelt, der den von Menschen unbeeinflussten „sehr guten“ Zustand repräsentiert. Ausgehend von diesem Wert werden die anderen Klassifikationen ermittelt (gut, mäßig, unbefriedigend, schlecht). Die Bewertung des durchschnittlichen Chl-a-Gehaltes für die Sommersaison stellt ein ostseeweit abgestimmtes Verfahren dar. Weitere, an die oben genannten Anforderungen der WRRL angepasste Bewertungssysteme wurden in den Ländern bereits entwickelt oder befinden sich noch in der Entwicklung (z.B. SAGERT et al. [2008]). Sie sind international aber noch nicht interkalibriert, d.h. auf Vergleichbarkeit der Bewertungsergebnisse geprüft.

Die Ostseeanrainerstaaten haben sich darauf geeinigt, für die Bewertung die mittleren Sommerwerte zu verwenden, da diese weniger variabel als die Frühjahrswerte sind (CARLETTI und HEISKANEN [2009]). So werden zur Einstufung des ökologischen Zustandes der westlichen Ostseeküstengewässer anhand der

biologischen Qualitätskomponente Phytoplankton die Chl-a-Werte von Mai bis September genutzt. International wurde für Deutschland bislang nur ein Gewässertyp für die Monate Juni bis September mit anderen Ländern interkalibriert. Dabei wurden die Grenzen laut „Technical Report 2009“ (CARLETTI und HEISKANEN [2009]) für den „sehr guten“ zu „guten“ Zustand mit 1,1 µg/l Chl a und „guten“ zu „mäßigen“ Zustand mit 1,9 µg/l Chl a für den Küstengewässertyp B3b/B12 festgelegt. Da bislang die Grenzwerte für die übrigen Gewässertypen noch nicht interkalibriert sind, wurden für eine Klassifizierung aller küstennahen WRRL-Gewässertypen die empfohlenen Klassengrenzen aus dem Modell von SAGERT et al. [2008] übernommen (Tab. 1). Die Zuordnung der Ostsee-Typen ist der Abb. 2, S. 3, zu entnehmen.

Für die Klassifizierung der „offenen Seegewässer“ (jenseits der 1-sm-Zone) wird das „HELCOM Eutrophication Assessment Tool“ (HEAT) verwendet (HELCOM [2009]). Es basiert auf vier Elementen: (1) Referenzbedingungen (RefCon), (2) akzeptierte Abweichung (AcDev), (3) aktueller Zustand (Status) und (4) Zielwert (target value), der definiert ist als RefCon + AcDev. Um die Vergleichbarkeit der Gewässer auf einer einheitlichen Skala zu gewährleisten, wird mit dem „Ecological Quality Ratio“ (EQR) gearbeitet; es ist das Verhältnis zwischen Referenzbedingung und aktuellem ökologischen Status. Der EQR kann Werte zwischen 1 (= Referenzbedingung = sehr guter Zustand) und 0 (= schlechter Zustand) annehmen.

Ostsee-Typen	Zusammenstellung der Qualitätsnormen für Chlorophyll a (µg/l)				
	Bewertungskriterium : Mittelwert, Zeitraum: Mai - September				
	Referenzwert	Grenze H/G	Grenze G/M	Grenze M/P	Grenze P/B
Typ B1 [0,5 - 5]	8,5	9,3	12,7	21,5	115
Typ B2a [5 - 10]	1,6	1,8	2,4	4,2	21,5
Typ B2b [10 - 18]	1,3	1,4	1,95	3,2	15,7
Typ B3a [5 - 10]	1,5	1,6	2,3	3,8	18,5
Typ B3b [10 - 18]	1,3	1,4	1,9	3,2	15,9
Typ B12*	1,2	1,3	1,8	3,0	14,6
Typ B4 [10 - 30]	1,3	1,4	1,9	3,2	15,9

Tab. 1: Referenzwerte und Grenzwerte der Chl-a-Konzentration zwischen 2 Klassen: H/G (sehr gut/ gut), G/M (gut/ mäßig), M/P (mäßig/ unbefriedigend), P/B (unbefriedigend/ schlecht); nach SAGERT et al. [2008], leicht modifiziert. Die Zahlen in eckiger Klammer geben den typspezifischen Salzgehaltsbereich an. \* Interkalibrierungstyp B12 entspricht dem nationalen Typ B3b

Tab. 1: Reference values and limit values of chl a concentration between two classifications: H/G (high/good), G/M (good/moderate), M/P (moderate/poor), P/B (poor/bad); after SAGERT et al. [2008], modified. The figures in brackets indicate the type-specific salinity range. \* Intercalibration type B12 corresponds to national type B3b

## Darstellung der Ergebnisse

### Zustandsbewertung

Die Bewertung der Gewässer anhand des Phytoplankton-Biomasseparameters Chl-a stellt eine Komponente der modular zusammengesetzten Gesamtbewertung der Gewässer dar. Sinn und Zweck der „Ökologischen Zustandsbewertung der deutschen Küstengewässer“ nach WRRL ist die Initiierung von geeigneten Maßnahmen zur Erreichung der in der WRRL vorgegebenen Ziele [Voß et al, 2010].

In Abb. 2 werden die in diesem Bericht nach WRRL und HEAT bewerteten BLMP-Stationen gezeigt, wobei die Bewertungsstufen farblich gekennzeichnet sind (vgl. Tabelle 1). Diese können sich in Abhängigkeit von den hydromorphologischen Bedingungen der zu bewertenden Gewässer je nach Gewässertyp deutlich unterscheiden. Die mittleren sommerlichen Chl-a-Konzentrationen sind neben den Stationspunkten angegeben und grob durch die Größe der Punkte veranschaulicht. Die höchsten Konzentrationen finden sich in den Küstengewässern, die nur einen reduzierten Wasseraustausch mit der offenen See haben, wie den Bodden, der Schlei, dem Kleinen Haff und dem Peenestrom. In diese Küstengewässer erfolgt ein hoher Eintrag von Nährstoffen aus dem Einzugsgebiet. In Förden und Buchten mit breiter Mündung und damit gutem Wasseraustausch (äußere Flensburger und Kieler Förde, Wismar-Bucht, Greifswalder Bodden) sind die Konzentrationen wesentlich geringer. Dort spielen offensichtlich Verdünnungsprozesse eine große Rolle. In der nach HEAT klassifizierten „offenen See“ (jenseits der 1-sm-Zone) sind die Chl-a-Konzentrationen durchweg vergleichsweise gering.

Die naturgegebenen Verhältnisse in den verschiedenen Gewässertypen bedingen unterschiedliche Chl-a-Konzentrationen für den angestrebten „guten“ Zustand. Dieser konnte jedoch an keiner der untersuchten Stationen gefunden werden. Schlechte Zustände sind zu meist in inneren Küstengewässern (Schlei, Darß-Zingster Boddenkette, Jasmunder Bodden) zu verzeichnen und auch in der Pommerschen Bucht und der östlichen Arkonasee. Maßgebliche Eintragspfade für die Nährstoffe sind die Flüsse. Während der Phosphoreintrag aus den Flüssen in den letzten Jahrzehnten stark reduziert werden konnte, ist der Stickstoffeintrag weiterhin hoch [NAUSCH et al. [2011]]. Die größten Nährstoffeinträge erfolgen über die Peene/Oder (Pommersche Bucht), die Warnow (Mecklenburger Bucht), die Trave (Lübecker Bucht) sowie die Schwentine (Kieler Bucht). In der Kieler Bucht stimmen die mengenmäßig relativ niedrigen Einträge der Schwentine mit dem mäßigen Zustand überein. Der unbefriedigende Zustand in den küstennahen Bereichen der Lübecker und Mecklenburger Bucht entspricht ebenfalls den dort gefundenen höheren Flusseinträgen. Die Pommersche Bucht wird nicht nur durch die Peene mit Nährstoffen versorgt, sondern vor allem durch die Oder, deren hohe Nährstofffrachten den schlechten Zustand in diesem Gebiet erklären.

### Langzeit-Entwicklung und saisonale Aspekte

Die Kontrolle der Gewässerqualität über größere Zeiträume erfordert langjährige Messreihen. Dadurch kann auch die Wirksamkeit von schon erfolgten Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustandes und die Notwendigkeit zur Durchführung weiterer Maßnahmen überprüft werden.

Um die Übersichtlichkeit zu wahren, werden in Abb. 3 (s. S. 6), nicht die Einzelwerte, sondern die jeweiligen Saisonmittel des Jahres gezeigt und aus diesen dann die jeweils eingezeichnete Trendgerade abgeleitet. Zusätzlich wurden die gewichteten Mittelwerte über jeweils drei Jahre eingezeichnet und mit der roten Linie verbunden.

Der schon 2005 in der Frühlingssituation gefundene sinkende Trend der mittleren Chl-a-Konzentration in der Mecklenburger Bucht und der Anstieg in der benachbarten Arkonasee (WASMUND et al. [2006a]) konnte durch die in diesem Bericht durchgeführte Verlängerung der Datenserie bis 2008 und die Verbreiterung der Datenbasis um mehrere Stationen bestätigt werden. In der Pommerschen Bucht wurde im Frühjahr ebenfalls ein Rückgang der Werte festgestellt. In der westlich an die Mecklenburger Bucht angrenzenden Lübecker und Kieler Bucht (nicht gezeigt) konnte kein signifikanter Trend der Frühjahrswerte gefunden werden. Die Sommermittelwerte zeigten im Allgemeinen eine geringere Streuung als die Frühjahrswerte. In der Arkonasee ist eine leicht ansteigende Tendenz der Sommerwerte feststellbar, während in der Pommerschen Bucht die mittleren Chl-a-Konzentrationen abnahmen. In der Pommerschen Bucht gingen die Chl-a-Konzentrationen zum Ende der 1980er Jahre stark zurück, stiegen dann aber wieder leicht an. Es gibt innerhalb des Gesamt-trends also unterschiedliche Phasen.

Schon seit Anfang der 1990er Jahre konnte DORENDORF [2007] anhand von Langzeitreihenanalysen einen Rückgang der Nährstoffbelastung im Oderästuar nachweisen. Auch ist, wie von NAUSCH et al. [2011] beschrieben, eine starke Reduktion der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus der mit der Oder in Verbindung stehenden Peene zu beobachten. Dieses führte zu einer Verringerung des Phytoplanktonbestandes in der Pommerschen Bucht, während in den küstenfernen Bereichen der Arkonasee diese Wirkung offensichtlich noch ausbleibt.

NAUSCH et al. [2011] zeigen auch für die anderen wichtigen deutschen Ostseezuflüsse einen Rückgang des Phosphoreintrags um 61% (1986/90 zu 2004/2008), vor allem bedingt durch geringere Frachten aus Punktquellen. Der überwiegend aus diffusen Quellen stammende Stickstoffeintrag hat sich nur um 13% verringert. Dennoch zeigt sich auch in den Frühjahrs-Chl-a-Werten der Mecklenburger Bucht eine abnehmende Tendenz.

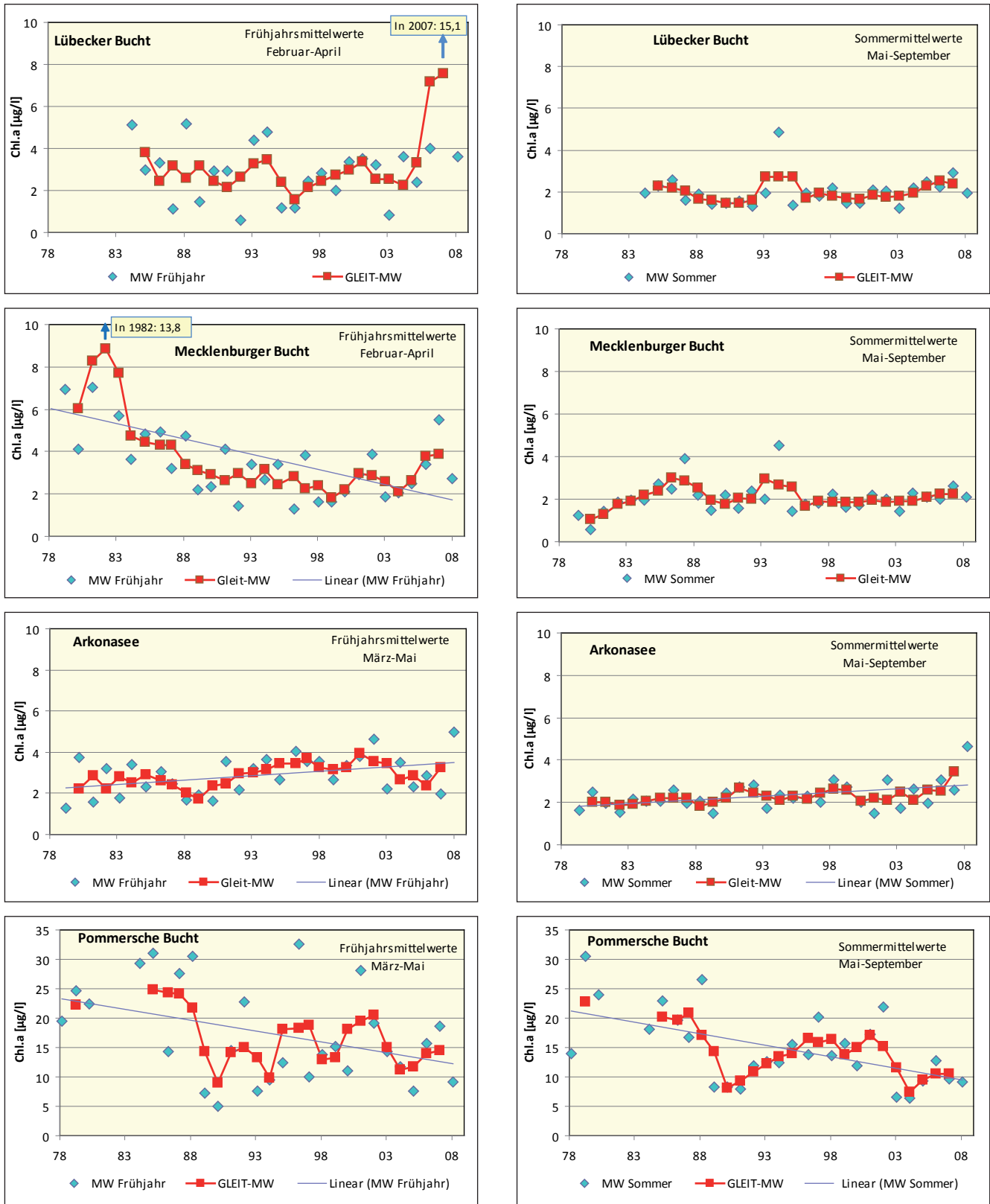


Abb. 3: Trends der Chl-a-Konzentrationen (mittels linearer Regression) für Saison-Mittelwerte (blaue Karos) in den angegebenen Seegebieten. Dargestellt sind auch die gleitenden Mittelwerte über jeweils drei Jahre (rote Kurve). Die Grafiken der Pommerschen Bucht tragen eine abweichende Skalierung

Fig. 3: Trends in the chl a concentration (by linear regression) for seasonal means (blue diamonds) in the denoted sea areas. Also running means over three years are shown (red line). The diagrams of the Pomeranian Bay are drawn with an extended y-axis

Die nachgewiesenen gegenläufigen Trends (Abb. 3) in benachbarten Seegebieten zeigen, dass der Bereich der Darßer Schwelle eine starke biologische Grenze darstellt (KELL [1973], WITKOWSKI et al. [2005]). Jedes Seegebiet weist also seine eigenen Charakteristika auf und muss deshalb nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich separat untersucht und bewertet werden.

Zusammenfassend wird deutlich, dass der Zustand der deutschen Küstengewässer im besten Fall als „mäßig“ anzusehen ist. Bereiche, die erhöhten Nährstoffeinträgen unterliegen, weisen in der Regel eine

deutlich schlechtere Bewertung auf. Da eine erhöhte Eutrophierung zur Zeit kennzeichnend für nahezu abgeschlossene Seegebiete (zum Beispiel Bodden und Förden) und die Küstengewässer im Allgemeinen ist, müssen auch zukünftig weitere Maßnahmen zur Nährstoffreduktion, besonders für Einträge, ergriffen werden. Die von der WRRL vorgegebenen Zeiträume von 6 Jahren zur Überprüfung und Bewertung können jeweils nur eine Momentaufnahme darstellen. Um langjährige Entwicklungen und damit Trends abschätzen zu können, sollten, wie beispielhaft in diesem Bericht geschehen, gleichzeitig auch Auswertungen von Langzeitdatenreihen durchgeführt werden.

## Literatur

- CARLETTI, A. and HEISKANEN, A.-S. (eds.), 2009: Water Framework Directive intercalibration. Technical report Part 3: Coastal and Transitional Waters. EUR 23838 EN/3 2009.
- DORENDORF, S., 2007: Zeitliche Dynamik der Nährstofffrachten der Oder im Hinblick auf Konsequenzen für das Stettiner Haff.
- EUROPÄISCHE UNION, 2000: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Veröffentlicht am 22.12.2000. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L 327/1. 72 Seiten.
- HELCOM, 2007: Manual for marine monitoring in the COMBINE programme of HELCOM, Part C. [http://www.helcom.fi/groups/monas/CombineManual/AnnexesC/en\\_GB/](http://www.helcom.fi/groups/monas/CombineManual/AnnexesC/en_GB/), updated 2007:
- 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](#). Helsinki Commission, Helsinki.
- JEFFREY, S.W. and HUMPHREY, G., 1975: New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen*, 167, 191-194.
- KELL, V., 1973: Die Darßer Schwelle - eine biologische Grenze? *Wiss. Zeitschr. Univ. Rostock, Math.-nat. R.*, 22, Heft 6/7, 617-623.
- NAUSCH, G., BACHOR, A., PETENATI, T., VOSS, J. und M. VON WEBER, 2011: Nährstoffe in den deutschen Küstengewässern und der angrenzenden Ostsee. *Meeresumwelt Aktuell Nord- und Ostsee*, 2011/1.
- SAGERT, S., SELIG, U. und SCHUBERT, H., 2008: Phytoplanktonindikatoren zur ökologischen Klassifizierung der deutschen Küstengewässer der Ostsee. *Rostock. Meeresbiol. Beitr.*, Heft 20, 45-69.
- VOß, J., KNAACK, J. und M. VON WEBER, 2010: Ökologische Zustandsbewertung der deutschen Übergangs- und Küstengewässer 2009. *Meeresumwelt Aktuell Nord- und Ostsee*, 2010/2.
- WASMUND, N., POLLEHNE, F., POSTEL, L., SIEGEL, H. und ZETTLER, M.L., 2006a: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2005. *Meereswiss. Ber., Warnemünde* 69, 1-78.
- WASMUND, N., TOPP, I. and SCHORIES, D., 2006b: Optimising the storage and extraction of chlorophyll samples. *Oceanologia*, 48, 125-144.
- WASMUND, N. and UHLIG, S., 2003: Phytoplankton trends in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 60, 177-186.
- WITKOWSKI, A. et al., 2005. Darss Sill as a border in the fossil record of the Baltic Sea: evidence from diatoms. *Quaternary International*, 130, 97-109.

### Autoren dieses Berichts:

Dr. Norbert Wasmund  
Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)  
Seestr. 15  
18119 Warnemünde  
E-Mail: [norbert.wasmund@io-warnemuende.de](mailto:norbert.wasmund@io-warnemuende.de)

Christine Schöppe  
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie  
Mecklenburg-Vorpommern (LUNG)  
Badenstr. 18  
18439 Stralsund

Jeanette Göbel  
Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR)  
Hamburger Chaussee 25  
24220 Flintbek

Mario von Weber  
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie  
Mecklenburg-Vorpommern (LUNG)  
Goldberger Str. 12  
18273 Güstrow



## ARGE BLMP Nord- und Ostsee

Auf der 34. Umweltministerkonferenz Norddeutschland am 17. April 1997 sind die zuständigen Ressorts des Bundes und der Länder Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein übereingekommen, für die Zusammenarbeit bei der Überwachung der Meeresumwelt von Nord- und Ostsee eine Arbeitsgemeinschaft Bund/Länder-Messprogramm für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee (ARGE BLMP Nord- und Ostsee) zu bilden.

Mitglieder der ARGE BLMP sind:

- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- Bundesministerium für Bildung und Forschung
- Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg
- Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz
- Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein

## Impressum

Herausgegeben vom  
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)  
Sekretariat Bund/Länder-Messprogramm für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee (BLMP)  
Bernhard-Nocht-Straße 78  
20359 Hamburg

[www.blmp-online.de](http://www.blmp-online.de)

Zu zitieren als: Meeresumwelt Aktuell Nord- und Ostsee, 2011 / 2  
© Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)  
Hamburg und Rostock 2011

Ein Glossar zur Reihe findet sich auf der oben genannten Webseite.

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des BSH reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.