



Nährstoffe in den deutschen Küstengewässern der Ostsee und angrenzenden Gebieten

Nutrients in the German coastal waters of the Baltic Sea and adjacent areas

GÜNTHER NAUSCH, ALEXANDER BACHOR, THORKILD PETENATI, JOACHIM VOß, MARIO VON WEBER

Key Words: Nutrients, German Coastal Waters, Baltic Sea

Zusammenfassung

- Der Phosphoreintrag aus den acht wichtigsten Kläranlagen an der deutschen Ostseeküste (ca. 70% der Direkteinleiter) hat sich zwischen 1990 und 2008 um 98% verringert. Der Stickstoffeintrag ging im gleichen Zeitraum um 89% zurück (ca. 90% der Direkteinleiter).
- Der flussbürtige Eintrag von Gesamtphosphor ist um 61% zurückgegangen, vergleicht man die Zeiträume 1986/90 und 2004/08, vor allem bedingt durch verringerte Frachten aus Punktquellen. Der vorwiegend aus diffusen Quellen stammende Stickstoffeintrag hat sich nur um 13% verringert, wovon die Hälfte der Abnahme dem geringeren Abflussgeschehen geschuldet ist.
- Die Verteilungsmuster der winterlichen Phosphatkonzentrationen zeigen, dass die Werte in den inneren Küstengewässern in der gleichen Größenordnung liegen wie in der offenen See. Dagegen verursacht die Dominanz diffuser Quellen im Einzugsgebiet und die enge Kopplung ans Abflussgeschehen in den inneren Küstengewässern, insbesondere in den Ästuaren der Oder mit Haff und Peenestrom, der Warnow und der Trave, Nitratkonzentrationen, die teilweise um das 50- bis 70-fache über den Werten der offenen See liegen.
- Die reduzierten Einträge spiegeln sich auch im Rückgang der Gesamtphosphor- und -stickstoffkonzentrationen, sowohl in den inneren Küstengewässern als auch in der vorgelagerten Ostsee wider. Der stärkste Rückgang fand bis Mitte der 1990er Jahre statt, danach schwanken die Werte auf einem relativ stabilen Niveau, häufig an das Abflussgeschehen gekoppelt.
- Trotzdem müssen alle Gebiete nach wie vor als eutrophiert bewertet werden, was in Übereinstimmung mit den HELCOM-Bewertungen steht (HELCOM [2009]). Dabei weisen die offenen Meeresgebiete (Westliche Beltsee, Kieler Bucht, Arkonabecken, Zingster Außenküste) einen mäßigen Gewässerzustand auf. Die küstennahen und mehr abgeschlossenen Regionen (Flensburger Förde, südliche Kieler Bucht, Lübecker Bucht, Wismarbucht und Pommernbucht) müssen gemäß den WRRL-Bewertungskriterien dagegen als schlecht bewertet werden. Einen besonders hohen Eutrophierungsgrad weisen die inneren Küstengewässer auf (Schlei, Untertrave, Unterwarnow, Darß-Zingster Boddenkette, Jasmunder Bodden, Peenestrom, Kleines Haff).
- Die Orientierungswerte für die inneren Küstengewässer werden um ein Vielfaches überschritten und erscheinen als zu niedrig angesetzt, auch und besonders wegen ihrer fehlenden Gradienten bis zur offenen Ostsee, und bedürfen einer wissenschaftlichen Überarbeitung.

Summary

- Phosphorus inputs from the eight largest sewage treatment plants on the German Baltic Sea coast (about 70% of direct dischargers) decreased by 98% between 1990 and 2008. In the same period, nitrogen input decreased by 89% (about 90% of direct dischargers).
- A comparison of the periods 1986/90 and 2004/08 shows that riverine discharges of total phosphorus decreased by 61%, primarily due to reduced

- inputs from point sources. Nitrogen input, mostly from diffuse sources, decreased only by 13%, half of the decrease being attributable to lower runoff.
- The distribution pattern of phosphate concentrations in winter shows that levels in the inner coastal waters are in the same order of magnitude as in the open sea. By contrast, nitrate concentrations are 50 – 70 times higher than in the open sea due to the fact that diffuse sources prevail in the drainage area and that nitrate levels are closely coupled to runoff in the inner coastal waters, especially in the estuaries of the river Odra including Haff and Peenestrom, the rivers Warnow and Trave.
 - These reduced inputs are also reflected in the decline of total phosphorus and nitrogen concentrations, both in the inner coastal waters and in the adjacent Baltic Sea waters. The strongest decline was recorded up to the mid-1990s, after which concentrations have fluctuated at a relatively stable level, often associated with runoff.
 - Nevertheless, all areas still have to be considered eutrophied, in accordance with the HELCOM classification (HELCOM [2009]). Water quality in the open sea areas (western Belt Sea, Kiel Bight, Arkona Basin, Zingst outer coast) is classified as moderate, whereas waters closer to the coast and in more enclosed areas (Flensburg Fjord, southern Kiel Bight, Lübeck Bight, Wismar Bight, and Pomeranian Bight) have to be classified as „bad“ applying the WFD assessment criteria. Eutrophication is particularly high in the inner coastal waters (Schlei, Lower Trave, Lower Warnow, Darss-Zingst Bodden Chain, Jasmund Bodden, Peenestrom, Kleines Haff).
 - The orientation values for inner coastal waters are exceeded several times and apparently have been set too low, especially because of their missing gradients toward the open Baltic Sea. They require scientific review.

Hintergrund

Weltweit stellt die Eutrophierung nach wie vor eines der ernstesten Probleme der Umweltbelastung dar (GIWA [2003]). Der Begriff Eutrophierung wird „als die erhöhte biologische Produktivität des Gewässers als Ergebnis der verstärkten Zufuhr von Pflanzennährstoffen (Phosphor- und Stickstoffverbindungen), hauptsächlich verursacht durch anthropogene Aktivitäten in den Einzugsgebieten“ definiert (EUTROSYM [1976]). Eutrophierungseffekte konnten im Bereich großer Städte entlang der Ostseeküste bereits in der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts nachgewiesen werden (ELMGREN and LARSSON [2001]). In der offenen Ostsee fanden sich in den 1960er Jahren erste Anzeichen der Eutrophierung (FONSELIUS [1969]), die bis Mitte der 1980er Jahre ernsthafte Ausmaße annahmen. Obwohl in den zurückliegenden Jahrzehnten umfangreiche Maßnahmen zur Nährstoffreduktion eingeleitet wurden, sind weite Gebiete der Ostsee weiterhin von Eutrophierung betroffen. Die erste einheitliche Bewertung des Eutrophierungszustandes der Ostsee (HELCOM [2009]) zeigte, dass sich nur 11 von 172 bewerteten Küstenarealen in einem guten Zustand befinden. Sie befinden sich ausnahmslos im Bottnischen Meerbusen. Die restlichen 161 Küstengebiete sind z.T. sehr stark von Eutrophierung beeinflusst. Auch die 9 in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) klassifizierten offenen Seegebiete und Küstenzonen befinden sich in einem moderaten bis

schlechten Eutrophierungszustand. Dies gilt insbesondere für die inneren Küstengewässer (Förden, Bodden, Haffe). Konsequenterweise stellt die Bekämpfung der Eutrophierung auch eines der wesentlichsten Elemente des „Baltic Sea Action Plans“ der HELCOM dar (HELCOM [2007]). Auch die europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) fordert die Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ bis spätestens 2027.

Exzessive Einträge von Stickstoff- und Phosphorverbindungen aus dem Einzugsgebiet der Ostsee sind die Hauptursache der Eutrophierung. 75% der Stickstoff- und 95% der Phosphoreinträge gelangen über die Flüsse und aus direkten Quellen in die Ostsee. Über die Atmosphäre werden zusätzlich 25% der Stickstoffverbindungen in die Ostsee eingetragen. In den inneren Küstengewässern dominieren die Nährstoffeinträge über die Flüsse und aus Direkteinleitungen. Die Beschreibung der Nährstoffsituation gehört seit der Etablierung eines einheitlichen Überwachungsprogramms der HELCOM Ende der 1970er Jahr zu den Schlüsselementen des Messprogramms. Die nationale Umsetzung erfolgt durch das Bund/Länder-Messprogramm (BLMP).

Der vorliegende Indikatorbericht stellt die Entwicklung der Nährstoffeinträge aus dem deutschen Einzugsgebiet sowie die Veränderungen der Nährstoffverhältnisse in den deutschen Küstengewässern und der angrenzenden Ostsee seit 1986 dar.

Messprogramm

Im Rahmen des Monitorings von HELCOM, des BLMP und der WRRL werden folgende Nährstoffuntersuchungen durchgeführt:

IOW: 26 Stationen, 5mal im Jahr, Nitrit, Nitrat, Phosphat und Silikat sowie an ausgewählten Stationen Ammonium, Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff.

LLUR: 24 Stationen, 10mal im Jahr, 1 Station, 18-20mal im Jahr, Ammonium, Nitrit, Nitrat, Phosphat, Silikat, Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff.

LUNG: 38 Stationen, 10-12mal im Jahr, Ammonium, Nitrit, Nitrat, Phosphat, Silikat, Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff.

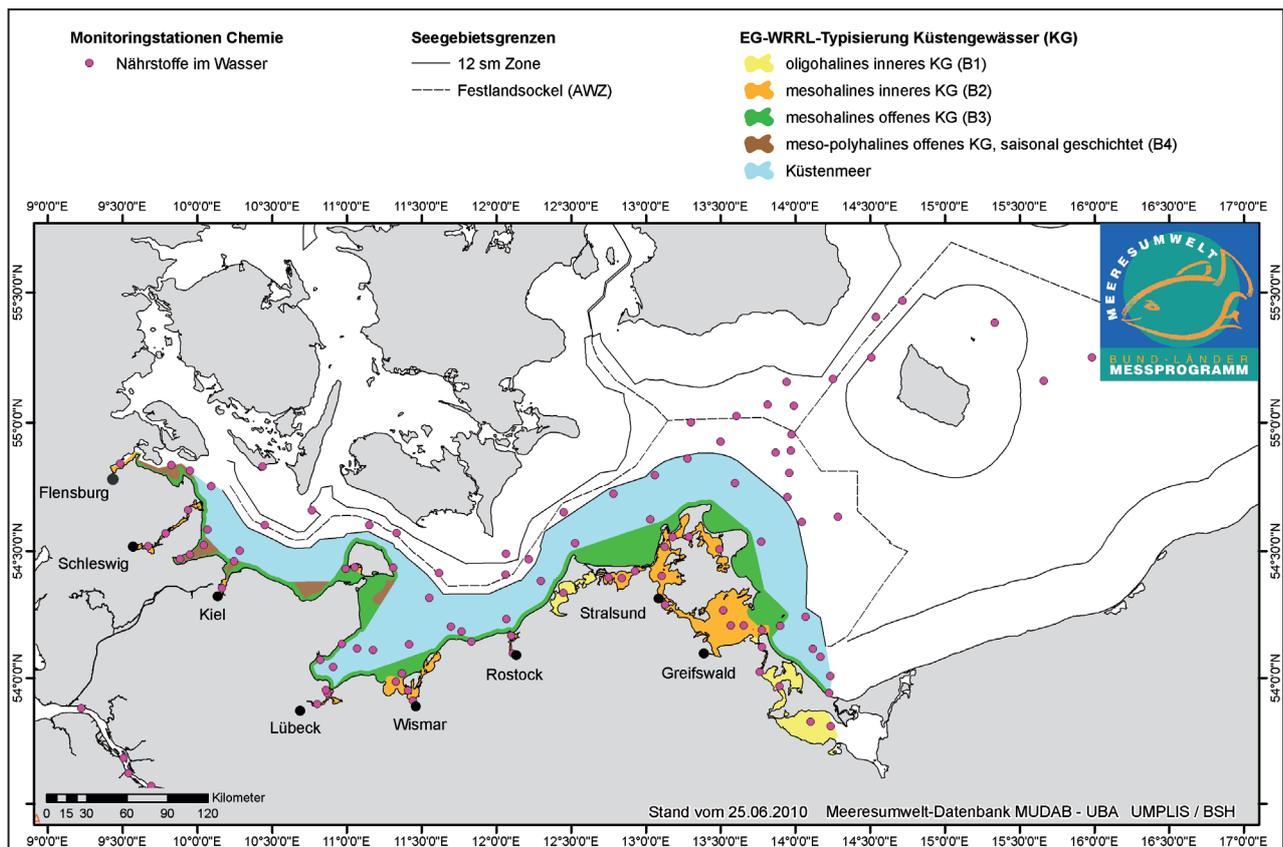


Abb. 1: Nährstoffmessnetz in den deutschen Küstengewässern der Ostsee und angrenzenden Gebieten
Fig. 1: Nutrients monitoring network in the German coastal waters of the Baltic Sea and adjacent areas

Ergebnisse

1. Direkteinträge

Bereits in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts führten Direkteinträge, vorwiegend kommunaler Natur, im Bereich der größeren Küstenstädte entlang der deutschen Ostseeküste zu Eutrophierungseffekten in den von den Einleitungen betroffenen Küstengewässern. Die Abwasserbehandlungsanlagen der Städte Lübeck, Wismar, Rostock, Stralsund und Greifswald wurden daher im Rahmen einer Konferenz zum Schutz der Ostsee in die insge-

samt 162 Hot Spots umfassende Liste des gemeinsamen umfassenden Umweltaktionsprogramms der Ostseeanrainer aufgenommen (HELCOM [1993]). Als Letzte der genannten Anlagen im deutschen Ostsee-Einzugsgebiet konnte das Zentralklärwerk der Hansestadt Lübeck im Jahre 2009 von der Liste der Hot Spots gestrichen werden, nachdem die Filtrationsanlage fertig gestellt wurde. Auf dieser modernen Anlage wird auch das Abwasser der im September 2009 still gelegten kleineren Kläranlage Lübeck-Ochsenkopf gereinigt. Mittlerweile verfügen jetzt die Kläranlagen aller größeren Städte in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern

über eine weitergehende Abwasserbehandlung zur Eliminierung der Nährstoffe. Durch den Neubau bzw. die Modernisierung dieser Anlagen wurde in den letzten 20-25 Jahren eine deutliche Reduzierung der Nährstoffeinträge aus den Punktquellen im deutschen Ostsee-Einzugsgebiet erreicht.

Der Eintrag von Gesamtphosphor aus den Abwasserbehandlungsanlagen der Städte Flensburg, Schleswig, Kiel, Lübeck, Wismar, Rostock, Stralsund und Greifswald (siehe Abb. 1) hat sich von 522 Tonnen im Jahre 1990 auf 2 Tonnen im Jahre 2008 verringert. Das entspricht einem Rückgang um 98 % (Abb. 2 links). Während diese Anlagen in Schleswig-Holstein bereits Ende der 1980er Jahre mit einer dritten Reinigungsstufe zur Phosphor-Elimination ausgerüstet wurden („Phosphor-

Sofortprogramm, Dringlichkeitsprogramm“ und „Kläranlagenausbauprogramm“), geschah dies im neuen Bundesland Mecklenburg-Vorpommern erst nach der deutschen Wiedervereinigung in den 1990er Jahren. In Mecklenburg-Vorpommern sank Anfang der 1990er Jahre zudem der Abwasseranfall deutlich.

Durch die Ausrüstung dieser Anlagen mit einer weiteren Reinigungsstufe zur Stickstoff-Elimination konnten die Einträge von Gesamtstickstoff von 5.226 Tonnen im Jahr 1990 auf 571 Tonnen im Jahr 2008 reduziert werden, was einem Rückgang von 89 % entspricht (Abb. 2 rechts). Dabei setzte die Erweiterung der Kläranlagen in Mecklenburg-Vorpommern Mitte der 1990er Jahre und in Schleswig-Holstein einige Jahre später ein.

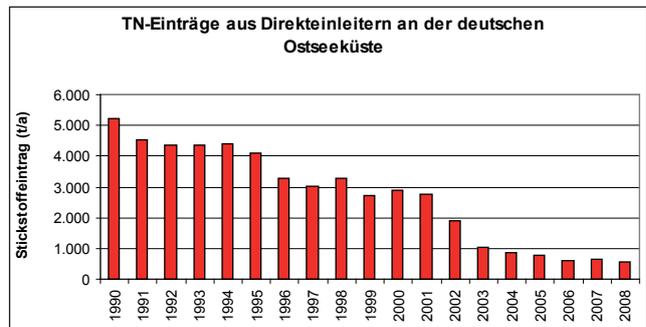
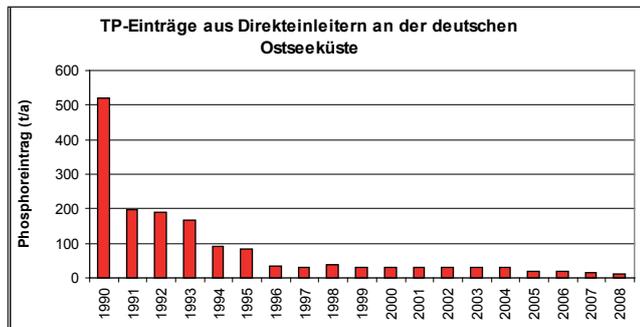


Abb. 2: Entwicklung der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus Direkteinleitern an der deutschen Ostseeküste

Fig. 2: Development of phosphorus and nitrogen inputs from direct dischargers on the German Baltic Sea coast

2. Flusseinträge

In Abb. 3 sind die flussbürtigen Einträge von Gesamtphosphor und –stickstoff in die deutschen Küstengewässer dargestellt. Für die Phosphorverbindungen ist ein deutlicher Rückgang Ende der 1980er/Anfang der 1990er Jahre festzustellen. Vergleicht man den Zeitraum 1986/90 mit dem Zeitraum 2004/08, hat der Phosphoreintrag um 61% abgenommen. Die Flusswasserzufuhr hat sich für die gleichen Vergleichsperioden nur um 6% verringert. Hauptursache der verringerten Frachten sind Reduktionen des Eintrags aus Punktquellen. Für die Stickstoffverbindungen ist diese Abnahme nicht in gleicher Weise sichtbar. Der Vergleich der 5-Jahresperiode 1986/90 mit dem Zeitraum 2004/08 erbringt nur eine Reduktion des Eintrags um 13%, wovon die Hälfte der Abnahme dem geringeren Abflussgeschehen geschuldet ist. Vielmehr wird eine sehr enge Kopplung an das Abflussge-

schehen deutlich, da der überwiegende Teil der Stickstoffeinträge diffusen Quellen entstammt. Eine Korrelationsrechnung der 23 Wertepaare Abfluss/Gesamtstickstoff ergibt einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,92$. Betrachtet man unter diesem Gesichtspunkt die Phosphorfrachten, zeigt sich ab etwa 1992, nachdem wesentliche Punktquellen minimiert wurden, ebenfalls eine engere Beziehung zum Abflussgeschehen ($n = 17$; $r = 0,76$).

Die bedeutendsten Nährstoffeinträge im Ostsee-Einzugsgebiet der beiden Küstenländer erfolgen über die Peene, Warnow, Trave und Schwentine.

Neben den Flusswassereinträgen aus den Ostsee-Einzugsgebieten von Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern müssen in den östlichen deutschen Küstengewässern die Einträge aus der Oder berücksichtigt werden. Die Oder ist der mit Abstand größte Fluss an der südwestlichen Ostseeküste und

ihre Nährstofffrachten sind die dominierende Eintragsquelle für Stettiner Haff, Peenestrom und Greifswalder Bodden (BACHOR [2005]) sowie die Pommerische Bucht. Angaben zu den Nährstofffrachten der Oder finden sich bei WILGAT and WITEK [2004] und PASTUSZAK and WITEK [2009]. Danach werden für die Oder am Pegel Krajnik Dolny für den Zeitraum 2003-2007 Gesamtposphorfrachten um 4.200 Tonnen/Jahr und Gesamtstickstofffrachten um 50.000 Tonnen/Jahr angegeben. Für den gleichen Zeitraum betrug der mittlere jährliche flussbürtige Nährstoff-

eintrag aus dem Ostsee-Einzugsgebiet Mecklenburg-Vorpommerns um 240 Tonnen Gesamtphosphor und um 9.500 Tonnen Gesamtstickstoff.

Wie ein Vergleich der Direkteinträge mit den flussbürtigen Einträgen zeigt, wird die Nährstoffbelastung der deutschen Küstengewässer der Ostsee maßgeblich durch die flussbürtigen Einträge bestimmt. Direkteinträge, die vor 20 Jahren lokal durchaus bedeutend waren, spielen nur noch eine sehr untergeordnete Rolle (siehe Abb. 2).

| Zeitraum | Peene | | Warnow | | Trave | | Schwentine | |
|-----------|-------|------|--------|------|-------|------|------------|-----|
| | TP | TN | TP | TN | TP | TN | TP | TN |
| 1976-1980 | 230 | 5170 | 101 | 1479 | 737 | 6484 | 125 | 699 |
| 1981-1985 | 304 | 5690 | 92 | 2244 | 592 | 5780 | 87 | 709 |
| 1986-1990 | 286 | 3171 | 93 | 1471 | 291 | 5124 | 47 | 525 |
| 1991-1995 | 112 | 2841 | 68 | 2057 | 140 | 6479 | 27 | 576 |
| 1996-2000 | 71 | 2318 | 49 | 1537 | 124 | 4503 | 21 | 430 |
| 2001-2005 | 55 | 2746 | 41 | 1587 | 139 | 4784 | 20 | 410 |

Tab: 1: Entwicklung der Nährstoffeinträge (t/a) der wichtigsten deutschen Ostseezuflüsse
 Tab. 1: Development of nutrient inputs (t/a) from major German Baltic Sea tributaries

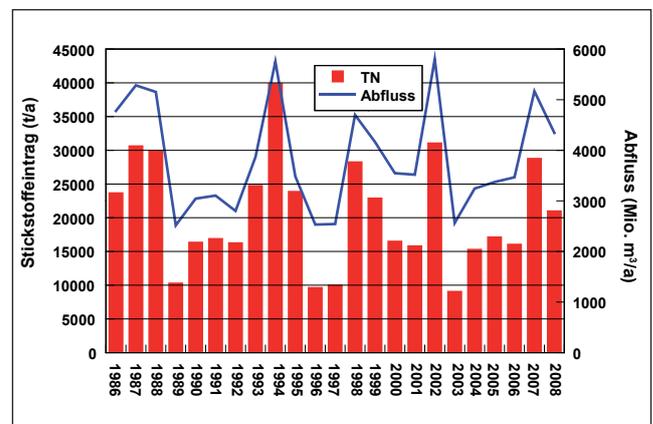
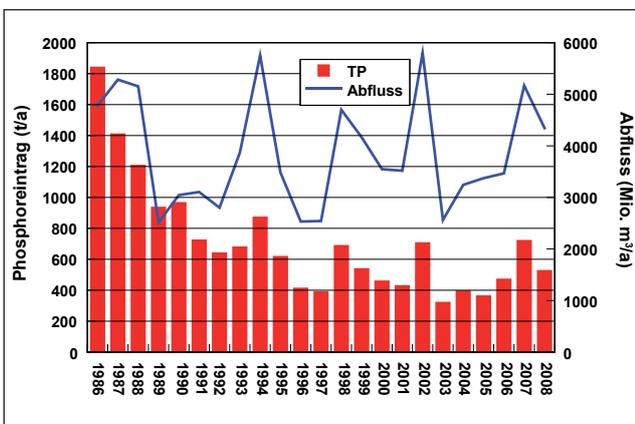


Abb. 3: Flussbürtige Phosphor- und Stickstoffeinträge in die deutschen Küstengewässer der Ostsee sowie die jährlichen Abflussmengen für den Zeitraum 1986 - 2008
 Fig. 3: Riverine phosphorus and nitrogen inputs to the German Baltic Sea coastal waters and annual runoff in the period from 1986 to 2008

3. Verteilungsmuster der Nährstoffe

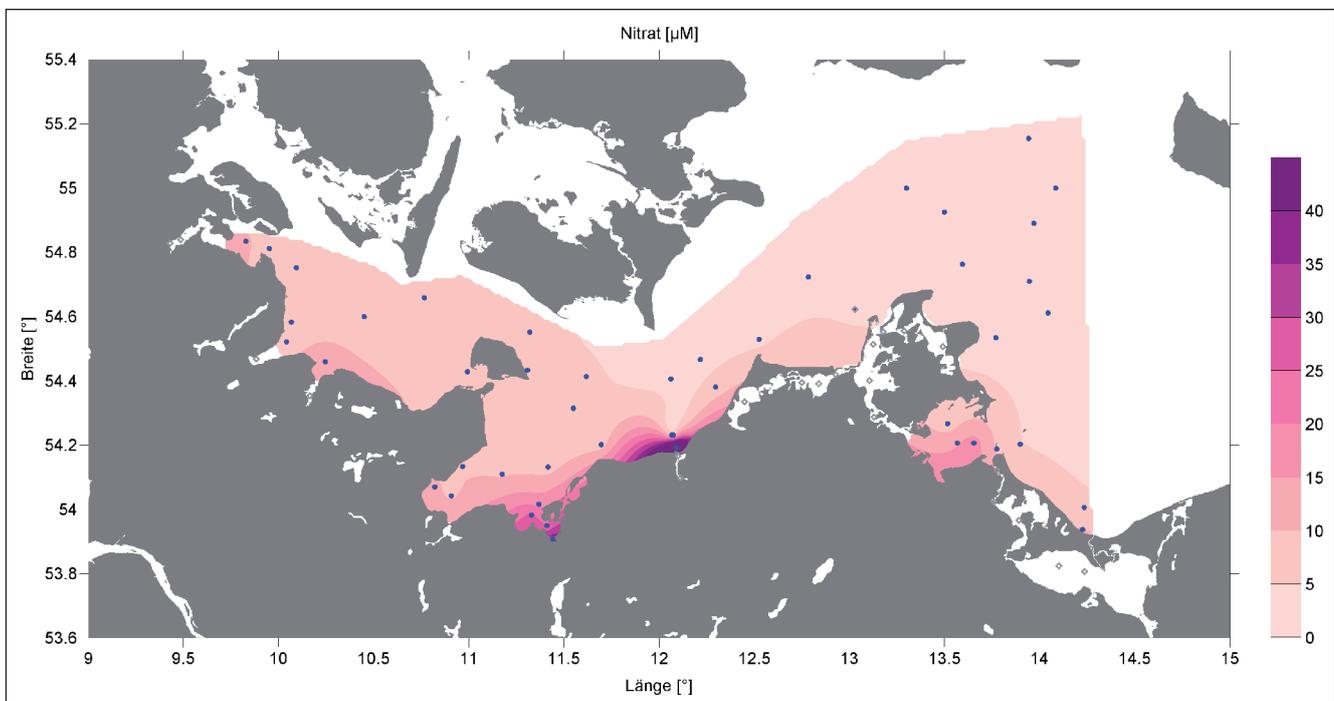
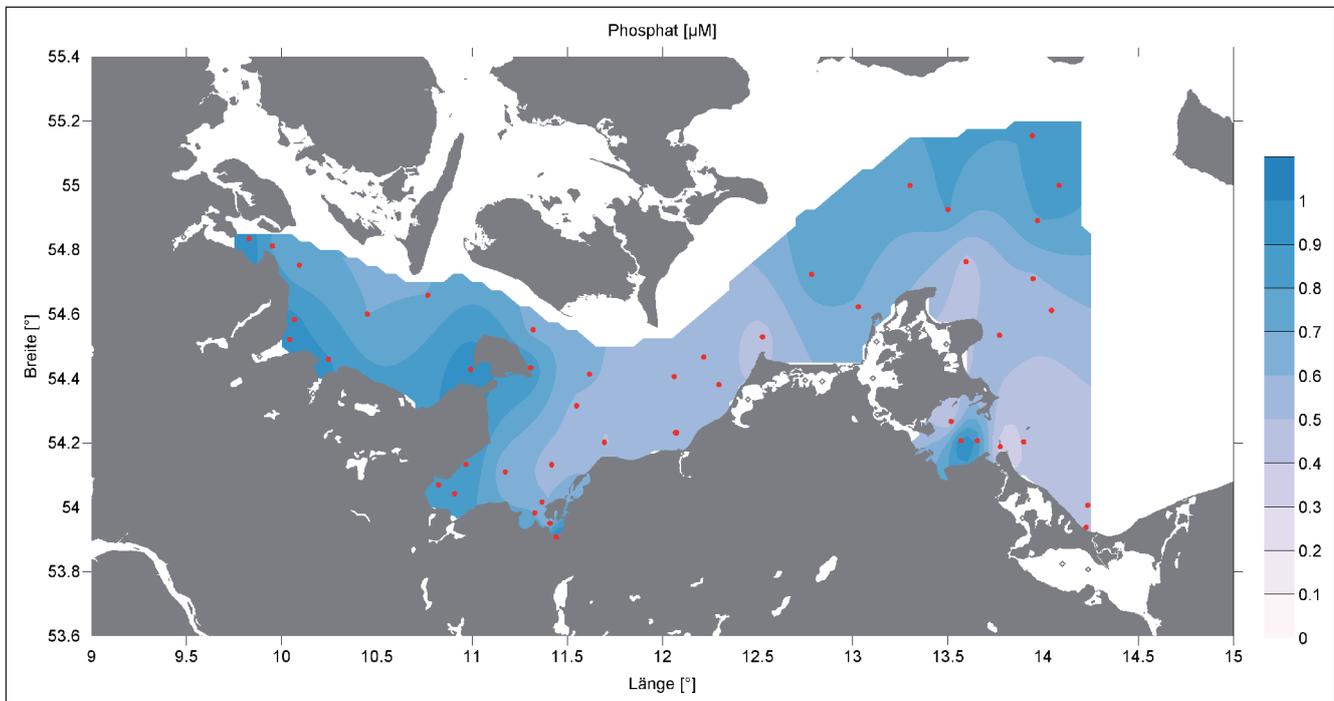


Abb. 4: Phosphat- und Nitratverteilung in der Oberflächenschicht der deutschen Ostseegewässer im Winter 2007
Fig. 4: Phosphate and nitrate distribution in the surface layer of the German Baltic Sea in winter 2007

Die räumlichen Verteilungsmuster der Winterwerte des Jahres 2007 für Phosphat und Nitrat in der offenen Ostsee und den küstennahen Gewässern sind in Abb. 4 dargestellt. Die Konzentrationsverteilung in den inneren Küstengewässern wurde aus graphischen Gründen nicht in die Darstellung einbezogen (Ausnahmen Wismar-Bucht und Greifswalder Bodden) sondern ist in Tab. 2 zusammengefasst. Während der deutliche Rückgang des Eintrages der Phosphorverbindungen aus Kläranlagen (Abb. 2) und aus den Flüssen (Tab. 1; Abb. 3) sowie teilweise auch Sorptions/ Desorptions-Gleichgewichte des Phosphats mit dem Sediment dazu geführt haben, dass die Phosphatkonzentrationen in den inneren Küstengewässern in der gleichen Größenordnung liegen wie die Phosphatwerte in der offenen See (Tab. 2), ergeben sich für Nitrat deutliche Unterschiede. Die Dominanz diffuser Quellen

im Einzugsgebiet und die enge Kopplung ans Abflussgeschehen verursachen in den Wintermonaten in den inneren Küstengewässern, insbesondere in den Ästuaren der Oder mit Haff und Peenestrom und der Warnow, Nitratkonzentrationen, die teilweise um das 50- bis 70-fache über den Werten der offenen See liegen (Tab. 2). Nitrat wird teilweise in die offene See eingetragen wie dies am Beispiel der Wismarbucht und der Unterwarnow (graphisch durch 2 Stützpunkte umgesetzt, die auf Messungen in Heiligendamm basieren) zu erkennen ist und auch häufig in der Pommerschen Bucht zu beobachten ist. Andererseits fungieren die inneren Küstengewässer auch als Puffersysteme, die die landseitigen Einträge zurückhalten und eine starke Stickstoffbelastung der Ostsee verringern, wie am Beispiel der Darß-Zingster Boddenkette (DZBK) zu sehen (Tab. 2).

| Gewässer | Nitrat (μM) | Phosphat (μM) |
|---|--------------------------|----------------------------|
| Flensburger Innenförde (Kupfermühlenbucht) | 30,2 | 1,52 |
| Flensburger Innenförde (Südl. Ochseninseln) | 27,6 | 1,46 |
| Kieler Innenförde | 31,5 | 1,12 |
| Unterwarnow, Höhe Kabutzenhof | 275,0 | 0,63 |
| Unterwarnow, Höhe Bramow | 305,0 | 0,83 |
| Unterwarnow, Höhe Warnowwerft | 189,0 | 0,73 |
| Unterwarnow, Mole Warnemünde | 82,5 | 0,55 |
| DZBK- Bodstedter Bodden | 61,2 | 0,63 |
| DZBK - Barther Bodden | 65,7 | 0,45 |
| DZBK - Grabow | 47,8 | 0,93 |
| DZBK - Barther Fahrwasser, Höhe Pramort | 14,7 | 0,48 |
| Peenestrom, Höhe Peenemünde | 93,0 | 0,71 |
| Peenestrom, Höhe Wolgast | 111,0 | 0,94 |
| Stettiner Haff, Zentralbereich | 127,0 | 1,15 |
| Stettiner Haff, Mitte Staatsgrenze | 118,0 | 1,96 |

Tab. 2: Nitrat- und Phosphatkonzentrationen in ausgewählten inneren Küstengewässern (WRRL-Typen B1 und B2) im Winter 2007

Tab. 2: Nitrate and phosphate concentrations in selected inner coastal waters (WFD types B1 and B2) in winter 2007

4. Nährstofftrends

Für Trenduntersuchungen werden in der Regel die Winterwerte verwendet, da sich in diesem Zeitraum ein Gleichgewicht aus mikrobieller Mineralisation, geringer Produktivität und tiefem vertikalen Austausch einstellt (NEHRING and MATTHÄUS [1991], NAUSCH et al. [2008]). Für die zentrale Ostsee ist dabei ein stabiles Winterplateau auf hohem Niveau

charakteristisch. In der westlichen Ostsee ist diese Plateauphase häufig nicht eindeutig zu identifizieren, da die Frühjahrsblüte schon sehr zeitig beginnen kann. Sind die Messwerte homogen über das Jahr verteilt, können Trendberechnungen auch mit Jahresmittelwerten durchgeführt werden. Für Gesamtstickstoff (TN) und Gesamtphosphor (TP) werden für Trendbetrachtungen generell Jahresmittelwerte herangezogen.

Für zwei Beispielregionen werden die langzeitlichen Veränderungen der mittleren TP- und TN-Konzentrationen in Bezug zu den Eintragsreduzierungen dargestellt und diskutiert (Abb. 5 und 6).

4.1. Region Unterwarnow

Die drastische Reduzierung der Phosphoreinträge aus der zentralen Kläranlage der Hansestadt Rostock führte in der ersten Hälfte der 1990er Jahre zu einer ebenso drastischen Verminderung der Phosphorkonzentrationen in der durch die Einleitungen unmittelbar betroffenen nördlichen Unterwarnow (Abb. 5). An der Unterwarnow-Messstelle UW4, die sich in rund 7 km Entfernung von der Einleitungsstelle der Kläranlage befindet, ist ein Rückgang der mittleren Phosphorkonzentrationen von 8-10 μM TP (1988/89) auf 1,5-2 μM TP (ab 1996) zu konstatieren. Der Anfang der 1990er Jahre einsetzende Rückgang war zunächst auf den gesunkenen Abwasseranfall und die Einführung P-freier Waschmittel sowie in der Folgezeit auch auf abwassertechnische Maßnahmen in der Kläranlage (P-Simultanfällung) zurückzuführen. Mit der Fertigstellung der neuen Kläranlage mit einer Reinigungsstufe zur P-Eliminierung sanken die Konzentrationen in der Unterwarnow nochmals. Die seitdem auf einem Plateau von 1,5-2 μM TP verharrenden Konzentrationen werden gegenwärtig im Wesentlichen durch die Phosphorfrachten der Warnow bestimmt (oberirdisches Einzugsgebiet: 3324 km²). Die Verringerung der punktuellen Einträge aus der KA Rostock hat sich auch in der vorgelagerten Ostsee

ausgewirkt. An der Ostsee-Messstelle O5, die sich in rund 14,5 km von der Einleitungsstelle der Kläranlage Rostock in der offenen See vor Warnemünde befindet, ist analog zu den zeitlichen Veränderungen in der Unterwarnow zunächst eine ebenso drastische Konzentrationsabnahme wie in der nördlichen Unterwarnow festzustellen, allerdings auf einem deutlich niedrigerem Konzentrationsniveau. Die mittleren Phosphorkonzentrationen sanken hier von 2,2 μM TP (1988-1990) auf 0,5 μM TP (1995-1998). Danach ist aber - anders als in der Unterwarnow - ein Wiederanstieg der Phosphorkonzentrationen zu verzeichnen, der nur im Jahre 2003 unterbrochen wird. Die Phosphorkonzentrationen in diesem Seegebiet werden offensichtlich auch von anderen Faktoren beeinflusst. Als eine mögliche P-Quelle kommt die P-Freisetzung aus den Schlicksedimenten der Mecklenburger Bucht in Frage. In dieser bis zu 26 m tiefen Bucht haben sich erhebliche Phosphormengen in den Sedimenten akkumuliert, die bei anoxischen Verhältnissen am Gewässergrund freigesetzt werden und nach Aufhebung der sommerlichen Schichtung im Herbst /Winter infolge der vertikalen Durchmischung zu einem Anstieg der Konzentrationen im Oberflächenwasser führen. Dieser Prozess wird auch interne Düngung genannt und tritt auch in der westlichen Ostsee (z.B. Kieler Außenförde) auf.

Für Gesamtstickstoff zeigt sich sowohl für die Unterwarnow als auch für das vorgelagerte Seegebiet eine sehr ähnliche Konzentrationsentwicklung, die maßgeblich durch die landseitigen Einträge bestimmt wird (Abb 5). Während die Einträge aus

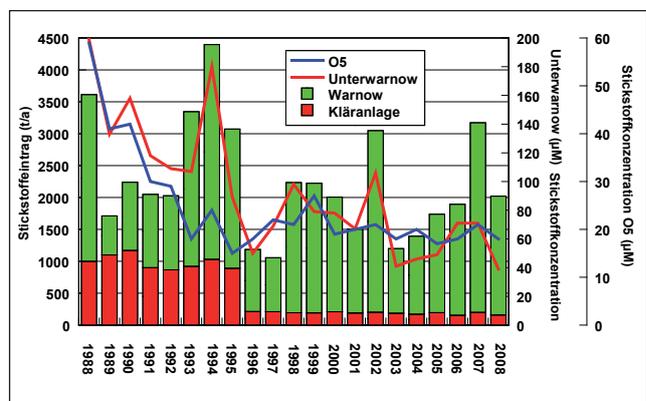
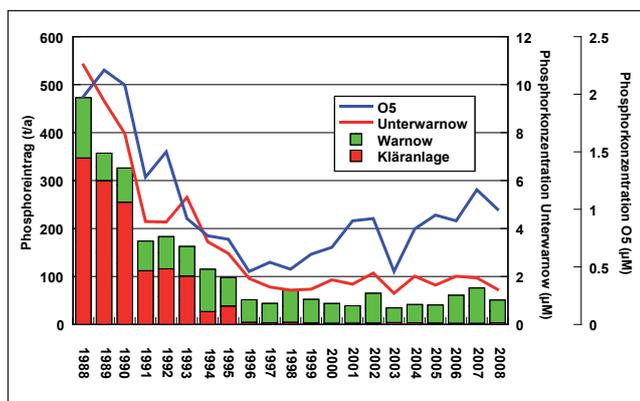


Abb. 5 Phosphor- und Stickstoffeintrag durch die Kläranlage Rostock-Bramow und die Warnow sowie der Veränderung der Gesamtphosphor – und Gesamtstickstoffkonzentrationen (Jahresmittelwerte) in der Unterwarnow und an der Station O5 vor Warnemünde

Fig. 5: Phosphorus and nitrogen inputs from the Rostock-Bramow sewage treatment plant and the river Warnow and changes in total phosphorus and nitrogen levels (annual means) in the Lower Warnow and at the O5 station off Warnemünde

der alten und neuen Kläranlage Rostock eine hohe Konstanz aufweisen, sind die Warnowfrachten durch eine hohe zwischenjährliche Variabilität gekennzeichnet. In nassen Jahren (1988, 1994, 2002, 2007) werden hohe, in trockenen Jahren (1989, 1996, 1997, 2003) niedrige Frachten gemessen. Mit der Inbetriebnahme der neuen Kläranlagen im Jahre 1996 sanken die Stickstoffkonzentrationen in der nördlichen Unterwarnow (UW4) von 110-200 µM (1988-1995) auf 40-100 µM (1996-2008). Die große Spannweite der Mittelwerte spiegelt die hohe Variabilität der Einträge wider. In der Ostsee vor Warnemünde (O5) ist ebenfalls ein Konzentrationsrückgang von 40-60 µM (1988-1990) auf Mittelwerte von 20-30 µM (1997-2008) festzustellen.

4.2. Region Kieler Förde

In Abb. 6 werden vergleichende Untersuchungen für den Bereich der Kieler Förde dargestellt. Die Phosphorfracht der Schwentine (oberirdisches Einzugsgebiet: 714 km²) beträgt 1990 mit 35 t nur 7% der P-Fracht der Warnow. Allerdings ist deren Einzugsgebiet etwa fünfmal größer. Für den Zeitraum 1990-2008 ist ein leicht rückläufiger Trend zu erkennen. Die mittlere Fracht des Gesamtzeitraumes beträgt 24 t je Jahr mit einem Minimum von 8,4 t (2003, sehr trockenes Jahr) und einem Maximum von 36 t (2002, sehr nasses Jahr). Die Phosphorfracht der Kläranlage Kiel-Bülk lag 1990 noch bei 23 t. Mit Fertigstellung der Phosphorelimination

erfolgte ab 1991 ein erheblicher Rückgang der P-Frachten. Der Mittelwert für den Zeitraum 1991-2008 liegt bei 4,5 t je Jahr, was einer Verringerung der P-Fracht um 80% entspricht.

Die mittlere Stickstofffracht der Schwentine liegt im Zeitraum von 1990 bis 2008 bei rd. 490 t pro Jahr. Das Minimum dieses Zeitraumes beträgt 206 t (1996, trockenes Jahr), das Maximum beträgt 809 t (1998, nasses Jahr). Die N-Frachten variieren im gleichen Maß wie die Jahresabflusssummen. Ein rückläufiger Trend der N-Frachten ist im Gesamtzeitraum nicht zu erkennen. Die mittlere Stickstofffracht der Kläranlage Kiel-Bülk lag im Zeitraum von 1990 bis 2001 bei 1083 t. Mit Fertigstellung der Stickstoffelimination erfolgte ab 2002 ein erheblicher Rückgang der jährlichen N-Frachten. Der Mittelwert im Zeitraum von 2002 bis 2008 liegt bei 140 t N pro Jahr. Dies entspricht einer N-Minderung von 87% (Abb. 6).

Die Auswirkungen der dargestellten Frachtreduktionen auf die P- und N-Konzentrationen in der Kieler Innen- und Außenförde sind ebenfalls Abb. 6 zu entnehmen. Bei einer Bewertung der Daten der Zeitreihe 1990 bis 2008 ist zu berücksichtigen, dass die Probenahmehäufigkeit in der Kieler Innen- und Außenförde im Zeitraum von 1990 bis 1996 nur zwischen 3 bis 6 mal jährlich lag und erst ab 1997 in der Innenförde auf 6 bis 10 mal und in der Außenförde sogar auf 16 bis 28 mal erhöht werden konnte. Dadurch sind die Stationsdaten ab 1997 aussagekräftiger.

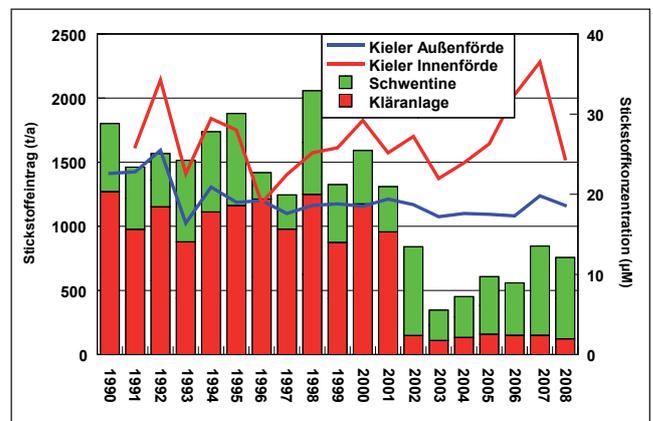
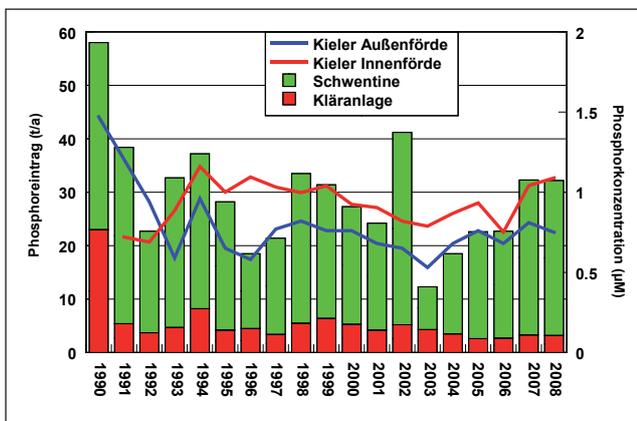


Abb. 6: Phosphor- und Stickstoffeintrag durch die Kläranlage Kiel-Bülk und die Schwentine sowie der Veränderung der Gesamtphosphor- und Gesamtstickstoffkonzentrationen (Jahresmittelwerte) in der Kieler Innen- und Außenförde

Fig. 6: Phosphorus and nitrogen inputs from the Kiel-Bülk sewage treatment plant and river Schwentine and changes in total phosphorus and nitrogen levels (annual means) in the upper and lower Kiel Fjord

Die Phosphor-Jahresmittelwerte variieren in der Kieler Innenförde im Zeitraum von 1990 bis 2008 zwischen 0,70 und 1,15 μM , ein abnehmender Trend ist in der Datenreihe jedoch nicht zu erkennen. Eine gewisse Korrelation der P-Konzentrationen mit den P-Frachten der Schwentine ist ab 1994 erkennbar. Die Kläranlage Kiel-Bütk beeinflusst die Innenförde wegen ihrer Lage jedoch nicht. In der Kieler Außenförde sind die P-Konzentrationen seit 1993 stets niedriger als in der Innenförde, die Jahresmittelwerte variieren zwischen 0,53 und 1,47 μM . Hier ist seit 1997 kein rückläufiger Trend erkennbar.

Die Stickstoffkonzentrationen variieren in der Kieler Innenförde im Zeitraum von 1990 bis 2008 zwischen 19,0 und 35,5 μM (Maximum 2007), der Trend ist dabei sogar leicht ansteigend. In der Kieler Außenförde sind die N-Konzentrationen niedriger, sie variieren zwischen 16,4 und 25,5 μM (Maximum 1992), hier ist ein rückläufiger Trend für den Gesamtzeitraum erkennbar. Seit 1997 liegt die N-Konzentration aber relativ konstant bei 18 μM . Die erhebliche Minderung der N-Frachten der Kläranlage Kiel-Bütk seit 2002 wirkt sich somit auf die N-Konzentration in der Kieler Außenförde nicht aus. Auch ein Schwentine-Einfluss ist dort nicht sichtbar.

Bewertung

Die BLMP-Arbeitsgruppe „Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)“ hat im November 2006 das Fachpapier „Eutrophierung in den deutschen Küstengewässern von Nord- und Ostsee – Handlungsempfehlungen zur Reduzierung der Belastung durch Eutrophierung gemäß WRRL, OSPAR und HELCOM im Kontext

einer Europäischen Wasserpolitik“ verabschiedet (Stand: Januar 2007). Darin sind Hintergrund- und Orientierungswerte für die Nährstoffbewertungen in den Übergangs- und Küstenwassertypen gemäß WRRL angegeben. Die Orientierungswerte, die zur Diskussion und Bewertung der vorliegenden Nährstoffuntersuchungen heran gezogen werden, wurden aus den Hintergrundwerten gemäß den Verfahren von OSPAR und HELCOM abgeleitet, in dem diese mit einem Aufschlag von 50 % versehen wurden (ANON. [2007]).

1 Oligohaline innere Küstengewässer (WRRL-Typ B1)

Oligohaline Küstengewässer kommen nur im vorpommerschen Küstenabschnitt vor. In Tabelle 3 sind die Monitoringdaten dieser Gewässer aus dem Jahr 2007 den Orientierungswerten aus dem o.g. Fachpapier (ANON. [2007]) gegenüber gestellt.

In den oligohalinen inneren Küstengewässern werden die Orientierungswerte trotz der in den letzten Jahren erreichten Eintragsreduzierungen (siehe Kap. 1) sehr deutlich überschritten. Die Überschreitungen liegen beim Gesamt-N zwischen dem 8- und 12-fachen und beim Gesamt-P zwischen dem 6- und 13-fachen. Die gelösten Nährstoffkonzentrationen im winterlichen Oberflächenwasser übersteigen die Orientierungswerte beim Nitrat um das 5- bis 14-fache und beim Orthophosphat bis zum 7-fachen. Mit Ausnahme des Peenestromes handelt es sich um flache Gewässer mit mittleren Wassertiefen zwischen 2 und 4 m, in denen intensive Wechselwirkungen zwischen Wasserkörper und feinkörnigen (schlickigen) Sedimenten stattfinden.

| Ostseeregion | TN (Jahr) | NO ₃ (Winter) | TP (Jahr) | PO ₄ (Winter) |
|--|--------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|
| Bodstedter Bodden | 178 | 61 | 6,7 | 0,63 |
| Kleiner Jasmunder Bodden | 122 | 36 | 4,9 | 0,35 |
| Peenestrom (3 Stationen) | 126 | 112 | 5,2 | 1,24 |
| Kleines Haff (2 Stationen) | 122 | 113 | 6,2 | 1,35 |
| Orientierungswert (Salzgehalt 1,8-3,5 g/kg) | 15 | 7,8 | 0,5 - 0,8 | 0,2 - 0,3 |

Tab. 3: Nährstoffe in B1-Gewässern an der deutschen Ostseeküste (Monitoringdaten 2007) im Vergleich zu Orientierungswerten nach BLMP-Fachpapier (ANON. [2007]), Angaben in μM

Table 3: Nutrient levels in B1 waters along the German Baltic Sea coast (2007 monitoring data) in comparison with orientation values based on BLMP paper (ANON. [2007]), μM

2 Mesohaline innere Küstengewässer (WRRL-Typ B2)

| Ostseeregion | TN (Jahr) | NO ₃ (Winter) | TP (Jahr) | PO ₄ (Winter) |
|--|--------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|
| Schlei (3 Stationen) | 121 | 205 | 2,7 | 1,1 |
| Untertrave (2 Stationen) | 165 | 332 | 2,4 | 1,9 |
| Unterwarnow (2 Stationen) | 102 | 232 | 2,6 | 0,7 |
| Orientierungswert (Salzgehalt bis 7,5 g/kg) | 20 | 7,8 | 0,9 | 0,39 |
| Flensburger Förde (2 Stat.) | 26 | 29 | 1,3 | 1,5 |
| Kieler Förde (1 Station) | 31 | 31 | 1,0 | 1,1 |
| Innere Wismarbucht (2 St.) | 32 | 32 | 1,4 | 0,9 |
| Barther Bodden | 119 | 66 | 4,4 | 0,5 |
| Grabow | 92 | 46 | 3,9 | 0,9 |
| Rügensche Bodden (4 Stationen) | 45 | 12 | 1,7 | 0,4 |
| Greifswalder Bodden (3 Stationen) | 39 | 13 | 1,8 | 0,5 |
| Orientierungswert (Salzgehalt bis 18 g/kg) | 12 | 4,3 | 0,52 | 0,2 |

Tab. 4: Nährstoffe in B2-Küstengewässern an der deutschen Ostseeküste (Monitoringdaten 2007) im Vergleich zu Orientierungswerten nach BLMP-Fachpapier (ANON. [2007]), Angaben in µM

Table 4: Nutrient levels in German B2 Baltic Sea coastal waters (2007 monitoring data) in comparison with orientation values based on BLMP paper (ANON. [2007]), µM

Auch in den mesohalinen inneren Küstengewässern werden die Orientierungswerte mehr oder weniger deutlich überschritten. In den Mündungsgebieten (Ästuaren) von Trave und Warnow sowie in der Schlei trifft dies besonders für Nitrat zu. Über die Zuflüsse kommt es in diesen Gewässern im Win-

ter zu erheblichen Nitratreinträgen. Beim Phosphor sind die Überschreitungen deutlich weniger stark ausgeprägt als in den oligohalinen inneren Küstengewässern. Auffällig sind allerdings die erhöhten Gesamt-P-Konzentrationen im Barther Bodden und im Grabow.

3 Mesohaline offene Küstengewässer (WRRL-Typ B3)

| Ostseeregion | TN (Jahr) | NO ₃ (Winter) | TP (Jahr) | PO ₄ (Winter) |
|--|----------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|
| S-H Küstengewässer (5 Stationen zw. Flensburger Förde und Lübecker Bucht) | 22 | 9,1 | 0,8 | 0,9 |
| Äußere Wismarbucht | 23 | 22 | 1,1 | 0,7 |
| Orientierungswert (Salzgehalt 15 g/kg) | 14 | 7,8 | 0,6 | 0,25 |
| Prorer Wiek (1 Station) | 20 | 3,9 | 1,4 | 0,65 |
| Ostsee südöstl. Rügen (1 St.) | 31 | 5,1 | 1,2 | 0,42 |
| Ostsee vor Usedom (1 St.) | 59 | 10,2 | 2,0 | 0,44 |
| Orientierungswert (Salzgehalt 6,5 – 15 g/kg) | 14 - 18 | 7,8 | 0,6 - 0,9 | 0,25 - 0,4 |

Tab. 5: Nährstoffe in B3-Küstengewässern an der deutschen Ostseeküste (Monitoringdaten 2007) im Vergleich zu Orientierungswerten nach BLMP-Fachpapier (ANON. [2007]), Angaben in µM

Table 5: Nutrient levels in German B3 Baltic Sea coastal waters (2007 monitoring data) in comparison with orientation values based on BLMP paper (ANON. [2007]), µM

In den mesohalinen offenen Küstengewässern werden die Orientierungswerte für die Nährstoffe nur noch geringfügig überschritten. Für Nitrat werden diese in den meisten Küstenabschnitten eingehal-

ten (grün markiert). Im östlichen Küstenabschnitt vor Usedom macht sich der Einfluss der Oder bemerkbar. Hier werden erhöhte Gesamt-N- und Gesamt-P-Konzentrationen gemessen.

4. Meso-polyhaline offene Küstengewässer (WRRL-Typ B4)

| Ostseeregion | TN (Jahr) | NO ₃ (Winter) | TP (Jahr) | PO ₄ (Winter) |
|--|--------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|
| Flensburger Außenförde (2 Stationen) | 19 | 9,6 | 0,81 | 0,87 |
| Eckernförder Bucht (1 Station) | 20 | 9,2 | 0,73 | 0,95 |
| Kieler Außenförde (1 Station) | 20 | 11 | 0,77 | 0,91 |
| Orientierungswert (Salzgehalt 10,5 - 20 g/kg) | 15 | 7,8 | 0,8 – 0,9 | 0,2 – 0,4 |

Tab. 6: Nährstoffe in B4-Küstengewässern an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste (Monitoringdaten 2007) im Vergleich zu Orientierungswerten nach BLMP-Fachpapier (ANON. [2007]), Angaben in µM

Table 6: Nutrient levels in B4 coastal waters on the Schleswig-Holstein Baltic coast (2007 monitoring data) in comparison with orientation values based on BLMP paper (ANON. [2007]), µM

In den meso-polyhalinen offenen Küstengewässern der Regionen Flensburger Außenförde, Eckernförder Bucht und Kieler Außenförde überschreiten die Nitrat- und Phosphat-Winterkonzentrationen die jeweiligen Orientierungswerte deutlich (rot markiert).

Für Gesamt-N ist ebenfalls eine Überschreitung um rd. 30% festzustellen. Für Gesamt-P wird der Orientierungswert im WRRL-Typ B4 dagegen in den o.g. Regionen unterschritten (grün markiert).

5. Küstenmeer

| Ostseeregion | TN (Jahr) | NO ₃ (Winter) | TP (Jahr) | PO ₄ (Winter) |
|--|--------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|
| Südl. Ausgang Kleiner Belt | 19 | 8,3 | 0,79 | 0,73 |
| Kieler Bucht (Station N3) | 20 | 8,5 | 0,67 | 0,78 |
| Lübecker Bucht (Station O22, S-H- und M-V Daten) | 22,3 | 7,1 | 0,92 | 0,6 |
| Mecklenburger Bucht (2 Stationen) | 22 | 7,8 | 1,14 | 0,52 |
| Ostsee vor Darßer Schwelle | 17 | 6,7 | 1,14 | 0,52 |
| Pommersche Bucht (1 Station) | 33 | 4,8 | 1,30 | 0,43 |
| Orientierungswert (Salzgehalt 10,5 - 20 g/kg) | 15 | 7,8 | 0,8 – 0,9 | 0,2 – 0,4 |
| Arkonasee (2 Stationen) | 16,6 | 4,3 | 1,7 | 0,72 |
| Orientierungswert (Salzgehalt 7 - 9 g/kg) | 15 | 2,8 - 3,6 | 0,7 | 0,39 - 0,45 |

Tab. 7: Nährstoffe im deutschen Küstenmeer Ostsee (Monitoringdaten 2007) im Vergleich zu Orientierungswerten für Arkonasee nach BLMP-Fachpapier (ANON. [2007]), andere Gebiete werden wie WRRL-Typ B4 bewertet, Angaben in µM

Table 7: Nutrient levels in the German territorial sea (2007 monitoring data) in comparison with orientation values based on BLMP paper (ANON. [2007]); other areas are assessed as WFD type B4; µM

Gemäß WRRL sind im Küstenmeer Ostsee nur prioritäre Stoffe zu bewerten. Zur Einschätzung des Eutrophierungszustandes ist jedoch die Bewertung der Nährstoffdaten analog zu den Anforderungen für den WRRL-Typ B4 unbedingt notwendig (Tab 7). Gemäß HELCOM sind diese küstenfernen Regionen hinsichtlich der Eutrophierung gleichwohl zu bewerten (HELCOM [2009]).

Die Monitoringdaten 2007 zeigen, dass das deutsche Küstenmeer Ostsee bezüglich Gesamt-N und Phosphat die jeweiligen Orientierungswerte mäßig bis erheblich überschreitet. Die Nitrat-Winterkonzentrationen werden mit Ausnahme der westlichen Ostsee und der Arkonasee eingehalten. Für Gesamt-P werden die Orientierungswerte in der westlichen Ostsee eingehalten, während in den übrigen Regionen eine Überschreitung festzustellen ist.

6 Gesamtbewertung

Die umfangreichen Maßnahmen des Kläranlagenausbaus haben zu deutlichen Reduzierungen der Nährstoffeinträge in die deutschen Ostseeküsten Gewässer geführt.

Trotzdem müssen alle deutschen Ostseegewässer nach wie vor als eutrophiert bewertet werden, was in Übereinstimmung mit den HELCOM-Bewertungen steht (HELCOM [2009]). Dabei weisen die offenen Meeresgebiete (Westliche Beltsee, Kieler Bucht, Arkonabecken, Zingster Außenküste) einen mäßigen Gewässerzustand auf. Die küstennahen und mehr abgeschlossenen Regionen (Flensburger Förde, südliche Kieler Bucht, Lübecker Bucht, Wismarbucht und Pommernbucht) müssen gemäß den WRRL-Bewertungskriterien dagegen als schlecht bewertet werden. Einen besonders hohen Eutrophierungsgrad weisen die inneren Küstengewässer auf (Schlei, Untertrave, Unterwarnow, Darß-Zingster Boddenkette, Jasmunder Bodden, Peenestrom, Kleines Haff).

Es existiert ein starker Konzentrationsgradient zwischen inneren und äußeren Küstengewässern, der in flusswassergeprägten Regionen besonders stark ausfällt.

Es sind weitere Anstrengungen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge in die Küstengewässer erforderlich. Gemäß HELCOM-Ostseeaktionsplan (HELCOM [2007]) betragen die Reduktionsziele für

Deutschland 5.620 Tonnen Stickstoff/Jahr und 240 Tonnen Phosphor/Jahr, die bis zum Jahr 2021 zu erreichen sind.

In Schleswig-Holstein wurden dazu regional unterschiedliche Stickstoff- und Phosphor-Reduzierungsziele im Bewirtschaftungsplan für die Flussgebietseinheit Schlei/Trave festgelegt, die zwischen 15% in der Region Wagrien/Fehmarn/Neustädter Bucht und 20 – 25% in den übrigen Regionen (Flensburger Förde, Schlei, Eckernförder Bucht, Probstei) betragen. In Mecklenburg-Vorpommern wurden noch keine konkreten Reduzierungsziele festgelegt. Zu deren Ableitung werden gegenwärtig flussgebietsbezogene Nährstoffbilanzen erstellt, damit möglichst effektive Maßnahmen zur Reduzierung der Einträge umgesetzt werden können. Die ehrgeizigen Ziele des Baltic Sea Action Plans der HELCOM können nur erreicht werden, wenn die diffusen Nährstoffeinträge insbesondere von den landwirtschaftlichen Nutzflächen deutlich gesenkt werden.

Auch wenn diese Zielstellung möglicherweise nur mittelfristig erreicht werden kann, ist nicht damit zu rechnen, dass die in der künftig geltenden Bundesverordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OgewV 2010, z.Z. Entwurf) in Anlage 6, Tabelle 3.1 festgelegten Orientierungswerte für Nährstoffe in den inneren Küstengewässern eingehalten werden. Diese Orientierungswerte, die aus dem Fachbericht der BLMP AG „Wasserrahmenrichtlinie“ (Anon. [2007]) in die OgewV übernommen werden, erscheinen in den Küstengewässern als zu niedrig angesetzt, auch und besonders wegen ihres fehlenden Gradienten bis zur offenen Ostsee, und bedürfen einer wissenschaftlichen Überarbeitung.

Literatur

- ANON., 2007: Eutrophierung in den deutschen Küstengewässern von Nord- und Ostsee. Handlungsempfehlungen zur Reduzierung der Belastung durch Eutrophierung gemäß WRRL, OSPAR & HELCOM im Kontext einer Europäischen Wasserpolitik (Stand: Januar 2007). http://www.blmp-online.de/PDF/WRRL/Eutrophierung_in_den_deutschen_Kuestengewassern.pdf
- BACHOR, A., 2005: Nährstoff- und Schwermetallbilanzen der Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns unter besonderer Berücksichtigung ihrer Sedimente. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Heft 2/2005. ISSN: 0944-0836.
- ELMGREN, R. and U. LARSSON, 2001: Nitrogen in the Baltic Sea: managing nitrogen in relation to phosphorus. *The Scientific World I (S2)*, 371-377.
- EUTROSYM, 1976: UNEP-Symposium über Eutrophierung und Sanierung von Oberflächengewässern. 20.–25.09.1976, Karl-Marx-Stadt, Bd. 1, Teil 2.2.
- FONSELIUS, S., 1969: Hydrography of the Baltic deep basins, III. Fish. Board Swed. Ser. Hydrogr., **23**, 1-97.
- GIWA, 2003: Newsletter 2, 2003. http://www.giwa.net/newsletter_2_2003.pdf
- HELCOM, 1993: The Baltic Sea Joint Comprehensive Environmental Action Programme. *Balt. Sea Environ. Proc.*, **48**, 1-111. <http://www.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/bsep48.pdf>
- HELCOM, 2007: Baltic Sea Action Plan. http://www.helcom.fi/BSAP/ActionPlan/en_GB/ActionPlan/
- HELCOM, 2009: Eutrophication in the Baltic Sea. An integrated assessment of the effects of nutrient enrichment in the Baltic Sea region. *Balt. Sea Environ. Proc.* **115B**, 1-148. http://meeting.helcom.fi/c/document_library/get_file?p_l_id=79889&folderId=377779&name=DLFE-36818.pdf
- NAUSCH, G., D. NEHRING and K. NAGEL, 2008: Nutrient concentrations, trends and their relation to eutrophication. In: FEISTEL, R., G. NAUSCH and N. WASMUND (Eds.) State and evolution of the Baltic Sea, 1952-2005. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 337-366.
- NEHRING, D. and W. MATTHÄUS, 1991: Current trends in hydrographic and chemical parameters and eutrophication in the Baltic Sea. *Int. Revues ges. Hydrobiol.*, **76**, 297-316.
- Bundesverordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OgewV). Entwurf mit Stand 1.8.2010.
- PASTUSZAK, Z. and Z. WITEK, 2009: Discharges of water and nutrients with the Vistula and the Oder rivers draining Polish territory. In: IGRAS, J. P and Z. PASTUSZAK (Eds.) : Contribution of Polish agriculture to emission of nitrogen and phosphorus compounds to the Baltic Sea, 273-306.
- WIELGAT, M. and Z. WITEK, 2004: A dynamic box model of the Szczecin Lagoon nutrient cycling and its first application to the calculation of the nutrient budget. In: SCHERNEWSKI, G. and T. DOLCH (Eds.): The Oder Estuary – against the background of the European Water Framework Directive. *Meereswiss Ber.*, **57**, 99-125. http://www.io-warnemuende.de/tl_files/forschung/meereswissenschaftliche-berichte/mebe57_2004-oder-estuary.pdf

Abkürzungen

| | |
|----------|---|
| AWZ | ausschließliche Wirtschaftszone |
| BLMP | Bund/Länder-Messprogramm |
| DZBK | Darß-Zingster Boddenkette |
| EUTROSYM | Internationales Symposium über die Eutrophierung und Sanierung von Oberflächengewässern |
| GIWA | Global International Water Assessment |
| HELCOM | Helsinki Commission |
| KA | Kläranlage |
| IOW | Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde |
| LLUR | Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein |
| LUNG | Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern |
| N | Stickstoff |
| OgewV | Oberflächengewässerverordnung |
| OSPAR | Oslo-Paris-Kommission zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks |
| P | Phosphor |
| TP | Gesamt-Phosphor |
| TN | Gesamt-Stickstoff |
| UNEP | United Nations Environment Programme |
| WFD | Water Framework Directive |

Autoren dieses Berichts:

Dr. Günther Nausch
 Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)
 Seestr. 15
 18119 Warnemünde
 E-Mail: guenther.nausch@io-warnemuende.de

Thorkild Petenati, Dr. Joachim Voß
 Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume
 des Landes Schleswig-Holstein (LLUR)
 Hamburger Chaussee 25
 24220 Flintbek

Dr. Alexander Bachor, 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

Zu zitieren als: Meeresumwelt Aktuell Nord- und Ostsee, 2011 /1
© 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.