

Erstellung einer Spurenmobilbilanz für das Oberflächenwasser der östlichen Gotlandsee

Schlussbericht

Teilvorhaben (1): Spurenmobilbilanz Gotlandsee

Dr. Christa Pohl; Dr. Annetkatrin Löffler; Ursula Hennings

Christa.pohl@io-warnemuende.de

Teilvorhaben (2): Löslichkeit atmosphärisch eingetragener Spurenmobil

Dr. Bernd Schneider; Ines Petersohn

Bernd.schneider@io-warnemuende.de

Förderkennzeichen: 03F0263A

Institut für Ostseeforschung Warnemünde

An der Universität Rostock

Seestrasse 15

18119 Warnemünde, Germany

Schlussbericht

I. Kurze Darstellung

1. Aufgabenstellung

Das Gesamtziel des Vorhabens bestand darin, Inventare für die Spurenmetalle Cd, Cu, Zn und Pb im Oberflächenwasser der östlichen Gotlandsee zu erstellen, sowie die Stoffflüsse und Prozesse zu quantifizieren, die für Veränderungen dieser Inventare verantwortlich sind. Folgende Flüsse waren dabei zu quantifizieren: Die Partikelsedimentation, der diapyknische Austausch, der laterale Stofftransport und der atmosphärische Eintrag. Saisonale Änderungen der mittleren Konzentrationen sollten in Beziehung zur Wechselwirkung zwischen Spurenmetallen und partikulärer organischer Substanz gesetzt werden, die wesentlich den Export vieler Spurenmetalle in das Tiefenwasser bestimmt. Aus den ermittelten Größen sollte eine Massenbilanz für die einzelnen Spurenmetalle erstellt und daraus Residenzzeiten abgeleitet werden (TV1). Ein herausgehobenes Interesse galt den atmosphärischen Spurenelementeinträgen. Es sollte ermittelt werden, in welchem Umfang Aerosol-gebundene und im Niederschlag enthaltene Spurenmetalle im Oberflächenwasser der Ostsee löslich sind und wie groß der Anteil ist, der an Partikel gebunden direkt in das Sediment überführt wird, ohne zuvor an biogeochemischen Kreisläufen beteiligt gewesen zu sein (TV2).

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Zur Durchführung des Vorhabens bestanden am Institut für Ostseeforschung sehr günstige Arbeitsbedingungen. Durch die Zusammenarbeit innerhalb der Projektgruppe „Stoffbilanzen“ erfolgte ein intensiver interdisziplinärer Austausch mit anderen Arbeitsgruppen. Regelmäßige Treffen der Projektgruppe ermöglichten viele fruchtbare Diskussionen verschiedener Teilaspekte der Bilanzierung. Vor diesem Hintergrund konnten die Berechnungen der verschiedenen Stoffflüsse erfolgen. Dies betraf insbesondere die Zusammenarbeit mit Mitarbeitern aus dem Bereich theoretische Ozeanographie/numerische Modellierung zur Berechnung der lateralen Transporte, sowie mit dem Projekt „DIAMIX“ zur Bestimmung des diapyknischen Austausches.

Für die meisten der zu lösenden analytischen Aufgaben lagen umfangreiche Erfahrungen vor, auf die zurückgegriffen werden konnte. Neu war die Arbeit mit Sinkstofffallen, die zwar in der Sektion Biologische Meereskunde routinemäßig eingesetzt werden, für die jedoch keine Erfahrungen hinsichtlich der Spurenmobilanalytik vorlagen.

3. Planung und Ablauf

Das Projekt konnte im wesentlichen wie geplant durchgeführt werden. Für die Untersuchungen im Oberflächenwasser (TV1) Gotlandsee wurde eine „Box“ definiert, die vertikal

durch die Wasseroberfläche und die Halokline begrenzt wird und sich horizontal zwischen Gotlands Ostküste und der lettisch/litauischen Westküste ausbreitet.

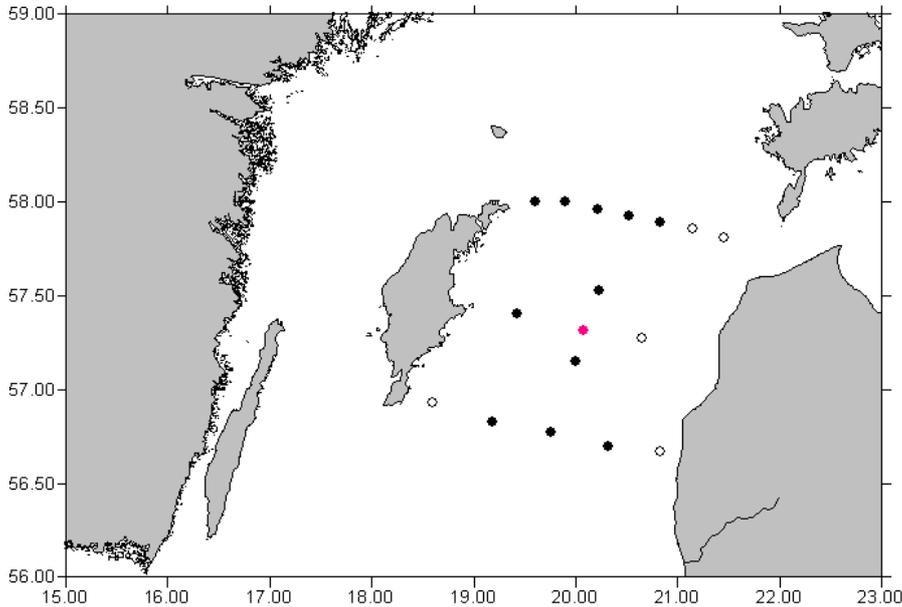


Abb. 1:
 Das Untersuchungsgebiet in der östlichen Gotlandsee mit Probenahmepunkten. Die ungefüllten Kreise kennzeichnen flache Stationen ohne permanente Halokline. An der zentral gelegenen Station erfolgte Verankerung und Bestimmung von Vertikalprofilen.

Konzentrationsänderungen in diesem Wasserkörper lassen sich auf die Summe aller Flüsse in das System hinein und aus dem System heraus zurückführen. Die Probenahmestrategie hatte so zu erfolgen, dass mit vertretbarem Aufwand nach Möglichkeit alle wichtigen Flüsse sowie Inventare aus den Daten ermittelt werden konnten.

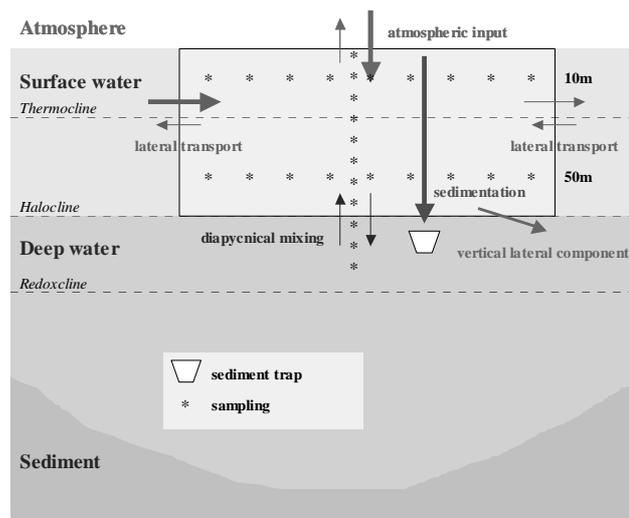


Abb. 2:
 Übersicht über die Box, die untersuchten Flüsse über die Boxgrenzen und die resultierende Probenahmestrategie.

Die Probenahmen erfolgten während 5 Ausfahrten zu verschiedenen Jahreszeiten (unterschiedliche biogene Partikelbildung) zwischen Dezember 1999 und Februar 2001. Es wurden jeweils 2 Wassertiefen (10m und 50m) beprobt, um der sommerlichen Temperaturschichtung sowie Konzentrationsgradienten in der Wasseroberfläche Rechnung zu tragen. Innerhalb der Box wurde die Anzahl der beprobten Stationen auf 15 erhöht, um einerseits

die Repräsentanz der berechneten Spurenmobilinventare zu erhöhen und andererseits besonders entlang der nördlichen und südlichen Boxgrenze ausreichend Daten für die Berechnung der lateralen Transporte zu erheben. Zur Bestimmung der Konzentrationsgradienten über die Halokline hinweg, wie sie für die Berechnung des diapkyknischen Austausches erforderlich ist, wurde jeweils an der zentralen Station 271 eine engabständigere Beprobung in 5-m-Schritten bis 90 m Tiefe vorgenommen. Alle Proben wurden an Bord konserviert und im Institut getrennt auf gelöste und partikulär gebundene Spurenmobilkonzentrationen analysiert. Hierzu sind insgesamt ca. 200 Proben bearbeitet worden.

Während der Schiffseinsätze wurden jeweils die Sinkstofffallen ausgebracht bzw. geborgen. Erfreulicherweise traten dabei keinerlei Störungen auf und die Fallen sammelten im geplanten Modus über jeweils 6 bis 8 Tage Probenmaterial. Auf den parallelen Einsatz der Fallen musste aus logistischen Gründen verzichtet werden. Um den kontinuierlichen störungsfreien Einsatz zu gewährleisten, wurde die jeweils nicht verankerte Falle in der Zwischenzeit einer gründlichen Wartung und Reinigung unterzogen.

Zur Aufarbeitung der Fallenproben mussten zuerst methodische Vorarbeiten geleistet werden, um vor allem die Azidbestimmung in den Proben und die vor der weiteren Bearbeitung notwendige Probenentgiftung durchführen zu können. Insgesamt wurden ca. 100 Fallenproben, einschließlich Blindwertproben, bearbeitet.

Für die Untersuchungen zur Löslichkeit atmosphärischer Spurenmobile (TV2) waren die Probennahme von Aerosolen sowie die Experimente zur Simulation der trockenen Deposition an Bord des Forschungsschiffes „A.v.Humboldt“ vorgesehen. Während einer ersten Forschungsreise im Dezember 1999 zeigte sich jedoch, dass bedingt durch widrige Wind- und Seegangsverhältnisse mit nicht vertretbaren Einbußen bei der Probennahme gerechnet werden mußte. Es wurde daher beschlossen, sämtliche Probennahmen und Depositionsexperimente auf dem Messfeld des Deutschen Wetterdienstes in Kap Arkona vorzunehmen. Nach einer kurzen Testmeßphase im Mai 2000 wurde dort von Anfang September bis Mitte September eine sechswöchige Meßkampagne durchgeführt. Aufgrund der exponierten Lage von Kap Arkona sowie des geringen Kontaminationsrisikos durch lokale Emissionen hatte sich die Station schon während eines vorausgegangenen Projekts (EU BASYS, TV „Atmospheric Load“) als geeigneter Standort für Ostsee-bezogene luftchemische Untersuchungen erwiesen.

4. Wissenschaftlich-technischer Stand

Der wissenschaftlich-technische Stand, auf den im Verlauf dieses Projektes aufgebaut werden konnte, beruht zu einem großen Teil auf den bisherigen Erfahrungen der Projektbearbeiter auf dem Gebiet der Spurenmobilanalytik, speziell in der Gotlandsee (POHL et al. 1995, 1997, POHL 1997, LÖFFLER 1997, POHL & HENNINGS 1999, LEIPE et al. 2000). Außerdem konnte auf eine Reihe von Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen am IOW (LASS et al. 2002,

Schmidt et al. 1998) sowie Kenntnisse über Vergiftung und spurenanalytische Untersuchungen von Sinkstofffallenproben am IfM Kiel (SCHÜSSLER 1993, LUNDGREEN 1996, LUNDGREEN et al. 1997, KUSS & KREMLING 1999) zurück gegriffen werden.

Daten zur Schwermetallverteilung in der Ostsee wurden regelmäßig in den periodischen Zustandseinschätzungen der HELCOM ausgewertet (HELCOM 1987, 1990, 1997). Dabei wurde immer wieder auf die Schwierigkeiten hingewiesen, die sich durch den sehr hohen analytischen Aufwand ergeben, so daß die für die Ostsee zur Verfügung stehenden Datensätze bis heute noch sehr lückenhaft und schwer untereinander vergleichbar sind. Trendausagen sind bis heute nur bedingt möglich (HELCOM 1997).

Nur wenige Arbeiten existierten bisher zur Wechselwirkung zwischen gelösten und partikulär gebundenen Spurenmetallen und zur Bedeutung von Partikeln für die Spurenmetallbudgets in der Ostsee (BRÜGMANN 1986, DYRSSEN & KREMLING 1990, BRÜGMANN et al. 1992, SCHULTZ TOKOS et al. 1993, LÖFFLER 1997). Direkte Untersuchungen und Ergebnisse zum vertikalen Massentransport von Spurenmetallen in der Ostsee lagen zu Projektbeginn nicht vor.

Spurenmobilbilanzen wurden für die Ostsee zuvor nur als grobe Abschätzung für die gesamte Ostsee (SCHNEIDER 1995) bzw. für ausgewählte Ästuare (POHL et al. 1998, LEIVUORI et al. 1998) publiziert, da die dazu erforderlichen Daten bisher nicht verfügbar waren.

Untersuchungen zum Massenfluß, sowie Zusammenhänge zum Partikelfluß des organischen Kohlenstoffs (POC) und den partikulären Schwermetall-Flüssen wurden u.a. im Sargasso Meer (JICKELLS et al. 1984, 1990) sowie im Nordatlantik im Rahmen einer internationalen Studie (JGOFS) erfolgreich durchgeführt (KUSS & KREMLING 1999). Es wurde beobachtet, daß die saisonal abhängige Primärproduktion die Flüsse der Hauptkomponenten Kalziumcarbonat, Opal und organischem Kohlenstoff dominiert und die partikulären Schwermetallflüsse der biogenen Elemente (Cd, Zn) ebenfalls ausgeprägte saisonale Signale zeigen. Planktonzellen sind in der Lage, Spurenmetalle gegenüber den im Wasser gelösten Konzentrationen um den Faktor 103 bis 105 aufzukonzentrieren (BRÜGMANN 1994), wobei die Metallkonzentrationen im Plankton sehr stark zwischen den einzelnen Planktonspezies variieren können (SEISUMA & LEGZDINA 1991, POHL 1992). Untersuchungen im Nordostatlantik (KREMLING & POHL 1989) zeigten deutliche saisonale Differenzen der Cd-Konzentrationen, die auf das nährstoffähnliche Verhalten von Cd und die Elimination aus der Wassersäule durch Phytoplankton zurückzuführen sind. Dieser saisonale Trend wurde ebenfalls an der Küstenstation Warnemünder Meßsteg (wöchentliche Beprobung) beobachtet (SCHNEIDER & POHL 1996).

Aus den oben genannten Gründen liefern die bisher für die zentrale Gotlandsee bekannten Daten nicht die erforderlichen Grundlagen, mit deren Hilfe Hypothesen über Spurenmetall-