

5. Neue Technologien | *New technologies*



5. Neue Technologien

Unterwasserfahrzeuge und Tiefsee-Technologie

Für die Erforschung der Tiefsee stehen der Wissenschaft inzwischen moderne, unbemannte Unterwasserfahrzeuge zur Verfügung. Im September 2005 konnten Wissenschaftler des AWI gemeinsam mit Kollegen aus anderen europäischen Instituten auf dem französischen Forschungsschiff ‚L’Atalante‘ mit dieser modernen Tiefseetechnologie arbeiten. Die Expedition in den nördlichen Nordatlantik und in die Arktis wurde gemeinsam vom AWI und dem Ifremer organisiert, und stellte einen wichtigen Beitrag zu dem von der Europäischen Union geförderten Projekt HERMES (Hotspot Ecosystem Research at the Margins of European Seas) dar. In diesem Vorhaben untersuchen 45 Partner aus 15 europäischen Ländern gemeinsam die Artenvielfalt in verschiedenen Tiefseeregionen des europäischen Kontinentalrandes.

Mit dem unbemannten, viereinhalb Tonnen schweren Tiefseetauchfahrzeug ‚Victor 6000‘, stand den Wissenschaftlern an Bord ein sogenanntes Remotely Operated Vehicle (ROV) zur Verfügung. Mit diesem Tauchfahrzeug haben die AWI-Wissenschaftler bereits zweimal auf der ‚Polarstern‘ (1999 und 2003) und einmal auf der ‚L’Atalante‘ (2001) erfolgreich in der Arktis gearbeitet. Das ROV kann bis zu 6000 Meter tief tauchen, ist mit Kameras und Probennahmegeräten ausgerüstet, von denen zwei Greifarme den Wissenschaftlern ermöglichen, Messgeräte am Meeresboden gezielt abzusetzen und Proben zu nehmen.

Außerdem wurde erstmalig ein autonomes Tiefseefahrzeug des AWI in der Arktis eingesetzt. Das torpedoförmige, knapp vier Meter lange AUV (Autonomous

5. New technologies

Underwater Vehicles and Deep-Sea Technology

Exploration of the deep sea is currently supported by unmanned underwater vehicles. In September 2005, scientists of the AWI together with colleagues from other European institutes had access to modern deep-sea technology during an expedition to the northern North Atlantic and the Arctic onboard the French research vessel ‘L’Atalante’. This expedition, jointly organised by AWI and its French cooperation partner Ifremer, represents an essential contribution to the EU funded Integrated Project HERMES (Hotspot Ecosystem Research at the Margins of European Seas). A total of 45 partners from 15 European countries are involved in this project aimed at a comprehensive understanding of various deep-sea ecosystems along the European continental margins.

A 4.5 ton heavy deep-sea Remotely Operated Vehicle (ROV) was onboard the ‘L’Atalante’ along with the unmanned cabled underwater vehicle ‘Victor 6000’. AWI scientists already had extensive experience with this research vehicle, having used it two times onboard the German icebreaker ‘Polarstern’ (1999 and 2003) and during a cruise with ‘L’Atalante’ in 2001. The ROV is depth-rated to 6000 m and is equipped with various camera systems and sampling devices. Two manipulator arms permit video controlled sampling and deployment of in situ instruments on the deep-sea floor.

An autonomous underwater vehicle owned by the AWI was used for the first time in the Arctic during the expedition. The torpedo-like 4 m long AUV (Autonomous Underwater Vehicle) is not connected by

Underwater Vehicle) hängt im Gegensatz zu ‚Victor 6000‘ nicht an einem Kabel, sondern fährt vorprogrammierte Kurse bis in Tiefen von 3000 Metern selbstständig ab. Während der Expedition im Herbst 2005 wurde das Fahrzeug eingesetzt, um mit verschiedenen Messinstrumenten die Konzentration des Treibhausgases Methan, die Wassertemperatur und den Salzgehalt in den oberen Schichten der Wassersäule zu messen.



Abb. 1: Bergung des autonomen Unterwasserfahrzeugs an Bord des französischen Forschungsschiffs ‚L'Atalante‘.

Fig. 1: Recovery of the autonomous underwater vehicle onboard the French research vessel 'L'Atalante'. Because of upcoming bad weather conditions the mission was interrupted after 5 hours in order to secure the vehicle. (Photo: E. Sauter)

a cable to the ship but follows pre-programmed courses at given water depths down to a maximum diving depth of 3000 metres. During the expedition in the autumn of 2005, the vehicle was equipped with different sensor systems to measure, e.g. the greenhouse gas methane, water temperature and salinity within the upper layer of the water column.

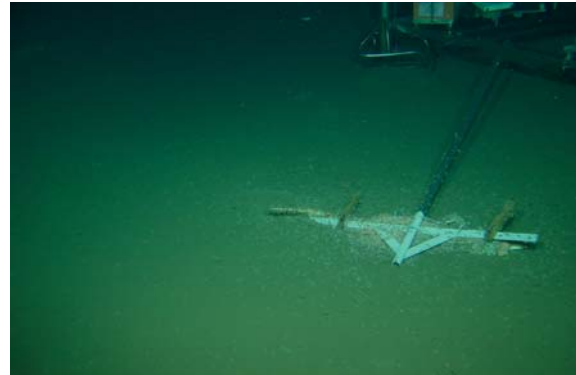


Abb. 2: Dieser, drei Wochen zuvor von Bord der ‚Polarstern‘ ausgebrachte Walkadaver wurde, in 5340 Metern Wassertiefe mit dem ROV ‚Victor 6000‘ aufgesucht und hinsichtlich der angelockten Tiefseeorganismen detailliert beprobt.

Fig. 2: This whale carcass was deployed three weeks earlier by scientists onboard 'Polarstern' and found at 5340 m water depth with the ROV 'Victor 6000'. The ROV allowed detailed studies on the scavenger community attracted at such water depth in the Arctic to be made. (Photo: AWI/Ifremer)

Marine Messsysteme

PALAOA

Die akustische Horchstation PALAOA (Hawaiianisch "Wal" oder auch PerenniAL Acoustic Observatory in the Antarctic Ocean) ermöglicht es erstmals, Unterwasseraufnahmen aus dem Antarktischen Ozean in Echtzeit zu erfassen. Das Observatorium wurde während der Sommerkampagne 2005/6 etwa 15 Kilometer nördlich der Neumayer-Station in der Nähe der Schelfeiskante des Ekström Eisschelfes bei 70°31' S 8°12' W etabliert. In Zusammenarbeit mit AWI Mitarbeitern aus der Glaziologie und der Logistik wurden hierzu vier 100 Meter tiefe Löcher durch das Schelfeis gebohrt, um Hydrophone in den darunter liegenden Wasserkörper einzubringen. Die breitbandigen Hydrophone registrieren eine Vielfalt von Unterwassergeräuschen. Erste Aufnahmen zeigen das Passieren von Orkas, die Präsenz von Weddell-Robben und Seeleoparden sowie Geräusche von kalbenden Gletschern und Eisbewegungen. Die akustischen Daten werden via WLAN an die Neumayer-Station gesendet, von wo sie nach Bremerhaven weitergeleitet werden. Dort werden sie – nahezu in Echtzeit – für die Öffentlichkeit über das Internet zugänglich gemacht. Durch ihre Analyse werden Erkenntnisse über die Wanderbewegung von marinen Säugern und den Tagesgang ihrer Vokalisationen erwartet.

Argo Floats

Das internationale ARGO Projekt zielt darauf ab, kontinuierliche und ozeanweite Messungen der Temperatur und des Salzgehaltes der oberen 2000 Meter mit Hilfe von profilierenden Floats durchzuführen. Im Februar 2006 waren insgesamt 2364 floats im ARGO-Projekt im Einsatz, und damit wurde eine Bepro-



Abb. 3: Mit den abgebildeten Stechrohren werden Sedimentproben im unmittelbaren Umfeld des Walkadavers gezogen, um die Auswirkungen eines derartigen Nahrungseintrags auf sedimentbewohnende Organismen später im Labor analysieren zu können. Auf der Sedimentoberfläche sind massenhaft Flohkrebse, Asseln und Seegurken zu erkennen.

Fig. 3: By using push corers sediment samples can be taken in close vicinity to the whale carcass in order to quantify the impact of such an organic Food supply on sediment inhabiting organisms. A mass occurrence of gammaridean amphipods, isopods and sea cucumbers is visible at the sediment surface. (Photo: AWI/Ifremer)

Marine Observing Systems

bungsdichte im Ozean erreicht, die ähnlich gut wie die der Wetterstationen auf den Kontinenten ist. Diese autonom operierenden Messplattformen treiben frei in der Tiefe des Ozeans, um alle zehn Tage an die Oberfläche zu steigen, wobei sie ein vertikales Temperatur- und Salzgehaltsprofil ermitteln, welches anschließend per Satellit an öffentlich zugängliche ARGO Datenzentren übertragen wird. Während Floats in den niedrigen und mittleren Breiten bereits zahlreich vorhanden sind, blieben Auslegungen in hohen Breiten mit zumindest saisonaler Eisbedeckung selten. Dies liegt an der unmittelbaren Gefahr, dass die Floats durch Kollision mit dem Meereis beschädigt oder zerstört werden. Um ARGO auch auf eisbedeckte Gebiete ausweiten zu können, wurde deshalb vom AWI eine 3-stufige Weiterentwicklung dieser Messplattformen vorangetrieben. Der erste und wichtigste Schritt war die Entwicklung eines einfachen, energiesparenden Algorithmus, der die Wahrscheinlichkeit von Meereis im Bereich des Auftauchortes ermittelt und gegebenenfalls das weitere Aufsteigen des Floats an die Oberfläche abbricht. Zweitens ist es notwendig, die in diesem Fall nicht übertragenen Profildaten zwischenspeichern, bis sich zu einem späteren Zeitpunkt die Gelegenheit für eine sichere Übertragung bietet. Da die Positionierung der Profile üblicherweise mithilfe des Datenübertragungssatelliten geschieht, ist im Falle des Profilabbruchs eine alternative Positionierungsmethode notwendig. Dies geschieht – als dritte Entwicklungsstufe – mithilfe von akustischer Unterwassernavigation. Alle drei Komponenten dieser Weiterentwicklung wurden in die von der Optimar Sensor-systeme AG hergestellten NEMO Floats (Navigating European Marine Observer) implementiert und mittlerweile erfolgreich getestet.

PALAOA

For the first time ever, real-time underwater acoustic recordings have been obtained from the Antarctic ocean by the “Perennial Acoustic Observatory in the Antarctic ocean” (PALAOA, means “whale” in Hawaiian). The observatory was established during the summer campaign 2005/6 near the Ekström shelf ice edge at 70°31’S 8°12’W, about 15 km north of the Neumayer Base. In cooperation with AWI’s departments of glaciology and logistics, four 100 m deep holes were drilled through the ice shelf to deploy hydrophones into the body of water below. The broad band hydrophones allow recording of a wide range of marine sound. First recordings reveal the passage of orcas, the presence of Weddell and leopard seals, sounds generated by calving glaciers and the flexing of ice. Near real-time streaming data (sound) is transferred by WLAN from the energetically autonomously operating PALAOA station to the Neumayer station, and forwarded via dedicated telecommunication links to the AWI Bremerhaven, from where it is made accessible to the general public via Internet. Analysis of the data gives an insight into the migrating patterns of marine mammals and the daily patterns of their vocalisations.

ARGO floats

The international ARGO-project intends to continuously monitor temperature and salinity of the upper 2000 m of the global ocean by means of an array of autonomous profiling floats. In February 2006, a total number of 2364 floats were operated by ARGO, which represents a similar observation



Abb. 4: Luftaufnahme der PALAOA Station. Auf dem Dach des Containers sind ein Savonius Windgenerator und die WLAN Antenne positioniert, während acht Solarpaneele an der nördlichen Wand montiert sind.

Fig. 4: Aerial view of the PALAOA station. Placed on top of the container are a Savonius type windgenerator and a WLAN antenna, while eight solar panels are mounted on the northern wall. (Photo: S. Gemser, DLR)

density as compared to the weather stations on the continents. While float coverage at low- and mid-latitudes is already moderate to good, float deployments at higher latitudes had remained marginal until 2005, particularly in areas of at least partial ice coverage. This is due to the imminent danger of damage or loss of floats by collision with ice floes. In order to enable ARGO floats to operate within ice-covered regions, scientists of AWI adopted a three step process. The first and most important step was the implementation of the Ice Sensing Algorithm (ISA), which triggers stopping the ascent of the float when the likelihood of ice is high. The successful timely stopping of the majority of ascents in ice-covered water by ISA-equipped floats is a likely reason for the majority of floats now surviving the southern winter. Step two in the development of an ice-resilient float was the implementation of interim storage and the later transmission of data profiles which have been stopped (iStore). This feature is currently being tested with nine NEMO (Navigating European Marine Observer) floats jointly developed with Opti-mare, Germany. Finally, the third step towards ice-resilient ARGO floats was the implementation of an acoustic navigation system in order to determine the profile's position under ice, i.e. without localization by satellite.

Air and Land Based Technology

Flugzeug- und Landtechnik

Fachübergreifende Aktivitäten der AG Flugzeug- und Landtechnik:

Vom 9. bis 11. Mai 2005 fand in Bremerhaven ein Seminar zum Flugbetrieb in den Polarregionen: „SEMINAR ON AIRBORNE OPERATIONS IN POLAR REGIONS - STATUS AND FUTURE PROSPECTS“ mit internationaler Beteiligung statt. Rund 70 Vertreter aus 14 Ländern, die in den Polarregionen Flugzeuge betreiben und flugzeuggestützte Messungen durchführen, brachten ihre Erfahrungen ein. Auf dem Seminar wurden vier Themenkreise intensiv diskutiert: Die flugzeuggestützten Aktivitäten des AWI der letzten 20 Jahre in den Polarregionen, neue Flugzeuge für den Polarflugbetrieb, neue Instrumentierungen für verschiedene Anwendungen einschließlich der Nutzung für Satellitenvalidierung und die UAVs (unmanned aerial vehicles), als neue Plattform.

Die Ergebnisse des Seminars können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die AWI Polarflugzeuge wurden in der Vergangenheit mit großem Erfolg zur Untersuchung von Fragestellungen unterschiedlichster Fachgebiete wie z.B. Geophysik, Glaziologie, Meteorologie und der Physik der Atmosphäre eingesetzt.

- Der wissenschaftliche Erfolg der Messkampagnen in der Antarktis wurde durch den parallelen Einsatz eines zweiten Flugzeuges zur logistischen Unterstützung der Messungen entscheidend abgesichert.

- Neben den bereits bekannten in den Polarregionen eingesetzten Flugzeugen vom Typ Do228 und TwinOtter wurden große, in Zukunft verfügbare Forschungsflugzeuge (LARA, HALO) vorgestellt.

Interdisciplinary activities of the working group Air and Land Based Technology:

From the 9th to 11th May 2005 an internationally attended seminar was held in Bremerhaven on air operations in polar regions: "SEMINAR ON AIRBORNE OPERATIONS IN POLAR REGIONS - STATUS AND FUTURE PROSPECTS". Approximately 70 participants from 14 countries, all operating aircraft and performing airborne measurements, joined the workshop. The seminar focused on four subjects: 20 years of experience in operating scientific aircraft in polar regions by AWI, new aircraft for polar operations, new instrumentation for different purposes including satellite validation and UAVs (unmanned aerial vehicles) as a new platform.

Briefly summarized the results of the seminar are:

- *The polar aircraft owned by AWI have been used with great success for various research activities in geophysics, glaciology, meteorology and atmospheric physics.*

- *The scientific merits of the surveys in Antarctica have been ensured by deploying secondary aircraft in logistic support to airborne measurements.*

- *New aircraft (LARA, HALO), which will be available in the future, have been presented in addition to Do228 and TwinOtter aircraft, which are already known.*

- *International collaboration in Antarctica relating to airborne logistic support (DROMLAN) as well as on airborne surveys (ANTSYO) has been steadily increasing.*

- *In the recent past, a remarkable survey share has been achieved using airborne surveys for validating satellite-supported surveys (Cryovex, SAGE, CALIPSO).*

- Internationale Verflechtungen sowohl beim logistischen (DROMLAN) als auch wissenschaftlichen Einsatz (ANTSYSO) von Flugzeugen in der Antarktis und der Arktis nehmen in der Zukunft zu.

- Der Einsatz flugzeuggestützter Messungen zur Validierung von satellitengestützten Messungen (CryoVex, SAGE, CALIPSO) hat einen in letzter Zeit beachtlichen Anteil an den Messkampagnen erreicht.

- Es werden neue Messsysteme (ASIRAS) für die Validierung von satellitengestützten Messungen entwickelt und durch das AWI eingesetzt.

- UAVs eröffnen neue wissenschaftlich interessante Möglichkeiten, z.B. Messflüge während der Polarnacht, Horizontalprofile in nicht besiedelten Gebieten und auch Flüge, die aufgrund ihrer Dauer und/oder Umgebungsbedingungen für bemannte Flugzeuge nicht durchführbar sein werden.

Mit dem auf dem Seminar erworbenen Wissen und Kontakten, wurde zusammen mit der Hochschule Bremerhaven ein Antrag auf Förderung im Rahmen des Anschlussinvestitionsprogramms (AIP) des Landes Bremen ein Zentrum für autonome Messplattformen (ZAMP) eingereicht. Als Industriepartner konnten für dieses Vorhaben die Optimare Sensorsysteme AG, Bremerhaven, und die OHB System AG, Bremen, gewonnen werden. Weitere Industriepartner sollen in dieses Projekt involviert werden.

Parallel wird mit der Firma Stemme die gemeinschaftliche Entwicklung eines neuartigen UAVs, der POLARIS S16, auf Basis des Motorseglers Stemme S15 diskutiert. An diesem Projekt sind auch die im ZAMP involvierten Firmen sowie die HS Bremerhaven beteiligt.

- *New instruments (ASIRAS) for validating of satellite based measurements have been developed and operated by AWI.*

- *UAVs enable new interesting scientific opportunities, e.g. survey flights during the polar night, horizontal profiles in unpopulated areas and flights, which are too long or not suitable for manned operations due to environmental conditions.*

Based on the knowledge and contacts gathered during the seminar an application was made together with the Technical University of Bremerhaven and submitted to the city-state of Bremen in order to found a center for the autonomous observation of vehicles (ZAMP) as part of its investment programme AIP. Optimare Sensorsysteme AG, Bremerhaven, and OHB System, Bremen, joined the technical part of the project. More partners are expected to join.

Discussions have started with the Stemme company for a jointly developing of a new UAV POLARIS S16, based on the motorglider Stemme S15. Companies involved in ZAMP are also participating in this project.



Abb. 5: ‚POLAR 2‘ während der antarktischen Sommersaison 2004/05, nahe der Neumayer-Station

Fig. 5: ‘POLAR 2’ in operation during the 2004/05 Antarctic campaign near Neumayer Station (Photo: D. Steinhage)

Ice drilling

Eisbohrungen

Seit 2001 ist der Bereich Eisbohrungen federführend mit der Durchführung der EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) Bohrung im Dronning Maud Land (DML) an der Kohnenstation betraut. Die vergangenen zwei Jahre waren von intensiven Vorbereitungen der Feldsaison 2005/2006 geprägt. Für zukünftige Bohr- und Messaufgaben wurde in Kooperation mit ortsansässigen Firmen eine neue Tiefbohrelektronik entwickelt. Diese Elektronik wird um ein Bohrlochkamerasystem sowie Temperatur- und Drucksensoren nach dem Stand der Technik erweitert, so dass eine leistungsfähige Sonde zur Vermessung des Bohrlochs für Deformations- und Temperaturprofilstudien in Eisschilden entsteht. Auch in die Weiterentwicklung mechanischer Bohrerkomponenten wurden Firmen aus der Region bewusst eingebunden, um Kompetenz für zukünftige Weiter- und Neuentwicklungen aufzubauen.

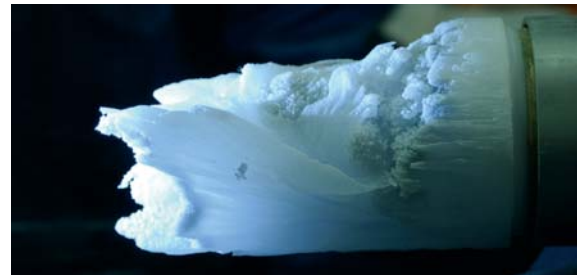
Im Januar 2006 wurde das antarktische Eisschild durchbohrt. Beim Erreichen des Untergrundes stieg Wasser von der Unterseite des Eisschildes 163 Meter hoch in das Bohrloch und gefriert jetzt dort. Die Vorerkundung des Bohrgebietes hatte keine Anhaltspunkte für das Vorhandensein subglazialen Wassers unter dem Eisschild ergeben. Dieser unerwartete erstmalige Zugang zu subglazialen Wasser unter der Antarktis überhaupt erfüllt von Mikrobiologen schon seit langem geforderte Probenwünsche. Größere Mengen subglazialen Wassers können zukünftig aus dem Bohrloch gewonnen werden.

Abb. 6: Am Bohrgerät angefrorenes subglaziales Wasser

Fig. 6: sub-glacial water frozen to the drilling equipment – (Photo: S. Kipfstuhl)

Since 2001, the Ice drilling section has been in charge of the EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) drilling in Dronning Maud Land (DML) at Kohnen station. The past two years were dominated by thorough preparations for the field season 2005/2006. For upcoming drilling and measurement applications a new deep drilling electronics kit was developed in close cooperation with local companies. This electronics kit will be replenished with a bore-hole camera system and state of the art temperature and pressure sensors, thus providing an effective probe for bore-hole logging in order to study deformation and temperature profiles in ice sheets. Companies from the region have also been integrated in the advancement of mechanical drill components in order to build up competency for future improvements and developments.

In January 2006 we drilled through the Antarctic Ice shield. When the bottom was reached, sub-glacial water soared 163 m up into the hole and refroze there. The pre-site survey had not provided any evidence for the existence of sub-glacial water under the ice shield. This unexpected access to sub-glacial water under Antarctica for the first time ever, fulfils sample requests that have been called for a long time by micro-biologists. Significant amounts of sub-glacial water can be retrieved from the bore hole in the future.



IMARE – ein Institut für Marine Ressourcen

IMARE ist eine in der Planung befindliche Einrichtung. Sie soll die im Bremer Raum vorhandene Forschungsexpertise im maritimen Bereich in den industriellen und unternehmerischen Raum transportieren. Bisher wurde Technologie-Transfer eher als Nebenprodukt von Grundlagenforschung gesehen. In dem neuen Institut soll gezielt Wissen aus der Grundlagenforschung im Bereich der marinen Wissenschaften wirtschaftlich agierenden Unternehmen zugänglich gemacht werden. **IMARE** bildet damit einen wichtigen Schnittpunkt zwischen grundlagenbezogener Forschung, wie sie an den Bremer und Bremerhavener meereswissenschaftlichen Einrichtungen durchgeführt wird, und regional wie überregional tätigen Unternehmen. Zurzeit wird eine vom Bremer Senat geförderte Machbarkeitsstudie durchgeführt, die Anfang 2006 in ein umsetzungsfähiges Konzept münden soll.

Fünf Themenfelder definieren die Kernkompetenz von **IMARE**: 1.) marine Aquakultur für nachhaltige Fischerei, 2.) marine Strukturen und Nanomaterialien, 3.) marine Physik und Sensorik, 4.) biologische Prozesse und Naturstoffe sowie 5.) Umweltdiagnostik. Innerhalb dieser Bereiche sollen Produktentwicklungen und Dienstleistungen angeboten, aber auch Forschungsaufträge von Kunden aus der Industrie durchgeführt werden.

In Folgendem sollen die einzelnen Themenkomplexe näher dargestellt werden:

(1) Abteilung für marine Aquakultur für nachhaltige Fischerei: Die Hälfte aller Fischereiressourcen ist bis an die Grenze ihrer Ertragsfähigkeit genutzt und die Fänge der Weltfischerei stagnieren bei etwa 85 Millionen Tonnen pro Jahr. Der Bedarf an marinen Pro-

IMARE – an Institute for Marine Resources

IMARE is a planned facility to transfer knowledge from the maritime sciences in the Bremen area to industry and business. So far, technology transfer has been treated as a by-product of fundamental research. In this new institute the direct transfer of knowledge gained through fundamental science to businesses acting in the field, is planned. Thus, **IMARE** creates an important link between the fundamental scientific institutions in Bremen and Bremerhaven and local business and industry. Currently, on behalf of the Senate of Bremen, AWI is carrying out a feasibility study, which should lead to a workable concept in early 2006.

The core competence of IMARE is defined by five themes – marine aquaculture for sustainable fisheries, marine structures and nanomaterials, marine physics and sensors, biological processes and natural products, and biodiagnostics. Within these themes products and services are offered, which include commissioned work through customers from industry.

In the following, the scientific above mentioned topics are presented in detail:

(1) Section for marine aquaculture for sustainable fisheries: Half of the global fisheries resources have been excessively exploited beyond their sustainable yields and production output of the world's fisheries remain at roughly 85 million tons annually. However, due to the increase of the global population the demand for marine products is continuously growing as well as due to the improved lifestyle of the broader public who are able to demand and buy high-quality products. A significant further increase

dukten wächst jedoch. Einerseits durch die steigende Weltbevölkerung und andererseits durch den gehobenen Lebensstandard breiter Schichten, die sich hochwertige Produkte leisten wollen und können. Eine deutliche Steigerung der Fischerei ist unwahrscheinlich und verlangt nach einem nachhaltigen Fischereimanagement. Damit steigt die Bedeutung der Aquakultur. Dort werden heutzutage hauptsächlich zwei Produktionswege verfolgt: landgestützte Systeme mit Rezirkulationsanlagen und Freiwasseranlagen wie Käfig- und Hängekulturen. Die Verbesserung konventioneller und die Entwicklung neuer Verfahren für die marine Aquakultur werden in Zukunft auf verschiedenen technologischen Ebenen erfolgen. Alle Bereiche, seegängige sowie landgestützte Systeme, werden berücksichtigt, wobei die Kombination beider Verfahren je nach Anspruch der Zielarten entscheidende Verbesserungen bringen kann. Neben den technischen Aspekten werden aquakulturrelevante biologische Themen aus Physiologie, Ökologie, Chemie, Toxikologie, Mikrobiologie und der Molekularbiologie behandelt. **IMARE** soll die Kompetenzen der wissenschaftlichen Einrichtungen und Unternehmen im Land Bremen bündeln, um gemeinschaftlich den Entwicklungsprozess der Aquakultur mit zu gestalten.

Abb. 7: Fischkultur in einem Kreislaufsystem

*Fig. 7: Fish cultured in a recirculation system
(Photo: U. Waller, IFM Kiel)*

in fish yield is unlikely and thus, sustainable fishery management is required. This situation strengthens the role of aquaculture in the future. In this sector, today two main lines of production are pursued: land-based systems using recirculation technology and open-water systems such as cage and long-line cultures. The improvement of conventional methodologies and the development of new methodologies for marine aquaculture will be pursued at various technological levels. All production lines, offshore as well as land-based systems, will be considered. The combination of both systems may prove to be dependent on the candidate species, the key to significant advancement. Next to technical aspects, subjects relevant to biological questions in aquaculture are physiology, ecology, chemistry, toxicology, microbiology and molecular biology. IMARE seeks to combine the existing competence within the scientific community and businesses in the State of Bre-



(2) *Abteilung für marine Strukturen und Nanomaterialien*: Die Meere beherbergen eine Vielzahl hochkomplexer, als stabile Leichtbaukonstruktionen optimierte Strukturen. Weder die Komplexität der Strukturen noch deren optimierte Leichtbaueigenschaften werden gegenwärtig im größeren Maßstab genutzt. Die fundierte Kenntnis biomechanischer und struktureller Eigenschaften komplexer mariner Strukturen sowie der Mikro- und Nanostrukturen liefert nun die Basis für neue Leichtbauprodukte und Verbundwerkstoffe, die sowohl in Branchen wie der Automobilindustrie als auch in der Luft- und Raumfahrt zunehmend an Bedeutung gewinnen. Wegen z. T. ungewöhnlicher, ansprechender Optik der natürlichen Leichtbaukonstruktionen werden auch Anwendungen für Industriedesign erarbeitet. Zusätzlich werden die artspezifischen, komplexen Strukturen mit Hilfe eines biotechnologischen Auswahl- und Modifikationsverfahrens als 3D-Objekte mit hochspezifischen, unverwechselbaren Sicherheitsmerkmalen für den Produkt- und Markenschutz entwickelt.

(3) *Abteilung für marine Physik und Sensorik*: Die Beobachtung und Erfassung physikalischer und biogeochemischer Prozesse im Meer über größere Raum- und Zeitskalen erfordert den Einsatz unterschiedlicher Plattformen und Sensoren. Die Abteilung „Marine Physik und Sensorik“ entwickelt und modifiziert Sensoren und Sensorsysteme für Messplattformen zu Wasser und in der Luft. Durch die intensive Vernetzung mit Forschungseinrichtungen und Unternehmen werden in einem breiten Einsatzfeld Kompetenzen vorgehalten und Transferpotentiale geschaffen. Schwerpunkte liegen in den Forschungsbereichen „Aquatische Sensorik“ und „Marine Fernerkundungssensoren“ sowie in der „Ausbildung in marinen Technologien“.

men in order to jointly foster the development process relating to the aquaculture.

(2) *Section for marine structures and nanomaterials*: The sea is home to a high diversity of highly complex structures, which are optimized to cope with diverse applications. Currently neither the complexity of these structures nor their properties as optimized lightweight constructions are significantly exploited. Well-founded knowledge relating to the mechanical and structural properties of these complex marine structures will be more extensively used as a basis for new lightweight structures and composite materials, which continuously gain importance in the automotive industry as well as in industries dealing with aerospace engineering and machine construction. Because of their unusual and aesthetic appearance, natural lightweight constructions are also important for industrial design. The specificity and complexity of the micro-structures and nano-structures are utilized for the development of highly specific, forgery-proof security features for trademark protection and counterfeiting.

(3) *Section for marine physics and sensor technology*: Assessment and monitoring of physical and biogeochemical processes in the marine environment encompassing large dimensions in time and space demands the use of a variety of new platforms and sensors. The department of “marine physics and sensor technology” develops and modifies sensors and sensor systems for measuring platforms in air and water. Broad competence and potential for transfer is available based on an intensive network of research facilities and enterprises. Emphasis is laid on the following R&D topics: “aquatic sensors”, “marine remote sensing” and “training in marine technologies”.

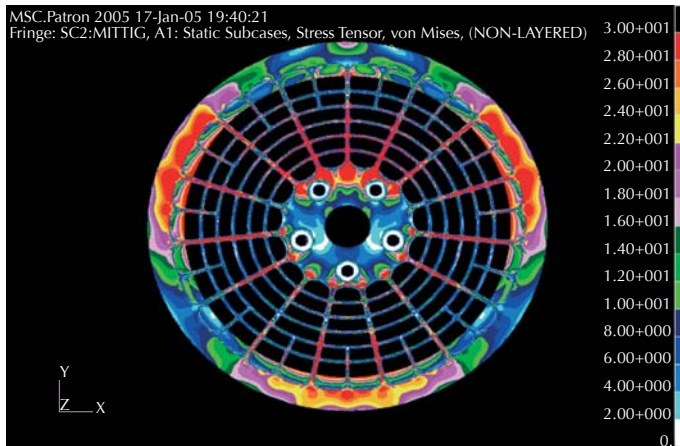


Abb. 8: Mit finiten Elementen Methoden berechnete Lastverteilung in einer auf der Geometrie der Kieselalge *Arachnoidiscus* basierenden Autofelge. Die Nutzung von Konstruktionsprinzipien aus der Natur ermöglicht eine deutliche Gewichtsreduzierung bei gleicher Festigkeit.

*Fig. 8: Finite element model of the stress distribution in a car wheel based on the geometry of the diatom genus *Arachnoidiscus*. Using natural construction principles allows for weight reduction while maintaining stability.*

(4) *Abteilung für biologische Prozesse und Naturstoffe:* Die Parametrisierung von biologischen Prozessen ist ein Teilgebiet der angewandten Biologie. Sowohl Wissenschaft als auch Wirtschaft benötigen Prüfmethode und Wirkanalysen zu biologischen Abläufen. Aus diesem Grund sind hier die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten und das Transferpotential für wissenschaftliches Know-how besonders gut. Im Land Bremen konzentriert sich das Know-how auf die Erforschung biologischer Schlüsselfaktoren in marinen Ökosystemen (mit besonderer Berücksichtigung kalter Regionen) wie beispielsweise Biodiversität, Primärproduktion und deren Einfluss auf Stoffkreisläufe und Klima. Patente und wissenschaftliche Veröffentlichungen der Bremer Wissenschaftler beschäftigen sich unter anderem mit Eis-bindenden Proteinen, Enzymen von Kälte/Eis-angepaßten Lebewesen, Extremolyten und Emulgatoren für Rohöle und Antifouling-/Antikorrosionsbeschichtungen. Eine „kalte Biotechnologie“, die sich aus der Polarforschung ableiten ließe, existiert noch nicht. Diese hochspezialisierte Nische könnte zur langfristigen Perspektive für die Bio-Region Bremen werden. Das Transfer-Potential

(4) *Section for biological processes and natural products: Parametrising biological processes is part of applied biology. Both science and business require methods of testing and efficiency analyses of concerning biological processes. This is why business prospects and transfer potential relating to scientific know-how are particularly good here. In the State of Bremen, the know-how available focuses on the research of biological key factors in marine ecosystems (with a special emphasis on polar regions) for example biodiversity, primary production, and their impact on biogeochemical cycles and climate. Among other things, patents and scientific publications of Bremen scientists deal with ice-binding proteins, enzymes of animals adapted to the cold, extremolytes, an emulsifier for crude oil and antifouling/ anticorrosive coatings. Currently, there is no “cold biotechnology” related to polar science. This highly specialised niche is of potential benefit for the region of Bremen. The transfer potential of the Bremen*

der Bremer Meeresbiowissenschaften in Zusammenhang mit den Bremer Stärken in den Material-, Werkstoff- und Umweltwissenschaften zeigt derzeit eine gute Übereinstimmung mit dem Markt der „Surfactants and functional coatings“.

(5) *Abteilung für Biodiagnostik*: In der Biodiagnostik werden zellbiologische und genetische Marker zum Monitoring von anthropogenen und natürlichen Schadstoffen in marinen Ökosystemen entwickelt. Für die Testverfahren zum Nachweis der Toxizität und Gesundheitsschädigung werden Biomarker, Bioassays, Microarrays und Gen- und Protein-Sonden eingesetzt. Bei der Entwicklung stehen die leichte und schnelle Handhabung der Testprodukte im Vordergrund, um schnelle Diagnosen für eine Vielzahl von Anwendergruppen zu ermöglichen. So werden auch Nachweismethoden und -verfahren von Umweltverschmutzungen durch Verklappungs- und Entsorgungsmaßnahmen (z.B. Brent Spar Shell) sowie durch Giftunfälle entwickelt. Begleitend zu Sanierungsarbeiten im Bereich von Flussmündungen, Häfen und Gewässern werden Gutachten erstellt und Monitoringmaßnahmen durchgeführt. In der Aquakultur sind die Ermittlung von Umweltstress als wachstumsmindernde Faktoren der Zuchtorganismen, die Detektion toxischer Algenblüten und die Diagnose von Krankheiten von großer kommerzieller Bedeutung.

marine biological science in combination with Bremen's strength in material, and environmental science currently shows a good correlation for the market for "surfactants and functional coating".

(5) Section biodiagnostics: Cell biological and genetic markers for monitoring of anthropogenic and natural toxins in the marine ecosystem are developed using biodiagnostics. Test systems such as biomarkers, bioassays, microarrays and gene and protein sensors are used to detect toxicity and the health effects of toxins. In order to provide fast diagnoses for many user groups, test products which enable easy and quick operation are of prime development interest. Detection methods and procedures will be developed for pollution monitoring in conjunction with dumping and disposal (e.g. Brent Spar) or oil spills at sea sites. Rehabilitation work in estuaries, harbours and polluted waters accompanied by monitoring programs and scientific expertise are provided. The detection of environmental stress factors that impact organism growth, the detection of toxic algae and the diagnosis of health effects are of high commercial relevance in aquaculture.

Erdbeobachtungssysteme (Helmholtz-EOS)

Helmholtz-EOS ist ein Forschungsnetzwerk, in dem ausgewählte Prozesse im Erdsystem durch Beobachtung und Modellierung verstanden und simuliert werden sollen. Am Netzwerk beteiligt sind neben dem AWI auch DLR, GFZ und GKSS. Vier Themen werden zurzeit vorrangig betrieben: Eis und Ozean, Katastrophenmanagement, Prozesse der Landoberfläche und der Wasserkreislauf. Ein wesentlicher Bestandteil ist das Doktorandenprogramm, an dem das AWI mit zwei Themen beteiligt ist.

Zur Entwicklung des globalen Meeresspiegels: sterische und eustatische Prozesse

Die überwiegende Mehrheit der Menschen lebt in Küstennähe und ist durch Änderungen des Meeresspiegels betroffen. Es ist daher von besonderem Interesse, verlässliche Aussagen zum Ausmaß dieser Änderung zu liefern. Dabei spielt nicht nur der mittlere, globale Anstieg eine Rolle, sondern gerade die regionalen Unterschiede sind wichtig.

Im Focus der Untersuchungen steht das genauere Abschätzen der Beiträge der unterschiedlichen Faktoren einer Meeresspiegeländerung. Dies ist zum einen der sterische Effekt, der die Prozesse aufgrund von Änderungen der Dichtestruktur des Ozeans umfasst. Obwohl der halosterische Effekt (Änderung der Dichte aufgrund veränderten Salzgehalts) lokal stark ins Gewicht fallen kann, ist der thermosterische Effekt (Dichteänderungen durch Änderung des Wärmehalts) global betrachtet wichtiger. Zum anderen spielt der eustatische Beitrag eine Rolle. Dies ist der Meeresspiegelanstieg durch Eintrag von Masse, hervorgerufen durch Änderungen der Bilanz des hydrologischen

Earth Observing Systems (Helmholtz-EOS)

Helmholtz-EOS is a research network established to investigate selected processes in the earth system through observing and modelling in order to improve understanding and prediction. Partners of AWI in this network are DLR, GFZ and GKSS. Four topics are currently pursued: ice and ocean, disaster management, land surface processes, and the water cycle. Central to the network is the two topic PhD programme in which AWI is involved.

Variations of sea level: steric and eustatic processes

Most people living in coastal regions and are affected by sea level variations. It is therefore of great importance to predict the extent of sea level change. In this regard, regional changes are as important as global variations.

Research is focussed on estimating of the different contributions to sea level change. These are steric and eustatic effects. Steric processes include all effects associated with the change of the density structure of the ocean. Although the halo steric effect (density changes due to salinity variations) may be important locally, the thermo steric effect (density changes due to variations of the thermal structure of the ocean) is central to global sea level change. The eustatic effect is the result of the addition of mass to the ocean through water run-off from the continents due to melting glaciers and ice sheets as well as other changes in land hydrology. In addition, regional changes of sea level may be generated by changes in the oceanic circulation.

Time series satellite altimeter data, available since 1993 suggest a current sea level rise of approx. 3 mm

Kreislaufs, insbesondere durch die Schmelzwasserzufuhr durch schrumpfende Gletscher und Eisschilde auf den Kontinenten. Von großer Wichtigkeit sind auch regionale Meeresspiegeländerungen durch Variationen der globalen ozeanischen Zirkulation.

Aufgrund von Satellitenaltimeterdaten sind seit 1993 sehr genaue Zeitserien der Meeresspiegeländerungen vorhanden, die gegenwärtig einen Anstieg von etwa 3 mm pro Jahr aufweisen. Die Herausforderung besteht darin, die verschiedenen Anteile dieses Anstiegs verlässlich abzuschätzen. Da die resultierenden Änderungen sich aus der Summe sehr großer Einflussfaktoren ergeben, die sich ergänzen oder teilweise aufheben, ist es notwendig, möglichst viele Daten zu verknüpfen. Gerade für die Südhemisphäre sind genauere Aussagen aufgrund der geringen Anzahl von Felddaten schwierig. Die Assimilation eines neuen Datensatzes mit Temperaturen der oberen 700 Meter aus der letzten Dekade in einer hohen räumlichen Auflösung in ein numerisches Ozeanmodell wurde vorbereitet und ermöglicht nun eine bessere Abschätzung dieser Beiträge. Dadurch sind auch genauere Aussagen zur Erwärmung des tiefen Ozeans zu erwarten. Im weiteren Verlauf der Untersuchungen sollen die assimilierten Daten um weitere unabhängige Daten, unter anderem Schwerefelddaten der GRACE Mission, ergänzt werden.

Kohlenstoffdynamik in arktischen Permafrostlandschaften

Für eine realitätsnahe Bilanzierung von Treibhausgasemissionen aus arktischen Permafrostgebieten mit Hilfe von Fernerkundungsmethoden sind sowohl detaillierte Feldbeobachtungen („ground truth“) erforderlich als auch Kenntnisse der Wechselwirkungen zwischen Permafrostboden, Auftauschicht und ober-

per year. The challenge is to determine the respective contributions to this change. Since this is a sum of large contributions, which partly cancel each other out, extensive data sets on oceanic parameters and continental run-off are required. A particular problem is the lack of data in the Southern Hemisphere. Assimilation of new oceanic temperature data for the upper 700 m in a numerical ocean model is currently used to better estimate the steric effect. This will also provide information on the effects of deep ocean warming. It is planned to use additional independent data, e.g. gravity data from the GRACE satellite mission.

Carbon Dynamics in Arctic Permafrost Landscapes

In periglacial lowlands carbon is extensively stored in permafrost deposits, as the decomposition of organic substances is greatly reduced by given climatic conditions. These permafrost sequences could melt significantly over large areas with far-reaching consequences if climate change occurs as predicted. A considerable amount of organic carbon would presumably be released, and methane and carbon dioxide entering the atmosphere from this source would profoundly affect global climate. A realistic assessment of greenhouse gas emissions from arctic permafrost areas using remote sensing methodology requires detailed field studies for ground truthing as well as an understanding of the interactions between permafrost, active layer and near-surface atmosphere.

The main objective of this activity is to develop tools for budgeting and predicting carbon fluxes in arctic permafrost landscapes as well as for spatially up-scaling of local flux data. This involves linking field observations of trace gas emissions and carbon

flächennahen Luftschichten. Ziel der Arbeit ist die Entwicklung einer Bilanzierungs- und Vorhersagemöglichkeit für Kohlenstoffflüsse in arktischen Permafrostgebieten und deren räumliche Extrapolation („upscaling“). Dazu findet zurzeit eine Verknüpfung von Feldbeobachtungen zur Spurengasemission und zur Kohlenstoffdynamik, zum Energieaustausch zwischen Biosphäre und Atmosphäre sowie von mikrometeorologischen und bodenphysikalischen Messdaten aus Tundragebieten des Lenadeltas mit Fernerkundungsdaten und Prozesssimulationen statt.

Es werden Boden- und meteorologische Daten erhoben sowie der effektive Wasser- und Stofftransport in gefrierenden und auftauenden Böden und die Emission von CO₂, CH₄ und Wasserdampf im Lenadelta quantitativ bestimmt. Aus Fernerkundungsdaten abgeleitete Parameter wie oberflächennahe Bodenfeuchte, Wasserkörper, Vegetation etc. werden mit den gemessenen und modellierten Daten verglichen. Hierzu wird das vom DLR optimierte Vegetationsmodell BETHY eingesetzt und zunächst an arktische Tundragebiete angepasst.

dynamics with energy exchanges between the biosphere and the atmosphere as well as relating micro-meteorological and physical ground measurements from tundra sites in the Lena River delta to remote sensing data and process simulation. Field measurements in tundra sites in the Lena River delta were conducted to collect soil and meteorological data and to quantify net water and material transport in freezing and thawing ground as well as emissions of CO₂, CH₄, water vapour using chamber measurements and the eddy covariance technique. Parameters derived from remote sensing data such as near surface soil moisture, water bodies, and vegetation are compared with measured and modelled data. BETHY, the vegetation model optimized by DLR is adapted to arctic permafrost areas and utilized for spatial and temporal extrapolation.