

BalticWay

TP1: Die Bedeutung von Strömungen für das Umweltmanagement für die maritime Industrie im Ostseegebiet

Abschlußbericht

1.1.2009 bis 31.12.2011

Dr. Andreas Lehmann

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie unter dem Förderkennzeichen 03F0495A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei dem Autor.

Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (GEOMAR)
Düsternbrooker Weg 20
24105 Kiel
Tel. 0431 600 1566
E-Mail: alehmann@geomar.de

1. Kurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

BalticWay zielte darauf ab, Gebiete in der Ostsee zu identifizieren, die einem besonderen Risiko durch Umweltverschmutzung durch Schiffsunfälle unterliegen. Eine Gefahr der Kollision besteht generell entlang der Hauptschifffahrtrouten, bzw. auf den Zufahrten zu den größeren Häfen in der Ostsee. Die Ausbreitung von Schadstoffen wird durch die vorherrschenden atmosphärischen Bedingungen und den lokalen Strömungsverhältnissen entscheidend bestimmt. Hierbei gelten vor allem die Küstenregionen (Laich- und Brutgebiete und Tourismus) als besondere Risikogebiete. Durch den Einsatz hochentwickelter und hochauflösender numerischer Modelle wurden die vorherrschenden Strömungen in der Ostsee simuliert und mit nachfolgender Driftmodellierung Gebiete bestimmt, die als besonders gefährdete Regionen bzw. risikoarm eingestuft werden konnten. In einem weiteren Prozess wurde überprüft, in welchen Bereichen Hauptschifffahrtrouten liegen und ob durch Variation dieser Routen eine Minimierung des Risikos einer Verschmutzung erreicht werden könnte. Die Ergebnisse dieses Projektes dienen dem Umweltmanagement der maritimen Industrie zur Vermeidung bzw. Minimierung der Verschmutzung sensibler Küstenregionen in der Ostsee durch Schiffshavarien.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Für die Durchführung des Vorhabens war das Kieler Ostseemodellsystem Voraussetzung. Das Modellsystem besteht aus dem gekoppelten Meereis-Ozeanmodell der Ostsee (BSIOM, Lehmann & Hinrichsen 2000, 2002) und einem nachgeschalteten Lagrangen Driftmodell (Hinrichsen, 1997; Lehmann & Javidpour 2010, Lehtiniemi et al. 2012). Das Modellsystem wurde an der CAU (Christian Albrechts Universität Kiel) auf dem NEC-SX9 Hochleistungsrechner gerechnet. Die Analysen und Visualisierung wurden auf lokalen Rechnern des GEOMAR erstellt. Die Basis für die im Rahmen von BalticWay erstellten Untersuchungen waren Modellläufe über den Zeitbereich von 1970-2010.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Arbeiten wurden gemäß dem im Projekt verankerten Zeitplan durchgeführt. Der Zeitplan wurde eingehalten.

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Ausgangszustand

Die Basis für die Arbeiten im Teilprojekt war das gekoppelte Meereis-Ozeanmodellsystem der Ostsee. Das Modellsystem wurde in den vergangenen Jahren konsequent für wissenschaftliche Untersuchungen genutzt und weiterentwickelt. Das Modellsystem ist führend im Bereich der Ostseeforschung.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen von BalticWay fand eine intensive Zusammenarbeit mit insgesamt 6 Teilprojektpartnern statt (Institut of Cybernetics at Tallinn University of Technology,

Finnish Environmental Institute, Department of Meteorology University of Stockholm, Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Danish Meteorological Institute, GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, AS Laser Diagnostic Instruments Tallinn Estonia.

2. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

2.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Voraussetzung für die Risikoanalyse war die detaillierte Analyse der saisonalen und zwischenjährlichen Variabilität der atmosphärischen Bedingungen im Ostseeraum. Die Ostsee als relativ flaches Rand- oder Binnenmeer reagiert im Strömungsverhalten sehr schnell auf Änderungen im atmosphärischen Antrieb. Die detaillierte Kenntnis der atmosphärischen Bedingungen ist deshalb Voraussetzung, um den Zusammenhang zwischen atmosphärischer Variabilität einschliesslich der klimatologischen Veränderung und Extremsituationen mit den berechneten Driftbahnen bzw. den identifizierten Risikobereichen zu verstehen. Um den Einfluss der Modellauflösung auf die berechneten Driftbahnen zu untersuchen, wurde eine hochauflösende Ostseemodellversion erstellt und die Strömungsverhältnisse sowie die Temperatur- und Salzgehaltsentwicklung für die Periode 1990-2010 simuliert. Die hochauflösenden Modelldaten dienten dabei als Basis für eine nachgeschaltete Driftmodellierung. Hierzu musste das Driftmodell an die höhere Auflösung angepasst werden. Das Untersuchungsgebiet für die Risikoanalyse wurde auf die gesamte Ostsee ausgedehnt. Hierzu wurden die Positionen der Hauptschifffahrtsrouten durch die Ostsee bestimmt. Um eine Risikoanalyse ausserhalb der Schifffahrtslinien durchzuführen, wurde das Driftmodell derart angepasst, dass an jedem Gitterpunkt des Ostseemodells mit einer horizontalen Auflösung von 2.5 km ein Drifter ausgesetzt werden konnte. Dadurch konnten 68215 Drifter in der gesamten Ostsee gleichzeitig gestartet und verfolgt werden.

2.2 Ergebnisse zu den Arbeitsschwerpunkten bezüglich des Projektarbeitsplans

A1. Antrieb und Randwerte

Für die Zirkulationsmodellrechnungen wurden Atmosphärendaten aus der meteorologischen Datenbank des SMHI (Swedish Meteorological and Hydrological Institute) benutzt. Die Daten liegen dreistündlich auf einem $1 \times 1^\circ$ Gitter vor. Während des Modelllaufs wurden die Daten auf das Modellgitter interpoliert. In der Ostsee existieren keine permanenten Strömungssysteme. Durch die geringe mittlere Wassertiefe stellt sich gerade an der Oberfläche die Strömung auf die jeweiligen vorherrschenden meteorologischen Bedingungen ein. In einer detaillierten Analyse wurde deshalb die Klimavariabilität des Ostseeraums für die Jahre 1958-2009

untersucht (Lehmann et al. 2011). Die Kenntnis der Variabilität ist wichtig um die Verdriftung von Schadstoffen in weiteren Analysen beurteilen zu können.

A2. Strömungsmodellierung

Als Basis der Driftmodellierung diente die Zirkulationsmodellierung der Ostsee. Für die Jahre 1990-2010 wurden Modellläufe mit unterschiedlicher horizontaler Auflösung gerechnet. Die Basismodellversion hat eine horizontale Auflösung von ca. 5 km. Diese wurde während der Projektlaufzeit auf 2.5 km erhöht. Dadurch wird die komplexe Küstenlinie und Topographie der Ostsee besser repräsentiert. Das generelle Antwortverhalten der Zirkulation der Ostsee wurde in Getzlaff et al (2011) beschrieben. Aus dem Zirkulationsmodelllauf wurden Tagesmittel des dreidimensionalen Strömungsfeldes extrahiert. Diese dienten als Eingangsdaten für die Driftmodellierung.

A3. Driftmodellierung

In der Projektlaufzeit musste das Driftmodell (Hinrichsen et al 1997 ; Lehmann et al. 2010, Lehtiniemi et al. 2012) an die höhere Auflösung (2.5 km) des Zirkulationsmodells angepasst werden. In ersten Driftexperimenten wurden Drifter entlang der Hauptschifffahrtsrouten in der westlichen Ostsee eingesetzt und die Verdriftung nach 5 bzw. 10 Tagen analysiert. In weiteren Experimenten wurden Drifter auf jedem Modellgitterpunkt (68215 Wasserpunkte) eingesetzt und die Verdriftung nach 10 Tagen analysiert. Dadurch konnte die Verdriftung in der gesamten Ostsee einschließlich des Kattegat und Skagerrak bestimmt werden. Es wurden die Jahre 2002-2010 berechnet. Hierzu wurde an jedem Tag eines Jahres ein Driftexperiment mit 68215 Driftern gestartet und die Drifter für 10 Tage verfolgt. Dadurch ergaben sich 3650 Drifttage pro Jahr, die in die weitere statistische Analyse eingingen (Lehmann et al. 2012).

A4. Identifikation gefährdeter Regionen in der Ostsee

Der Driftdatensatz war wiederum die Basis für die nachgeschaltete statistische Analyse (Soomere et al. 2010, 2011). Zur Identifikation von gefährdeten Gebieten wurde die mittlere Zeit und Wahrscheinlichkeit berechnet, nach der jeder einzelne Drifter die Küste erreichen würde. Um die saisonalen und interannualen Unterschiede zu bestimmen, wurde Zeit und Wahrscheinlichkeit für die Monate DJF, MAM, JJA und SON getrennt berechnet und analysiert. Aus den so berechneten Karten konnten entlang der Hauptschifffahrtsrouten durch die gesamte Ostsee Risikobetrachtungen über das Erreichen der Küstenregionen von Gefahrstoffen unter der Annahme das ein Schiffshavarie entlang der Schifffahrtroute am wahrscheinlichsten ist, durchgeführt werden (Lehmann et al. 2012).

Publikationen und Vorträge die in Bezug zum durchgeführten Vorhaben stehen

Lehmann, A., Hinrichsen, H.-H. and Getzlaff, K.: Identifying high risk areas of pollution in the western Baltic Sea. BONUS Annual Conference, 19-21 Januar 2010, Vilnius Litauen

Lehmann, A., Hinrichsen, H.-H. and Getzlaff, K.: Identifying high risk areas of pollution in the western Baltic Sea. 6th Study Conference on BALTEX, Międzyzdroje, Island of Wolin, Poland, 18.06.2010.

Lehmann, A.: Detailed assessment of climate variability of the Baltic area for the period 1958-2009. International Conference (school) on Dynamics of coastal zone of none-tidal seas. Baltiysk, Kaliningrad Oblast, Russia, 26-30 June 2010.

Getzlaff, K., Lehmann, A. and Harlaß, J.: The response of the Baltic Sea to climate variability. 6th Study Conference on BALTEX, Międzyzdroje, Island of Wolin, Poland , 14.06.2010.

Lehmann, A., Getzlaff, K., Hinrichsen, H.-H. and Köster, F.: CAVIAR: Climate variability of the Baltic Sea area. ICES Annual Science Conference, Nantes, France, 22.09.2010.

Lehmann, A. and Getzlaff, K.: Detailed assesement of climate variability of the Baltic Sea area for the period 1970-2008. Ozean der Zukunft, Cluster-Retreat, Schleswig, 22.03.2010

Getzlaff, K., Lehmann, A., Hinrichsen, H.-H. The response of the Baltic Sea to climate variability. 18th Baltic Sea Science Congress, Saint Petersburg, Russia, 23.08.2011.

Getzlaff, K., Lehmann, A., Hinrichsen, H.-H. The response of the Baltic Sea to climate variability. ICES Annual Science Conference 19-23 September, Gdansk, Poland.

Lehmann, A., Getzlaff, K., Harlaß, J. 2011. Detailed assessment of climate variability in the Baltic Sea area for the period 1958 to 2009. Climate Research, 46, 185-226.

Getzlaff, K., Lehmann, A., Harlaß, J. 2011. The response of the general circulation of the Baltic Sea to climate variability. BLATEX Newsletter No. 14, 13-16.

Lehmann, A., Hinrichsen, H.-H., Getzlaff, K. 2012. Identifying high risk areas of pollution in the Baltic Sea. Submitted.

Literaturverzeichnis

Hinrichsen, H-H., Lehmann, A., St John, M., Brügge, B. 1997. Modelling the cod larvae drift in the Bornholm Basin in summer 1994. *Continental Shelf Res.* Vol. 17, No. 14, 1765-1784.

Lehmann, A., Hinrichsen, H-H., Krauss, W. 2002. Effects of remote and local atmospheric forcing on circulation and upwelling in the Baltic Sea. *Tellus* 54A:299-316.

Lehmann, A. and Javidpour, J. 2010: Potential pathways of invasion and dispersal of *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz 1865 in the Baltic Sea. *Hydrobiologia*, 649, 107-114.

Lehtiniemi, M., Lehmann, A., Javipour, J., Myrberg, K. 2012. Spreading and physico-biological reproduction limitations of the invasive American comb jelly *Mnemiopsis leidyi* in the Baltic Sea. *Biol. Invasions* 14:341-354.

Soomere, T., Viikmäe, B., Delpeche, N., Myrberg, K. 2010. Towards identification of areas of reduced risk in the Gulf of Finland, the Baltic Sea. *Proc. Of the Est. Academy of Sci.* 59:156-165.

Soomere, T., Berezovski, M., Quak, E. 2011. Modelling environmentally friendly fairways using Lagrangian trajectories: a case study for the Gulf of Finland, the Baltic Sea. *Ocean Dynamics* 61:1669-1680.