

Geowissenschaften

Der Fachbereich Geowissenschaften, bestehend aus den Sektionen Glaziologie, Periglazialforschung, Marine Geologie und Paläontologie, Marine Geochemie und Geophysik, untersucht die zeitliche Entwicklung des Erdsystems, die Ursachen und Mechanismen der Veränderlichkeit, sowie die Wechselwirkungen zwischen dem Geoökosystem und dem Klimasystem. Dies umfasst sowohl vergangene Klima- und Umweltzustände wie auch die Erfassung der gegenwärtigen Reaktion des Erdsystems auf natürliche und menschlich bedingte Klimaänderungen. Der regionale Fokus der Arbeiten liegt auf den Polarregionen. Der überwiegende Teil der im Fachbereich durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten ist in das AWI-Forschungsprogramm MARCOPOLI eingebettet (siehe Kapitel 3). Neben diesen Untersuchungen wurden während der letzten zwei Jahre noch bedeutende Fortschritte und Einsichten auf nachfolgenden Forschungsfeldern erzielt (zu großen Teilen Drittmittel-finanziert).

Im Rahmen einer Emmy Noether geförderten Nachwuchsgruppe wurden im Arktischen Ozean entlang des Gakkel Rückens erstmals systematische Messungen zur Bebenhäufigkeit durchgeführt. Die hohe Qualität der erfassten Daten verspricht nach eingehender Analyse wichtige Einsichten zu den geodynamischen Prozessen entlang dieses Rückensystems. Deutsche Wissenschaftler bleiben auf diesem Teilgebiet der Geophysik weiterhin führend.

Im Jahr 2006 wurde der neue Gerätepool für breitbandige Ozeanbodenseismometer über eine gemeinsame Förderung durch das BMBF und der HGF eingerichtet. Der erste Einsatz im Mittelmeer und die spätere

Geosciences

The Geosciences research division, which comprises the sections Glaciology, Periglacial Research, Marine Geology and Paleontology, Marine Geochemistry and Geophysics, investigates the temporal evolution of the Earth system, the causes and mechanisms of its variability as well as interactions between the geosystems and the climate system. This includes the past climatic and environmental state, as well as the recent response of the Earth systems to natural and anthropogenic-forced climate changes. The regional focus of efforts concentrates on the polar regions. The major part of our research is embedded in the AWI-research program MARCOPOLI (see chapter 3). In addition to our results related to MARCOPOLI, we significantly advanced our understanding and insights during the last two years within the following fields of research (to a large part funded by external funds).

Within the scope of the Emmy Noether funded junior research group, we performed first systematic measurements on the frequency of earthquakes in the Arctic Ocean along the Gakkel Ridge. The high quality of the collected data promises to hold important clues about the geodynamic processes along this ridge system. German scientists continue to lead this geophysical research field.

During 2006, joint funding of the BMBF and the HGF allowed the establishment of a new equipment pool for broadband ocean floor seismometers. The first deployment in the Mediterranean Sea and the subsequent retrieval of the seismometers were successful. This pool of 80 ocean floor seismometers will allow German scientists to play a leading role within international projects related to marine seismology.

Bergung der Seismometer verliefen erfolgreich. Die vorhandenen 80 Geräte werden den deutschen Forschern auf dem Gebiet der marinen Seismologie eine internationale Führungsrolle ermöglichen.

Im Bereich der marinen Geochemie wurde die Entwicklung von Geräten und Plattformen zur beobachtenden in-situ-Messung von physikalischen und chemischen Parametern am Meeresboden und in der Wassersäule vorangetrieben. Die erfolgreiche Anwendung und Modifizierung eines in-situ-Massenspektrometers lieferte bei mehreren Expeditionen bis in 200 m Wassertiefe erstmals kontinuierliche Profile zu Methan- und CO₂-Konzentrationen im Oberflächen- und Bodenwasser. Die Vorteile dieser Technik zeigten sich speziell im Bereich von Punktquellen, die durch hohe Gasaustritte gekennzeichnet sind.

Im Rahmen der Periglazialforschung wurde die Diversität und Ökologie von Mikroorganismengemeinschaften in antarktischen Extremhabitaten und in Permafrostböden Sibiriens untersucht, um ihre Rolle im Methan-Zyklus und ihre Bedeutung für die Besiedlung durch höhere Organismen wie Algen und Flechten abzuschätzen. Erste Ergebnisse offenbarten eine bemerkenswerte Vielfalt von Mikroorganismen, die offensichtlich bestens an ihr extremes Habitat angepasst sind (siehe Kap. 2, Dirk Wagner und Daria Morozova: Leben auf dem Mars? Methan-bildende Mikroorganismen aus sibirischen Permafrostböden als Studienobjekte).

Darüber hinaus haben wir auf dem Gebiet der Periglazialforschung unsere Zusammenarbeit mit China gestärkt. In einer Reihe von deutsch-chinesischen Projekten war die Periglazialforschung an Untersuchungen zur rezenten und spätquartären Klima- und Land-

The Marine Geochemistry section advanced the development of equipment and platforms allowing for observable in-situ measurements of physical and chemical parameters on the ocean floor and within the water column. The successful modification and application of an in-situ mass spectrometer provided for the first time continuous profiles on methane and CO₂ concentrations in surface and ocean floor waters during several expeditions in water depths of up to 200 m. The advantage of this technique became obvious when examining spot sources of gas release on the ocean floor.

The periglacial research section carried out studies on the diversity and ecology of microorganisms living in Antarctic extreme habitats, as well as in permafrost soils of Siberia to assess the role which microorganisms play within the methane cycle and for the population of higher organisms like algae and lichens. First results exhibited a remarkable variety of microorganisms, which are best adapted to their habitat (see chapter 2, Dirk Wagner and Daria Morozova: Life on Mars? Methane-forming microorganisms from Siberian permafrost soils as study objects).

Within the domain of periglacial research, we also strengthened our cooperation with China. We have been involved in several German-Chinese projects to examine the Late Quaternary to recent climatic and environmental evolution within the area of the Tibetan Plateau ("the third pole of the Earth") for assessing the paleoecological development, as well as the impact of increasing permafrost degradation.

Within the Marine Geology and Paleontology section, we could improve the generally accepted global, astronomically dated isotope stratigraphy of the last

schaftsgenese im Bereich des Tibetplateaus („Dritter Pol der Erde“) beteiligt, um die rezente paläoökologische Entwicklung zu untersuchen und die Auswirkungen der zunehmenden Permafrostdegradation abzuschätzen.

Im Bereich der marinen Geologie wurde die global gültige, astronomisch datierte, marine Isotopenstratigraphie der letzten 5.3 Millionen Jahre im Bereich von 4.7-5.3 Ma revidiert, zeitlich neu geeicht, und bis 6.5 Ma erweitert. Seit einem Jahr wird an einer Erweiterung bis 10 Ma gearbeitet. Diese Arbeiten werden die globale, zeitliche Vergleichbarkeit mariner Proxy-Zeitreihen aus dem Miozän signifikant verbessern. Als Basis dienen IODP-Sedimentkerne (Integrated Ocean Drilling Program) aus dem SE-Pazifik.

Darüber hinaus wurden während der letzten zwei Jahre innerhalb der Sektion Marine Geologie und Paläontologie neue Versionen der Visualisierungs- und Analysesoftware „Ocean Data View“ (ODV) entwickelt und veröffentlicht. Einerseits wurde der Umfang der Darstellungsoptionen deutlich erweitert, andererseits wurden Module zur visuellen und automatischen Kontrolle der Datenqualität hinzugefügt. Neue Routinen zum Importieren von Datensätzen aus der „World Ocean Data Base, dem „World Ocean Atlas“ und der „ARGO Float Database“ wurden entwickelt und erlauben nun einen einfachen Zugriff auf diese wichtigen Datensätze. Die ODV Webseite (<http://odv.awi.de>) stellt jährlich mehr als 300 GByte Daten zur Verfügung. Das Portal „Ocean Data View“ hat mehr als 9000 registrierte Nutzer, hauptsächlich Wissenschaftler, Lehrer, Studenten und Schüler.

5.3 Ma in the interval from 4.7-5.3 Ma and by extending the orbitally tuned stratigraphy to 6.5 Ma. Since 2007, we have been working on an extension to 10 Ma. These studies will significantly improve global chronological comparisons between marine proxy records for the Miocene.

New versions of the visualisation and analysis software Ocean Data View (ODV) were developed within the Marine Geology and Paleontology section and released during the report period. The range of supported display styles was greatly expanded and modules for visual and automatic data quality control were added. In addition, new data import routines for the World Ocean Database, World Ocean Atlas and the ARGO Float Database were implemented and now allow easy access to these important datasets. The ODV website (<http://odv.awi.de>) serves more than 300 GBytes of data annually. ODV now has more than 9,000 registered users, including scientists, teachers, students and school pupils.

Biowissenschaften

Die zentrale Aufgabe des Fachbereichs Biowissenschaften ist die Bestimmung, Quantifizierung und Modellierung der verschiedenen Wechselbeziehungen zwischen marinen Stoffkreisläufen und der Biologie, Ökologie und genetischen Diversität von Indikatorarten in marinen Ökosystemen. Der Fachbereich beschäftigt sich mit ökologischen, physiologischen und ökotoxikologischen Themen. Dabei sind Shelf- und Küstenbereiche sowohl der Polarmeere als auch der Nordsee von besonderem Interesse. Zentrale Forschungsthemen umfassen die Reaktionen von Zellen, Individuen, Populationen und Gemeinschaften auf externe Umwelteinflüsse sowie die Organisation, Funktion und Dynamik von Populationen, Gemeinschaften und Ökosystemen.

Der größte Teil der wissenschaftlichen Arbeiten, die von Mitarbeitern des Fachbereichs ausgeführt werden, dient der Umsetzung und dem Erreichen der Ziele des MARCOPOLI-Programms. Dabei werden die Forschungsarbeiten mit anderen AWI-Fachbereichen multidisziplinär organisiert. Darüber hinaus sind viele Arbeitsgruppen des Fachbereichs eingebunden in nicht-programmorientierte Forschungsaktivitäten, die teilweise oder vollständig durch Drittmittelgeber (EU, DFG, BMBF, freie Wirtschaft etc.) finanziert werden. Einige dieser herausragenden Projekte sind unter bestimmten Themen zusammengefasst und werden nachfolgend vorgestellt.

Biosciences

The central mission of the Biosciences Division is to identify, quantify, and model the various interactions between marine element cycles and the biology, ecology and genetic diversity of key species in marine ecosystems. The Division deals with ecological, physiological and ecotoxicological topics. Shelf and coastal waters of the polar seas as well as coastal waters of the North Sea are the areas of major interest. Central themes include the responses of cells, individuals, populations and communities to external environmental influences, and the organisation, function and dynamics of populations, communities and ecosystems.

Most of the research conducted by members of the Biosciences Division is in support of the central objectives and challenges of the MARCOPOLI programme and is thereby organised in a multidisciplinary fashion with other AWI Divisions. Nevertheless, in addition to the core research programme, many working groups in the Biosciences Division are also engaged in “non-programme” research activities, financed partially or totally from external sources (European Union, DFG, BMBF, private industry, etc.) A few of these highlight projects are grouped into themes and presented here as relevant examples:

Biomechanik und Biomik

Das Thema funktionelle Morphologie von Planktonarten wurde durch diverse Forschungen in den Bereichen Biomechanik/Leichtbauoptimierung vorangetrieben. Die Ergebnisse wurden, wo sinnvoll, zum Patent eingereicht und sind u.a. für die Bereiche Medizintechnik (Cellfix), Architektur und Fahrzeugbau geeignet. Am AWI wurde eine Fachgruppensitzung des Bionik-Kompetenznetzes (Leichtbau und Optimierung) durchgeführt. Diese Projekte und Aktivitäten führten u.a. zu einer Absichtserklärung der Firma RLE international in Bremerhaven, eine Niederlassung zu gründen und dort die Themen Leichtbau und Windkraft zu bearbeiten. Weitere Projekte sollen im 2007 neu gegründeten Institut für Marine Ressourcen (IMARE) durchgeführt werden. Die entsprechende Grundlagenforschung zum Thema „Leichtbauoptimierung durch Evolution“ wurde am AWI gleichzeitig durch ein virtuelles Helmholtz-Institut („Plankton Tech“, bewilligt 2007) und eine Forschungsförderung durch die Firma RLE gesichert.

Marine Algen-Genomik und Viren

Die molekularbiologische Uhr von den Haptophyceen Algen enthält Hinweise darauf, dass sich diese Algengruppe während der Kreide-Tertiär Übergangszeit von Primärproduzenten zu Heterotrophen entwickelt hat und so die lichtschwachen Bedingungen dieser Zeit überdauerten.

Die Gruppe der eukaryoten Phytoplankter im Ozean wird von komplexen Algen dominiert (z.B. Diatomeen, Haptophyceen, Cryptophyceen und Alveolaten), die aus einer sekundären Endosymbiose hervorgegangen sind. Hierbei wurde eine Rotalge

Biomechanics and Bionics

Within the review time-frame 2006-2007, biomechanical research has focused on the evolutionary optimisation of light-weight structures. Several patents have emerged in the areas of biomedical technologies (Cellfix), architecture and automobile production. We organised a meeting and working group at AWI within the framework of the Bionic Competence Network (BioKoN) that resulted in the intention of the private company RLE to invest in Bremerhaven, with a focus on the design of windmills and light-weight structures. Other projects are embedded within the newly founded institute for marine resources IMARE. Basic research in this field was supported within AWI in late 2007 by establishing the virtual Helmholtz Institute PLANKTON-TECH and forthcoming additional financial contribution from RLE.

Marine Algal Genomics and Viruses

The phytoplankton in the oceans are dominated by “complex algae” (e.g. diatoms, haptophytes, cryptophytes, and alveolates), which originate from a “secondary endosymbiosis.” In this scenario, a red alga was engulfed by a eukaryotic host cell, then the eukaryotic endosymbiont was reduced to a plastid. Through our participation in diatom whole-genome projects we have established phylogenomic pipelines (e.g. PhyloGena), which allow the reconstruction of the evolutionary origin of all diatom genes. We were able to identify all genes of red algal origin in diatoms and we detected a large number of red algal genes in non-photosynthetic relatives of diatoms. We also found many diatom plastid genes, which do not stem from a red alga. Based on this we propose a novel model for the evolution of major marine phytoplankton.

von einer eukaryoten Mutteralge umschlossen und auf den Plastiden reduziert. Durch unsere Teilnahme am Genomprojekt haben wir eine phylogenomische Pipeline (e.g. PhyloGena) aufgebaut, die die Rekonstruktion des evolutionären Ursprungs aller Diatomeengene ermöglicht. So haben wir alle Gene der symbiotischen Rotalge identifiziert. Viele dieser Gene wurden in den Oomyceten entdeckt, einer Heterotrophengruppe, die mit den Diatomeen verwandt ist. Zudem fanden wir viele Plastidgene in Diatomeen, die nicht von Rotalgen stammen. Derzeit entwickeln wir ein neues Evolutionsmodell der beteiligten Arten.

Die kalkbildende Alge *Emiliana huxleyi* ist weltweit verbreitet und bildet oft riesige Planktonblüten. Daher spielt sie eine große Rolle im marinen Kohlenstoffkreislauf. Solche Blüten werden manchmal durch das Massenaufreten des Virus Ehv86 abgetötet und dies führt zur Massensedimentation der Kalkschalen. Wir haben den Infektionsprozess mittels einer Transkriptionsanalyse bei den Algen untersucht. Vor und während der Infektion wurden jeweils cDNA Bibliotheken angelegt und ein möglicher Infektionsmechanismus entdeckt. Derzeit untersuchen wir die quantitative Expression von Schlüsselgenen während der Infektion und versuchen ein Transformationssystem für *E. huxleyi* zu etablieren. Zudem arbeiten wir an dem Genomprojekt für *E. huxleyi* mit.

Die molekularbiologische Uhr von den Haptophyceen Algen enthält Hinweise darauf, dass sich diese Algengruppe während der Kreide-Tertiär Übergangszeit von Primärproduzenten zu Heterotrophen entwickelt hat und so die lichtschwachen Bedingungen dieser Zeit überdauerten.

*The marine calcifying haptophyte *Emiliana huxleyi* is ubiquitous and frequently forms massive blooms, thereby playing an important role in global carbon cycling. Blooms often are terminated by infection with a virus (Ehv86), which leads to sinking of the calcite shells. We have analysed the molecular interaction between alga and virus throughout the infection process using a transcriptional approach. From genes found in the different genetic libraries we could deduce a possible infection mechanism. We are currently analysing the expression of key genes involved in infection and are participating in the ongoing *E. huxleyi* whole genome project, supported by resources from the EU and Network of Marine Genomics.*

Within the EU-funded project ESTTAL (Expressed Sequence Tags of Toxic Algae), we have conducted and coordinated a limited genomic study of representative toxic algal species from many diverse groups, together with partners from the MPI for Chemical Ecology and Fritz Lippmann Institute (Jena) and from other European countries. We have successfully completed sequencing and analysis of limited genomic libraries for several algal species, in addition to whole genomic sequencing of toxic members of the cyanobacteria. From these gene libraries we are pursuing the search for genes involved in toxin biosynthesis and growth regulation. We have now developed DNA microarrays for detailed studies of gene expression. We have already obtained critical new information on microalgal and cyanobacterial genomic organisation to assist in the diagnosis of genes related to toxin biosynthesis, growth and the formation of toxic blooms. Such knowledge can also contribute to the formulation of EU policy regarding the potential effects on HAB dynamics of the input of anthropogenic nutrients into coastal waters.

UV-Effekte auf Makroalgengemeinschaft

Während die schädigende Wirkung der UV-Strahlung auf biologische Moleküle und Strukturen seit langem bekannt ist, ist die Wirkung auf Gemeinschaften, insbesondere auf die Unterwasseralgenwälder der Felsküsten weitgehend ungeklärt. Dieser Frage wurde am Dallmann-Labor auf King George Island im Rahmen eines DFG-finanzierten Projektes nachgegangen. In mehrmonatigen Feldexperimenten wurden künstliche Substrate dem vollen Sonnenlicht und dem Sonnenlicht ohne UV-Strahlung ausgesetzt. Als weiterer Faktor wurde die Beweidung untersucht. Diese führte zu einer starken Abnahme sowohl der Algenbiomasse, aber auch zu einer erhöhten Biodiversität. Die UV-Strahlung verminderte die Dichte der Grünalgenkeimlinge zu Beginn, wohingegen die Dichte der Rotalgenkeimlinge am Ende der Experimente stark abnahm. Die Biodiversität war am höchsten unter UV-Ausschluss. Auch die Artenzusammensetzung differierte stark zwischen UV-exponierten und UV-freien Gemeinschaften. Die Experimente zeigen darüber hinaus, dass die UV-Empfindlichkeit ein wichtiger Faktor für die Bestimmung der oberen Verbreitungsgrenze von Makroalgen an der Küste darstellt. Die erzielten Ergebnisse sind von großer Bedeutung zur Bewertung der Auswirkungen der durch stratosphärische Ozon- ausdünnung erhöhten UV-Strahlung. Denn UV-induzierte Änderungen der Algenzonierung und Biodiversität machen Änderungen in den trophischen Interaktionen von Küstenökosystemen wahrscheinlich.

UV Effects on Seaweed Communities

In contrast to the damaging effect of UV radiation on biological molecules and structures almost nothing is known about its effect on communities especially on the underwater seaweed forests on rocky shores. Within a DFG-financed project we studied the ecological and physiological impacts of UV radiation on the succession on benthic primary producers in Antarctica. This question was pursued at the Dallmann Laboratory on King George Island. In field experiments lasting for several months artificial substrates were exposed to full sunlight and to sunlight depleted of UV radiation. Grazing led to a strong decrease in algal biomass as well as a higher biodiversity. UV radiation reduced the density of green algal germ-lings in the beginning, but the density of red algal germ-lings decreased at the end of the experiments. Biodiversity was highest after UV exclusion. Species composition differed strongly between UV exposed and UV depleted communities. Moreover, the experiments showed that UV radiation represents an important factor for the determination of the upper distribution limit on the shore. The obtained results are of great importance for the estimation of the effects of enhanced UV radiation due to stratospheric ozone depletion. UV induced changes in algal zonation and biodiversity make changes in the trophic relations of coastal ecosystems very probable.

Anthropogene Veränderungen im Ökosystem Deutsche Bucht

100 Jahre intensive Bodenfischerei haben in der Deutschen Bucht ein außerordentlich resistentes benthisches System erzeugt (Projekte Beofino und Response). Es zeichnet sich durch ungewöhnlich hohe trophische Generalität und trophische Redundanz aus. Der Bau der Forschungsplattform Fino 1 im Jahr 2003 markiert den Beginn eines Fischerei-Ausschlussexperiments. Schon nach 14 Monaten zeigen sich erste Veränderungen im Benthos, insbesondere Verschiebungen im trophischen Niveau und in der trophischen Bedeutung von Arten.

EC/INCO-Projekt CENSOR (Climate variability and El Niño Southern Oscillation)

CENSOR will unser Verständnis der Effekte von El Niño (ENSO) auf die pazifische Küste Südamerikas und ihre Bewohner verbessern. Das Programm umfasst Feldkampagnen, Prozessstudien, Datensammlungen und Modellansätze, die von über 60 Wissenschaftlern aus 14 Instituten durchgeführt werden. Bisher wurden 3250 meist historische Datensätze überarbeitet und durch PANGAEA der Öffentlichkeit zugänglich gemacht und über 80 ISI-Publikationen sowie mehr als 30 Artikel/Berichte für das Management verfasst.

GLOBEC-Deutschland (Global Ocean Ecosystem Dynamics)

Ende 2007 wurde das Projekt GLOBEC-Germany, das trophische Wechselwirkungen zwischen Zooplankton und Fischen in Nord- und Ostsee untersucht, erfolgreich abgeschlossen. AWI-Wissenschaftler erforschten Lebensstrategien und Sekundärproduktion dominanter Copepodenarten und ihre Abhängigkeit von Umweltfaktoren und evertebraten Räubern, insbesondere Scyphomedusen und Copepoden.

Anthropogenic impacts on the German Bight ecosystem

Decades of intense bottom trawling has led to an extremely resistant benthic soft ocean floor system in the German Bight (projects Beofino and Response), characterised by high levels of trophic generality and trophic redundancy. The construction of the research platform Fino 1 in 2003 initiated a long-term fishery enclosure experiment in this area. Already after 14 months, first changes became manifest in the benthic community, particularly in the trophic level and trophic significance of certain species.

EC/INCO-project CENSOR (Climate variability and El Niño Southern Oscillation)

CENSOR aims at improving our understanding of El Niño-Southern Oscillation effects on the South American Pacific coastal realm and its population. It combines field surveys, process studies, data mining and modeling approaches, carried out by >60 scientists from 14 South American & European institutions. So far, 3250 mainly historical data sets have been analysed and made available through PANGAEA, and >80 ISI-publications and 30 articles/reports for management have been published.

GLOBEC-Germany (Global Ocean Ecosystem Dynamics)

The GLOBEC-Germany project, which focused on the trophic interactions between zooplankton and fish in the North and Baltic Sea, was successfully completed in 2007. AWI scientists investigated life cycle strategies and secondary production of key copepod species and their relationship to environmental factors and invertebrate predation, especially by jellyfish and copepod species.

Hohe Empfindlichkeit gegen Klimaänderungen bei Tieren in verschmutzten Regionen

Küstenregionen zählen zu den Ökosystemen, die mit am stärksten von der globalen Erwärmung und anthropogenen Einflüssen betroffen sind. In Zusammenarbeit mit der University of North Carolina at Charlotte untersuchen wir Synergie-Effekte von Schwermetallbelastung und erhöhten Umgebungstemperaturen auf den Energiestoffwechsel von Meerestieren. Bei der amerikanischen Auster *Crassostrea virginica* erhöht Cadmium den Energiebedarf und führt bei Erwärmung zu verfrühtem Temperaturstress, sichtbar in einem Ungleichgewicht zwischen Energiebedarf und -versorgung. Demnach vermindert Cadmium die Wärmetoleranz. Umweltverschmutzung führt vermutlich zu einer erhöhten Empfindlichkeit der Meeresfauna gegen Klimaextreme.

Die Gesundheit mariner Fischbestände

Die Gesundheit Europäischer Fischbestände als Indikator für die Umweltqualität wird im Rahmen des paneuropäischen Forschungsprojektes „ICON“ von 2008 an in Nordsee und Nordostatlantik untersucht. Die AWI Arbeitsgruppe Zellbiologie und Toxikologie sucht dabei nach neuen Möglichkeiten und Techniken, durch Blutuntersuchungen auf nicht-destruktive Art und Weise Informationen über schadstoffbedingte Leberveränderungen in Fischen zu ermitteln. Hierfür kommen Protein-analytische Untersuchungen sowie die in der Humanmedizin eingesetzte klinische Chemie in Zusammenarbeit mit der GKSS und der Tierärztlichen Hochschule Hannover zum Einsatz.

Im Rahmen einer Deutsch-Israelischen Zusammenarbeit der AG Zell Biologie und Toxikologie wird ein Krebs-Microarray für europäische Indikatorfischarten

Enhanced climate sensitivity of animals in polluted areas

*Coastal regions are among those ecosystems that are most severely affected by global warming and anthropogenic impacts. In collaboration with the University of North Carolina at Charlotte we have investigated the synergistic effects of heavy metal pollution and elevated environmental temperature on energy metabolism of marine animals. In the American oyster, *Crassostrea virginica*, cadmium increases energy demand and causes an earlier mismatch of energy demand and supply as a first sign of thermal stress upon warming. As a corollary, cadmium reduces thermal tolerance and pollution may thus enhance sensitivity of marine fauna to climate extremes.*

Health of marine fish populations

The health of European fish populations is being used as an indicator for the quality of the environment in a pan-European research project. In this project, the AWI ecotoxicology group has developed new non-destructive techniques and methods to assess toxically-induced liver damage in fish via blood analysis. For that purpose, protein analysis as well as clinical chemistry was applied in co-operation with the GKSS and the School of Veterinary Medicine in Hannover.

In a German-Israeli collaboration, we have developed a cancer microarray for representative indicator fish species which signals contact to cancer-causing substances by its reflection in gene response patterns. The approach is based on the detailed pathological diagnosis of early lesions and the cancer development in fish liver and micro-dissected tissue samples for the microarray development.

entwickelt, welches den Kontakt zu krebserregenden Stoffen in ihrer Genantwort signalisiert. Die Studien basieren auf der detaillierten pathologischen Diagnose der Stadien bis zur Krebsentstehung in der Fischleber und der Entnahme kleinster Gewebeprobe für die Microarray Entwicklung.

Der Zustand der Helgoländer Hummerpopulation

Die Helgoländer Population des europäischen Hummers steht unter ökologischem Druck. Insbesondere beeinträchtigen die steigenden Temperaturen die Larvalentwicklung. Darüber hinaus zeigte ein Vergleich der Empfindlichkeit der Tiere gegenüber chronischen Öleinwirkungen mit der des Raumkonkurrenten Taschenkrebs, dass dieser wesentlich robuster ist und sich damit leichter durchsetzen kann. Das aufwändige Zucht-, Aussetz- und Wiederfang-Programm mit begleitenden biochemischen und physiologischen Untersuchungen der Kondition der Hummer bzw. der Hummerpopulation vor Helgoland zeigt jedoch, dass die Zuchttiere gute Überlebenschancen im Feld haben. Damit ist der Weg frei, ein großes Wiederaufstockungsprogramm des Helgoländer Hummers zu planen. Die laufenden Arbeiten werden durch das Land Schleswig-Holstein gefördert.

Aquakultur einer Seespinne

Im Rahmen eines deutsch-spanischen Kooperationsprojektes (mit IRTA, Institut des spanischen Ministeriums für Erziehung und Wissenschaft) besteht seit 2006 ein Personenaustausch zwischen dem Aquakultur-Forschungszentrum in Sant Carles de la Ràpita, Tarragona, und BAH/AWI. Ziel ist es, geeignete Kulturbedingungen für die atlantische Seespinne, *Maja brachydactyla*, zu entwickeln. Diese Krabbenart ist stark überfischt und wird deshalb jetzt in Spanien intensiver in die Aquakulturforschung einbezogen.

The status of the Helgoland lobster population

The Helgoland lobster population is under ecological pressure. Rising sea water temperatures constrain larval development. Furthermore, a comparison of susceptibility of the species to chronic effects of hydrocarbons with that of its co-occurring competitor, the edible crab, shows that the latter is much more robust and can compete against juvenile lobsters in the quest for space and food. The current rearing, release and recapture programme with flanking physiological and biochemical investigations of the condition of the lobster populations at Helgoland revealed that the specimens released have good survival rates in the field. This is a pre-requisite to establishing a large-scale re-stocking project on the Helgoland lobster, which is supported by the state of Schleswig-Holstein.

Aquaculture of the sea-spider crab

*Within a German-Spanish cooperative project (with IRTA, Spanish Ministry for Education and Science) regular exchange of personnel has been established since 2006, between the aquaculture science centre in Sant Carles de la Ràpita, Tarragona, and BAH/AWI. In this project suitable aquaculture procedures for the Atlantic sea-spider crab, *Maja brachydactyla*, are being developed. This species has been severely over-fished and is therefore targeted more intensively in Spanish aquaculture research.*

Einwanderung des Gespenstkrebses

In den Aufwuchsgesellschaften künstlicher Hartsubstrate wie auf Bojen, Pontons, Ankerseilen (Abb. 2) hat sich der pazifische Gespenstkrebs *Caprella mutica* (Abb. 1) ausgebreitet und hat bei Helgoland im Sommer 2006 den heimischen Konkurrenten *Caprella linearis* vollständig verdrängt. *C. mutica* erreichte hier im August/September Abundanzen, die etwa 10-mal größer sind als die Abundanz-Maxima im ursprünglichen, pazifischen Lebensraum. Experimentelle Untersuchungen zeigten, dass *C. mutica* in der direkten Konkurrenz um Raum und Nahrung der heimischen *C. linearis* überlegen ist. Außerdem wird der Newcomer von potentiellen Räubern (z.B. Klippenbarschen) deutlich weniger gefressen als *C. linearis*. Mittlerweile gibt es erste Anzeichen dafür, dass *C. mutica* auch auf natürliche Hartsubstrate übergeht. Mögliche Folgen für die Nahrungsbeziehungen in Aufwuchsgesellschaften werden untersucht (Stipendium Universität Berlin).

Faunenveränderungen bei Spitzbergen

Die Arktis erfährt eine bereits deutlich einsetzende Faunenveränderung durch nordwärts-Transporte südlicher Arten und Artengemeinschaften. Besonders die Gewässer und Fjorde von West-Spitzbergen sind empfindliche ökologische Indikatoren für klimatisch bedingte Veränderungen von Nahrungsnetzen, da das Archipel sowohl von polaren, wie auch von wärmeren atlantischen Strömungen beeinflusst wird. Ein Vergleich mit einer Studie von vor 10 Jahren zeigte, dass offenbar der Einfluss der Erwärmung erheblich zugenommen hat und das Artenspektrum durch südliche Formen stark verändert ist. Untersuchungen zu Wachstum und Reproduktion von Krill-Arten wiesen

Invasion of the ghost shrimp

The ghost shrimp, *Caprella mutica* (Fig. 1), has expanded greatly in recent years by settling on artificial hard substrates, such as buoys, pontoons, anchor chains etc. (Fig. 2). This enhanced settlement has completely displaced the local inter-specific competitor at Helgoland, *Caprella linearis*. *C. mutica* reached abundances in August/September that were ten-fold higher than populations typical of its Pacific origin. Experimental tests showed that *C. mutica* clearly prevails against its local relative in terms of space and food. Furthermore, the newcomer is far less frequently taken by potential predators, such as the gold finny wrasse. First indications are that *C. mutica* is invading natural hard substrata as well with possible consequences in food webs of fouling communities (studied via doctoral grant from U. Berlin).

Faunal changes at Spitsbergen

The Arctic is clearly experiencing pronounced changes in faunal composition caused by Northward transport of Southern species and communities. In particular, the waters and fjords of West-Spitsbergen are sensitive ecological indicators of climatically caused shifts in food web composition because the archipelago is influenced by both polar as well as warmer Atlantic currents. In a comparison with a plankton study from a decade ago, the impact of warming has increased markedly and the species spectrum has changed considerably. Studies of growth and reproduction of krill species indicated,

jedoch darauf hin, dass der Nahrungseinfluss die Kondition und Überlebensfähigkeit der Tiere mindestens ebenso stark beeinflusst wie die Wassertemperatur. Die Konsequenzen für klimatisch bedingte Veränderungen der Nahrungsnetze können diskutiert werden (EU MarBEF, RMP ArctEco).

however, that the food supply constrains the condition and survival of such key species as strongly as temperature. This research has proven to be highly relevant to programmes involved in climatically caused changes in food webs (EU MarBEF, RMP ArctEco).

Abb. 1: Der pazifische Kleinkrebs *Caprella mutica*, ein erfolgreicher Einwanderer in die Nordsee

Fig. 1: The Pacific crustacean *Caprella mutica*, a successful invader of the North Sea (Photo: H.-D. Franke)

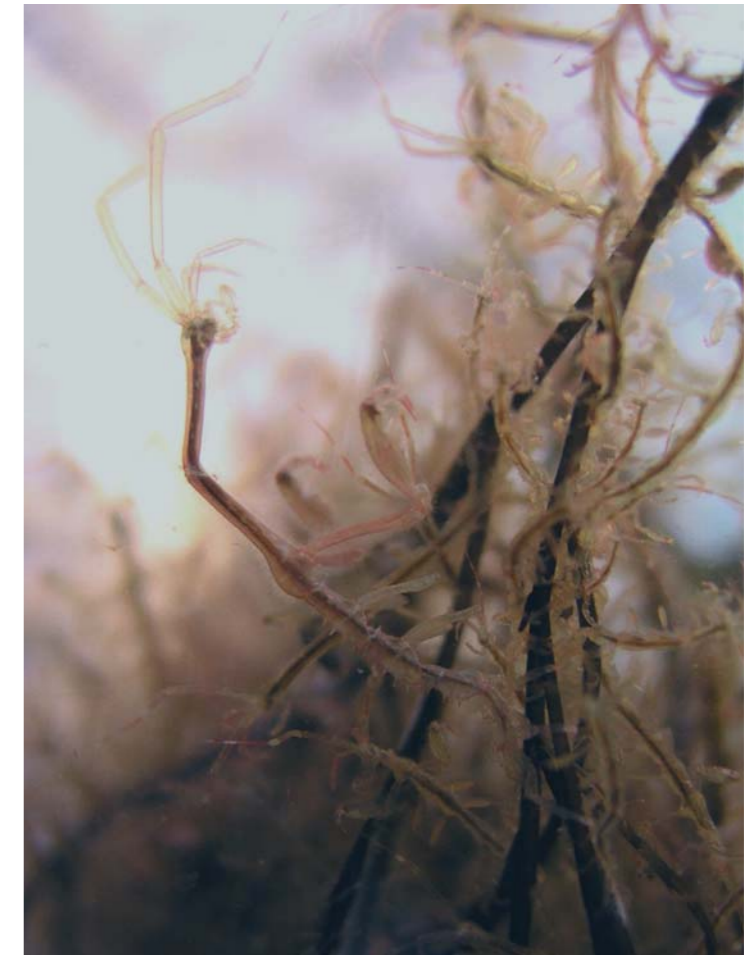




Abb. 2: Austausch einer Navigationsboje durch
GS „Neuwerk“ nach einer etwa einjährigen Liegezeit

*Fig. 2: Exchange of a navigational buoy by
GS "Neuwerk" at Helgoland after an idle period
of approx. one year (Photo: H.-D. Franke)*

Die Bedeutung von Mangroven für das Leben im Ozean

Mangroven, tropische Küstenwälder, spielen aufgrund ihrer hohen Produktion an Biomasse eine wesentliche Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf. Sie sind für über 10% des gelösten organischen Kohlenstoffs verantwortlich, der von den Kontinenten in die Ozeane gelangt, obwohl sie weniger als 0,1% der globalen Landfläche einnehmen. Aufgrund unserer Studien mit der Florida State University und dem Zentrum für marine Tropenökologie schätzen wir, dass jährlich weltweit ca. 26 Millionen Tonnen an Kohlenstoff aus Mangroven in die Ozeane ausgewaschen werden und dort für Zeiträume von mehreren tausend Jahren dem aktiven Kreislauf entzogen werden.

The critical importance of mangroves to ocean life

Mangroves, as forests along the tropical coasts, play an important role in the global carbon cycle because of high biomass production. Mangroves provide more than 10% of dissolved organic carbon that is supplied to the global ocean from land although they cover only less than 0.1% of the global land surface. From our research in co-operation with the Florida State University and the Center for Marine Tropical Ecology we conclude that the carbon exported from mangroves is approximately 26 million tons of carbon per year where it is sequesters for many thousands of years and thus removed from the active carbon cycles.

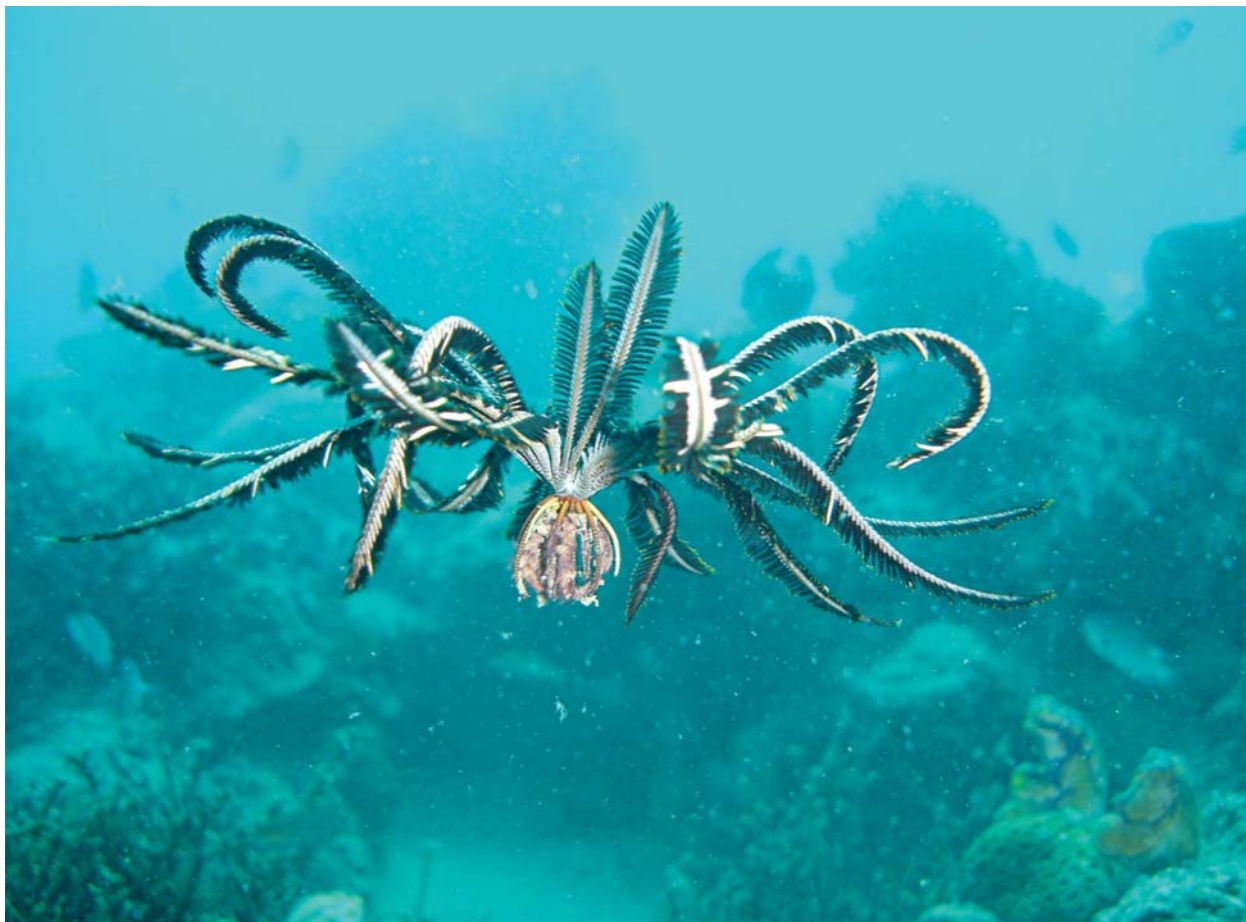


Abb. 3: Korallenriffe und tropische Seegraswiesen gehören zu den artenreichsten Lebensräumen mariner Küsten. Das AWI ist beteiligt an ökologischen Studien zum Stofftransport und Organismen-Austausch zwischen diesen Habitaten.

Fig. 3: *Coral reefs and tropical seagrass beds are the most diverse communities in coastal waters. The AWI is involved in ecological studies on the material transport and exchange of organisms between both systems.*

Stofftransport und Organismen-Austausch zwischen Seegraswiesen und Korallenriffen

Die drängenden Probleme tropischer Küstengebiete zwingen die ökologische Forschung dazu, die weitgehend unbekannt Beziehungen zwischen den dortigen Lebensgemeinschaften rasch zu erforschen und in ihrer Bedeutung für den Menschen zu erkennen. In Zusammenarbeit mit dem ZMT Bremen und der Universität Makassar leistet das Alfred-Wegener-Institut im Rahmen der globalen Küstenforschung seinen Beitrag in dem Projekt SPICE bei der Untersuchung von Seegraswiesen und Küstenplankton im Spermonde Archipel an der Südwestküste Sulawesi (Abb. 3). Struktur und Dynamik dieser Ökosysteme wurden beschrieben und die Reaktion auf Störungen in den Küstenlebensgemeinschaften wird im Experiment getestet. Die Ergebnisse werden in einem tropho-dynamischen Modell zusammengefasst und können so bei der Planung und Entwicklung dieser Küstenbereiche wertvolle Dienste leisten.

Material transport and exchange of organisms between seagrass beds and coral reefs

Urgent problems in tropical coastal regions force ecological research to unravel mostly unknown relationships between coastal communities recognising their importance for human life. Within the SPICE project, the Alfred Wegener Institute contributes in co-operation with the ZMT Bremen and the University of Makassar to the investigation of seagrass beds and coastal plankton in the Spermonde Archipelago at the Southwest coast of Sulawesi (Fig. 3). Structure and dynamics of these coastal ecosystems have been described and their response to perturbations are being tested experimentally with the aim of developing a tropho-dynamic model.

Klimawissenschaften

Im Atlantischen Sektor des Südlichen Ozeans wurde der Aufbau eines Beobachtungssystems in internationaler Kooperation fortgesetzt. Mit verankerten Messgeräten werden kontinuierliche Zeitreihen von Temperatur, Salzgehalt und Eisdicke an Schlüsselpositionen aufgezeichnet, deren flächenmäßige Verteilung zusätzlich durch vertikal profilierende Driftkörper erfasst wird. Durch technologische Neuentwicklung können die Drifter inzwischen mehrere Jahre unter dem Eis überdauern und Daten aufzeichnen.

In der Arktis konzentrierten sich die ozeanographischen Arbeiten auf die Grönlandsee, wo ein vertikal profilierendes Verankerungssystem in Betrieb ist, und auf die Framstraße, wo mit einer Anordnung von Verankerungen der Zustrom von atlantischem Wasser in den Arktischen Ozean überwacht wird. Hier geht es darum, die Messdaten mit einem akustischen Übertragungssystem zwischen den Verankerungen und einer profilierenden Oberflächenboje zum Satelliten zu übertragen.

Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms Antarktischforschung wurde ein dreidimensionales Ozeanzirkulationsmodell auf den Wostoksee unter dem antarktischen Eisschild angewandt, der seit Millionen Jahren isoliert ist. Die Auswirkungen von geothermischem Wärmestrom, Salzgehalt und Auflast des Eisschildes auf die Dynamik des subglazialen Sees wurden untersucht, um die Empfindlichkeit dieser extremen Umgebung am Grund des antarktischen Eisschildes zu bestimmen.

Climate Sciences

In the Atlantic sector of the Southern Ocean the installation of the Hybrid Arctic/Antarctic Float Observation System was continued in international cooperation. Moored instruments record quasi continuously temperature, salinity and sea ice thickness in key areas and their spatial distribution is measured additionally with vertically profiling floats. Through new technological developments these floats are able to operate in the area for several years and keep on measuring and recording data under the sea ice.

In the Arctic the oceanographic efforts were focused on the Greenland Sea and Fram Strait. In the Greenland Sea vertical profiling moorings are kept operational and in Fram Strait moorings are maintained to monitor the inflow of Atlantic Water into the Arctic Ocean. In order to retrieve the data faster an acoustic data transmission system between the moorings and a profiling surface buoy, which provides a satellite link, is developed.

Zukünftige arktische Klimaänderungen zum Ende des 21. Jahrhunderts wurden unter der Annahme des IPCC-A1B-Emissionsszenarios mit dem regionalen Klimamodell HIRHAM simuliert. Es zeigte sich, dass die Arktis wärmer und feuchter wird, wobei die regionalen Temperatur- und Niederschlagsänderungen mit Änderungen der Zugbahnen der Tiefdruckgebiete verbunden sind.

Die Variabilität von atmosphärischen Klimaregimen wurde für das heutige Klima, das mittlere Holozän und das letzte Eiszeitmaximum mit dem Fast Ocean Atmosphere Model bestimmt. Dafür wurde ein globales barotropes Atmosphärenmodell auf der Basis der Flachwassergleichungen auf unstrukturierten Dreiecksgittern entwickelt.

Geoidmodelle sind in der Ozeanographie von großer Bedeutung, weil sie die Horizontale festlegen, gegenüber der die Neigung der dynamischen Ozeanoberfläche bestimmt wird. Das AWI hat sich im Rahmen einer von der ESA geförderten Studie an der Konstruktion einer Toolbox beteiligt, die die Ergebnisse der ESA-Satellitenmission GOCE zur Schwerefeldmessung für Ozeanographen und andere Geowissenschaftler leichter zugänglich machen wird. Dabei wurden am AWI Pilotstudien zum Gebrauch zentraler Komponenten dieser Toolbox durchgeführt.

Within a DFG Priority Programme for the Antarctic, a three-dimensional ocean general circulation model has been applied to the sub-glacial Lake Vostok (Antarctica), which is covered by several kilometres of ice and has been isolated for millions years. The effects of geothermal heat flux, salinity, and ice sheet load on the sub-glacial lake dynamics are examined, which is important to assess the sensitivity of such an extreme environment at the base of the Antarctic ice sheet.

Future Arctic climate changes by the end of the 21st century have been simulated by the regional climate model HIRHAM assuming the IPCC A1B emission scenario. In these experiments the Arctic is projected to be warmer and wetter due to regional-scale temperature and precipitation changes associated with changes in the storm tracks.

Northern hemisphere climate regime variability for present day conditions, the mid-Holocene and the last glacial maximum were analysed with the Fast Ocean Atmosphere Model. For these studies a global barotropic model of the atmosphere governed by the shallow water equations on an unstructured triangular grid was developed.

Als Produkt einer engen Zusammenarbeit zwischen Ozeanmodellierern und Beobachtern wurde am AWI ein neuartiges Analysetool (FEMSECT) entwickelt, das die schnelle Interpretation aufwändiger Messungen von Geschwindigkeit, Temperatur und Salzgehalt im Ozean erlaubt. Dieses Werkzeug wird mittlerweile an verschiedenen Instituten in den USA, Spanien, Tunesien und China benutzt.

Im Rahmen der Arbeiten zur Wolkenphysik wurde ein konzeptionelles eindimensionales Wolkenmodell mit den Methoden der nichtlinearen Dynamik analysiert. Dieses Modell beschreibt die Wechselwirkungen zwischen Wolken- und Niederschlagsteilchen in Form von Tropfen und Eisteilchen sowie die Massenflüsse zwischen den Schichten. Die Modellanalyse ergab, dass es die typischen Merkmale von nichtlinearen Systemen zeigt. Es konnten in Abhängigkeit von der Vertikalgeschwindigkeit drei Regime der Wolkenentwicklung identifiziert werden.

Geoid models are fundamental to oceanography because they represent the horizontal against which the slope of the dynamic ocean surface topography is measured. AWI scientists participated in an ESA-funded study on constructing a user toolbox, which provides easier access to the results from the ESA satellite mission GOCE by oceanographers and other geoscientists. The AWI contributed to this effort by carrying out a pilot study on the use of the emerging toolbox components.

Close collaboration between ocean modellers and sea-going oceanographers at the AWI resulted in a novel analysis tool (FEMSECT) for fast interpretation of extensive measurements of current speed, temperature, and salinity in the ocean. This tool is now used in various institutes in the USA, Spain, Tunisia, and China.

Die Aktivitäten der Meereisphysik konzentrierten sich auf die verstärkte Beschaffung von Daten zur Eisdicke mit der hubschraubergestützten Eisdicken-sonde. Diese Sonde wurde außerhalb des Forschungsprogramms im Rahmen von internationalen Kooperationen eingesetzt, um an Feldkampagnen in der Ostsee, im Norden der Ellesmere-Insel, am Nordpol, in der Beaufortsee und bei Barrow (Alaska) teilzunehmen, zur Validierung von Radarsat und CryoSat beizutragen, Daten für eine umfangreiche Eismassen-Bilanzstudie zu beschaffen und ein IPY-Netzwerk für saisonales Meereis zu ergänzen.

Im Juli 2007 startete die Helmholtz-Hochschul-Nachwuchsgruppe PHYTOOPTICS als Kooperation zwischen AWI Bremerhaven und dem Institut für Umweltphysik an der Universität Bremen. Die Forschergruppe arbeitet an der Gewinnung globaler bio-optischer Informationen aus spektral hochaufgelösten Daten mit interdisziplinären Methoden. Diese Informationen werden genutzt, um die Veränderung von Zusammensetzung, Wachstum und Produktivität des marinen Phytoplanktons auf globaler und langfristiger Skala zu untersuchen.

Within the cloud physics activities dynamical features of a mixed phase, 1-dimensional cloud model were analysed with methods from the theory of non-linear systems. This model accounts for the interactions between cloud and precipitation particles and between different cloud layers. A qualitative analysis revealed that this system shows many non-linear features, among which three regimes for cloud evolution were identified depending on vertical velocity.

Activities concerning sea ice physics have focused on enhanced acquisitions of ice thickness data with the helicopter-borne ice thickness sensor. This sensor was used in international cooperation to participate in field campaigns in the Baltic Sea, north of Ellesmere Island, at the North Pole, in the Beaufort Sea, and at Barrow (Alaska) to contribute to the validation of Radarsat and CryoSat, to provide data for an extensive ice mass balance study and to complement an IPY network for Seasonal Sea Ice.

In July 2007 the Helmholtz Young Investigators Group PHYTOOPTICS started as cooperation between AWI Bremerhaven and the Institute of Environmental Physics at the University of Bremen. The research group retrieves global bio-optical information from highly spectrally resolved data with interdisciplinary methods (satellite remote sensing, in-situ measurements obtained from RV 'Polarstern' and modelling). The information is used to study changes of composition, growth and productivity estimates of marine phytoplankton on global and long-term time scales.