

Abschlussbericht zum Teilprojekt

# Quantifizierung und Klimasensitivität des durch Schmelzen an der Schelfeisbasis verursachten Süßwassereintrags in die Schelfbereiche des Weddellmeeres

Im Ozean/CLIVAR-Programm für die Programmkomponente B1  
*Dekadische Klimavariabilität im atlantischen und südlichen Ozean*

Förderkennzeichen: 03F0377C

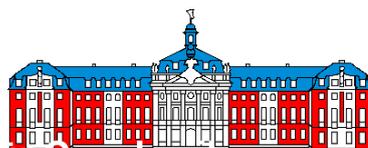
Objektnummer: 9120066

Ausführende Stelle: Institut für Geophysik  
Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Corrensstraße 24  
48149 Münster

Projektleiter: Prof. Dr. Manfred A. Lange  
Dr. Klaus Grosfeld (Universität Bremen/Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung)

Mitarbeiter: Dr. Malte Thoma  
Dipl. Phys. Chris-Oliver Mohrholz

Berichtszeitraum: 01. 06. 2002 (01. 01. 2003) bis 31. 08. 2005



**Institut für Geophysik**  
Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Münster im April 2006

**Abschlußbericht zum Teilprojekt**  
*Quantifizierung und Klimasensitivität des durch Schmelzen an der Schelfeisbasis verursachten Süßwassereintrags in die Schelfbereiche des Weddellmeeres*

---

Verbundprojekt

**CLIVAR marin**

Untersuchung der Rolle des Ozeans bei Klimaschwankungen

Teilvorhaben:

**Quantifizierung und Klimasensitivität des durch Schmelzen an der Schelfeisbasis verursachten Süßwassereintrags in die Schelfbereiche des Weddellmeeres**

**Förderkennzeichen: 03F0377C**

(Institut für Geophysik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster,  
Corrensstraße 24, 48149 Münster;  
Fachbereich Physik, Universität Bremen, 28359 Bremen)

Münster, April 2006

#### **Kurzbericht zum Abschlußbericht**

Im Zentrum der Arbeiten des Projektes standen Untersuchungen zur Quantifizierung der Wechselwirkungen zwischen Ozean und Schelfeisen im Weddell-Sektor der Antarktis. Wesentliche methodische Ansätze umfassen die numerische Modellierung der Ozeanzirkulation vor und unter dem Schelfeis, die Quantifizierung der Schelfeisdynamik sowie die Kopplung der beiden Modellkomponenten in einem Modellsystem. Neben der Erfassung der wechselseitigen Abhängigkeiten von ozeanischen und eisdynamischen Prozessen nahm die Untersuchung der Folgen globaler Klimaveränderungen auf die betrachteten Prozesse einen wichtigen Raum ein. Die Untersuchungen konzentrierten sich auf die Schelfeise im östlichen Weddellmeer (*Eastern Weddell Ice Shelves, EWIS*), auf die angrenzenden Meeresbereichen sowie auf das gesamte Weddellmeer. So konnte die Dynamik des Riiser-Larsenisen sowie des Brunt Schelfeises mit Hilfe eines numerischen 3D-Schelfeismodells erstmals quantitativ beschrieben werden. Dabei wurde auf eine eigens entwickelte Parametrisierung der Bewegungsabläufe entlang von Bruch- und Spannungszonen zurückgegriffen. Für das östliche Weddellmeer konnte anhand des numerischen Ozeanmodells gezeigt werden, dass Schmelzvorgänge an der Schelfeisbasis durch eine ausgeprägte Saisonalität gekennzeichnet sind. Werden bestimmte, die Folgen globalen Klimawandels stark vereinfachend wiedergebende Randbedingungen für die EWIS vorausgesetzt, so lassen sich mit unseren Modellen die Auswirkungen für veränderte Salz- und Temperaturverhältnisse im gesamten Weddellmeer abschätzen. Die Annahme von erhöhten Niederschlags- bzw. Akkumulationsraten auf der einen und von Erwärmungen der Wassersäule auf der anderen Seite, die auf Ergebnissen des 2. IPCC-Sachstandsberichts (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) beruhen führen in gekoppelten Modellen, die idealisierte Geometrien von Schelfeis und Bathymetrie voraussetzen, zu deutlichen Veränderungen der Wassermasseneigenschaften und der Schelfeismassenbilanz. Die hier durchgeführten Arbeiten behandeln Fragestellungen, die angesichts der immer deutlicher sich anzeichnenden Klimaveränderungen und der Rolle, die dabei von den Polargebieten eingenommen werden höchste Aktualität aufweisen. Die dabei erzielten Ergebnisse werden international anerkannt und beachtet.

## Abschlußbericht zum Teilprojekt

Quantifizierung und Klimasensitivität des durch Schmelzen an der Schelfeisbasis verursachten Süßwassereintrags in die Schelfbereiche des Weddellmeeres

---

### Inhalt

<b>1. Abschlussbericht – Teil I</b>	<b>4</b>
1.1 Aufgabenstellung des Teilprojektes	4
<b>1.2 Voraussetzungen</b>	<b>4</b>
1.2.1 Modellkomponenten	4
1.2.2 Glaziologische und ozeanographische Datenbasis	5
1.2.3 Vorkenntnisse und Erfahrungen	5
1.2.4 Technische Ausstattung	5
<b>1.3 Planung und Ablauf des Teilprojektes</b>	<b>5</b>
<b>1.4 Wissenschaftlich-technischer Kenntnisstand zu Beginn des Projektes</b>	<b>7</b>
<b>1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen</b>	<b>7</b>
<b>2. Abschlussbericht - Teil II</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Wesentliche Ergebnisse des Teilprojektes</b>	<b>8</b>
2.1.1 Arbeiten an den numerischen Modellen	8
2.1.2 Modellierung des Riiser-Larsenisen und des Brunt Schelfeises	10
2.1.3 Ozeanmodellierung im östlichen Weddellmeergebiet	13
2.1.4 Klimasensitivität des östlichen Weddellmeergebiets	15
2.1.5 Ozeanmodelle des Weddellmeeres	18
2.1.6 Gekoppelte Modelle des Schelfeis-/Ozeansystems	20
<b>2.2 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse</b>	<b>22</b>
2.2.1 Wirtschaftlicher Nutzen	22
2.2.2 Wissenschaftlicher Nutzen	22
<b>2.3 Entwicklung des Kenntnisstands während der Projektlaufzeit an anderen Stellen</b>	<b>23</b>
<b>2.4 Erfolgte und geplante Publikationen</b>	<b>24</b>
2.4.1 Publikationen	24
2.4.2 Präsentationen	24
<b>2.5 Literaturhinweise</b>	<b>26</b>
<b>3. Abschlussbericht – Teil III</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Erfolgskontrollbericht</b>	<b>29</b>
3.1.1 Beitrag zu förderpolitischen Zielen des Förderprogramms	29
3.1.2 Wissenschaftlicher und technischer Erfolg des Projektes	29
3.1.3 Zeit- und Finanzplan	29
3.1.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse	29
3.1.5 Erfindungen, Schutzrechteanmeldungen und erteilte Schutzrechte	30
3.1.6 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben	30

# 1. ABSCHLUSSBERICHT – TEIL I

## 1.1 AUFGABENSTELLUNG DES TEILPROJEKTES

Die Wechselwirkung zwischen antarktischen Schelfeisen und dem Ozean steht im Zentrum des hier behandelten Teilprojektes. Diese Wechselwirkung hat sowohl im Hinblick auf die Dynamik und den Massenhaushalt der Schelfeise als auch für die Modifikation der Schelfwassermassen und die daraus folgende Bildung von Antarktischen Tiefen- und Bodenwasser erhebliche Bedeutung. Schmelzprozesse an der Schelfeisbasis beeinflussen sowohl die Dynamik der Eismassen als auch die Ablation (den Massenverlust) der Schelfeise. Neben dem an der Eisfront stattfindenden Eisbergkalben bilden Schmelzvorgänge an der Schelfeisbasis den wesentlichen Teil der Ablation, die mit der Akkumulation (Niederschlag/Schneefall) und dem Eiszutrag aus dem Inlandeis im Gleichgewicht steht. Bei sich ändernden ozeanischen Bedingungen, wird dieser Gleichgewichtszustand erheblich gestört. Dies zeigt sich sowohl in veränderten Schmelzraten an der Schelfeisbasis als auch in Änderungen des gesamten eisdynamischen Systems. Die dynamische Antwort des Schelfeisystems wirkt über die Übergangszone (*grounding line/grounding zone*) bis in das Inlandeis hinein.

Mittels hochauflösender Modellrechnungen mit einem Schelfeismodell und einem Ozeanmodell sollten im Rahmen dieses Teilprojektes die gegenwärtigen basalen Schmelzraten quantifiziert und der Süßwasserexport aus den Schelfeisgebieten des Weddellmeeres analysiert werden. Insbesondere der in bisherigen Studien nur unzulänglich berücksichtigte Bereich der östlichen Schelfeisgebiete (*Eastern Weddell Ice Shelves, EWIS*) des Weddellmeeres spielt hier eine besondere Rolle. Obgleich flächen- und volumenmäßig sehr viel kleiner als etwa das Filchner-Ronne Schelfeis (*Filchner-Ronne Ice Shelf; FRIS*), zeigen unsere Arbeiten, dass die EWIS einen erheblichen Beitrag für die Modifikation der in das Weddellmeer einströmenden Wassermassen leisten.

Ein zentrales Ziel zeitabhängiger Studien ist die Simulation der Ozean-Schelfeis-Systeme im Hinblick auf die in den 90er Jahren beobachtete Temperaturzunahme dieser Wassermassen. Die Untersuchungen zielten darauf ab, eine genauere Kenntnis über die Auswirkungen derartiger Veränderungen auf die Schelfeisgebiete zu erlangen, um daraus die Bedeutung der Schelfeisgebiete für großskalige Untersuchungen in der Klimaforschung abzuschätzen. Dem wurde in dem vorliegenden Projekt umfassend nachgegangen.

## 1.2 VORAUSSETZUNGEN

### 1.2.1 Modellkomponenten

Aufbauend auf die erste Projektphase CLIVAR/marin-1 standen für die geplanten Modellrechnungen zu Projektbeginn die entsprechenden Modellkomponenten **Ozean-Zirkulationsmodell** und **dynamisches Schelfeismodell** zur Verfügung. Darüber hinaus wurde ein hierfür eigens entwickeltes Verbindungsmodul bereitgestellt, mit dem die zuvor genannten Modellkomponenten zu einem gekoppelten Modellsystem zusammengeführt werden konnten.

## Abschlußbericht zum Teilprojekt

### Quantifizierung und Klimasensitivität des durch Schmelzen an der Schelfeisbasis verursachten Süßwassereintrags in die Schelfbereiche des Weddellmeeres

---

#### 1.2.2 *Glaziologische und ozeanographische Datenbasis*

Aus den beiden Untersuchungsgebieten Filchner-Ronne Schelfeis und Larsen Schelfeis sind umfangreiche Primärdatensätze verfügbar, z. B. Eisoberflächenhöhen-, Eismächtigkeits- und Bathymetriedaten, wie auch Hydrographie und Einzelpunktmessungen eisdynamischer und massenhaushaltsrelevanter Größen. Dies ist jedoch für die östlichen Schelfeisgebiete des Weddellmeeres nur in sehr viel beschränkterem Umfang gegeben. Deshalb mussten im Rahmen dieses Projektes zunächst detaillierte digitale geometrische Modelle der EWIS erarbeitet werden. Hierbei konnte auf unterschiedliche Basisdatensätze des BEDMAP-Konsortiums sowie andere veröffentlichte Datensätze zurückgegriffen werden (s. u.).

#### 1.2.3 *Vorkenntnisse und Erfahrungen*

Aufgrund der verspäteten Bewilligungszusage dieses Projektes konnten die bisherigen Mitarbeiter und einer der Antragsteller nicht an der Universität Münster weiterbeschäftigt werden. Dies hatte für das Projekt eine deutlich veränderte Personalsituation zur Folge, die nicht ohne Einfluss auf den Arbeitsablauf blieb. Erst zum 01. 01. 2003 konnte ein Nachwuchswissenschaftler (Dr. Malte Thoma) und zum 01. 04. 2003 ein Doktorand (Dipl. Phys. Chris-Oliver Mohrholz) für das Projekt gewonnen werden. Beide Personen mussten neu in die Projekthinhalte und die zu bearbeitenden Modellkomponenten eingearbeitet werden. Dies ist einer der Gründe dafür, dass im Laufe des Projektes der Schwerpunkt der Arbeiten auf das östliche Weddellmeer verlagert wurde. Ein weiterer Grund liegt darin, dass die eisdynamische Modellierung der Bruch- und Spaltdynamik, wie sie in den EWIS anzutreffen ist, erhebliches wissenschaftliches Innovationspotential bietet. Allerdings haben sich die darauf gerichteten Arbeiten als besonders zeitaufwändig herausgestellt, sodass die genannten Fragestellungen durch den im Projekt beschäftigten Doktoranden (Dipl. Phys. Chris-Oliver Mohrholz) nicht in vollem Umfang zu bearbeiten waren.

#### 1.2.4 *Technische Ausstattung*

Für die Bearbeitung des Projektes wurden aus Projektmitteln ein Doppelprozessorrechner (Intel® Xeon™, CPU 2.4 GHz) sowie zwei Hochleistungsrechner (Intel® Pentium®, 4 CPU 2.8 GHz; Intel® Pentium®, 4 CPU 3.0 GHz) angeschafft und eingesetzt. Der Doppelprozessorrechner wurde dabei als zentrale Datenserver genutzt.

### 1.3 PLANUNG UND ABLAUF DES TEILPROJEKTES

Aufgrund der oben bereits angesprochenen personellen Umstrukturierung am Beginn des Projekts konnte, nicht wie ursprünglich beantragt, auf die Expertise der bisher im (Vorgänger-) Projekt beschäftigten Mitarbeiter zurückgegriffen werden. Die neuen Mitarbeiter mussten in die Arbeitswerkzeuge (Ozean- und Schelfeismodell) eingearbeitet werden. Insbesondere die im Projekt geplante Nachwuchswissenschaftler-Stelle für den Bereich der Eismodellierung wurde nun durch einen Doktoranden ausgefüllt. Hierdurch hat sich der Schwerpunkt unserer Arbeiten, wie ebenfalls bereits kurz angesprochen, deutlich verlagert. Dies hatte jedoch zur Folge, dass andere wichtige Aspekte der Wechselwirkung Eis-Ozean stärker herausgebildet und bearbeitet wurden, was für den Projektverlauf und die erzielten Ergebnisse insgesamt positive Konsequenzen hat.

Die so vorgenommene Neuorientierung des Projekts führte zu den folgenden drei, den Förderjahren angepasste Phasen/Arbeitsschwerpunkte:

- a) Einarbeitung der neuen Mitarbeiter in die Modellkomponenten: Beide der neuen Mitarbeiter haben einen anderen wissenschaftlichen Hintergrund der nur teilweise für das hier vorliegende Projekt nutzbar war. Daher war das erste Projektjahr durch eine intensive