

Project: **xxx**

Project title: **Eisvorhersage und Eis-Routen-Optimierung, IRO-2**

Project leader: **Thomas Pohlmann**

Allocation period: **01.01.2013 - 31.12.2013**

Projektübersicht.

Ausführlicher Titel: „Eisvorhersage und Eis-Routen-Optimierung: Entwicklung eines Eisvorhersagesystems und Satellitenfernerkundung“

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines Systems für die Vorhersage des Meereiszustands, das sowohl für die Schifffahrt als auch für die Öl- und Gasindustrie im Bereich der Arktis eingesetzt werden kann. Dabei sollen die Eisdaten der optimierten Berechnung des Nördlichen Seeweges dienen. Mittels Satellitenfernerkundung wird der Ist-Zustand der Meereisbedeckung ermittelt. Für die taktische und strategische Routenplanung sind aber auch Informationen von entscheidender Bedeutung, die nicht mittels Satelliten gemessen werden können, wie z.B. der mechanische Eisdruck. Analog zu einer Wettervorhersage sollen diese Informationen mit Hilfe eines gekoppelten Atmosphäre-Meereis-Ozean-Modells vorausberechnet werden. Dazu sind Daten über den Anfangszustand der Eisbedeckung und über Randbedingungen nötig, die aus verschiedenen Quellen gewonnen werden. Die Meereisdaten werden in der für die Schifffahrt relevanten räumlichen Auflösung von ca. 3 km und über einen zeitlichen Horizont von ca. 3-5 Tagen vorhergesagt. Für eine realistische Simulation auf dieser Skala existiert bislang noch kein Vorhersagesystem. Dieses soll daher im Rahmen des Vorhabens entwickelt werden. Dabei kann auf bestehende Komponenten für Teilsysteme aufgebaut werden, wie z.B. einem hochauflösenden Eis/Atmosphären- und einem Ozeanmodell, welche an der Universität Hamburg erarbeitet wurden.

Alle Untersuchungen beziehen sich auf die Anpassung und Weiterentwicklung vorhandener hoch auflösender Modelle (das Atmosphäre-Meereis-Modellsystem METRAS/MESIM und das Ozeanmodell HAMSOM) zu operationell nutzbaren Versionen, die als Komponenten des zu entwickelnden Eisvorhersagesystems geeignet sind. Diese Modellkomponenten werden zusammengebunden, so dass unter Nutzung von Satellitendaten und der Ergebnisse gröber auflösender Wettervorhersagen (externer Partner Deutscher Wetterdienst) und des grobskaligen gekoppelten Eis-Ozeanmodells ein hochauflösendes Vorhersagesystem entsteht. Das hochauflösende Vorhersagesystem HAMMER wird aus den Einzelmodellen METRAS, MESIM und HAMSOM gebildet. Dazu müssen die Einzelmodelle in ihrem Zusammenspiel optimiert werden. Dies betrifft unter anderem die vorherzusagenden Eisgrößen, die Vorhersageregion und die Nutzung der Eingabe- und Ausgabegrößen. Entwicklung eines Navigationsmodells für unterschiedliche Schiffe und Eisbedingungen wird auf dem HAMMER System basieren. Aufbauend auf dem bereits durch das BMBF geförderten Vorhaben „Hydrodynamische und eismechanische Entwicklung zur Verbesserung der Entwurfs- und Prognoserechnung“ soll die Eisgängigkeit insbesondere auch in unregelmäßigem Eis (Packeis) - der üblichen Eisform in der Arktis - verbessert werden. Hierfür sollen vorhandene Daten aus Modell- und Großausführungsmessungen zielorientiert ausgewertet werden.

Die numerischen Methoden des Modellnestings sind jedoch noch nicht soweit ausgereift, dass ein allgemeiner, optimaler Kopplungsalgorithmus bekannt ist. Eine Evaluierung der Modellkopplung muss daher ein erster Teil dieser Untersuchung sein. Hierbei kommt zum Tragen, dass beide Modelle METRAS und HAMSOM unterschiedliche Gebiete und

Auflösungen haben wo man die optimale Wäge für Datenaustausch zwischen Modellen entwickeln und verifizieren muss.

Die Validation der Vorhersagesystems soll mithilfe der Sattelitedaten erfolgen. Die wichtigste Datenquelle für die Bestimmung der relevanten Meereisparameter zur Initialisierung und Validierung des Vorhersagesystems sind passive Mikrowellensensoren. Nur mit diesen ist eine tägliche komplette Abdeckung des Zielgebiets möglich. Mit dem Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR) ist eine räumliche Auflösung von etwa 5 km erreichbar. Verfahren zur Bestimmung der Meereiskonzentration aus AMSR-Daten sind zwar schon seit vielen Jahren erfolgreich im Einsatz, das Assimilationssystem benötigt jedoch neben der Eiskonzentration zusätzlich deren Unsicherheit. Ein Verfahren, diese Unsicherheit mittels Strahlungstransfer-Rechnungen zu ermitteln, soll entwickelt werden und zum Einsatz kommen. Im November 2009 ist der Soil Moisture Ocean Salinity (SMOS) Satellit der ESA erfolgreich gestartet worden. Aus SMOS-Daten kann die Meereisdicke (für Eis bis 50 cm) täglich ermittelt werden.

1. Begründung des Umfangs der geplanten Arbeiten aus wissenschaftlicher Sicht.

Wie in der Projektbeschreibung dargestellt, sollen im Projekt die Simulationen von Eisbedingungen durchgeführt werden. Dabei müssen die Kopplungsmechanismen im METRAS-HAMSOM System getestet werden. Da verschiedene Szenarien unter verschiedenen Randbedingungen getestet werden sollen, beläuft sich der Umfang auf 10 Läufe à 2 Jahre Simulationszeit inklusive Vorläufe für Testzwecke. Das Vorhersagesystem HAMMER wird auf kürzere Perioden getestet, 30 Läufe à 10 Tagen.

2. Darstellung der mathematischen bzw. informationstechnischen Aspekte.

Das zu verwendete Zirkulationsmodell HAMSOM wurde bereits in 2010 mit Unterstützung des DKRZ technisch an den HRLE-Rechner angepasst. Ein wesentlicher Schritt hierbei war das Vertauschen der Feldindizes, was einen unerwarteten Rechenzeitgewinn von Faktor 5 erbracht hat. Außerdem wurde das Domain-Splitting-Verfahren angepasst. Der im Modell verwendete SOR-Algorithmus wurde mithilfe des red-black-Verfahrens optimiert.

3. Darstellung der verwendeten bzw. geplanten algorithmischen/ mathematischen/ numerischen Methoden und Lösungsverfahren.

Es ist geplant, das seit drei Jahrzehnten am IfM weiterentwickelte Zirkulationsmodell HAMSOM für das Projekt einzusetzen. Dabei handelt es sich um ein Finite-Differenzen-Modell auf dem Arakawa-C Gitter und einem vertikalen z-Koordinatensystem. In diesem Modell werden die allgemeinen Flachwassergleichungen mit einem semi-impliziten Verfahren gelöst, wobei der SOR-Algorithmus eingesetzt wird.

4. Aussagen zur besonderen Eignung des HLRE für die Bearbeitung des Problems.

Das für die Untersuchungen geplante Zirkulationsmodell HAMSOM wurde in 2010 speziell für die IBM-Power6 optimiert. Dieses geschah mit Unterstützung des DKRZ und der Firma IBM. Da im Projekt hochaufgelöste gekoppelte Atmosphäre-Meereis-Ozean beziehungsweise Meereis-Ozean geplant sind, ist es nicht möglich, auf eine leistungsschwächere Plattform umzusteigen.

5. Aussagen zum zu erwartenden Performancegewinn abhängig von der Anzahl der verwendeten Prozessoren (Skalierbarkeit).

Bei der oben beschriebenen Optimierung für den HLRE-Rechner wurde das Domain-Splitting-Verfahren angewendet. Bisherige Läufe mit dieser Version von HAMSOM haben gezeigt, dass sich bei bis zu 32 Prozessoren ein signifikanter Performancegewinn einstellt.

6. Fundierte, für die Gutachter nachvollziehbare Abschätzung der benötigten Rechenzeit und des Bedarfs an Speicherplatz.

Das Zirkulationsmodell HAMSOM mit Eismodule benötigt in der gewärtigen hoch optimierten Version pro Jahre Simulation 300 h CPU-Zeit. Deshalb werden für einen Langzeitlauf von 2 Jahren 600h benötigt. Das Vorhersagesystem HAMMER benötigt pro Tag Simulation 60h CPU-Zeit. Deshalb werden für einen Zeitlauf von 10 Tagen 600h benötigt. Im Projekt sind in 2013 insgesamt 10 HAMSOM und 30 HAMMER Läufe geplant, so dass hierfür insgesamt 24000h CPU-Zeit anfallen. Pro HAMSOM Simulationsjahr werden ca. 10 GB Daten produziert. Pro HAMMER Simulationstag werden ca. 20 Gb Daten produziert. Das ergibt bei 10+30 Läufen 700 GB.

7. Mehrwert gegenüber früheren Vorhaben.

Bislang konnten mit HAMSOM nur Langzeitläufe mit der 20 km Auflösung durchgeführt werden. Durch Verwendung des HLRE-Rechners ist es erstmalig möglich, in einer Auflösung von 3 km das Modelgebiet abzudecken. Durch die zusätzliche Auflösung ergibt sich ein immenser Erkenntnisgewinn, da erstmalig alle mesoskaligen Prozesse und Eisdynamik adäquat aufgelöst werden können. Eine Überlappung mit Läufen, die in anderen HAMSOM-Regionalisierungen durchgeführt werden, ist nicht vorhanden, da bei den Simulationen für das IRO-2 Projekt Läufe mit Eissimulationen in die Arktis und für verschiedene Randbedingungen durchgeführt werden sollen.