

Entwicklung eines thermo-hydrodynamischen Eismodells mit Anwendung auf die Ostsee

vorgelegt von Silke Günzel

Zusammenfassung

Im Gegensatz zu großskaligen Eismodellen, die zur Erforschung des globalen Klimas oder der großräumigen Ozeandrift notwendig sind, sind mesoskale Eismodelle erforderlich, um eine sichere Seeschifffahrt zu gewährleisten und Offshore-Anlagen zu planen. Hier steht die Struktur des Eises im Vordergrund.

Diese Arbeit besteht aus zwei Teilen:

Im ersten Teil wird ein neues mesoskales Eismodell für die Ostsee - das Mehrklassenmodell - entworfen, welches die für die Schifffahrt relevanten Eisparameter prognostizieren kann. Da der Schwerpunkt auf der Beschreibung der Eisstruktur liegt, wird ein neues Materialmodell des Eises präsentiert, während die Thermodynamik übernommen und lediglich modifiziert wurde.

Im zweiten Teil werden die Simulationsergebnisse dieses Eismodells vorgestellt. Darüber hinaus werden die Ergebnisse verglichen mit den Eisübersichtskarten des Eisdienstes des BSH und mit den Daten des zurzeit im operationellen Betrieb des BSH laufenden Eismodells, welches auf der Hibler'schen Rheologie basiert.

Zur Darstellung der Eisstruktur wurden zunächst vier Klassen definiert: Ebenes dickes Eis, Brucheis, dünnes Eis und offenes Wasser. Sie repräsentieren verschiedene Deformationszustände in der Eisentwicklung. Die Flächenanteile dieser Klassen und ihre Dicken sind die Parameter des Modells.

Jede Klasse besitzt ein viskoses Materialgesetz, wobei die Materialkoeffizienten Funktionen der Eisparameter sind. Die Kombination der einzelnen Materialmodule erlaubt zum einen die Berechnung der internen Eisspannung, die in die Kalkulation der Eisdrift eingeht. Zum anderen beschreibt sie die zeitliche Entwicklung der Modellparameter.

Die Beschreibung der mechanischen Prozesse im Eis bietet außerdem die Möglichkeit der Simulation von Eisrückenbildung.

Um die Fähigkeiten und Stärken des Mehrklassenmodells zu präsentieren, wurden die Eisverhältnisse des Winters von 1995/96 simuliert.

Dabei wird deutlich, dass durch die Klasseneinteilung des Eises eine Vielzahl von Größen zur Strukturbeschreibung des Eises zur Verfügung steht.

Der Vergleich des Winterablaufes zeigt, dass die Eigenschaften des Küstenfesteises besser durch das Mehrklassenmodell beschrieben werden als durch das Vergleichsmodell. Auch bei der Berechnung der reduzierten Eissumme und der flächenbezogenen Eisvolumensumme - beides Maße für die "Stärke" eines Winters - überzeugt eher das Mehrklassenmodell im Vergleich zum Hiblermodell, da die Daten näher an den Beobachtungen des Eisdienstes liegen.

Eine große Gefahr für die Schifffahrt bilden Eisrücken in der Eisdecke. Die Vorhersage von Eisrückenvorkommen, Häufigkeit und Größe der Rücken besitzt daher eine besondere Relevanz. Das hier vorgestellte Modell simuliert erstmals das Eisrückenvorkommen; die Möglichkeit aufgepresstes Eis zu simulieren existiert nach Wissen der Autorin bisher in keinem anderen Eismodell.

Development of a thermo-hydrodynamic Ice Model with an Application to the Baltic Sea

by Silke Günzel

Abstract

In contrast to large-scale ice models, which are essential for the research of global climate or spacious ocean drift, meso-scale ice models are necessary to ensure navigation against risks and to calculate offshore constructions. The important factor here is the structure of the ice.

This scientific paper consists of two parts:

The first part presents a new meso-scale ice model - the multi-class-model - for the Baltic Sea, which is able to forecast a set of ice parameters needed for shipping. The main focus is on the description of the ice structure, therefore a new ice rheology is presented, whereas the thermodynamic theory is adopted from earlier ice models and a slightly modified version.

In the second part the simulation results of the new ice model are described. In addition the results are compared to the ice charts of the ice service of BSH and to the data of the ice model, which is in operational use in BSH now and which is of Hibler-type.

Four classes are defined to constitute the ice structure: thick level ice, brash ice, thin ice and open water. They represent different states of deformation during ice development. The ratio of ice area to the total area and the ice thickness of each class are the parameters used in the model.

The constitutive equations of each class are viscous, where the viscous coefficients are functions of the ice parameters. The combination of the individual rheologies allows on the one hand the calculation of the internal ice stress, which is part of the ice drift computation. On the other hand the combination describes the evolution of the ice state parameters.

In addition the characterisation of mechanical processes in the ice offers the possibility to simulate ice ridges.

In order to demonstrate the capability and excellence of the multi-class-model the ice states of the winter 1995/96 were simulated.

It becomes apparent that by the use of different ice classes many different quantities for the description of the ice structure are given.

In comparison the simulation of coastal fast ice is performed better by the new multi-class-model than by the comparative model. Also in the calculation of the so-called reduced ice sum and the accumulated areal ice volume - both used for ranking the severity of winters - the new model is more convincing than the Hibler-type model does because the difference of the simulated data to the ice charts are smaller in the new model.

Ice ridges are a great danger for navigation. The prediction of ridge distribution, frequency and largeness could be very important. The new multi-class-model is the first one able to forecast the ridge distribution, as far as the author knows there is no other model including this feature.