

## ERANET-BONUS: HYPER

Hypoxia Vermeidung zur Ökosystemrestauration in der Ostsee  
(TP 2)

HYPER (HYPoxia mitigation for Baltic Sea Ecosystem  
Restoration)



Abschlussbericht  
(Schwerpunkt des Berichts sind Ergebnisse des TP 2)

Fördernummer: 03F0487A

Zeitraum: 1.1.2009-31.12.2011

# Teil I

## **1. Aufgabenstellung, Planung und Ablauf**

Das Projekt HYPER beschäftigte sich mit der zunehmenden Sauerstoffarmut (Hypoxie) der Ostsee. Ziel war es, die Ursachen und Auswirkungen auf das Ökosystem zu ermitteln, um Konzepte für eventuelle Gegenmaßnahmen zu entwickeln. Damit schafft HYPER eine Grundlage für das NEST decision support system.

Das Hauptaugenmerk des Teilprojektes 2.2. lag dabei auf dem Stickstoffkreislauf, der einen wichtigen Teil der biogeochemischen Prozesse in den Meeren darstellt. Stickstoffverbindungen sind ein notwendiger Nährstoff für die Primärproduktion, können jedoch bei übermäßiger Konzentration zu Biomasseansammlungen (Eutrophierung) und bei deren Abbau zu Sauerstoffmangel führen. In der Ostsee wurde ein Zusammenhang zwischen Eutrophierung und Sauerstoffmangel zuerst von Larsson et al. 1985 [Larsson, 1985 #1957] erkannt. Die Geschichte der Eutrophierung geht jedoch schon viele hundert Jahre zurück, als die Rodung der Wälder begann [Zillén, 2008 #3019] und ist heute am deutlichsten sichtbar in den Nährstofffrachten die von Flüssen aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen ableiten [Voss, 2006 #2507]. Ein wichtiger Teil des Stickstoffumsatzes findet an der Grenzfläche von oxischen zu anoxischen Wasserschichten statt, da Sauerstoff ein regulierender Faktor für viele Umsatzprozesse der Stickstoffverbindungen ist. Dieses Teilprojekt konzentriert sich daher auf diesen Grenzbereich und die Prozesse, die in diesem Wasserkörper als auch Sediment ablaufen. Es sollte versucht werden über die isotopische Fraktionierung von Stickstoff und Sauerstoff im Nitrat und Ammonium die Prozesse in der Redoxkline zu identifizieren und zu quantifizieren. Anhand von 3 Ausfahrten im Sommer 2009, 2010 und 2011 konnten dazu Daten gesammelt werden und im Weiteren im Labor gemessen und ausgewertet werden. Eine zentrale Rolle spielte dabei die chemolithoautotrophe Denitrifikation [Brettar, 1991 #589; Grote, 2008 #3393], deren Einfluss auf die Isotopen-zusammensetzung des Nitrats im Laborexperiment untersucht wurde. Als zweiter Ansatz sollte anhand von  $^{15}\text{N}$  - Ratenmessungen der Stickstoffverlust in der zentralen Ostsee im Sediment als auch in der Wassersäule abgeschätzt werden. Dieser Teil wurde durch die Universität Helsinki ausgeführt.

Das erste Projektjahr war durch einen Personalwechsel geprägt. Der Dipl. Chemiker Sven Meyer wollte aus persönlichen Gründen nicht in Rostock bleiben. Mit der Diplom Biologin Claudia Frey wurde eine sehr gute Kandidatin gefunden. Allerdings war die 0,5 Personalstelle durch den Wechsel einige Monate nicht besetzt. Frau Frey hat für ihre Promotion einen vollständigen 3-Jahres Vertrag bekommen, der aus dem Institutshaushalt auf 3 Jahre aufgestockt wurde. Sie befindet sich zum Zeitpunkt dieses Berichtes im 2. Drittel ihrer Promotionszeit.

- Brettar, I., Rheinheimer, G., 1991. Denitrification in the central Baltic: evidence for H<sub>2</sub>S-oxidation as motor of denitrification at the oxic-anoxic interface. *Mar Ecol Prog Ser* 77, 157-169.
- Grote, J., Jost, G., Labrenz, M., Herndl, G.J., Jürgens, K., 2008. *Epsilonproteobacteria* represent the Major Portion of Chemoautotrophic Bacteria in Sulfidic Waters of Pelagic Redoxclines of the Baltic and Black Seas. *Applied and Environmental Microbiology* 74, 7546–7551, doi:7510.1128/AEM.01186-01108.
- Larsson, U., Elmgren, R., Wulff, F., 1985. Eutrophication and the Baltic Sea: causes and consequences. *AMBIO* 14, 9-14.
- Voss, M., Deutsch, B., Elmgren, R., Humborg, C., Kuoppo, P., Pastuszak, M., Rolff, C., Schulte, U., 2006. Source identification of nitrate by means of isotopic tracers in the Baltic Sea catchments. *Biogeosciences* 3, 663-676.
- Zillén, L., Conley, D.J., Andrén, T., Andrén, E., Björck, S., 2008. Past occurrences of hypoxia in the Baltic Sea and the role of climate variability, environmental change and human impact. *Earth-Science Reviews* 91, 77-92.

## **2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Die Arbeiten fanden am IOW hauptsächlich in der AG Mariner N-Kreislauf statt und hatten somit optimale technische und personelle Voraussetzungen. Frau Liskow, die Leiterin des Labors, unterstützte die Arbeiten aktiv und beratend und hat zudem auf den Ausfahrten mitgearbeitet. Sie führte Nährstoff-, und Schwefelwasserstoffanalysen durch und unterstützte die Anzucht der Denitrifizierer für die  $\delta^{15}\text{N}$  und  $\delta^{18}\text{O}$  Analyse im Nitrat nach (Sigman et al. 2001).

- Sigman, D.M., Casciotti, K.L., Andreani, M., Barford, C., Galanter, M., Böhlke, J.K., 2001. A bacterial method for the nitrogen isotopic analysis of nitrate in seawater and freshwater. *Anal. Chem.* 73, 4145-4153.

## **3. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Jährliche Treffen fanden von allen Projektteilnehmern an wechselnden Orten der Projektpartner statt, in Utrecht, Danzig und Lund. Hinzu kamen Treffen der leitenden Wissenschaftler zum planerischen Austausch, an denen vom IOW Frau Voß teilnahm.

Es wurden drei Schiffsausfahrten für die Probennahme organisiert. Dies waren Prof. A. Penck Fahrt (07PE0908) vom 5.3.-17.3.2009, Heincke Fahrt 330 vom 26.6.-8.7.2010 und eine Teilnahme an einer Pelagia Ausfahrt im März 2011 (organisiert und weitgehende finanziert von Frau C. Slomp, Utrecht University).

#### **4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

Obwohl über das Auftreten von Hypoxie in der Ostsee viel bekannt ist, existieren nach wie vor große Lücken im Verständnis was die grundlegenden und systemweiten Auswirkungen dessen betrifft um das Nährstoff-Management der Ostsee gezielt zu ändern und anzupassen. Es existieren Abschätzungen über den Stickstoffverlust innerhalb der südlichen Ostsee (855 kt/a), aber beckenspezifische Abschätzungen beruhen auf älteren Modellierungsarbeiten. Neue Studien in der Ostsee zeigen einen negativen Zusammenhang zwischen dem Volumen des hypoxischen Wassers und der Konzentration an gelösten anorganischen Stickstoff, welches eine größere Stickstoffentfernung mit zunehmender Hypoxie vermuten lässt. Auch in den weltweiten großen Sauerstoffminimumzonen konnte ein großer Stickstoffverlust gefunden werden, welches die Ostseestudie unterstützt. Allerdings wurden in der Ostsee auch gegenteilige Ergebnisse gefunden werden, bei welchen keine Denitrifizierung in der hypoxischen Wassersäule gefunden wurde. Hingegen konnten auch andere Prozesse wie Anammox und dissimilatorische Nitratreduktion zu Ammonium (DNRA) nachgewiesen werden. Besonders DNRA führt nicht zum Stickstoffverlust aus dem System sondern N verbleibt als  $\text{NH}_4^+$  im Wasser. Wesentliche Fragen bestehen also noch bezüglich unseres momentanen Verständnisses des Stickstoffkreislaufes unter Hypoxie in der Ostsee. In diesem Projekt sollten also mit Hilfe von verlässlichen state-of-the-art Techniken beckenweite Abschätzungen des Stickstoffverlustes gemessen werden.

Im Rahmen früherer Projektes der AG mariner Stickstoffkreislauf am IOW konnte die Denitrifizier-Methode zur Analyse von Stickstoff und Sauerstoff Isotopen im Nitrate etabliert werden, welche für die hier gesammelten Proben genutzt werden konnte.

#### **4.1 Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden**

Nicht bekannt

#### **4.2 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste,**

Planung und Aufarbeitung der Ergebnisse erfolgter unter Verwendung der aktuellen internationalen Literatur recherchiert in ISI Web of Science, ASFA und in anderen Internet-Suchmaschinen (siehe auch Manuskripte)

#### **5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Planung und Durchführung der Ausfahrten erfolgte in Kooperation mit allen Projektkooperationspartnern des Bonus+ Projektes HYPER. Im HYPER Projekt arbeiteten folgende Pis eng zusammen.

Institut	Projektpartner
National Environmental Research Institute, University of Aarhus, Denmark	Jacob Carstensen (Coordinator)
Finnish Environment Institute, Finland	Alf Norkko
University of Helsinki, Department of Biological and Environmental Sciences, Finland	Jorma Kuparinen
Environmental and Marine Biology, Åbo Akademi University, Finland	Erik Bonsdorff
Lund University, Sweden	Daniel Conley
Zoological Institute of the Russian academy of sciences, Russia	Alexey Maximov
Department of Earth Sciences – Geochemistry, Faculty of Geosciences, Utrecht University, The Netherlands	Caroline Slomp
Leibniz Institute for Baltic Sea Research, Germany	Maren Voss
University of Gdansk, Poland	Urszula Janas
Stockholm University, Sweden	Fredrik Wulff

Weitere wichtige BONUS-Projekte, mit denen auf verschiedenen Ebenen ein Austausch bestand waren:

- INFLOW (hierfür wurden Analysen von  $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{15}\text{N}$  im Sediment durchgeführt)
- AMBER (Durchführung gemeinsamer Ausfahrten P. A. Penck März 2009)

Zudem wurde kooperiert mit:

- HZG Geesthacht (eine Methodenvergleich zur Denitrifizierung in der Nordsee fand statt)
- AG Physik und Messtechnik IOW (Wasseraustausch in der Redoxkline) und 3 monatige Finanzierung einer Doktorandin (Eefke van der Lee)