

Institut für Meereskunde

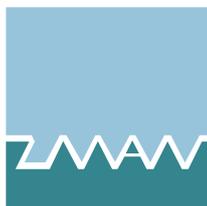
Jahresbericht 2006/2007



Der Ozean im Klima-Erdsystem

Klimarelevante Prozesse im Ozean

Dynamik und Ökologie von Schelfmeersystemen



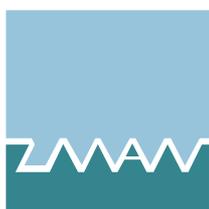
Institut für Meereskunde der Universität Hamburg
Zentrum für Marine und Atmosphärische Wissenschaften

Jahresbericht 2006/2007

Der Ozean im Klima-Erdsystem

Klimarelevante Prozesse im Ozean

Dynamik und Ökologie von Schelfmeersystemen



Institut für Meereskunde der Universität Hamburg
Zentrum für Marine und Atmosphärische Wissenschaften

Der Ozean im Klima-Erdsystem

Klimarelevante Prozesse im Ozean

Dynamik und Ökologie von Schelfmeersystemen

Inhalt

Vorwort des Geschäftsführenden Direktors	4
Die Struktur und die Schwerpunkte des IfM	6
Bachelor und Master Studiengang	8
ClISAP: ein Exzellenz-Zentrum zu „Integrierten Klima Analysen und Vorhersagen“	10
Meereskunde im ZMAW-Netzwerk: Die Öffentlichkeitsarbeit am IfM	12
Der Ozean im Klima-Erdsystem	14
Der extreme Rückgang des arktischen Meereises im Sommer 2007	15
Mehr Meereisparameter mit Multi Scan, dem Multi-Funktions Radar des IfM	17
Dekadische Veränderungen der Schichtung des nordatlantischen Subpolarwirbels	19
Die Phasenverzögerungen der Gezeiten	21
Reaktion der Oberflächentemperatur und der Chlorophyll-a Konzentration des östlichen Nordatlantiks auf Sahara Staubstürme	22
Tankexperimente zum Einfluss von Regen auf den Gasaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre	23
Klimarelevante Prozesse im Ozean	24
The Indonesian Throughflow	25
Das östliche Mittelmeer nach dem „Eastern Mediterranean Transient“: Welchen Zustand strebt das System an?	27
Autonome Messbojen im Europäischen Nordmeer	29
Die Zirkulation des Europäischen Nordmeeres in mittleren Tiefen	31
Entwicklung von Temperatur und Salzgehalt in der Grönlandsee	32
Saisonale Schwankungen geostrophischer Strömungen und wirbelkinetischer Energie anhand von TOPEX/Poseidon – Jason-1 Tandem Missions Daten	33
Dynamik und Ökologie von Schelfmeersystemen	34
Weltweite Flussausstrom-Messungen mit Satelliten	35
Anwendung des Vector-Ocean-Model (VOM) auf den Nordwesteuropäischen Schelfrand	37
Weiterentwicklung und Anwendung des Ökosystemmodells ECOHAM auf den Nordwesteuropäischen Schelf	39
Modellierung der jahreszeitlichen Schwankungen einer Zooplankton Population im Ökosystem der Nordsee	41
Modellierung der Sauerstoffdynamik im Ökosystem der Nordsee	42
Auftrieb im Winter von der Küste Vietnams	43
Anhang	
Institutsmitarbeiterinnen und -mitarbeiter	44
Diplomanden/innen und Doktoranden/innen	45
Lehrprogramm 2006/2007	48
Publikationen 2006/2007	51
Mitgliedschaften, Komitees und Gremienarbeit der Professoren	55
Laufende drittmittelfinanzierte Forschungsprojekte 2006/2007	56
Impressum	58

Vorwort des Geschäftsführenden Direktors

Detlef Stammer

Liebe Leserinnen und Leser,

mit dieser zweiten Ausgabe der Jahresberichtsreihe des Instituts für Meereskunde (IfM) der Universität Hamburg möchten wir Sie über unsere aktuellen wissenschaftlichen Arbeiten und Aktivitäten informieren, die sich über 2006 und 2007 hinweg ereignet haben. Der Jahresbericht ist als Informationsquelle für die Öffentlichkeit gedacht, in der aktuelle Themen aus unserem ozeanographischen Forschungsalltag der Öffentlichkeit vorgestellt werden. Wir möchten mit der Berichtsreihe insbesondere zukünftige Studierende und andere Interessenten/innen der Meeresforschung in Deutschland ansprechen. Darüber hinaus möchten wir aber auch unsere Freunde und Partner sowie Mitarbeiter nationaler und internationaler Einrichtungen zur Förderung von Wissenschaft und Forschung über Entwicklungen am Institut auf dem Laufenden halten. Der Zeitpunkt der Erstellung dieser zweiten Ausgabe des Jahresberichts stellt für uns als Institut einen ausgesprochenen erfreulichen und besonderen Zeitpunkt dar und kann als ein Höhepunkt in der Entwicklung des Zentrums für Meeres- und Atmosphärische Wissenschaften (ZMAW) angesehen werden. Das IfM gehört dem ZMAW mit fünf weiteren Universitätsinstituten, dem Max-Planck-Institut für Meteorologie und dem assoziierten Mitglied GKSS an. Am 19. Oktober 2007 haben die DFG-Gremien das Exzellenz-Zentrum „Integrierte Klima Systemanalyse und Vorhersage“ (CliSAP) bewilligt. Dies ist der einzig erfolgreiche Antrag zur Einrichtung eines Exzellenz-Clusters an der Universität Hamburg, und das Institut war maßgeblich am Konzept sowie an der Einrichtung des mit diesem Cluster gegründeten „KlimaCampus“ beteiligt. Durch die Bewilligung wurde letztendlich dem ZMAW als Ganzes und damit den beteiligten Universitätsinstituten durch ein internationales Gutachtergremium bescheinigt, eine herausragende und zentrale Rolle an der Universität Hamburg und in der Klimaforschung einzunehmen. Das positive Votum der Gutachter hat das Niveau der Meeresforschung an der Universität Hamburg in verschiedenen Aspekten gewürdigt und sie anderen, z. T. bundesgeförderten Instituten, gleichgestellt. Seit der Gründung des Instituts im Jahre 1957 hat sich damit das IfM nicht nur für seine Forschung im Küsten- und Schelfbereich sondern auch für seine Vorreiterrolle in verschiedenen ozeanweiten oder globalen Aspekten der Meeres-

und Klimaforschung international einen Namen erworben. In der Tat stellt somit dieses Ereignis ein Höhepunkt unserer Arbeiten in 2007 dar.

Das Institut für Meereskunde ist eines der führenden ozeanographischen Institute Deutschlands, das im nationalen Zusammenhang wichtige Aufgaben in der Meeresforschung und in der Ausbildung erfüllt. Mit seinen drei übergeordneten Forschungsthemen **„Der Ozean im Klima – Erdsystem“**, **„Klimarelevante Prozesse im Ozean“** und **„Dynamik und Ökologie von Schelfmeersystemen“** leistet das IfM wichtige Beiträge nicht nur zu nationalen sondern auch zu internationalen Schwerpunkt- und Verbundprogrammen. Idealerweise würden wir in diesem Jahresbericht gerne über alle unsere Arbeiten berichten. Um den Bericht jedoch informativ aber dennoch ansprechend zu halten, stellen wir aus den verschiedenen Arbeitsbereichen nur ausgewählte Höhepunkte aus den letzten Monaten vor. Dadurch bleiben zwar viele am IfM betriebene Forschungsarbeiten ungenannt, Sie werden sich aber im Laufe der folgenden Jahresberichte über unser gesamtes Forschungsspektrum informieren können. Darüber hinaus dokumentiert die Liste der laufenden nationalen und internationalen Projekte (s. Anhang) über alle bestehenden Forschungsprojekte und zeigt auch das erfreulich hohe Maß an nationaler und europäischer Drittmittelförderung am IfM. Dieser letzte Aspekt lässt sich erst dann richtig würdigen, wenn man bedenkt, dass sich das Institut seit längerem in einem Umgestaltungsprozess befindet, der vor Jahren durch das altersbedingte Ausscheiden unserer Kollegen Prof. Alpers und Prof. Sündermann begonnen hat. Nachdem zusätzlich auch Prof. Zahel und Prof. Meincke aus Altersgründen ausschieden, existiert das Institut mit stark reduziertem Führungsstab. Glücklicherweise ist es uns – im Gegensatz zu anderen Universitätsinstituten – gelungen, eine neue Junior-Professur zu besetzen. Mit Herrn Prof. L. Kaleschke konnten wir einen ausgezeichneten, jungen Kollegen gewinnen, der die Expertise in der Meereisfernerkundung am IfM deutlich erhöht. Durch die ungewöhnliche Eislage über der Arktis in den letzten Jahren und durch die Rolle des Meereises im Klimakontext erweist sich diese Besetzung inzwischen als strategisch richtiger Schritt im Rahmen des CliSAP Programms.

With this report series the Institute for Physical Oceanography of the University of Hamburg would like to inform colleagues and the general public about its work. In order to keep the report short and readable, we decided to devote the articles in this issue to only a few research highlights. The full list of projects and publications as well as employees, students and courses can be found in the appendix. For non-speakers of German we have provided abstracts and figure legends in English.

Wir können und wollen aber auf der anderen Seite nicht verschweigen, dass sich die Berufungen der Nachfolger von Prof. Sündermann und Prof. Meincke als langwierig und schwierig erweisen. Ich sehe inzwischen aber der baldigen Besetzung der Professur für „Experimentelle Ozeanographie“ positiv entgegen und denke auch, dass uns durch den bewilligten Exzellenz-Cluster die Besetzung der Professur in „Theoretischer Ozeanographie“ bald gelingen wird.

Ich denke, wir können als Institut stolz auf die Entwicklungen an der Universität Hamburg sein. Durch das Exzellenz-Zentrum in Klimawissenschaften und den zugehörigen KlimaCampus Hamburg, zu deren Entstehung wir maßgeblich beigetragen haben, stehen uns nun viele Möglichkeiten offen, an die wir in der Vergangenheit kaum zu denken gewagt haben. Nun müssen wir das in uns gesetzte Vertrauen auch umsetzen.

Mein Dank gilt hier, an dieser Stelle allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die über die Jahre hinweg durch ihre Arbeit zu diesem Erfolg und zu einer erfreulich produktiven Atmosphäre am Institut beigetragen haben.

Ich bedanke mich im Namen meiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für Ihr Interesse an unserem Institut.



Detlef Stammer

Hamburg, im
September 2007

Die Struktur und die Schwerpunkte des IfM

Susan Beddig und Detlef Stammer

Vernetzung innerhalb des ZMAW

Das Institut für Meereskunde (IfM) gehört seit 1989 dem Zentrum für Meeres- und Klimaforschung (ZMK) an und hat im Januar 2004 als Mitglied des Zentrums für Marine und Atmosphärische Wissenschaften (ZMAW) gemeinsam mit dem Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-MET) das neue ZMAW-Gebäude in der Bundesstraße 53 bezogen.



Das neue ZMAW-Gebäude mit dem Geomatikum im Hintergrund.

The new ZMAW building with the Geomatikum in the background.

Das Institut hat weiterhin die Leitstelle für die Forschungsschiffe Meteor und Maria S. Merian inne und beherbergt seit 2005 das nationale Büro zur Betreuung der ESA SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) Mission. Ferner ist es mit der Koordination von nationalen Verbundprojekten befasst, wie dem BMBF Projekt „Der Nordatlantik im Klimasystem“.



Das neue Forschungsschiff Maria S. Merian
The new research vessel Maria S. Merian

Das IfM beteiligt sich personell an der IT-Gruppe (Informationstechnologie) des ZMAW (CIS).

Forschungsarbeiten, die innerhalb des ZMAW unter Beteiligung des IfM behandelt werden, schließen die folgenden Themenbereiche ein:

- Ozeanzirkulation, Oberflächenflüsse von Wärme, Frischwasser und CO₂, globale Atmosphäre und Biosphäre
- Schelfmeerzirkulation am Beispiel des Nordsee-Ostseesystems
- Wechselwirkung physikalischer und biogeochemischer Prozesse
- Küstenbereich und Wechselwirkung Land-Ozean; Stofftransporte vom Land über Schelfmeerbereiche in den Ozean
- Globale Beobachtungen, Assimilation, Klimamodellinitialisierung

Das IfM ist durch seine Expertise zentraler Bestandteil des Exzellenz-Clusters „Integrierte Klimasytemanalyse und Vorhersage – CliSAP“, der am 19. Oktober von der Deutschen Forschungsgemeinschaft bewilligt wurde und war maßgeblich am Konzept des Antrags beteiligt.

Since 1989 the Institute for Physical Oceanography (IfM) has been a member of the Centre for Marine and Climate Research of the University of Hamburg (ZMK). In 2004 the ZMK formed the Centre for Marine and Atmospheric Sciences (ZMAW) together with the Max Planck Institute for Meteorology (MPI-M). In the same year the IfM and the MPI-M moved into the new building in the Bundesstrasse. The IfM has four working groups ("Theoretical Oceanography", "Shelf Sea Oceanography and Marine Ecosystem Modelling", "Experimental Oceanography" and "Remote Sensing and Data Assimilation"). The main research foci of the IfM are: "The Ocean in the Climate-Earth System", "Climate Relevant Processes in the Sea" and "Dynamics and Ecology of Shelf Sea Systems".

Forschung und Lehre am IfM

Das IfM betreibt Forschung und Lehre auf dem Gebiet der physikalischen Ozeanographie, der Meereisfernerkundung und im Bereich der Ökosystemmodellierung. Zurzeit bestehen folgende Arbeitsbereiche:

- Theoretische Ozeanographie
- Schelfmeer-Ozeanographie und marine Ökosystemmodellierung
- Experimentelle Ozeanographie
- Fernerkundung und Datenassimilation für den Ozean und für Meereis

Darüber hinaus arbeitet das IfM im interdisziplinären Rahmen an den Schnittstellen zwischen Ozean, Kryosphäre, Atmosphäre und der Geosphäre. Die Forschungsschwerpunkte des IfM lassen sich dabei in drei übergreifende Themenbereiche zusammenfassen, die strukturgebend für diesen Bericht sind:

- Der Ozean im Klima – Erdsystem
- Klimarelevante Prozesse im Ozean
- Dynamik und Ökologie von Schelfmeersystemen

Die Lehre am IfM umfasst einen Bachelor of Science und einen Masterstudiengang „Physikalische Erdwissenschaften“. Der dreijährige Studiengang zum Bachelor (BSc) in Geophysik/Ozeanographie vereinigt die bewährte, physikalisch fundierte Grundausbildung der beiden ehemaligen Diplomstudiengänge. Er erfüllt die modernen Anforderungen einer praktisch, methodisch und theoretisch orientierten Ausbildung. Ein anschließendes zweijähriges Studium zum Master of Science (MSc) in Ozeanographie am IfM steht allen Studierenden mit diesem oder einem vergleichbaren Bachelor-Abschluss offen. Ziel des Masterstudienganges ist eine vertiefende wissenschaftliche Ausbildung, die eng an die aktuellen Forschungsarbeiten des Instituts gekoppelt ist. Studierende haben schon früh die Möglichkeit, in Projekten mitzuarbeiten, an Messfahrten auf See teilzunehmen, sich an der Auswertung von Daten und der Modellierung physikalischer Prozesse auf Großrechnern zu beteiligen.

Der MSc ist dem bisherigen Diplomabschluss äquivalent und öffnet weite Berufschancen auf dem internationalen Arbeitsmarkt in Forschungsinstitutionen und Wirtschaft. Er ist die Voraussetzung für eine Promotion und damit für den Einstieg in eine akademische Karriere.



Studentinnen auf einer Ausbildungsreise an Bord des Forschungsschiffs „Poseidon“.
Students during an excursion onboard the research vessel "Poseidon".

Bachelor und Master Studiengang

Detlef Stammer

Die Ausbildung der zukünftigen Ozeanographen/innen ist eine zentrale Aufgabe am Institut für Meereskunde (IfM). Seit dem Herbst 2006 haben wir unser Ausbildungsprogramm auf ein BSc/MSc Programm umgestellt. Inzwischen sind wir im zweiten Jahr der neuen BSc Ausbildung im Studiengang Geophysik / Ozeanographie, die wir gemeinsam mit unseren Kollegen und Kolleginnen aus dem Geophysikalischen Institut durchführen. Zusammen mit der entsprechenden Ausbildung in der Meteorologie bieten wir damit der nächsten Generation von Studierenden in den physikalischen Erdwissenschaften an der Universität Hamburg eine fundierte und umfassende Ausbildung.

Die Zahlen der interessierten Studenten/innen sind deutlich steigend und belegen in gewisser Weise damit die Richtigkeit der Umstellung und Neugestaltung unserer Ausbildung: In diesem Jahr haben wir nahezu 40 neue Studenten und Studentinnen aufnehmen können, was einem Zuwachs von 17% gegenüber dem Vorjahr bedeutet, und wir rechnen in den nächsten Jahren mit weiterem Zulauf. Parallel dazu wird es – voraussichtlich ab Herbst 2008 – ein neues Programm für den Master of Science in physikalischer Ozeanographie geben. Als Teil von CliSAP wird ein Graduiertenprogramm für Integrierte Klimawissenschaften auf dem KlimaCampus Hamburg aufgebaut, dem neben einer Ausbildung zum/r promovierten Klimawissenschaftler/in auch ein interdisziplinäres MSc-Programm in integrierten Klimawissenschaften zur Seite gestellt wird.

Hamburg hat damit einen von zwei Standorten in Deutschland inne, an dem eine Grundausbildung in physikalischer Ozeanographie angeboten wird. Der BSc Studiengang in Geophysik/Ozeanographie ist zusätzlich bundesweit einmalig, wobei international gesehen, eine kombinierte Ausbildung in Geophysik/Ozeanographie durchaus an renommierten Standorten etabliert ist (z.B. Scripps, Hawaii). Wir erwarten deshalb eine national wie international steigende Nachfrage. Der begonnene BSc in Geophysik und physikalischer Ozeanographie ist stark anwendungsorientiert bzw. berufsqualifizierend ausgerichtet. Er schafft aber gleichzeitig auch die Voraussetzungen für die weitere wissenschaftliche Qualifizierung zum Master oder zum Dr. rer. nat. Der geplante MSc Studiengang in Ozeanographie wird ein disziplinärer Studiengang ausgerichtet auf

die Physik des Ozeans sein. Die Ausbildung am IfM als Teil des KlimaCampus Hamburg wird aber in der Zukunft deutlich interdisziplinärer ausgebaut werden.

Wie aus den nächsten Abbildungen durch die Farbgebung ersichtlich wird, ist das BSc Ausbildungsprogramm untergliedert in 4 Komponenten. In den ersten zwei Semestern wird eine solide physikalische und mathematische Wissensgrundlage geschaffen. Alle dunkelblau markierten Module müssen von allen Studierenden gemeinsam durchlaufen werden. Hellblau markierte Module sind Spezialisierungen in Geophysik oder Ozeanographie, die zur Berufsqualifikation und als Vorbereitung auf die Bachelorarbeit dienen. Grün markierte Module sind Wahlmodule und können von jedem Studierenden aus dem Gesamtangebot der Universität frei gewählt werden.

Weitere Informationen können der folgenden Webseite des BSc in Geophysik/Ozeanographie entnommen werden: <http://www.ifm.zmaw.de> unter Education, BSc & Master.

Educating future oceanographers is one of our most important jobs at the IfM. In autumn of 2006 we initiated our new BSc/MSc programme, which we offer in cooperation with the Institute for Geophysics. As part of the Cluster of Excellence, CliSAP, a graduate programme for Integrated Climate System Science will be established, which will include Master's and Doctorate programmes.

Übersicht Bachelorstudiengang Geophysik / Ozeanographie:

WS1	Einführung I V4, LP4	Mathematik 1 V4 + Ü2, LP 8	Physik 1 (ExpPhys+TheorPhys) V7+Ü3, LP 12	Phys. Praktikum P5, LP 6		
SS1	Einführung II V4, LP4	Mathematik 2 V4 + Ü2, LP 8	Physik 2 (ExpPhys+TheorPhys) V7 + Ü3, LP 12)	Phys. Praktikum P5, LP 6		
WS2	Fluiddynamik V3+Ü2,LP7	Datenverarbeitung und Programmierung Geowiss. V2+Ü4, LP 7	G: Angew. Geophys I V2+Ü1, LP4 O: Messmeth. & Fernerk., V2+Ü1, LP4	Mathematik 3 V4 + Ü2, LP 8	Phys. Prakt. LP 4	
SS2	Zeitreihenanalyse V2+Ü2, LP6	Berufs- und Seepraktikum S2+P5, LP8	Numerische Methoden in Geowissenschaften V2+Ü1, LP4	WissArb (V2) LP3	G: Angew. Geophys. II V2+Ü2, LP6 O: Regionale Ozeanographie V2+Ü2, LP6	Wahlf. (V2), LP3
WS3	Seminar S2 LP3	G: Geophys. Messüb. Ü5, LP6 O: Ozean. Messüb. Ü5, LP6	G: Dig. Signalverarbeitung V2+Ü2, LP6 O: Modellierung V2+Ü2, LP6	G: Spez I (Interpretation) V2, LP3 O: Küste- & Schelfmeer V2 LP3	G: Spez II (GIS) V2, LP3 O: Gezeiten V2, LP3	Wahlfach (V6), LP9
SS3	Bachelor Arbeit LP12	G: Seismologie V2+Ü2, LP6 O: Dyn Ozeanographie V2+Ü2, LP6	G: Geodyn&Geothermie V2+Ü2, LP6 O: Klima V2+Ü2, LP6	Wahlfach (V4), LP6		

Lehrveranstaltungen im Pflicht- und Wahlpflichtbereich sind blau bzw. rot hinterlegt, solche aus dem Wahlbereich grün. Rot hinterlegte Blöcke kennzeichnen Veranstaltungen aus Mathematik-Physik. Fachspezifische Grundlagen in Geophysik/Ozeanographie sind dunkelblau. Fachspezifische Vertiefungen in Geophysik (G) oder Ozeanographie (O) sind hellblau.

Liste der Module

Bachelorarbeit R6, LP12

Module aus der Geophysik/Ozeanographie Grundlagen (LP 41 + LP 5 Berufspraktikum)

GEIN1:	Einführung I: Geophysik R1, LP4, V4
GEIN2:	Einführung II Ozeanographie R2, LP4, V4
GZEIT:	Zeitreihenanalyse R4, LP6, V2+Ü2
GDVG:	Datenverarbeitung und Programmierung in Geowissenschaften R3, LP7, V2+Ü4
GDYN:	Fluiddynamik R3, LP7, V3+Ü2
GNUM:	Numerische Methoden in Geowissenschaften R4, LP4, V2+Ü1
GSEM:	Seminar R5, LP3
GBPRA:	Berufs- und Seepraktikum R5, insg. LP8; P5 (LP5)+S2 (LP3)
WISS:	Wiss. Arbeiten R4, LP3

Module aus der Vertiefung Geophysik (LP 40)

VGAN1:	Angewandte Geophysik I R3, LP4, V2+Ü1
VGAN2:	Angewandte Geophysik II R4, LP6, V3+Ü1
VGUEB:	Geophys. Messübung R5, LP6, Ü5
VGDIG:	Dig. Signalverarb. S5, LP6, V2+Ü2
VGSEI:	Seismologie R6, LP6, V2+Ü2
VGSP1:	Spezial I (Interpretation) R5, LP3, V2
VGSP2:	Spezial II (GIS) R5, LP3, V2

Module aus der Vertiefung Ozeanographie (LP 40)

VOMES:	Messmeth.& Fernerk.. R3, LP4, V2+Ü1
VOMOD:	Modellierung R5, LP6, V2+Ü2
VOKUE:	Küste und Schelfmeer R5, LP3, V2
VOUEB:	Ozean. Messübung R5, LP6, Ü5
VOSP2:	Klima R6, LP6, V2+Ü2
VODY:	Dyn. Ozean R6, LP6, V2+Ü2
VOSP1:	Gezeiten R5, LP3, V2
VOREG:	Regionale Ozeanographie, R4, LP6, V2+Ü2

Wahlmodule (LP 18)

WAHL: freies Wahlfach R4+5+6 LP18
(aus Geophysik/ Ozeanographie/Meteorologie/Geowissenschaften/Physik/Chemie/Mathematik/Informatik)

Module aus der Physik, LP 24 + LP 16 Praktikum)

PHY1:	Physik 1 (Experimentalphysik1, Theoretische Physik1), R1, LP12, V7+Ü3
PHY2:	Physik 2 (Experimentalphysik2, Theoretische Physik2), R2, LP12, V7+Ü3
PHYP:	Physikalisches Praktikum, R1-R3, LP16, P

Module aus der Mathematik, insgesamt (LP 24)

MA1:	Mathematik für Physiker 1, R1, LP8, V4+Ü2
MA2:	Mathematik für Physiker 2, R2, LP8, V4+Ü2
MA3:	Mathematik für Physiker 3, R3, LP8, V4+Ü2

LP=Leistungspunkte, R=Referenzsemester, V=Vorlesung, Ü=Übungen, S=Seminar, P=Praktikum

CliSAP: ein Exzellenz-Zentrum zu "Integrierten Klima Analysen und Vorhersagen"

Integrated Climate System Analysis and Prediction

Detlef Stammer

Im Rahmen der Exzellenzinitiative des Bundes erhielt die Universität Hamburg und das ZMAW am 19. Oktober 2007 den Zuschlag für ein Exzellenz-Cluster in der Klimaforschung. An der Erstellung des international begutachteten Antrags beteiligten sich mehr als 120 Wissenschaftler/innen und Techniker/innen aus 17 Instituten der Universität Hamburg, dem Max-Planck-Institut für Meteorologie, dem Institut für Küstenforschung des Forschungszentrums Geesthacht, dem Deutschen Klimarechenzentrum und dem Institut für Friedensforschung und Sicherheitspolitik.

Das Exzellenz-Zentrum wird für den Zeitraum 2007 bis 2012 durch Bundes- und Landesmittel mit bis zu 35 Mil. Euro gefördert und wird über diesen Zeitraum hinaus zu 70% durch Landesmittel für weitere 5 Jahre finanziell unterstützt werden. Sprecher des Zentrums ist Prof. Dr. Martin Claußen, Professor am Institut für Meteorologie (MI) und Direktor am Max-Planck-Institut für Meteorologie. Stellvertretende Sprecher sind Prof. Dr. Klaus Fraedrich (ebenfalls MI) und Prof. Dr. Detlef Stammer (vom IfM).

Ziel von CliSAP ist es, die vorhersagbaren Entwicklungen gegenwärtiger und künftiger Klima- und Umweltveränderungen zu bestimmen. Dies geschieht mithilfe der Analyse von aktuellen und vergangenen Änderungen des Klimasystems als Reaktion auf natürliche und vom Menschen verursachte Störungen. Verbesserte Umweltdatenbanken und Klimamodelle werden die Untersuchungen von Klimaauswirkungen auf Nordeuropa präzisieren. Auch die Auswirkungen von Veränderungen können damit in Zukunft exakter vorhergesagt werden. Dies betrifft unter anderem so drängende Fragen wie Wasser-Ressourcen, Meeresspiegelanstieg, Sturmrisiken oder Städteplanung. Es wird damit eine

zuverlässigere Unterstützung für lokale, regionale und nationale Entscheidungsträger geschaffen.

Strukturell teilt sich CliSAP in 4 Forschungsschwerpunkte mit 4 Service-Plattformen. Die Forschungsaktivitäten sind unterteilt: (1) in Datenanalysen von überwiegend vergangenen Klimaänderungen, (2) in Vorhersagbarkeitsstudien und Klimavorhersagen, die überwiegend auf numerischen Modellen basieren, (3) in Analysen von Kopplungs- und Wechselwirkungsprozessen im Klimasystem und schließlich (4) in regionalen Impact-Studien, die sich mit den aktuellen Fragen des Klimawandels, der Vorhersagbarkeit des Klimas und der möglichen Folgen eines Klimawandels, insbesondere für norddeutsche Küstenregionen, befassen.

Durch Vernetzung der am Exzellenzantrag CliSAP beteiligten universitären und außeruniversitären Institute und Partner entsteht außerdem der KlimaCampus Hamburg, ein Kompetenz- und Ausbildungszentrum für Klimaforschung und Erdsystemwissenschaften. Zusätzlich wurde das Klima Service Center (CSC) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) bewilligt, das in Hamburg angesiedelt werden soll und damit Teil des Klima Campus sein wird.

Der KlimaCampus Hamburg umfasst eine neue Graduiertenschule, die „School on Integrated Climate System Sciences (SCISS)“. Diese wird sich interdisziplinär über mehrere Fakultäten und Forschungsdisziplinen erstrecken und wirtschaftliche, soziale sowie juristische Aspekte vom Klimawandel behandeln. Das Ziel der SCISS ist die Überführung der bisherigen Ausbildung für Diplom- und Doktorabschlüsse in ein einheitlich strukturiertes Graduiertenprogramm. Die SCISS soll ein Vorbild werden für die künftige Struktur der international

On the 19th of October 2007 the University of Hamburg was notified that its proposal for a „Cluster of Excellence“ in the Second Round of the Excellence Initiative was successful. Together with its external partners, the Max Planck Institute for Meteorology, the GKSS Research Centre and their cooperatively used German High Performance Computing Centre for Climate- and Earth System Research, as well as further cooperating institutions (e.g. German Maritime and Hydrographic Agency, German Weather Service and Federal Waterways Engineering and Research Institute), the University will be able to expand its Centre for Marine and Climate Research to form the „KlimaCampus Hamburg“, a national centre of excellence in climate research.

The Cluster of Excellence, „Integrated Climate System Analysis and Prediction - CliSAP“ includes researchers from the natural sciences as well as from the fields of economics and social sciences from various institutes within and outside of the University.

vernetzten Graduiertenausbildung an der MIN-Fakultät (Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften) inklusive deren Bachelor- und Masterprogramme.

Eine wichtige Komponente des Exzellenz-Clusters und des KlimaCampus ist der Wissenstransfer. Für den Dialog mit der Öffentlichkeit und der Wissenschaft kann nun das vom GKSS-Forschungszentrum Geesthacht initiierte Norddeutsche Klimabüro ausgebaut werden. Vor allem die norddeutsche Region um die Hansestadt wird von den Klimaprognosen der Hamburger Forscher profitieren, denn der Forschungsschwerpunkt des Klima-Zentrums liegt auf Nordeuropa. Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel und mögliche Strategien für die Verminderung von Treibhausgasen können schnell über die „Leitstelle Klimaschutz“ umgesetzt werden, die den Kontakt zwischen Hamburger Forschern und Entscheidungsträgern aufrechterhält.

Weitere Informationen zu CliSAP und zum Klima Campus Hamburg können unter der folgenden Webseite gefunden werden: <http://www.clisap.de>



von links: die zwei stellvertretende CliSAP Sprecher Prof. Dr. Klaus Fraedrich und Prof. Dr. Detlef Stammer; Prof. Claußen, Prof. Auweter-Kurtz, Staatsrat Dr. Roland Salchow

from the left: the two CliSAP vice chairmen, Prof. Dr. Klaus Fraedrich and Prof. Dr. Detlef Stammer; Prof. Claußen, Prof. Auweter-Kurtz, Staatsrat Dr. Roland Salchow

Meereskunde im ZMAW-Netzwerk: Die Öffentlichkeitsarbeit am IfM

Susan Beddig und Ingo Harms

Die Öffentlichkeitsarbeit am Institut für Meereskunde hat zwei Hauptziele: Einerseits soll über das Fach Ozeanographie, das Studium, das Berufsprofil und die neuesten Forschungsergebnisse informiert werden, andererseits soll auch die große Bedeutung der Meereskunde für die interdisziplinäre Meeres-, Klima- und Umweltforschung den Bürgerinnen und Bürgern nähergebracht werden. Auf diese Weise erhält die Öffentlichkeitsarbeit am Zentrum für Marine und Atmosphärische Wissenschaften (ZMAW) starke Impulse aus dem Institut für Meereskunde. Mitarbeiter des IfM tragen zur Konzeption und Durchführung der Gemeinschaftsaktivitäten des ZMAW, wie z.B. der Wissensnächte, der Klimakonferenz, der Werbung für den Exzellenz-Cluster CliSAP und dem Meereswettbewerb in starkem Maße bei.

Seinen 50. Geburtstag feierte das IfM mit einer Tagung am 11. und 12. Oktober 2006. Unter dem Motto „Innovation als Tradition“ präsentierte das Institut seinen wissenschaftlichen Werdegang von 1956 bis heute einer breiten nationalen und internationalen Fachöffentlichkeit. Die Entwicklung numerischer Ozeanmodelle, die klimarelevante Ozeanographie, der globale Kontext der großen Forschungsprogramme wie WOCE und CLIVAR sowie die Ozeanographie der Zukunft bildeten die Schwerpunkte der Konferenz. Als Teil der Tagung fand ein Festkolloquium für Prof. Jens Meincke zum Anlass seines 65. Geburtstages statt.



Staatsrat Dr. Roland Salchow gratuliert dem IfM zum 50. Geburtstag
Staatsrat Dr. Roland Salchow congratulates the IfM at its 50th Anniversary



Prof. Dr. Jens Meincke

Bei den Hamburger Universitätstagen im November 2006 präsentierte der Lehrkörper des IfM über zwei Tage den neuen Bachelor-Studiengang.

Am Freitag, dem 22. September 2006 fand die europaweite Researcher's Night unter dem Motto „Surf the Earth“ erstmalig am ZMAW statt. Das IfM hatte das Untergeschoss des ZMAW-Gebäudes zu einem „virtuellen Forschungsschiff“ umgebaut, in dem zahlreiche Messgeräte von Katrin Latarius, Uli Drübbisch, Udo Hübner und Martin Vogt gezeigt und erläutert wurden. Bilder und Filme haben die Atmosphäre auf einem Forschungsschiff wiedergegeben und Tankexperimente halfen, ozeanographische Prozesse zu verstehen. Eine weitere große Attraktion war die Demonstration der Forschungs-taucher im Tauchcontainer der Feuerwehr vor dem Gebäude.

Am 12. März 2007 veranstaltete das BMBF eine Fachtagung „Globaler Wandel und regionale Auswirkungen in Norddeutschland“, bei der das IfM aktiv an der Gestaltung der Presse- und Öffentlichkeitsinformation sowie mit einem Vortrag



Katrin Latarius im „virtuellen Forschungsschiff“
Katrin Latarius in the „virtual research vessel“

The public relations work at the IfM has two main goals. First, it aims at informing the public about the discipline of physical oceanography, the course of its study and its newest research results. In addition, it seeks to promote knowledge about the significant role of physical oceanography in interdisciplinary marine and climate research. Thus, the IfM is very actively engaged in the public relation activities of the Centre for Marine and Atmospheric Sciences (ZMAW).



Klimakonferenz „Globaler Klimawandel und regionale Auswirkungen in Norddeutschland“ im Hotel „Grand Elysée“ in Hamburg
Climate conference „Global Climate Change and regional effects“ at the Hotel „Grand Elysée“ in Hamburg
 mitwirkte. Über 600 Vertreter aus Forschung, Politik und Verwaltung sowie der Wirtschaft besuchten die Konferenz.

Am Sonnabend, dem 9. Juni 2007 wurde in Hamburg die zweite „Nacht des Wissens“ durchgeführt. Zusammen mit 28 anderen wissenschaftlichen Einrichtungen präsentierte das ZMAW von 18.00 bis 1.00 Uhr Wissenschaft zum Anfassen und Mitmachen. Das IFM hat ozeanographische Messgeräte im Foyer vor den Hörsälen ausgestellt: CTD Sonde, Rosette mit Wasserschöpfer, ADCP, Strömungsmesser und Wasserschöpfer am Serendraht, die von den Besuchern selbst gespannt und ausgelöst werden konnten, wurden von Gunnar Voet vorgeführt und erklärt.



Gunnar Voet erläutert ozeanographische Messgeräte
Gunnar Voet demonstrates oceanographic instruments



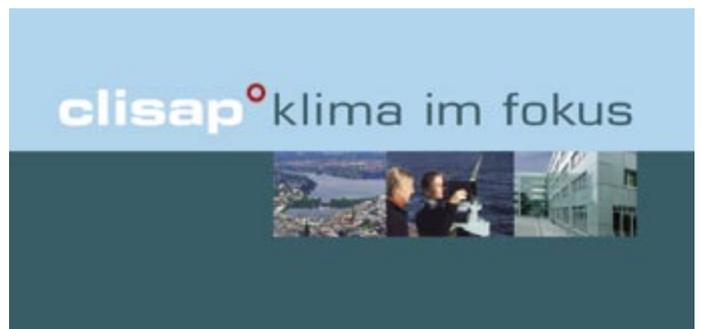
Eine sommerliche Wissensnacht am ZMAW
A summer science night at ZMAW

Im Rahmen des vom ZMAW veranstalteten Jugendwettbewerbs „Forschen auf See“ betreute Dagmar Hainbucher vier Schülerinnen und Schüler des Hamburger Luise-Gymnasiums. Die Jungforscher/innen interessierten sich dafür, wie sich die Strömung der Elbe durch die geplante Fahrwasservertiefung ändern wird. Um Einblick in die Problematik zu gewinnen, wurden Basismessungen über die Tideströmungen der Elbe (Temperatur-, Salzgehalts- und Strömungsmessungen) am Bord des Medien- und Forschungsschiffes „Aldebaran“ durchgeführt.

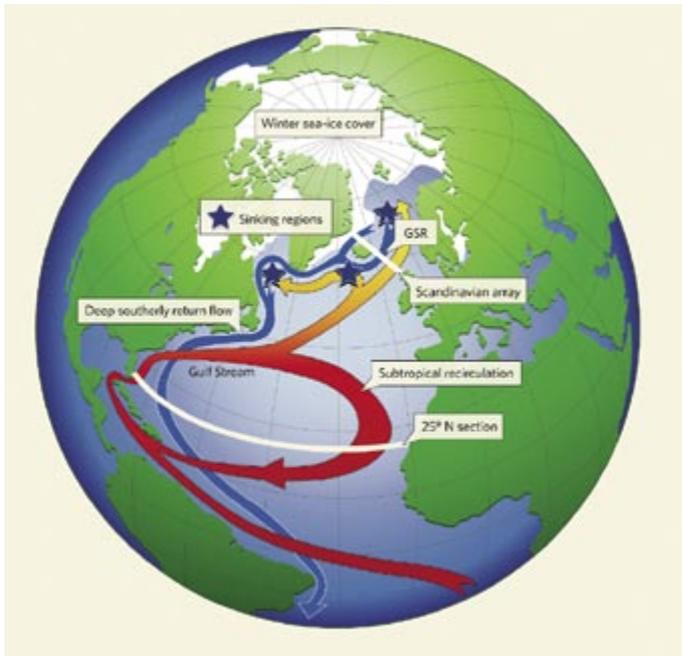


Schüler des Luise-Gymnasiums mit Prof. Schatzmann (ZMAW), Wissenschaftspatin Dagmar Hainbucher (ZMAW) und dem Staatsrat der Hamburger Behörde für Bildung und Sport Dr. Voges
Students of the Luise School with Prof. Schatzmann (ZMAW), scientific mentor Dagmar Hainbucher (ZMAW) and the Vice Minister of Hamburg's Education and Sports Authority Dr. Voges

Im Rahmen der Antragsstellung des Exzellenz-Clusters „Integrierte Klimaanalyse und Vorhersage (CliSAP)“ waren die Verfasser dieses Abschnitts an der Entwicklung des Konzepts für die öffentliche Darstellung, an der Erstellung eines Flyers, der Poster und der Webseite maßgeblich beteiligt. Außerdem betreuen sie die drei Webseiten „Zentrum für Meeres- und Klimaforschung der Universität Hamburg“, „Zentrum für Marine und Atmosphärische Wissenschaften“ und „clisap – klima im fokus“ (www.zmk.uni-hamburg.de; www.zmaw.de; www.clisap.de)



Das „CliSAP-Design“ für den Flyer
The „CliSAP Design“ for the flyer



Den Schwerpunkt unserer Forschungsarbeiten in diesem Themenkomplex bilden Arbeiten zum Verständnis des nordatlantischen und globalen Ozeans im Klimasystem. Das Klimasystem umfasst den Ozean, die Atmosphäre, die Kryosphäre und teilweise auch die Geosphäre. Über das Klimasystem hinaus ist der Ozean Teil des Erdsystems, einschließlich des Ökosystems. Untersucht werden daher die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Teilen des Klimasystems, von saisonaler bis zur dekadischer Zeitskala. Es wird weiterhin eine Quantifizierung der Wechselwirkungsmechanismen zwischen den Komponenten des Klima- und Erdsystems vorgenommen. Ein Ziel dieser Arbeiten ist, eine verbesserte Vorhersage dekadischer Klimaschwankungen im nordatlantischen Raum durch die Kombination von gekoppelten Klimamodellen mit Klimabeobachtungen zu erhalten. Die Vorhersage kann über anstehende Änderungen im Wärmetransport des Ozeans und damit über Änderungen der Temperaturen über Nordeuropa Auskunft geben. Dazu werden auf internationaler Ebene Zeitreihenmessungen an Schlüsselpositionen des zusammenhängenden Systems Nordatlantik – Nordmeer - Arktischer Ozean gewonnen. Mithilfe der Zeitserien werden Modellsimulationen verbessert, die wiederum für eine realistischere Vorhersagefähigkeit des gekoppelten Klimasystems notwendig sind. Das gilt für die Kopplung zwischen dem Nordmeer und dem Nordatlantik

ebenso wie für die Kopplung zwischen der Nordsee und dem Nordatlantik. Die Verbesserung und Nutzung von Satellitendaten für die Untersuchung des Ozeans und des Klimasystems und die gemeinsame Synthese dieser Daten mit „in situ“ Messungen und dem Ozeanmodell stellen dabei ein Arbeitsgebiet dar, das zurzeit nur durch das IfM abgedeckt wird. Die Erreichung aussagekräftiger, dekadischer Vorhersagen ist eines der übergeordneten Ziele des „World Climate Research Program“ (WCRP) für die nächsten Jahre. Das Institut beteiligt sich in diesem Zusammenhang an interdisziplinären Forschungsprogrammen (CLIVAR, GEWEX, COPE). Es beteiligt sich ebenfalls an Programmen, die die Rolle des Ozeans als ökologisches System untersuchen, z. B. SOLAS und IMBER. Das impliziert, dass die Ökosystemmodellierung bis in den tiefen Ozean ausgedehnt wird. Im Vordergrund stehen dabei (1) die vertikalen Stofftransporte von gelöstem und partikulärem Material von der euphotischen Zone in den tiefen Ozean, (2) die Austauschvorgänge mit dem Meeresboden und den lateralen Schelfmeeren sowie (3) die Wirkung der physikalischen Bewegungsvorgänge auf das Plankton und auf die höheren trophischen Stufen, insbesondere auf die Rekrutierung der Fische. Darüber hinaus sind die Wechselwirkungen zwischen physikalischer Zirkulation und Biosphäre und die Rolle des Ozeans in der globalen Nährstoff- und Kohlenstoffspeicherung eine wichtige Fragestellung. Hierzu wird ein Beitrag geliefert, indem die Sensitivität der Kohlendioxid (CO_2)-Aufnahme durch den Ozean und ihr Einfluss auf Änderungen der Zirkulation untersucht wird.

Beobachtungen der Oberflächentemperatur, der Oberflächenauslenkung und Primärproduktion bilden den Schwerpunkt von klimabezogenen Auswertungen von Satellitendaten. Hinzukommen Studien von Massenverlagerungen im Ozean, Analysen von Oberflächensalzgehalten aus Satellitenmessungen (ESA's SMOS Mission) und das Studium von Schwankungen in der polaren Eisbedeckung und Eisdicke. Alle diese Arbeiten dienen der Analyse von regionalen und globalen Änderungen des Meeresspiegels und liefern Beiträge zum Verständnis des globalen Wasserkreislaufes. Sie stellen ein Bindeglied zur Geophysik und Erdsystemforschung dar, bei denen Untersuchungen von Massentransporten und des Drehimpulshaushalts des Erdsystems im Vordergrund stehen.

Our research in this area focuses on the role of the North Atlantic and the global ocean for the climate system. The interactions between different components of the climate system are analysed on time scales ranging from the seasonal to the decadal. An important objective of this work is improved predictability of decadal climate fluctuations in the North Atlantic through a combination of coupled climate models and observations.

Der extreme Rückgang des arktischen Meereises im Sommer 2007

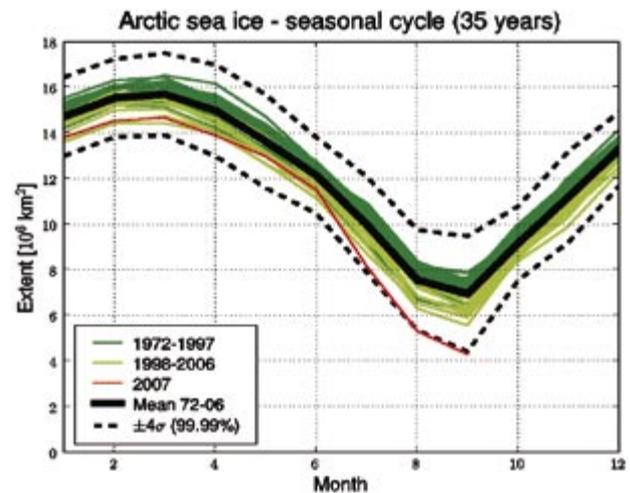
Lars Kaleschke

Das Meereis spielt eine besondere Rolle im Klimasystem der Erde. Als sensibler Indikator für Klimaschwankungen ist die Beobachtung des Meereises wichtig, um Veränderungen festzustellen. In den letzten Jahren wird in der Arktis ein starker Rückgang des Meereises beobachtet, welcher durch ein extremes Rekordminimum im Jahr 2007 besondere Aufmerksamkeit erregt hat. Es ist statistisch sehr unwahrscheinlich, dass natürliche Schwankungen für diesen Extremwert verantwortlich sind.

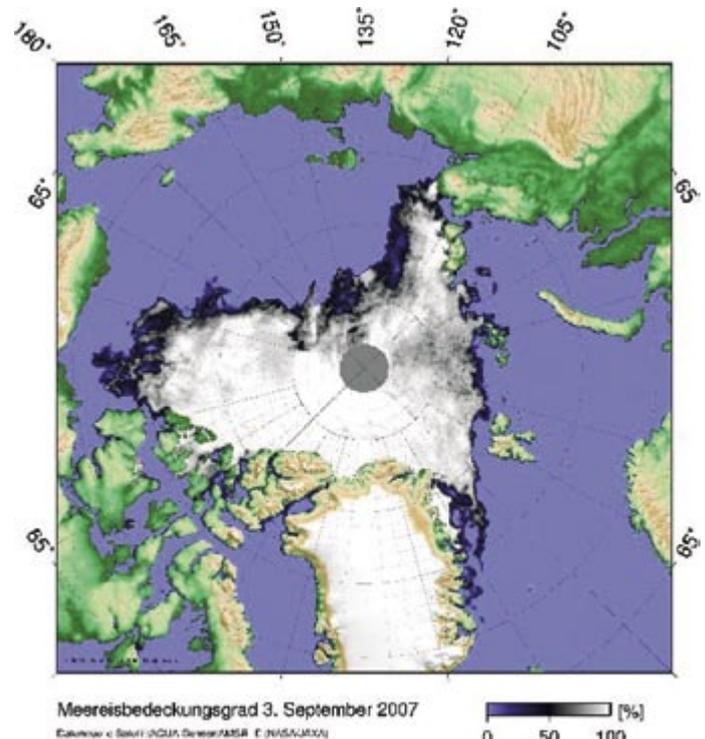
Als Meereis bezeichnet man das gefrorene Meerwasser der polaren Ozeane. Im Gegensatz zum Eis auf den Kontinenten trägt das Schmelzen zwar nicht zum Anstieg des Meeresspiegels bei, dennoch ist das Meereis von größter Bedeutung für das Klima: Es beeinflusst den Strahlungshaushalt durch sein großes Reflektionsvermögen (Albedo), es verändert den Stoff-, Wärme- und Impulsfluss zwischen Ozean und Atmosphäre und hat Auswirkungen auf die Stabilität der ozeanischen Schichtung. Einige Prozesse haben eine selbstverstärkende Wirkung, wie z.B. die Eis-Albedo-Rückkopplung. Schmilzt das Eis, wird mehr Sonnenstrahlung absorbiert, was wiederum zu einer stärkeren Erwärmung führt.

Seit Anfang der 1970er Jahre wird die Eisausdehnung mit Hilfe von Satelliten gemessen. Durch die lange Polarnacht und die übliche Wolkenbedeckung eignen sich nur polarumlaufende Mikrowellensensoren für die kontinuierliche Beobachtung. Die Meereisausdehnung ist der über den längsten Zeitraum aus Satelliten gewonnene Klimaparameter und umfasst inzwischen 35 Jahre. Die Eisausdehnung beschreibt die Größe der von der Meereiskante umschlossenen Fläche. Das Maximum der arktischen Eisausdehnung beträgt im März im Mittel etwa 14,7 Mio km². Im September schmilzt das Eis bis auf ein Minimum von etwa 7,0 Mio km² ab. Diese Zahl von 7,0 Mio km² ergibt sich als klimatologischer Mittelwert für alle Septembermittelwerte über den Zeitraum von 1972-2006. Im Jahr 2007 schmolz das Meereis auf eine Fläche von nur noch 4,3 Mio km² ab. Dies sind etwa 3 Mio km² weniger als gewöhnlich. Legt man eine normale Zufallsverteilung zugrunde, würde ein derartiger Wert in fünfzehntausend Jahren einmal vorkommen. Dies ist ein Hinweis auf eine starke Änderung im arktischen Klimasystem.

Sea ice plays an important role in the Earth's climate system. The observation of sea ice is important because it is a sensitive indicator for climate changes. In recent years we have observed a strong decay of Arctic sea ice that cumulated in an extreme minimum in 2007 and received strong attention. It is statistically very unlikely that this extreme value can be explained by natural variability.



Jahresgang der Meereisausdehnung über 35 Jahre (Monatsmittelwerte) aus Satellitendaten. Verschiedene Zeiträume sind farblich dargestellt. Das aktuelle Jahr (rot) verlässt im August und im September den 4-sigma Bereich des Erwartungswertes. *Annual variation of the Arctic sea ice monthly average extent in the years 1972-2007. Different periods are shown in different colors. The 2007 curve (red) leaves in August and September the 4-sigma interval around the average.*



Rekordminimum der Eisbedeckung im Sommer 2007 abgeleitet aus Daten des Satellitenradiometers AMSR-E. *Record minimum of sea ice coverage in summer 2007 derived from data of the satellite radiometer AMSR-E.*

Den wichtigsten Meereisparameter jedoch, die Dicke, lässt sich bislang nicht genau bestimmen. Kommende europäische Satellitenmissionen werden hoffentlich bald Abhilfe schaffen. Das Radaraltimeter Cryosat-2 (geplanter Start 2009) ist speziell für diese Aufgabe konzipiert. Das Radiometer SMOS (geplanter Start Oktober 2008) soll erstmals den Oberflächensalzgehalt messen. Doch auch die Bestimmung der Meereisdicke wird mit der elektromagnetischen Wellenlänge von 21 cm durchaus möglich sein. Die Entwicklung und Überprüfung von Verfahren zur Bestimmung der Eisdicke aus den neuen Satellitendaten wird in den nächsten Jahren eine wichtige Aufgabe sein, um das Klimasystem besser zu verstehen und um Änderungen zu beobachten.

Mehr Meereisparameter mit Multi3Scat, dem Multi-Funktions Radar des IFM

Stefan Kern, Rene Fontes, Martin Gade, Klaus-Werner Gurgel, Lars Kaleschke, Thomas Schlick, Gunnar Spreen, Andreas Winderlich und Detlef Stammer

Dünnes Meereis und Schmelztümpel sind Schlüsselregionen für die Ozean-Atmosphäre-Wechselwirkung der polaren Breiten. Die genaue Kenntnis der Verteilung von Schmelztümpeln und dünnem Eis sowie der Dicke des dünnen Eises würde das Verständnis der Rolle des Meereises im gekoppelten System Ozean-Eis-Atmosphäre erheblich verbessern. Beide sind jedoch noch nicht eindeutig vom Satelliten aus zu beobachten. Fokus einer Messkampagne im Spätsommer/Herbst 2007 von Bord des deutschen Forschungsschiffes Polarstern während des Internationalen Polarjahres (IPY) war deshalb die Untersuchung von Schmelztümpeln und dünnem Meereis mittels eines Mehrfrequenz-Radargerätes und Vor-Ort-Messungen ihrer physikalischen Eigenschaften.



Dünnes Meereis vom Schiff aus gesehen; Ostarktis, Sep. 2007.
Thin sea ice as seen from the ship; Eastern Arctic, Sep. 2007.

Messungen der Oberflächenrauigkeit mittels eines aktiven Mikrowellen- Scatterometers (Rückstreuungsmessgerät) ermöglichen die Unterscheidung von offenem Wasser, glattem und rauem Meereis (gefrorenes Meerwasser). Hierfür wird Mikrowellenstrahlung ausgesendet und die Strahlung gemessen, die in Richtung des Sensors zurückreflektiert bzw. -gestreut wird. Ein Teil der Strahlung dringt auch ins Meereis bzw. in seine Schneeeauflage ein

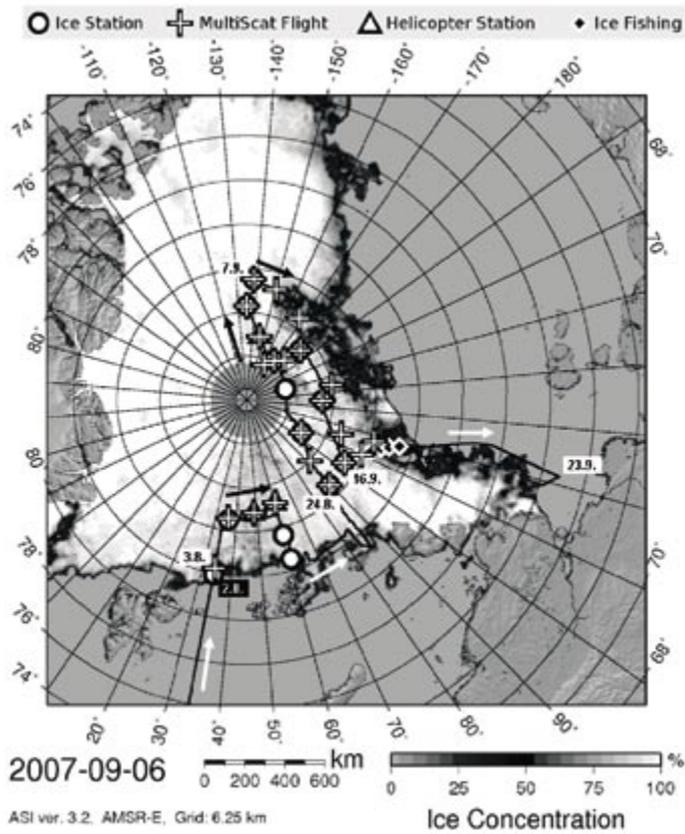
und wird im Innern gestreut. Ob und wie viel die Strahlung eindringt, hängt von der Oberflächenrauigkeit, dem Salz- und Flüssigwassergehalt sowie der Luftblasenanzahl im Eis / Schnee ab. Radardaten ermöglichen bisher eine hoch aufgelöste Kartierung von z. B. der Eisbedeckung und -drift.

Im Institut für Meereskunde wurde mit finanzieller Unterstützung der Universität Hamburg ein Scatterometer gebaut. Dieses ermöglicht vom Hubschrauber aus die nahezu gleichzeitige Messung der Radarrückstreuintensität bei fünf verschiedenen Frequenzen, bei vier Polarisationskombinationen und bei variablen Einfallswinkeln, um damit dünnes Eis (< 30cm) und Schmelztümpel quantitativ zu erfassen. Diese Messungen werden ergänzt durch Aufnahmen einer Video- und einer Infrarotkamera (zur Messung der Oberflächentemperatur). Beides geschieht in Blickrichtung der Radarantenne und dient der eindeutigeren Interpretation der Radardaten. Das Multi3Scat wurde während der Expedition ARKXXII/2 der Polarstern im östlichen Arktischen Ozean eingesetzt. Insgesamt wurden 23 Messflüge durchgeführt, 10 davon entlang auf dem Meereis markierter Flugstrecken. Entlang dieser fanden Multi3Scat Messungen bei fünf verschiedenen Einfallswinkeln statt (20°, 30°, ..., 60°). Danach wurden im Rahmen einer Eisstation entlang der Strecke Eiskerne gebohrt und analysiert und die Oberflächeneigenschaften dokumentiert.



Radarantenne, Infrarot- und Videokamera des Multi3Scat.
Radar antenna, infrared- and video camera of the Multi3Scat.

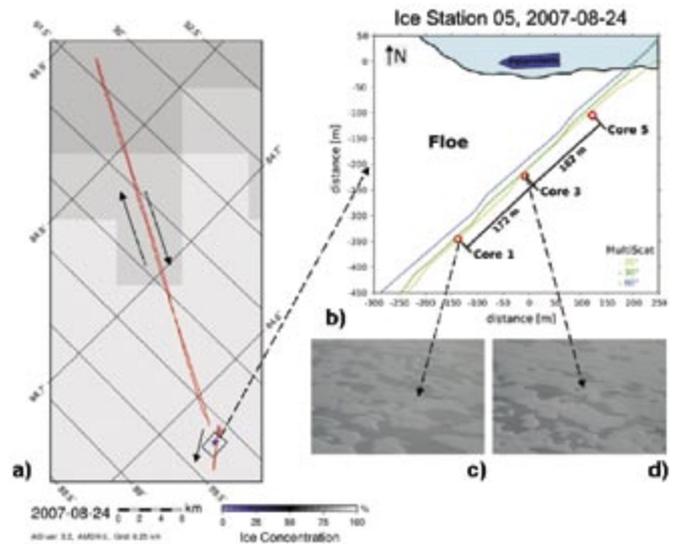
Areas covered by thin sea ice or melt ponds are key regions for polar ocean-atmosphere interactions but are still difficult to observe. An accurate knowledge of their distribution and the thin ice thickness would improve sea-ice parameter retrieval based on satellite data and enhance results of numerical modelling of the ocean-ice-atmosphere system. With this motivation, thin sea ice and melt ponds have been investigated using a multi-frequency radar and in-situ observations of sea ice physical properties during an expedition of the German Icebreaker Polarstern during late summer / fall 2007 with the International Polar Year (IPY).



Eisstationen (Kreise) und Messflüge (Plus) während ARKXXII/2; Hintergrund: Meereisverteilung vom 6. Sep. 2007 aus AMSR-E 89 GHz Daten.
Ice stations (circles) and Multi3Scat flights (plus) during ARKXXII/2; background: sea-ice concentration based on AMSR-E 89 GHz data.

In ersten Analysen der Multi3Scat-Daten lassen sich dünnes und dickes Meereis sehr gut in Abhängigkeit des Einfallswinkels und der Frequenz unterscheiden. Ferner scheinen auch Schmelztümpel eindeutig in den Messungen identifizierbar zu sein. Zukünftig sollen mittels Synthese der gewonnenen Daten unter Einbeziehung der numerischen Modellierung der Radarrückstreuintensität Verfahren entwickelt werden, welche die Bestimmung der Verteilung und Dicke dünnen Meereises sowie der Schmelztümpelverteilung anhand von Mehr-Frequenz Satellitenradardaten ermöglichen. Der nächste Einsatz des Multi3Scat wird in den Alpen sein. Hier sollen neue Erkenntnisse über das Rückstreuverhalten von Schnee bei verschiedenen Frequenzen und Einfallswinkeln gewonnen werden. Dieser Einsatz steht im Zusammenhang mit der Vorbereitung einer neuen Satellitenmission „CoreH₂O“, deren Zielsetzung die globale Schneedickenmessung via Satellit mit einem Dual-Frequenz Radar ist.

Ferner soll das Multi3Scat in Zukunft bei der Fernerkundung von Wattgebieten eingesetzt werden. Ziel hierbei ist eine ökonomischere Erfassung und Klassifizierung verschiedener Wattsedimenttypen. Eine modifizierte Version des Multi3Scat wird zudem im Jahr 2008 auf der Forschungs-Plattform FINO-II vor Rügen zum Einsatz kommen, um Kenntnisse über die Rückstreuereigenschaften der Meeresoberfläche insbesondere während Niederschlagsereignissen zu verbessern.

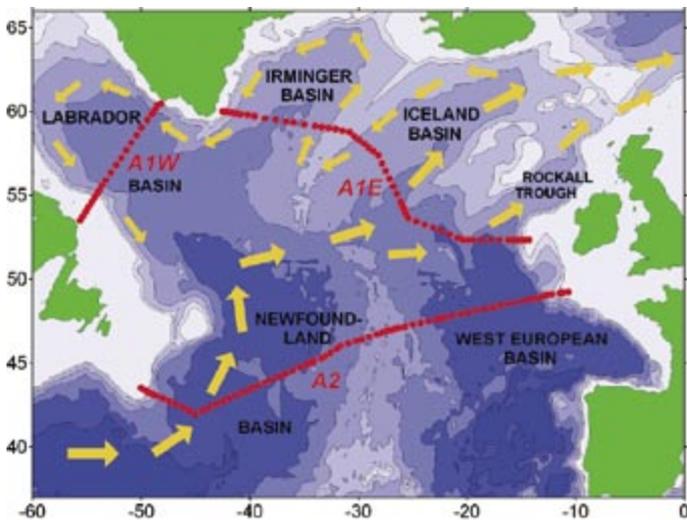


a) Lage der Messflüge vom 24. Aug.
 b) Lage der Schollenüberflüge und der Eisbohrkerne.
 c) & d) Verteilung der Schmelztümpel bei Kern 1 & 3.
*a) Location of measurement flights on Aug. 24.
 b) Location of the flights over the ice floe and of ice cores taken.
 c) & d) Distribution of melt ponds at cores 1 & 3.*

Dekadische Veränderungen der Schichtung des nordatlantischen Subpolarwirbels

Manfred Bersch

Der nordatlantische Subpolarwirbel bildet eine Schlüsselregion für den Antrieb der meridionalen Overturning-Zirkulation, die warmes, salzreiches Wasser in der Oberflächenschicht bis in die Arktis transportiert. In der entgegen dem Uhrzeigersinn gerichteten (zyklonalen) Zirkulation des Subpolarwirbels wird das warme, salzreiche Wasser bis in die Labradorsee geführt, wo es durch seinen hohen Salzgehalt die winterliche tieferreichende Konvektion begünstigt. Seit Mitte der 1990er Jahre konnte eine starke Veränderung in der Schichtung des Subpolarwirbels beobachtet werden.



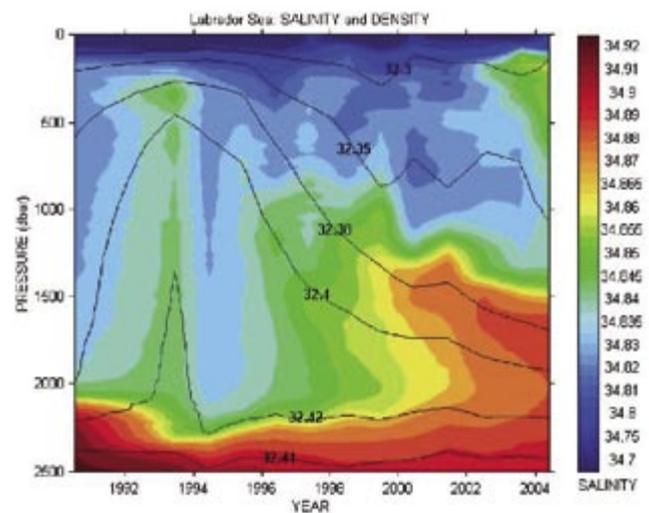
Lage der WOCE-Schnitte A1W, A1E und A2 im Nordatlantik und Ausbreitung des subtropischen Wassers mit dem Nordatlantischen Strom und im Subpolarwirbel (gelbe Pfeile).

Location of the WOCE sections A1W, A1E, and A2 in the North Atlantic and advection of the subtropical water due to the North Atlantic Current and the subpolar gyre (yellow arrows).

Seit Beginn der 1990er Jahre wurden im Rahmen von WOCE (World Ocean Circulation Experiment) und nachfolgend CLIVAR (Climate Variability and Predictability) zahlreiche Messkampagnen durchgeführt, an denen sich auch das Institut für Meereskunde beteiligte. Durch regelmäßig wiederholte Messungen entlang dreier Standardschnitte zwischen Nordwesteuropa, Kanada und Grönland konnten einzigartige Zeitreihen gewonnen werden, die die starken Veränderungen in den einzelnen Schichten des subpolaren Nordatlantiks bestens dokumentieren.

The North Atlantic subpolar gyre is a key region for the forcing of the meridional overturning circulation, which transports warm and saline water in the upper layer to the Arctic. In the anti-clockwise (cyclonic) circulation of the subpolar gyre the warm and saline water is transported into the Labrador Sea, where it favours deep convection in winter, due to its high salinity. Since the mid 1990s a strong change of the stratification of the subpolar gyre has been observed.

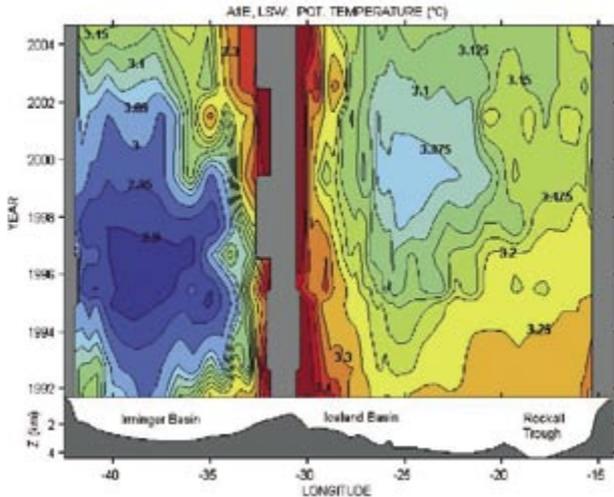
In der positiven Phase der Nordatlantischen Oszillation (NAO), die durch starke Westwinde gekennzeichnet ist, kam es zwischen 1989 und 1995 aufgrund der erhöhten Abkühlung zu einer Konvektion in der Labradorsee, die bis in 2300 m Tiefe reichte. 1996 wechselte die NAO in eine negative Phase mit schwachen Westwinden, die auch in den folgenden Jahren vorherrschten. Dadurch wurde die winterliche Konvektion in der Labradorsee drastisch reduziert, so dass sie nur noch eine Tiefe von 1200m erreichte. Dies führte zur Bildung eines neuen, wärmeren Zwischenwassers.



Zeitliche Änderung der über den Schnitt A1W gemittelten Vertikalverteilung von Salzgehalt und Dichte (schwarze Isolinien).

Temporal changes of the vertical distributions of salinity and density (black lines), averaged along section A1W.

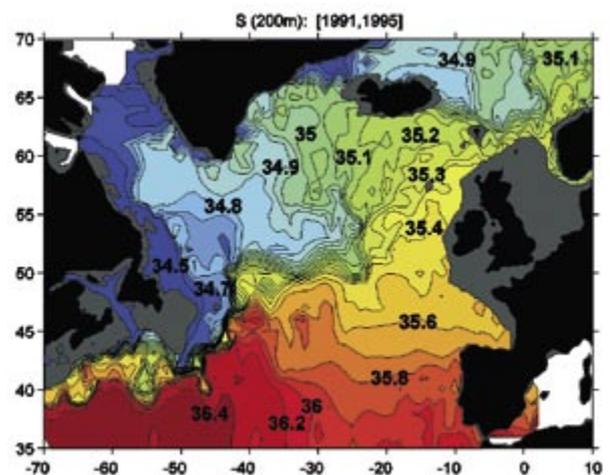
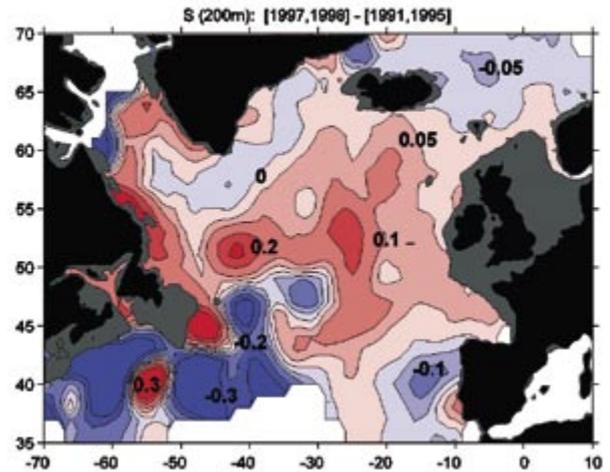
Das kalte Tiefenwasser, das zu Beginn der 1990er Jahre gebildet wurde, breitete sich in ca. 1700 m Tiefe nach Osten und Süden aus und erreichte nach 1-2 Jahren die Irmingersee und das Neufundlandbecken, nach 5 Jahren das Islandbecken. Durch den Abtransport und die laterale Vermischung ist dieses Tiefenwasser in der Labradorsee in den letzten Jahren nahezu vollständig verschwunden.



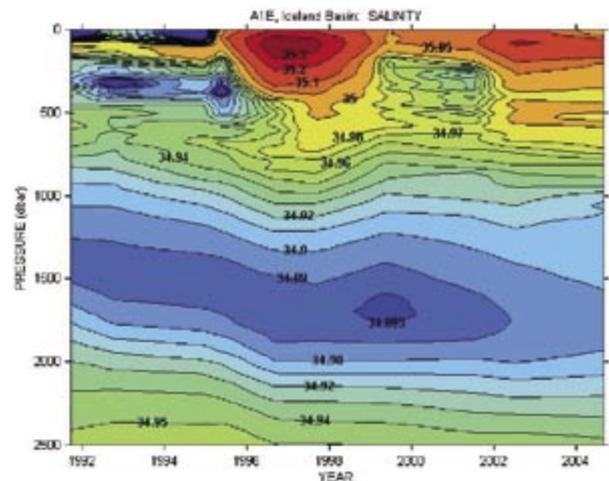
Zeitliche Änderung der Temperatur des Labradorseewassers auf dem Schnitt A1E.
Temporal changes of the Labrador Sea Water temperature on section A1E.

Mit dem Umschwung der NAO reduzierte sich die zyklonale Zirkulation des Subpolarwirbels und der Nordatlantische Strom, der mit der Subarktischen Front zwischen den subpolaren und subtropischen Wassermassen verknüpft ist, wurde im zentralen Atlantik nach Norden und im östlichen Atlantik nach Westen versetzt. Dadurch bildeten sich in diesen Bereichen warme, salzreiche Anomalien in der oberen Schicht aus.

Die warme, salzreiche Anomalie, die 1996 erstmals im Islandbecken bis in eine Tiefe von mehr als 1000m beobachtet wurde, breitete sich in der zyklonalen Zirkulation des Subpolarwirbels nach Norden aus und erreichte 1998 die Irmingersee und 2003 die Labradorsee. Eine zweite positive Anomalie konnte 2002 im Islandbecken beobachtet werden. Insgesamt ist der Subpolarwirbel in den letzten 10 Jahren wesentlich wärmer und salzreicher geworden, die Temperatur stieg in den oberen 600m im Mittel um ca. 1 °C, der Salzgehalt um ca. 0.1. Numerische Modelle lassen vermuten, dass dies eine Folge einer erhöhten meridionalen Overturning-Zirkulation ist. Eine Erhöhung der Temperatur und des Salzgehaltes konnte mittlerweile auch im Norwegischen Strom und im Einstrom in den Arktischen Ozean beobachtet werden. Auch hier wurden die Veränderungen an Hand von Standardschnitten dokumentiert.



Horizontalverteilung des Salzgehalts in 200 m Tiefe im Zeitraum 1991 bis 1995 (oben). Veränderung in den Jahren 1997 und 1998 gegenüber dem obigen Zeitraum (unten; rot: Zunahme).
Horizontal distribution of salinity at 200 m depth for the period 1991 to 1995 (top). Differences for 1997 and 1998 compared to the period above (bottom; red: increase).



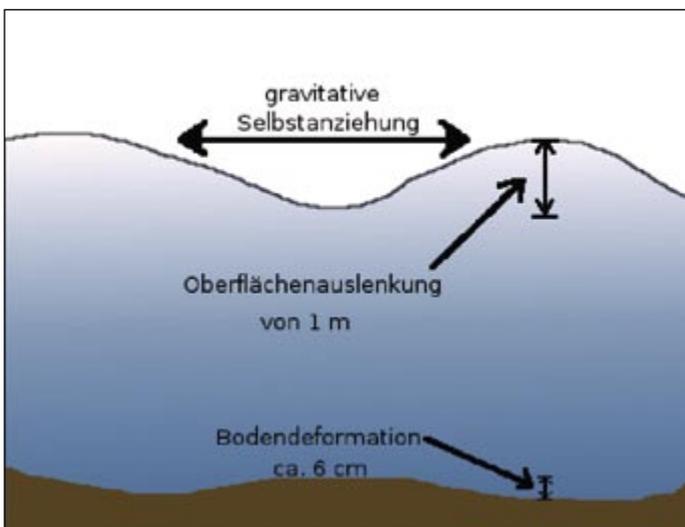
Zeitliche Änderung des Salzgehalts auf dem Schnitt A1E im Bereich des Islandbeckens.
Temporal changes of salinity on A1E in the Iceland Basin.

Die Phasenverzögerungen der Gezeiten

Malte Müller

Die Gezeiten im offenen Ozean können mittlerweile mit großer Genauigkeit durch Ozeangezeitenmodelle bestimmt werden. Die gute Qualität liegt zum einen daran, dass Effekte wie der Selbstanziehungs- und Auflasteffekt (loading and self-attraction - LSA) oder auch dissipative Effekte berücksichtigt werden, und zum anderen führte die Assimilation von Satellitendaten zu entscheidenden Verbesserungen.

Unter dem LSA-Effekt versteht man die Interaktion einer als voll elastisch angenommenen festen Erde mit der Dynamik des Ozeans und die gravitative Selbstanziehung der Wassermassen. Dieser Sekundäreffekt der Gezeitendynamik des Ozeans erscheint zunächst gering zu sein, jedoch zeigen die Modelle, dass durch diesen Effekt, z.B. bei der M_2 -Gezeit, großräumige Phasenverzögerungen von bis zu 2,5 Stunden hervorgerufen werden und mit diesen Veränderungen die Modellergebnisse viel besser mit Messungen übereinstimmen.

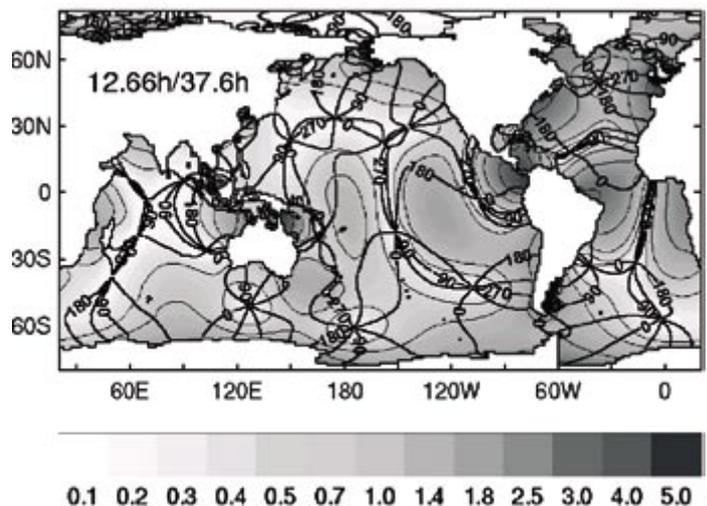


Schematische Darstellung des Selbstanziehungs- und Auflasteffektes: Die Auflast einer Welle mit 1 m Amplitude verursacht eine Bodendeformation von ca. 6 cm (Auflasteffekt); Zwei Wellenberge ziehen sich auf Grund Ihrer Masse gravitativ an.

Schematic view of the self-attraction and loading effect: The load of a sea surface elevation of 1 m causes a bottom deformation of around 6 cm. Two wave crests attract each other due to the gravitational force.

Um dem LSA-Effekt auf die Gezeiten genauer zu untersuchen, liegt es nahe, die barotropen Eigenschwingungen zu analysieren. Insgesamt wurde ein vollständiges Spektrum im Periodenbereich von 8 bis 160 Stunden berechnet. Eines der Ergebnisse ist, dass sich die Periodendauer aller Schwingungen durch den LSA-Effekt verlängert.

Jede ausgewählte Gezeit, z.B. die M_2 , kann nun durch eine geeignete Überlagerung von Eigenschwingungen dargestellt werden. Durch diese Analyse kann der Einfluss des LSA-Effekts genau untersucht werden. Bei der M_2 -Gezeit (Anregungsperiode 12,42h) liefert die Eigenschwingung mit der Periodendauer von 12,66 Stunden den größten Beitrag. Ohne Berücksichtigung des LSA-Effekts hat diese Schwingung eine Periode von 12,26 Stunden. Die Verlängerung der Periode um 0,4 Stunden verursacht eine Phasenverzögerung dieser Schwingung um 2,5 Stunden und ist damit in erster Linie für die Verzögerungen der Gezeitenwellen der M_2 verantwortlich.



Die Oberflächenauslenkung einer Eigenschwingung des Weltozeans mit der Periode 12,66 Stunden. Die Amplituden sind grau schattiert dargestellt, die Phasenlinie in Abständen von 45 Grad.

The sea surface elevations of the 12.66-mode. Amplitudes are gray shaded, solid lines showing the phases in steps of 45 degrees.

Tides in the open ocean can now be determined with great accuracy by tidal models. The good quality is achieved on the one hand by including the effects of loading and self-attraction (LSA) or dissipative effects; on the other hand the assimilation of satellite data has brought about very accurate tidal solutions.

Reaktion der Oberflächentemperatur und der Chlorophyll-a Konzentration des östlichen Nordatlantiks auf Sahara Staubstürme

Nidia Martinez-Avellaneda

Diese Arbeit befasst sich mit der Auswirkung von Sahara Staubstürmen auf die Meeresoberflächentemperatur (SST) und Primär-Produktion des ost-subtropischen Atlantiks unter Verwendung von Satellitendaten. Staubvorkommen können zwei Auswirkungen haben: Erstens reduziert Staub den Wärmefluss an der Meeresoberfläche und kühlt somit den Ozean ab. Sobald sich Staub auf der Oberfläche abgesetzt hat, hat er eine düngende Wirkung, die die Primär-Produktion des Ozeans erhöhen kann. Es wird in diesem Projekt versucht, beide Auswirkungen unter Verwendung von verschiedenen Satellitendaten und unter mithilfe der Analyse dieser Daten zu zeigen.

Ein starkes Staubvorkommen ereignete sich im März 2004 und wurde von MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) auf dem U.S. EOS Terra Satelliten beobachtet.



Sahara Staub über dem nordöstlichen Atlantik am 4. März 2004 aufgenommen mit dem MODIS Rapid Response System.

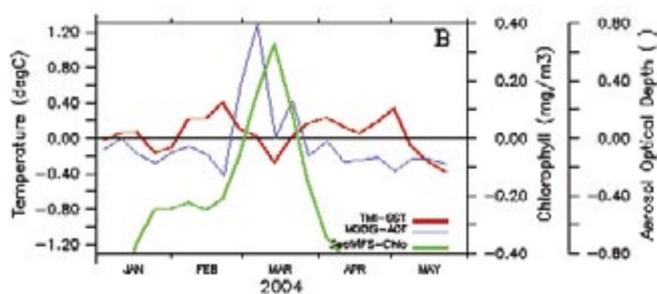
MODIS Rapid Response System true color image of the Saharan dust plume over the Northeastern Atlantic Ocean, during the 4 March 2004 outbreak.

The impact of dust can be twofold. Firstly, dust is reducing the surface heat flux at sea level and is thereby cooling the ocean. Once settled to the surface, dust acts as a fertilizer, which can enhance primary productivity of the ocean. This project, through the analysis of satellite data, attempts to demonstrate both effects, using data from several satellites.

Dabei wurde die Ausdehnung von Staub über große Flächen des östlichen atlantischen Ozeans deutlich sichtbar.

Während des Maximums des Staubsturms zeigt sich in der Zeitserie der SST ein Abfall; eine Woche nach dem Ende des Staubsturmes erreicht die Chlorophyll-Konzentration ihr Maximum und unterstützt somit die Hypothese, dass ein direkter Zusammenhang zwischen staub-induzierter Düngung und erhöhter Produktion besteht.

Die zukünftigen Arbeiten werden sich mit der Ana-



Zeitserien der wöchentlichen Anomalien von TMI-SST (rot), der optischen Dicke der MODIS-Aerosole (Staubkonzentration, blau) und des SeaWiFS Chlorophylls (grün) für die Periode Januar – Mai 2004 für den Ort des roten Pfeils im ersten Bild.

Time series of weekly anomalies of TMI-SST (red), MODIS-Aerosol Optical Thickness (blue) and SeaWiFS chlorophyll (green) for the period January-May 2004, extracted where the arrow of the first picture is indicating.

lyse dieser beiden Auswirkungen auf die Zirkulation im östlichen Nordatlantik befassen. Zu diesem Zweck wird das „MIT General Ocean Circulation Model“ mit beobachteten Anomalien der kurzwelligen Sonnenstrahlung gestört. Erste Ergebnisse zeigen das Auftreten von Kelvinwellen eine Woche nach „Anschalten“ der Störung.

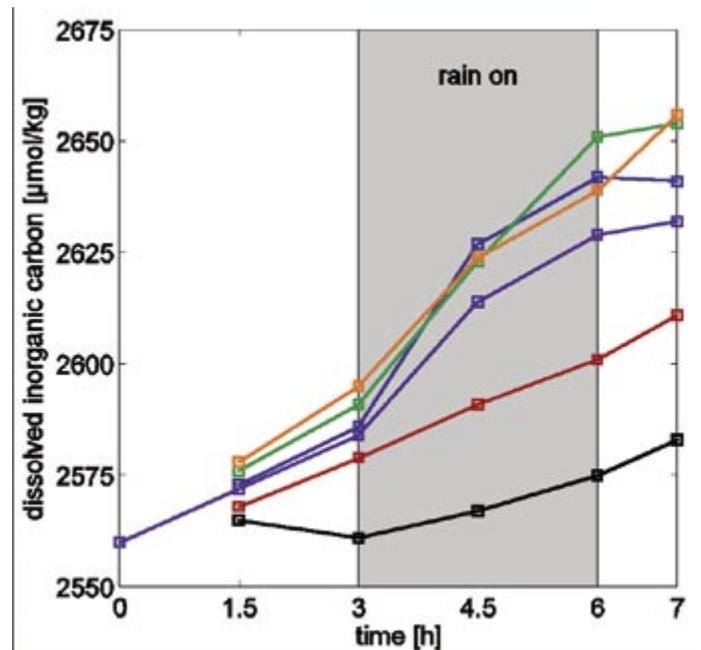
Tankexperimente zum Einfluss von Regen auf den Gasaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre

Anne-Kristin Anweiler

Der Gasaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre spielt eine wichtige Rolle bei der Klimaregulierung, weil er die Rate kontrolliert, mit der atmosphärisches CO₂ vom Ozean aufgenommen werden kann. Es wird angenommen, dass der Gasaustausch für leicht lösliche Gase wie CO₂ zu einem großen Teil bestimmt wird durch oberflächennahe Turbulenzen, die durch Umweltprozesse wie Wind, Wellen und Regen erzeugt werden. Daher werden am Wind-Wellen-Kanal der Universität Hamburg Experimente durchgeführt, die den kombinierten Einfluss von Wind und Regen auf den Austausch von CO₂ untersuchen.

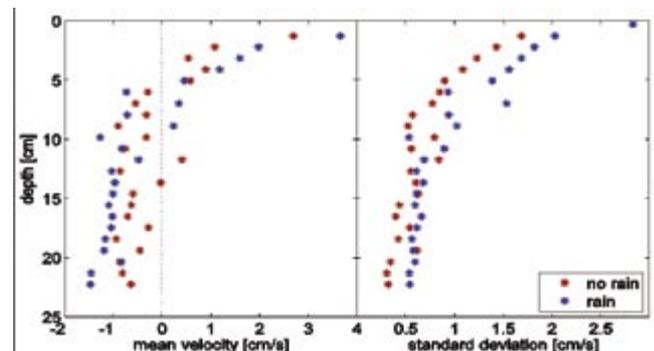
Die Experimente werden in einem 24m langen und 1m breiten, frischwassergefüllten Wind-Wellen-Kanal durchgeführt. Ein Gebläse produziert Windgeschwindigkeiten bis zu 8m/s. In einem Regengenerator, der etwa 10% der gesamten Wasseroberfläche bedeckt, wird in einer Höhe von 4.5m künstlicher Regen aus 3000 Injektionsnadeln erzeugt. Nachdem CO₂ in die abgeschlossene Luftzirkulation des Kanals injiziert wurde, wird der Gastransfer vom Luftvolumen in den Wasserkörper gemessen. Ergebnisse zeigen, dass starker Regen den Gasaustausch bei niedrigen Windgeschwindigkeiten deutlich verstärkt.

Um die Dynamik innerhalb des Wasserkörpers zu untersuchen, wurden außerdem Wasserproben an unterschiedlichen Positionen analysiert und Strömungsprofile im Wasser mit Acoustic Doppler Velocimetry gemessen. Diese akustische Messmethode benutzt den Doppler-Effekt, um die Strömungsgeschwindigkeit in drei Dimensionen zu bestimmen. Ergebnisse zeigen, dass die Erhöhung der Gasaustauschrate durch Regen auf eine erhöhte oberflächennahe Turbulenz zurückzuführen ist.



Verlauf der Konzentration von gelöstem anorganischem Kohlenstoff an unterschiedlichen Positionen im Wasser bei einer Windgeschwindigkeit von 2m/s. Der nach drei Stunden einsetzende Regen verursacht im Mittel eine deutliche Erhöhung der Austauschrate.

Dissolved inorganic carbon concentration in water at different positions at a wind speed of 2m/s. Rain setting in after three hours considerably increases the mean gas exchange rate.



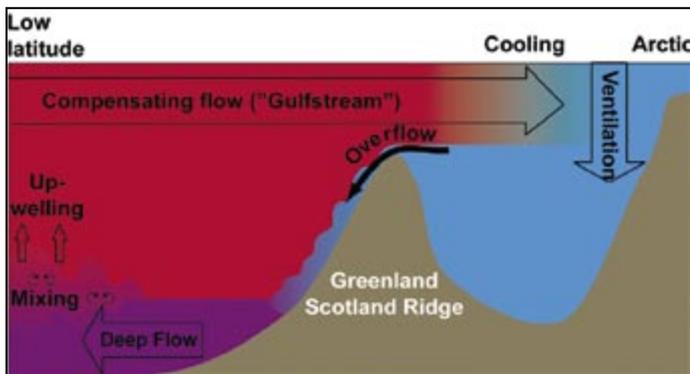
Strömungsprofile im Wasser in Windrichtung für verschiedene Regenraten bei einer Windgeschwindigkeit von 4m/s (links: mittlere Geschwindigkeit, rechts: Standardabweichung). Geschwindigkeitsgradient und Standardabweichung als ein Maß für Turbulenz nehmen mit der Regenrate zu.

Water current velocity profiles in wind direction for different rain rates at a wind speed of 4m/s (left: mean velocity, right: standard deviation). Velocity gradient and standard deviation as a measure of turbulence increase with rain rate.

Air-sea gas exchange plays an important role in climate regulation by controlling the rate of uptake of atmospheric CO₂ by the ocean. For highly soluble gases such as CO₂, gas exchange is assumed to be predominantly determined by subsurface turbulence, which is in turn driven by environmental processes such as wind, waves and rain. At the wind-wave-tank of the University of Hamburg experiments are carried out investigating the combined effect of wind and rain on air-sea CO₂ exchange.

Klimarelevante Prozesse im Ozean

Detlef Quadfasel



Die Umformung von Wassermassen und die Überströmung topographischer Schwellen, z.B. des Grönland-Schottland-Rückens, gehören zu den wichtigsten klimarelevanten Prozessen im Meer.

In diesem Themenbereich wird durch Kombination von Feldexperimenten, Fernerkundung und Modellsimulationen die Ozean-Dynamik von regionalen Prozessskalen bis hin zu beckenweiten oder globalen, dekadischen Klimaschwankungen untersucht. Ein wesentliches Element der Methodik ist hierbei die direkte Beobachtung durch in situ Beobachtungssysteme und durch Satelliten und die Synthese dieser Daten durch Datenassimilation. Dabei werden numerische Modelle der regionalen und globalen Zirkulation in Einklang mit allen verfügbaren Daten und der den Modellen zugrunde liegenden Dynamik gebracht. Die resultierenden Modellfelder stellen dann eine bestmögliche Beschreibung der zeitlich variablen Zirkulation dar, die Fehler sowohl der Beobachtungen als auch der Modelle berücksichtigt und als Basis von Studien des Ozeans und des Klimas verwendet werden kann. Thematisch bilden dabei die verschiedenen Komponenten der globalen windgetriebenen und thermohalinen Zirkulation des Nordatlantiks, einschließlich des angrenzenden Nordmeeres, den wissenschaftlichen Schwerpunkt, beinhalten aber zunehmend auch globale Änderungen der Ozeanzirkulation und deren Zusammenhang mit globalen Wärme- und Wasserkreisläufen.

Ozeanographische Prozesse, die bei den Forschungsarbeiten am IfM im Vordergrund stehen, schließen Konvektion, Randstromadvektion, Overflows, Eisbildung und -schmelze und andere Prozesse des globalen hydrologischen Zyklus ein. Von Interesse sind mit diesen Prozessen verbundene Änderungen in der Wassermassenbildung, in der

Vermischung im Ozean und die Wechselwirkung der globalen Zirkulation mit regionalen Anomalien, z. B. Änderungen der Konvektion und Wassermassenbildung im Europäischen Nordmeer. Alle diese Untersuchungen tragen zum Verständnis von interannualen bis dekadischen Schwankungen des Klimasystems bei. Insbesondere wird angestrebt, Schlüsselprozesse im Ozean zu identifizieren und Schlüsselregionen zu finden, die für die Beobachtung besonders aussagekräftig sind.

Zurzeit beschäftigt sich das Institut in diesem Zusammenhang (1) mit Untersuchungen der Vermischung und des Entrainments in den Overflows durch kombinierte Modell-, Feld- und Fernerkundungsexperimente, (2) mit der Untersuchung der Mechanismen bei der Forcierung regionaler beckenweiter Zirkulationen durch Impuls- und Auftriebsflüsse an der Oberfläche und (3) mit der Transformation von Wassermassen im Übergangsbereich Nordmeer-Arktis mit speziellem Fokus auf die Bedeutung der Gezeiten und der internen Vermischung, z.B. durch interne Wellen.

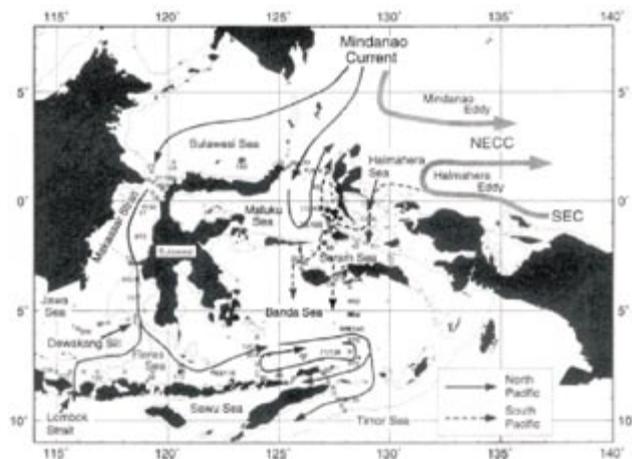
Entsprechende Arbeiten am IfM sind eingebettet in internationale CLIVAR und GEWEX Aktivitäten des WCRP. Sie stehen auch in engem Zusammenhang mit GOOS und GCOS Aktivitäten, durch die nahezu globale Datensätze zur Verfügung gestellt werden. Diese Datensätze schließen ARGO und Satellitenfernerkundungsdaten ein. Umgekehrt steuert das IfM durch eigene Messungen und durch regionale und globale Datensynthesen zu einem globalen Klimabeobachtungssystem maßgeblich bei. Dazu gehören die vom IfM gewonnenen Daten der wiederholten transatlantischen Schnitte und regionalen Verankerungsdaten im subpolaren Nordatlantik. Fernerkundungsdaten stellen ebenfalls ein wichtiges globales und im deutschen Rahmen hervorragendes Element der Ozean- und Klimaforschung dar. Die deutsche Komponente des ECCO (Estimation of the Circulation and Climate of the Ocean) Assimilationskonsortiums – GECCO – stellt zur Zeit die einzigartige, dynamisch selbstkonsistente Abschätzung der Ozeanzirkulation während der letzten 50 Jahre dar, die u.a. Grundlage für viele CLIVAR und GLOBEC Studien sein wird.

The transformation of water masses and the overflow at sills, for example at the Greenland-Scotland Ridge, are marine processes which strongly influence the climate.

The Indonesian Throughflow

Bernhard Mayer und Peter Damm

Der Indonesische Durchfluss ist ein wichtiger und klimarelevanter Bestandteil des weltumspannenden Zirkulationssystems (conveyor belt). Er stellt die Verbindung zwischen dem Pazifischen und dem Indischen Ozean dar, durch die ein Wasser- und Wärmetransport vornehmlich in Richtung Westen stattfindet. Die Größenordnung des Durchflusses schwankt saisonal und zwischen den Jahren, aktuelle Untersuchungen gehen von 5 bis 15 Sv aus (Sv: Sverdrup, $10^6 \text{ m}^3/\text{s}$).



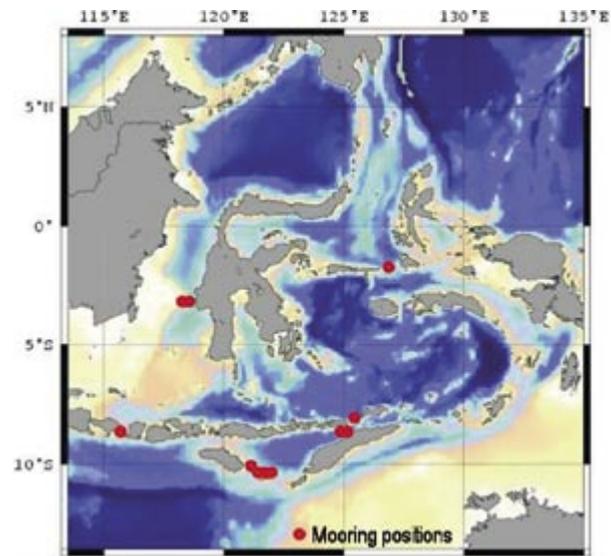
Hauptwege des Indonesischen Durchflusses (Gordon & Fine, 1996)
Major pathways of the Indonesian Throughflow

Die Existenz des Durchflusses wird mit barotropen Druckgradienten erklärt, also durch Wasserstandsunterschiede zwischen dem Eingang im tropischen Pazifik und dem Ausgang im Indischen Ozean. Das zweimal jährlich wechselnde Monsun-Windsystem modifiziert die Transporte vor allem in Oberflächennähe. Insbesondere der Transport von Wärme wird durch das Fernfeld beeinflusst: In Jahren mit El Niño sind die Wassertemperaturen des westlichen tropischen Pazifiks höher als im Durchschnitt, es wird wärmeres Wasser durch die indonesische Inselwelt transportiert, durch La Niña Ereignisse wechselt kälteres Wasser die Seiten.

Die Temperaturen des mit dem Durchfluss in den indischen Ozean gelangenden Wassers können ihrerseits Auswirkungen auf die Entwicklung des Indian Ocean Dipole Modes (IOD) und damit auch auf das Klima rund um den indischen Ozean haben. Tritt der IOD auf, kann es in Ostafrika und Indien zu ausgeprägten Regenperioden mit verheerenden

Due to its link to the climate system, the Indonesian Throughflow is a very important part of the global circulation system. It is the interconnection between the tropical Pacific and the eastern Indian Oceans, enabling a water and heat transport mainly in westerly directions. The magnitude of the water and heat exchange fluctuates seasonally and interannually, depending on the farfield pressure gradient as well as on the farfield and local climate conditions.

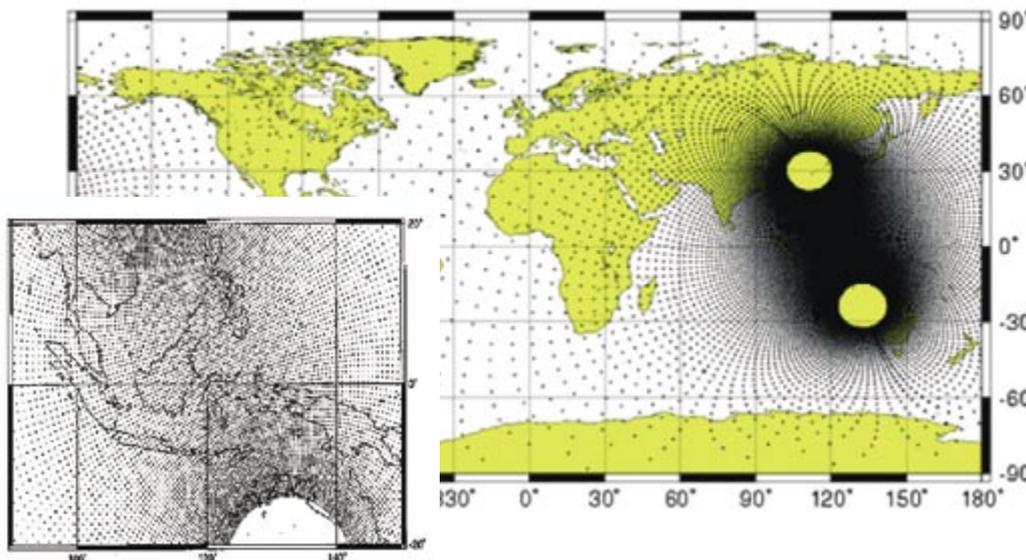
Überschwemmungen kommen, in den Anrainerstaaten des östlichen Indischen Ozeans hingegen zu ungewöhnlichen Dürreperioden.



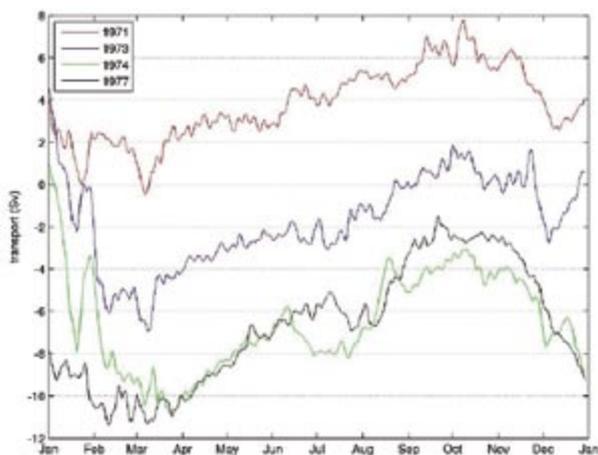
Modellgebiet des Indonesischen Durchflusses. Die roten Markierungen stellen die Positionen der Verankerungen dar, an denen 2004 bis 2006 Daten gesammelt wurden.
Model area for the Indonesian Throughflow. Red dots mark the positions of the moorings, which collected data within the period 2004 to 2006.

Wegen der komplizierten topografischen Verhältnisse - viele kleine und große Inseln, starke Tiefengradienten, einige Gräben mit Wassertiefen bis über 9.000m - ist die Anwendung eines Zirkulationsmodells mit feiner Auflösung eine echte Herausforderung. Im Rahmen des deutsch-indonesischen Kooperationsprojektes LITHMOS („Long-term Indonesian Throughflow Model Simulations“) wird nun zum ersten Mal das hydrodynamische Modell HAMSOM („Hamburg Shelf Ocean Model“) auf dieses Meeresgebiet angewendet, ohne Veränderungen der Topografie, mit einer horizontalen Auflösung von ca. 9km und insgesamt 31 unterschiedlich mächtigen Schichten.

In einem ersten Schritt simuliert HAMSOM als stand-alone-Version mit klimatologisch gemittelten Daten für Temperatur und Salzgehalt an den offenen Rändern und reprozessierten meteorologischen Antriebsdaten die Strömungen für einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten. Der zweite Schritt sieht den Antrieb mit Randwerten aus Simulationen des globalen Zirkulationsmodells MPI-OM („Ozeanmodell des MPI für Meteorologie“) vor.



Auflösung der Topografie des globalen Zirkulationsmodells MPI-OM. Durch die Polpositionen ist die Auflösung im Bereich der indonesischen Inseln relativ hoch (siehe eingebettete Grafik). Die Punkte stellen die Gitterboxen des MPI-OM dar. *Resolution of the topography for the circulation model MPI-OM. By moving the poles of the globe to the positions shown in the picture, the resolution is more precise in the area of interest (embedded picture). The black dots represent the grid boxes of MPI-OM.*



Erste Simulationsergebnisse: Zeitserien der Durchflüsse (obere 200 m, Sv) durch die Makassarstraße (östlich von Borneo) für vier verschiedene Randbedingungen. *First model results: Time series of the mass flow (upper 200 m, in Sv) through the Makassar Strait (east of Kalimantan or Borneo). The curves represent different boundary conditions: The difference between the water level at the Pacific and at the Indian Ocean sides was 0 in 1971, increased to 10 cm within first 20 days of 1973, increased to 20 cm within first 20 days of 1974, and was constantly 20 cm in 1977*

Der dritte und wichtigste Schritt wird zum ersten Mal sein, das globale mit dem regionalen Modell bidirektional zu koppeln, d.h. beide Modelle werden simultan laufen und ständig Daten austauschen. Dies wird den Einfluss der regionalen Modellergebnisse auf die MPI-OM-Simulationen erlauben.

Die Ergebnisse der unterschiedlichen Modellsimulationen werden am Ende ebenfalls verglichen mit Messergebnissen des internationalen Projektes INSTANT, in dessen Rahmen an den wichtigsten Stellen des Indonesischen Durchflusses Verankerungen zur Messung von Strömungen, Temperaturen und

Salzgehalten in verschiedenen Tiefen über 3 Jahre (2004 – 2006) ausgebracht waren.

Die dargestellten Zeitserien von Modellergebnissen für verschiedene Simulationsjahre zeigen, dass die Menge und Richtung des Durchflusses in der Makassarstraße (östlich von Borneo) in der Tat wesentlich abhängt von den Wasserstandsgradienten zwischen Pazifik und Indik, weniger z.B. vom lokalen Windfeld: In 1971 wurde kein barotroper Gradient zwischen dem pazifischen Randbereich im Norden und Nordosten des Modellgebietes und seinem indischen Randbereich berücksichtigt, in 1973 wurde die Differenz in den ersten 20 Tagen des Januar auf 10 cm, 1974 in den ersten 20 Tagen des Januar auf 20 cm gesteigert. In 1977 lag die Differenz bei konstant 20 cm. Die Ergebnisse anderer Jahre, bei denen die Differenz ebenfalls auf konstant 20 cm gehalten wurde, lagen auf dem gleichen Niveau wie die 1977er Kurve.

Deutlich ist zu sehen, dass sich konstante barotrope Gradienten aus dem Fernfeld nicht auf die Form der zeitlichen Entwicklung des Durchflusses auswirken, sondern auf deren Niveau.

Die dargestellten Jahreskurven zeigen die Bedeutung des Fernfeldes, das für die Ausbildung solcher Wasserstandsunterschiede verantwortlich ist. Durch die Übergabe der Wasserstandsdaten vom MPI-OM an die offenen Ränder des regionalen HAMSOM wird diesem Umstand Rechnung getragen, denn in den Modellergebnissen des globalen MPI-OM sind die Auswirkungen des Fernfeldes enthalten. Erst dadurch kann die Auswirkung des Fernfeldes (z.B. Ereignisse wie El Niño oder La Niña) auf Richtung und Stärke des Indonesischen Durchflusses untersucht werden.

Das östliche Mittelmeer nach dem „Eastern Mediterranean Transient“: Welchen Zustand strebt das System an?

Dagmar Hainbucher und Angelo Rubino¹

Am Institut für Meereskunde wurden Beobachtungen im Ionischen Becken durchgeführt, die den Zustand der Tiefenwasserverteilung nach dem „Eastern Mediterranean Transient“, einer abrupten, klimatologischen Veränderung der thermohalinen Zirkulation, dokumentieren und Aufschluss über die an der Tiefenwasserbildung beteiligten Wassermassen und ihre Wege geben sollen. Diese Untersuchungen sind deshalb von großem Interesse, da Bodenströmungen einen wesentlichen Mechanismus für den Export von dichten Wassermassen darstellen, die durch Konvektion erzeugt werden und die Tiefenzirkulation des Weltmeeres bestimmen.

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts hatte man gestützt durch Beobachtungen eine sehr konkrete Vorstellung über die thermohaline Zirkulation und Wassermassenverteilung im östlichen Mittelmeer. Im Wesentlichen stellte man sich dieses System dreigeschichtet vor, mit einem Einstrom von modifiziertem Atlantischen Wasser an der Oberfläche durch die Straße von Sizilien, einer Zwischenwasserschicht bestehend aus wärmerem und salzigerem Wasser aus dem Levantinischen und dem Kretischen Becken und dem Tiefenwasser des Ionischen Beckens, dessen Quelle die Adria ist. In der Adria wird dichtes Wasser während des Winters gebildet und dann als Bodenströmung in Richtung Ionische See transportiert. Diese Vorstellung hat sich bis ca. Ende der 1980er Jahre unverändert gehalten. Während der neunziger Jahre gab es dann eine abrupte, klimatologische Veränderung der thermohalinen Zirkulation, die als „Eastern Mediterranean Transient (EMT)“ bekannt wurde. Während des EMTs wurde das kalte und relativ frische Bodenwasser aus der Adria durch wärmeres und salzreicheres Wasser aus der Ägäis ersetzt. Es wird vermutet, ist aber bisher immer noch nicht wirklich bewiesen, dass eine Verkettung von anormalen meteorologischen und ozeanographischen Bedingungen Ursache der Verschiebung der Bodenwasserquellen von der Adria zur Ägäis ist. Insbesondere Variabilitäten im atmosphärischen Antrieb sollen eine notwendige Bedingung zur Entstehung des EMT gewesen sein. Der EMT hatte nicht nur weitreichende Folgen für die gesamte Zirkulation im östlichen Mittelmeer, wie z.B.

das Anheben der Wassermassen in der Wassersäule, sondern wirkte sich auch auf die Verteilung von chemischen Parametern aus. So wurde zum Beispiel auch die Lage des maximalen Nährstoffgradienten über weite Bereiche des östlichen Mittelmeers auf Tiefen geringer als 150m angehoben.



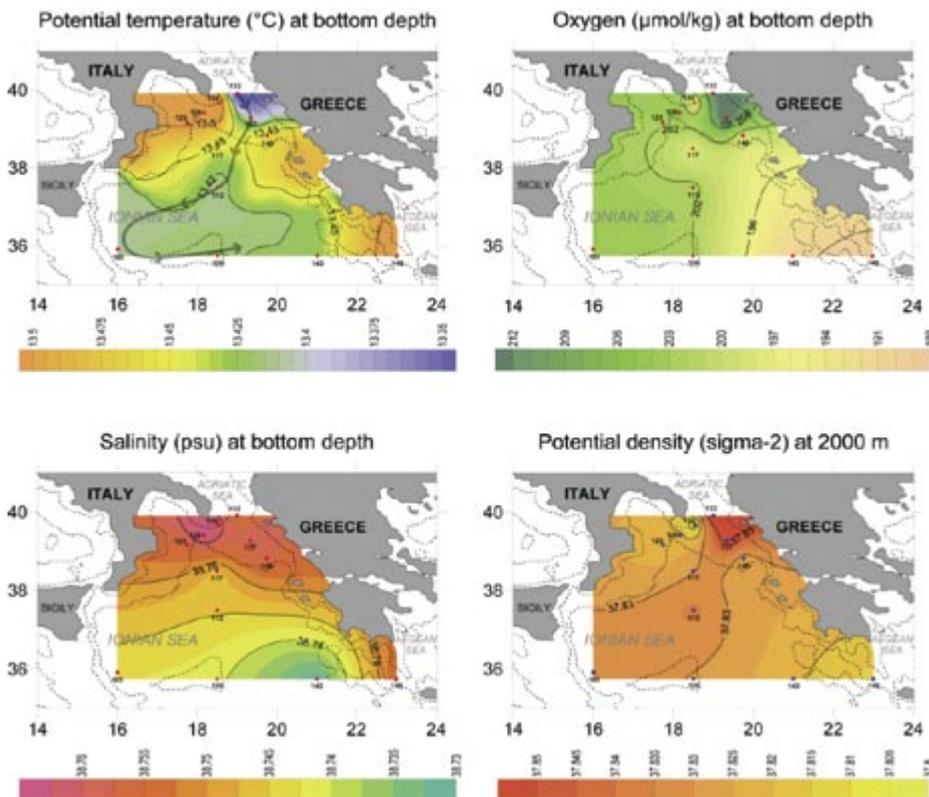
Probennahme an Bord von FS METEOR auf Reise M71-3, Februar 2007. Rechts: Rosette mit CTD und Flaschen
Taking samples onboard RV METEOR during cruise M71-3, February 2007. On the right: Carousel with CTD and bottles.

Während der letzten Jahre gab es nun Anzeichen, dass sich der Prozess der Tiefenwasserbildung wieder umkehrt. Das Institut für Meereskunde hat auf 2 Expeditionen (POSEIDON 298, Mai 2003 und METEOR M71-3, Januar/Februar 2007) Messungen durchgeführt, um zu klären, wie weit diese Annahme zutrifft und welchen Zustand die Tiefenwasserverteilung im Ionischen Becken anstrebt.

In der Tat erkennen wir während unserer Reise 2007, dass Bodenwasser aus der Adria einen großen Bereich des Ionischen Beckens dominiert. Die Bodenverteilung von Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff und Dichte zeigen im nördlichen Ionischen Becken, südlich der Straße von Otranto, das neu geformte Adria Bodenwasser. Insbesondere die hohen Sauerstoffwerte weisen auf Adria Bodenwasser hin. Allerdings zeigt das neue Bodenwasser völlig andere Eigenschaften als das Bodenwasser vor und während des Transients. Es ist wärmer und deutlich salzreicher. Tatsächlich ist es das wärmste und salzreichste Adria Bodenwasser, das jemals gemessen wurde.

¹ Universität von Venedig

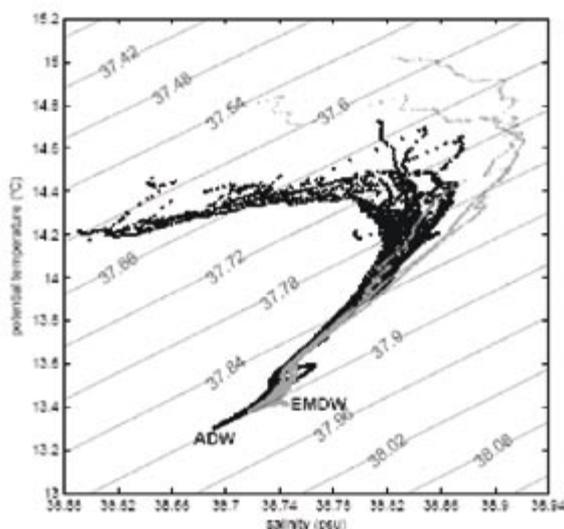
The Institut für Meereskunde carried out observations in the Ionean Sea which documented the state of the deep water distribution after the Eastern Mediterranean Transient, an abrupt, climatological variation of the thermohaline circulation. These observations should give insight into the extent to which water masses contribute to the deep water formation and which paths they take into the deep basins of the Ionian Sea. This investigation is of crucial interest, as bottom-arrested currents represent a significant mechanism for the export of dense water masses produced by oceanic convection, the process which sets and maintains the abyssal circulation of the world ocean.



Verteilung der potentiellen Temperatur, des Sauerstoffs, des Salzgehalts und der potentiellen Dichte am Boden während der METEOR Reise M71-3 im Februar 2007. Die Pfeile im linken, oberen Bild zeigen die Route des Adria Wassers von der Straße von Otranto bis in die tiefen Ionischen Becken.
Bottom distribution of potential temperature, dissolved oxygen, salinity and potential density during METEOR cruise M71-3 in February 2007. The arrows in the left, upper panel indicate the route of the Adriatic water propagating from the Strait of Otranto towards the Ionian abyss.

Das Bodenwasser, das im Mai 2003 gemessen wurde, war kälter und salzärmer und erinnerte noch an die Eigenschaften des Bodenwassers vor und während des Transients.

Die Messungen von 2003 zeigten weiterhin, dass entlang der italienischen Küste, speziell im Bereich des Golfs von Taranto, eine starke Vermischung des ADWs (Adriatisches Tiefenwasser) mit dem umgebenden Wasser auftritt. ADW mit ursprünglicheren Eigenschaften favorisiert Wege weiter östlich der italienischen Küste, dort sind die Topographiegradienten nicht so stark und die Eigenschaften der Wassermassen bleiben besser erhalten. Somit ist dieses Wasser eher verantwortlich für den Kern von adriatischem Bodenwasser im zentralen Ionischen Becken.



TS-Diagramm der Stationen im Ionischen Becken. In Grau: METEOR Reise M71-3, Februar 2007, in Schwarz: POSEIDON Reise 298, Mai 2003. ADW: Adria Tiefenwasser, EMDW: Tiefenwasser des östlichen Mittelmeers.
TS-diagram referring to the Ionian Sea stations. In gray: METEOR cruise M71-3, February 2007, in black: POSEIDON cruise 298, May 2003. ADW: Adriatic Deep Water, EMDW: Eastern Mediterranean Deep Water.

Unsere Messungen von 2003 und 2007 bestätigen also in der Tat, dass die Adria in den letzten Jahren als Hauptquelle des Tiefenwassers des östlichen Mittelmeers zurückgekehrt ist.

Autonome Messbojen im Europäischen Nordmeer

Detlef Quadfasel

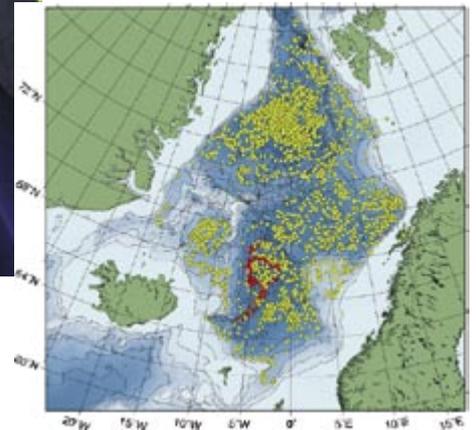
Im Jahre 2000 wurde das internationale ARGO¹ Programm zur kontinuierlichen Vermessung von Temperatur und Salzgehalt des Weltozeans mit Hilfe autonomer profilierender Bojen (Floats) ins Leben gerufen. Zurzeit bevölkern etwa 3000 dieser Floats den Weltozean und liefern per Satellitenübertragung alle 10 Tage Daten für Ozean-Wettervorhersagen und für Untersuchungen des sich verändernden Weltklimas. Das Institut für Meereskunde ist an diesem globalen Netz mit einem Messprogramm im Europäischen Nordmeer beteiligt². Hier wird Tiefenwasser gebildet, das nach dem Überströmen des Grönland-Schottland Rückens zum Antrieb der globalen Ozeanzirkulation beiträgt.

Messungen der Temperatur und des Salzgehalts sowie biogeochemischer Parameter im Inneren des Ozeans wurden bis vor wenigen Jahrzehnten überwiegend auf Expeditionen von Forschungsschiffen und von Frachtschiffen entlang der Schifffahrtsrouten gewonnen, durch abgelassene Sonden oder Wasserschöpfer. Diese Messprogramme waren räumlich und zeitlich immer begrenzt und so konnte nie ein synoptisches (zeitgleiches) Bild des Zustands des globalen Ozeans erfasst werden. Mit der technischen Entwicklung langzeitstabiler Sensoren, ausreichender Energieversorgungen, Mikrocomputern und satellitengestützter Datenübertragungen hat sich dieses jetzt geändert und mehr und mehr ozeanische Daten werden mit Hilfe autonomer Messplattformen gesammelt. Das wohl zur Zeit erfolgreichste Messprogramm dieser Art ist ARGO, in dem hydrographische Messungen mit Hilfe autonomer profilierender Floats gewonnen werden.

Die Floats driften in einer Tiefe von 1000m mit der Meeresströmung; nach etwa 9 Tagen sinken sie auf 2000m Tiefe ab und steigen dann langsam zur Meeresoberfläche auf. In bis zu 100 Tiefenhorizonten werden jetzt Messdaten gewonnen, intern gespeichert und an der Oberfläche zusammen mit der geographischen Position an die Landstationen übermittelt. Anschließend sinkt das Float wieder auf seine Drifftiefe und ein neuer Zyklus beginnt. Mit 3000 Floats, die eine typische Lebensdauer von vier Jahren haben, lässt sich der Weltozean mit einer Auflösung von 300x300km abdecken; die hohe Messrate erlaubt es, die Klimavariabilität des Oze-

ans mit Zeitskalen von Monaten bis zu Dekaden aufzulösen.

Für den Nordatlantik und das Nordmeer haben der Einsatz von Floats zu einem immensen Anstieg der vorhandenen Daten geführt. Insbesondere im Winter, wenn starke Stürme und die Gefahr der Schiffsvereisung wegen niedriger Lufttemperaturen die Durchführung von wissenschaftlichen Expeditionen nahezu unmöglich machen, liefern Floats unabhängig vom Wetter zuverlässig Daten³.



Ein autonomes profilierendes Float. Durch eine rechnergesteuerte hydraulische Pumpe wird eine mit Öl gefüllte Blase am unteren Ende des Gehäuses geleert oder gefüllt, womit sich das spezifische Volumen des Floats ändert, so dass es sinkt oder aufsteigt (links). Lage der Messprofile der ARGO Floats im Europäischen Nordmeer, wie sie in den letzten 8 Jahren gewonnen wurden (rechts). Die roten Punkte beziehen sich auf den Float in der nächsten Abbildung.

An autonomous profiling float. A hydraulic pump empties or fills the rubber bladder at the lower end of the float, thereby changing its volume and its buoyancy. Accordingly, the float will either sink or rise (left). Location of hydrographic profiles measured in the Nordic Seas by ARGO floats during the past 8 years (right). The red dots refer to the float in the next figure.

¹ ARGO – das Schiff der Argonauten. In der griechischen Mythologie holten diese das goldene Vlies von Kolchis nach Griechenland.

² Die hier beschriebenen Arbeiten werden finanziell von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Europäischen Kommission unterstützt. Bis 2003 förderte der Dänische Forschungsrat die Arbeiten.

³ Siehe auch die Beiträge von Katrin Latarius und Gunnar Voet in diesem Jahresbericht

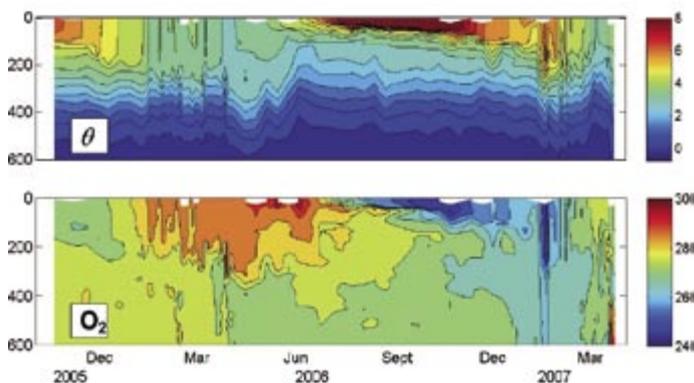
The year 2000 saw the start of the international ARGO programme in which by now almost 3000 self-contained profiling floats measure the vertical distribution of temperature and salinity in the World Ocean. Every 10 days they send their data via satellite to shore stations where they are being used for ocean weather forecasts and studies of the Earth's changing climate. The Institut für Meereskunde contributes to this global network of floats with a measurement programme in the European Nordic Seas. Here, dense deep and intermediate waters are formed during winter that eventually cross the Greenland-Scotland Ridge and, in part, drive the global overturning circulation of the World Ocean.

Gerade diese Winterdaten sind es, die zum Verständnis des nördlichen Klimasystems unverzichtbar sind. Während der Wintermonate kühlt sich das von Süden einströmende Wasser aus dem Nordatlantik durch die Wärmeabgabe an die Atmosphäre so stark ab, dass es sich auf Grund seiner erhöhten Dichte bis in große Tiefen vermischt, absinkt und das Tiefenwasser des Nordmeeres erneuert. Dieses fließt dann als Tiefenströmung über den Grönland-Schottland Rücken zurück in den Nordatlantik; das entstehende Wasserdefizit wird durch den Einstrom warmen Wassers an der Oberfläche ausgeglichen. Die Kette von ozeanischer Wärmezufuhr aus dem Süden und die damit verbundene Erwärmung der Atmosphäre sind einer der Gründe für das relativ milde Klima Nordeuropas.

Die globale Erwärmung führt zu einer Verstärkung des hydrologischen Kreislaufes und damit zu einer Erhöhung der Süßwassereinträge in das Nordmeer. Niederschläge, das Schmelzen von Festlandeis, z.B. auf Grönland, und die Flusswasserzufuhren nehmen zu und können zu einer Reduzierung der ozeanischen Umwälzzirkulation führen. Damit würde auch die Wärmezufuhr gedrosselt und es könnte regional zu einer Verminderung des von Modellen prognostizierten Temperaturanstiegs im Klimawandel kommen. Mithilfe der Floatdaten können jetzt diese Prozesse, wie z. B. das Absinken und Vermischen der Wassermassen oder die Bedeutung der verstärkten Süßwasserzufuhr, untersucht werden. Die Daten, online innerhalb weniger Stunden über das Internet verfügbar⁴, werden außer zur direkten Analyse auch in Ozeanwetter Vorhersage- und Analysemodellen verwendet. Wie Wetterdaten in Wettervorhersagemodellen werden sie in die Ozeanmodelle assimiliert und führen so zu einer deutlich höheren Qualität der simulierten Strömungen sowie Temperatur- und Salzgehaltsverteilungen. (Anwendung finden diese Modelle dann unter anderem bei der Vorhersage von Öldriften bei Tankerunfällen.)

In den letzten Jahren ist die Palette der verwendeten Sensoren um solche zur Messung biogeochemischer Parameter erweitert worden. Durch Messungen des Gehalts an gelöstem Sauerstoff lässt sich

die Ventilation des Ozeans während der winterlichen Konvektionsphasen quantifizieren, optische Messungen zeigen den Verlauf der biologischen Produktion in der Wassersäule. Diese Prozesse sind wichtige Komponenten im globalen Klimasystem, da sie erheblich zum Abbau des Kohlendioxidgehaltes in Atmosphäre und Ozean beitragen.



Die zeitliche Entwicklung der Temperatur (oben) und des Gehalts an gelöstem Sauerstoff (unten) in den oberen 600 m der Norwegensee zeigen die tiefe Vermischung im Spätwinter und die gleichzeitige Aufnahme von Sauerstoff.

The temporal evolution of temperature (top) and dissolved oxygen content (bottom) in the upper 600 m in the Norwegian Sea shows the deep mixing in late winter and the associated oceanic uptake of oxygen.

Die Bedeutung dieses globalen Messnetzes für den Ozean, wie es in der Meteorologie schon vor mehr als 100 Jahren etabliert wurde, ist inzwischen auch zu den politischen Entscheidungsträgern durchgedrungen. So werden ab 2008 das bundesdeutsche Verkehrsministerium und die Europäische Kommission durch direkte Förderung zum internationalen ARGO Programm beitragen. In den USA geschieht dies von behördlicher Seite schon seit über fünf Jahren.

⁴ ARGO Daten werden frei über den Server des CORIOLIS Datenzentrums am IFREMER (Brest) unter www.coriolis.eu.org zur Verfügung gestellt.

Die Zirkulation des Europäischen Nordmeeres in mittleren Tiefen

Gunnar Voet

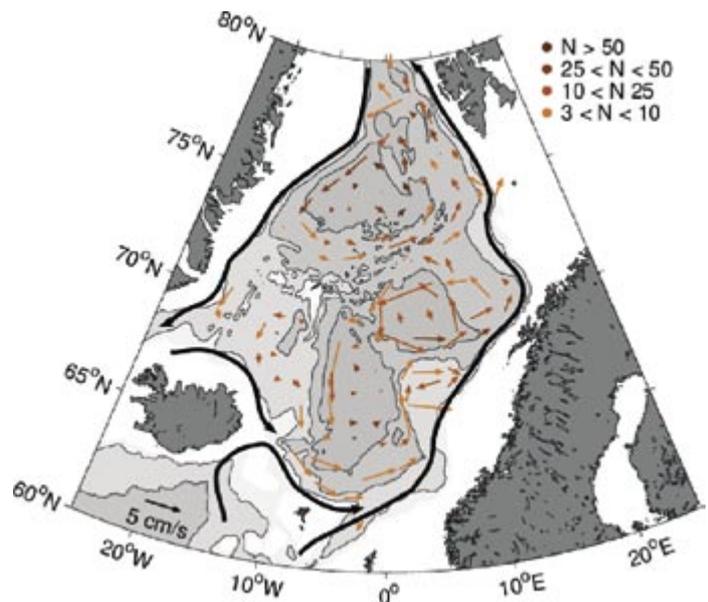
Positionsdaten von ARGO-Floats zeigen topographisch gesteuerte Tiefenströmungen im Europäischen Nordmeer. Dabei ist zu erkennen, dass die saisonale Variabilität der Strömungsgeschwindigkeit der zyklonalen (gegen den Uhrzeigersinn) Wirbel in den tiefen Becken im Wesentlichen durch den Windantrieb verursacht wird.

Bisher konnte auf die großräumige Tiefenzirkulation im Nordmeer nur indirekt durch geostrophische Abschätzungen aus hydrographischen Daten und Satellitenmessungen der Meeresoberflächenauslenkung sowie aus Computermodellen geschlossen werden. Direkte Messungen der Strömung in der Tiefe wurden mit verankerten Instrumenten lediglich in den Randströmen durchgeführt. Dabei ergab sich das Bild eines jetartigen, zyklonalen Randstromes sowie vier großräumiger, zyklonaler Wirbel in den tiefen Becken des Nordmeeres. Die Positionsdaten der ARGO-Floats ermöglichen jetzt zum ersten Mal eine großräumige Analyse der Tiefenzirkulation im Europäischen Nordmeer.

Während der Übertragung eines vom Float gewonnenen Messprofils an den Satelliten wird mehrfach die Position des Floats an der Meeresoberfläche bestimmt. Die über 10 Tage gemittelte Drift in der Parktiefe von, je nach Konfiguration des Floats, 1000 oder 1500m Tiefe lässt sich aus der letzten Position vor dem Absinken und der darauffolgenden ersten Position nach dem Auftauchen berechnen. Seit 2001 konnten bereits über 2200 Messungen der Tiefenströmungen durch Floats erlangt werden.

Die Float-Daten bestätigen die Existenz der Wirbel in den tiefen Becken. Es zeigt sich, dass die Floats starker topographischer Steuerung ausgesetzt sind, d.h. die Strömungen verlaufen entlang Linien gleicher Tiefe. Dadurch sind die Wassermassen in den einzelnen, tiefen Becken regelrecht eingesperrt, Randstrom und Beckenwirbel sind nicht durch die mittlere Strömung miteinander verbunden.

Eine Analyse atmosphärischer Daten der Region zeigt, dass die Windzirkulation im zeitlichen Mittel zyklonal ist. Der vom Wind auf den Ozean ausgeübte Windstress regt eine Zirkulation an, die ebenfalls zyklonal ist. Diese Reaktion des Ozeans auf den Windantrieb erstreckt sich über die gesamte Wassersäule. Der aus dem Windantrieb berechnete mittlere Jahresgang der Strömungsgeschwindigkeit stimmt mit den Floatbeobachtungen gut überein.



Bunte Pfeile: Mittlere Zirkulation aus Floatbeobachtungen von 1000 bis 1500m Tiefe. Schwarz: Schematische Darstellung des Randstromes. Konturen zeigen 1000, 2000 und 3000 m Tiefenlinien.

Coloured arrows: Mid-depth circulation from float observations in 1000 to 1500m depth. The colourscale gives the number of observations which were used to calculate the mean value of the grid cell. Black arrows: Schematic view of the rim current. Contours show lines of 1000, 2000 and 3000 m depth.

Position data of ARGO-Floats reveal topographically steered mid-depth currents in the Nordic Seas. Furthermore, this data shows that the seasonal variability of the cyclonic gyres in the deep basins is mainly driven by the wind forcing.

Entwicklung von Temperatur und Salzgehalt in der Grönlandsee

Katrin Latarius

Seit dem Sommer 2001 wird die Entwicklung der Hydrographie in der Grönlandsee mit autonom profilierenden Floats beobachtet. Zum ersten Mal ist es so möglich, den saisonalen Zyklus von sommerlicher Erwärmung und winterlicher Abkühlung detailliert zu beobachten. Langfristig nahm die Temperatur seit 2001 in den oberen 800m um 0,05°C pro Jahr zu, während der Salzgehalt nur gering anstieg.

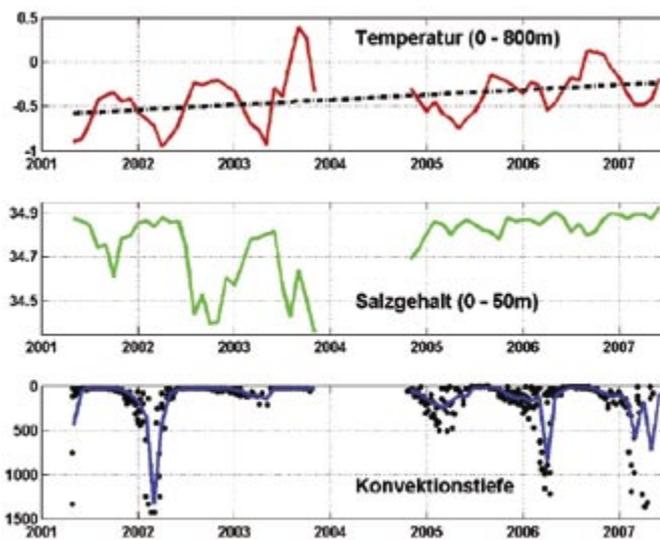
Die Grönlandsee ist eine der wenigen Regionen im Weltozean, in der durch starke Wärmeverluste des Ozeans an die Atmosphäre im Winter tief reichende Konvektion stattfinden kann. Diese führt zu einer Erneuerung der mittleren und tiefen Wassermassen, die einen Beitrag zum Tiefenwasser des Weltozeans liefern. Die Stärke der Konvektion und damit auch die der Wassermassen-Transformation hat sich im Verlauf der letzten Dekaden verändert. In den 60er Jahren zeigten schiffsgebundene Untersuchungen eine Durchmischung der Wassersäule bis in mehr als 2000m Tiefe, in den letzten 20 Jahren beschränkte sich diese dagegen auf weniger als 1000m.

Der Einsatz von autonom profilierenden ARGO Floats erlaubt es seit 2001, die Rolle der Grönlandsee bei der Erneuerung der Wassermassen im Nordmeer zeitlich hochauflösend zu untersuchen. Bei der Betrachtung des saisonalen Gangs unterscheiden wir zwei Phasen: die sommerliche Erwärmung des oberen Teils der Wassersäule durch Sonneneinstrahlung und die winterliche Abkühlung durch Wärmeverluste an die Atmosphäre. Die Erwärmung und ein gleichzeitiger Süßwassereintrag aus dem Ostgrönlandstrom bedingen den Aufbau einer stabilen Schichtung in der zentralen Grönlandsee, die Abkühlung im Herbst und Winter führt zur Homogenisierung der oberen Schicht.

In Budgetrechnungen wurde die Entwicklung des Wärmeinhalts der Grönlandsee in den oberen 800m mit den Wärmeflüssen zwischen Ozean und Atmosphäre innerhalb eines saisonalen Zyklus verglichen. Es zeigt sich, dass doppelt soviel Wärme im Winter an die Atmosphäre abgegeben wie im Sommer gespeichert wird. Da in dieser Größenordnung der Wärmeinhalt aber nicht beständig abnimmt, muss Wärme in die Wassersäule lateral eingebracht werden. Diese zusätzliche Wärme wird vom rezirkulierenden atlantischen Wasser aus dem

Randstrom über mesoskalige Wirbel in die Grönlandsee eingebracht.

Die größten saisonalen Salzgehaltsschwankungen wurden in den Jahren 2001 und 2002 beobachtet. Das Eindringen von Frischwasser ab Sommer 2002 war so massiv, dass die winterliche Abkühlung die Schichtung erst im März destabilisieren konnte. So bedingte das Zusammenspiel von Erwärmungstrend und Aussüßung im folgenden Winter Konvektion nur bis in 200m Tiefe, dem Minimum der gesamten Zeitserie. In den folgenden Sommern drang deutlich weniger Frischwasser in die Grönlandsee ein, und so nahm die Konvektionstiefe wieder zu.



(oben) mittlere Temperatur der zentralen Grönlandsee 0-800m Tiefe und der daraus berechnete Trend
(Mitte) mittlerer Salzgehalt 0-50m
(unten) Dicke der homogenen Schicht, Einzelprofile (schwarze Punkte), berechneter Median (blau).
*(top) mean temperature of the central Greenland Sea 0-800m depth and calculated trend
(middle) mean salinity in the upper 50m
(bottom) depth of homogeneous layer, individual profiles (black dots), calculated median (blue).*

Längerfristig, seit 2001, ist die mittlere Temperatur der oberen 800m der Wassersäule um etwa 0,05°C pro Jahr gestiegen, entsprechend einem Anstieg des Wärmeinhalts von etwa $1,2 \times 10^{21}$ J. Dieses ist konsistent mit dem Klima-Erwärmungstrend. Eine Salzgehaltsabnahme bedingt durch erhöhten Süßwasserabfluss aus Eisschmelze und Flusswasser ist nicht zu beobachten. Stattdessen zeigt sich über diesen Zeitraum ein Trend zu leicht erhöhten Werten, der auf das Eindringen von salzreichem Wasser aus dem Süden zurückzuführen ist.

Since summer 2001 the development of the hydrography in the Greenland Sea was observed with autonomously profiling floats, which for the first time gives the opportunity to analyse the whole seasonal cycle in detail. Until 2007 the temperature in the layer 0 to 800m increased by 0.05°C per year, whereas the salinity in the upper layer increased only slightly.

Saisonale Schwankungen geostrophischer Strömungen und wirbelkinetischer Energie anhand von TOPEX/Poseidon – Jason-1 Tandem Missions Daten

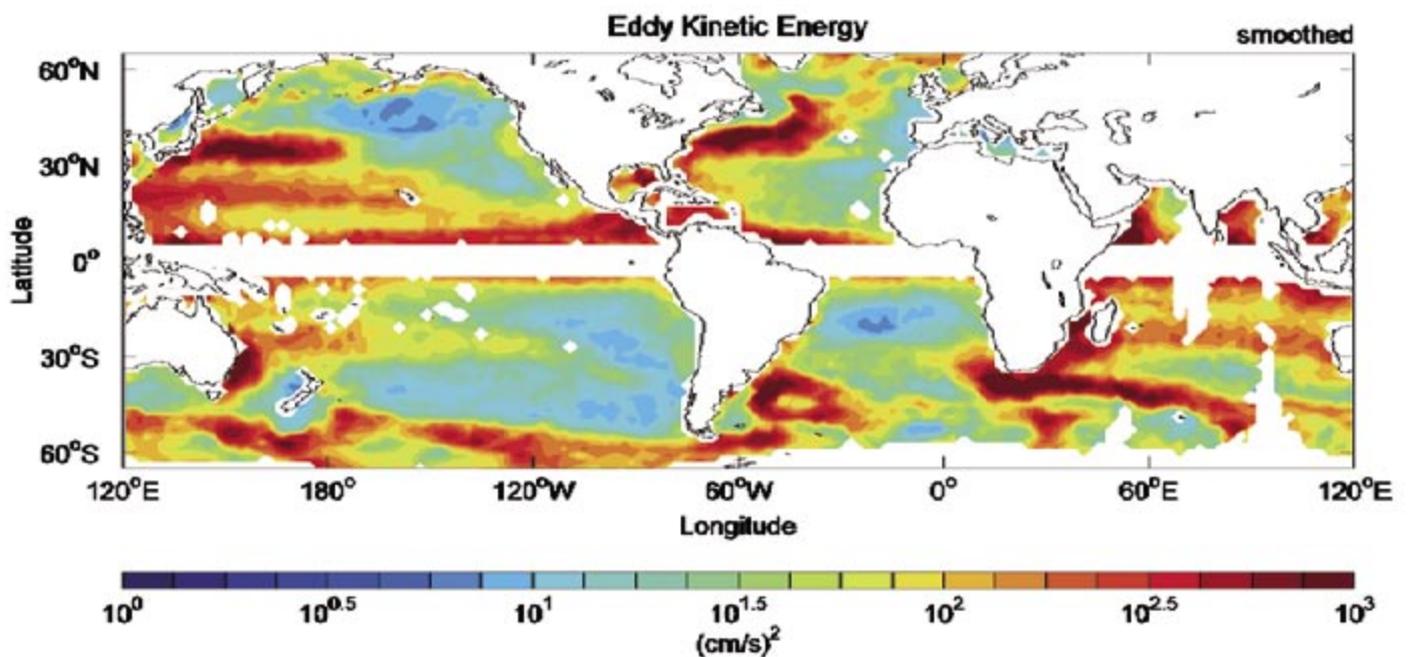
Martin G. Scharffenberg

Meine Arbeit befasst sich mit den Wirbeln der Ozeanzirkulation, die das Wetter des Ozeans darstellen. Grundlage der Studien sind die Daten der Missionen TOPEX/Poseidon und Jason-1, die es während ihrer Tandem-Mission ermöglichten die oberflächennahen geostrophischen Strömungen mit hoher räumlicher Auflösung aus dem Weltraum zu berechnen. Diese Satelliten ermöglichen es darüber hinaus erstmalig, die turbulente wirbelkinetische Energie des Ozeans zu kartieren sowie den Jahresgang der großskaligen Zirkulation und der turbulenten Wirbelenergie zu studieren, Informationen die mit keinem anderen Beobachtungssystem bislang global verfügbar waren.

Die Analyse zeigt erstmalig saisonale Schwankungen aller großskaligen Stromsysteme des Weltozeans. Im westlichen Pazifik sowie im äquatorialen Pazifik und Atlantik sind diese Änderungen überwie-

gend in zentraler Richtung. Einzigartig sind die Satellitenmessungen für das Studium der turbulenten Strömungsvariationen auf räumlichen Skalen von einigen 100 km. In den zeitlich gemittelten Strömungsfluktuationen, der wirbelkinetischen Energie, sind die Randstrombereiche, wie der Golfstrom und seine Ausläufer deutlich zu erkennen. Diese zeichnen sich durch hohe turbulente Schwankungen des Strömungsfeldes aus. Etwa ein Drittel der mittleren wirbelkinetischen Energie kann durch den Jahresgang erklärt werden, zum Teil aufgrund von Schwankungen des Windfeldes.

Unterhalb von etwa 100 m Tiefe und ca. 100 km von Küstenlinien entfernt können Strömungen als geostrophisch betrachtet werden. Hier wird die Zirkulation durch die Balance zwischen der Druckgradientenkraft und der Corioliskraft balanciert und die Strömungen folgen den Linien gleichen Druckes.



Über 3 Jahre gemittelte wirbelkinetische Energie, auf ein $2^\circ \times 2^\circ$ Gitter. Die Gebiete größter Energie befinden sich in den großskaligen Stromsystemen und im äquatorialen Pazifik, Atlantik & Indischen Ozean. (logarithmische Darstellung).

3-year-mean eddy kinetic energy, on a $2^\circ \times 2^\circ$ grid. Largest values can be found in the major current systems and the equatorial Pacific, Atlantic and Indian Ocean. (logarithmic scale)

My work is concerned with the eddies of the ocean circulation, which are the weather of the ocean. The study is based on data from the satellite missions TOPEX/Poseidon and Jason-1, which offered the unique capability of measuring geostrophic surface currents from space during their tandem mission with high spatial resolution. The altimeter satellites enable us to study especially the turbulent eddy kinetic energy as well as the seasonal cycle of the flow field and of the eddy kinetic energy. It has been, up to the present, the only available observing system to obtain this information globally.

Dynamik und Ökologie von Schelfmeersystemen

Jan Backhaus und Wilfried Kühn



Die interdisziplinäre Erforschung der Schelfmeerdynamik am Institut befasst sich mit der Entwicklung von komplexen Modellen des marinen Ökosystems und deren Anwendung zur Untersuchung der Wechselwirkung zwischen physikalischen und biogeochemischen Prozessen. Regional liegt das Schwergewicht dieser Arbeiten in Nordsee und Nordatlantik sowie auf dem arktischen Schelf, dort Barentssee und Karasee. In Kooperationen mit ausländischen Partnern werden die Modelle und gewonnenen Erkenntnisse auf andere Schelfregionen, Küstengewässer und Ästuar übertragen.

Die Schelfregionen spielen unter anderem eine wichtige Rolle in der Kopplung zwischen dem Nordwesteuropäischen Festland und dem Nordatlantik. Zu nennen sind die Transporte von Frischwasser, Kohlenstoff, Stickstoff und anderen Substanzen. Diese werden über das Schelfmeer vom Kontinent in den offenen Ozean transportiert und auf ihrem Weg modifiziert. Eine wichtige Rolle spielt der Austausch und Umsatz von Nähr- und Schadstoffen auf dem Schelf. Der Zustand der Schelfmeere ist dabei in hohem Maße von den Einträgen über Atmosphäre und Flüsse vom Festland abhängig. Die Auswirkungen von Maßnahmen eines Managements für Küstenregionen auf die Stoffkreisläufe des marinen Ökosystems werden, neben dem jährlich erfolgenden Umwelt-Monitoring, mit mathematischen Modellen erfasst und analysiert. Dazu werden am IfM Modell-Szenarien von Realisierungen dieser Maßnahmen berechnet und deren Folgen anhand von Indikatoren abgeschätzt. Ein weiteres Ziel der am IfM durchgeführten Untersuchung ist das Ver-

stehen der Funktionsweise von Ökosystemen unter der Einwirkung einer sich ändernden physikalischen und geochemischen Umwelt.

Zu den existierenden Modellsystemen für die Simulation der Schelfmeerkirkulation auf Skalen von Stunden bis Jahrzehnten gehört das am IfM entwickelte Modell HAMSOM (Hamburg Shelf Ocean Model), das seit 20 Jahren kontinuierlich gepflegt und weiterentwickelt wird und in zahlreichen Partnerinstitutionen im Ausland Verwendung findet. Es existiert eine gekoppelte Version bestehend aus dem Zirkulationsmodell HAMSOM und dem Ökosystem-Modell für Plankton- und Nährstoffdynamik ECOHAM (Ecosystem Model Hamburg). Weiterführende Modellentwicklungen bei ECOHAM schließen Module für eine anorganische und organische Kohlenstoffdynamik, für die Sauerstoffbilanz, für die Schwebstoffdynamik und für eine Darstellung mariner Turbulenz ein. Das neue Modell VOM (Vector-Ocean-Model), die jüngere Schwester von HAMSOM, erlaubt eine prozessorientierte Verbesserung der vertikalen Auflösung an topographischen Abhängen und am Meeresboden. Dies ist notwendig, um Randströme und den Austausch zwischen Schelf und Ozean realistischer zu simulieren. Der Ansatz erlaubt u.a. auch für bodengeführte Strömungen einen aus Sedimenten herrührenden Dichteüberschuss zu berücksichtigen. Damit ist die Voraussetzung zur Modellierung des Stoffaustausches an der Sediment-Wassergrenze geschaffen.

Parallel zu der Modellentwicklung werden Datenanalysen des Umwelt-Monitorings und gezielte Feldexperimente durchgeführt, die der Aufklärung und Formulierung noch unverstandener Prozesse in den Modellen dienen. Ein wichtiger Aspekt der küstenbezogenen Forschung am IfM ist die Vorhersage der Auswirkung von globalen Klimaänderungen (z.B. Erwärmung) auf Extremereignisse (z.B. Sturmfluten) in der Nordsee.

The interdisciplinary research on shelf sea dynamics at IfM is concerned with the development of complex models of marine ecosystems and their application to questions concerning physical and biogeochemical interactions. The models are used to assess effects of management measures and to analyse the data from environmental modelling programmes. One important aspect is the prediction of the effects of global warming on extreme events (e.g. storm surges) in the North Sea.

Weltweite Flussausstrom-Messungen mit Satelliten

Roland Romeiser, Steffen Grünler und Detlef Stammer

Eine genaue Kenntnis des Volumentransports von Flüssen ist von großer Wichtigkeit für vielfältige Aspekte der Klimaforschung, Ozeanographie, Ökonomie, Soziologie und Politik. Verfügbare Datensätze sind für viele Anwendungen unzureichend, weil sie von Pegelstationen stammen, die weder flächendeckend vorhanden, noch in der Lage sind, alle benötigten Informationen in ausreichender Qualität zu liefern. Eine vielversprechende Alternative bietet die satellitengestützte Fernerkundung. Im Rahmen eines DFG-Projekts wird zurzeit eine Methodik entwickelt, die auf hochauflösenden Strömungsmessungen durch Radar-Interferometrie beruht.



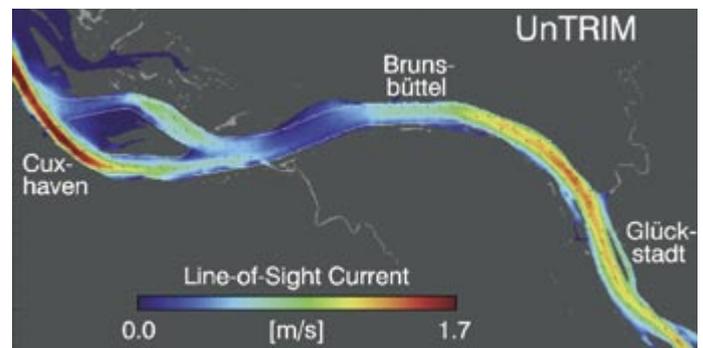
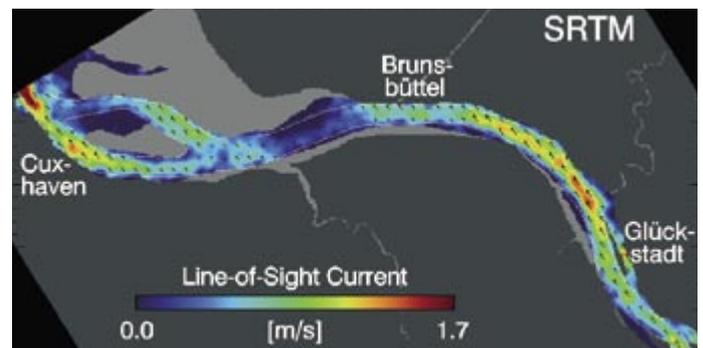
Flüsse wie die Elbe sind wesentliche Elemente des globalen hydrologischen Kreislaufs. Quelle: Mathias Scholz / Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ).

Rivers such as the Elbe are essential elements of the global hydrological cycle. Source: Mathias Scholz / Helmholtz Center for Environmental Research (UFZ).

Das Konzept des sogenannten Along-Track InSAR (along-track interferometric synthetic aperture radar) wurde vor rund 20 Jahren von Wissenschaftlern der NASA entwickelt und mit einem flugzeuggetragenen System erstmals erprobt. Es nutzt Phasenunterschiede zwischen zwei innerhalb von Millisekunden aufgenommenen Radarbildern für die Bestimmung von Dopplerfrequenzen und erlaubt eine direkte Abbildung von Oberflächenströmungsfeldern mit einer effektiven räumlichen Auflösung von etwa 10 m bis 1 km, die von Systemparametern und Wind- und Wellenverhältnissen an der Wasseroberfläche abhängt. Die Breite des parallel zur Flugbahn abgetasteten Gebiets kann zwischen

wenigen Kilometern bei flugzeug- und über 100 km bei satellitengetragenen Systemen liegen.

Im Institut für Meereskunde sind seit 1993 theoretische Untersuchungen zum Along-Track InSAR gemacht worden. Im April 1999 und Mai 2001 wurden gemeinsam mit der Firma Aerosensing GmbH Experimente mit einem flugzeuggetragenen Gerät über der Deutschen Bucht durchgeführt. Mit Daten von der Space-Shuttle-Mission SRTM im Februar 2000 konnten erstmals Strömungsmessungen vom Weltraum aus demonstriert werden. Die dabei erzielte Messgenauigkeit von etwa 0.1 m/s bei einer effektiven räumlichen Auflösung von 1 km ist ausreichend für viele Anwendungen. Unseren Modellrechnungen zufolge kann sie bei optimierten satellitengetragenen Along-Track InSARs noch um den Faktor 10 gesteigert werden.



Strömungsfeld (Komponente in Radar-Blickrichtung) in der Unterelbe gemäß Space-Shuttle-Daten vom 14. Februar 2000, 12:48 UTC (oben) und gemäß einer numerischen Simulation der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) für die gleiche Gezeitenphase (unten).

Current field (component in radar look direction) in the lower Elbe river according to space shuttle data from February 14, 2000, 12:48 UTC (top) and according to a numerical simulation by the Federal Waterways Engineering and Research Institute (BAW) for the same tidal phase (bottom).

An accurate knowledge of volume transports of rivers is of high relevance for various aspects of climate research, oceanography, economy, sociology, and politics. Available data sets are insufficient for many applications, since they originate from gauge stations whose spatial coverage is as limited as their capabilities to provide all required information in satisfactory quality. A promising alternative is the use of satellite-based remote sensing techniques. Within a current DFG-funded project, a new methodology is being developed which relies on high-resolution current measurements by radar interferometry.

Bei ausreichender Signalstärke kann über Flüssen mit einer Breite ab etwa 300 m die gleiche Datenqualität erzielt werden wie über dem offenen Meer und über Küstengewässern. Damit ist das satellitengetragene Along-Track InSAR im Hinblick auf weltweite Flussausstrom-Messungen eine interessante Alternative oder Ergänzung zum bislang favorisierten, hochauflösenden Radar-Altimeter, mit dem Wasserstände und Oberflächenneigungen von Flüssen gemessen werden sollen, um aus ihnen indirekt Strömungen und Transporte abzuleiten. Im aktuellen Projekt wird untersucht, wie und mit welcher Genauigkeit aus Satellitendaten in Kombination mit anderen Messdaten oder / und Modellrechnungen Volumentransporte von Flüssen bestimmt werden können. Dabei werden unterschiedliche Messgrößen, Messgenauigkeiten und Abtastcharakteristiken von Instrumenten ebenso berücksichtigt wie individuelle Besonderheiten von Flüssen und Nutzeranforderungen. Ersten Resultaten zufolge können schon allein aus InSAR-Daten genügend Informationen für grobe Ausstrom-Abschätzungen gewonnen werden. Damit wären auch für Flüsse, zu denen keine sonstigen Informationen erhältlich sind, nach wenigen Satellitenüberflügen quantitative Aussagen möglich.

Eine erste Gelegenheit, die Fernerkundung von Flussausströmen über einen längeren Zeitraum mit echten Daten zu erproben, ergibt sich mit dem im Juni 2007 gestarteten deutschen Satelliten TerraSAR-X, der in eine experimentelle Along-Track InSAR-Betriebsart geschaltet werden kann. Vorhersagen zufolge wird TerraSAR-X Strömungsmessungen mit einer den SRTM-Resultaten vergleichbaren Qualität erlauben. Es ist geplant, in ausgewählten Testgebieten regelmäßig Daten aufzunehmen. Diese können mit Wasserständen von Altimetermessungen, Stationsdaten und anderen Informationen verknüpft werden, um verschiedene Verfahren zur Volumentransport-Bestimmung zu testen. Sofern sich die Nutzung von Along-Track InSAR-Daten bewährt, können in den kommenden Jahren weitere Satellitenmissionen für routinemäßige, weltweite Flussausstrom-Messungen und für andere attraktive Anwendungen initiiert werden.



Künstlerische Darstellung von TerraSAR-X über Europa. Quelle: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR).

Artist's view of TerraSAR-X over Europe. Source: German Aerospace Center (DLR).

Anwendung des Vector-Ocean-Model (VOM) auf den Nordwesteuropäischen Schelfrand

Jan O. Backhaus, Udo Hübner und Ingo Harms

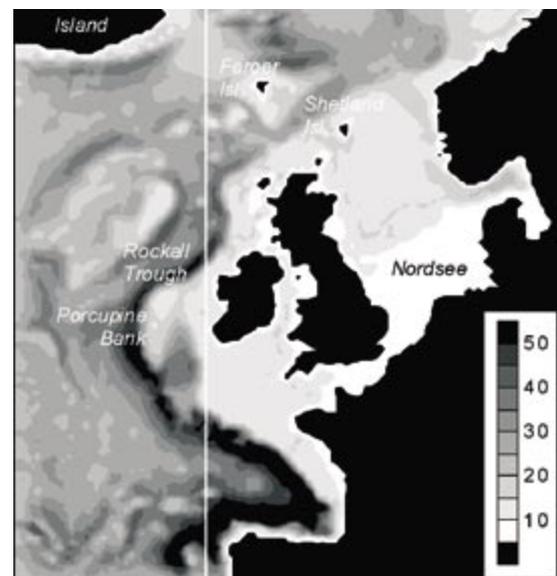
In einem neuen Ozean-Modell, das auf z-Koordinaten basiert, wurde ein adaptives Gitter für die vertikale Koordinate eingeführt. Dies erlaubt den Ozeanboden und Schelfabhänge vertikal hoch und isotrop aufzulösen. In Entfernung zu topographischen Rändern wird die vertikale Auflösung vergrößert. Das Modell wird auf den Nordwesteuropäischen Schelf angewendet, ein ideales Testgebiet für das neue Modellkonzept. Die Gegend ist gut mit Beobachtungen abgedeckt und bietet eine große Vielfalt an verschiedenen topographischen Eigenschaften: flache Schelfgebiete, steile Abhänge und tiefe Becken. Nach der zurzeit stattfindenden Validation wird das Modell an ein Transport- und Ökosystemmodell gekoppelt, um den Einfluss von Klimaänderungen auf einem interdisziplinären Level zu untersuchen.

Die integrale Modellierung von Hydrographie und Zirkulation im Ozean, am Kontinentalhang und auf dem Schelf führt aufgrund der sich ändernden Raum- und Zeit-Skalen vom tiefen zum flachen Bereich bisher immer zu einem Grundkonflikt: großskalige Ozeanmodelle lösen die vertikale Struktur in der Bodengrenzschicht und an Schelfhängen nur unzureichend auf und vertikal hochauflösende Schelfmodelle sind im tiefen Ozeanbereich numerisch zu teuer und zu aufwändig.

Mit dem am IfM entwickelten Vector-Ocean-Model VOM wird eine neue Richtung eingeschlagen, indem die Vorteile von level-Modellen (präzise Druckapproximation, präzise Massenerhaltung) mit denen von sigma-Modellen (räumlich variable vertikale Schichtdicken) kombiniert werden. VOM ist eine Weiterentwicklung von HamSOM (Hamburg Shelf Ocean Model), das seit nunmehr 20 Jahren auf viele Regionen des Weltozeans angewendet wird. Als dreidimensionales, baroklines Modell basiert HamSOM auf den Flachwassergleichungen bei freier Oberfläche und mit z-Koordinaten. Auch VOM verwendet diesen Koordinatentyp jedoch mit der Möglichkeit der vertikalen Adaption: In Regionen mit starken topographischen Gradienten und in flachen Berei-

chen wird mit einer hohen Auflösung gearbeitet, die durch eine Basis- oder Minimum-Schichtdicke festgelegt wird. In tiefen Regionen oder in Bereichen mit schwachen Topographiegradienten wird durch Vervielfachung der Minimum-Schichtdicke eine Vergrößerung bis zur maximalen Schichtdicke erreicht. Neben der minimalen und maximalen Schichtdicke gibt es weitere Optionen für die Gittereinstellung. Hierzu zählen der Grad der Gitterverfeinerung in Abhängigkeit von topographischen Gradienten oder vom Abstand zu lateralen Rändern (Schelfhänge). Gleichzeitig kann sowohl an der Oberflächengrenzschicht als auch an der Bodengrenzschicht eine Zone konstanter hoher Auflösung beibehalten werden.

Im Rahmen eines IfM-internen Modellvergleichs mit HamSOM wird VOM derzeit auf den Nordwesteuropäischen Schelf angewendet. Die gewählte Modellregion beinhaltet Teile des Nordatlantiks mit den westlichen Kontinentalrändern und der Nordsee, die overflow-Region mit der Island – Schottland Schwelle und die topographisch komplexe Region Rockall Trough / Porcupine Bank vor Irland und England.



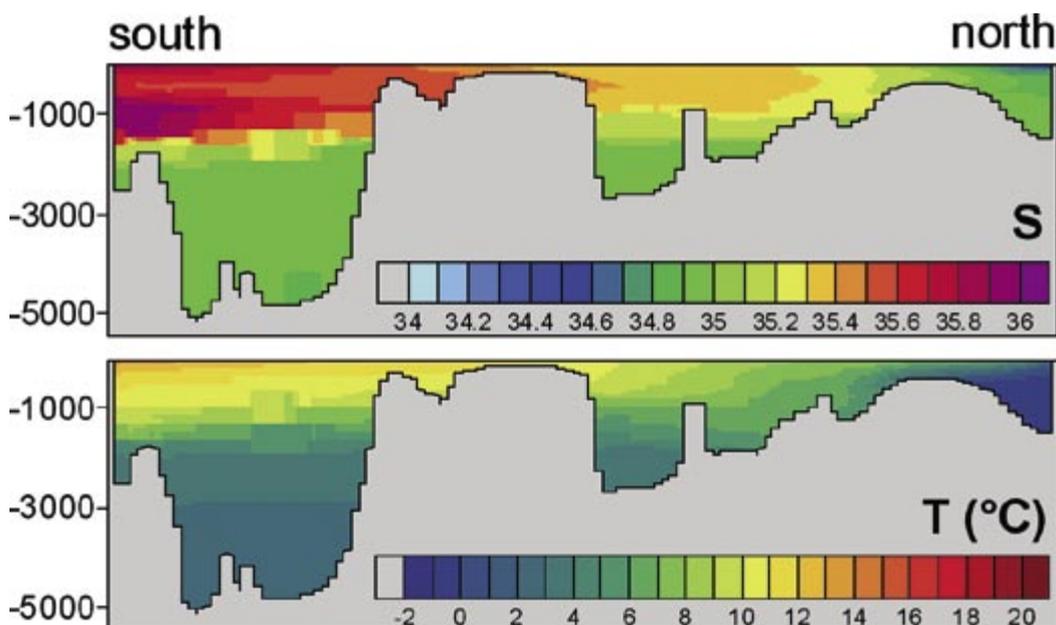
Anzahl der vertikalen Schichten in der Modelregion des Nordwesteuropäischen Schelfs.
Number of vertical layers in the model region of the North West European shelf.

In a new ocean model defined in z co-ordinates, an adaptive grid was introduced for the vertical coordinate. The static adaptation to a given topography allows for a high and isotropic vertical resolution at the seabed and in the vicinity of topographic slopes, whereas towards the ocean interior resolution is coarsening. The model is applied to the North-West European shelf margins, which represents an ideal test area for this new model concept. The region is well observed and includes a large variety of different topographic features: shallow shelf areas, continental margins with steep slopes, overflow ridges and deep basins. Following the presently ongoing validation, the hydrodynamic model will be coupled to a transport- and ecosystem model to investigate the influence of climate change or variability on an interdisciplinary level.

Die steilen Schelfabhänge und Schwellen bedingen eine starke vertikale Adaption des Gitters. Dadurch ergibt sich eine hohe Anzahl von Schichten im Bereich steiler Schelfhänge, während in Bereichen schwacher Tiefengradienten die Schichtzahl gering bleibt. Dies gilt vor allem für die flachen Bereiche der Nordsee aber auch für den tiefen, ebenen Nordatlantik.

Das Modell wird im Rahmen der Testläufe über einen Zeitraum von 10 Jahren integriert mit Startzeitpunkt 1.1.1992. Im Verlauf der Simulation entfernt sich das Modell vor allem in den topographisch interessanten Regionen deutlich von den Eingangsdaten, wobei die wesentlichen Hydrographie- und Zirkulationsmerkmale wesentlich realistischer herausgebildet werden als zum Startzeitpunkt. Der Südrand ist durch das Salzgehaltsmaximum des einströmenden Mittelmeerwassers gekennzeichnet, das sich mit einem Schelfrandstrom entlang der steilen Kontinentalabhänge durch die Biskaya nach Norden ausbreitet. Dieses Salzmaximum ist auch noch an den Schelfhängen vor dem Englischen Kanal und vor Irland zu erkennen, häufig in Verbindung mit Auftrieb, der sich als leichte Aufwölbung der Isothermen am Schelfhang zeigt. Der Nordrand ist durch den overflow gekennzeichnet, der sich in Form von kaltem Bodenwasser über die Rückensysteme zwischen Island und Schottland nach Süden bewegt und hier die Zwischenwasser-Charakteristik beeinflusst.

In den bisherigen Simulationen hat das Modell seine Fähigkeit, topographieabhängige Prozesse realistisch wiedergeben zu können, deutlich bewiesen. Durch Vergleich mit Beobachtungen und anderen Modellergebnissen werden aber auch in Zukunft noch Korrekturen und Verbesserungen einfließen, die sich vor allem auf die Parameterwahl und die Numerik beziehen. Nach einer sorgfältigen Validation der hydrodynamischen Modellergebnisse ist geplant, die Simulationen auf längere Zeitskalen auszudehnen und das hydrodynamische Modell mit einem Transportmodell bzw. einem Ökosystemmodell zu koppeln, um die Vorteile der verbesserten Darstellung topographiebedingter Zirkulationsprozesse für interdisziplinäre z.B. bio-geochemische Forschungsfragen zu nutzen.



Salzgehalts- und Temperaturverteilung auf einem Meridianschnitt im Nordatlantik (Linie in vorheriger Abb.) am 31.12.1993, ein Jahr nach Modellstart. *Salinity and temperature distribution on a meridional section in the North Atlantic (see line in previous figure), one year after model initialisation.*

Weiterentwicklung und Anwendung des Ökosystemmodells ECOHAM auf den Nordwesteuropäischen Schelf

W. Kühn, H. Lenhart, A. Moll, J. Pätsch

Unsere Forschungsziele umfassen Austauschprozesse zwischen Küstenzone, Schelfmeer, Ozean und Atmosphäre. Insbesondere die Funktionsweise und Quantifizierung der „Schelfpumpe“ bilden einen Schwerpunkt unserer Untersuchungen. Weitere Themen sind Populationsdynamik von Zooplankton, Individuenbasierte Modellierung von Fischlarven, Bewertung von Maßnahmen zum Management der Küstenzonen in Bezug auf Eutrophierungsprobleme sowie die Untersuchung der rezenten und präindustriellen $\delta^{15}\text{N}$ -Verteilungen im Sediment der Deutschen Bucht. Hier geben wir ein Beispiel unserer Arbeit über den Stoffaustausch zwischen dem Nordwesteuropäischen Schelf und dem Nordatlantik.

Weltweit wird dem Stoffaustausch zwischen dem Land, den vorgelagerten Küsten- und Schelfmeeren und dem offenen Ozean große Aufmerksamkeit gewidmet. Insbesondere steht dabei im Mittelpunkt, welche Rolle die Schelfe beim Transfer von CO_2 – dem wichtigsten Treibhausgas – aus der Atmosphäre in den tiefen Ozean spielen. Der entsprechende Mechanismus wird als „Schelfpumpe“ bezeichnet. Schelfmeere zeichnen sich durch hohe biologische Produktion aus. Das bei der Photosynthese des Phytoplanktons absorbierte CO_2 kann bei Vorliegen geeigneter topographischer und hydrographischer Bedingungen in Form von DIC (Dissolved Organic Carbon) oder als organischer Kohlenstoff vom Schelf in die Tiefen des benachbarten Ozeans transportiert werden.

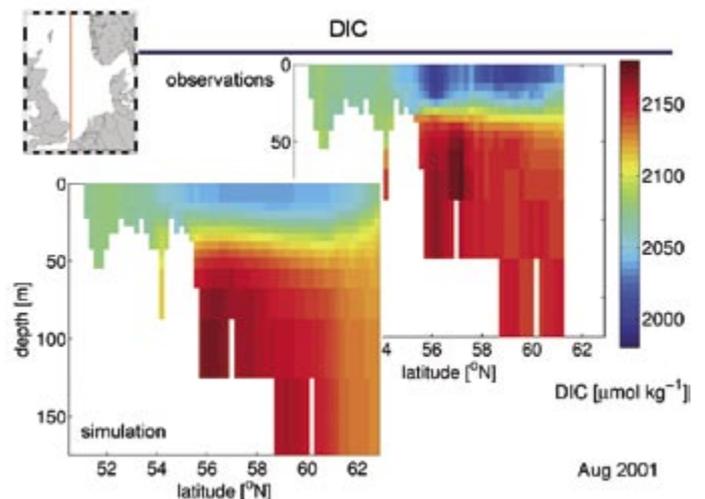
Die Untersuchungen mit Hilfe des Ökosystemmodells ECOHAM konzentrieren sich auf den Nordwesteuropäischen Schelf, eines der größten Schelfgebiete der Erde, bzw. auf die Nordsee, das Kerngebiet dieses Schelfs.

Angetrieben mit realistischen meteorologischen Daten und unter Berücksichtigung der Einträge von Kohlenstoff über die Flüsse ist das Modell in der Lage, beispielsweise eine Kohlenstoff-Bilanz für die Nordsee zu berechnen, die die CO_2 -Aufnahme aus der Atmosphäre ($\sim 1 \text{ mol C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) ebenso einschließt wie den Import/Export von Kohlenstoff über die Grenzen zum Nordatlantik.

Our research goals comprise exchange processes between coastal zone, shelf sea, ocean and atmosphere. Especially, the functioning and the quantification of the shelf pump is one of our main research topics. Further topics are population dynamics of zooplankton, individual-based modelling of larval fish, assessment of coastal zone management related to eutrophication problems and investigation of recent and preindustrial $\delta^{15}\text{N}$ distributions in the sediment of the German Bight.

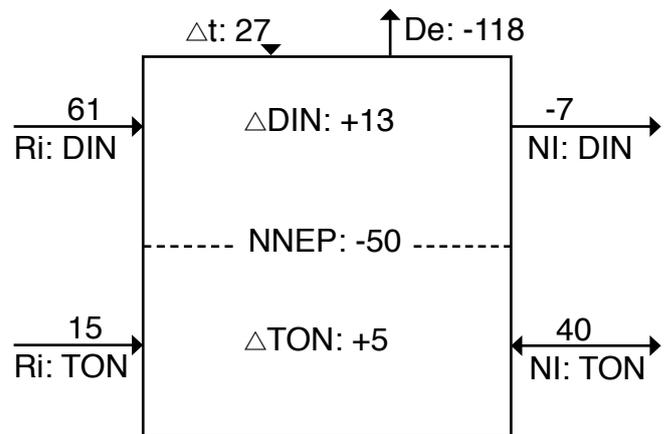
Für die Verlässlichkeit der so erhaltenen Resultate ist von entscheidender Bedeutung, dass die vorliegenden Beobachtungsdaten, wie DIC-Konzentrationen oder Partialdruck von CO_2 im Wasser, möglichst gut reproduziert werden. Voraussetzung dafür ist wiederum, dass die relevanten kohlenstoff-bezogenen biologischen Prozesse (Primärproduktion, Respiration) ebenso realitätsnah simuliert werden wie die entscheidenden hydrodynamischen Parameter, also die Wassertemperatur, die vertikale Durchmischung bzw. Schichtung der Wassersäule und die Zirkulation. In Zukunft soll ECOHAM mit dem Vector-Ocean-Model (VOM) gekoppelt werden.

Inzwischen ist es gelungen, detaillierte Messungen zum anorganischen Kohlenstoff in der Nordsee aus den Jahren 2001/2002 mit dem Modell ECOHAM zu reproduzieren. Insbesondere die beobachtete starke sommerliche Abnahme der DIC-Konzentrationen veranlasste uns, das in den meisten Modellen benutzte konstante C/N-Verhältnis bei der Photosynthese durch eine adaptive Formulierung zu ersetzen.



Simulierte und beobachtete Verteilung der DIC (Dissolved Inorganic Carbon) Konzentrationen auf einem Süd-Nord-Schnitt durch die Nordsee für August 2001. *Simulated and observed DIC (Dissolved Inorganic Carbon) concentrations along a South-North transect through the North Sea (August 2001).*

Für das Funktionieren der Schelfpumpe ist die hinreichende Versorgung des Schelfs mit Nährstoffen Voraussetzung. Die meisten Schelfgebiete der Welt sind durch hohe Nährstoffeinträge über die Flüsse, aber auch über die Atmosphäre gekennzeichnet. Das trifft auch für die Nordsee zu. Umso erstaunlicher scheint es, dass unseren Modellergebnissen zufolge die Nordsee zusätzlich Stickstoff über die lateralen Ränder importiert. Hierbei handelt es sich um organischen Stickstoff, der auf den flachen Randzonen des Schelfs außerhalb der Nordsee produziert wird. Ursprung dieses Stickstoffs sind die Tiefen des Nordatlantiks.



Entscheidend für die Stickstoffbilanz ist, dass die Nordsee sich durch starke benthische Denitrifizierung auszeichnet, die einen Großteil des importierten (organischen und anorganischen) Stickstoffs in molekularen Stickstoff umwandelt, der an die Atmosphäre abgegeben wird. Für diese Untersuchungen des Stickstoffkreislaufs in der Nordsee und der Stickstoffflüsse zwischen Nordatlantik und Nordsee wurde das Modell ECOHAM anhand verschiedener Datensätze für die Nordsee (Nitrat, Chlorophyll, Sauerstoff) validiert. Insbesondere der Prozess der benthischen Denitrifizierung wurde justiert und durch Verwendung von Messdaten abgesichert.

Stickstoff-Bilanz für die Nordsee (in Gmol N a^{-1}) für das Jahr 1995.

DIN = gelöster anorganischer Stickstoff, TON = gesamter organischer Stickstoff; At = atmosphärische Deposition von NH_x und NO_y , De = benthische Denitrifizierung, Ri = Flusseintrag, NI = lateraler Netto-Im/Export. NNEP ist der Netto-Fluss aus dem anorganischen Stickstoff-Pool in den organischen Pool. ΔDIN und ΔTON bezeichnen die Änderungen des Inhalts aufgrund von Konzentrationsänderungen.

North Sea nitrogen budget (in Gmol N yr^{-1}) for the year 1995.

DIN = dissolved inorganic nitrogen, TON = total organic nitrogen; At = atmospheric deposition of NH_x and NO_y , De = benthic denitrification, Ri = river input, NI = lateral net im/export. NNEP is the net flux from the inorganic nitrogen pool into the organic pool. δDIN and δTON are the changes of content due to changes of nitrogen concentrations.

Modellierung der jahreszeitlichen Schwankungen einer Zooplankton-Population im Ökosystem der Nordsee

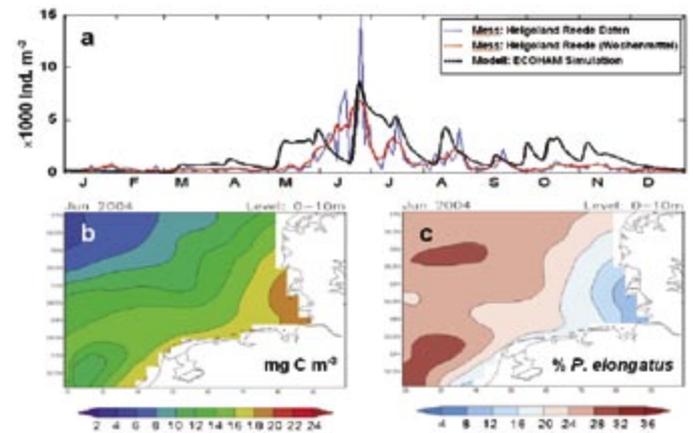
Christoph Stegert

In der Promotionsarbeit wird die Entwicklung des Zooplanktons im hydrodynamischen und biologischen Umfeld der Nordsee mittels mathematischer Modelle untersucht. Dazu wird der Lebenszyklus einer Zooplanktonart mit seinen Entwicklungs- und Stoffwechselprozessen durch Stoffflüsse beschrieben. Die Gleichungen werden im Ökosystemmodell ECOHAM integriert, um im Kontext von Zirkulation, Nährstoff- und Phytoplanktonverteilung die Zooplanktodynamik in den regionalen Unterschieden und der jahreszeitlichen Entwicklung zu untersuchen. Die Ergebnisse werden u.a. für die Modellierung des Rekrutierungserfolges von Fischlarven im deutschen GLOBEC Projekt, in das die Arbeit eingegliedert ist, verwendet.

Die zum Zooplankton gehörenden Copepoden nehmen als Primärkonsumenten und als Nahrungsgrundlage für Fischlarven und für viele weitere Lebewesen im marinen Ökosystem einen bedeutenden Platz ein. Ihr Einfluss wirkt sich auch auf den Reproduktionserfolg der Fische aus, der starke Unterschiede zwischen einzelnen Jahren aufweist. Seit 2002 werden in Deutschland die Ost- und Nordsee im Rahmen von GLOBEC-Germany1 in Hinblick auf die Wechselwirkungen zwischen Copepoden und Jungfischen sowie in Hinblick auf den Einfluss physikalischer Änderungen auf die biologische Dynamik erforscht.

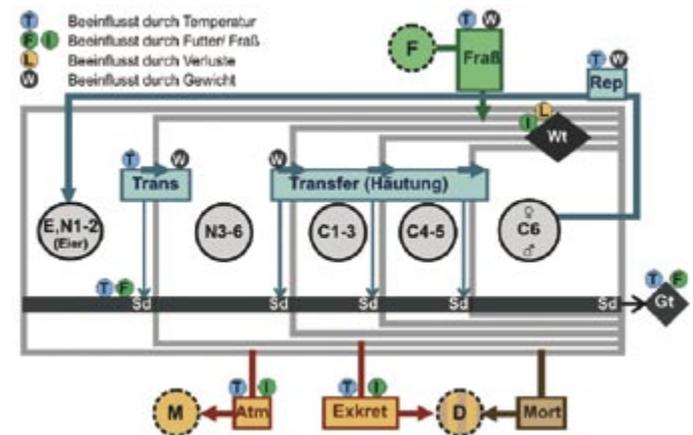
Um das Verhalten einer typischen Copepodenart im dreidimensionalen ECOHAM-Modell zu untersuchen, wurde die Entwicklungsphysiologie von *Pseudocalanus elongatus*, einer GLOBEC-Schlüsselart, als neues Modul in das Modell integriert. Dazu wurden Zustandsvariablen für Abundanz und Biomasse für mehrere Stadiengruppen formuliert. Mit Hilfe der Literatur wurde eine artenspezifische Parametrisierung für den Lebenszyklus in Nahrungsaufnahme, Metabolismus, Entwicklung (durch Wachstum und Häutung) sowie Reproduktion erarbeitet. Das Verhalten der Population wurde zunächst in einer Wassersäule und dann in der ganzen Nordsee angewandt. Die Einbindung der Populationsdynamik in Konkurrenz zum restlichen Zooplankton ermöglicht

eine Analyse des quantitativen Anteils von *P. elongatus* in der artenreichen Nordsee. Nach erfolgter Validation anhand von Messdaten für das Jahr 2004 werden derzeit Untersuchungen zum Verständnis der Zooplanktodynamik durchgeführt. Dazu gehören die räumlich-zeitliche Verteilung der Population und ihre Ursachen. So steuert die Futtermenge die Größe der Population während die Temperatur ihre Entwicklungsgeschwindigkeit beeinflusst.



a) Simulierte (schwarz) und gemessene (blau/rot) Entwicklung von *Pseudocalanus elongatus* bei Helgoland für 2004. b) Simulierte Biomasse der Population und c) ihr Anteil an der gesamten Zooplanktonbiomasse.

a) Modelled (black) and observed (blue/red) development of *Pseudocalanus elongatus* at Helgoland Reede in 2004. b) Simulated population biomass and c) its percentage amount of total zooplankton biomass.



Interaktionsdiagramm des Lebenszyklus der Copepoden im Modell.
Interaction diagram on modelled copepod life cycle.

In the PhD thesis the development of zooplankton within the hydrodynamical and biological environment of the North Sea is investigated using mathematical models. In the models, the life cycle of a zooplankton species is described by cycles of matter within developmental and physiological processes. Equations with species-specific parameter values are implemented into the ecosystem model ECOHAM to simulate the annual cycle and regional differences influenced by circulation, nutrient and phytoplankton distribution. The results are also used for modelling the recruitment success of larval fish within the German GLOBEC project, to which the thesis work is a contribution.

Modellierung der Sauerstoffdynamik im Ökosystem der Nordsee

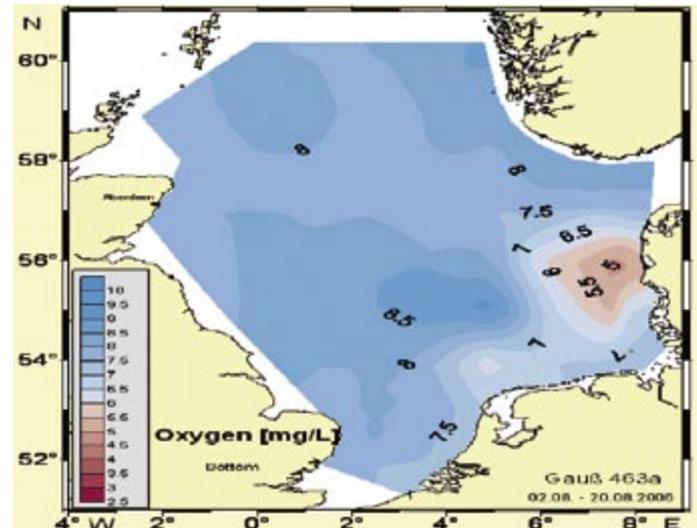
Larissa Müller

Gegenstand der Promotionsarbeit ist die Untersuchung und Quantifizierung der regionalen und zeitlichen Variabilität von Sauerstoff in der Nordsee. Die Charakteristika im Jahresgang des Sauerstoffs werden herausgestellt und auf Grundlage physikalischer und biologischer Zusammenhänge zwischen dem Sauerstoff und den anderen Zustandsgrößen des Ökosystems erklärt. Auch die Folgen atmosphärischer und ozeanographischer Antriebsmechanismen auf die Sauerstoffdynamik werden untersucht. Basis für die Modellsimulationen bildet das Ökosystemmodell ECOHAM, das um den Sauerstoffkreislauf erweitert wurde. Die Ergebnisse sollen zum besseren Verständnis der Sauerstoffdynamik in flachen Schelfgebieten beitragen.

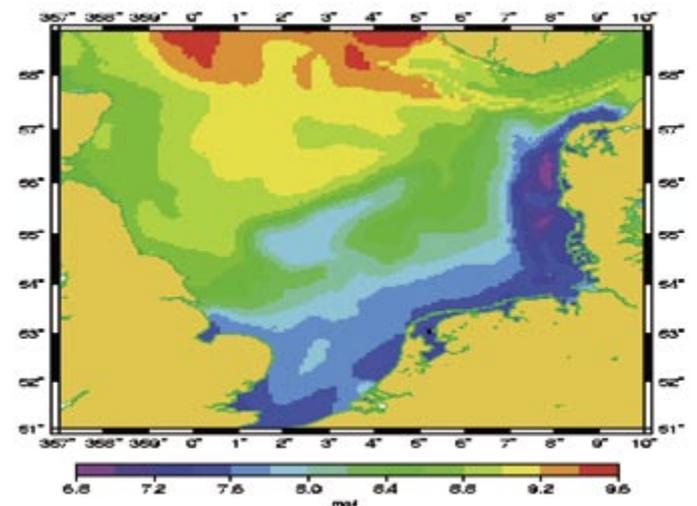
Die aktuelle Sauerstoffkonzentration eines Gewässers wird durch das Zusammenspiel zahlreicher physikalischer, chemischer und biologischer Prozesse gesteuert. Die Variationen des Sauerstoffgehaltes werden wesentlich durch den Jahresgang der Temperatur und die jahreszeitlich unterschiedlich stark ausgeprägte Intensität von Produktions- und Zehrungsprozessen verursacht. Daneben spielen hydrodynamische Prozesse, wie Advektion und vertikale Durchmischung, eine Rolle. In der Regel ist das Oberflächenwasser der Nordsee gut mit Sauerstoff versorgt, da Sauerstoff dort durch Photosynthese erzeugt bzw. im Falle von Untersättigung aus der Atmosphäre eingetragen wird. Wesentlich kritischer kann die Sauerstoffsituation in den tieferen Wasserschichten sein. Im Sommer sind große Bereiche der Nordsee durch die Ausbildung einer thermischen Schichtung charakterisiert, die den vertikalen Transport von Sauerstoff weitgehend verhindert. Aufgrund der beträchtlichen Mengen abbaubarer, organischer Substanzen unterhalb der Thermokline überwiegen zusätzlich Sauerstoffverbrauchende Prozesse, so dass es zu einer deutlichen Abnahme des Sauerstoffs kommt.

Diese, den Sauerstoffkreislauf betreffende Prozesse wurden in das ECOHAM-Modell am IfM eingebaut und getestet. Außerdem wurde eine Kopplung zwischen ECOHAM und dem Ausbreitungsmodell BSHdmod.E am BSH vorgenommen.

The variability of the oxygen concentration in the North Sea is analysed and quantified. It is investigated how physical and biological parameters as well as other variables of the ecosystem influence the seasonal cycle of the oxygen concentration. The investigations are carried out with the ecosystem model ECOHAM, which was extended by the oxygen cycle.



Gemessene Sauerstoffkonzentration [mg/l] am Boden der Nordsee, aufgenommen mit einer CTD-Sonde während der FS Gauss Fahrt Nr. 463 a (2.-20.8.2006).
Measured oxygen concentration [mg/l] at the bottom of the North Sea, CTD measurements taken during FS Gauss cruise 463a (2.-20.8.2006).



Simulierte Sauerstoffkonzentration [mg/l] in der Bodenschicht der Nordsee am 07.08.2006.
Simulated oxygen concentration [mg/l] in the bottom layer of the North Sea on 07.08.2006.

Auftrieb im Winter vor der Küste Vietnams

Hartmut Hein

Der Auftrieb von kaltem Tiefenwasser vor der südlichen Küste Vietnams während des Sommermonsuns ist ein mehrfach beschriebenes Phänomen. Im Winter dagegen würde man infolge des lokalen Windfeldes, der einen Transport in Richtung Küste bewirkt, ein Absinken von Oberflächenwasser erwarten. In der Tat zeigen aber Messungen und Modellstudien, dass sich auch während des Wintermonsuns Tiefenwasser an die Oberfläche bewegt. Eine mögliche Erklärung für dieses Verhalten ist, dass nicht allein das lokale Windfeld sondern insbesondere der südwärts gerichtete Randstrom des Südchinesischen Meers für den Auftrieb eine entscheidende Rolle spielt.

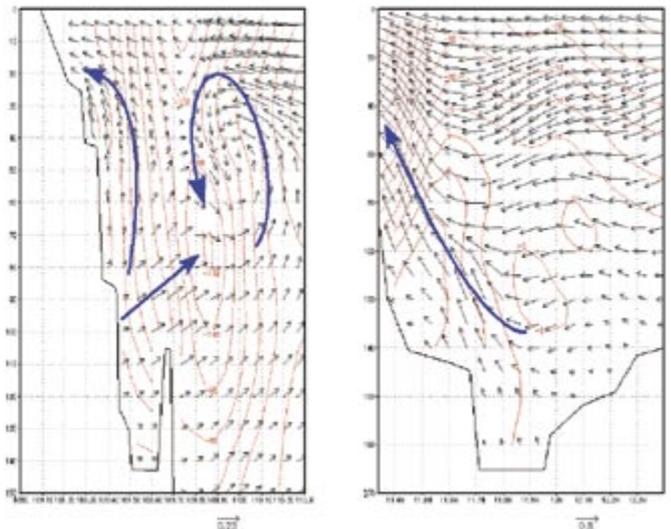
Das Besondere am Auftrieb vor der Küste Vietnams ist, dass er auf einen schmalen Küstenabschnitt begrenzt ist. Er bildet einen Jet, der das kalte Wasser bis zu 800 km weit ins Südchinesische Meer transportiert. Die Gesamtzirkulation des Südchinesischen Meeres hat weit mehr Einfluss als bisher angenommen und ist zeitweise wesentlich wichtiger für das Entstehen des Auftriebs als der lokale Wind. Selbst während des Wintermonsuns und der Übergangsphase im April findet Auftrieb statt. Diese Erkenntnisse wurden im DFG geförderten vietnamesisch-deutschen Projektes „Vietnam Upwelling“ gewonnen.

Mit Hilfe von Messfahrten und Modellstudien wurde der Auftrieb untersucht. Das Modell (HAMSOM) wurde sehr fein horizontal und vertikal auflösend konzipiert, so dass sich kleinräumige Prozesse, insbesondere solche an der Schelfkante, darstellen lassen. Darüber hinaus wurde -bislang einmalig- bei der Untersuchung eines Auftriebsgebiets die Gesamtzirkulation des umgebenen Meeres mitberücksichtigt.

Eine wesentliche Erkenntnis dieser Modellstudien ist das Auftreten von Auftrieb (positive Vertikalgeschwindigkeiten) während des Wintermonsuns. Zu

dieser Zeit existiert ein starker, südwärts gerichteter Randstrom, der von der sich ändernden Topographie beeinflusst wird. In einem Schnitt quer zur Küste um 11° N ist die Auftriebsbewegung des Tiefenwassers deutlich zu erkennen. Im Vergleich zu den gängigen Auftriebsprozessen ist die hier untersuchte Auftriebsbewegung mit einer starken küstenparallelen Komponente versehen. Auch im März 2005 durchgeführte Messungen bestätigen, dass Auftrieb im Winter existiert.

Die hohe Geschwindigkeit des Randstroms im Zusammenspiel mit der immer flacher werdenden Topographie (hohe Froudenummer), wobei sich die Tiefe des Schelfs von ca. 200 m im Norden auf ca. 50 m auf dem Sunda-Schelf im Süden verringert, und eine zusätzliche Rotationsbewegung (Zunahme der relativen Vorticity) ermöglichen es, dass sich der Randstrom in Richtung Küste bewegt. Dies ist eine wahrscheinliche Erklärung für den auch im Winter auftretenden Auftrieb.



Simulierte Strömungen während des Wintermonsuns. a) Vertikal und senkrecht zur Küste. b) Vertikal und küstenparallel.

Simulated currents during winter monsoon. a) Vertical and perpendicular to the coast. B) Vertical and parallel to the coast.

The upwelling of cold deep water along the southern coast of Vietnam during the summer monsoon is a phenomenon often described. In contrast, in winter one would expect a downwelling process due to the local wind field, which induces a transport directed to the coast. Indeed, observations and model studies show that also in winter deep water is carried up to the surface. One possible explanation is that not only the local wind field but in particular the southward directed boundary current of the South China Sea is responsible for the appearance of the upwelling.

Institutsmitarbeiterinnen und -mitarbeiter

Institutsgeschäftszimmer

Waltraut Domke-Sommer

Öffentlichkeitsarbeit

Susan Beddig

Theoretische Ozeanographie

Prof. Dr. Aike Beckmann
Dr. Xueen Chen (ausgesch. 01.10..05)
Dr. Peter Damm
Dagmar Hainbucher
Dr. Mutiara Putri (ausgesch. 01.03..07)
Dr. Thomas Pohlmann

Dr. Ulrike Seiler
Dr. Bernhard Mayer
Dr. Jian Su
Jiangling Xu
Prof. Dr. Wilfried Zahel
(emeritiert März 2006)

Schelfmeerozeanographie und Ökosystemmodellierung

Prof. Dr. Jan Backhaus (Leiter der Gruppe)
Dr. Ingo Harms
Udo Hübner
Dr. Wilfried Kühn
Dr. Hermann-J. Lenhart

Kai Logemann
(ausgesch. 06.07.06)
Dr. Andreas Moll
Dr. Johannes Pätsch
Dr. Stephanie Ronski
Dr. Susanne Tamm

Regionale Ozeanographie und Schiffsleitstelle

Prof. Dr. Jens Meincke (Leiter der Gruppe,
emeritiert September 2006)
Michael Berkenheger
Manfred Bersch
Waltraut Domke-Sommer
Ulrich Drübbisch
Iris Mendorff (ausgesch. 01.02.07)
Dr. John Mortensen (ausgesch. 01.01.07)

Francisca Terrassa
Prof. Dr. Detlef Quadfasel
Dr. Christian Rodehacke
Norbert Verch
Andreas Welsch
Marlies Wienbeck-Maier
(im Ruhestand seit Sept. 2007)

Fernerkundung

Prof. Dr. Detlef Stammer (Leiter der Gruppe)
Dr. Alexei Androssov (ausgesch. 01.10.06)
Steffen Dransfeld (ausgesch. 01.09.07)
Dr. Anna Dzvonkovskaya
Sara de la Rosa Höhn
Dr. Martin Gade
Dr. Klaus-Werner Gurgel
Prof. Dr. Lars Kaleschke
Prof. Dr. Rolf Käse
Dr. Stefan Kern
Dr. Armin Köhl
Dr. Ulrich Körner

Phillip Lange Ph.D.
Dr. Vanya Romanova
Dr. Roland Romeiser
Thomas Schlick
Dr. Nuno Serra
Gerd Schäfer
Dr. Frank Siegismund
Dr. Eifu Taguchi
Antje Tittebrand
Dr. Weiqiang Wang
Andreas Winderlich
Karin Ziemann-Cohrs

Anhang

Liste der Diplomanden/innen und Doktoranden/innen

Anzahl aller eingeschriebener Studenten 2007: 110

Theoretische Ozeanographie

Doktoranden:

Birte Karfeld
Hartmut Hein (PhD Abschluss in 2007)
Malte Müller (PhD Abschluss in 2007)
Agus Setiawan
Philipp Weis
Annika Weseloh
Dan Song

Diplomanden:

Jonny Knaack
Huadong Liu
Michaela Markovicz

Schelfmeerozeanographie und Ökosystemmodellierung

Doktoranden:

Georgios Papantoniou
Larissa Müller
Einar Olason
Christoph Stegert

Diplomanden:

Markus Kreuz (Diplom in 2006/2007)
Friederike Prowe (Diplom in 2006/2007)
Bente Tiedje

Experimentelle Ozeanographie:

Doktoranden:

Dieter Basener
Katrin Latarius
Gunnar Voet

Diplomanden:

Gerrit Maschwitz
Gunnar Voet (Diplom in 2006/2007)

Fernerkundung

Doktoranden:

Anne-Kristin Anweiler
Stylianos Flampouris, GKSS
Steffen Grünler
Iris Hinrichs
Nikolai Koldunov
Matthias Köller
Nidia Martinez
Markéta Pokorná
Patrick Rosendahl
Martin Scharffenberg
Stephan Sedlacek, GKSS
Gunnar Spreen
Wei Shen
Theodoros Yemenis

Diplomanden:

Karen Anderßen (Diplom in 2006/2007)
Manfred Brath
Iris Ehlert (Diplom in 2006/2007)
Renee Fontes (Diplom in 2006/2007)
Sören Hüttemann (Diplom in 2006/2007)
Matthias Köller (Diplom in 2006/2007)
Philipp Müller (Diplom in 2006/2007)

Doktoranden/innen mit einem Beitrag in dieser Ausgabe PhD-Students with a contribution to this issue



Anne-Kristin Anweiler

- Studium:
 - Physik in Oldenburg und Lund, Schweden, von 1999 bis 2005
- Promotion seit 2005, Thema: „Tankexperimente zum Einfluss von Regen auf den Gasaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre“
Betreuer: Dr. Thomas Pohlmann und Dr. Martin Gade

Beitrag auf Seite/Article on page 23

Hartmut Hein

- Studium:
 - Vermessungswesen (1994 -1998)
 - Hydrographie (Level A / Standards of Competence der IHO / 1998 - 2002)
- Hydrographische Messungen auf dem russischem Forschungsschiff "Akademik Lavrentyev" (2002)
- seit 2002 Promotion: „Vietnam Upwelling - Analysis of the upwelling and related processes in the coastal area off South Vietnam“
Betreuer: Dr. Thomas Pohlmann



Beitrag auf Seite/Article on page 43



Katrin Latarius

- Studium:
 - Ozeanographie, Uni HH, 10/86-12/92
- Diplom: Dez.1992
- Anstellungen:
 - EU-Proj. ESOP, Uni HH, 1/93-4/95, SFB512-E2, seit 7/04
- Promotion:
 - Wärme- und Süßwasserflüsse im Europäischen Nordmeere auf saisonalen Zeitskalen - Prozessuntersuchungen und Budgets
- Betreuer: Prof. Dr. D. Quadfasel

Beitrag auf Seite/Article on page 32

Nidia Martinez Avellaneda

- Studium:
 - 1997-2005 Ozeanographie in Buenos Aires, Argentinien
- Promotion:
 - Sep. 2005 – März 2007 PhD Studentin am Max Planck Institut Hamburg, seit April 2007 Promotion am IfM, Thema: Impact of Sahara Dust on the Circulation of the North Atlantic
- Betreuer: Prof. Dr. Detlef Stammer



Beitrag auf Seite/Article on page 22



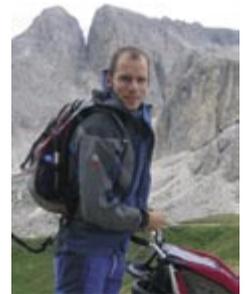
Larissa Müller

- Studium:
 - 1996-2003 Meteorologie (Diplom), Uni Hamburg
 - 2003-2006 wissenschaftliche. Mitarbeiterin, BSH
 - seit 2004 Promotion am Institut für Meereskunde unter Betreuung von: Prof. Dr. Meinke und Dr. Wilfried Kühn

Beitrag auf Seite/Article on page 42

Malte Müller

- Studium:
 - Physik, 1997-2003
- Stipendium:
 - IMPRS for Maritime Affairs, 2004-2007
- Promotion:
 - Barotropic free oscillations of the World Ocean, Prof. W. Zahel



Beitrag auf Seite/Article on page 21



Martin G. Scharffenberg

- 1999-2005 Studium:
 - Diplom in Ozeanographie an der Universität Kiel
- 2001-2005 Forschungsreisen:
 - (Alkor, Sonne, Discovery, Meteor und Atalante)
 - 2005 Aufenthalt am SIO, San Diego, Californien
- Seit 2005 Promotion:
 - Fernerkundung bei Prof. Dr. Detlef Stammer, (Eddy Variability in the Ocean as seen from the TOPEX/Poseidon – JASON-1 Tandem Mission)

Beitrag auf Seite/Article on page 33

Christoph Stegert

- Studium:
 - 1998-2004 Ozeanographie (Diplom), Uni Hamburg
- 2002-2004 studentische Hilfskraft, AG Ökosystemmodellierung/ GLOBEC
seit 2005 Promotion am Institut für Meereskunde unter Betreuung von:
Prof. Dr. Jens Meincke und Dr. Andreas Moll



Beitrag auf Seite/Article on page 41



Gunnar Voet

- Diplom Physik 2000 - 2006
- Am IfM seit 11/2006
- Promotion bei Prof. Dr. Detlef Quadfasel: Langfristige Veränderlichkeit von Wassermassenstruktur und Zirkulation im Europäischen Nordmeer.

Beitrag auf Seite/Article on page 31

Lehrprogramm 2006

Bachelor

1) Einführung Ozeanographie (mit Übungen)

Dozent: Jan Backhaus

Ziel: Vermittlung der Kenntnis und des Verständnisses dynamischer Prozesse im Ozean.

2) Seminar zur Exkursion für Anfänger

Dozent: Detlef Quadfasel

Ziel: Definition der wissenschaftlichen Fragestellung und Entwicklung der Messstrategie, Auswahl und Kennenlernen der Auswerteverfahren, Technische Vorbereitung der Expedition.

3) Fluidodynamik (mit Übungen)

Dozent: Jan Backhaus, Matthias Hort

Ziel: Heranführung an die Grundlagen zur Bearbeitung strömungsmechanischer Probleme.

4) Datenverarbeitung und Programmierung (mit Übungen)

Dozent: Detlef Stammer, Ekkehart Tessmer

Ziel: Einführung der Studierenden in das Programmieren von Computern und die Vermittlung von Grundkenntnissen im Programmieren zur Datenverarbeitung und Textverarbeitung.

5) Messmethoden und Fernerkundung (mit Übungen)

Dozent: Detlef Stammer, Detlef Quadfasel

Ziel: Vermittlung der Messmethoden und der Wirkungsweise und Funktionalität von Messgeräten in der beobachtenden Physikalischen Ozeanographie.

Diplom

6) Seminar über Allgemeine Meereskunde

Dozent: Thomas Pohlmann

Ziel: Einführung von Haupt- und Nebenfächlern in den Gesamtbereich der Physikalischen Ozeanographie.

7) Apparatives Praktikum für Anfänger

Dozent: Thomas Schlick

Ziel: Selbstständiges Erarbeiten eines wissenschaftlichen Versuchs mit rechnerischer und graphischer Auswertung. Fehleranalyse und einfache Statistik.

8) Große Exkursion mit Seminar

Dozent: Detlef Quadfasel, Dagmar Hainbacher

Ziel: Erlernen der Messmethoden der physikalischen Ozeanographie und Strategien zur Beantwortung einer wissenschaftlichen Fragestellung.

9) Theoretische Ozeanographie I (mit Übungen)

Dozent: Rolf Käse

Ziel: Vermittlung eines grundlegenden Verständnisses der Mechanismen, Skalen und dynamischen Gleichgewichte, die für die Meeresströmungen bedeutsam sind.

10) Theoretische Ozeanographie II (mit Übungen)

Dozent: Aike Beckmann

Ziel: Theoretisch-physikalische Grundlagen der Wellenvorgänge im Meer.

11) Regionale Ozeanographie III (Warmwassersphäre)

Dozent: Detlef Stammer, Jan Backhaus

Ziel: Verständnis der ozeanischen thermoklinen Zirkulation als Bestandteil des globalen Klimasystems.

12) Übungen und Seminar zu „Regionale Ozeanographie III“

Dozent: Detlef Stammer, Jan Backhaus

Ziel: Stoffeörterung aus der physikalischen Ozeanographie durch Präsentationen und Diskussionen.

13) Regionale Ozeanographie IV (Kaltwassersphäre)

Dozent: Detlef Quadfasel, Detlef Stammer

Ziel: Die Kaltwassersphäre umfasst ca. 80 % der Wassermassen des Weltmeeres. Ihr Kontakt mit der Atmosphäre der hohen Breiten und ihre Zirkulation sind zu beschreiben, um die Klimarolle des Ozeans zu verstehen.

14) Übungen und Seminar zu „Regionale Ozeanographie IV“

Dozent: Detlef Quadfasel, Detlef Stammer

Ziel: Stoffeörterung durch Präsentationen und Diskussionen.

15) Statistische Analyse von Zeitserien

Dozent: Detlef Stammer

Ziel: Vermittlung der Grundlagen der statistischen Analyse von Zeitserien, die zur richtigen Interpretation geophysikalischer Messserien erforderlich sind.

16) Übungen zu „Statistische Analyse von Zeitserien“

Dozent: Detlef Stammer

Ziel: Vertiefung der Grundbegriffe und Methoden der statistischen Analyse von Zeitserien durch Lösen von Übungs- und Rechenaufgaben.

17) Gezeiten

Dozent: Detlef Stammer

Ziel: Vermittlung einer strukturierten Übersicht über die Gezeitenerscheinungen im Meer, die Methoden ihrer Untersuchung, ihre Interdependenzen (auch mit jenen der festen Erde).

18) Ökosystemmodellierung: Das Nährstoff-Phytoplankton-System

Dozent: Andreas Moll, Wilfried Kühn, Hermann Lenhart, Johannes Pätsch

Ziel: Verständnis der Grundzüge der Nährstoffkreisläufe (N, P, Si) sowie Kohlenstoffkreislauf und deren Modellierung im Ozean und Schelfmeer.

19) Tankexperimente und Simulation von dynamischen Prozessen I

Dozent: Rolf Käse, Detlef Stammer, Detlef Quadfasel

Ziel: Grundlagen der Modellierung ozeanischer Prozesse sowohl numerisch als auch in Tankversuchen.

20) Tankexperimente und Simulation von dynamischen Prozessen II

Dozent: Rolf Käse, Detlef Stammer, Detlef Quadfasel

Ziel: Grundlagen der Modellierung von Konvektionsvorgängen mit und ohne Rotation, windgetriebene Strömungen, Instabilität von Meeresströmungen sowohl numerisch als auch im Laboratorium.

21) Einführung in die Erdsystemfernerkundung

Dozent: Detlef Stammer

Ziel: Grundlagen der Fernerkundung des Erdsystems. Grundlage der Fernerkundung des Erdsystems durch Satelliten.

22) Seminar Erdsystemfernerkundung

Dozent: Detlef Stammer

Ziel: Vertiefung der Kenntnisse in der allgemeinen Fernerkundung.

23) Einführung in Ozeandatenassimilation

Dozent: Detlef Stammer

Ziel: Erläuterung und Vermittlung der wichtigen Methoden und Diskussion von deren Anwendungen.

24) Einführung in die Ökosystemmodellierung

Dozent: Andreas Moll, Wilfried, Kühn, Hermann Lenhart, Johannes Pätsch

Ziel: Verständnis der Grundzüge der Nährstoffkreisläufe und ihrer Modellierung im Meer.

25) Modellierung I (mit Übungen)

Dozent: Jan Backhaus

Ziel: Numerische Verfahren der Modellierung in der Meereskunde.

26) Satellitenbildverarbeitung (mit Übungen)

Dozent: Lars Kaleschke

Ziel: Vermittlung des physikalischen Verständnisses für die Satellitenfernerkundung und praktisches Arbeiten mit Satellitendaten am Computer.

27) Einführen in das Programmieren am Beispiel von MATLAB

Dozent: Detlef Stammer

Ziel: Grundkenntnisse in der Benutzung und im Programmieren mit MATLAB; Benutzung von Toolboxen.

28) Seegang: Beobachtung und Analyse

Dozent: Friedwart Ziemer

Ziel: Das Verständnis über moderne Techniken zur Seegangsbeobachtung, insbesondere der Fernerkundung, soll vermittelt werden.

29) Seminar Meteorologie auf See I

Dozent: Torsten Albrecht

Ziel: Wetterbeobachtungen und kleine Wetteranalysen; Grundverständnis für die Wichtigkeit des Seewetterdienstes.

30) Kleine Exkursion

Dozent: Detlef Quadfasel, Dagmar Hainbucher

Ziel: Durchführung des Messprogramms und Auswertung der Daten in Hinblick auf die Fragestellung. Analyse der Messungen und Kommunikation der Ergebnisse durch Vorträge und/oder in schriftlichen Berichten.

31) Einführung in das wissenschaftliche Tauchen

Dozent: Dr. Christian Borowski, Michael Gerkens, Peter König, Dagmar Krüger, Dr. Andreas Lipp und Forschungstauchergruppe der Universität Hamburg

Ziel: Forschungstauchervorausbildung entsprechend den Richtlinien für den Einsatz von Forschungstauchern (ZH 1/540) der Berufsgenossenschaften; Unterricht in Theorie und Praxis des wissenschaftlichen Tauchens.

IfM Publikationen 2006-2007

Stand 21.11.2007

2007

- Alpers, W.**, J.-P. Chen, I.-I. Lin, and Ch.-Ch. Lien (2007): Atmospheric fronts along the east coast of Taiwan studied by ERS synthetic aperture radar images. *J. Atmos. Sci.* 64, 922-937.
- Alpers, W.**, Ch. M. Cheng, Y. Shao, and L. Yang (2007): Study of rain cells over the South China Sea by synergistic use of multi-sensor satellite and ground-based meteorological data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 73, 267-278.
- Bengtson, L.**, P. Arkin, P. Berrisford, P. Bougeault, C. K. Folland, C. Gordon, K. Haines, K. I. Hodges, P. Jones, P. Kallberg, N. Rayner, A. J. Simmons, **D. Stammer**, P. W. Thorne, S. Uppala and R. S. Vose (2007): The Need for a Dynamical Climate Reanalysis. *BULLETIN OF THE AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY*, 88, 495-501.
- Bersch, M.**, I. Yashayaev, and K. P. Koltermann (2007): Recent changes of the thermohaline circulation in the subpolar North Atlantic, *Ocean Dynamics*, 57, 223-235, 2007.
- Dickson B.**, S. Dye, S. Jönsson, **A. Köhl**, A. Macrander, M. Marnela, **J. Meincke**, S. Olsen, B. Rudels, H. Valdimarsson and **G. Voet** (2007): The overflow flux west of Iceland: variability, origins and forcing. In: Arctic-Subarctic Ocean Fluxes: Defining the role of the Northern Seas in *Climate*, Springer, in press.
- Hoteit, I.**, V. Thierry, B. Cornuelle and **D. Stammer** (2007): Estimating the circulation of the tripodal Pacific through model-data combinations. Part I: The Model and Sensitivity Studies. *J. A. O. Tech.*, in press.
- Huhn, O.**, H.H. Hellmer, M. Rhein, W. Roether, **C. Rodehacke**, M.P. Schodlok, M. Schröder (2007): Evidence of deep and bottom water formation in the western Weddell Sea. *Deep-Sea Res. II*, accepted.
- Kern, S.** (2007): Polynya Area in the Kara Sea, Arctic, obtained with Microwave Radiometry for 1979-2003. *Geosci. Rem. Sens. Lett.*, in press.
- Kern, S.**, **G. Spreen**, **L. Kaleschke**, **S. de la Rosa**, and G. Heygster (2007): Polynya Signature Simulation Method polynya area in comparison to AMSR-E 89 GHz sea-ice concentrations in the Ross Sea and off Adelie Coast, Antarctica, for 2002-2005: First Results. *Ann. Glac.*, 46, in press.
- Kern, S.**, **L. Kaleschke**, **G. Spreen**, R. Ezraty, F. Girard-Ardhuin, G. Heygster, S. Andersen, and R. Tonboe (2007): Sea Ice Parameters from Microwave Radiometry, in *Remote Sensing of the European Seas*, edited by V. Barale and M. Gade, Springer Verlag, Heidelberg, 526 pp., in press.
- Köhl, A.**, **D. Stammer**, and B. Cornuelle (2007): Interannual to Decadal Changes in the ECCO Global Synthesis, *J. Phys. Oceanogr.*, 37, 313-337.
- Köhl, A.**, **R.H. Käse**, **D. Stammer** and **N. Serra** (2007): Causes of changes in the Denmark Strait Overflow, *J. Phys. Oceanogr.*, 37, 1678-1696.
- Köhl, A.** and **D. Stammer** (2007): Decadal Sea Level Changes in the 50-Year GECCO Ocean Synthesis. *J. Clim.*, in press.
- Köhl A.** (2007): Generation and stability of a quasi-permanent vortex in the Lofoten Basin. *J. Phys. Oceanogr.*, 37, 2637-2651.
- Moll, A.**, and **C. Stegert** (2007): „Modelling Pseudocalanus elongatus population dynamics embedded in a water column ecosystem model for the northern North Sea“, *J. Mar. Syst.*, 64, 35-46, 2007.
- Müller, M.** (2007): The free oscillations of the world ocean in the period range 8 to 165 hours including the full loading effect, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L05606, doi:10.1029/2006 GL028870, 2007.
- Ponte, R.M.**, C. Wunsch and **D. Stammer** (2007): Spatial mapping of time-variable errors in Jason-1 and TOPEX/POSEIDON seasurface height measurements. *J. A. O. Tech.*, 24, 1078-1885.
- Quadfasel, D.**, and **R. Käse** (2007): Present-day Manifestation of the Nordic Overflows. In: Ocean circulation: past and future changes of meridional overturning. Eds: A Schmittner, J.C.H. Chiang and S.R. Hemmings. *Geophysical Monograph* 173. AGU, Washington D.C.
- Rabe B.**, F. A. Schott and **A. Köhl** (2007): Mean Circulation and Variability of the Tropical Atlantic during 1952–2001 in the GECCO Assimilation Fields. *J. Phys. Oceanogr.*, in press.
- Radach, G.** and **J. Pätsch** (2007): Variability of continental riverine freshwater and nutrient inputs into the North Sea for the years 1977 – 2000 and its consequences for the assessment of eutrophication, *Estuaries and Coasts*, 30(1), 66-81.
- Rodehacke, C. B.**, H. H. Hellmer, **A. Beckmann**, and W. Roether (2007): Formation and spreading of Antarctic deep and bottom waters inferred from a chlorofluorocarbon (CFC) simulation, *J. Geophys. Res.*, 112, C09001, doi:10.1029/2006JC003884.

- Romeiser, R.**, H. Runge, S. Suchandt, J. Sprenger, H. Weilbeer, A. Sohrmann, and **D. Stammer** (2007): Current measurements in rivers by spaceborne alongtrack InSAR, in press.
- Romeiser, R.**, and H. Runge (2007): Detailed analysis of ocean current measuring capabilities of TerraSAR-X in several possible along-track InSAR modes on the basis of numerical simulations, *IEEE Trans. Geosci. and Remote Sens.*, 45, 21-35.
- Romeiser, R.**, and H. Runge (2007): Current measurements in coastal waters and rivers by along-track InSAR, in *Remote Sensing of the European Seas*, V. Barale and M. Gade (eds.), 12 pp., Springer Science and Business Media, in press.
- Rubino, A.**, and **D. Hainbucher** (2007): A large abrupt change in the abyssal water masses of the eastern Mediterranean. *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2007GL031737, in press.
- Schott, F. A.**, W. Wang, and **D. Stammer** (2007): Variability of Pacific subtropical cells in the 50-year ECCO assimilation, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L05604, doi:10.1029/2006GL028478.
- Spreen, G.**, **L. Kaleschke**, and G. Heygster (2007): Sea Ice Remote Sensing Using AMSR-E 89 GHz Channels, *J. Geophys. Res.*, in press.
- Haarpaintner, J.**, and **G. Spreen** (2007): Use of Enhanced-Resolution QuikSCAT/SeaWinds Data for Operational Ice Services and Climate Research: Sea Ice Edge, Type, Concentration, and Drift, *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.*, 45(10), 3131-3137.
- Stammer, D.**, **A. Köhl** and C. Wunsch (2007): Impact of accurate geoid fields on estimates of the ocean circulation, *J. A. O. Tech.*, 24, 1464--1478.
- Stammer, D.** and **S. Hüttemann** (2007): Response of Regional Sea Level to Atmospheric Pressure Loading in Climate Change Scenarios, *J. Clim.*, in press.
- Stegert, C.**, **Kreus, M.**, Carlotti, F., and A. Moll (2007): „Parameterisation of a zooplankton population model for *Pseudocalanus elongatus* using stage duration laboratory experiments“, *Ecological Modelling*, 203, 214-234, 2007.
- Sündermann, J.** (2007): Survey: Sources, paths and effects of marine pollution. In: Basedow, J. and U. Magnus (eds.). *Pollution of the sea - prevention and compensation*, Hamburg Studies on Maritime Affairs 10, Springer, 7-14, 2007
- Terenzi, F.**, T.M. Hall, S. Khatiwala, S., **C.B. Rodehacke**, D.A. LeBel (2007): Uptake of natural and anthropogenic Carbon by the Labrador Sea, *Geophys. Res. Lett.*, 34(6),doi: 10.1029/2006GL028543
- Vinogradova, N. T.**, R. M. Ponte, and **D. Stammer** (2007): Relation between sea level and bottom pressure and the vertical dependence of oceanic variability, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L03608, doi:10.1029/2006GL028588.
- Yashayaev, I.**, **M. Bersch**, and H. M. van Aken (2007): Spreading of the Labrador Sea Water to the Irminger and Iceland basins, *Geophys. Res. Lett.*, 34, doi: 10.1029/2006GL028999, 2007.

2006

- Alpers, W.**, J.-P. Chen, I.-I. Lin, and Ch.-Ch. Lien (2006): „Atmospheric fronts along the east coast of Taiwan studied by ERS synthetic aperture radar images“. *J. Atmos. Sci.*, accepted.
- Andersen, S.**, R. Tonboe, **S. Kern**, and H. Schyberg (2006): Improved retrieval of sea ice total concentration from spaceborne passive microwave observations using Numerical Weather Prediction model fields: An intercomparison of nine algorithms, *Rem. Sens. Environ.*, 104 (4), 374-392.
- Brickman G.**, G. Marteinsdottir, **K. Logemann** and **I. H. Harms** (2006): Drift Probabilities for Icelandic Cod Larvae ICES, *Journal for Marine Science*, 2006, 63 1-11.
- Burchard H.**, Bolding K, **Kühn W.**, Meister A, Neumann T, Umlauf L (2006): Description of a flexible and extendable physical-biogeochemical model system for the water column. *J. Mar. Sys.* 61, 180 – 211.
- Danielson, S.**, K. Aagaard, T. Weingartner, S. Martin, P. Winsor, G. Gawarkiewicz, and **D. Quadfasel** (2006): The St. Lawrence Polynya and the Bering Shelf circulation: New observations and a model comparison. *J. Geophys. Res.*, in press
- Douglass, E.**, D. Roemmich, and **D. Stammer** (2006): Interannual variability in northeast Pacific circulation, *J. Geophys Res.*, 111, C04001, doi:10.1029/2005JC003015.
- Hainbucher, D.**, A. Rubino and B. Klein (2006): Water mass characteristics in the deep layers of the western Ionian Basin observed during May 2003. *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 33, L05608, doi:10.1029/2005GL025318.
- Hoteit I.** and **A. Köhl** (2006): Testing reduced order optimization strategies for four dimensional variational data assimilation, *J. Oceanogr.*, 62, 539-550
- Ilyina, T.**, **T. Pohlmann**, G. Lammell, **J. Sündermann** (2006): A fate and transport ocean model for persistent organic pollutants and its application to the North Sea. *Journal of Marine Systems* 63, 1-19.
- Kern, S.**, **M. Gade**, C. Haas, A. Pfäffling, and G. Müller (2006): About using helicopter-borne Radar

- Backscatter Polarization Ratio. measurements at L-Band to estimate the ice thickness, in *Arctic Sea Ice Thickness: Past, Present & Future*, edited by: P. Wadhams and G. Amanatidis, European Commission, Climate Change and Natural Hazards Series, No 10, Bruxelles, 293 pp., 93-103.
- Kern, S., M. Gade**, C. Haas, and A. Pfaffling (2006): Retrieval of thin-ice thickness using the L-Band polarization ratio measured by the helicopter-borne scatterometer HELISCAT, *Ann. Glaciol.*, 44, 275-280.
- Kern, S.**, Y. Chen, **D. Stammer**, and **G. Spreen** (2006): The sea-ice compactness in the Greenland and Barents Sea during 1979-2003: Changes and Links to the surface air flow, *Ann. Glaciol.*, 44, 30-36.
- Lenhart, H.**, B. Burkhard & W. Windhorst (2006): Ökologische Auswirkungen erhöhter Schwebstoffgehalte als Folge der Baumaßnahmen von Offshore Windkraftanlagen. *EcoSys Suppl.* Bd. 46. S. 90-106
- Lermusiaux, P.F.J.**, P. Malanotte-Rizzoli, **D. Stammer**, J. Carton, J. Cummins, and A. Moore (2006): Progress and Prospects of U.S. Data Assimilation in Ocean Research, *Oceanography*. {Oceanography}, 19, 172-183.
- Lorbacher K.**, D. Dommenges, P. P. Niiler and **A. Köhl** (2006), Ocean mixed layer depth: A subsurface proxy of ocean-atmosphere variability, *J. Geophys. Res.*, 111, C07010.
- Logemann K.** and **I. H. Harms** (2006): High Resolution Modelling of the North Icelandic Irminger Current. *Ocean Science*, 2, 291 – 306
- Meincke, J.** and **D. Quadfasel** (2006): Konvektion und Frischwasserflüsse im Nordatlantik. In: Lozán (ed.) *Warnsignale aus den Polarregionen*. Wissenschaftliche Fakten Hamburg, 73-77.
- Nunneri, C.**, Windhorst, W., Turner, R.K., and **Lenhart, H.-J.** (2006): Forthcoming. Nutrient emission reduction scenarios in the North Sea: an abatement cost and ecosystem integrity analysis. *Ecological Indicators* (2006), doi:10.1016/j.ecolind.2006.09.002, 2006
- Pohlmann, T.**, (2006): A meso-scale model of the central and southern North Sea: consequences of an improved resolution. *Continental Shelf Research* 26, 2367 – 2385.
- Radach, G.**, and **A. Moll** (2006): "Review of three-dimensional ecological modelling related to the North Sea shelf system. Part II: Model validation and data needs", *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 1-60, 2006.
- Stammer, D.**, C. Wunsch and K. Ueyoshi (2006): Temporal Changes in Ocean Eddy Transports, *J. Phys. Ocean.*, 36, p. 543 --550.
- Spreen, G.**, **S. Kern**, **D. Stammer** and R. Forsberg (2006): Satellite-based estimates of sea ice volume flux through Fram Strait. *Annals of Glaciology*, 44, 321- 328.
- Spreen, G.**, **S. Kern**, and **D. Stammer** (2006): Utilization of Multiple Satellite Sensors to Estimate Sea Ice Volume Flux through Fram Strait, in *Arctic Sea Ice Thickness: Past, Present & Future*, edited by: P. Wadhams and G. Amanatidis, European Commission, Climate Change and Natural Hazards Series, No. 10, Bruxelles, 293 pp., 176-192.
- Sündermann, J.** und **W. Lenz** (2006) 50 Jahre Institut für Meereskunde der Universität Hamburg, *Hist.-Meereskd. Jahrb.* 12, 45-64, Stralsund 2006.

Mitgliedschaften, Komitees und Gremienarbeit der Professoren

Universitäts-Mitgliedschaften:

- Department Geowissenschaften Erweiterter Vorstand: Prof. D. Stammer
- Berufungskommissionen: Prof. J. Backhaus, Prof. J. Meincke, Prof. D. Quadfasel, Prof. D. Stammer
- DKRZ, Exekutivausschuss des WLA: Prof. D. Stammer
- IMPRS ExeCom: Prof. J. Sündermann, Prof. D. Stammer, Prof. L. Kaleschke.
- Kommission für Gute Wissenschaftliche Praxis: Prof. J. Meincke
- CLISAP Stellvertretender Sprecher und Exekutivausschuss: Prof. D. Stammer
- BSc Geophysik, Ozeanographie Studien Manager: Prof. D. Stammer

Nationale Aktivitäten:

- DFG: Senatskommission für Ozeanographie: Prof. J. Meincke, Prof. D. Stammer
- DFG Begutachtungs Panel: Prof. J. Meincke, Prof. D. Stammer
- BMBF Steuergruppe Mittl. Forschungsschiffe: Prof. J. Meincke
- KDM: Prof. J. Meincke
- KDM Exekutivausschuss: Prof. D. Stammer
- Koordination BMBF Verbundvorhaben „Nordatlantik“: Prof. D. Stammer
- SPP 1257, Teilbereich Ozeantransporte: Prof. D. Stammer.

Internationale Aktivitäten:

- EU Koordination THOR: Prof. D. Quadfasel
- EU European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research (COST): Prof. D. Stammer
- EU MCS Implementation Group: Prof. D. Stammer
- EUMETSAT Committee on Post-EPS Satellite Missions: Prof. D. Stammer
- ESA Scientific Advisory Group: Prof. D. Stammer
- NASA GRACE Science Working Team: Prof. D. Stammer
- NASA Working Group on Wide-Swath Altimetry: D. Stammer
- SOLAS Implementation Panel: D. Stammer
- ESF: Prof. J. Meincke
- WCRP/COPES/WOAP: Prof. D. Stammer
- CLIVAR Chair GSOP: Prof. D. Stammer
- CLIVAR AIP: Prof. D. Stammer
- GOOS: Prof. D. Stammer
- OOPC: Prof. D. Stammer

Herausgeber von Zeitschriften:

- Prog. in Oceanography: D. Quadfasel
- EGU Journal Ocean Dynamics: D. Stammer

Beirats-Mitgliedsschaften:

- Wissenschaftlicher Beirat Bundesforschungsanstalt für Fischerei: Prof. J. Meincke
- Nutzerbeirat Polarstern: Prof. J. Meincke
- Beirat FS Meteor/Merian: Prof. J. Meincke
- Beirat Center of Excellence in Shelf Seas Sciences: Prof. J. Meincke

Laufende drittmittelfinanzierte Forschungsprojekte 2006/2007

Projekt	Förderer	Abteilung	Laufzeit
AnaNAF	DFG	IfM (Stammer)	2006-2009
SFB 512 TP E5	DFG	IfM (Kaleschke)	2007-2009
Zukunft Küste – Coastal Future	BMBF	IfM (H. Lenhart)	01.04.2004 - 31.03.2007
Zukunft Küste – Coastal Future II	BMBF	IfM (H. Lenhart)	01.05.2007 - 29.02.2008
GLOBEC-Germany II	BMBF	IfM (A. Moll)	01.03.2005 - 30.06.2008
GLOBEC-Germany TP10	BMBF	IfM (Pohlmann, W. Kühn)	01.03.2005 - 30.12.2006
GLOBEC-Germany II	BMBF	IfM (S. Zabanski, S. Tamm)	01.03.2005 - 30.12.2006
N-Kreislauf Deutsche Bucht	DFG	IfM (Pätsch) mit IfBM	01.06.2006 - 31.05.2009
NORDATLANTIK Koordination und Bestimmung der nordatlantischen Zirkulation durch Datensynthesen und Datenassimilation	BMBF	IfM (Stammer)	2006 -2009
SOPRAN:	BMBF	IfM (Stammer)	2007 - 2010
Improved De-Aliasing for Gravity Field Modeling with GRACE	DFG	IfM (Stammer)	2007-2008
Dynamic and Residual Tide Analysis for improved GRACE de-aliasing	DFG	IfM (Stammer)	2007-2008
Combined Ocean-Geodetic Analysis of Global and Regional Ocean Mass-, and Freshwater Transport Divergences	DFG	IfM (Stammer)	2007-2008
Einfluss der Ozeanzirkulation auf Änderungen des Erdschwerefeldes	DFG	IfM (Stammer)	2006-2008
Analysen zur Nutzbarkeit zukünftiger Satellitendaten für die Fernerkundung des Ausstroms von Flüssen	DFG	IfM (Stammer)	2006-2008
Climatology of Southern Ocean coastal polynyas for 1992-2006 derived from passive microwave imagery	DFG	IfM (Stammer)	2007
Wissenschaftliches Projektbüro zur Vorbereitung der ozean- und landbezogenen SMOS-Datennutzung in Deutschland	BMBF	IfM (Stammer)	2005-2008
Impact of Wind, Rain, and Surface Slicks on Air-Sea CO ₂ Transfer Velocity - Tank Experiments.	DFG	IfM (Stammer)	2005-2008
GOCE-GRAND II Verbundprojekt zum Geotechnologieprogramm: GOCE-GRavitationsfeldANalyse Deutschland II	BMBF	IfM (Stammer)	2005-2008
Dekadische Variabilität der Ozeanzirkulation - Analyse von TOPEX und JASON-1 Altimeterdaten (2005-2008)	DFG	IfM (Stammer)	2005-2008

ECCO (Estimating the Circulation and Climate of the Ocean)	ONR	IfM (Stammer)	2004 - 2007
WAP Antrag	DFG	IfM (Stammer)	2005 - 2006
Development of Algorithms for the Generation of a GOCE USER TOOLBOX and an absolute dynamic topography product	ESA	IfM (Stammer)	2006 - 2007
SFB512_E1(Cyclones and the North Atlantic climate system: Early identification of anomalies in water mass characteristics and transport in the Nordic Sea)	DFG	IfM (Stammer)	2004 - 2006
SFB512_E1(Cyclones and the North Atlantic climate system: Early identification of anomalies in water mass characteristics and transport in the Nordic Sea)	DFG	IfM (Stammer)	2007 - 2009
WERA-Shiptracking	EADS	IfM (Stammer)	2006 - 2007
WERA-WARN	BMBF	IfM (Stammer)	2007 - 2009
NORDATLANTIK	BMBF	IfM (Stammer)	2006 - 2009
SURLITOP	French Ministry of Research	IfM (Stammer)	01.02.2005 - 28.02.2006
Vietnam-Upwelling I	DFG	IfM (Pohlmann)	1.1.2003 - 31.10.2006
Vietnam-Upwelling II	DFG	IfM (Pohlmann)	1.11.2006 - 31.10.2009
Verbund Indonesien, Riau Province	BMBF	IfM (Pohlmann)	1.3.2004 - 28.2.2007
Verbund Indonesien, Schadstofftransfer	BMBF	IfM (Pohlmann)	1.9.2007 - 31.10.2010
China Projekt Hainan	BMBF	IfM (Pohlmann)	1.11.2006 - 31.10.2009
WTZ-China	BMBF	IfM (Pohlmann)	1.9.2004 - 31.10.2007
North Sea POPs	DFG	IfM (Pohlmann)	1.4.2006 - 31.3.2008
Indonesien-LITHMOS	DFG	IfM (Damm)	1.7.2006 - 30.6.2009
SFB E2	DFG	IfM (Quadfasel)	2007 - 2009
BERINGIA	DFG	IfM (Quadfasel)	2005 - 2007
Nordatlantik	BMBF	IfM (Quadfasel)	1.8.2006 - 31.10.2009
MERSEA	EU	IfM (Quadfasel)	2004 - 2008
HA 3166 ‚STARBUG‘	DFG	IfM (Harms)	2007 - 2009

Impressum

Herausgeber:

Universität Hamburg
Zentrum für Marine und Atmosphärische
Wissenschaften (ZMAW)
Institut für Meereskunde
Bundesstraße 53
D-20146 Hamburg

Geschäftsführender Direktor
Prof. Dr. Detlef Stammer
++49 (0)40 42838-5052
detlef.stammer@zmaw.de

Stellvertreter
Prof. Dr. Jan O. Backhaus
++49 (0)40 42838-2604
jan.backhaus@zmaw.de

Redaktion:

Dagmar Hainbucher, Susan Beddig, Waltraut
Domke-Sommer, Ingo Harms, Detlef Quadfasel,
Detlef Stammer

Grafik & Layout: medien&mehr, Wittorf,
Tel. ++49 (0)4133 222 660
mail@medien-mehr.com

Fotos: Susan Beddig, Pia Busse, Ulrich Drübbisch,
Martin Endrulat, Julius Harms, Udo Hübner,
Gunhild Kleinhoff, Stefan Kuhn, Andreas Moll,
Roland Romeiser, Nobert Verch

Vervielfältigungen, auch auszugsweise, nur mit
vorheriger Genehmigung des geschäftsführenden
Direktors bzw. der Autoren.

Das IfM befindet sich im Zentrum für Marine und
Atmosphärische Wissenschaften (ZMAW) in der
Bundesstraße 53.

Erreichbarkeit mit öffentlichen
Verkehrsmitteln:

- Metrobus Linie 4, Haltestelle
Schlump/Bundesstraße
- Metrobus Linie 5, Haltestelle Bezirksamt
Eimsbüttel (Grindelallee)
- U-Bahn Linie 2, Station Schlump.

Weitere Informationen unter
www.ifm.zmaw.de

Geschäftszimmer des IfM:

Waltraut Domke-Sommer
Tel. : ++49 (0)40 42838-2605
Fax : ++49 (0)40 42838-7488

Öffentlichkeitsarbeit am IfM:

Susan Beddig
Tel. : ++49 (0)40 42838-4237
Fax : ++49 (0)40 42838-7488



Platz für Notizen

