



4. Entwicklungen in den
Fachbereichen |
Progresses in the Scientific Divisions



Geosciences

Geowissenschaften

Im Fachbereich Geowissenschaften werden die Wechselwirkungen zwischen dem Geoökosystem und dem Klimasystem untersucht. Dies umfasst sowohl vergangene Klima- und Umweltzustände wie auch die Erfassung der gegenwärtigen Reaktion des Erdsystems auf natürliche und menschlich bedingte Klimaänderungen.

Darüber hinaus kommt auch der Auflösung der Strukturen der Lithosphäre in den Polarregionen eine besondere Bedeutung zu, weil nur so die langfristige geologisch-tektonische Entwicklung der Erde zu verstehen ist.

Der regionale Fokus der Arbeiten liegt auf den Polarregionen. Die Arktis und Antarktis zählen zu den Schlüsselgebieten für die Untersuchung des Geosystems, da Veränderungen der atmosphärischen und ozeanischen Zirkulation in Meeressedimenten, Permafrostböden und im Inlandeis archiviert sind. Auch in Bezug auf die Quantifizierung und Wirkkraft von prognostizierten Änderungen, wie die globale Erwärmung oder der Meeresspiegelanstieg, sind die arktischen Küstenregionen und Permafrostgebiete, die Bereiche der Kontinentalschelfe und Ozeanränder der hohen Breiten sowie die Meereisbedeckung und die Inlandeismassen wichtige Indikatoren.

Durch die Verknüpfung von geophysikalischen, geologischen, glaziologischen und geochemischen Untersuchungen werden langfristige und „eventgesteuerte“ Veränderungen der Polarregionen untersucht und der Massen- und Energietransfer in dem komplexen System „Inlandeis-Permafrostregion-Ozean-Sediment“ quantitativ und qualitativ erfasst.

The geosciences research division investigates the interaction between the geo-ecosystems and the climate system. This includes the past climate- and environment state as well as the recent response of the Earth systems to natural and anthropogenic-forced climate changes.

Understanding the long term geologic-tectonic evolution of our planet additionally requires the study of lithospheric structures in both polar regions.

The regional focus of efforts concentrates on the polar regions. The Arctic and Antarctic regions are amongst the most sensitive to environmental change, and thus are key areas for understanding past and recent climate change. Different archives like ocean sediments, permafrost soils and continental ice are used to reconstruct variations in atmospheric and oceanic circulation as well as climate-induced impacts on the ecosystem. Moreover, the coastal and permafrost regions of the Arctic, the high-latitude continental shelves and ocean margins as well as sea ice cover and continental ice sheets provide basic informations that are essential to assess future climate change, such as global warming and sea level rise. The cooperation of geophysical, geological, glaciological and geochemical disciplines under one roof and the common use of central facilities provide an ideal research environment to investigate long-term and event-driven changes of the polar regions and to document qualitative and quantitative mass and energy transfers in the complex system “continental ice – permafrost region – ocean – sediment”. The recovery of sediment and ice cores requires the integration into international programs (IODP, ICDP,

Die Gewinnung von Sedimenten und Eis erfordert die Einbindung in internationale Programme (unter anderem IODP, ICDP, EPICA) und die Nutzung derer Technologien. Weiter- und Neuentwicklungen von Bohrgeräten, Sensoren, Plattformen (*Aurora Borealis*, Unterwasserfahrzeuge wie ROVs und AUVs) sowie von Sensornetzwerken und autonomen Observatorien sind erforderlich, um die ausgeprägten Wechselwirkungen zwischen dem Geoökosystem und dem Klimasystem in dem schwer zugänglichen Bereich der hohen nördlichen und südlichen Breiten zu erfassen.

Diese Zielsetzungen ergänzen sich mit Fragestellungen, die in den Fachbereichen Klimawissenschaft und Biowissenschaft untersucht werden. Dies beinhaltet beispielsweise die mathematische Modellierung von Klima- und Umweltveränderungen in arktischen Küsten- und Permafrostgebieten, die Quantifizierung des Stoffflusses von Oberflächenwasser zum Meeresboden, der für die benthopelagische Koppelung relevant ist, sowie Untersuchungen zur Küstendynamik und dessen Effekt auf die Küstenökosysteme.

Der überwiegende Teil der im Fachbereich durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten ist in das AWI-Forschungsprogramm MARCOPOLI eingebettet. Neben diesen Untersuchungen werden in den fünf Sektionen des Fachbereiches noch Themen bearbeitet, die außerhalb von MARCOPOLI liegen und zum Teil über Drittmittel gefördert werden. Diese sind nachfolgend kurz beschrieben.

EPICA, et al.) and the application of their technologies. The improvement and new development of drilling equipments, sensors, platforms (Aurora Borealis, underwater vehicles like ROVs and AUVs) as well as sensor-networks and autonomous observatories are necessary to decipher the distinctive interactions between the ecosystems and the climatic system, especially for those areas that are difficult to access.

These objectives supplement questions, which are investigated within the research divisions of Climate Sciences and Biosciences. This includes, for example, the numerical modelling of climatic and environmental changes in arctic coastal and permafrost areas, the quantification of particle flux from the surface to the ocean floor, which is relevant for the benthic-pelagic linkages, as well as research of coastal dynamics and their effects on the coastal ecosystems.

The major part of the scientific research is embedded in the AWI research program MarCoPoli (see chapter XX). This research is complemented by additional research themes (outside MarCoPoli) that are partly funded by soft money. Following is a short description of these themes:

Integrated Ocean Drilling Program Leg 302 (Arctic Coring Expedition, ACEX)

The Arctic Coring Expedition set a new milestone in Arctic research during the late summer of 2004. The recovery of an about 420 meter thick sequence of late Cretaceous and Cenozoic sediment on Lomonosov Ridge/central Arctic Ocean during the IODP-ACEX Expedition 302 in 2004 allowed for the first time a detailed reconstruction of the early pre-glacial Arctic

Integriertes Ozean-Bohrprogramm Expedition 302, (Arktische Bohr-Expedition, ACEX)

Einen neuen Meilenstein in der Arktisforschung setzte die arktische Bohrexpedition im Spätsommer 2004. Die IODP-ACEX-Bohrkerne vom Lomonosow-Rücken/Zentral-Arktischer Ozean erbrachten eine 420 Meter mächtige Abfolge von oberkretazischen und känozoischen Sedimenten, die erstmals in der Geschichte der Arktisforschung eine detaillierte Rekonstruktion der prä-glazialen Umweltbedingungen im zentralen Arktischen Ozean erlauben. Unsere Untersuchungen an diesem einmaligen Probenmaterial konzentrieren sich auf den organischen Kohlenstoffkreislauf und dessen Bezug zur lang- und kurzfristigen



Abb. 2: Blick in die Halle aus Schnee und Eis, in der die Bohrarbeiten ablaufen. Rechts im Vordergrund ist ein Kernrohr zu sehen, in dessen Innerem die einzelnen Eiskerne nach oben kommen.

Fig. 2: View of the drill trench where the deep ice core drilling for the EPICA ice core from Dronning Maud Land was drilled. In the foreground to the right one can see a core barrel in which the core pieces are brought to the surface.

Ocean climate history. Studying these unique ACEX sediments, we concentrate on the Arctic Ocean organic carbon cycle and its relationship to the long and short-term paleoenvironmental/paleoceanographic evolution during Paleocene-Eocene times.

The Eocene - Paleocene interval displays high organic carbon contents of 1 to > 6%. Elevated hydrogen index values of 150 to 350 mgHC/gC suggest increased amounts of (marine and/or freshwater) algae material being preserved. Low C/S ratios of <1 indicate dominantly suboxic/anoxic conditions during Eocene times. Increased primary production, increased freshwater input and/or increased preservation under suboxic/anoxic conditions have probably caused this organic carbon enrichment during Eocene/Paleocene times.



Abb. 3: Ein frisch gewonnener Eiskern wird gesäubert, bevor er der weiteren Verarbeitung zugeführt wird.

Fig. 3: A fresh EPICA-DML ice core was being cleaned before further processing.

gen Variabilität der paläo-klimatischen und paläo-ozeanographischen Bedingungen im Paläozän/Eozän.

Die paläozänen-eozänen Sedimente zeichnen sich durch sehr hohe Gehalte an organischem Kohlenstoff von 1 bis >6 % aus. Hohe Wasserstoffindex-Werte weisen auf aquatisches Algenmaterial als Quelle hin. Sehr niedrige C/S-Verhältnisse zeigen dominant sub-oxische bis anoxische Ablagerungsbedingungen im Eozän an. Eine erhöhte Primärproduktion, ein erhöhter fluviatiler Eintrag und eine erhöhte Erhaltungsrate unter anoxischen Bedingungen waren wahrscheinlich die Ursachen für die Ablagerung C_{org} -reicher Sedimente im Paläozän/Eozän.

Hochauflösende Modellierung von Sedimenterosion und Partikeltransport auf dem Nordwestafrikanischem Schelf

Das Gebiet entlang des Nordwestafrikanischen Schelfes vor Kap Blanc zeichnet sich durch intensiven, küstennahen Auftrieb und durch starke Aktivität von kleinskaligen Wirbeln, Strombändern und Jets aus. Messungen der Partikeldichte in der Wassersäule dieser Region zeigen zwei auffällige Maxima, eines in der Nähe der Oberfläche und ein anderes zwischen 200 und 400 Metern Tiefe. Mit einem sehr hoch auflösenden ozeanographischen Zirkulationsmodell zeigen wir, dass das Oberflächenmaximum durch lokale biologische Produktion erzeugt wird. Das tiefere Maximum rührt von Material her, welches vom Schelf erodiert und durch starke Wirbel und Jets von der Küste in den offenen Ozean transportiert wird. Besonders effektiven Transport in den offenen Ozean findet man südlich von Kap Blanc (21 °N) und südlich von Kap Bojador (26 °N). Diese Studien wurden in Zusammenarbeit mit dem DFG geförderten Research Center Ocean Margins (RCOM) durchgeführt.

High resolution modelling of sediment erosion and particle transport across the NW African shelf

The region off Cape Blanc along the northwest African coast is dominated by persistent upwelling and strong activity of small scale eddies, filaments and jets. Vertical particle camera profiles obtained during recent cruises in this region show that two well-marked maxima of particle abundance in the water column exist, one at the surface and the other in subsurface layers between 200 and 400 meter deep. Using a high resolution terrain-following coordinate ocean model with built-in ecosystem and sediment transport modules we show that the surface particle maximum can be explained by local productivity while the deeper, subsurface particle cloud most likely originates from particulate material eroded from the shallow shelf and transported offshore by vigorous filament activity and dynamic features of the flow. Time-averaged effective transport patterns of particles reveal distinct maxima between 20.5°N and 23.5°N off Cape Blanc. South of Cape Bojador and off Cape Timiris, on the other hand, the effective transport distance patterns suggest energetic offshore activity. This work was conducted in cooperation with the DFG funded Research Center Ocean Margins (RCOM).

Eltanin Asteroid Impact Studies

The late Pliocene (2.5 Ma) Eltanin impact into the Bellingshausen Sea (Pacific Southern Ocean) is the only known example of a km-sized asteroid impact into a deep-ocean (5 kilometer) basin. We intensively investigated the impact area combining HYDROSWEEP bathymetric and PARASOUND sediment-echosounding surveys and the study of 20 sediment

Eltanin Asteroideneinschlag

Der oberpliozäne (2.5 Ma) Eltanin-Asteroideneinschlag in das Bellingshausenmeer (pazifischer Südozean) ist das bislang einzig bekannte Beispiel eines kilometergroßen Asteroideneinschlages in den tiefen Ozean (5 km). Der Einschlag wurde intensiv durch bathymetrische und sedimentechographische Vermessung (HYDROSWEEP, PARASOUND) des Einschlaggebietes und Bearbeitung von 20 Sedimentkernen dokumentiert. Die höchsten Konzentrationen von meteoritischem Auswurf wurden im Bereich der Freeden-Tiefseekuppe (57,3 °S; 90,5 °W) und der nördlich anschließenden Tiefsee gefunden, wo bis zu 3 g/cm² Meteoritenmaterial abgelagert worden ist. Es wird vermutet, dass der Einschlag unmittelbar nördlich oder nordwestlich der Tiefseekuppe stattgefunden hat. Bis in das Eozän zurückreichende Sedimente wurden bei dem Einschlag großflächig erodiert. Es gibt jedoch keine Hinweise für einen Krater oder dafür, dass der Asteroid die Ozeankruste erreicht hat. Das bislang dokumentierte Streufeld von meteoritischem Material erstreckt sich über eine Fläche von 200 x 660 Kilometer und stellt das meteoritenreichste Gebiet der Erde dar. Der ungewöhnlich hohe Anteil von 9% ungeschmolzenem Meteoritenmaterial ist möglicherweise charakteristisch für Einschläge in den tiefen Ozean. Diese mag auch für den Import von organischem Material in der Frühzeit der Erdentstehung von Bedeutung sein. Numerische Simulationen des Einschlages, bei denen auch Topographie des Meeresbodens und Sedimentverteilung einfließen, sollen nunmehr genauere Informationen zu Auswirkungen auf die Umwelt und die Bildung eines Mega-Tsunamis ergeben.

cores containing impact-related deposits. This survey revealed that the meteoritic ejecta is most concentrated on a topographic high, the Freeden Seamounts (57.3°S, 90.5°W), and in the deep basins to its north where the amount of meteoritic material deposited on the ocean floor is as much as 3 g/cm². We estimate that ground zero was in the region just north, or northwest, of the seamounts. Sediments as old as Eocene were eroded by the impact disturbance. However, there is no evidence that the impactor penetrated the ocean basement or formed a crater. The presently known meteoritic ejecta distribution range extends over a region of at least 200 km X 660 km. This represents the most meteorite-rich area known on our globe. The fact that approx. 9 % of the coarse ejecta is unmelted meteorites may be characteristic of deep-ocean impacts. This may be of significance for the delivery of organic matter to the emerging Earth through small impacts into primordial oceans, where actual meteorite fragments can survive in significant amounts. Planned numerical simulation of the Eltanin impact, which considers the topographic and sediment deposition pattern in the impact area will provide more information on the environmental consequences of the Eltanin impact, including the creation of a giant tsunami.

Deep-water renewal in the Skagerrak during the last 1200 years triggered by the NAO: evidence from benthic foraminiferal $\delta^{18}\text{O}$.

Benthic foraminiferal tests of a sediment core from south-western Skagerrak (north-eastern North Sea, 420 meter water depth) were investigated for their ratio of stable oxygen isotopes. During modern times sudden drops in temperature and salinity of Skagerrak deep-waters point to advection-induced casca-

Einfluss der NAO auf die Tiefenwassererneuerung im Skagerrak während der letzten 1200 Jahre

An benthischen Foraminiferengehäusen aus einem Skagerrak-Sedimentkern (420 Meter Wassertiefe) wurde das Verhältnis der stabilen Isotope des Sauerstoffs untersucht. Plötzliche Temperatur- und Salinitätsabnahmen im rezenten Skagerrak-Tiefenwasser deuten auf ein kaskadenartiges Einströmen von kälterem und dichterem Wasser der zentralen Nordsee hin. Die plötzlichen Temperaturabnahmen, die anhand des Verhältnisses der stabilen Sauerstoffisotope in den benthischen Foraminiferengehäusen rekonstruiert wurden, dienen als Anzeiger für historische Erneuerungen des Skagerrak-Tiefenwassers. Wir zeigen, dass die Tiefenwassererneuerung im Skagerrak, zumindest während der letzten 1200 Jahre, durch die negative Phase der Nordatlantischen Oszillation (NAO) gesteuert wurde. Die NAO übt einen starken Einfluss auf das Klima NW-Europas aus. Zurzeit wird diskutiert, ob die Langzeitvariabilität der NAO das Klima der nördlichen Hemisphäre auch langfristig beeinflusst. Die hier präsentierten Daten können diese Spekulationen nicht bestätigen. Sie zeigen, dass der größte Teil der Kleinen Eiszeit von relativ hohen Tiefenwassertemperaturen dominiert wurde. Auffällig sind jedoch außerordentlich starke Temperaturunterschiede zwischen den Wassermassen der zentralen Nordsee und des Nordatlantiks in diesem Zeitraum.

Entwicklung einer astronomisch geeichten Zeitskala für das späte Miozän (5-12 Ma)

Die Technik des „Orbital Tunings“ ist momentan die beste Methode zur absoluten Altersdatierung von Sedimentprofilen, insbesondere für den Zeitraum der letzten 35 Millionen Jahre, für den die Astronomen

des of colder and denser Central North Sea Waters entering the Skagerrak. These temperature drops, which are recorded in benthic foraminiferal tests via the stable oxygen isotopic composition, were used to reconstruct deep-water renewal in the Skagerrak. Our results suggest that at least during the last 1200 years Skagerrak deep-water renewal has been triggered by the negative phase of the North Atlantic Oscillation (NAO). The NAO exerts a strong influence on the climate of north-western Europe. It is currently under debate if the long-term variability of the NAO is capable of influencing Northern Hemisphere climate on long time scales. The data presented here cannot reinforce these speculations. Our data show that most of the Little Ice Age was dominated by comparably high deep-water temperatures. However, we did find extraordinary strong temperature differences between Central North Sea waters and North Atlantic water masses during this time interval.

Development of an orbitally tuned Late Miocene time scale (5-12 Ma)

The astronomical tuning technique is presently the most accurate absolute dating method for sediment records spanning the time interval of the last 35 Ma, for which astronomers provide a valid and precise orbital solution for variations in Earth's orbital parameters (eccentricity, obliquity, precession). The orbitally tuned geological time scale has already become the standard chronology for the Pleistocene and Pliocene (0-5.3 Ma). Our goal is to expand and to astronomically calibrate the 'Magnetic Polarity Time Scale', the oxygen isotope stratigraphy and biostratigraphy to 12 Ma at South Pacific Site 1237 (Leg 202). So far, this is the only marine site that meets nearly

verlässliche und genaue Alter über Schwankungen in den Erdbahnparametern (Exzentrizität, Erdschiefe und Präzession) errechnen. Die Alter der astronomisch geeichten, geologischen Zeitskala bilden bereits die Standard-Chronologie für das Pleistozän und das Pliozän (0 - 5,3 Ma). Unser Ziel ist es, die Magneto- und Biostratigraphie für das Miozän von 5 - 12 Millionen Jahren in die astronomische Zeitskala „einzuhängen“ und darüber hinaus eine Sauerstoffisotopenstratigraphie für dieses Intervall zu entwickeln. Die Sedimente der Bohrung 1237 erfüllen nahezu alle Kriterien für ein solches Referenzprofil. Die Bohrungen an Site 1237 erbrachten ein komplettes und carbonat-reiches Sedimentprofil für das Neogen, sowie eine bereits ausgezeichnete Bio- und Magnetostratigraphie. Unser Projekt verfolgt übergeordnet in Zusammenarbeit mit anderen nationalen und internationalen Partnern das Ziel, eine orbital getunte Isotopen-, Bio- und Magnetostratigraphie für das gesamte Neogen an Site 1237 zu entwickeln.

Isotopenuntersuchungen an Foraminiferen im Auftriebsgebiet vor Marokko

Die Faunenzusammensetzung und die stabilen Kohlenstoffsignale benthischer Foraminiferen wurden untersucht, um Variationen in der Produktivität während des Holozäns und des letzten glazialen Maximums (LGM) im Auftriebsgebiet vor Marokko (NW-Afrika) zu rekonstruieren. Die rezenten Faunen reflektieren sehr deutlich zwei unterschiedliche Produktivitätsregime: eutrophe Regionen sowohl vor Kap Ghir (31°N) als auch vor Kap Yubi (27 °N) und eine oligotrophe Region zwischen den Kaps. Diese trophischen Unterschiede zeigen sich in stärker abgereicherten $\delta^{13}\text{C}$ Werten infaunaler Arten in den eutrophen Regio-

all criteria of providing a complete Neogene reference section by integrating the excellent framework of both magnetostratigraphy and biostratigraphy into an orbitally tuned oxygen isotope stratigraphy. Our project is embedded into a joint effort with other national and international partners to develop a 'Magnetic Polarity Time Scale' and isotope stratigraphy for the entire Neogene.

Isotopes in benthic foraminifera from an upwelling system off Morocco

The benthic foraminiferal species composition and the stable carbon isotopic composition of their tests were used to reconstruct paleoproductivity changes during the Holocene and Last Glacial Maximum (LGM) in the upwelling system off Morocco (NW-Africa). Recent benthic foraminiferal assemblages clearly indicate two distinct productivity regimes with eutrophic regions off Cape Ghir (31°N) as well as Cape Yubi (27°N), and an oligotrophic region between the capes. These trophic differences are reflected by more depleted $\delta^{13}\text{C}$ values of infaunal species in the eutrophic region than in the oligotrophic one. In the LGM, benthic foraminiferal faunas clearly indicate an increase in primary productivity compared to modern conditions. Benthic foraminiferal faunas reflect eutrophic conditions parallel along the African coast. Off Cape Yubi as well as between the capes, specific benthic foraminiferal faunas indicate highly seasonally varying organic matter fluxes. Furthermore, in eutrophic regions all benthic $\delta^{13}\text{C}$ values of the LGM are generally slightly depleted compared to Holocene $\delta^{13}\text{C}$ values, indicating the generally more eutrophic conditions in the LGM. This higher primary productivity in the LGM is due to a shift in upwelling cells.

nen im Vergleich zur oligotrophen Region. Im LGM reflektieren benthische Foraminiferenfaunen eine erhöhte Primärproduktion im Vergleich zur rezenten Situation. Die Faunen zeigen eutrophe Bedingungen in einem Streifen parallel entlang der Afrikanischen Küste an. Vor Kap Yubi und in der Region zwischen den Kaps reflektieren charakteristische Faunen eine saisonal stark schwankende Exportproduktion. In den eutrophen Regionen sind die $\delta^{13}\text{C}$ Werte aller Arten des LGM leicht angereichert im Vergleich zum Rezenten, was als Anzeiger für die generell verstärkten eutrophen Bedingungen im LGM angesehen wird. Diese erhöhte Primärproduktion ist auf eine Verschiebung der Auftriebszellen zurückzuführen.

Technologie-Entwicklung im Rahmen von MarTech

Im Rahmen des Virtuellen Instituts Marine Technology (MarTech, HGF Impuls- und Vernetzungsfond) arbeiten das AWI, MARUM (Universität Bremen), die Hochschule Bremerhaven, das MPI für Marine Mikrobiologie und das Transferzentrum für Informatik (Universität Bremen) zusammen. Zu den Zielsetzungen gehört die Entwicklung von Sensoren, Beprobungsgeräten und Software die auf mobilen Unterwasserfahrzeugen wie AUVs, ROVs und Crawlern für geochemische sowie biologische und mikrobiologische Untersuchungen eingesetzt werden.

Biogeochemische Reaktionen und Transportprozesse in marinen Sedimenten

Die Untersuchung, Quantifizierung und Modellierung biogeochemischer Reaktionen und Transportprozesse in marinen Sedimenten sind Inhalt der Projekte C1 „Sedimentary signatures and diagenetic processes of ocean margin deposits“ und E1 „Struc-

Development of technology within the scope of MarTech

The AWI, the MARUM (University Bremen), the University of Applied Sciences Bremerhaven, the MPI for Marine Microbiology and the Transfer Centrum for Computer Science (University Bremen) work together within the scope of the Virtual Institute of Marine Technology (MarTech, HGF Impulse and Integration Fond). Major objectives are the development of sensors, specimen equipment and software designed for the use with mobile underwater vehicles like AUV's, ROV's and crawlers, which are used in geochemical, biological and microbiological research.

Biogeochemical reactions and transport processes in marine sediments

The investigation, quantification and modelling of biogeochemical reactions and transport processes in marine sediments are the subjects of projects C1 "Sedimentary signatures and diagenetic processes of ocean margin deposits" and E1 "Structure and dynamics of cold seeps, associated communities and mineral precipitates" in the frame of the DFG Research Center Ocean Margins RCOM, as well as of three PhD projects of the European Graduate College EUROPROX (DFG). The focus of these studies has been and will be, the early diagenetic formation of sedimentary signals under highly dynamic environmental and sedimentological conditions in different depositional environments and the use of secondary sediment attributes to reconstruct paleoceanographic conditions as well as accumulation environment and history. Recent studies in the area of the Rio de la Plata deep-sea fan (off Argentina and Uruguay) demonstrate that the high glacial sedimentation rates favoured the preservation of high

ture and dynamics of cold seeps, associated communities and mineral precipitates“ im Rahmen des DFG Forschungszentrums Ozeanränder RCOM sowie von drei Doktorandenprojekten des Europäischen Graduiertenkollegs EUROPROX (DFG). Den Schwerpunkt der Arbeiten bildete und bildet dabei die frühdiagenetische Signalbildung unter stark wechselnden Milieu- und Sedimentationsbedingungen in verschiedenen Ablagerungsräumen und die Nutzung sekundärer Sediment-Merkmale zur Rekonstruktion paläoozeanographischer Bedingungen und Diagenesevorgängen sowie der Sedimentationsgeschichte. Die aktuellen Arbeiten im Bereich des Rio de la Plata Tiefseefächers (Kontinentalhang vor Argentinien/Uruguay) belegen die durch die hohen glazialen Sedimentationsraten bedingte Erhaltung von reaktiven Eisenoxiden in größeren Sedimenttiefen. Eine extreme Umbildung der Eisenoxide in sulfidische Eisenphasen, die mit einer fast vollständigen Auslöschung des magnetischen Suszeptibilitätssignals einhergeht, findet mehrere Meter unterhalb der Sedimentoberfläche im Bereich der Sulfat/Methan-Übergangszone statt, in der Schwefelwasserstoff durch den Prozess der anaeroben Methanoxidation generiert wird.

Paläoklimaforschung auf dem Tibetplateau

Das Tibetplateau – auch als „Dritter Pol“ bezeichnet – gehört zu den wichtigsten Antriebsfaktoren der globalen Zirkulation. Aus diesem Grund ist der frühere, jetzige und zukünftige Umwelt- und Klimawandel auf dem Tibetplateau von allgemeinem Interesse für die Debatte über die globale Erwärmung.

Die Klimaentwicklung auf dem Tibetplateau im Spätquartär wird am AWI Potsdam untersucht. Dabei wird ein breites Spektrum von in Seesedimentarchi-

amounts of reactive iron oxides at greater sediment depth. An extreme alteration of Fe(III) minerals into iron sulfides is found a few meters below the sediment surface, which is accompanied by a nearly complete loss of magnetic susceptibility. These minima in susceptibility coincide with the sulfate/methane transition where hydrogen sulfide is generated by the process of anaerobic oxidation of methane.

Paleoclimate research on the Tibetan Plateau

The Tibetan Plateau is considered the ‘third pole’ and is one of the major driving factor of global circulation systems. Therefore, past, present and future climate and environmental change on the Tibetan Plateau is of general interest within the ‘global warming’ debate. The Late Quaternary climate development on the Tibetan Plateau is investigated at AWI Potsdam using a variety of proxies, which are preserved in lacustrine sediment archives (e.g. pollen, plant macrofossils, element concentrations). A recently granted DFG project focuses on the quantitative reconstruction of late glacial climate oscillations on the Tibetan Plateau. For this purpose, a pollen-climate transfer function to infer quantitative July temperature and annual precipitation has been established.

Tolerance limits of methanogenic archaea in terrestrial permafrost

Methane producing organisms (methanogenic archaea) isolated from Siberian permafrost were used in this project to study their physiological potential to survive under extreme environmental conditions in terrestrial and probably in extraterrestrial perma-

ven erhaltenen Proxies analysiert (z.B. Pollen, Pflanzen-Makrofossilien, Elementkonzentrationen). Ein gerade bewilligtes DFG-Projekt konzentriert sich auf die quantitative Rekonstruktion der spätglazialen Klimaschwankungen auf dem Tibetplateau. Dazu wurde eine Pollen-Klima-Transferfunktion erarbeitet, die Rückschlüsse auf die quantitative Entwicklung der Juli-temperaturen und Jahresniederschläge gestatten soll.

Toleranzgrenzen von methanogenen Archaeen im terrestrischen Permafrost

In diesem von der DFG geförderten Projekt wird das physiologische Potential methanbildender Mikroorganismen (methanogene Archaeen), die aus sibirischen Permafrostböden isoliert wurden, untersucht. Im Mittelpunkt der Arbeit steht das Überleben dieser Mikroorganismen unter extremen Umweltbedingungen, wie sie im terrestrischen Permafrost vorkommen, aber möglicherweise auch in extraterrestrischen Permafrostgebieten wie beispielsweise auf dem Mars. Dafür wurden Permafrostproben und Reinkulturen methanogener Archaeen unter verschiedenen Stressbedingungen (niedrige Temperatur, hohe Salzgehalte, Strahlung, Austrocknung und Hunger) getestet. Abschließend wurde das Überleben der Permafrost-Mikroorganismen unter thermo-physikalischen Bedingungen wie auf dem Mars in einem Simulationsexperiment untersucht.

Die Ergebnisse zeigen erstmals, dass methanogene Archaeen aus Permafrosthabitaten sehr gut an extreme Bedingungen angepasst sind und sogar unter den simulierten Marsbedingungen ohne erkennbaren Schaden überlebt haben. Sie sind offensichtlich resistenter gegen die lebensfeindlichen Umweltbedingungen auf dem Mars als Vergleichsorganismen, die aus Ha-

frost like on Mars. Different stress conditions (low temperature, high salinity, radiation, desiccation and starvation) were tested with permafrost samples and pure cultures of methanogens. Finally the probability of methanogenic archaea to survive under present Martian thermo-physical conditions was studied by running a Mars simulation experiment. The results demonstrate for the first time that methanogenic archaea from permafrost are well adapted to permafrost conditions and even survived simulated Martian conditions in temperature and humidity. They are obviously more persistent under unfavourable, mars-like living conditions than those from non-permafrost environments. Due to the physiological potential and metabolic properties methanogens from permafrost can be seen as the most likely candidates for life on Mars. This hypothesis is supported by the current ESA mission Mars Express, which for the first time provided evidence of methane – the metabolic end product of methanogenic archaea - in the Martian atmosphere.

Application of stable isotopes

Within the frame of teaching obligations at the University of Potsdam and in close collaboration with the FU Berlin (Prof. Pekdeger), the Isotope Laboratory is involved in three projects in regions around Berlin, Granada/Spain and Bursa/Turkey to tackle hydrological problems of the respective areas. These projects are partially funded by the DFG and other agencies (DAAD, Erasmus-program, WTZ).

The cooperation with the German Institute for Nutritional Research led to new conclusions in the application of stable isotopes in the area of Nutritional Physiology (especially concerning the conversion of energy in the human body).

bitaten mit moderaten Umweltbedingungen isoliert wurden. Aufgrund ihres physiologischen Potentials und ihrer Stoffwechseleigenschaften können Mikroorganismen ähnlich den methanogenen Archaeen aus terrestrischen Permafrostgebieten als die wahrscheinlichsten Kandidaten für mögliches Leben auf dem Mars angesehen werden. Diese Hypothese wird durch die jüngsten Ergebnisse der ESA-Mission Mars Express unterstützt, die erstmals Methan – das Stoffwechselprodukt der methanogenen Archaeen – in der Marsatmosphäre nachweisen konnte.

Anwendung stabiler Isotope

Im Rahmen der Lehrverpflichtung an der Universität Potsdam und in enger Zusammenarbeit mit der FU Berlin (Prof. Pekdeger) ist das Isotopenlabor bei der Messung und Auswertung stabiler Isotopendaten an drei Projekten im Raum Berlin, der Region Granada/ Spanien und der Region Bursa/Türkei beteiligt, die sich mit hydrologischen Fragestellungen der jeweiligen Gebiete beschäftigen. Diese Projekte werden zum Teil von der DFG und anderen Zuwendungsgebern (DAAD, Erasmus-Programm, WTZ) unterstützt.

Die Kooperation mit dem deutschen Institut für Ernährungsforschung (DIFE) führte zu neuen Erkenntnissen in der Anwendung stabiler Isotope im Bereich der Ernährungsphysiologie, insbesondere zum Energieumsatz im menschlichen Körper.

Biowissenschaften

EU/INCO-Project CENSOR (Climate variability and El Niño Southern Oscillation)

Die El Niño-Southern Oscillation (ENSO) ist eine periodisch wiederkehrende Klimaveränderung an der Pazifikküste Südamerikas mit ernststen Auswirkungen auf die küstennahen Ökosysteme und die von diesen abhängigen Menschen. Das vom AWI koordinierte Projekt EU/INCO-Project CENSOR bündelt die Arbeit von über 70 Wissenschaftlern von 14 südamerikanischen und europäischen Institutionen. Seit 2004 untersucht CENSOR ENSO-Effekte in küstennahen Ökosystemen mit dem Ziel, die Verfügbarkeit mariner Ressourcen zu sichern und sozioökonomische Auswirkungen des El Niño Phänomens abzumildern.

“Census of Marine Zooplankton” (CMarZ) / BMBF Projekt SPICE

Funktion und Diversität mariner Gemeinschaften spielen im Kontext der weltweiten Erforschung von Küstensystemen eine bedeutende Rolle. Das europäische Sekretariat von “Census of Marine Zooplankton” (CMarZ) ist seit Herbst 2004 in der Sektion “Ökologie Mariner Tiere” angesiedelt.

Tropische Ökosysteme eignen sich wegen ihres außergewöhnlichen Artenreichtums sehr gut für Vergleiche mit Systemen niedriger Diversität in borealen und polaren Küstengebieten. Im interdisziplinären BMBF Projekt “Science for the Protection of Indonesian Coastal Marine Ecosystems” (SPICE) untersuchen wir Diversität und Ökosystemfunktion von Plankton- und Seegrassgemeinschaften der tropischen Küste von Indonesien. Insbesondere untersuchen wir die Bedeutung von Schwebstoffen für Rifforganismen im Sper-

Biosciences

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

El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is a frequently occurring climate variation along the South American Pacific coast with severe impacts on the coastal environment and the people depending on it. The AWI coordinated EC/INCO project CENSOR involves the efforts of more than 70 scientists from 14 South American and European institutions. Since 2004, CENSOR has been investigating ENSO effects in coastal systems, with focus on securing marine resources and moderating socioeconomic consequences.

“Census of Marine Zooplankton” (CMarZ) / BMBF Projekt SPICE

Investigations of marine community function and diversity are of increasing importance in the frame of global coastal research. The European Secretariat of the “Census of Marine Zooplankton” (CMarZ) has been located in the section “Marine Animal Ecology” since 2004.

Tropical marine ecosystems, with their extraordinary species richness are suitable for comparisons with relatively low diversity systems of temperate and polar coastal zones. The highest species diversity in the world is found in the shallow waters of the Indo-Malayan archipelago. In the framework of the interdisciplinary BMBF Project “Science for the Protection of Indonesian Coastal marine Ecosystems” (SPICE), we are addressing the species diversity and ecosystem function of plankton and seagrass communities of tropical coasts of Indonesia. In particu-

monde Archipel zwischen der südwestlichen Sula-wesi-Küste und der "Strait of Makassar". Umweltparameter und Bestand, Verteilung und Zusammensetzung von Phyto- und Zooplankton unterscheiden sich sowohl saisonal (Regenzeit vs. Trockenzeit) als auch bei Vergleich zwischen dem inneren und dem äußeren Schelf.

Der pelagische Kreislauf von Material, Produktion und Larvenentwicklung ist in diesen Küstengewässern noch ebenso wenig bekannt wie der Stoffexport ins Benthal. Unsere Untersuchungen zum Vorkommen meroplanktischer Larven wiesen die größten Abundanzen dicht an der Küste auf. Innerhalb des Meroplanktons dominierten Larven der Echinodermen, Polychaeten und Gastropoden, die zusammen zwischen 76 und 97 % aller Larven stellen.

Es wurde die Bindung der seegrasbewohnenden Organismen (Makrofauna und Fische) an bestimmte Sukzessionsphasen einer Seegraswiese erfasst. Der Einfluss von Seegurken als Weidegänger auf Aufwuchsarten wurde experimentell ermittelt. Im Boden der Seegraswiesen wurde eine reiche Lebensgemeinschaft entdeckt. Bauten grabende Krebse, die sich von Seegras ernähren, fangen vorbeidriftende Seegrasblätter ein und lagern diese in Kammern ihres verzweigten Gangsystems, das sowohl von kommensalen Fischen als auch von zahlreichen Muscheln, Krebsen und Ringelwürmern besiedelt wird.

Diese Untersuchungen ermöglichen Vergleiche mit heimischen Seegraswiesen auf Ökosystemebene. Hei-zmische Seegraswiesen gleichen in Bezug auf den Umsatz an Kohlenstoff und Stickstoff Durchlaufsystemen. Sehr viel Material, das im Seegras gebunden ist, wird im Herbst entweder von Zugvögeln gefressen oder nach dem Blattfall von der Strömung

lar, we are studying the significance of suspended matter for coral reef organisms in the Spermonde archipelago, which is situated between the SW Sulawesi coast and the Strait of Makassar. We have been investigating both environmental parameters and plankton standing stock, composition and distribution with respect to differences between seasons (dry versus rainy) as well as between inner and outer shelf waters.

The pelagic cycling of material, production and larval development is as poorly investigated as the material export into the benthic system in these coastal regions. Our investigations of meroplankton reveal the highest abundances close to the coast, as well as dominance of echinoderms, polychaetes and gastropods, contributing 76 to 97% of all larval specimens.

The linkage between seagrass-dwelling faunal assemblages (macrofauna and fishes) and particular successional phases of seagrass beds was estimated. The influence of macrograzers of epiphytes, such as sea-cucumbers, was experimentally outlined. A rich "subway" community was detected deeply buried in the seafloor of the seagrass beds. Burrowing mud crabs, feeding on dead seagrass, catch drifting seagrass leaves and store them in special chambers of their branched tunnel system. They share these burrows with fish, mussels, crustaceans and polychaetes.

These investigations allow comparisons with temperate seagrass beds on an ecosystem level. These sea-grass beds act as flow-through systems for carbon and nitrogen, because most of the material bound in seagrass leaves is exported in autumn either by grazing by birds or by drifting after leaf fall. In

verdriftet. In tropischen Seegraswiesen ermöglicht die komplexere Habitatstruktur ein längeres Verweilen der Stoffe im System und ein größeres Recycling. Untersuchungen an Seegraswiesensystemen bilden eine wichtige Grundlage bei der Beurteilung menschlicher Einflüsse, wie Fischerei und Algenfarmen, auf den Fortbestand dieser Systeme im Zuge der weiteren Entwicklung tropischer Länder.

Anthropogene Veränderungen im Ökosystem Deutsche Bucht

BMU-finanzierte Untersuchungen (BEOFINO I & II) an der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht zeigen, dass derartige künstliche Hartsubstrate von einer Artengemeinschaft besiedelt werden, die sich bisher deutlich von den Gemeinschaften natürlicher Hartsubstrate unterscheidet. Im Nahbereich der Unterwasserkonstruktion kommt es zudem zu einer deutlichen Veränderung der Sedimentstruktur und der Zusammensetzung und Funktion der Bodentiergemeinschaft. Die 500 Meter-Sicherheitszone um die Plattform ermöglicht einen langfristigen Vergleich von befischten und unbefischten Flächen. Ergebnisse aus den ersten zwei Jahren des EU-Projekts RESPONSE zeigen bereits deutliche Veränderungen der Bodenfauna im geschützten Bereich.

Makroalgen-Forschung in gemäßigten und polaren Regionen

Innerhalb der Global Biodiversity Information Facility (GBIF) Initiative Deutschlands (www.gbif.de) wurde das auf Helgoland ansässige, über 100 Jahre alte und international bekannte Referenzherbarium ‚Makroalgen der südlichen Nordsee‘ digitalisiert (Förderkennzeichen: BMBF AT8 04/52490/59530047/835). Hier-

tropical seagrass beds a more complex habitat structure enables the material to show longer residence time and to recycle to a larger extent.

Investigations on seagrass bed systems form an important base for the evaluation of the human influence, such as fishery and algal farming, on the continuity of these systems when increasing development of tropical countries.



Abb. 1: Das indopazifische Schildkrötengras (*Thalassia hemprichii*) bildet vor Sulawesi ausgedehnte Unterwasserwiesen.

*Fig. 1: The Indo-Pacific turtle grass (*Thalassia hemprichii*) forms large seagrass beds around the island of Sulawesi.*

für wurden 7800 Herbarblätter mitsamt ihren Annotationen zu Sammler und Bestimmer, Sammlungsort und -zeit, Reproduktionsorganen, Habitat und allgemeinen Anmerkungen in eine Datenbank übertragen. Wichtige Blätter wurden renoviert sowie digitalisiert. Die versteckte Biodiversitätsinformation dieser diskontinuierlichen Zeitreihe wurde somit nachhaltig gesichert und lässt sich erstmals systematisch auswerten. Die Anbindung der Datenbank über ein GBIF Internetportal (www.gbif.org und www.gbif.de/botanik/datenabfrage) ermöglicht Nutzern aus Forschung und Lehre einen einfachen Zugriff. Das Herbarium beherbergt Sammlungsblätter seit Mitte des 19ten Jahrhunderts (Abb. 1) und umfasst 70 - 80 % der für die südliche Nordsee bekannten Makroalgen-Arten.

Im Rahmen der Helmholtz-Hochschul-Nachwuchsgruppe „Physiologische Anpassungsmuster polarer Algen an abiotische Stressfaktoren und ihre Bedeutung für die Struktur polarer Felsküstenökosysteme“ wurden in Kooperation mit dem Institut für Polarökologie der Universität Kiel die interaktiven Effekte von erhöhter UV-Strahlung und Temperatur auf marine Makroalgen untersucht. Hierzu wurden Expeditionen nach Spitzbergen (Arktis) und King-George-Island (Antarktis) (Abb. 3) durchgeführt. An antarktischen Grünalgen konnte gezeigt werden, dass innerhalb der Grenzen der artabhängigen Temperaturansprüche erhöhte Temperaturen eine erhöhte UV-Toleranz der Photosynthese zur Folge hatten. Da die Organismen an ihrem natürlichen Standort einer Vielzahl schwankender Umweltfaktoren ausgesetzt sind, sind multifaktorielle Untersuchungsansätze essentiell, um ökologisch relevante Aussagen zu möglichen Konsequenzen der Klimaveränderung auf Makroalgen treffen zu können.

Anthropogenic Impacts on the German Bight Ecosystem

Within the BMU-funded research (BEOFINO I & II), we have shown on the research platform FINO 1 that such artificial hard substrates are colonized by a community that is distinctly different from those inhabiting natural hard substrates. Furthermore, in proximity to the underwater structure, both sediment texture and soft bottom community are also modified. The 500 m safety zone around the platform allows for the long-term comparison of adjacent fished and non-fished areas. During the first two years of the corresponding EC Project RESPONSE, we have already noted a distinct change in the fauna of the protected area.

Macroalgal research in temperate and polar regions

The 100-year-old, nationally and internationally renowned reference herbarium ‚Macroalgae of the southern North Sea‘ situated on the island of Helgoland was digitised within the framework of the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) under the German BMBF initiative (www.gbif.de). The annotations of 7800 herbarium sheets were transferred into a database, providing information on the collector, taxonomic status, collection site and date, reproductive state and miscellaneous notes. The formerly hidden biodiversity information of this discontinuous time-series was thereby made accessible and is ready to be systematically analysed. Easy access for users interested in marine macroalgae is assured via the national and international GBIF Portal (www.gbif.org und www.gbif.de/botanik/datenabfrage). The herbarium houses collections from the mid-19th century onwards (Fig. 3) and comprises 70-80% of macroalgal species of the southern North Sea.

Im Rahmen des internationalen Forschungsprojektes GAME durchgeführte Experimente zeigten, dass die Struktur der Helgoländer Aufwuchsgemeinschaften durch Störungen verändert wird und deren Diversität reduziert wird. Die Akkumulation von Biomasse wie auch die Gesamtbedeckung ist bei variabel gestörten Gemeinschaften höher als bei konstant gestörten Gemeinschaften, während Diversität und Struktur der Gemeinschaften hiervon unbeeinflusst blieben. Die Ergebnisse zeigen, dass neben der Intensität von Störungen auch deren Variabilität Einfluss auf Ökosystemfunktionen haben kann.

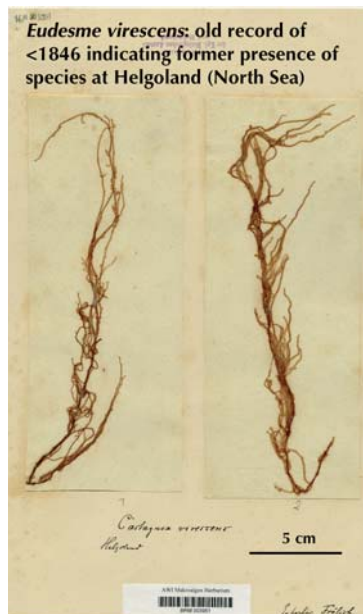


Abb. 2: Ältestes Herbarblatt der Sammlung ‚Makroalgen der südlichen Nordsee‘ von vor 1846, aus dem Herbar Frölich. Die warm-gemäßigte Art *Eudesme virescens* wurde bis 1905 durch Herbarbelege bei Helgoland bestätigt und verschwand dann aus nicht bekannten Gründen aus dem Artenspektrum.

Fig. 2. Oldest herbarium sheet of the herbarium collection ‚Macroalgae of the southern North Sea‘, preserved before 1846 (ex herbarium Frölich). The displayed warm-temperate species *Eudesme virescens* was verified for Helgoland until 1905 through herbarium records, but disappeared later for unknown reasons.

The interactive effects of temperature and UV radiation on marine seaweeds have been investigated in the framework of the joint Helmholtz Junior Research Group „Physiological acclimation of polar seaweeds to abiotic stress: Implications for the structure of coastal ecosystems“, based at AWI and the Institute for Polar Ecology at the University of Kiel. Expeditions to Spitsbergen in the Arctic and to King George Island in the Antarctic were conducted (Figure 3). We demonstrated for the first time that Antarctic green algae – within limits of the species-dependent temperature demands – exhibited an enhanced UV tolerance of photosynthesis during exposure to elevated temperatures. As the organisms are exposed in their habitat to a variety of changing environmental conditions, multifactorial investigations are essential to develop ecologically relevant scenarios about the possible consequences of Global Change on seaweeds and their communities.



Abb. 3: Versuchsaufbau zur Untersuchung interaktiver Strahlungs- und Temperatureffekte auf die Photosynthese mariner Makroalgen am Dallmann-Labor (Jubany Station, King-George-Island, Antarktis). In den grauen Wannen im Hintergrund werden Makroalgen der natürlichen Sonnenstrahlung ausgesetzt. Die Wassertemperatur in den Wannen wird über Kryostate kontrolliert, welche in Zarges-Boxen vor Schnee und Regen geschützt sind (Bildvordergrund) (Foto: Ralf Rautenberger, IPÖ Kiel).

Fig. 3: Experimental set-up for the investigation of the effects of radiation and temperature on photosynthesis of marine seaweeds at the Dallmann Laboratory (Jubany Station, King George Island). Seaweeds were exposed to natural solar radiation in the grey trays in the background. The water temperature in the trays was controlled by thermostats sheltered against snow and rain in the Zarges-Boxes in the foreground (Photo: Ralf Rautenberger, IPÖ Kiel).

Experiments that were conducted as part of the international research project GAME, suggest that disturbance events can affect the structure of field-grown macro-epibenthic assemblages at Helgoland and thereby reduce their diversity. Biomass accrual and total cover of variably disturbed assemblages was higher than of constantly disturbed assemblages, while diversity and structure of assemblages was not affected. These results suggest that ecosystem functions may be influenced by the variability of equally intense disturbance events.

Biological oceanographic research outside of the MARCOPOLI programme

Within the EU project ARCOP (ARctic Opertional Platform) we have developed a technique to remediate oil in sea-ice. We found that sea-ice bacteria can digest oil that penetrated into sea-ice. We determined the de-gradation rate in the field and in experiments in relation to temperature and nutrient supply over a period of several months. Addition of fish-meal increases oil degradation at and above the freezing point but not much below freezing. We are currently identifying the microbial community responsible for the oil degradation.

Within the MICROPAD EU project, new molecular probes were developed to investigate the biodiversity of cryptophytes. The solid phase cytometer was adapted for the automated detection and enumeration of microalgae in cultures and field samples for use with these probes.

*The heavily silicified diatom *Fragillariopsis kerguelensis* comprises up to 90% of the opal belt in Antarctica. Thus, the mechanical strength of the frustules must be extremely high. Calculations by means*

Biologische Ozeanographie Forschung außerhalb des MARCOPOLI Programms

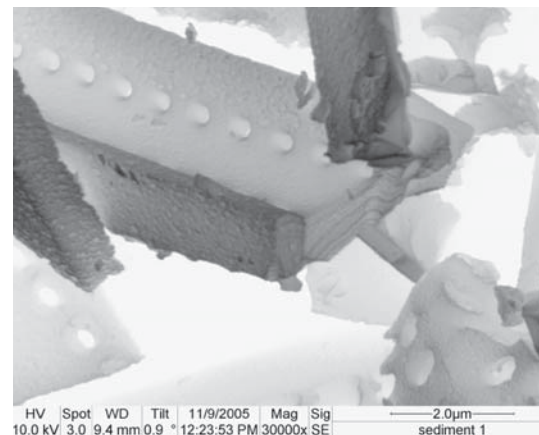
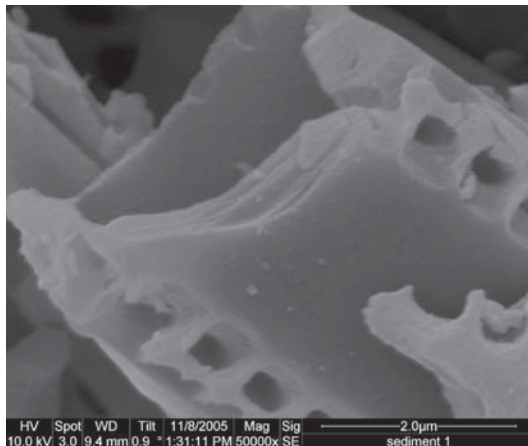
Im Rahmen des EU-Projektes ARCOP (ARctic Operational Platform) haben wir die Bioremediations-Methode zu Abbau von Rohöl, erstmalig unter Eisbedingungen, getestet. Wir haben herausgefunden, dass im Meereis lebende Bakterien Ölkomponenten abbauen können. Die Abbauraten wurden in Labor- und Feldversuchen bestimmt, bei unterschiedlichen Temperaturen und Zusatz von Nährstoffen. Der Zusatz von anorganischen Nährstoffen stimuliert den Abbau von Rohöl bei Temperaturen um den Gefrierpunkt, wenn das umliegende Eis durch zunehmende Absorption von Wärmestrahlung aufgrund der dunklen Farbe des Öls zu schmelzen beginnt. In der festen Eisstruktur geht der Abbau von Öl dagegen nur sehr langsam voran. Momentan wird die bakterielle Gemeinschaft identifiziert, die für den Abbau des Rohöls verantwortlich ist.

*of finite-element models predicted that the silica of *F. kerguelensis* frustules cannot be homogeneous, but instead must be made of complex nanocomposite material (Figure 4). This nanocomposite creates highly anisotropic properties in the frustules that greatly increases the mechanical strength of the overall structure.*

The opportunities and limitations of sustainable offshore-aquaculture in the German Bight have been under active investigation within a project to establish additional multifunctional use of wind parks. Cultures of mussels and sea-kelp were grown on

Abb. 4: Schalen der Kieselalge *Thalassiothrix* zeigen deutliche Schichtungen innerhalb des Baustoffes, ähnliche Hinweise existieren für *F. kerguelensis*. (Abbildung Hamm, Gersonde, von Einem, unpublizierte Ergebnisse).

*Fig. 4: Frustules of the diatom *Thalassiothrix* show a distinct layering within their silica shell that is similar to the texture of *F. kerguelensis* frustules. (Figure taken from Hamm, Gersonde, von Einem, unpublished results).*



Das EU-Projekt MICROPAD wurde erfolgreich zu Ende geführt. Im Rahmen des Projekts wurden neue molekulare Methoden für die Untersuchung der Biodiversität von Cryptophyceen entwickelt. Des Weiteren wurde die Festphasenzytometrie zur automatisierten Detektion und Quantifizierung von Mikroalgen in Kulturen und Umweltproben mittels Fluoreszenz markierter Sonden etabliert.

Die dickwandige Diatomee *Fragillariopsis kerguelensis* bildet bis zu 90 % des Opalsediments der Antarktis. Mikromechanische Tests und Computersimulationen haben bereits gezeigt, dass ihre Schale äußerst widerstandsfähig ist. Mit Hilfe von Finite-Elemente-Berechnungen sowie elektronenmikroskopischen Aufnahmen wurde jetzt nachgewiesen, dass die Schale nicht homogen, sondern aus komplexen Nanostrukturen aufgebaut ist (Abb. 4). Hierdurch werden hochgradig anisotrope Struktureigenschaften des Materials hervorgerufen, welche die hohe mechanische Belastbarkeit erklären.

Die Potentiale und Einschränkungen nachhaltiger Aquakultur in der deutschen Bucht werden in einem laufenden Projekt geprüft, wo Offshore-Windparks auf ihre Mehrfachnutzung mit Aquakultur untersucht werden. Miesmuscheln und Zuckertang wurden auf künstlichen Substraten in geplanten Windparkarealen kultiviert. Dabei wurde festgestellt, dass als System-Design eine Ringkonstruktion gegenüber einer Langleine besser die harschen Wetterbedingungen übersteht. Die Ergebnisse zeigen auch, dass Zuckertang gegenüber dem starken Wellenklima äußerst resistent ist. Während die Konzentration von Muschellarven in der Wassersäule bei zunehmender Entfernung von der Küste abnimmt, sind gleichzeitig offshore-gezüchtete Muscheln parasitenfrei. Obwohl die Rechtsspre-

structures attached to windmill pylons. Stable growth rings appear to be more suitable than long lines to withstand the strong hydrodynamic stress in the upper water column. Kelp withstands tension and hydrodynamic forces extremely well at exposed positions. Concentrations of mussel larvae decrease with increasing distance from the coast but no macro-parasites were found inside mussels grown offshore. Some technical and legal restrictions still exist, but these seem to be manageable; successful offshore aquaculture can be anticipated in the near future.

chung in diesen Gebieten noch lückenhaft ist, so lässt sich dieses wie auch manch technisches Problem lösen, so dass Offshore-Aquakultur auch in Deutschland eine Perspektive haben wird.

Klimawissenschaften

Messende Ozeanographie

Die Arbeiten hatten die Untersuchung von Wassermasseneigenschaften und Transporten im Weddellmeer und in der Framstraße mit neuen Technologien zum Inhalt. Sie ergänzten die Ziele von MARCOPOLI und erfolgten in Zusammenarbeit mit der Technologiegruppe Marine Messsysteme mit Zusatzförderung durch BMBF und EU.

Im Weddellmeer wurden Wassermasseneigenschaften und Strömungen gemessen, um dekadische Variationen zu erfassen, welche die großräumige ozeanische Umwälzbewegung beeinflussen können. Dazu wurden 92 profilierende Driftkörper (Floats) im atlantischen Sektor des Südlichen Ozeans seit 1999 im Rahmen des internationalen Argo-Programms eingesetzt. Seit Dezember 2001 sind diese mit Eiserkennungssystemen ausgerüstet, die das Auftauchen und damit die Zerstörung bei Eisbedeckung verhindern. Ab Januar 2005 können die von *Optimare Sensor-systeme* gelieferten NEMO-Floats auch Daten zwischenspeichern, die unter dem Eis aufgezeichnet wurden. Aus den gemessenen Daten wurden Temperatur- und Bewegungsfelder in 750 Metern Tiefe abgeleitet. Die große Ähnlichkeit der Verteilungen weist auf den überwiegend advektiven Charakter des horizontalen Wärmetransports im Weddellwirbel hin. Bei etwa 30 °O ist der Einfluss von nach Süden strömendem Wasser des Antarktischen Zirkumpolarstroms deutlich zu erkennen. Südlich von 60 °S breitet sich dieses Wasser nach Westen aus.

In der Framstraße wird im Rahmen von MARCOPOLI der Austausch zwischen dem Nordatlantik und dem Arktischen Ozean gemessen. Hier wurden zu-

Climate Sciences

Observational oceanography

The fieldwork in physical oceanography is based on investigations of water mass properties and transports in the Weddell Sea and Fram Strait by application of new technologies. The activities occurred in cooperation with the Marine Observing Systems technology group, complemented the MARCOPOLI programme and were supported by EU and BMBF projects.

In the Weddell Sea, water mass properties and transports were measured to detect decadal variations, which might affect the large-scale oceanic overturning circulation. In the Atlantic sector of the Southern Ocean 92 profiling floats have been deployed since 1999 in the context of the international Argo project. Since December 2001, they have been equipped with an ice-sensing system to avoid surfacing and potential damage when sea ice is present. From January 2005, NEMO floats provided by Optimare Sensorsysteme were able to store profiles which were recorded under the sea ice. From the obtained data, temperature and velocities fields in 750 meters depth were derived. Both fields show large similarities, emphasizing the advective component of the heat transport in the Weddell gyre. At about 30°E, both temperature and flow field show clearly the southward spreading of waters influenced by the Antarctic Circumpolar Current. South of about 60°S, these waters spread to the west as part of the southern branch of the Weddell Gyre.

In the Fram Strait, data from the moored array maintained in the MARCOPOLI programme to measure the exchanges between the North Atlantic

sätzlich umgekehrte Echolote mit Bodendruckmessern (PIES) ausgelegt, um die Möglichkeit zu erkunden, aus den Veränderungen der Laufzeit des Schalls vom Gerät am Meeresboden zur Oberfläche und zurück Veränderungen des Wärmeinhalts der Wassersäule zu erfassen. Zusammen mit der horizontalen Druckdifferenz soll daraus der Wärmetransport im Westspitzbergenstrom abgeleitet werden. Die gemessenen Daten zeigen, dass die Fluktuationen intensiv genug sind, um mit den PIES detektiert zu werden. Die Umsetzung der Druck- und Schallgeschwindigkeitsfluktuationen in Veränderungen des Wärmetransports soll auf der Grundlage der Strömungsmesserdaten erfolgen.

Dynamik des Paläoklimas

In der Sektion Dynamik des Paläoklimas werden neben den über das MARCOPOLI-Programm abgedeckten Themen neue methodische und inhaltliche Fachgebiete erschlossen. Extreme Klimabedingungen haben in der Erdgeschichte im Neoproterozoikum vor 750 bis 545 Millionen Jahren stattgefunden. Im Rahmen von Kooperationen mit den Universitäten Würzburg und Bremen gilt es herauszufinden, unter welchen Bedingungen von Umwelt, Erdorbitalkonfiguration und Paläogeographie eine Vereisung der Erdoberfläche stattgefunden haben kann. Für diesen Zweck setzen wir numerische Klimamodelle ein, welche die Oberflächeneigenschaften und Klimadynamik explizit abbilden. Es zeigt sich, dass es wie bei den einfachen Energiebilanzmodellen Mehrfachgleichgewichte geben kann. Zu variierende Parameter sind der CO₂-Gehalt der Atmosphäre, die Land-Meervertelung, die Albedo und auch der Anfangszustand. Außerhalb des MARCOPOLI-Themenbe-

and the Arctic Ocean were supplemented by records from bottom pressure recorders equipped with inverted echosounders (PIES). The data were used to investigate the potential to detect changes in the heat content of the Westspitzbergen current by variations of the propagation time of sound signals from the instruments to the sea surface and back. The variations of the volume transports should be revealed by variations of the horizontal pressure differences at the sea bottom. The obtained ranges of variability are large enough to be detected by PIES, and a direct transformation into heat transport will occur on the basis of the data from the current meter moorings.

Paleoclimate Dynamics

As well as the themes covered by the MARCOPOLI programme, the section Paleo-climate Dynamics developed new fields in respect of method and content. There were extreme climate conditions in the earth's history in the Neoproterozoic 750 - 545 million years ago. In the frame of cooperations with the Universities of Würzburg and Bremen, we explore under which environmental conditions, earth orbital configurations and palaeogeography a glaciation of the earth's surface may have happened. For this purpose we use numerical climate models, explicitly depicting the surface characteristics and climate dynamics. It is shown that there may be multiple steady states, like in the case of the simple energy balance models. The parameters to be varied are the atmosphere's CO₂ content, the land-sea distribution, the albedo as well as the initial condition. Outside the MARCOPOLI topics, we still work with extreme values in climate scenarios and prediction schemes for climate indices.

reichs beschäftigen wir uns weiterhin mit Extremwerten in Klimaszenarien und Vorhersageschemen für Klimaindizes.

Eine Anwendung aus der Sektion besteht aus einem web-basierten Analysewerkzeug, mit dem man instrumentelle Modelldaten mit physikalischen und Stellvertreterdaten vergleichen kann. Weitere Funktionalitäten beziehen sich auf Methoden zur Datenreduktion zeitlich-räumlicher Strukturen. Dieses Analysewerkzeug wurde zum einen für Forschungszwecke und zum zweiten für die Lehre an der Universität Bremen und im Europäischen Graduiertenkolleg eingesetzt.

Atmosphärische Zirkulation

Im Forschungsteil Programmungebundene Forschung geht es um die Vorbereitung des IPY 2007/08 durch modellierende und messende Aktivitäten und ihre internationale Koordination. Dazu wurde das gekoppelte regionale Modell des arktischen Klimasystems HIRHAM-NAOSIM im Rahmen des EU-Projektes GLIMPSE weiterentwickelt. Zehnjährige Simulationen mit ERA 40 Datenantrieb an den seitlichen Rändern von 1990 - 2000 wurden durchgeführt, um Atmosphäre-Ozean-Meereis Rückkopplungen besser zu verstehen. Obwohl die Simulationen bereits gute Ergebnisse zeigen, entwickelt das Modell zu warme Wintertemperaturen, die mit zu dünnem Eis in einigen Regionen der Arktis zu tun haben.

Passend dazu wurde ein internationales CARMIP (Coupled Arctic Regional Climate Model Intercomparison Projekt) als Teil des THORPEX IPY initiiert. Auf der messenden Seite laufen Vorbereitungen für die Teilnahme an Radio- und Ozonsondierungen auf einer russischen Driftstation im Rahmen des IPY.

Furthermore, the section has developed and uses a web-based analysis tool, with which instrumental model data can be compared with observational and proxy data. We also apply methods to reduce the data of time-spatial structures. This analysis tool was deployed for research purposes as well as for teaching at the University of Bremen and the European Graduate Lecture Courses.

Atmospheric circulations

In our non-MARCOPOLI research we prepare the IPY 2007/08 with modelling and measuring activities and their international coordination. For this purpose we refined the coupled regional model of the Arctic climate system HIRHAM-NAOSIM in the frame of the EU project GLIMPSE. Simulations over ten years with ERA 40 data forcing at the outer edges of 1990-2000 were effected in order to improve our understanding of the atmosphere-ocean-sea ice couplings. Although the simulations already show good results, the model develops too warm winter temperatures, related with too thin ice in some Arctic regions.

Complementarily, we initiated an international CARMIP (Coupled Arctic Regional Climate Model Intercomparison Projekt) project as a part of the THORPEX IPY. On the measuring side we prepare to participate in radio and ozone soundings at a Russian drifting station in the frame of the IPY.

In the frame of a DFG project, the regional atmosphere model HIRHAM was applied to simulate the circulation over the Antarctic. The aim was an improved understanding of the processes determining the regional circulation patterns of atmospheric and climate conditions in the Antarctic. Here, we

Das regionale Atmosphärenmodell HIRHAM wurde im Rahmen eines DFG-Projektes auf die Simulation der Antarktis angewendet. Das Ziel bestand in einem verbesserten Verständnis der Prozesse, die regionale Zirkulationsmuster der Atmosphäre und Klimabedingungen in der Antarktis bestimmen. Dabei standen die Fragen der verbesserten Beschreibung katabatischer Windsysteme und ihre Kopplung mit synoptischen Zyklonen im Vordergrund.

Ozeandynamik

Im Forschungsteil Programmgebundene Forschung wurden Klimavariationen im Nordatlantik und hier insbesondere der Zusammenhang zwischen der vertikalen Umwälzbewegung (overturning) und dem atmosphärischen Antrieb untersucht. In einer Kooperation mit dem Institut für Meereskunde Kiel (IFM-GEOMAR) wurden Datenassimilation in Form der Kalman-Filterung mit reduziertem Rang und inverse Methoden mit Vorwärtsmodellierung kombiniert. Ein klarer Zusammenhang ergab sich zwischen Zirkulationsmustern und dem Nordatlantischen Oszillationsindex (NAO) des Vorjahres.

Im Rahmen des Geotechnologienprogramms arbeiten wir an der Kalibrierung von Satellitenaltimeterdaten sowie Schwerefeldanalysen mit. Hierbei werden in erster Linie Modellierung und Datenassimilation verwendet. Zusätzlich werden Messdaten des Ozeanbodendrucks von unseren messenden Abteilungen erhoben.

In dem von der EU geförderten Projekt MERSEA (Marine EnviRonment and Security for the European Area) arbeitet das AWI an zwei Teilaspekten. Zum einen geht es um die optimale Bestimmung von in der Natur schlecht zu messenden biologischen Parame-

mainly concentrated on the improved description of catabatic wind systems and their coupling with synoptic cyclones.

Ocean Dynamics

In our non-MARCOPOLI research we examined climate variations in the North Atlantic and here especially the connection between the vertical overturning and the atmospheric forcing. In cooperation with the Institute of Marine Sciences at the University of Kiel (IFM-GEOMAR) we combined data assimilation in the form of reduced rank Kalman filtering and inverse methods with forward modelling. We found a clear relation between circulation patterns and the North Atlantic Oscillation index (NAO) of the previous years.

In the frame of the Geotechnology Programme we participate in the calibration of satellite altimeter data as well as gravity field analyses, mainly using modelling and data assimilation. We also evaluate measurement data of the pressure at the ocean bottom.

In the MERSEA project (Marine EnviRonment and Security for the European Area), supported by the EU, AWI works on two aspects. On the one hand we deal with the optimal ascertainment of parameters, which are difficult to measure in nature, such as growth rates in biological-numeric models. On the other hand we work on the optimizing method itself, further developing and successfully using the 'Sequential Importance Resampling' filter. Calibration of the ecosystem model with the Bermuda Atlantic Time-series study data set allows to better reproduce the upper mixed layer ecosystem dynamics observed at the location. Figure 1 depicts the temporal evolution of the simulated chlorophyll 'a' and dissolved inorganic nitrogen concentrations against those observed.

tern, wie z.B. Wachstumsraten in biologisch-numerischen Modellen. Der zweite Aspekt betrifft die Optimierungsmethode selbst, bei der wir den ‚Sequential Importance Resampling‘-Filter weiterentwickeln und erfolgreich einsetzen. Die Kalibrierung des Ökosystemmodells mit dem Datensatz der Bermuda-Atlantik-Zeitserienstudien erlaubt eine bessere Modellierung der vor Ort beobachteten Ökosystemdynamik. Abbildung 1 zeigt die zeitliche Entwicklung des simulierten Chlorophylls „a“ und der Konzentrationen von gelöstem anorganischen Stickstoff gegenüber den Beobachtungen.

Abb. 1: Entwicklung der Ökosystemkomponenten an der Bermuda-Station, berechnet mit einer sequentiellen Parameterschätzung. Die Kreise sind die BATS-Daten für Nitrat und Chlorophyll „a“.

Fig. 1: The evolution of the ecosystem components at the Bermuda station obtained by the sequential weak constrained parameter estimation. Circles are the BATS data for nitrate and chlorophyll ‘a’.

