

<b>Berichte Forschungs- und Technologiezent. Westküste der Univ. Kiel Nr. 28, Büsum 2003</b>	<b>Achim Daschkeit, Horst Sterr (Hrsg.): Aktuelle Ergebnisse der Küstenforschung (Arbeitstitel). 20. AMK-Tagung Kiel, 30.5-1.6.2002</b>	<b>S. 189-195</b>
--	---	-------------------

## **Zustand und modell-gestützte Prognosen zur Wasserqualität in der Ostsee und ihren Küstengewässern**

von

Gerald Schernewski, Thomas Neumann und Magdalena Wielgat (Warnemünde)

### **Abstract**

We give an overview of the definition, status and problems of water quality in the Baltic Sea. Apart from single locations, the hygienic bathing water quality nowadays can be regarded as very good along the entire Baltic Sea coast. Human-pathogenic viruses are an underestimated problem in the Oder Lagoon, but in general eutrophication remains the major issue. Blue-green algae blooms occur frequently and seem to increase in the Baltic Sea. Therefore, measures were taken in the river basins to combat eutrophication. We review several own model based predictions and evaluate the success of eutrophication combat measures. In the Baltic Sea as well as in coastal waters nutrient load reductions have only a limited effect on phytoplankton growth. Depending on the aquatic system, the effects are very different, other processes play a role and even negative effects, like increased blue-green algae blooms in the Baltic Sea, can occur. Altogether eutrophication combat measures seem to be less effective than expected.

### **Zusammenfassung**

Was ist Wasserqualität und wie wird sie sich in Zukunft in der Ostsee entwickeln? Um diese Frage zu beantworten geben wir einen Überblick über aktuelle Definitionen von Wasserqualität sowie die aktuellen Probleme und den Zustand der inneren und äußeren Ostseeküstengewässer. Die Badewasserqualität entlang der Ostseeküste ist nahezu uneingeschränkt sehr gut, wenngleich human-pathogene Viren zumindest im Oderhaff ein Problem darstellen. Zentrales Thema bleibt aber die Eutrophierung. Besonders Algenblüten gefährden die wirtschaftliche Existenz der zahlreichen Badeorte. Welche Maßnahmen zur Bekämpfung der Eutrophierung werden in der Ostsee ergriffen und wie wirkungsvoll sind sie? Um diese Fragen zu beantworten, geben wir einen Überblick über die aktuellen Ergebnisse verschiedener eigener Modellsimulationen im Oderhaff und in der Ostsee. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Bemühungen zur Eutrophierungsbekämpfung nicht so wirkungsvoll sind wie vielfach angenommen. Zudem führen im Falle der Ostsee erst langfristig zu einem deutlichen Erfolg.

### **1. Wasserqualität – ein aktuelles Problemfeld?**

Umweltqualität spielt eine wichtige Rolle in Mecklenburg-Vorpommern, besonders vor dem Hintergrund der Tourismusentwicklung. Entlang der Küste stellen die Qualität des Strandes und des Wassers für Badeurlauber die entscheidenden Aspekte der Umweltqualität dar. Bei der Wasserqualität lässt sich die ökologisch orientierte Wasserqualität, die hygienische Badewasserqualität, die subjektiv durch den Urlauber empfundene Wasserqualität und temporäre, räumlich begrenzte Verschmutzungen durch Ferntransport unterscheiden (Schernewski, in press). In diesem Zusammenhang sollen lediglich die hygienische Badewasserqualität und vor allem die ökologisch orientierte Wasserqualität angesprochen werden.

Die hygienische Badewasserqualität steht durch die regelmäßig herausgegebenen Zustandskarten, Berichte im Internet sowie Zeitungen im Vordergrund des Bewusstseins und wird oft allgemein mit Wasserqualität gleichgesetzt. Tatsächlich deckt die 1976 erlassene EU-Badewasser-Richtlinie aber nur einige Aspekte der Wasserqualität ab. Während der Badesaison entnehmen die Hygieneämter an allen zugelassenen Badestellen 14-tägig Wasserproben und untersuchen diese auf gesamt- und fäkal-coliforme Bakterien, physiko-chemische Parameter (z.B. Sichttiefe und pH) und erkennbare Verschmutzungen. Bei Bedarf wird das Untersuchungsprogramm auf weitere Parameter wie Viren, Ammonium, Nitrat, Pestizide, Cyanide,

Schwermetalle etc. ausgedehnt. In der Praxis werden aber nur die Messungen der coliformen Bakterien an die EU zur Erstellung der Badewasserkarten weitergeleitet und die anderen Parameter kaum zusätzlich erfasst.

Nahezu alle Ostsee-Badestellen erfüllen mittlerweile die strengeren Badewasserrichtwerte und verfügen damit über eine einwandfreie hygienische Badewasserqualität. In früheren Jahren wurde die Richtlinie aufgrund der Einleitung von unzureichend behandelten Siedlungsabwässern vielfach nicht erfüllt, was in den frühen 90er Jahren Badeverbote zur Folge hatte. Vor allem in inneren Küstengewässern, wie Bodden und Haffen sind bisweilen noch Probleme und Einschränkungen durch unzureichende hygienische Wasserqualität zu verzeichnen (Schernewski et al. 2001, Schernewski u Jülich 2001, Schernewski et al. 2002). Tatsächlich befinden sich aber viele Gewässer mit einwandfreier Badewasserqualität in einem ökologisch stark degradierten Zustand (Schiewer u Schernewski 2002).

Bei der ökologisch orientierten Wasserqualität stehen die Nährelemente Stickstoff und Phosphor sowie Chlorophyll, als Indikator für die Algenbiomasse, im Vordergrund. Die Konzentrationen dieser Indikatoren sind ein Maß für die Eutrophierung eines Gewässers. Aufgrund der intensiven Nutzung der Flusseinzugsgebiete werden große Nährstoffmengen in die Ostsee eingetragen und haben zu deutlicher Eutrophierung mit intensiven Massenentwicklungen von Algen, den Algenblüten, geführt. Trotz zahlreicher Maßnahmen sind Algenblüten und durch die Eutrophierung verursachte Fischsterben noch immer keine Seltenheit (Schernewski 2001): In der Lübecker Bucht kam es beispielsweise im Sommer 2000 infolge aufquellenden sauerstoffarmen Tiefenwassers durch ungünstige Windverhältnisse zu einem Fischsterben. Ein anderes Beispiel stellt die Blaualgenblüte vor der dänischen Küste im Juli 2001 dar. Die Algen-Schlieren und aufgetriebener Schaum betrafen die Lübecker Bucht und bedrohten einige Tage auch die mecklenburgische Küste, bevor die Algen durch Winddrehung wieder auf die Ostsee hinausgetrieben wurden.

Besonders dramatisch sind die nahezu jährlich auftretenden Algenblüten vor der schwedischen Küste. Im Juli 2002 haben schwedischen Behörden beispielsweise wegen der Massenentwicklung toxischer Algen Badewarnungen für die Ostseeküste ausgesprochen. „Kinder und Tiere sollten auf keinen Fall ins Wasser gehen, sagte die Stockholmer Biologin Anneli Mattison am Mittwoch. Erwachsene, die trotz der grünen Schlammschicht baden gingen, sollten sich anschließend unbedingt gründlich waschen. Nach Angaben des nationalen Meteorologischen Instituts SMHI sind vor allem die Inseln Gotland und Öland sowie die Inselgruppe vor Stockholm und der Golf von Finnland von der Blaualgen-Plage betroffen.“ Die Probleme entlang der schwedischen Küsten finden auch hier ein Echo und sorgen für Unruhe. Die Meldung mit dem Titel: „Gifalgen in nördlicher Ostsee“ vom 4.4.2000 in der Ostsee-Zeitung, die die schwedische Küste betraf, veranlasste das Umweltministerium von Mecklenburg-Vorpommern beispielsweise umgehend eine Entwarnung für die eigene Küste herauszugeben. Algenansammlungen in Form von Meeresschaum und Algenschleim sind vor allem ein ästhetisches Problem. Manche Algenarten, vor allem die im Sommer auftretenden Blaualgen sind potentiell toxisch und können vor allem Ausschläge, Allergien, Durchfall, Übelkeit und Fieber verursachen. Aber es gibt auch Berichte von Vergiftungen nach der Aufnahme der Algen beispielsweise bei Vieh, Hunden oder Enten an unseren Küsten (Wasmund 2002).

Die Eutrophierung und speziell Algenblüten sind ein zentrales Problem für den Badetourismus entlang der Küsten. Der Tourismus stellt den dominierenden Wirtschaftsfaktor entlang der ländlich geprägten deutschen Küsten dar und Wasserqualitätsprobleme haben somit potentiell weitreichende ökonomische Konsequenzen.

Die für uns in diesem Zusammenhang interessanten Fragen sind deshalb: Nehmen die Algenblüten trotz aller Bemühungen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge in den Küstengewässern und der zentralen Ostsee zu und wie wirksam sind die Strategien zur Bekämpfung der Eutrophierung?

## 2. Möglichkeiten und Strategien zur Eutrophierungsbekämpfung

Aufgrund der offensichtlich gewordenen Eutrophierungsprobleme (verstärkte Algenentwicklungen, das Verschwinden von Benthosflora oder die Verschiebung der Artenzusammensetzung) wurden während der vergangenen 20 Jahre viele Maßnahmen ergriffen, um die Nährstoffeinträge in die Ostsee zu reduzieren. In diesem Zusammenhang ist vor allem die 1988 unternommene Initiative der Helsinki Kommission (HELCOM) von Bedeutung, in der sich alle Anliegerstaaten zu einer Reduzierung der Nährstofffrachten um 50 % bezogen auf die späten 1980er Jahre verpflichten. Bei der Umsetzung dieses Ziels zeigen sich aber starke regionale Unterschiede (FEI 2002). Die Phosphat-Frachten wurden bis 1995 insgesamt um 39 % und die Stickstoff-Frachten um 30 % gesenkt. Der Eintrag von Phosphor aus Punktquellen, wie Kläranlagen, in die Ostsee wurde in den meisten Staaten seit 1987 um 50 % reduziert. Die Einträge aus diffusen, landwirtschaftlichen Quellen wurden hingegen lediglich um 20 % gesenkt. In Polen, einem der Hauptemittenten, wurde nur eine Reduzierung von 23 % der P-Fracht bzw. 24 % der N-Fracht erreicht. Die großen Flusseinzugsgebiete der Weichsel und der Oder stellen dadurch immer noch Belastungsschwerpunkte dar und ziehen ihre Küstengewässer stark in Mitleidenschaft.

Eine in allen Staaten, unabhängig vom aktuellen Stand der Wasserreinigung, angestrebte 50 %-ige Reduktion der Frachten stellt ein politisches Ziel dar, welches aus ökonomischer Sicht nicht optimal ist. Gren (2000) hat deshalb ein Szenario entwickelt, bei dem das Gesamtziel einer Halbierung der Nährstoff-Frachten mit minimalen Kosten erreicht werden kann. Kern dieser Strategie ist, dass die Nährstoff-Frachten vor allem dort reduziert werden, wo die geringsten Kosten entstehen. Es müsste demnach vor allem in den ehemaligen Ostblockstaaten in Wasserreinigung investiert werden, da dadurch eine Halbierung der Frachten mit lediglich etwa 20 % - 25 % des Kapitalaufwandes, verglichen mit dem proportionalen Ansatz, erreicht werden kann.

Neben diesen beiden Szenarien, der proportionalen 50 %-Reduktion und der kosten-effektiven 50 %-Reduktion wurden für einzelne Einzugsgebiete, wie das der Oder, weitere Reduktionsansätze entwickelt. Die Reduzierung von Frachten aus diffusen Quellen ist langwieriger und aufwändiger als die Behandlung von Punktquellen. Diffuse Einträge, z.B. durch das Grundwasser, stellen die Hauptquellen beim Stickstoff dar. Phosphor hingegen stammt im Odereinzugsgebiet zu 62 % aus Punktquellen wie kommunalen und industriellen Abwässern (Behrendt et al. 2001). Vor diesem Hintergrund haben Behrendt et al. (2001) verschiedene Szenarien entwickelt. In einem Szenario werden die unter realistischen und finanzierbaren Rahmenbedingungen maximal erreichbaren Reduktionen im Vergleich zu den Einträgen der Jahre 1993-97 berechnet. Für

Phosphor ergibt sich danach eine mögliche Reduktion um 62 % und beim Stickstoff um lediglich 34 %. Es handelt sich dabei um die Emissionswerte in die Oder. In den späten 1980er Jahren, die von der HELCOM als Bezugsjahre gewählt wurden, zeigten sich in der Oder die höchsten Nährstofffrachten. 90.112 t Stickstoff und 8.721 t Phosphor (Mittelwerte 1887-1989) wurden durch die Oder in die Küstengewässer eingetragen. 1993-97 lagen die Werte schon mit 47.247 t N und 5.254 t P um 48 % bzw. 40 % unter den Frachten der späten 1980er Jahre. Die nach Behrendt et al. (2001) errechneten maximal erreichbaren Reduktionen der Nährstofffracht entsprechen (bezogen auf die HELCOM-Jahre) einer Reduktion um 65 % beim Stickstoff und 77 % beim Phosphor. Bei diesen Werten ist zu beachten, dass die interannuelle Variabilität der Frachten sehr hoch ist und die Messungen und Hochrechnungen der Frachten erhebliche Unsicherheiten mit sich bringen.

### 3. Ist die Bekämpfung der Eutrophierung effektiv?

Die verringerten Nährstoffeinträge zeigen in den äußeren Küstengewässern der Ostsee bereits erste positive Effekte in Form verringerter Nährstoffkonzentrationen (Matthäus et al. 2000). In der zentralen Ostsee zeigen sich noch keine deutlichen Effekte. Im Gegenteil, die räumlich größte Akkumulation von Blaualgen an der Wasseroberfläche der Ostsee seit Beginn der Aufzeichnungen wurde erst vor wenigen Jahren, 1997, beobachtet (HELCOM 2001). Auch viele der Folgejahre, wie auch das Jahr 2002, zeichnen sich durch großräumige Algenteppiche aus. Es stellt sich also die Frage, wie sich eine fortgesetzte Verringerung der Nährstofffrachten auswirkt und welcher Zustand in den Küstengewässern und in der Ostsee erreicht werden kann? Um Vorhersagen vornehmen zu können, sind Simulationsmodelle erforderlich. Die Struktur der inneren Küstengewässer, den Bodden und Haffen, unterscheidet sich deutlich von der Situation in der Ostsee. Um sowohl die Auswirkungen von veränderten Nährstoffeinträgen in den inneren und äußeren Küstengewässern als auch in der Ostsee vorhersagen zu können wurden zwei verschiedene Modelle entwickelt bzw. angewendet. Es handelt sich einerseits um das dreidimensionale ökologisch-hydrodynamische Modell der Ostsee (Ergom) (Neumann 2000) und andererseits um das Oderhaff-Modell (Wielgat u Schernewski 2002). Die Ergebnisse der Modellsimulationen sollen hier kurz zusammengefasst werden.

#### 3.1 Die Ostseeküste: Oderhaff

Das Oderhaff hat eine Fläche von 687 km<sup>2</sup> und eine mittlere Tiefe von nur 3,8 m. Die hohen Nährstoffeinträge der Oder haben zu starker Eutrophierung geführt, die ein ernsthaftes Problem für die touristische Entwicklung darstellt. Erste Modellergebnisse zeigen deutlich, dass das Oderhaff nur durch Maßnahmen im Einzugsgebiet der Oder langfristig und nachhaltig beeinflusst werden kann. Hierbei spielt eine Verringerung der Nährstoffeinträge die zentrale Rolle (Wielgat u Schernewski 2002). Langfristige Veränderungen durch Managementmaßnahmen in einem System müssen allerdings vor dem Hintergrund der natürlichen Variabilität betrachtet werden. Die Simulation von vergleichsweise trockenen, warmen Jahren (1989-1991) im Vergleich zu kühleren, feuchten Jahren (1986-1988) zeigt den Einfluss des Wetters und interner Prozesse. In den frühen 1990er Jahren traten im Haff im Sommer kurze Perioden mit thermischer Stratifikation auf. Durch Sauerstoffzehrung im Hypolimnion und Rücklösung der großen, an Eisenphosphat gebundenen, Phosphatmengen wurde das Sediment für kurze Zeit zu einer starken Phosphorquelle. Grobe Modell-Schätzungen ergeben eine Freisetzung von bis zu 10  $\mu\text{mol P m}^{-2}\text{d}^{-1}$  aus dem Sediment. Dies entspricht bis 400-600 t P bezogen auf das ganze Haff und Perioden bis zu zwei Wochen. Verglichen mit monatlichen Einträgen durch die Oder von

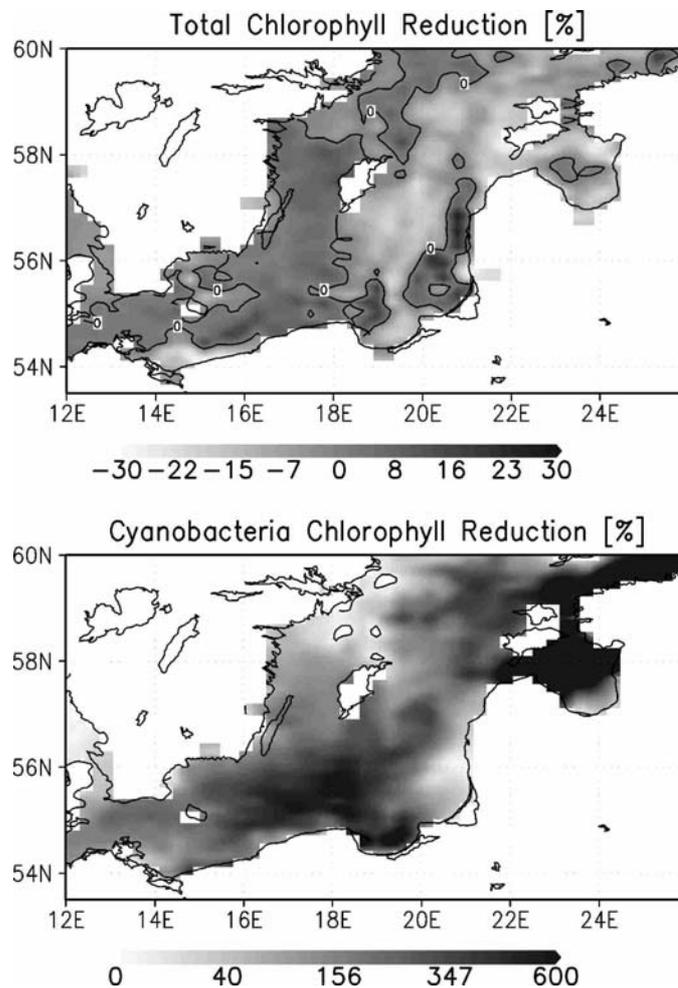
100-150 t P während des Sommers, zeigt sich die große Bedeutung dieses Prozesses (Schernewski u Wielgat 2001). Diese interne Eutrophierung kann Maßnahmen zur Phosphateintragsreduktion im Einzugsgebiet kompensieren und sorgt gleichzeitig für eine starke Variabilität der Konzentrationen im Haff. Gleichzeitig wird deutlich, dass der beobachtete Rückgang der Phosphateinträge mit der Oder in den frühen 1990er Jahren sehr wesentlich auf die verringerten Zuflussmengen zurückzuführen ist. Klimatische Faktoren steuern das Oderhaff also massiv, direkt über interne Prozesse wie die Phosphatfreisetzung und indirekt über veränderte Nährstofffrachten mit der Oder. Veränderungen der Witterungsabläufe im Zusammenhang mit globalen Klimaänderungen haben erhebliche Konsequenzen für Managementmaßnahmen.

Das Oderhaff-Modell wurde weiter eingesetzt, um die Auswirkungen der Nährstoffreduktions-szenarien entsprechend der HELCOM (50 %ige Reduktion von N und P) und nach Behrendt et al. (2001) mit Reduktionen von 65 % (Stickstoff) bzw. 77 % (Phosphor) zu untersuchen (Wielgat u Schernewski 2002, in press). Das Modell zeigt deutlich, dass die Phytoplankton-Biomasse im Haff vor allem durch die Verfügbarkeit von Licht limitiert wird. Diese ist durch die Resuspension von Sediment sowie die intensive Primärproduktion (Selbstabschattung) gering. Durch verringerte Nährstoffeinträge gewinnen die Nährstoffe an Bedeutung und Phasen von Phosphormangel im Frühjahr und Stickstoffmangel im Sommer verlängern sich. Das System reagiert sehr schnell auf Veränderungen, wechselt aber nicht in einen nährstoff-limitierten Zustand, wie er für die meisten Gewässer typisch ist. Die Phytoplankton-Biomasse nimmt daher auch nicht proportional zur Verringerung der Nährstoffkonzentrationen ab, sondern lediglich zwischen 17 % und 36 %. Selbst im Szenario nach Behrendt et al. 2001 bleiben die Chlorophyll-Konzentrationen sehr hoch und das System in einem eutrophen Zustand. Maßnahmen zur Nährstoffreduktion zeigen also bei weitem nicht den erhofften Effekt in Küstengewässern. Dies wird Probleme für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie aufwerfen.

### 3.2 Die Ostsee

Die Phytoplankton-Biomasse in der Ostsee wird nahe der Küste sowie in den nördlichen und östlichen Bereichen der Ostsee durch Phosphor limitiert. In der zentralen Ostsee stellt Stickstoff das limitierende Element dar. Mit dem Ostseemodell Ergom wurden die Auswirkungen der proportionalen 50 %igen Nährstoffreduktion im Vergleich zum optimalen Ansatz nach Gren et al. 2000 untersucht (Neumann u Schernewski 2001, 2002, Neumann et al. 2002, Schernewski u Neumann 2002a, b). Die Reduktion der Nährstoffeinträge führt zu einer Reduzierung der Phytoplankton-Biomasse (Diatomeen und Dinoflagellaten) im Frühjahr um etwa 30 %. Entgegen der Erwartungen verstärken sich aber die Blaualgenblüten im Sommer in der zentralen Ostsee. Durch die Eintragsreduktionen von Stickstoff kann der N-Mangel in der zentralen Ostsee erhöht werden. Dies kann einen wesentlichen Vorteil für Blaualgen bedeuten, da diese alternativ Stickstoff aus der Luft binden können und gleichzeitig einer geringeren Konkurrenz anderer Algenarten ausgesetzt sind. Dieser Effekt stellt ein Ungleichgewicht dar, welches darauf beruht, dass sich die Stickstoffkonzentrationen in der Ostsee schnell den veränderten Einträgen anpassen. Die Phosphorkonzentrationen hingegen passen sich nur langsam an, da das Sediment über lange Zeit als Quelle fungieren kann. Dieser Ungleichgewichtszustand kann Jahrzehnte anhalten und Blaualgenblüten zu einem zentralen Problem in der Ostsee werden lassen. Langfristig ist eine Reduktion der Phytoplankton-Biomasse während des gesamten Jahres als Folge der Reduktionsmaßnahmen zu erwarten. Zwischen den beiden Szenarien bestehen räumliche Unterschiede. Der optimale, kosten-effektive Ansatz (Abb. 1) sagt insbesondere für die Ostsee vor

der Küste Polens noch deutlich intensivere Blaualgenblüten voraus, die auf Strömungsverhältnisse und vor allem die verstärkten Maßnahmen zur Gewässerreinigung im Oder- und Weichelseinzugsgebiet zurückzuführen sind.



**Abbildung 1:** Simulationsergebnisse mit dem 3D-Ökosystemmodell Ergom für die Ostsee: Relative [%] Abnahme der Chlorophyll a- (Indikator für die Phytoplanktonbiomasse) und Blaualgen-Chlorophyll a-Konzentrationen nach einer kosten-effektiven 50 %-Reduktion der N und P-Einträge. Die Simulation legt die durchschnittlichen klimatischen Bedingungen der 1980er Jahre zugrunde und startete im Jahr 1980. Gezeigt sind die mittleren jährlichen Konzentrationen nach 4 Simulationsjahren, also 1983 (Quelle: Schernewski u Neumann 2002a).

## Literatur

- Behrendt H, Dannowski R, Deumlich D, Dolfeszal F, Kajewski I, Kornmilch M, Korol R, Mioduszewski W, Opitz D, Steidl J, Stronska M (2001) Point and diffuse emissions of pollutants, their retention in the river system of the Odra and scenario calculations on possible changes. Berlin (UBA Research Report, Project 298 28 299)
- FEI (Finnish Environment Institute) (2002) Evaluation of the implementation of the 1988 Ministerial Declaration regarding nutrient load reductions in the Baltic Sea catchment area. Helsinki. (The Finnish Environment 524)
- Gren I-M (2000) Cost-effective nutrient reductions to the Baltic Sea. In: Gren I-M, Turner K, Wulff F (eds) Managing a sea. London, pp 43-56
- HELCOM (2001) Conclusions of the 4th periodic assessment. [http://www.helcom.fi/monas/FPA4\\_Conclusions.htm](http://www.helcom.fi/monas/FPA4_Conclusions.htm).
- Matthäus W, Nausch G, Lass H-U, Nagel K, Siegel H (2000) Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1999. Meereswissenschaftliche Berichte 39: 73 p
- Neumann T (2000) Towards a 3D-ecosystem model of the Baltic Sea. Journal Marine Systems. pp 405-419

- Neumann T, Schernewski G (2001) Cost-effective versus proportional nutrient load reductions to the Baltic Sea: Spatial impact analysis with a 3D-ecosystem model. In: Brebbia, CA (ed) Water Pollution VI - Modelling, Measuring and Prediction. Southampton, pp 269-278
- Neumann T, Schernewski G (2002) Will algal blooms in the Baltic Sea increase in future? Model simulations with different eutrophication combat strategies. In: German National IHP-OHP Committee (ed.): Low-lying Coastal Areas – Hydrology and Integrated Coastal Zone Management. UNESCO International Hydrological Programme (IHP) and WMO Operational Hydrology Programme (OHP) – Reports, special issue 13, 139-145
- Neumann T, Fennel W, Kremp C (2002) Experimental Simulation with an Ecosystem Model of the Baltic Sea: A Nutrient Load Reduction Experiment. *Global Biogeochemical Cycles* (in press)
- Schernewski G (2001) Sustainable development of the German Baltic coasts: regional water quality problems and tourism. Proceedings of the Conference 'Sustainable Development of Coastal Zones and Instruments for its Evaluation'; Carl Duisberg Gesellschaft, Bremerhaven, 134-137
- Schernewski G, Jülich W-D (2001) Risk assessment of virus infections in the Oder estuary (southern Baltic) on the basis of spatial transport and virus decay simulations. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 203: 317-325
- Schernewski G, Wielgat M (2001) Eutrophication of the shallow Szczecin Lagoon (Baltic Sea): modeling, management and the impact of weather. In: Brebbia CA (ed.): Coastal Engineering: Computer Modelling of Seas and Coastal Regions. Witpress, Southampton, pp 87-98
- Schernewski G, Huttula T, Jülich W-D, Podsechin V, Tejakusuma I (2002) Water quality problems in Baltic coastal waters: The Odra river as a source of human pathogenic viruses. Proceedings of the International Conference 'Sustainable Management of Transboundary Waters in Europe', UNECE, 21 – 24 April 2002, Miedzyzdroje, Poland, pp 341-345
- Schernewski G, Neumann T (2002a) Impact of river basin management on the Baltic Sea: Ecological and economical implications of different nutrient load reduction strategies. Proceedings of the International Conference 'Sustainable Management of Transboundary Waters in Europe', UNECE, 21 – 24 April 2002, Miedzyzdroje, Poland, pp 43-51
- Schernewski G, Neumann T (2002b) Perspectives on eutrophication abatement in the Baltic Sea. Proceedings of the international conference LITTORAL 2002, Porto, Portugal, September 22-26, Vol. 2, 503-512
- Schernewski G, Neumann T, Podsetchine V, Siegel H (2001) Spatial impact of the river Oder plume on water quality and seaside summer tourism at the south-western Baltic coast. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 204: 143-155
- Schernewski G (2002) Zentrale Problemfelder für regionales Management und eine nachhaltige Entwicklung der mecklenburgischen Ostseeküste. LIT-Verlag (in press)
- Schiewer U, Schernewski G (2002): Baltic Coastal Ecosystem Dynamics and Integrated Coastal Zone Management. Proceedings of the international conference LITTORAL 2002, Porto, Portugal, September 22-26 2002, Vol. 1, 115-124.
- Wasmund N (2002) Harmful Algal Blooms in Coastal Waters of the South-Eastern Baltic Sea. In: Schernewski G, Schiewer U (Eds): Baltic coastal ecosystems: structure, function and coastal zone management. Springer, Berlin, Heidelberg, New York; pp. 93-116. ISBN 3 540 42937 9.
- Wielgat M, Schernewski G (2002) Impact of the Odra River nutrient load reductions on the trophic state of the Szczecin Lagoon: A modelling approach. Proceedings of the International Conference 'Sustainable Management of Transboundary Waters in Europe', UNECE, 21 – 24 April 2002, Miedzyzdroje, Poland, pp 347-350
- Wielgat M, Schernewski G (2002) Models as tools in coastal water management: eutrophication of the large, shallow Szczecin Lagoon. In: German National IHP-OHP Committee (Ed.): Low-lying Coastal Areas – Hydrology and Integrated Coastal Zone Management. UNESCO International Hydrological Programme (IHP) and WMO Operational Hydrology Programme (OHP) – Reports, special issue 13, 147-154.

### Adresse der Autoren:

Institut für Ostseeforschung Warnemünde  
Seestraße 15, 18119 Rostock-Warnemünde  
<http://www.io-warnemuende.de/>