



1. Vorwort | *Introduction*



Der Arbeitsgang auf dem Forschungsschiff
'Polarstern'

*Corridor to the work deck of the
RV 'Polarstern'*

1. Die Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung 2000/2001

Die Polargebiete der Erde haben in der modernen Umweltforschung und der wissenschaftlichen Bewertung möglicher Klimaänderungen und ihrer Auswirkungen eine zentrale Bedeutung. Deutsche Forscher nehmen daher seit vielen Jahren Anteil an der internationalen Polarforschung, und die Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) spiegelt das Interesse Deutschlands an der Polar- und Meeresforschung wider. Das AWI ist Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) und leistet im Verbund mit anderen HGF-Zentren, mit universitären und außer-universitären Forschungsinstitutionen einen wichtigen Beitrag zur globalen Umwelt- und Erdsystemforschung. Die Helmholtz-Gemeinschaft befindet sich in einer intensiven Phase der Umstrukturierung, da die fachlichen Perspektiven und Arbeiten der 15 Mitgliedseinrichtungen in Forschungsbereiche gegliedert werden, die in der Regel mehr als ein Zentrum umfassen. Über die Programmsteuerung wird die HGF stärkeren Einfluss auf die Finanzflüsse nehmen.

Die moderne Polar- und Meeresforschung erfordert einen hohen technischen und personellen Aufwand sowie eine enge Zusammenarbeit mit anderen nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen. Im nationalen Rahmen spielen dabei die Partneruniversitäten in den Bundesländern, die das AWI mitfinanzieren, eine besondere Rolle. Dabei sind die Universitäten Bremen, Kiel und Potsdam hervorzuheben. Die für eine moderne Polar- und Mee-

1. The Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research 2000 and 2001

The polar regions of our Planet Earth are a central issue in modern global change research and in the scientific assessment of potential climate changes and their impacts. German scientists have been participating in international polar research for many years, and since 1980 the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI) has been representing Germany's interest in polar and marine sciences. AWI is a member of the Helmholtz Association of German Research Centres (HGF) and provides a major contribution to global environmental research, in conjunction with other HGF centres as well as university and non-university research institutions. The Helmholtz Association is currently in a phase of intensive reorganization. Research activities and scientific perspectives of its 15 member institutes will be coordinated in new research domains. By means of the 'program oriented funding', the HGF will have a large influence on the financial budgets of the respective research centres.

Modern polar and marine research requires an intensive technical and personal effort, as well as close collaboration with other national and international research institutions devoted to polar and marine sciences. Within Germany, partner universities in those Federal States that co-finance AWI, which are in particular the universities in Bremen, Kiel and Potsdam play an important role. The financial resources necessary for modern polar and marine research are not easy to acquire; we are

resforschung erforderlichen finanziellen Mittel sind politisch nicht immer einfach durchzusetzen, unser besonderer Dank gebührt daher dem Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie den zuständigen Ministerien der Länder Bremen, Brandenburg und Schleswig-Holstein. Zusätzliche Drittmittel werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, von der EU im Rahmen des 5. Rahmenprogramms, sowie zahlreichen weiteren Mittelgebern eingeworben, sie ermöglichen über das FuE-Programm des AWI hinaus eine schnelle Reaktion auf neue Herausforderungen in der Forschung.

Das AWI trägt als interdisziplinäre naturwissenschaftliche Forschungseinrichtung dazu bei, die natürliche Veränderlichkeit des Klimas über kurze und lange Zeitskalen zu erfassen. Die Arktis und die Antarktis sind die klimatisch empfindlichsten Gebiete unseres „Systems Erde“ und daher besonders geeignet, mögliche Umweltveränderungen in der Zukunft abzuschätzen. Hierzu liefern die Ergebnisse aus den Untersuchungen der modernen Veränderlichkeit von Ozeanographie und Klima, aus der Erfassung ihrer historischen Veränderlichkeit in der jüngsten geologischen Vergangenheit und aus der Rekonstruktion der langfristigen Klimageschichte, die von relativ warmen Polargebieten zur Bildung der Inlandeismassen in der Antarktis und auf Grönland geführt hat, die wesentlichen Datengrundlagen. Das Spektrum der eingesetzten Methoden reicht von modernster Satelliten gestützter Fernerkundung bis zu Tiefseebohrungen. Neueste ozeanographische Messungen lassen vermuten, dass sich die Tiefenwassererneuerung, der Anfangspunkt der globalen Tiefenwasserzirkulation, sowohl auf der südlichen als auch auf der nördli-

therefore very grateful for the support provided by the Federal Ministry of Education and Research and by the responsible ministries in the Federal States of Bremen, Brandenburg and Schleswig-Holstein. Additional funding is obtained from the German Research Foundation (DFG), the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), the 5th Framework Program of the EU as well as from many other donors. These additional funds enable our scientists to respond quickly to new research challenges beyond our research and development program.

As an interdisciplinary natural sciences research institute, AWI studies the natural variability of the climate system over small and large time scales. The Arctic and Antarctic are climatically the most sensitive regions in the 'Earth System' and in this context are valuable sources of information on possible future global environmental changes. Key data are obtained on present-day variability of ocean systems and climate, records of their historic variability in the recent geological past and in the reconstructions of climate history, from relatively warm polar regions to the formation of inland ice sheets on Antarctica and Greenland. Methods applied, range from modern satellite-based remote sensing to deep sea drilling. The latest oceanographic observations suggest that deep-water renewal, the source of global deep-water circulation, is slowing down in both the southern and the northern hemisphere. This phenomenon, observable over short time scales, is one of the most disturbing indications of ongoing global change.

A priority at AWI is to conduct research on the polar marine regions and their biotas. AWI also carries out terrestrial polar research, making key

chen Hemisphäre verlangsamt. Dies ist ein aufregendes und in seiner Veränderlichkeit über kurze Zeiten hinweg zu betrachtendes Phänomen, das vermutlich Ausdruck von zur Zeit laufenden globalen Umweltveränderungen ist.

Das AWI legt einen besonderen Schwerpunkt auf Untersuchungen der polaren Meeresgebiete und ihrer Lebewesen. Daneben betreibt das AWI terrestrische Polarforschung und liefert wichtige Beiträge zur Atmosphärenforschung, zur Paläoklimageschichte polarer Randgebiete und deren Permafrostböden. Unter dem Dach des AWI werden die Untersuchungen mariner und terrestrischer Polargebiete eng miteinander vernetzt, da viele der dort ablaufenden Prozesse ohne diese Vernetzung nicht verstanden werden können.

Der Hauptstandort des AWI ist seit seiner Gründung 1980 Bremerhaven. 1998 wurde seine wissenschaftliche Schlagkraft durch den Umzug der Zentrale der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH) weiter gestärkt, wovon vor allem die meeresbiologischen Arbeitsgruppen profitierten. Durch die Angliederung der Biologischen Anstalt Helgoland wurde die Stiftung Alfred-Wegener-Institut auch durch die eigentliche BAH auf Helgoland und die Wattenmeerstation in List auf Sylt bereichert.

Bauvorhaben an nahezu allen Standorten der wissenschaftlichen Einrichtungen der Stiftung konnten erfolgreich abgeschlossen oder in Planung genommen werden. Dazu gehören Planung, Grundsteinlegung und die teilweise Errichtung des Rohbaus für ein großes Laborgebäude am Standort Handelshafen sowie der Ausbau des alten Baumwollschuppens, die Freigabe von Planungsmittel für ein Hörsaalgebäude (geplant für das Parkplatzgebiet vor dem Hauptgebäude des AWI in der Columbusstraße), die Übertra-

contributions in the fields of atmosphere physics and chemistry, the palaeoclimatic history of periglacial regions, and their permafrost soils. Under the umbrella of AWI, investigations on marine and terrestrial polar regions are linked up closely. As many of the critical processes in these regions cannot be understood without this cross-linkage.

Since its foundation in 1980, AWI's headquarter has been in Bremerhaven. In 1998 the scientific profile of this site, in particular the marine biological component, has been further strengthened by the relocation of the central unit of the Biological Institute on Heligoland (BAH). By incorporating the BAH, the Alfred Wegener Institute was augmented by the BAH station on Heligoland and the Wadden Sea Station on the island of Sylt.

Building projects are being planned or have been successfully completed at almost all AWI locations. This includes planning, laying of the cornerstone, and partial erection of the building shell for a large laboratory building at the Handelshafen site, the extension of the old cotton shelter, the release of funds for planning a new lecture-hall building (planned at the parking lot in front of the main building in Bremerhaven), the transfer of sizeable barracks on Heligoland to mitigate housing shortage of the AWI co-workers and the successfully completed architect competition for reconstructing and upgrading of the Wadden Station Sylt.

Key facilities for polar research are the permanently manned stations in the Antarctica (Neumayer Station) and in Ny Ålesund on Spitsbergen (Koldewey Station), as well as the research ships and aircraft managed by AWI for the German polar and marine research. The central resource is the research icebreaker ‚Polarstern‘, which has been successively modernised between 1998 and 2002. The RV ‚Heincke‘, assigned to the BAH, en-

gung einer räumlich großzügigen Kasernenanlage auf Helgoland zur Linderung der Wohnungsnot der dort tätigen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der BAH und ein erfolgreich abgeschlossener Architektenwettbewerb für den Um- und Ausbau der Wattenmeerstation Sylt.

Wichtige Werkzeuge der Polarforschung sind die permanent besetzten Stationen in der Antarktis (Neumayer-Station) und in Ny-Ålesund auf Spitzbergen (Koldewey-Station) sowie die Schiffe und Flugzeuge, die der Stiftung zugeordnet sind und von ihr für die deutsche Polar- und Meeresforschung betrieben werden. Das Forschungsschiff ‚Polarstern‘, das zentrale Großgerät der Polar- und Meeresforschung, wurde durch ein technisches Erneuerungsprogramm in den Jahren 1998 bis 2002 wieder auf den modernsten Stand gebracht. Die der BAH zugeordnete ‚Heincke‘ erlaubt meereskundliche Arbeit in nah- und fern liegenden Gebieten der subpolaren bis tropischen Breiten. Das Schiff gehört seit 1997 dem wissenschaftlichen Pool mittelgroßer deutscher Forschungsschiffe an. Neben den Forschungsschiffen stellen die beiden Flugzeuge des AWI ein wichtiges Instrument der deutschen Polarforschung dar. Sie werden sowohl in der Arktis wie in der Antarktis eingesetzt und ermöglichen die Nutzung zahlreicher Flugzeug gebundener Messmethoden für die Glaziologie, die Geophysik und die Meteorologie.

Trotz mancher kleiner Widrigkeiten konnte ein umfangreiches Expeditionsprogramm des AWI in den vergangenen zwei Jahren durchgeführt werden. Viele herausragende wissenschaftliche Ergebnisse sind erzielt worden und viele Forschungsvorhaben wurden erfolgreich abgeschlossen. Unter den Expeditionen sind vor allem die Tätigkeiten im Dron-

ables marine research in sub-polar to tropical latitudes. The vessel has been allocated to the pool of medium-sized German research vessels since 1997. Besides the research vessels, the AWI survey aircraft are important platforms for German polar research. They are deployed in both the Arctic and the Antarctic, where they carry airborne measuring equipment for studies in glaciology, geophysics and meteorology.

Despite a number of minor problems over the last two years, AWI was able to successfully conduct an extensive expedition programme. The years 2000 and 2001 were exciting ones for the different research units of the Alfred Wegener Institute, in that a large volume of outstanding scientific results was achieved, and major expeditions and research studies were carried out successfully. Among the more significant expeditions realized were: first of all the activities in Dronning Maud Land, the building of the Kohlen station and the commencement of a deep ice drilling site, the successful EISENEX expedition in the Southern Ocean. In the northern hemisphere expeditions included the extensive program in North Siberia with field work in the Lena delta and at the Elgygytgyn lake as well as cruises to the adjacent shelf seas of the Laptev Sea and Kara Sea, the successful completion of the ice drilling through the Akademik Nauk ice cap on Severnaya Semlya and the joint expedition of ‚Polarstern‘ and ‚Healey‘ to the Gakkel ridge. Many of these expeditions have received a high degree of public interest and the results have been presented, in scientific publications, as well as in numerous public media.

An important scientific event within AWI in 1999 was the establishment of a new organisation structure for the different research disciplines within the Alfred Wegener Institute, under the broad heading of Polar and Marine

ning-Maud-Land, die Errichtung der Kohlen-Station und der Beginn einer tiefen Eisbohrung, die erfolgreiche Durchführung des EISENEX - Expedition im Südozean, ein umfangreiches Expeditionsprogramm in Nordsibirien mit Geländearbeiten im Lenadelta und am Elgytgyn-See sowie Ausfahrten in die angrenzenden Schelfmeergebiete der Laptewsee und der Karasee, der erfolgreiche Abschluss der Eisbohrung durch die Akademik-Nauk Eiskappe auf Sewernaja Semlja und die gemeinsame Expedition der ‚Polarstern‘ und der US-amerikanischen ‚Healey‘ zum Gakkel-Rücken zu erwähnen. Viele dieser Expeditionen haben großes Interesse in der Öffentlichkeit erreicht und die Ergebnisse sind über die wissenschaftlichen Publikationen hinaus Gegenstand zahlreicher Darstellungen in verschiedenen Medien gewesen.

Ein wichtiges Ereignis im wissenschaftlichen Bereich war im Jahre 1999 die Entwicklung einer neuen Struktur der Arbeitsgebiete unter dem übergeordneten Thema Polar- und Meeresforschung (Beobachtungen – Modellierungen – Anwendungen) für die Einrichtungen unter dem Dach der Stiftung Alfred-Wegener-Institut. Die neue Struktur hatte die Billigung aller beratenden und entscheidenden Gremien des AWI gefunden, sie ist formal umgesetzt und hat sich inzwischen bewährt. Die neue Struktur erlaubt es dem AWI, sich schnell auf neue wissenschaftliche Herausforderungen einzustellen und sein wissenschaftliches Potential in angemessen kurzen Zeiträumen umzuwidmen. Im Zuge der Diskussion über die neue Programmsteuerung der HGF ist es gelungen, ein umfassendes Programm für Meeres-, Polar- und Küstenforschung zu formulieren, das gemeinsam mit der GKSS betrieben werden soll und das die Forschung am AWI über gut definierte Kontaktflächen

Research (observations – modelling – applications). The new structure is now officially approved and has proved itself. The new structure enables AWI to respond fast to new scientific challenges by re-dedicating its scientific potentials. Within the scope of the discussion about the new program oriented funding within the HGF it succeeded in formulating a comprehensive program for ‘Marine, Polar and Coastal Research’, which will be carried jointly with the GKSS and which will be cross-linked with further research programs of GFZ (‘Changing Earth’), DLR (‘Traffic and Space’) and others. Beyond this co-operations, numerous intensive scientific relations to other HGF institutions exist which are necessary to establish and run an internationally competitive and forward-looking research program.

mit den benachbarten Programmen des GFZ (Erde im Wandel), der DLR (Verkehr und Weltraum) und anderer zu vernetzen. Darüber hinaus bestehen zu zahlreichen anderen HGF-Einrichtungen enge wissenschaftliche Beziehungen, die es erlauben ein international konkurrenzfähiges und zukunftsweisendes Forschungsprogramm zu betreiben.



2. Ausgewählte Forschungsthemen | *Selected research topics*



Ein Eiskern wird zersägt
Sawing an ice core

Regional climate variations of the Arctic

Wolfgang Dorn, Klaus Dethloff, Annette Rinke

Regionale Klimavariationen der Arktis

Wolfgang Dorn, Klaus Dethloff, Annette Rinke

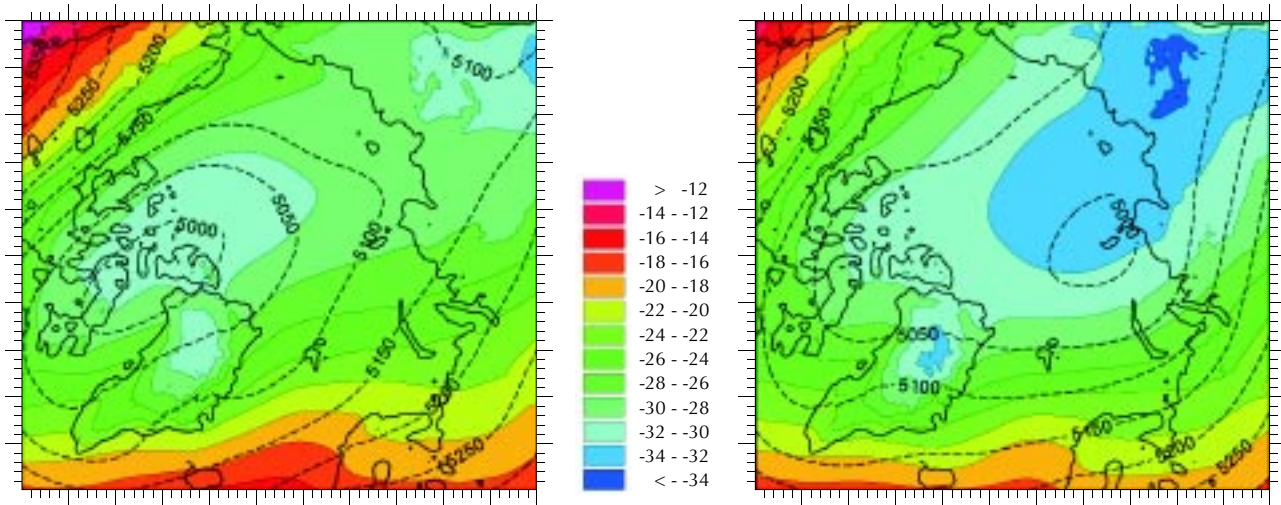
Keine andere Region der Erde hat in den letzten Jahren eine stärkere Änderung des Klimas erfahren als die Arktis. Infolge der stetigen Zunahme an Treibhausgasen und Aerosolen in der Atmosphäre müssen für die Zukunft noch drastischere Änderungen erwartet werden. Um die Grundlagen zukünftiger Klimaentwicklungen besser verstehen zu können, ist die Kenntnis des regional unterschiedlichen Ausmaßes von natürlichen, also ohne den Einfluss menschlicher Aktivitäten auftretenden Klimaänderungen unerlässlich. Natürliche Klimavariationen können durch äußere Faktoren, wie zum Beispiel durch die Veränderungen der Sonneneinstrahlung, aber auch durch dynamische Prozesse innerhalb des Klimasystems verursacht werden.

Für die Untersuchung des Klimas sind computer-gestützte Modelle, mit denen gezielte Klimaexperimente durchgeführt werden können, ein wichtiges Hilfsmittel. Eine solche Klimasimulation im Computer erlaubt es beispielsweise, die Menge der atmosphärischen Treibhausgase probeweise zu verdoppeln, um zu testen, wie sich das Klima der Erde dadurch verändern würde. Großräumige atmosphärische Strukturen können mit den neuesten globalen Klimamodellen realitätsnah simuliert werden. Die verlässliche Wiedergabe des Klimas einzelner Regionen ist aber immer noch oft unbefriedigend, da viele regionale Gegebenheiten, wie zum Beispiel der Küstenverlauf oder Gebirgszüge, in globalen Modellen nur sehr grob dargestellt werden. Der Einfluss regionaler Effekte auf das Klima wird somit nur unzureichend berücksichtigt. Globale Modelle sind demzufolge für eine

The Arctic is that region of the earth in which over the past years the largest climate changes have occurred and in which the strongest future changes are expected as a result of increasing greenhouse gases and aerosols. In order to enhance the scientific basics for an estimate of the future climate evolution, the knowledge of the regionally different magnitudes of naturally, without influence of human activities, occurring Arctic climate changes is essential. Natural climate variations can be caused by external factors, for example changes of the solar radiation, but also by dynamical processes within the climate system.

For the investigation of the climate system, computer-based climate models are a useful tool by which well directed experiments can be carried out. Such a climate simulation with a computer allows for example a doubling of atmospheric greenhouse gases on a trial basis in order to test the impact on the global climate. With the most recent global climate models, large-scale atmospheric structures can be simulated close to reality. However, the reliable reproduction of the specific regional climate is in general unsatisfying, because many regional features, for example the coastlines or mountain ranges, are represented only very coarsely by global models. Thus, the influence of regional effects on the climate are inadequately taken into account. As a result, global models on their own are insufficient for a detailed and precise estimate of regional climate changes.

In order to estimate the naturally occurring Arctic climate variations more realistically, we have inter-



detaillierte und genaue Abschätzung regionaler Klimaänderungen allein nicht ausreichend.

Um speziell die natürlich auftretenden Klimavariationen in der Arktis realistischer abschätzen zu können, haben wir zwei Klimamodelle miteinander verknüpft. Ein feinmaschiges regionales Klimamodell für die arktische Atmosphäre wurde von uns in ein globales Klimamodell eingebettet. Die Ergebnisse des globalen Modells gehen als Start- und äußere Randbedingungen in das regionale Modell ein. Somit werden die Simulationsergebnisse des regionalen Modells einerseits durch die vom globalen Modell vorgegebenen Randbedingungen geprägt, und andererseits durch die Modellphysik des regionalen Modells bestimmt. Im Verhältnis zum globalen Modell besitzt das regionale Modell eine etwa 16-mal höhere horizontale Auflösung. Dadurch wird nicht nur eine detailliertere Darstellung des Klimas erreicht, sondern z.B. auch eine Verbesserung in der Simulation des kurzzeitigen Wettergeschehens und des Wasserkreislaufs, insbesondere des Niederschlags.

In Verbindung mit natürlich auftretenden, für arktische Verhältnisse überdurchschnittlich warmen oder kalten Klimabedingungen zeigen Simulationen für

Abb. 1: Darstellung der mittleren Temperaturen in den unteren fünf Kilometern der Troposphäre in Grad Celsius (Farbflächen) für die Arktis. Die gestrichelten Linien zeigen zusätzlich die mittleren Höhen der 500 hPa Druckfläche in Metern. Die Zentren der großen Wirbelsysteme befinden sich innerhalb der 5000 Meter Höhenlinien. Links: warme Januare, rechts: kalte Januare.

Fig. 1: Presentation of the mean January temperatures averaged over the lower five kilometres of the troposphere in degrees centigrade (colored contours) for the Arctic. Additionally, the dashed lines show the mean height of the pressure level at 500 hPa in metres. The centres of the tropospheric vortices are located inside the 5000 metres contour line. Left: warm Januaries, right: cold Januaries.

linked two climate models, whereby a close-meshed regional climate model for the Arctic atmosphere was imbedded in a global climate model. This means

den Monat Januar zwei verschiedene Zirkulationszustände (Abb. 1). Warme Januare sind durchschnittlich etwa drei Grad Celsius wärmer als kalte und weisen in der oberen Troposphäre, in vier bis zehn Kilometern Höhe, einen Wirbel über der westlichen Arktis auf, wogegen kalte Januare durch einen ausgedehnteren Wirbel mit Zentrum über der östlichen Arktis charakterisiert sind. Als Folge des stärkeren Wirbels über der westlichen Arktis in warmen Januaren ziehen atlantische Tiefdruckgebiete häufiger in die innere Arktis. Dadurch kommt es zu einem verstärkten Wärmetransport in diese Region, der letztlich die Bildung eines ausgedehnten kalten Wirbels über der zentralen östlichen Arktis verhindert. Diese positive Rückkopplung zwischen der arktischen Temperaturverteilung und der großräumigen atmosphärischen Zirkulation scheint ausschlaggebend für die Existenz der beiden arktischen Klimazustände zu sein.

Ein anderes Phänomen natürlicher Klimavariabilität ist die sogenannte Nordatlantische Oszillation. Diese ist gekennzeichnet durch großräumige Luftmassenverschiebungen zwischen polaren und mittleren Breiten im Bereich des Nordatlantik. Computersimulationen des arktischen Winterklimas ergaben, dass durch den Einfluss dieser Luftmassenverschiebungen zum Beispiel über dem Nordwesten des eurasischen Kontinents im Winter Temperaturunterschiede von etwa drei bis sechs Grad Celsius auftreten (Abb. 2). Diese natürlichen Temperaturschwankungen sind deutlich größer als die in den letzten beiden Jahrzehnten an gleicher Stelle beobachtete Erwärmung von ein bis zwei Grad Celsius und liegen in der Größenordnung der für die nächsten fünfzig Jahre prognostizierten Erwärmung Nordeuropas in Treibhausgas-Szenarien. Folglich müssen solche natürlichen Klimaschwankun-

that the results of the global model are included into the regional model as initial and boundary conditions. The simulation results of the regional model will thus be affected on the one hand by the boundary conditions from the global model and on the other hand by the internal model physics of the regional model. Compared to the global model, the regional model has a 16 times higher horizontal resolution, whereby not only a more detailed representation of the climate will be reached but also, for example, an improvement of the simulation of transient weather events and the hydrological cycle, particularly the precipitation.

In conjunction with naturally occurring predominantly warm or predominantly cold Arctic climate conditions, simulations for the month of January show two different circulation states (fig. 1). Warm Januaries are on average about three degrees centigrade warmer than cold Januaries and feature an upper tropospheric vortex over the western Arctic, whereas cold Januaries are characterized by a more expanded vortex centered over the eastern Arctic. In consequence of the stronger vortex over the western Arctic in warm Januaries, Atlantic low-pressure areas are moving into the interior of the Arctic more frequently. Simultaneously, a stronger heat transport into this region appears, which prevents the formation of an expanded cold vortex over the central eastern Arctic. This positive feedback between the Arctic temperature distribution and the large-scale atmospheric circulation seems to be decisive for the existence of the two Arctic climate states.

Another phenomenon of natural climate variability is the so-called North Atlantic Oscillation. This oscillation is characterized by a large-scale atmospheric

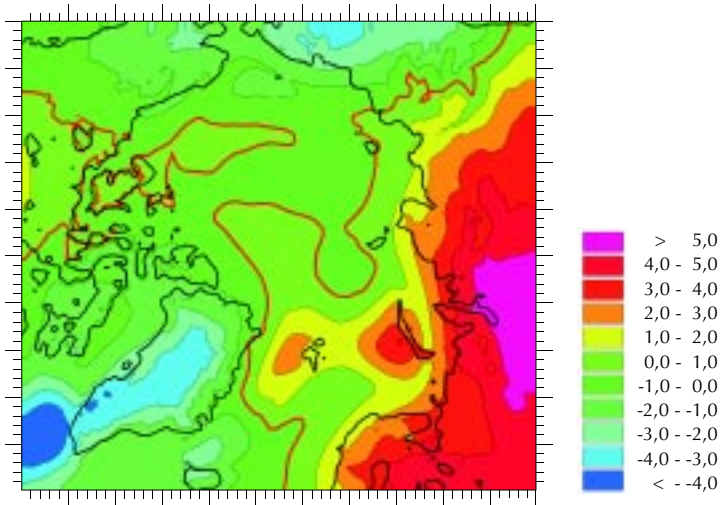


Abb.2: Natürliche Temperaturschwankungen in der Arktis. Die farbigen Flächen zeigen die mittlere bodennahe Temperaturdifferenz in Grad Celsius zwischen Wintern (Dezember bis März) der positiven und der negativen Phase der Nordatlantischen Oszillation. Die rote Kurve repräsentiert die Nulllinie.

Fig. 2: Natural Arctic temperature variations. The colored contours show the mean near-surface temperature difference in degrees centigrade between winters (December to March) of the positive and the negative phase of the North Atlantic Oscillation. The red curve represents the zero line.

gen bei der Bewertung historischer, gegenwärtiger und zukünftiger Klimaänderungen deutliche Berücksichtigung finden.

mass shift between polar and mid-latitudes with centers of action over the North Atlantic. Computer simulations of the Arctic winter climate showed that due to the influence of this atmospheric mass shift, for example, winter temperature differences of about 3-6 degrees centigrade appear over the north-western Eurasian continent (fig.2). These simulated natural temperature variations are clearly larger than the observed warming of about 1-2 degrees centigrade during the past two decades in the same location, and are in the order of magnitude of the prognosed warming of Northern Europe during the following fifty years in greenhouse gas scenarios. Consequently, a regional assessment of historic, present, and future climate changes has to take into account such natural climate variations.

Meereis oder weniger Eis?

Christian Haas

„Nordpol weg!“ lautete die Schreckensmeldung in den Medien, die im Sommer 2000 die Öffentlichkeit verunsicherte. Die Meldung wurde durch Beobachtungen von Bord eines Touristen-Eisbrechers veranlasst, der große Flächen offenen Wassers von einigen Kilometern Durchmesser am Nordpol antraf. Es wurde dabei allerdings ignoriert, dass diese Beobachtung für sommerliche Verhältnisse in der Arktis durchaus typisch ist.

So trafen auch wir mit der ‚Polarstern‘ in den Jahren 1991, 1996 und 2001 grosse Wasserflächen, so genannte Polynjen, am Nordpol oder in seiner Nähe an. Das Auftreten solcher Polynjen hat jedoch weniger mit verstärktem Schmelzen des Eises zu tun, als vielmehr mit einem Auseinanderdriften der zwei bis sechs Meter dicken Eisschollen, die angetrieben von Wind und Strömungen über das Nordpolarmeer treiben.

Dennoch fand die Meldung über das „Loch am Nordpol“ guten Nährboden, da neue Ergebnisse amerikanischer und englischer U-Boot-Messungen deutliche Dickenabnahmen des arktischen Meereises um bis zu 40% innerhalb der letzten 40 Jahre zeigen, und Satellitenmessungen eine Abnahme der eisbedeckten Fläche von ca. drei Prozent pro Jahrzehnt ergeben.

Wir am AWI versuchen auf verschiedenen Ebenen, diese Beobachtungen besser zu verstehen. Da die U-Boot-Dickenmessungen räumlich begrenzt sind und unregelmäßig durchgeführt wurden, erlauben sie keine Aussagen über die Eisdicken in der gesamten Arktis. Diese ergeben sich bislang nur aus Experimenten mit Computermodellen des Meereises. Diese Modelle sind ausgetüftelte Computerprogramme, die

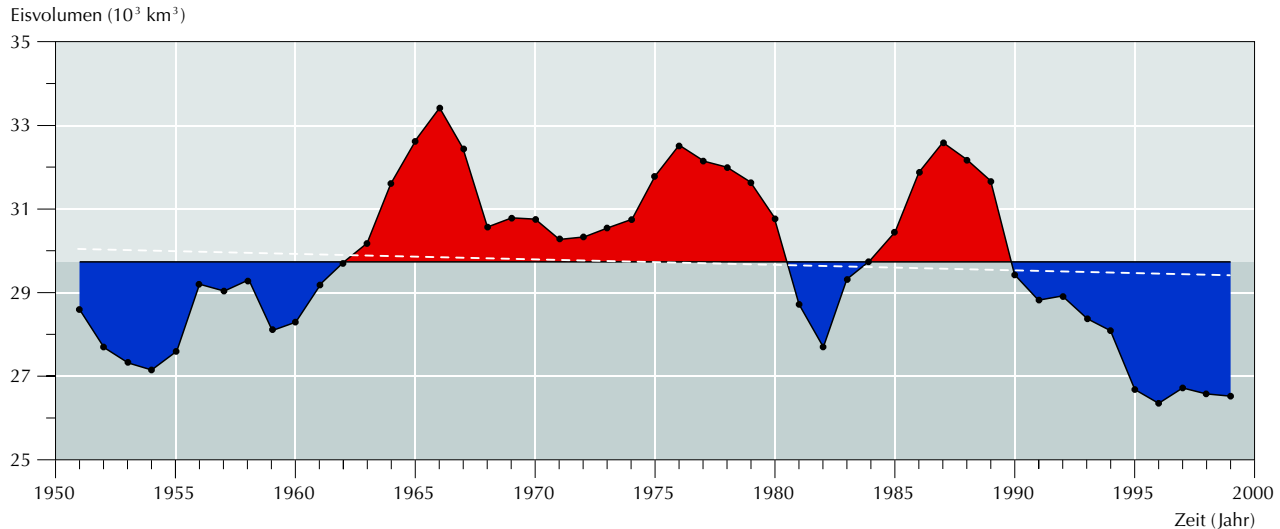
Is sea ice disappearing?

Christian Haas

Recent results of satellite observations of sea ice coverage show that sea-ice extent is shrinking by about 3% per decade in the Arctic, whereas it increases by about 1.7% per decade in Antarctica. In the Arctic, observations of decreasing ice extent are accompanied by submarine sonar measurements of ice thickness, showing a thinning of up to 40% between 1958 and today. However, those results are discussed very controversially, because the submarine thickness measurements are restricted in time and space, as they have been performed only in some years, and within a limited region. It is rather likely that due to changes in the atmospheric circulation regimes also known as North Atlantic and Arctic Oscillations (NAO and AO) thicker ice has been moved to other regions which were not profiled by the submarines in later years.

At AWI, field studies and model experiments are performed to better understand the observed changes and to relate them to possible climate changes.

Figure 3 shows the development of ice volume in the Arctic Ocean between 1951 and 1999, i.e. the product of ice area and thickness. The results have been obtained by means of computations with a numerical dynamic-thermodynamic sea ice model, using six-hourly atmospheric forcing data. The time series is dominated by strong decadal variations which are related to the NAO and AO. The surface winds in response to the sea level pressure distribution cause different ice drift pattern, which determine how much ice is pressed against the coasts of Greenland and Canada to thicken it by deforma-



in der Lage sind, die Entwicklung des Meereises in der Vergangenheit zu simulieren.

Ein gutes Beispiel für eine solche Simulation findet sich in der Abbildung 3. Sie zeigt die berechnete Entwicklung des Eisvolumens in der Arktis von 1951 bis 1999. Deutlich ist zu sehen, dass das Eisvolumen und damit insbesondere die Eisdicke starken dekadischen Schwankungen unterworfen ist, und dass sich unterschiedliche Trends ergeben, je nachdem, welchen Zeitraum man beobachtet. Insgesamt ergibt sich aber eine sehr geringe Abnahme des Eisvolumens von 4% pro Jahrzehnt. Die Ursachen für die dekadischen Schwankungen liegen hauptsächlich in der Luftdruckverteilung und den damit vorherrschenden Winden. Die Lufttemperatur spielt nur eine sehr geringe Rolle. In der Luftdruckverteilung wurden wiederholte Schwankungen, sogenannte Oszillationen beobachtet (AO: Arctic Oscillation; NAO: North Atlantic Oscillation), die zu unterschiedlichen Eisdriftmustern führen. Die Eisdrift ist dafür verantwortlich, wie stark sich Eis an den Küsten aufstaut und dadurch verdickt, und wie alt das Eis im Nordpolarmeer werden kann, bevor es durch die Framstraße zwischen Grönland und Spitzbergen driftet und im Nordatlantik schmilzt.

Abb. 3: Entwicklung des Eisvolumens in der Arktis von 1951 bis 1999, berechnet mit einem dynamisch-thermodynamischen Meereismodell.

Fig. 3: Time series of Arctic sea-ice volume between 1951 and 1999, computed with a dynamic-thermodynamic sea ice model.

tion, or how long the ice resides within the Arctic Ocean before it is exported through Fram Strait and melts in the North Atlantic. From figure 3 it is clear that derived thickness trends critically depend on the time period chosen to calculate the trend. Overall, the model yields a reduction of ice volume of 4% per decade.

The limited time and space coverage of submarine thickness data require additional measurements which allow for more systematic thickness surveys. Therefore, we applied and operationalised electromagnetic (EM) induction sounding for ice thickness measurements. This classical geophysical technique

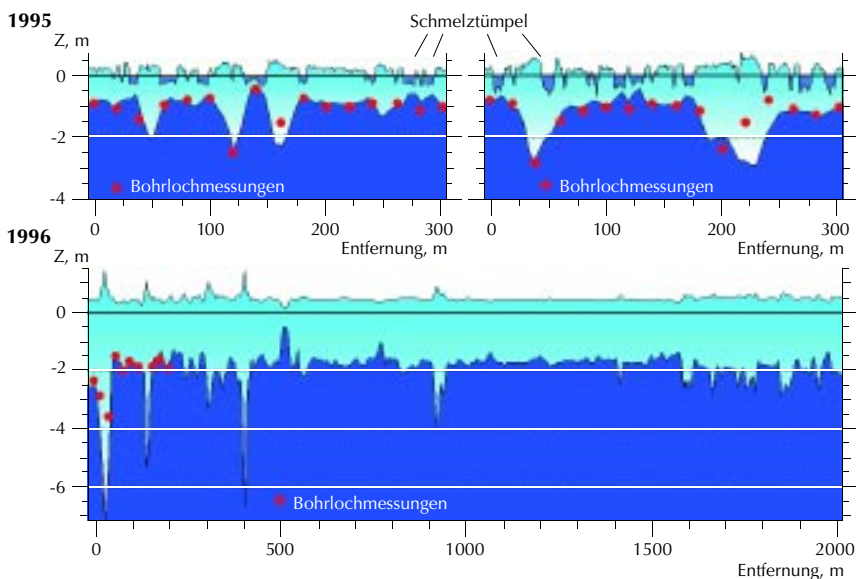


Abb. 4: Typische Dickenprofile von einjährigen Eisschollen im selben Gebiet der Laptewsee in den Jahren 1995 und 1996, gemessen mit dem EM-Verfahren. Bohrlochmessungen dienen der Veranschaulichung der Messgenauigkeit. Man beachte das Fehlen von Schmelztümpeln und die wesentlich größere Eisdicke im Jahr 1996.

Fig. 4: A representative comparison of EM measurements of two floe profiles obtained in the summers of 1995 and 1996 in the same region of the Laptev Sea. Comparison with drill-hole measurements demonstrates the accuracy of the method. Note the absence of meltponds and the substantially larger ice thickness in 1996.

Da die U-Boot-Eisdickenmessungen im Rahmen militärischer Einsätze durchgeführt wurden, unterliegen sie großen Beschränkungen und liegen nicht systematisch vor. Zukünftig werden sie möglicherweise ganz beendet. Deshalb haben wir ein alternatives Verfahren zur Eisdickenmessung entwickelt. Es basiert auf dem Prinzip der elektromagnetischen (EM) Induktion und wird beispielsweise in der Landgeophysik zur Kartierung von Erz- oder Grundwasservorkommen eingesetzt. Mit diesem Verfahren messen wir die vertikale Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit im Untergrund. Da die elektrische Leitfähigkeit von Meerwasser und Eis sehr unterschiedlich ist, können wir anhand der Messdaten die Dicke der Eisschollen bestimmen.

is usually employed on land to map ore or groundwater deposits. In the beginning, the accuracy and robustness of the EM method was evaluated by comparing coincident drill-hole and EM measurements. Figure 4 shows two ice thickness profiles thus obtained. To achieve long profiles of some kilometre length, the EM sensor was mounted onto a sledge and man-hauled across ice floes. The figure also shows the good agreement of drill-hole and EM measurements.

Figure 4 includes a representative comparison of two floe profiles obtained in the summers of 1995 and 1996 in the same region of the Laptev Sea. In 1996 the typical ice thickness was 2 metres, 50 % thicker than in 1995. It could be shown that the different thicknesses were closely related to different atmospheric circulation regimes in those years, with a strong summer low over the North Pole in 1996,

Zunächst wurden die Genauigkeit und Anwendbarkeit der Methode durch den Vergleich mit vielen Bohrlochmessungen intensiv untersucht und kalibriert. Bei den Bohrlochmessungen werden die wenige Meter dicken Eisschollen komplett durchbohrt. Anschließend wird mit einem Metermaß die Eisdicke der Scholle gemessen. Diese Methode erfordert einen großen Aufwand, ist aber sehr genau. Deshalb eignet sie sich hervorragend zur Kalibrierung der EM-Sonde.

Abbildung 4 zeigt zwei typische Eisdickenprofile arktischer Eisschollen, wobei die EM-Sonde auf einem Schlitten bis zu mehrere Kilometer weit über das Eis gezogen wurde. Der Vergleich mit den Bohrlochmessungen zeigt die hohe Genauigkeit der EM-Sondierungen.

Außerdem zeigt Abbildung 4 einen repräsentativen Vergleich der Dickenprofile zweier Eisschollen in der Laptewsee in den Jahren 1995 und 1996. Während 1995 die typische Eisdicke 1,2 Meter betrug, lag sie 1996 bei 2 Metern. Dies ist hauptsächlich auf unterschiedliche Winde in der sibirischen Arktis in diesen beiden Jahren zurückzuführen. Die deutlichen Unterschiede zwischen 1995 und 1996, die den langfristigen Trends sogar widersprechen, verdeutlichen die Schwierigkeiten, Eisdickenmessungen im Zusammenhang mit Klimaveränderungen zu interpretieren.

Im Sommer 2001 haben wir erstmals und mit großem Erfolg eine hubschraubergestützte EM-Sonde eingesetzt (Abb. 5). Damit werden nun großräumige und systematische Messungen möglich, zum Beispiel regelmäßige Eisdickenmessungen zwischen Grönland und Spitzbergen aus der Luft, die eine wesentlich bessere Beurteilung von Klimaänderungen in der Arktis erlauben werden.



Abb. 5: Der EM-Bird wird zur Eisdickenmessung an einem zwanzig Meter langen Kabel unter einem Hubschrauber geschleppt.

Fig. 5: For airborne measurements of sea-ice thickness, the EM-Bird is towed underneath a helicopter.

which was completely absent in 1995. The large interannual variability of ice thickness makes interpretation of thickness changes with respect to long-term climate changes involved.

An advantage of the EM technique is that it can be deployed from helicopters or airplanes. In the summer of 2001, a new helicopterborne EM sensor (EM-Bird) was operated in the Arctic for the first time (fig. 5), yielding high resolution thickness data of good quality. With the EM-Bird, we will now be able to perform systematic large-scale studies of the ice thickness distribution, improving our ability to better judge observations and predictions of possible climate changes.

Wenn NN nicht normal ist.

Jens Schröter und Manfred Wenzel

Anwohnern der Küste ist die Bezeichnung „Normal Null“, die mit „NN“ abgekürzt wird, vertraut. Die Höhe der Landschaft oder des Deiches wird in „Meter über NN“ angegeben. Mit NN wird der mittlere Meeresspiegel bezeichnet, der sich aus langjährigen Beobachtungen ergibt.

Küstenbewohnern ist aber ebenso vertraut, dass der Meeresspiegel nicht nur durch Gezeiten von dem einmal festgelegten NN abweicht. Langfristige Trends werden beobachtet, die, über Jahrhunderte gesehen, Meeresspiegeländerungen von einem Meter und mehr ausmachen können.

In der Diskussion um einen Klimawandel auf der Erde wird häufig von dramatischen Änderungen des Meeresspiegels gesprochen. In den Medien findet man Berichte über abschmelzende Polkappen oder zukünftige Eiszeiten. Unsere Forschung belegt, dass diese Zukunftsszenarien häufig übertrieben dargestellt werden.

Traditionell wird der Meeresspiegel an Pegelstationen gemessen, die teilweise schon seit hundert Jahren und länger Messdaten liefern. Diese Messstationen sind aber sehr ungleich über die Erde verteilt. Die meisten befinden sich auf der Nordhalbkugel. Da sich die aus diesen Messungen abgeleiteten Trends teilweise widersprechen und außerdem große Meeresgebiete unbeobachtet bleiben, sind darauf basierende Aussagen über den globalen Meeresspiegel unsicher.

Seit dem Start der Fernerkundungssatelliten ERS und TOPEX/Poseidon, Anfang der neunziger Jahre, hat sich die Situation entscheidend verbessert. Änderungen des Meeresspiegels werden seitdem weltweit

When NN is not normal

Jens Schröter und Manfred Wenzel

The coastal populations are familiar with the abbreviation 'NN'. It denotes 'normal null', i.e. the mean sea level derived from many years of observations. The elevation of the landscape and dykes is given in metres above NN.

They are also aware that the actual sea level is different from NN not only due to ocean tides but long term trends are also present. Over a period of centuries they may amount to sea level changes of a meter or more.

In the context of a global climate change dramatic changes of the mean sea level are proposed frequently. Reports in the media discuss the melting polar ice sheets or a future ice age. Our research indicates that these scenarios are often exaggerated.

Traditionally the mean sea level is measured with tide gauges, some of which have been operating over a hundred years. Their distribution on the globe is however quite uneven. Most of them are in the Northern Hemisphere. Sea level change derived from tide gauges differs regionally. Furthermore large oceanic regions remain unobserved. As a result the trend of the global mean sea level is uncertain to some extent.

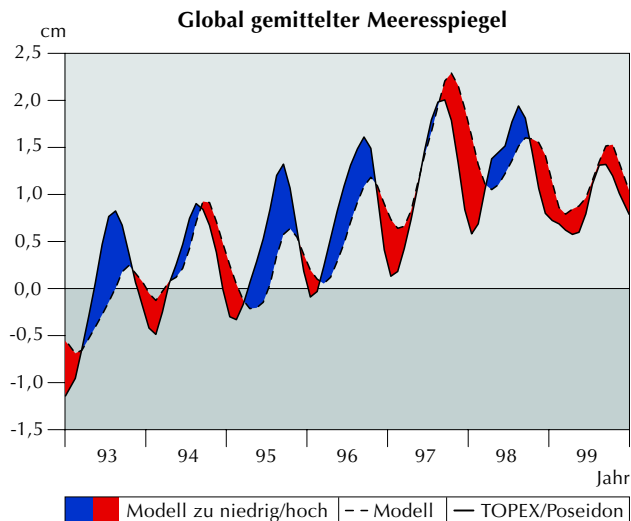
This situation changed dramatically after the launch of the remote sensing satellites ERS and TOPEX/Poseidon in the early nineties. Since then sea level change is measured globally with an accuracy of a few millimetres. The increase of the global mean sea level is shown in Figure 6. We find a strong annual signal superimposed upon this trend. It is due to changes in the total volume of the ocean; fresh water

Abb. 6: Der Anstieg des globalen Meeresspiegels gemessen vom Radarsatelliten TOPEX/Poseidon. Deutlich sichtbar ist der Trend und die jahreszeitlichen Schwankungen, die sich durch Speicherung von Wasser in Form von Grundwasser und Schnee ergeben. Die zweite Linie ist das Ergebnis unserer Computersimulation. Sie folgt den Satellitenmessdaten recht gut, ist aber häufig um einige Monate verzögert.

Fig. 6: Global mean sea level rise as measured by the radar altimeter on board of the satellite TOPEX/Poseidon. The trend and an annual cycle are clearly visible. Annual variations of the global mean are mostly due to water storage on land in the form of ice, snow and ground water. Also shown is the result of the computer simulation. The general agreement is good but the model output has a delay of a few months.

auf wenige Millimeter genau gemessen. Der Anstieg des globalen Meeresspiegels ist in Abbildung 6 dargestellt. Neben dem leichten Aufwärtstrend fällt vor allem ein starker Jahresgang auf. Er wird durch den Süßwasserkreislauf verursacht: Wasser verdunstet über dem Meer und kehrt als Niederschlag und über die Flüsse in den Ozean zurück. Schnee und Eis sowie ein wechselnder Grundwasserspiegel dienen als Zwischenspeicher und verzögern den Rückfluss ins Meer.

Eine Computersimulation der globalen Meeresströmungen hilft, die Ergebnisse der Satellitenmessungen und die Ursachen der Meeresspiegeländerungen zu verstehen. Diese Änderungen entstehen in erster Linie durch den Süßwasserkreislauf, aber auch durch die Ausdehnung des Wassers bei Temperaturanstie-



evaporates at the sea surface returning to the ocean directly by rain or indirectly by rivers. Snow, ice and changes in the ground water level act as a temporal storage thus delaying the return of fresh water into the sea.

A computer simulation of the global ocean circulation is a useful instrument for understanding the results derived from the satellite measurements. It also enables us to explain the reasons for changes in the sea level. These changes are primarily due to changes of the fresh water cycle. Other reasons are an increase in volume caused by heating or regional changes by redistribution of oceanic water masses and currents. All these processes are considered in the computer simulation.

The computer model is based on measured distributions of temperature and salinity. Current velocities are simulated on a mesh with a horizontal resolution of 2 degree by 2 degree and 23 layers in

gen. Regionale Unterschiede ergeben sich außerdem durch die Umverteilung von ozeanischen Wassermassen sowie durch Strömungsänderungen, die von Verlagerungen in den Windsystemen hervorgerufen werden. In der Computersimulation werden alle diese Prozesse berücksichtigt.

Ausgehend von gemessenen Temperatur- und Salzgehaltsverteilungen werden die Strömungsverhältnisse auf der Basis eines Gittermodells mit einer horizontalen Maschenweite von zwei Grad mal zwei Grad und 23 vertikalen Schichten im Computer simuliert. Grundlage des Computermodells sind Messungen von Winden, Lufttemperaturen und dem Süßwasserkreislauf der letzten fünfzig Jahre. Der berechnete globale Meeresspiegel ist für die letzten sieben Jahre ebenfalls in Abbildung 6 dargestellt. Er zeigt generell eine gute Übereinstimmung mit den Messdaten, ist aber häufig um einige Monate in der Zeit verzögert.

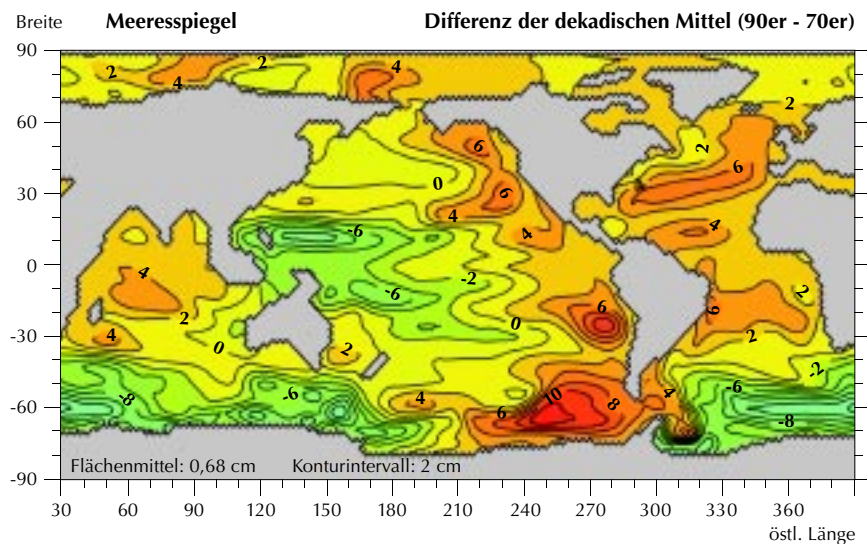
Das Computermodell beschreibt auch andere Messungen zufriedenstellend, wie zum Beispiel von Ozeantemperaturen. Wir haben daher Vertrauen in die Modellergebnisse.

Der Anstieg des Meeresspiegels ist durch die spezifischen Strömungsverhältnisse regional sehr unterschiedlich. Langfristige Trends, die das Modell wiedergibt, werden in Abbildung 7 dargestellt. Gezeigt wird der Unterschied zwischen den beiden 10-Jahresmittelwerten von 1970-1979 und 1990-1999, also ein mittlerer Trend über zwanzig Jahre. Während der globale Wasserspiegel um weniger als einen Zentimeter anstieg, sehen wir im Atlantischen und Indischen Ozean, im Nordpolarmeer und im Ostpazifik eine Erhöhung um ein mehrfaches. Noch kräftiger zeigt sich hingegen der Abfall des Meeresspiegels im zentralen

the vertical. A time series of 50 years of observed temperature, wind, evaporation and precipitation are used to drive the ocean model. The evolution of the last seven years of the modelled global mean sea level is compared to the satellite observations in figure 6. The trends are similar but the annual cycle is often delayed by a few months. Other observational results, like the temperature distribution, compare satisfactorily with the simulation. We may therefore trust the model results.

Sea level rise varies substantially in different regions. It is connected to the changing ocean currents. Long term trends derived from the model are presented in figure 7. Shown are the differences between decadal mean values for 1970-1979 and 1990-1999, i.e. the trend averaged over twenty years. Whereas the global mean sea level has only increased by about one centimetre, the regional rise in the Atlantic and Indian Ocean as well as the Arctic Ocean and Eastern Pacific is much more pronounced. The drop in sea level in the central West Pacific and large areas of the Southern Ocean is even stronger.

The model results are analysed to understand the reasons for the local trends. Regional differences are primarily caused by local changes in the temperature. On a global scale heating and cooling were nearly equally strong. Therefore the averaged thermal expansion played only a minor role. The global trend in the model simulation is mainly due to an increased inflow of fresh water into the ocean. A possible explanation for such an inflow would be the melting of mountain glaciers which has been observed during the last decades.



Westpazifik und in großen Teilen des Südpolarmeers.

Bei der Analyse der Ursachen können wir feststellen, dass die unterschiedlichen Trends in den einzelnen Regionen vor allem durch Änderungen im Wärmehalt verursacht werden. Dabei haben sich Erwärmung und Abkühlung der verschiedenen Gebiete in etwa die Waage gehalten. Auf den globalen Meeresspiegel hat die Wärmeausdehnung demnach in den letzten Jahren keinen großen Einfluss gehabt. Der globale Trend der Computersimulation wird im Wesentlichen durch einen nicht ausgeglichenen Süßwasserkreislauf verursacht. Eine mögliche Ursache für den vermehrten Zustrom von Süßwasser in die Ozeane ist zum Beispiel das beobachtete Abschmelzen von Hochgebirgsgletschern.

Abb. 7 : Die Änderung des Meeresspiegels zwischen den 70er und den 90er Jahren. Die Modellergebnisse zeigen einen klaren Anstieg im Atlantischen und Indischen Ozean sowie an der amerikanischen Westküste. Im westlichen Pazifik und großen Teilen des Südpolarmeers ist der Wasserstand dagegen deutlich gefallen.

Fig. 7: Sea level change between the nineteen-seventies and the nineteen-nineties. The model results show a clear increase in sea level in the Atlantic and Indian Ocean and along the west coast of America. On the other hand sea level has dropped noticeably in the Western Pacific and in large parts of the Southern Ocean.

Combined utilisation of wind farming and mariculture in the North Sea

Bela Hieronymus Buck

Kombinierte Windpark- und Marikulturnutzung in der Nordsee

Bela Hieronymus Buck

Unsere Studie befasst sich mit der Fragestellung, ob der Aufbau einer wirtschaftlich rentablen marinen Aquakultur, also der Zucht von Meeresorganismen, im küstenfernen Offshore-Bereich der Nordsee möglich sei. Bei der Standortwahl wurden in erster Linie die Gebiete der geplanten Offshore-Windparks untersucht. Bereits zum Ende dieses Jahrzehnts könnte es zum Betrieb von mehr als 2000 Windkraftanlagen innerhalb der Nordsee kommen. Für uns steht dabei die potentielle Koppelung von umweltfreundlicher Energiegewinnung mit extensiver umweltschonender Aquakultur im Vordergrund. Die Machbarkeitsstudie beschäftigte sich ausschließlich mit der Aquakultur im offenen Meer (Open Ocean Aquaculture) und nicht mit konventioneller Teichwirtschaft, aufwändigen Hälterungssystemen an Land sowie küstennaher mariner Aquakultur.

Fast jedes Land mit Zugang zum Meer betreibt Aquakultur zur Aufzucht von Meeresorganismen. Nur in seltenen Fällen, wie in manchen Entwicklungsländern, fehlt jede Grundlage, technisches Know-how, Equipment und Geld, Forschung zu betreiben, oder die marine Aquakultur kommerziell einzusetzen. In Bezug auf die oben genannten Faktoren gleicht Deutschland einem Entwicklungsland, obwohl wir die besten Voraussetzungen haben. Die Gründe dafür wurden in der Machbarkeitsstudie aufgedeckt und stellen sich wie folgt dar:

Die derzeitige starke Nutzung von Deutschlands Küsten verursacht Raumnutzungskonflikte mit einzelnen Interessengruppen, wie der Berufs- und Sport-

Our study aims to ascertain the economic feasibility of an offshore marine aquaculture structure for breeding of marine organisms in the North Sea. The 'Offshore-Windparks' were chosen as a first possibility for installation location. More than 2000 wind-generators are planned for installation in the North Sea before the end of this decade. We consider the combination of environmentally-friendly wind-driven power generation with the environmental enhancement that aquaculture offers as a very important opportunity. This feasibility study concentrates on 'Open Ocean Aquaculture'. Conventional onshore 'pond-based aquaculture' or nearshore marine aquaculture with extensive reservoir and circulation systems are not covered in this study.

Most all countries with access to the sea engage in aquaculture. Only in rare cases, for example in developing nations, are all fundamentals lacking (e.g. technical knowledge, equipment and money) to successful research and implement aquaculture. Although Germany has the above-mentioned factors in relative abundance, it can be counted with the few developing nations that have not adopted any form of aquaculture. The reasons for this will be presented in this feasibility study and are as follows: Conflicts exist between interested parties on coastal land management issues. These parties include commercial and pleasure boat traffic, gravel mining, marine and local fishing coops, and protected lands such as national parks. Problems with regulation and assignment of areas in the North Sea and its near-shore

schifffahrt, dem Kiesabbau, den Nationalparks mit anderen als Schutzzonen ausgewiesenen Flächen sowie den Interessen der Marine und den örtlichen Fischerverbänden. Daraus resultieren Schwierigkeiten bei der Regulierung und Vergabe von Flächen in der Nordsee und deren Küstengewässer.

Hinzu kommen die lokal komplexen hydro-dynamischen Verhältnisse, wie hohe Wellen und große Strömungsgeschwindigkeiten, die größtenteils als ungeeignete Standortfaktoren für die Etablierung einer Aquakultur angesehen werden.

Ferner leidet das deutsche Küstenmeer zeitweilig und weiträumig unter starken Belastungen durch Schifffahrt und urbane Abwässer.

Ein weiteres Hindernis in der potentiellen wirtschaftlichen Vermarktung von Aquakulturprodukten besteht darin, dass in der breiten Öffentlichkeit und bei regionalen Umweltverbänden die Aquakultur als umweltschädliche Wirtschaftsform angesehen wird.

Offshore, Open Ocean, Far out – diese Begriffe, die bisher in unseren Breiten nur selten oder gar nicht mit der Aquakultur in Zusammenhang gebracht wurden, sind in Asien und den USA zu gängigen Schlagwörtern geworden. Dabei lag die Hauptmotivation, neue Regionen zu erobern, oft in der hohen Nachfrage an Meeresprodukten, die aus dem Küstenmeer alleine nicht gedeckt werden konnten.

Da es sich jedoch um einen international neuen Zweig in der Aquakultur handelt, gibt es weltweit derzeit kaum kommerziell betriebene Open Ocean Aquakulturen. Demzufolge ist der Forschungsbedarf für alle Aspekte solch einer Aquakultur groß und für jedes neue Vorhaben in seinen Voruntersuchungen vielfältig und sehr kostenaufwendig. Bislang haben sich mit dem Open Ocean-Themenbereich

waters arose due to these conflicts. In addition, complex local hydrodynamic conditions such as large wave heights and strong water currents have hindered development of aquaculture. Germany's coastal waters also suffer from pollution due to shipping traffic and urban sewage. A further factor which inhibits to the potential economic marketing of aquaculture in Germany is the general understanding by the public and regional environmental groups of aquaculture as an environmentally harmful business venture.

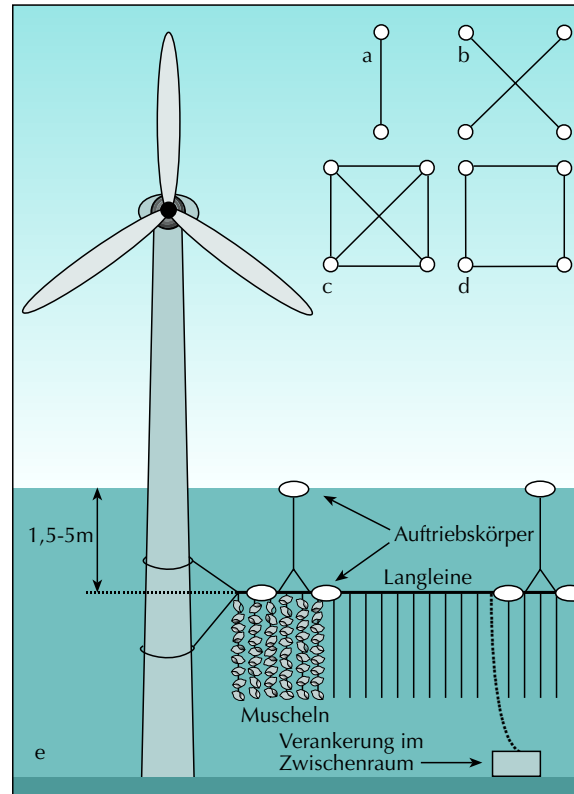
'Offshore, Open Ocean, Far out' – currently unknown or seldom used terms among the German public, have in the mean-time become common 'catch-phrases' in Asia and the USA. In an effort to cover the immense demand for seafood products, new regions beneath the coastal waters were sought. There are currently very few world-wide Open Ocean Aquaculture business operating as it is an internationally new method of aquaculture.

Thus, the demand for research endorsing all aspects of such aquaculture is large. For each new venture a vast array of costly preliminary studies are needed. So far, the field of open ocean research has been subject of numerous scientific disciplines, such Biology, Geology, Ornamental Trade, Engineering and Socio-economics. Many of the biological research studies have focused on the accurate control of the full life cycle of potential market-value organisms, so called candidates. This focal point is driven by the demand of the commercially operated aquaculture farms to overcome to the bottle-neck in the supply of sufficient brood.

Additionally, main research efforts in an international perspective are placed in the provision of sturdy offshore-technology, which resist the extreme envi-

Abb. 8 (a)-(d) Langleinenkonstruktionen aus der Vogelperspektive. Jede Pylonverankerung benötigt bei einer solchen Konstruktion eine spezielle Verankerung, um den Zugang und die Wartung der WEA's durch Schiffe zu ermöglichen. (e) Seitenansicht einer untergetauchte Langleine für Muscheln oder Algen. Der Pylon der WEA dient als Verankerung eines Leinenendes. Die Longline kann eine Länge von 100-300 m erreichen. Längere Langleinen könnten am nächsten Pylon angehängt werden.

Fig. 8 (a)-(d): A birds-eye view of longline constructions. Special pylon anchorages ensure access and maintenance of the wind energy plants by ship. (e) Side view of a submerged mussel and algae longline culture. The wind energy plant pylon is used as the anchorage for one end of the longline. The line can reach a length of 100 to 300 meters. Longer lines may be mounted to the next pylon.



unterschiedliche Fachrichtungen wie die Biologie, Geologie, Aquaristik, Technik und Sozio-Ökonomie beschäftigt. Gerade die genaue Kontrolle des vollen Lebenszyklus potentieller Zuchtorganismen, so genannter Besatzkandidaten, beschäftigten verschiedene biologische Forschungsstudien, um den Engpass von genügend Brut für kommerziell orientierte Aquakulturen zu bewältigen. Ein weiterer internationaler Forschungsschwerpunkt liegt in der Bereitstellung stabiler Offshore-Technik, die den extremen Umweltbedingungen vor Ort standhält und eine sichere Bewirtschaftung der Anlagen gewährleistet.

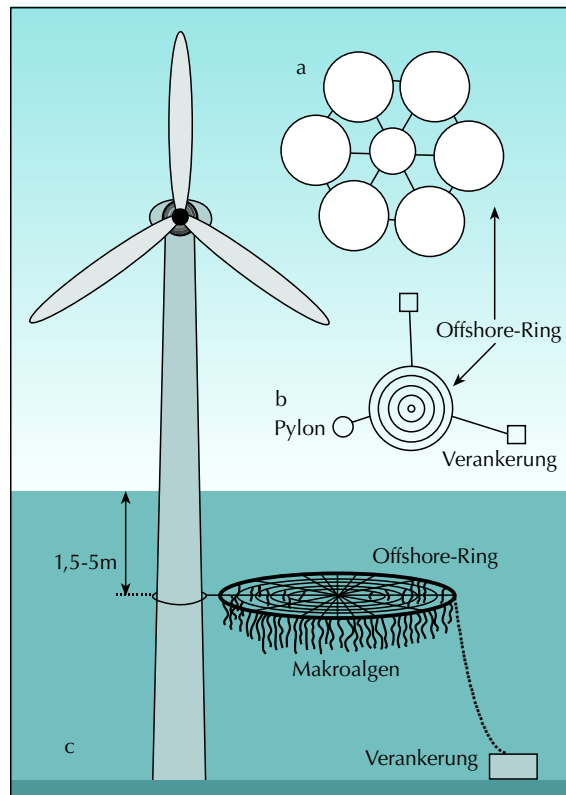
Bislang werden jedoch die Ergebnisse aus langjähriger Forschung wenig in die Praxis umgesetzt. Neben

ronmental conditions and warrants safe utilisation of the installation. However, so far little implementation of the results of extensive research has been undertaken.

Next to the yet unsolved technical and biological problems, a restraint is given through the above mentioned stakeholder conflicts between different interest within the coastal zone. The harsh environmental conditions present within the North Sea allow the cultivation of only a few marine organisms, which

Abb. 9 (a)+(b) Ringkonstruktionen aus der Vogelperspektive. (a) In der Mitte steht der Pylon der WEA und dient als Verankerungspunkt der Ringe, die ebenso untereinander verbunden sind. (b) Pylon mit nur einem Offshore-Ring, der zur äußeren Seite zwei Verankerung braucht. (c) Seitenansicht eines Pylons mit Offshore-Ring für die Kultur von Algen oder Muscheln. Am äußersten Punkt des Ringes ist ein Ankerstein angebracht.

Fig. 9 (a)+(b): A bird's-eye view of a ring construction. (a) The combined rings are fixed around the pylon. (b) Pylon with a single offshore-ring construction using two anchorages. (c) Side view of a pylon with offshore-ring construction used for cultivation of algae and mussels. An anchor-stone is placed at the outermost point of the ring construction.



den noch ungelösten technischen und biologischen Problemen stellen gerade die oben genannten Nutzerkonflikte zwischen den unterschiedlichen Interessengruppen der Küstenräume ein großes Hemmnis dar.

Die rauen Umweltbedingungen der Nordsee erlauben jedoch die Zucht von einigen Meeresorganismen, die zudem nicht umweltbelastend sind. Hierzu zählen zum einen Makroalgen, die Nährstoffe aus dem Wasser aufnehmen, zum anderen Muscheln, die sich durch die Filtration des in der Wassersäule vorkommenden Planktons ernähren. Somit handelt es sich hier um Organismen, die extensiv gezüchtet werden können und die Umwelt nicht belasten.

do not impact the environment. Macroalgae, which extract nutrients out of the water column belong to this group, as well as mussels, which filtrate plankton. These organisms can be cultivated extensively, without impact on the environment. The ingredients of algae are subject to a manifold commercial demand, which is currently covered by China, Japan or France. Within the group of mussels, especially the blue mussel and oysters show a high marketing potential on the German market. An establishment of a fish cage culture in

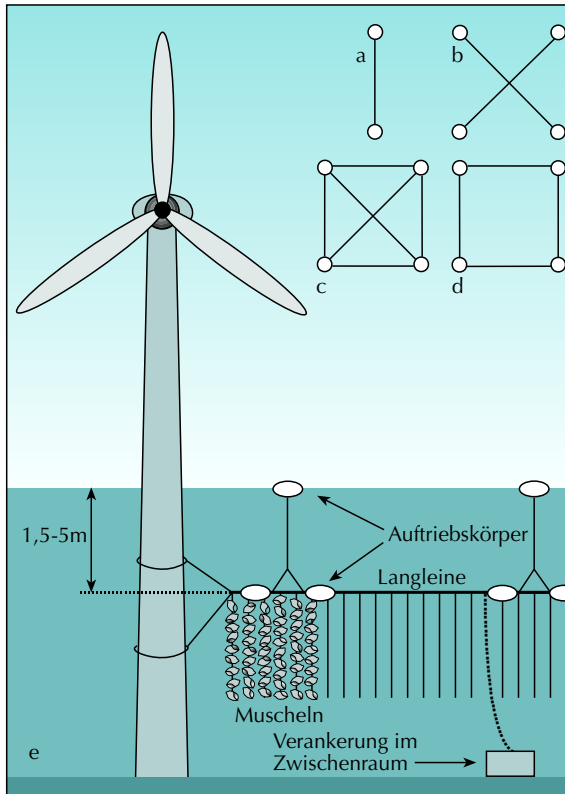


Abb. 10 (a) Seitenansicht eines Pylons in Kombination mit einem in Bodennähe aufgestellten Austernzuchtkäfigs, (b) „Austerntablets“ an einer Langleine und (c) rotierender Austerkäfig (Trommel).

Abb. 10 (a) Side view of a pylon in combined with an 'on bottom' cage for oyster culture, (b) 'oyster trays' fixed on a longline and (c) rotating oyster cage (drum).

such regions would be only possible on an intensive basis, a lobster culture would be an excess in expenditure of human labour. Next to high cost, both sectors bear manifold technical difficulties. The excrement, food and pharmaceutical waste accompanying with fish cage culture are likely to impact and damage the surrounding ecosystem.

Several types of cultivation can be used in the North Sea region. Predominately long line constructions are employed for the cultivation of algae and mussels, by which submersible ropes provide the habitat on which the candidates can settle (fig. 8). Other techniques, such as ring and cage constructions (fig. 9 + 10), which can be placed on the water surface and under water.

The advantage of submersible culture construction is the avoidance of the impact of harsh weather conditions and strong wave mechanics. Thus, a combination of these techniques with the main pillar of the windmill installation dispenses the need for an sophisticated mooring of the aquaculture system, which would impact strongly on the benthic ecosystem. Due to the solid construction of the windmills, such systems would be very safe.

The degree of mixing within the water column can

Für die Inhaltsstoffe der Algen besteht ein vielfältiger Wirtschaftsmarkt, der momentan überwiegend aus Ländern wie China, Japan oder Frankreich gedeckt wird. Bei den Muscheln zeigen besonders Miesmuscheln und Austern ein großes Vermarktungspotential auf dem deutschen Markt.

Eine Fischzucht ist bei solchen Standorten nur intensiv möglich, eine Hummerzucht zu arbeitsaufwendig. Beide Methoden sind neben den hohen Kosten auch technisch schwierig, und im Falle einer Fischzucht können die Exkrement-, Futter- und Pharmaka-Abfälle das umliegende Ökosystem beeinflussen und schädigen.

Verschiedene Kulturtechniken können im Nordseebereich eingesetzt werden. Dazu zählen in erster Linie die Langleinenkonstruktion, die unter Wasser verspannt wird und Algen und Muscheln als Lebensraum dient (Abb. 8). Andere Techniken sind Ring- und Käfigkonstruktionen (Abb. 9 + 10), die sowohl an der Wasseroberfläche, als auch unter Wasser eingesetzt werden können. Der Vorteil bei abgetauchten Kulturanlagen besteht darin, dass man den harschen Wetterbedingungen und der starken Wellenmechanik ausweicht. Eine Kombination dieser Techniken mit den Standbeinen der Windenergieanlagen (WEA) machen eine aufwändige Verankerung der Aquakulturanlage, die einen starken Eingriff in das benthische Ökosystem darstellt, überflüssig. Außerdem sind diese Konstruktionen sehr sicher.

Der Wasserkörper wird durch die Gezeitenströmung ständig verändert und teilweise erneuert, so dass von einem hohen Durchmischungsgrad auszugehen ist. Das schafft ständigen Nachschub sauberen Wassers mit guten Sauerstoff (O_2)-Bedingungen. Der Einfluss von Salzgehalt und Temperatur im Gebiet der geplanten Windparks wird sich bei allen Standorten ähnlich auswirken und liegt im Toleranzbereich der Kandidaten. Die Konzentration von Schadstoffen, Pestiziden und oberflächennahen Wirkstoffen können als ungefährlich eingestuft werden.

Die Studie macht deutlich, dass es durchaus einige Aquakulturkanidaten gibt, deren Zucht sich unter den vorherrschenden Umweltbedingungen der Nordsee für den deutschen Markt lohnen würde.

Da sich ein wirtschaftlicher Erfolg nur dann einstellen kann, wenn die Leitgedanken des integrierten Küstenzonenmanagements berücksichtigt werden, müssen neben den technischen Herausforderungen

be presumed to be high, as the water masses are continuously moved and exchanged through tidal currents. This effects a continuous supply of clean water with good O_2 -conditions.

The influence of salinity and temperature in the areas of the planned wind farms will be similar of all location and is in the scope of tolerance of the candidates.

The concentration of pollutants, pesticides and near-surface agents can be considered as unperilous.

This study suggests a variety of candidates, which can be cultivated under such hydrodynamic and environmental conditions within the North Sea, and hold large potentials on the German market.

Because an ecological and economically sustainable success can be achieved only by accepting the main idea of an integrated coastal zone management approach, not only the technical challenges on the high sea but the socio-economic problems in the coastal region have to be recognised and solved. Every project requires the immediate involvement of both, the primary stakeholders and the responsible authorities, which is commonly described as the step from the multidisciplinary to trans-disciplinary.

In summary, there is an ample need for practical research pertaining aquaculture development in the North Sea to overcome the current lack of knowledge in Germany in this sector.

auf hoher See, auch die sozio-ökonomischen Probleme Beachtung finden.

Neben der unmittelbaren Einbeziehung der primären Interessengruppen, müssen auch die Behörden berücksichtigt werden, um von der Multidisziplinarität hin zur Transdisziplinarität zu arbeiten.

Abschließend ist zu sagen, dass aufgrund des fehlenden Know-hows für den Standort Deutschland dringend praktische Studien nötig sind, die die Nordsee auf ihre Aquakultureignung untersuchen müssen.

Lebensraum Meereis: Forschung mit Mikrosensoren und Genomsequenzierung

Thomas Mock, Klaus Valentin, Gerhard Dieckmann

Die Mikroalge *Fragilariopsis cylindrus* (Bacillariophyceae) kommt in beiden Polargebieten vor. Sie lebt in den Solekanälchen, die beim Gefrieren des Meerwassers im Eis entstehen. Dort ist das Wasser sehr kalt und sehr salzhaltig. Nur wenig Licht steht zur Verfügung. Die Anpassung dieser Alge an die extremen Lebensbedingungen in der Eisscholle wurde am AWI untersucht.

Zunächst entwickelten wir eine neue Kulturkammer, die es ermöglichte, die Alge direkt im Meereis zu kultivieren. Die Algen leben dort in den Solekanälchen an der Eis-Wasser-Grenzfläche (Abb.11). Hier sind die Kanäle besonders groß, so dass dort genügend Raum zur Vermehrung vorhanden ist.

Mit einem feinen, nadelförmigen Sensor war es möglich, von der Wasserseite her in die Kanälchen einzudringen und den Sauerstoff, der bei der Photosynthese der Algen entsteht, zu messen. Der Sensor ist eine Sauerstoff-Mikro-Optode mit automatischer Führung.

In jedem der untersuchten Kanäle konnte eine lineare Zunahme der Sauerstoffkonzentration mit zunehmender Tiefe gemessen werden (Abb.12). Die Photosyntheseaktivität variierte außerdem zwischen unterschiedlichen Solekanälchen erheblich.

Solche Variationen können auf unterschiedliche Besiedlungsdichten der einzelnen Kanäle zurückzuführen sein. Wir gehen davon aus, dass hier die Sauerstoffproduktion mit der Größe der Algenpopulation ansteigt. In größeren Kanälen können mehr Oberflä-

The sea ice habitat: Research using micro sensors and genome sequencing

Thomas Mock, Klaus Valentin, and Gerhard Dieckmann

Organisms living in polar seas especially in sea ice, are subjected to extreme environmental conditions. The molecular and ecological adaptation to these conditions was studied in *Fragilariopsis cylindrus* (Bacillariophyceae), an ice alga ubiquitous and

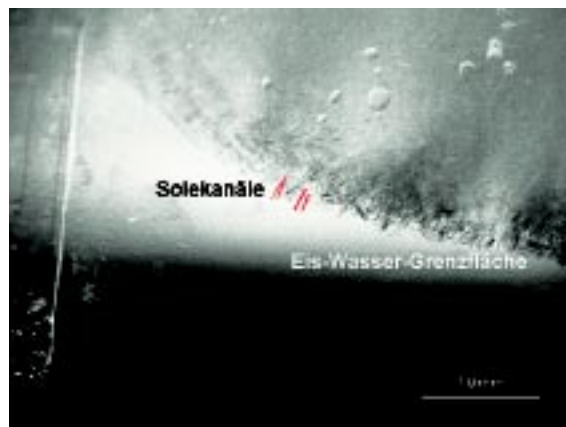


Abb. 11: Photographie der Eis-Wasser-Grenzfläche. Die unteren 10 mm des Eises bilden eine poröse, mit Solekanälen durchzogene Schicht, in der Mikroalgen wachsen. Der Anfang zweier Solekanäle, in denen die Messungen durchgeführt wurden, ist rot markiert.

Fig. 11: Photo of the ice-water interface with large ice crystals in the skeletal layer. The beginning of two brine channels in which the measurements were conducted is marked in red.

dominant in both polar regions. Photosynthesis of the alga was studied in sea ice brine channels using Oxygen Micro Optodes (OMO). A special chamber enabling the growth of sea ice was developed to culture *F. cylindrus* under simulated field conditions. The alga grows mainly in the brine channels between the crystals in the skeletal layer near the ice-water interface (fig. 11). The OMO can be positioned in brine channels by the use of a micro manipulator. We found a linear relationship between oxygen concentration and insertion depth of the OMO (fig. 12). The increase in oxygen measured is the result of photosynthetic activity, which differs significantly between brine channels (fig. 12), probably because of the highly variable distribution of algal in the channels. Larger channels can harbour more algae while smaller channels may have a restricted nutrient supply, thus resulting in reduced growth and smaller populations. Shading may also lead to reduced oxygen production. The dynamic structure of brine channels is due to continuously varying temperature, which as a consequence has a strong impact on growth.

Fragilariopsis cylindrus has established itself successfully in polar regions despite apparently adverse and highly variable environmental conditions. It must therefore possess an extremely well adapted metabolism. Moreover, it is also an excellent model organism for this habitat because it is an obligate psychrophile and easy to culture. As a first step towards a molecular understanding of cold polar adaptation we have begun to characterize the nuclear genome of *F. cylindrus*. A culture of this alga was grown exponentially and cooled from 0°C to -5°C. This cooling simulates the incorporation of algae into the sea ice during its formation in autumn. Such a

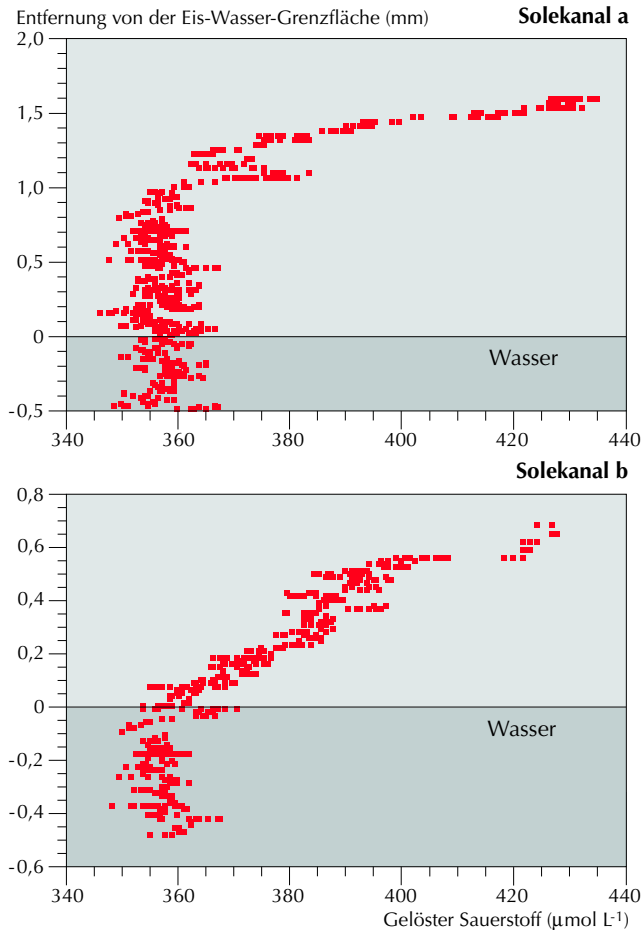


Abb. 12: Mikroprofile des gelösten Sauerstoffs (O_2) in zwei unterschiedlichen Solekanälen (a & b) der Eis-Wasser-Grenzfläche.

Fig. 12: Microprofiles of dissolved oxygen (O_2) measured in two different brine channels (a & b).

chen besiedelt werden. Kleine Kanäle sind schnell aufgefüllt, wenn sich die Algen ausbreiten. Dadurch kommt es zu einer Verschlechterung der Nährsalzversorgung und damit zu einer Abnahme der Photosyntheseaktivität. Auch gegenseitige Beschattung kann die Sauerstoffproduktion reduzieren.

Demnach beeinflusst die Struktur der Solekanäle das Wachstum der Algen. Diese kann durch Eisbildung oder -schmelze verändert werden.

Als erster Schritt hin zu einer molekularbiologischen Analyse der Anpassungsmechanismen bei *F. cylindrus* begannen wir mit der Charakterisierung des Kerngenoms. Eine Kultur dieser Alge wurde in der exponentiellen Wachstumsphase von 5°C auf -2°C abgekühlt. Diese Abkühlung simuliert den Einschluss der Algen in das Meereis während der Eisbildung im Herbst. Dieser Übergang ist ein wichtiger Selektionsfaktor, denn nur solche Algen können sich auch im Meereis erfolgreich vermehren, die sich an die neuen Bedingungen schnell anpassen können. Nach fünf Tagen Wachstum bei -2°C isolierten wir die Boten-Ribonucleinsäure (mRNA) aus den Algen. Die mRNA repräsentiert alle aktiven Gene und damit auch diejenigen, die für die Kälteanpassung notwendig sind.

Zur genaueren Charakterisierung wurde das Genmaterial in *Escherichia coli* kloniert und von ausgewählten Klonen Kulturen angelegt. Aus dieser Genbank (Abb. 13) haben wir bisher mehrere Hundert Klone sequenziert, wobei 20% der Gene durch Gendatenbankvergleich auch identifiziert werden konnten. Der Großteil der Gene ist demnach noch unbekannt. Zusätzlich wurden gezielt Gene für die Photosynthese und die Atmung isoliert.

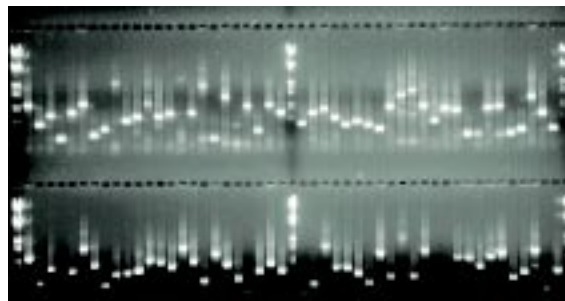


Abb. 13: PCR-screening von 96 Klonen der *E. coli*-Genbank. Jede Bande entspricht potentiell einem Gen von *Fragilariopsis cylindrus*.

Fig. 13: PCR-screening of 96 *E. coli* clones. Each of these bands is potentially a gene of *Fragilariopsis cylindrus*.

sudden environmental change must cause significant selective pressure, since only algae that are able to adapt rapidly to these conditions will be capable to survive in sea ice. The mRNA was isolated, from the cooled culture after 5 days growth at -2°C. It represents the active part of the genome under these conditions and includes the genes responsible for polar adaptation. The mRNA was translated to cDNA and cloned into Escherichia coli (fig.13). Several hundred clones were sequenced and compared to gene libraries. Approximately 20% of the sequences had a homology to known genes, indicating that the majority of the genes is still unknown. In addition, genes involved in photosynthesis, respiration, and fatty acid desaturation (omega 6 desaturase) were specifically cloned using PCR or cDNA library screening. The omega 6 desaturase is of particular interest because desaturation of fatty acids leads to a higher

Folgende Gene wurden identifiziert, die wahrscheinlich an einer Regulation der Stoffwechselwege unter tiefen Temperaturen oder während eines Kälteschocks beteiligt sind:

- Die Aconitat Hydratase ist als wichtiges cold shock Protein bei dem Bakterium *Bacillus subtilis* bekannt.
- Die Dead Box Helicase gehört bei der Ackerschmalwand (*Arabidopsis thaliana*) zu den unter Kältestress induzierten Genen.
- Rezeptor Protein Kinasen spielen in Cyanobakterien eine wichtige Rolle bei der Erkennung des Kältereizes.
- Das Cold Acclimation Protein ist bei Spinat (*Spinacia oleracea*) ein wichtiges Enzym der Kälteanpassung.

Diese Gene könnten sich auch für das Verständnis von Stress-Adaptation bei Landpflanzen als wichtig erweisen.

Die gefundenen Proteasen können kommerziell interessant sein, da sie vermutlich ein sehr niedriges Temperaturoptimum haben. Neben den Proteasen sind alle weiteren Gene von kommerziellem Interesse, deren Produkte (Lipasen, Desaturasen etc.) noch bei niedrigen Temperaturen aktiv sind. Das bedeutet, dass biologische Reaktionen, die kommerziell genutzt werden, nicht wie bisher meist bei 37 Grad Celsius ablaufen müssen, sondern auch bei Raumtemperatur oder darunter funktionieren. Waschmittel, die bei Raumtemperatur genauso reinigend wirken wie heutiges Waschmittel bei 90 Grad, könnten mit Hilfe von Kälte angepassten Organismen hergestellt werden.

fluidity of membranes at low temperatures. Among genes identified by cDNA sequencing were several potentially involved in low temperature adaptation. The following genes may also be of interest for cold-adaptation in land plants:

- *Aconitat hydratase is an important cold-shock protein in Bacillus subtilis.*
- *The dead box helicase is induced under cold stress in Arabidopsis thaliana.*
- *Receptor kinases play an important role in signal transduction of the cold stimulus in cyanobacteria.*
- *The cold acclimation protein is induced under cold stress in Spinacia oleracea.*

Experiments are under way to study the expression of these genes under cold stress.

We also found several proteases that may be of commercial interest because they may have a low temperature optimum. Besides proteases, other gene encoding enzymes active at low temperatures (lipases, desaturases etc.) may also be of commercial interest.

Älter als Methusalem:

Leben am Meeresboden der Antarktis

Susanne Gatti, Thomas Brey,
Doris Abele, Hans-Otto Pörtner

Leben am antarktischen Meeresboden bedeutet Leben bei niedrigen Temperaturen und bei knapper Nahrungszufuhr. Eine Vielzahl von Daten bestätigt die Vermutung, dass Stoffwechsel und Wachstum wirbelloser Tiere unter solchen Bedingungen langsamer ablaufen als in gemäßigten oder tropischen Breiten. Dennoch erreichen Wirbellose in den Polarregionen sehr oft Körpergrößen, die sie im Vergleich mit nahen Verwandten aus wärmeren Gegenden als faszinierende Riesen erscheinen lassen.

Schwämme (besonders *Rossellidae* spp.) sind ein gutes Beispiel für derartigen Gigantismus. In der Antarktis werden sie bis zu zwei Meter hoch (mit einer Feuchtmasse von bis zu fünfhundert Kilogramm), während nahe Verwandte in deutlich milderen Regionen entlang der Küste von Vancouver Island (Kanada) lediglich einige Dezimeter groß werden. Diese antarktischen „Riesen“ müssten eigentlich Jahrhunderte brauchen, um so groß zu werden. Aus diesen Überlegungen ergeben sich drei Fragen: (i) Sind diese Tiere wirklich so alt, wie wir annehmen? Wenn das so ist, (ii) welche physiologischen und zellulären Mechanismen ermöglichen es ihnen, so lange zu leben? Und (iii) durch welche Umweltbedingungen werden das Alter und die maximale Größe begrenzt?

Während für Muscheln oder Fische das Alter häufig direkt aus Altersringen abgelesen werden kann, ist dies für antarktische Schwämme leider nicht möglich. Auch ihr sehr langsames Wachstum lässt sich nicht direkt messen. Wir wissen jedoch, dass die Wachstumsrate innerhalb einer Tiergruppe proportio-

Older than Methuselah: life at the bottom of the Antarctic Ocean

Susanne Gatti, Thomas Brey,
Doris Abele, Hans-Otto Pörtner

The Antarctic marine system is characterized by low temperatures and low levels of food availability. Intuitively one would assume that metabolism and growth of invertebrates living under such conditions must be slower than that of species inhabiting temperate or tropical waters. And indeed, a lot of data support this assumption. Intriguingly, very often polar invertebrates are giants when compared to closely related species living in warmer areas.

*Sponges (i. e. *Rossellidae* spp.) are a good example for this gigantism: In Antarctica they are up to two metres high (with a body wet mass of up to 500 kilogramme), while close relatives growing in the temperate climate of the coast of Vancouver Island (Canada) are no more than a couple of decimetres high. Following intuition yet again one would conclude, that such giants, growing at slow growth rates, must be centuries old. Three questions arise from these considerations: (i) Are those animals really as old as we think, and if so, (ii) what are the underlying physiological and cellular mechanisms that enable an animal to live for such a long time? (iii) What are the environmental parameters setting the limits to maximum body size and age?*

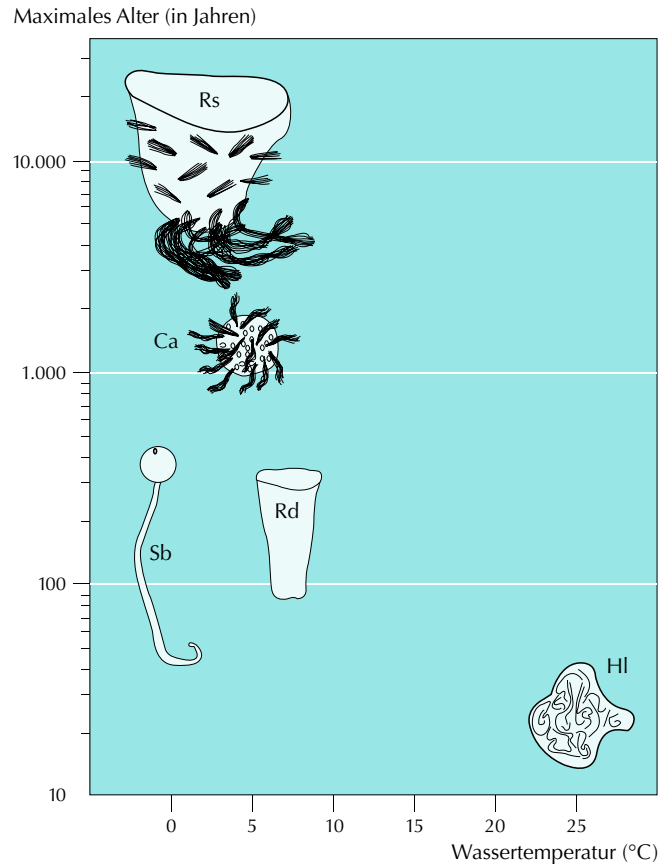
Unfortunately, in Antarctic sponges neither age (as e. g. in molluscs or fish) nor the extremely slow growth rates can be determined directly. We know, however, that within a group, growth rate is proportional to metabolic rate, and metabolic rate of an organism can be approximated by oxygen con-

Abb. 14: Maximales Alter von Schwämmen (Jahre) in Abhängigkeit von der mittleren Wassertemperatur (°C) in ihrem Lebensraum. Abkürzungen: Rs: *Rossellidae spp.*, Ca: *Cinachyra antarctica*, Sb: *Stylocordyla borealis*, Lollypop'-Schwamm (so genannt wegen der auffälligen Teilung in einen kugelrunden Kopf und einen langen Stiel), Rd: *Rhabdocalyptus dawsoni*, Hl: *Hippospongia lachne*

Fig. 14: Maximum age of sponges (years) versus mean annual water-temperature (°C) of their habitat. Abbreviations: Rs: Rossellidae spp., Ca: Cinachyra antarctica, Sb: Stylocordyla borealis (lollypop sponge, so called after its conspicuous division into a spherical body on top of an elongated stalk), Rd: Rhabdocalyptus dawsoni, Hl: Hippospongia lachne

nal zur Stoffwechselrate ist. Die Stoffwechselrate wiederum kann durch den Sauerstoffverbrauch geschätzt werden. Also lässt sich aus dem Sauerstoffverbrauch verschieden großer Schwämme ein Wachstumsmodell für die Lebenszeit eines Individuums ableiten.

Stylocordyla borealis, der antarktische ‚Lollypop‘-Schwamm, erreicht nach unserem Modell ein maximales Alter von ca. 150 Jahren. Der langsamer wachsende Schwamm *Cinachyra antarctica* kann 1550 Jahre alt werden. Rosselliden mit durchschnittlicher Größe von 30 - 40 Zentimetern Höhe werden mindestens 300 Jahre alt, und das eingangs erwähnte zwei Meter hohe Exemplar aus dem Rossmeer ist mehr als zehntausend Jahre alt. Damit ist dieser Schwamm das älteste Lebewesen der Erde und erreicht ein Vielfaches des Alters von Methusalem, dem biblischen Patriarchen, der 969 Jahre alt gewesen sein soll.



sumption. Therefore a lifetime growth model can be derived from oxygen consumption rates of differently sized sponges.

For *Stylocordyla borealis* – the Antarctic lollypop sponge – we calculated a maximum age of 150 years. The slower growing *Cinachyra antarctica* may reach 1550 years of age. Average sized rossellid sponges which are 30 - 40 centimetres high are at least 300 years old. And the gigantic 2 metres high specimen

Konstant niedrige Temperaturen und maximierte Sauerstoffverfügbarkeit zusammen mit möglichst niedrigen Stoffwechselraten scheinen zu den Voraussetzungen für „Riesenwuchs“ zu gehören.

Die Lebensspanne eines Tieres hängt eng mit der Lebensdauer seiner Zellen zusammen. Körperzellen bestehen, bis sie sich in zwei Tochterzellen teilen. Theoretisch könnten unendlich viele Teilungen folgen. Allerdings kommt es im Verlauf der Zellalterung auch zu Verschleißerscheinungen innerhalb der Zelle, bis schließlich (nach ca. 50 Zellteilungen bei menschlichen Körperzelllinien) die Lebenskraft der Zelle erschöpft ist, und die Vermehrung endet. Das vergleichsweise lange Leben der antarktischen Organismen könnte auf zwei Wegen erreicht werden: Entweder ist eine größere Anzahl von Zellteilungen pro Zelllinie möglich, und/oder jede einzelne Zelle kann längere Zeit fortbestehen.

Der Alterungsprozess in Zellen ist eng mit der Intensität des Sauerstoffverbrauchs in jeder Zelle verbunden. Kontinuierlich werden bei der Zellatmung hoch-reaktive Sauerstoffspezies, sogenannte ROS (reactive oxygen species), vor allem Sauerstoffradikale und Wasserstoffperoxid als Stoffwechsel-Nebenprodukte in die Zelle abgegeben. Diese ROS schädigen das Erbgut, führen zu Membranzerstörung und behindern viele lebensnotwendige Prozesse.

Die Rate, mit der ROS produziert werden, hängt von der Rate des Sauerstoffverbrauchs und vom Alter der Zelllinie ab. Während ihrer Alterung gerät die Zelllinie in einen Teufelskreis: Nach vielfachen Zellteilungen werden vermehrt schädliche ROS produziert. Dadurch vermindert sich die Fitness der Zellen bis sie nicht weiter überleben können. Da die ROS-Produktion sich mit der Sauerstoffverbrauchs-

documented for the Ross Sea is more than ten-thousand years old and hence the oldest creature known on this planet - a couple of times the age of Methuselah, the biblical patriarch who is said to have lived 969 years. It seems, that within an animal group preconditions for maximized body size are low and stable temperatures together with maximized oxygen availability and minimized metabolic rates.

The lifespan of the whole organism is related to the lifespan of its cells. Somatic cells persist until they enter mitosis and then divide into two daughter cells. Theoretically, this could go on infinitely. Cells age, however, and at some point (after about 50 cell divisions in human somatic cells strains) their power of life is exhausted and proliferation ceases. The comparatively long life of many Antarctic organisms may be achieved either by a higher number of cell divisions per cell strain and/or by an increased persistence of each cell.

Cellular aging is closely related to the level of cellular oxygen turnover. Mitochondrial respiration produces highly reactive oxygen species (ROS, e.g. oxygen radicals and H_2O_2) as hazardous by-products, which are continuously released into the cell. These ROS exert mutagenic effects, lead to membrane damage, and hamper many life supporting physiological functions.

The rate of ROS production depends on the rate of metabolic oxygen reduction but also on cell line age. While a cell line ages, a "vicious cycle" takes place: elevated ROS production in aging cell lines causes more cellular damage, leading to further decrease of cellular fitness which, in turn, exacerbates ROS release until the cell is unfit for survival. As ROS production increases with respiration and respira-

rate erhöht, und die Sauerstoffverbrauchsrate sich bei wechselwarmen Tieren mit der Temperatur und dem Nahrungsangebot vermindert, liegt die Vermutung nahe, dass die Freisetzung von ROS unter polaren Bedingungen wesentlich vermindert ist. Das könnte die Geschwindigkeit des Alterungsprozesses verlangsamen und so die bemerkenswerte Langlebigkeit einiger polarer Wirbelloser erklären. Diese Hypothese testen wir zur Zeit in vergleichenden Untersuchungen an Muschelarten aus polaren und gemäßigten Breiten.

tion decreases with temperature and food supply in cold blooded animals, ROS release may be distinctly lower under polar conditions. This may slow down the cellular aging process, thereby explaining the incredible longevity of some cold blooded polar animals. This hypothesis is currently tested in comparative investigations of temperate and polar bivalves.

Fischbestände im Klimawandel: Untersuchungen von der Nordsee bis zur Barentssee

Torsten Fischer, Gisela Lannig, Rainer Knust,
Hans Otto Pörtner, Hein von Westernhagen

Die meisten Tiere des Meeres sind streng wechselwarm, d.h. ihre Körpertemperatur entspricht weitgehend der des umgebenden Wassers. Im Laufe der Evolution haben sich die Meeresorganismen auf die in ihrem Lebensraum herrschenden Temperaturen spezialisiert. Diese Anpassung reicht von konstant niedrigen Wassertemperaturen bei $-1,9^{\circ}\text{C}$ in der Hochantarktis über stark schwankende Werte in den gemäßigten Breiten, zwischen $-1,9^{\circ}\text{C}$ in extrem kalten Wintern und mehr als 20°C in den Sommermonaten bis zu Werten von über 40°C in den flachen Lagunen der Tropen. Dabei erfordert die Spezialisierung auf niedrige Temperaturen besondere Anpassungen im Stoffwechsel. Hier ist nicht nur der Gefrierschutz von Bedeutung, sondern auch die Aufrechterhaltung von Wachstum und Fortpflanzung. Gleichzeitig bringt die Spezialisierung auf niedrige Temperaturen jedoch eine geringe Wärmetoleranz mit sich. Wenige Grad über Null sind für antarktische Fische bereits tödlich. Fischarten aus gemäßigten Breiten tolerieren dagegen größere Temperaturschwankungen, oder sie wandern bei extremen Temperaturen zeitlich befristet ein bzw. aus, wie in der Nordsee beobachtet. So findet man in den Wattengebieten sowohl typische Wintergäste, als auch Sommergäste, die gut mit den jeweiligen Extremwerten zurechtkommen.

Fish Stocks in climatic change - Investigations between the North Sea and the Barents Sea

Torsten Fischer, Gisela Lannig, Rainer Knust,
Hans Otto Pörtner, Hein von Westernhagen

Most marine animals are strictly cold-blooded, which means that their body temperature usually corresponds to the temperature of the surrounding water. In the course of evolution marine organisms have specialized on the temperatures predominating in their habitat. Such adaptations can be found in surroundings with constantly low temperatures below -1.9 degrees centigrade in High Antarctica as well as in waters with strongly fluctuating temperatures in temperate regions, with values between -1.9 degrees centigrade during extremely cold winters and more than 20 degrees centigrade during summer months, and also in the shallow lagoons of the tropics where temperatures may reach values beyond 40 degrees centigrade. Specialization on low temperatures causes characteristic metabolic adaptation. Not only anti-freeze agents are important but also the maintenance of growth and reproduction. Being adapted to low temperatures occurs at the expense of a fairly low tolerance of higher temperatures. Just a few degrees centigrade above 0 can already be lethal for Antarctic fishes. Fish species from temperate regions, however, either tolerate larger temperature fluctuations, or they migrate periodically to other regions in case of extreme temperatures as has been recorded for the North Sea. In the Wadden Sea area typical winter guests as well as summer guests may be found which are able to cope with extreme temperatures.

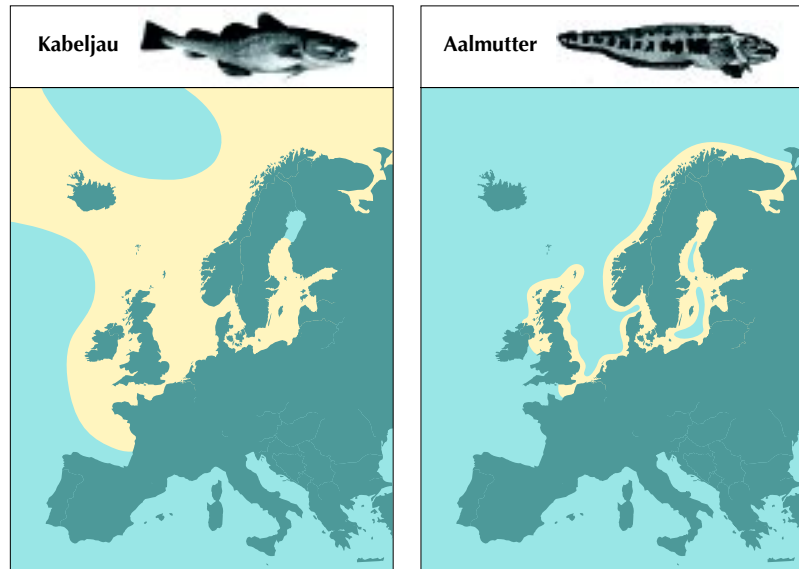


Abb. 15: Geographische Verbreitungen des Kabeljaus und der Aalmutter in den östlichen atlantischen Gewässern.

Fig. 15: Geographical distribution of cod and eelpout in the East Atlantic waters.

In einem von uns koordinierten EU-Projekt (CLICOFI) wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Fischbestände und die dafür verantwortlichen physiologischen Mechanismen gemeinsam von Ökologen und Physiologen, Genetikern und Mathematikern untersucht. Unsere Arbeiten konzentrierten sich auf die Aalmutter (*Zoarcidae*) aus der Antarktis, der Nordsee und dem Weißen Meer (Abb.15), sowie auf den wirtschaftlich bedeutenden Kabeljau (*Gadus morhua*). Durch Untersuchungen im Feld und in Laborexperimenten wurde ein deutlicher Einfluss der Wassertemperatur auf das Wachstum und die Fruchtbarkeit nachgewiesen. Aalmuttern zeigen in der südlichen Nordsee eine größeres Wachstumspotential und eine höhere Fruchtbarkeit als solche aus dem subarktischen Gebiet des Weißen Meeres. Sie

*In an EU-project (CLICOFI) coordinated by the AWI the effects of climatic change on selected fish stocks and the mechanisms responsible for these effects were investigated by ecologists and physiologists, geneticists and mathematicians. Our studies concentrate on eelpout (*Zoarcidae*) from Antarctica, the North Sea and the White Sea (fig.15), as well as on the commercially important cod (*Gadus morhua*). A verifiable influence of water temperature on growth and fecundity was demonstrated by using field data as well as experimental results. Eelpout from the Southern North Sea exhibited a higher growth potential and higher fecundity than those from the sub-*

werden aber mit drei bis vier Jahren nicht so alt wie ihre Artgenossen aus den kalten Regionen. Modellrechnungen zeigen auch für den Kabeljau eine klare Beziehung zwischen den Temperaturschwankungen und der Zahl der Nachkommen. In den Gewässern Nord-Norwegens wurden in warmen Jahren bei einem Temperaturanstieg von 2 bis 3°C mehr Nachkommen gezählt, in der südlichen Nordsee, wo der Kabeljau an seiner südlichsten Verbreitungsgrenze lebt, dagegen weniger (Abb. 16 + 17). Vor allem im Frühjahr während der Fortpflanzungsperiode wirken sich erhöhte Wassertemperaturen in der südlichen Nordsee schädlich aus. Davon sind besonders die Ei- und Larvenstadien betroffen. So hat z. B. in den vergangenen fünf bis sechs Jahren mit relativ hohen mittleren Wassertemperaturen während der Laichzeit (Januar bis März) das Vorkommen der eher Kälte liebenden Kabeljaueier im Verhältnis zu den Eiern des häufigsten Plattfisches der südlichen Nordsee um den Faktor Zehn abgenommen. Im gleichen Zeitraum stieg das Vorkommen der Eier einer eher Wärme liebenden Art wie des Sprotts um den Faktor Einhundert an. Es kann davon ausgegangen werden, dass zusätzlich zu den direkten Auswirkungen der Fischerei auch diese Temperatureffekte langfristig zu einem deutlichen Rückgang der Kabeljaubestände in der südlichen Nordsee führen werden.

In den letzten Jahren haben wir neben Fischen auch Muscheln, Krebse und Wattwürmer in unsere Untersuchungen einbezogen. Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem die Verfügbarkeit von Sauerstoff im Organismus die untere und obere Grenze der Temperaturetoleranz bestimmt. Diese Grenzen werden immer dann erreicht, wenn Kreislauf und Atmung nicht mehr in der Lage sind, den Organismus ausreichend mit

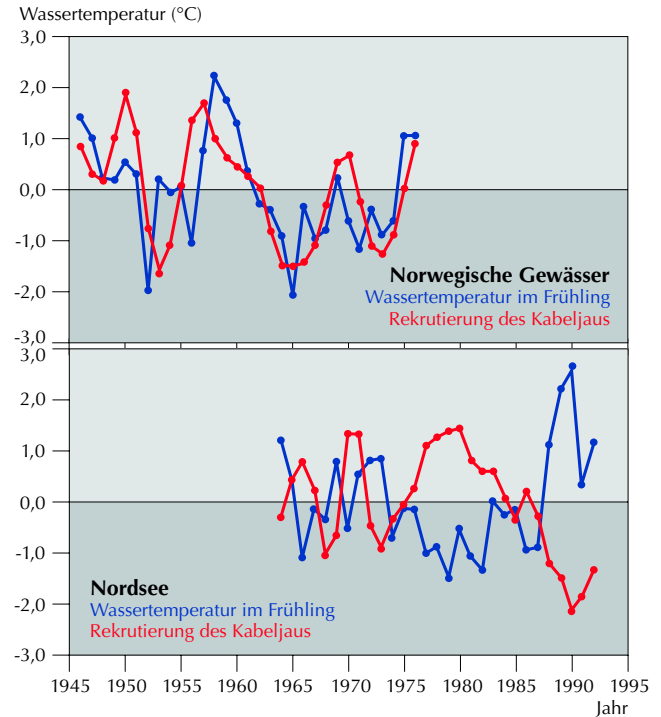


Abb. 16: Abweichung der Wassertemperaturen im Frühjahr und Abweichung der Rekrutierung des Kabeljaus in norwegischen Gewässern und in der Nordsee (1946 - 1993) (basierend auf log-Werten).

Fig. 16: Variance of water temperature in spring and variance of cod recruitment in Norwegian waters and in the North Sea (1946 - 1993) (based on log - values).

arctic waters of the White Sea. With a life span of only three to four years the former do not get as old as their con-specifics from colder regions. In addition, models calculated for cod show a clear relation-

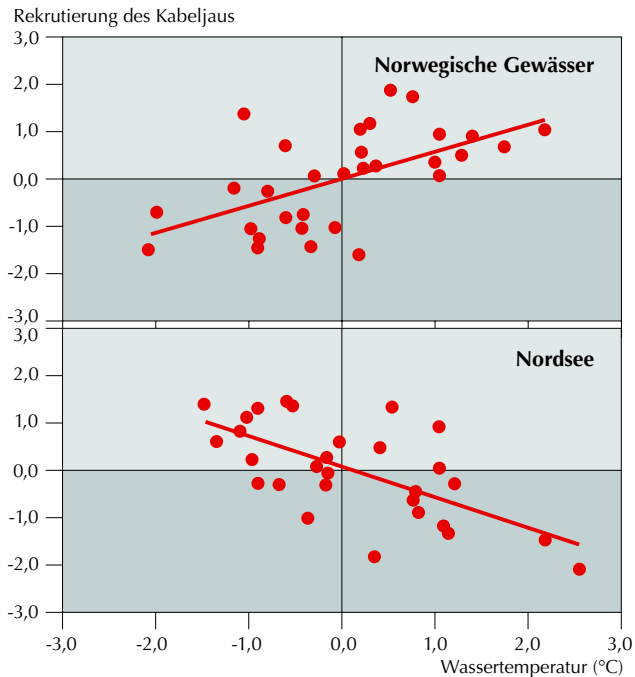


Abb. 17: Zusammenhang zwischen Wassertemperatur und Rekrutierung des Kabeljaus (basierend auf log-Werten).

Fig. 17: Correlation between water temperature and cod recruitment (based on log – values).

Sauerstoff zu versorgen. Um eine genügende Sauerstoffversorgung auch bei niedrigen Umgebungstemperaturen aufrechtzuerhalten und darüber hinaus aktiv zu bleiben, steigern Fische und wirbellose Tiere aus polaren und subpolaren Meeresgebieten den Mitochondriengehalt vieler Gewebe. Die Mitochondrien gewinnen als Kraftwerke der Zellen Energie aus der Oxidation von Nahrungsstoffen. Die Erhöhung der Mitochondrienzahl und ihrer Leistungsfähigkeit, bei niedrigen Temperaturen Sauerstoff verbrauchend Energie zu produzieren, geht beim Kabeljau mit der Erhöhung des Sauerstoffverbrauches

ship between temperature changes and the number of offspring. In the waters of northern Norway more offspring were counted in warmer years with an increase in temperature of only 2 to 3 degrees centigrade, while in the southern North Sea where cod live at their southernmost distribution limit less offspring was recorded (fig. 16 + 17). Particularly during the spring reproduction period higher temperatures in the southern North Sea are harmful. Egg and larval stages are most strongly affected. For example during the last 5-6 years with relatively high mean water temperatures during the spawning season (January - March) the number of cold-adapted eggs of cod has declined in relation to the number of eggs of the most abundant flatfish of the southern North Sea by a factor of 10. During the same time span the number of eggs of rather warm-adapted species, such as the sprat increased by a factor of 100. It may now be assumed that in addition to the direct effects of fisheries the influence of temperature will lead to a noticeable long-term reduction of the stocks of cod in the southern North Sea.

During the last years we have, in addition to fish, included bivalve shellfish, crustaceans and sediment-dwelling worms into our investigations. The results show, that especially the availability of oxygen in an organism is responsible for the lower and upper limits of its temperature tolerance. These limits are always reached if circulation and respiration are not able to supply the organism with sufficient oxygen. To secure sufficient oxygen supply even in low temperatures and to stay active, fish and invertebrate animals of polar and sub-polar waters increase the content of mitochondria in their tissues. Mitochondria, as the power plant of cells, gain energy by

einher, wie durch Messungen an Nordseefischen, aber besonders deutlich bei Kälte angepassten Populationen des Weißen Meeres sichtbar wurde.

Ein Teil der in den Mitochondrien gewonnenen Energie geht jedoch durch sogenannte Protonenleckströme verloren. Diese sind aber für die Mitochondrien von großer Bedeutung, da sie es ermöglichen, die Energieproduktion bei Bedarf zu steigern und stellen (einem Motor im Leerlauf vergleichbar) die Leerlaufkosten des Mitochondrienstoffwechsels dar. Während diese Leerlaufkosten bei antarktischen Tieren drastisch gedrosselt sind, erscheinen sie bei kalt angepassten Tieren, die in einem weiten Temperaturbereich leben können, erhöht. Dieses lässt sich vor allem bei solchen Tieren beobachten, die in der Nordhemisphäre stark wechselnden Temperaturen ausgesetzt sind. Dadurch wird der gesteigerte Sauerstoffverbrauch, z.B. der des Kabeljaus aus dem Weißen Meer, erklärbar.

In dem erhöhten Sauerstoffbedarf der Kälte angepassten Tiere und den hohen Leerlaufkosten des Mitochondrienstoffwechsels sehen wir den Grund dafür, dass ein größerer Teil der aufgenommenen Nahrung als Preis für die Kälteanpassung energetisch nicht optimal verwendet werden kann. Dies erfolgt möglicherweise auf Kosten der Energie, die für Fortpflanzung und Reproduktion zur Verfügung steht. Außerdem erklärt der erhöhte mitochondriale Sauerstoffbedarf in der Kälte, warum die Fische mit zunehmender Kältetoleranz ihre Wärmetoleranz verlieren. Sie benötigen bei steigenden Temperaturen mehr Sauerstoff als Atmung und Kreislauf heranschaffen können und stoßen dadurch nicht nur früher an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit, sondern sterben dadurch schließlich auch den Wärmetod.

the oxidation of nutrients. The increase of mitochondrial densities and their effectiveness in producing energy even at low temperatures is accompanied by an increase in oxygen consumption in cod, as was shown by investigations of North sea fish, but most remarkable in cold-adapted populations of the White sea.

Some portion of the energy produced by the mitochondria, however, is lost by the so-called proton-leakage. This leakage is important for the mitochondria as it facilitates the increase of energy production if necessary and at the same time represents the costs of metabolic idling (comparable to a motor idling). While these costs of idling are extremely throttled in Antarctic animals they seem to be increased in cold-adapted animals which are able to cope with a wider range of temperatures. This can be observed particularly in those animals, which are exposed to the strongly fluctuating temperatures of the Northern hemisphere. Thus the increased oxygen consumption of for example the cod of the White Sea becomes explicable.

In the increased oxygen demand of cold-adapted animals and the high costs of idle running for the metabolism of mitochondria we believe to have found the reason for the fact that a great portion of the ingested food is not being used efficiently as a price for cold-adaptation. This possibly occurs at the expense of less energy available for reproduction. Furthermore the high mitochondrial oxygen demand in the cold explains why fish with increasing cold-tolerance lose their tolerance for higher temperatures. They need more oxygen with increasing temperatures than respiration and circulation can provide, and thus not only reach the limits of their productivity earlier but also finally die at too high temperatures.

Seegraswiesen: Biodiversität und Ökosystemfunktion

Harald Asmus, Anja Schanz, Patrick Polte, Kristin Kosche, Ragnhild Asmus, Nils Volkenborn, Karsten Reise

Seegräser sind die einzigen Blütenpflanzen der Meere. Sie bilden dichte Wiesen, wo der Untergrund weich und nährstoffreich ist und genügend Licht den Meeresboden erreicht. Seegraswiesen sind charakteristische Elemente in der Gezeitenzone und im flachen, dauernd mit Wasser bedeckten Küstensaum. Sie besitzen Eigenschaften, die sie zu einem besonders geeigneten Lebensraum für viele Tierarten des Meeres machen. In diesem Lebensraum herrscht, zusätzlich zum Seegras, ein üppiges Wachstum von bodenlebenden und auf den Seegrasblättern wachsenden Klein- und Großalgen. Diese Gärten der Meere bilden die Grundlage für ein komplexes Nahrungsnetz. Durch das eng verflochtene Netzwerk von Wurzeln und Rhizomen der Seegräser wird das Sediment stabilisiert. Der dichte Teppich von Blättern ist imstande, Strömungen und Wellenbewegungen zu mildern und das Absinken von Feinmaterial zu fördern, so dass hier viele Tiere vor Fressfeinden geschützt sind, aber auch einen Untergrund finden, auf dem sie sich ansiedeln können. Seegraswiesen sind mit Ausnahme der Antarktis weltweit verbreitet. Trotz einer relativ einheitlichen Erscheinungsform der Seegraswiesen wechselt die Lebensgemeinschaft und ihre Artenzahl je nach Umweltbedingungen und geographischer Lage. Dies macht sie für uns zu einem sehr geeigneten Objekt zur Untersuchung der Beziehung zwischen Biodiversität und der Funktion eines Ökosystems. Ein Vergleich von Seegraswiesen mit hoher und niedriger Artenzahl ermöglicht uns einen Einblick darin, ob

Seagrass meadows: Biodiversity and ecosystem function

Harald Asmus, Anja Schanz, Patrick Polte, Kristin Kosche, Ragnhild Asmus, Nils Volkenborn, Karsten Reise

Seagrasses, the only flowering plants in the sea, form dense meadows in areas where the sediment is soft and nutrient rich and where enough light filters down to the sea bottom. Seagrass beds are characteristic components of the tidal zone and of the shallow, always immersed coastal zone. They have features which enable them to be a particularly suitable habitat for many marine animals. This habitat is characterised by a lavish growth not only from the seagrass but also from macro- and microalgae (e.g. epiphytes) which can be attached to the ground or to seagrass leaves. The micro- and macroalgae provide a rich supply of organic matter which is the base supply of energy for a complex food chain. Seagrasses also weave a tight network of roots and rhizomes which stabilises the sediment. The thick carpet of seagrass leaves can lessen the impact of currents and wave movement and increases the sedimentation of fine particles, which benefits many animals as this protects them against predators and being washed away and also provides them with a substrate for attachment.

Seagrass meadows are in abundance worldwide with the exception of the Antarctic. Even though different seagrass beds look relatively uniform in appearance, the habitat and the number of species found change according to climate, environmental conditions and biogeographical occurrence. This makes them very suitable for studies looking at the relationship between biodiversity and function of an ecosystem. Furthermore it enables a compa-

bestimmte, in beiden Systemen ablaufende Prozesse durch eine erhöhte Artenzahl gefördert und stabilisiert werden. In artenarmen Seegraswiesen besetzt oft eine Art eine bestimmte ökologische Nische, während sich in artenreicheren Seegrasgemeinschaften verschiedene Arten die gleiche Nische teilen und dadurch miteinander konkurrieren.

Die Seegraswiesen im Gezeitenbereich des Wattenmeeres sind im Vergleich zu anderen Seegraswiesen, vor allem den tropischen, artenarm und weisen kaum Arten auf, die ausschließlich auf diesen Lebensraum beschränkt sind. Dennoch konnten Versuche zeigen, dass sie auf bestimmte Arten der am Meeresboden lebenden Tiere, wie zum Beispiel Strandkrabben und Strandgrundeln, eine große Anziehungskraft ausüben, so dass die Häufigkeiten vieler Arten in Seegraswiesen vor allem gegenüber dem sie umgebenden Sandwatt erhöht sind. Besonders Jugendformen der verschiedensten Tierarten suchen aktiv Seegraswiesen auf. Obwohl bereits der gesamte obere Gezeitenbereich als Kinderstube für Jungfische und Krebse anzusehen ist, wird dieser Effekt in den Seegraswiesen noch gesteigert. Auch Jungstadien im Boden lebender Tiere, zum Beispiel die der Wattwürmer (*Arenicola marina*), siedeln in großer Zahl in Seegraswiesen.

Auf ausgewachsene, sogenannte adulte Wattwürmer wirkt sich jedoch eine erhöhte Pflanzendichte negativ aus. Eine höhere Wohndichte an Wattwürmern scheint das Wachstum des Seegrases herabzusetzen, so dass Seegräser und adulte Wattwürmer miteinander um Siedlungsraum konkurrieren. Vor dem Hintergrund des weltweiten Seegräserückgangs wurden Transplantationsexperimente mit Seegras durchgeführt, die für eine Wiedereinführung oder Verbesserung der Seegrasdichte in den Wiesen dienen können.

Comparison between seagrass meadows with a higher or lower species number and allows an insight into certain processes which can be found in both types of meadow and if the processes are promoted and stabilised by an increased number of species. In species poor seagrass beds a species may occupy a particular ecological niche, whereas in species rich seagrass meadows several species may occupy the same niche and therefore compete with each other.

*Seagrass meadows in the tidal zone of the Wadden Sea are in comparison with other seagrass meadows, particularly in comparison with tropical ones, species poor and hardly show any species which are limited exclusively to this habitat. Nevertheless experiments were able to show that seagrass meadows are the preferred habitat for certain species of the mobile epifauna, e.g. common shore crab and common goby, resulting in a raised number of species compared to the surrounding sand. Particularly juvenile forms of different animals actively search out seagrass meadows. Although the entire higher tidal zone can be seen as a nursing ground for juvenile fish and crabs, seagrass beds can further heighten this effect. Also juvenile endofauna such as lugworms (*Arenicola marina*) settle in large numbers in seagrass beds. Adult lugworms are negatively affected by dense seagrass beds. A dense settlement of adult lugworms hampers seagrass growth. There seems to be a spatial concurrence between seagrasses and lugworms.*

Because of the worldwide decline of seagrasses, transplanting experiments were conducted to find a suitable method to establish or reintroduce seagrass beds. All three chosen methods (Core, Single shoot and Staple) were equally successful in establishing healthy plants in the tidal zone. Further experiments

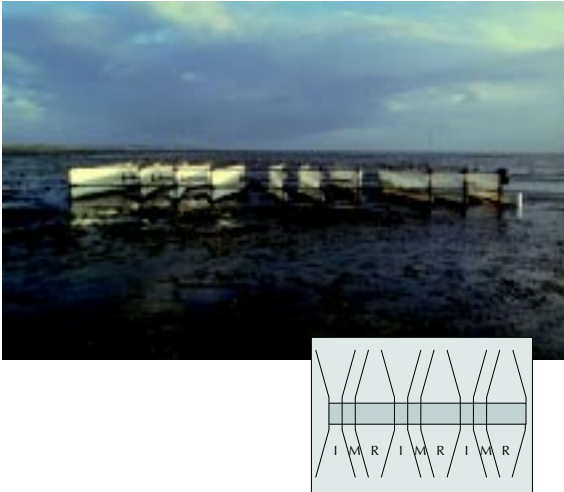


Abb. 18: Frontalansicht des „three-current-flume“ in einer Seegrasswiese. Das System besteht aus einer Stahlkonstruktion (7m Länge x 12m Breite x 1 m Höhe) mit flexiblen Seitenwänden, die insgesamt 9 Spuren bilden. Durch Veränderung der Form der Aus- und Einstromöffnung wird die Strömung im zentralen Teil erhöht (I, Trichterform), erniedrigt (R, bauchige Form) oder weitgehend unverändert gelassen (M, parallele Spuren). Jedes Strömungsregime hat drei Replikate. Die Dichte der Wattschnecke *Hydrobia ulvae* und die Biomasse des Algenbewuchses wurden in den zentralen Flächen des Kanals untersucht.

*Fig. 18: Front view of the in situ three-current flume, placed in a seagrass bed . The flume system (7 m length x 12 m width x 1 m high) was made of a heavy steel construction with flexible walls of textile awning and consisted of 9 lanes. Schematic representation of the three current-flume. By modifying the channel openings the system either increased (I), nearly unaltered (M) or reduced (R) the tidal currents in the central section of the flume (hatched area) relative to ambient current velocities outside the flume. Each flow treatment has three replicates. Density of *Hydrobia ulvae* and the biomass of seagrass epiphytes were recorded in the central working section of the flume.*

Durch verschiedene Methoden der Seegrassverpflanzung können gesunde Pflanzen in der Gezeitenzone etabliert werden. Weitere Experimente in England zeigten, dass ein Schutz der Pflanzen durch Käfige und Netze vor der Grabaktivität von Strandkrabben oder Würmern (Polychaeten) das Überleben der sogenannten Transplantate förderte.

Die relativ extremen Umweltbedingungen des Gezeitenbereiches haben einen starken Einfluss auf die Seegrasswiesen. Neben zahlreichen physikalischen und chemischen Umweltfaktoren scheint insbesondere der Wasserbewegung eine besondere Rolle zuzukommen. Untersuchungen mit dem „three-current-flume“ (Abb.18), einem Versuchsaufbau zur Erzeugung unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten, zeigen einen deutlichen Einfluss der Wasserströmung auf die nur millimetergroßen Wattschnecken *Hydrobia ulvae*, die in Seegrasswiesen die Aufwuchsalgen (Epiphyten) abweiden. Die Wattschnecken werden leicht durch erhöhte Wasserströmungen verdriftet und sind deshalb in Seegrasswiesen mit starkem Strömungseinfluss kaum zu finden (Abb.19a). Dort werden die Kleinalgen auf den Seegrassblättern

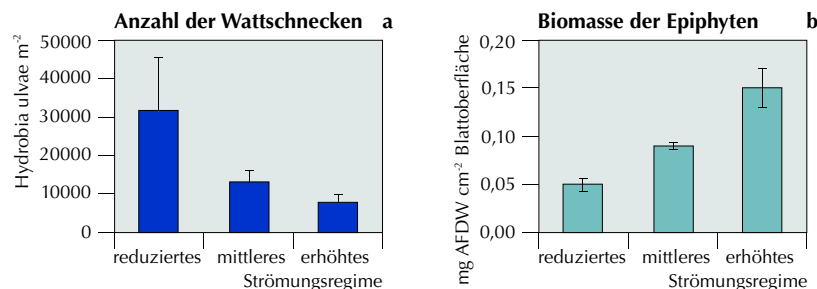


Abb. 19: Einfluss von experimentell reduzierter, mittlerer und erhöhter Gezeitenströmung im „three-current-flume“: a) Mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit (Mittelwert mit Standardfehler) wird die Anzahl der Wattschnecken deutlich reduziert. b) Gleichzeitig nimmt die Biomasse des Algenbewuchses auf den Seegrasblättern mit steigender Strömungsgeschwindigkeit stark zu (AFDW: aschefreies Trockengewicht).

Fig. 19: Effects of reduced, mean and increased flow treatment in the three current flume experiment. A) Abundance of mud snail (mean \pm SE) drastically decreased with increasing current velocities. B) Concurrently epiphyte biomass (mean \pm SE) significantly increased with higher current speeds.

nicht mehr abgeweidet und entwickeln sich bei den gegenwärtig hohen Nährstoffkonzentrationen des Wattwassers zu einem dichten Pelz, der die Seegräser überwuchert und folglich in ihrem Wachstum hemmt (Abb.19b). In den geschützten Bereichen sind die Blätter dagegen sauber und gesund. Dort finden sich bis zu 200 000 Wattschnecken auf einen Quadratmeter Seegraswiese. Dieses Experiment zeigt, dass nicht nur die Überdüngung (Eutrophierung) den weltweit beobachteten Rückgang der Seegraswiesen verursacht, sondern dass die Hydrodynamik ein übergeordneter Faktor ist, der über die Zukunft dieser für die Küstenmeere sehr bedeutenden Lebensgemeinschaft mit entscheidet.

showed that protecting the plants against disturbance from animals such as the common shore crab or polychaete worms with cages and netting enhanced the survival of the transplants.

*The seagrass meadows are also affected by the relatively extreme environmental conditions in the tidal zone. Next to numerous abiotic factors, water movement appears to play a major role. Studies with the ‘Three-current-flume’ (fig. 18) have shown an appreciable effect of water currents on the – only several millimetres in size – mud snail *Hydrobia ulvae* which grazes on microalgae found on seagrass leaves. Mud snails can easily be washed off the plants in faster flowing water velocities and are therefore hardly found in exposed seagrass beds (fig. 19a). In these exposed beds microalgae are not removed by grazers and can develop, given the current high levels of nutrients, into a thick coat which negatively affects seagrass growth (fig. 19b). However, in protected areas the leaves are clean and healthy, with a density of up to 200 000 mud snails per square metre seagrass meadow. These experiments show that the worldwide decline of seagrass beds is not only caused by eutrophication but that hydrodynamics are an important factor influencing the future of these for coastal seas very important habitats.*

Atmosphärische Spuren im Eis

Hochaufgelöster Nachweis von Spurenelementen in Eisbohrkernen mit einem neuen Laserablations-ICP-MS-Verfahren

Michael Kriews, Heiko Reinhardt, Heinrich Miller, Otto Schrems

Das Eis der Polarregionen enthält Informationen über das Klima der vergangenen 450 000 Jahre und bietet für die Untersuchung der natürlichen Klimaschwankungen eine wichtige Datenbasis. Die Auswertung von Eisbohrkernen aus polaren Eisschilden ermöglicht eine Rekonstruktion des längst vergangenen, sogenannten Paläoklimas. Die atmosphärischen Spurenstoffe, die zusammen mit dem Niederschlag Jahr für Jahr auf den Eisschilden deponiert werden, unterliegen starken natürlichen Schwankungen sowohl in großen (Wechsel zwischen einer Warm- und Kaltzeit), als auch in kleinen Zeiträumen von Jahrzehnten bis hin zu jahreszeitlichen Variationen. Die Analyse derartiger Elementzusammensetzungen, sogenannter Signaturen in Eisbohrkernen, gibt z.B. Hinweise über die Quelle und Transportmechanismen von Aerosolen der Paläoatmosphäre sowie über den Paläovulkanismus.

Während die Analyse von geschmolzenen Schnee- und Eisproben aus den oberen Lagen von Eisbohrkernen hinsichtlich des erreichbaren Auflösungsvermögens keine Probleme bereitet, ist die Auswertung im tiefen Eis, wo die Jahresschichten aufgrund des hohen Druckes nur wenige Millimeter oder weniger dick sind, messtechnisch schwierig. Mit einem von uns neu entwickelten Eisanalyse-Verfahren (LA-ICP-MS = Laserablation induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie) können geringste Elementgehalte in

Atmospheric signals in ice

High resolution determination of trace elements in ice cores with a new laserablation-ICP-MS-method

Michael Kriews, Heiko Reinhardt, Heinrich Miller, Otto Schrems

The snow and ice shields of the polar regions are valuable climate archives and they provide useful insight back to about 450 000 years of Earth climate history. Dust particles and gaseous inclusions are deposited together with the precipitation on the ice shield and show strong natural variations on large time scales (warm and cold periods) as well as on short time scales from decades down to seasonal variations. The analysis of such signatures in ice cores yields information about the intensity of sources and transport mechanisms for aerosols in the palaeo-atmosphere as well as about the palaeovulcanism.

The analysis of element signatures in melted snow and ice samples in the upper parts of ice cores with a high spatial and hence time resolution is no problem. But in deep ice layers where annual layers have a thickness of only a few millimetres, it is very difficult to obtain high time resolution data. A new method for ice core analysis was developed in our working group. The LA-ICP-MS system (Laserablation Inductively Coupled Plasma-Mass-Spectrometry) is the first one which fulfills the detection of elements at ultra trace level in a high spatial and thus a high time resolution in such thin layers.

A focussed laser beam in the infrared wavelength region (1064 nm) ablates a small amount of material from the ice surface. This material is ionized in a plasma at a temperature of 10 000 K and then ana-

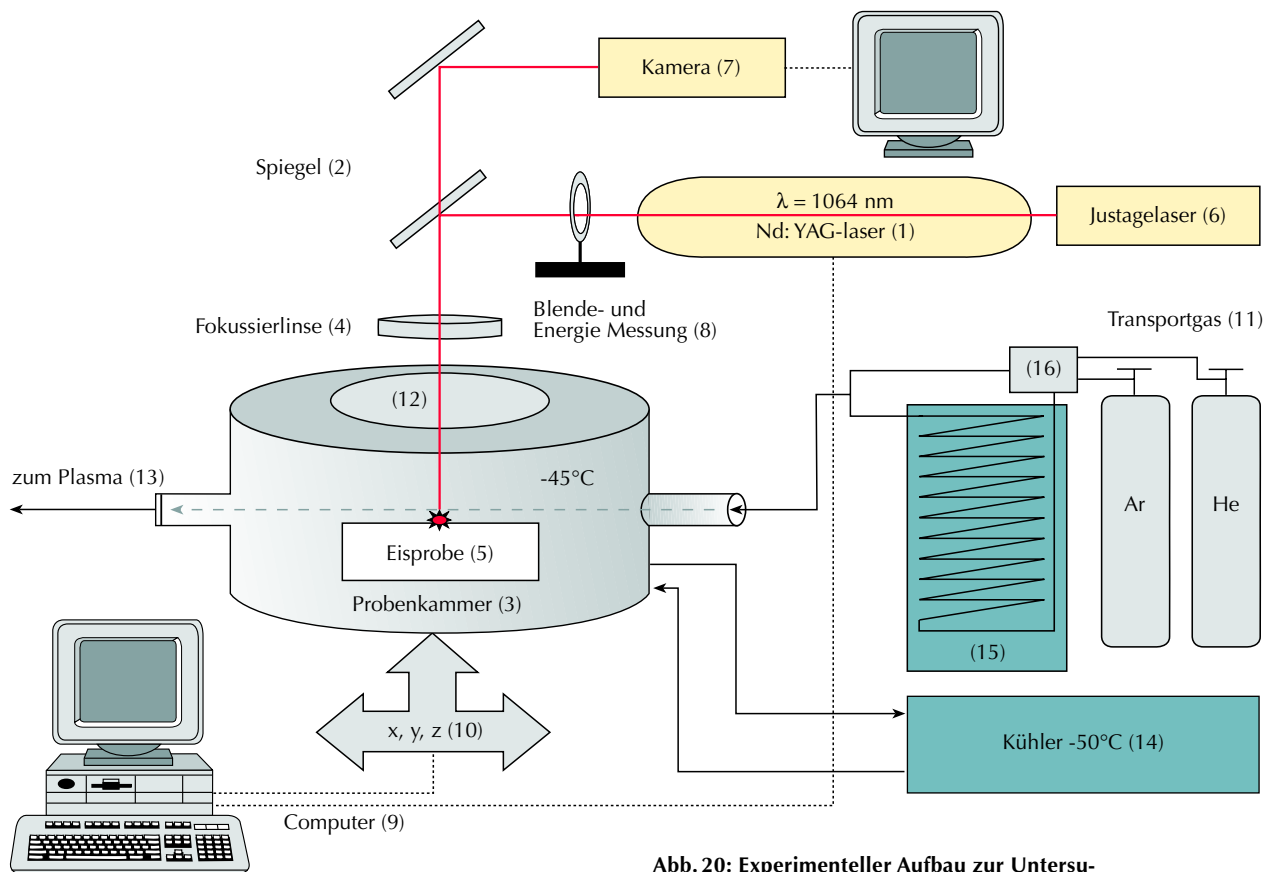


Abb. 20: Experimenteller Aufbau zur Untersuchung von Spurenelementen in Eisproben mit der Laserablations-ICP-MS. In der Kryo-Probenkammer bleibt der feste Aggregatzustand des Eises während der Analyse erhalten.

Eisbohrkernproben mit einer bisher nicht erreichten räumlichen und damit zeitlichen Auflösung auch in tiefen Eisschichten gemessen werden.

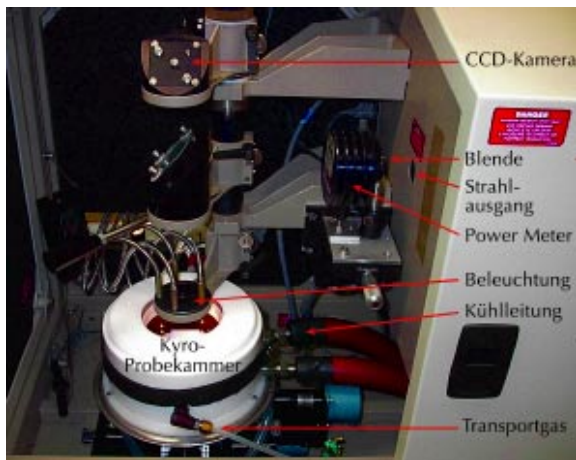
Ein fokussierter Laserstrahl mit einer Wellenlänge im infraroten Bereich (1064 nm) trägt feinste Eispartikel von der Eisoberfläche ab. Diese Methode wird Laserablation genannt. Das dabei erzeugte Probenaerosol wird in einem 10000°C heißen Plasma ionisiert und im nachgeschalteten Analysegerät, einem Massenspektrometer, hinsichtlich seiner Elementzusammensetzung untersucht.

Zur Analyse der festen Eisproben wird eine auf -45°C kühlbare Probenkammer eingesetzt, die in

Fig. 20: Experimental setup for the detection of trace elements in solid ice samples by Laserablation-ICP-MS. (1: Nd:YAG-laser, 2: Mirror, 3: Sample chamber, 4: Focus lens, 5: Ice sample, 6: Adjusting laser, 7: CCD-camera, 8: Cover plate and energy measurement, 9: Computer, 10: Step motors, 11: Transport gas, 12: Quartz plate, 13: Outlet to the plasma, 14: Chiller -50°C , 15: Chiller for gas cooling, 16: Gas mixing valve.

Abb. 21: Anordnung der am AWI neu entwickelten und patentierten Kryo-Probenkammer im Laser Sampler 320

Fig. 21: Setup for the Cryo chamber in connection with the Laser Sampler 320, which was developed at AWI and which was already patented.



unserer Arbeitsgruppe entwickelt und inzwischen patentiert wurde (Abb. 20) .

Abbildung 21 zeigt ein Foto der Laserablationseinheit zusammen mit der neuentwickelten Kryo-Probenkammer.

Als Anwendungsbeispiel zeigt Abbildung 22 exemplarisch eine hochaufgelöste Signatur für das Element Aluminium in einer Eisprobe eines grönländischen Eisbohrkerns (NGRIP) aus einer Tiefe von 1826 Metern. Das Eis stammt aus der Zeit des letzten glazialen Maximums, 24 200 Jahre vor heute. Aluminium dient bei unseren Untersuchungen als ein Element, das für den Eintrag von Mineralstaub in das Inland-

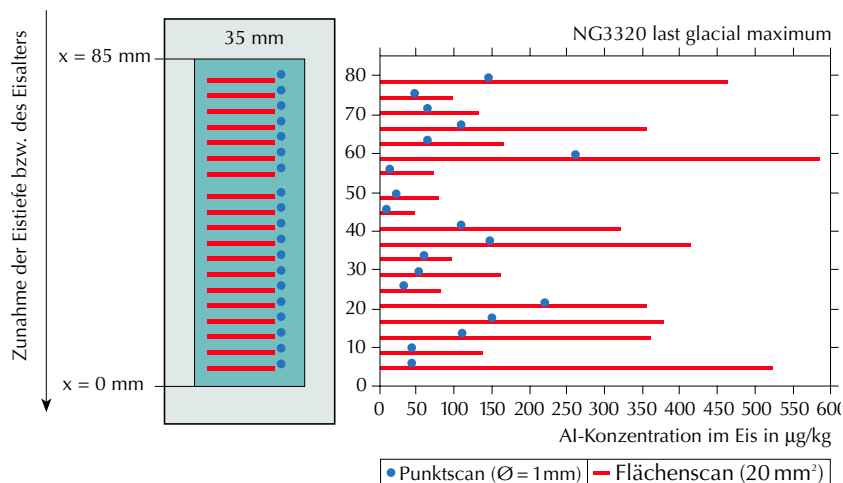
lysed for element composition with the Mass Spectrometer. Direct analysis of trace elements in solid ice samples is performed at a temperature of -45 degrees centigrade. Our working group has developed a special LA chamber which was already patented (fig. 20).

Figure 21 shows a photo of the Laserablation system together with the new developed sample chamber.

As an example for the analysis of a real ice sample with the new method, a high resolution signature for the element aluminium is shown in figure 22. The ice sample is from the Greenland NGRIP-ice core at a depth of 1826 metres, which represents the time of the Last Glacial Maximum 24 200 years before present. For our investigations aluminium is a tracer element which is characteristic for mineral dust transport. Other elements like sodium and magnesium are indicators for the deposition of seasalt from marine sources on the ice sheet. Anthropogenic sources for the aerosol as well as contamination during the drilling and sampling procedure are represented by elements like lead, cadmium and zinc.

This new method allows to perform multielement analyses to get information in a high time resolution about the chemical composition of ice cores. In addition, source areas as well as source strenghts of atmospheric aerosols in the palaeoatmosphere become available by calculating different rations of elements measured in ice cores.

When performing a point scan as shown in figure 22 the element concentration is only measured at one point on the ice surface. Due to the fact that the chemical composition of ice is not homogeneous a set of area scans yield more reliable results about the



eis charakteristisch ist. Andere Elemente wie Natrium und Magnesium dienen als Indikatoren für den Eintrag von Seesalz aus marinen Quellen. Schneehinhaltsstoffe und Kontaminationen, die auf menschliche Aktivitäten hindeuten, sind zum Beispiel Elemente wie Blei, Cadmium und Zink. Durch die Möglichkeit mit dieser neuen Methode hochaufgelöste Multi-elementanalysen durchzuführen, d.h. sehr genau mehrere Elemente gleichzeitig zu bestimmen, können zeitlich hochaufgelöste Informationen über die chemische Zusammensetzung des Eises gewonnen werden. Aus den Konzentrationsverhältnissen verschiedener Elemente lassen sich zusätzlich Informationen über Herkunft und Menge atmosphärischer Aerosole in der Paläoumwelt ermitteln.

Bei dem in Abbildung 22 dargestellten Punktscan wird mit dem Laser nur auf einen Punkt des Eises geschossen und dort die Elementkonzentration gemessen. Da die chemische Zusammensetzung des Eises nicht homogen ist, bekommt man über das Verfahren des Flächenscans verlässlichere Aussagen über die mittlere Elementkonzentration im Eis entlang der Tiefen-Zeitachse.

Abb. 22: Raster für die Analyse der NGRIP-Proben mit Punkt- und Flächenscan. Die Probe stammt aus 1826 m Tiefe, entsprechend dem letzten glazialen Maximum 24200 Jahre vor heute.

Fig. 22: Analytical patterns for the NGRIP-samples with point- (Punktscan) and area scans (Flächenscan). Sample depth is 1826 m which represents the Last Glacial Maximum which an age of 24200 years before present.

averaged composition along the depth/ time axis.

The displayed variability of the element concentrations along the depth/ time axis can be an indication to seasonal variations in the palaeoatmosphere. The average concentration for aluminium over all area scans as shown in figure 23 is in a good agreement with data obtained by conventional methods

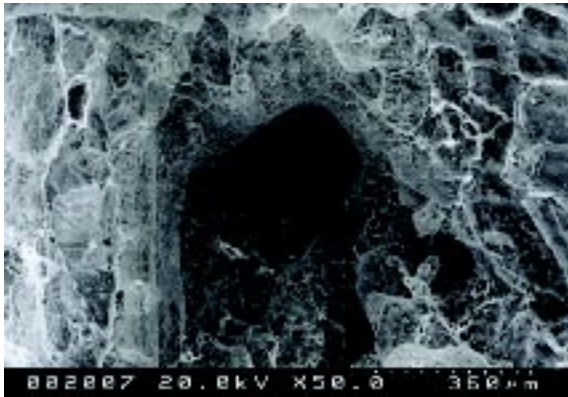


Abb. 23: Kryo-Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahme eines IR-Laser-Einschusskraters auf einer Eisoberfläche nach einem Beschuss mit 50 Laserpulsen und einer Laserenergie von 306 mJ je Puls.

Fig. 23: Cryogenic scanning electron microscopy picture of an ice surface with an infrared laser crater (50 shots, 306 mJ per puls)

Die beobachteten Konzentrationsschwankungen entlang der Tiefen-/Zeitachse (Kernachse) können ein Hinweis auf saisonale Variationen des Aerosolgehalts in der Paläoatmosphäre sein. Der Mittelwert über alle abgescanten Flächen ergibt einen Konzentrationswert für Aluminium, der recht gut mit dem Wert übereinstimmt, der traditionell nach Aufschmelzen der gesamten Probe mit der Lösungs-ICP-MS und der GF-AAS (Graphitrohr-Atomabsorptionsspektrometrie) gemessen wurde.

Die räumliche und damit verbunden auch zeitliche Auflösung der von uns eingesetzten Methode ist begrenzt durch den Durchmesser des Laser-Einschusskraters. Dieser liegt bei ca. 300 µm. Aufnahmen

like Liquid-ICP-MS and GF-AAS (Graphite Furnace-Atomic Absorption Spectrometry)

The achievable spatial and hence time resolution depends on the spot size and the energy of the laser beam. An ice sample surface is shown in figure 23 with a crater resulting from 50 laser shots (point-scan mode) with an energy of 306 mJ.

Another advantage of the new method in comparison to conventional analyses of melted ice samples is a lower risk of contamination due to reduced sample preparation steps. Sample decontamination can be performed by laserablation of the surface layer. Sample material which is not ablated is available for further investigations. For quantitative determination of elements in ice cores multielement solutions were frozen as a solid ice standard by a special method. With this calibration standards successfully 62 relevant isotopes could be quantitatively analysed direct from frozen ice cores. The achievable detection limits are in the range of nanogram per kilogram for the elements Na, Mg, Al, Zn, Cd, Pb, Rare Earth Elements, Th, U and of microgram per kilogram for Ca and Fe. This concentration range reflects the determination of one sugar cube, soluted in the water mass of Lake Konstanz.

With this new and very sensitive method we will perform further investigations to analyse where trace substances are enriched in the ice matrix. It is also planned to use the new technique for analyses of trace element distribution patterns in biological samples (thin layers of tissue samples). This might be important in cancer research as well as for investigations of the impact from synthetic implants to human organisms.

mit einem Kryo-Elektronen-Rastermikroskop zeigen die Struktur und Ausdehnung eines Lasereinschusskraters auf der Eisoberfläche (Abb. 23).

Weitere Vorteile der Methode gegenüber der Lösungsanalytik, bei der das Eis geschmolzen und danach analysiert wird, sind ein reduziertes Kontaminationsrisiko und geringere Probenvorbereitungsschritte. Das nicht ablatierte Probenmaterial wird während der Analyse nicht zerstört und ist weiteren Analysemethoden zugänglich. Zur Kalibrierung des Systems werden Standardlösungen definierter Konzentration nach einem speziellen Präparationsweg eingefroren. Mit den hergestellten Eisstandards konnten erfolgreiche Analysen für 62 Isotope direkt aus dem Feststoff durchgeführt werden. Die erreichten Nachweisgrenzen liegen im Bereich von Nanogramm pro Kilogramm für die Elemente Na, Mg, Al, Zn, Cd, Pb, Seltene Erden, Th, U und von Mikrogramm pro Kilogramm für die Elemente Ca und Fe. Die Empfindlichkeit des Messverfahrens würde es erlauben, ein Stück Würfelzucker im Bodensee nachzuweisen.

Mit dieser neuen, sehr nachweisstarken und hochauflösenden Methode kann in Zukunft auch untersucht werden, wo im Eiskristallgitter deponierte Spurenstoffe angereichert und aufkonzentriert werden. Darüber hinaus sind Untersuchungen an tiefgefrorenen biologischen Materialien vorgesehen, um die räumliche Verteilung von Spurenelementen in Gewebeproben zu charakterisieren. Diese Fragestellung spielt eine entscheidende Rolle in der Tumorforschung sowie bei Implantationen künstlicher Gelenke (Metallabrieb).

Wie produktiv ist der Südliche Ozean?

Ein Vergleich von Satelliten-Beobachtungen
mit Ergebnissen aus der Inversen Modellierung

Reiner Schlitzer, Birgit Schneider, Regina Usbeck,
Marie-France Weirig

In den lichtdurchfluteten obersten Schichten des Meeres leben mikroskopisch kleine Algen, die im Meerwasser gelöste Nährstoffe aufnehmen und durch Photosynthese neue Biomasse aufbauen können. Diese sogenannte Primärproduktion bildet die Nahrungsgrundlage für eine vielfältige Artengemeinschaft, die bis hin zu den Fischen oder Walen reicht. Neben der damit verbundenen großen wirtschaftlichen Bedeutung ist die biologische Produktion im Meer aber auch von großem wissenschaftlichen Interesse. Uns interessiert dabei ganz besonders, welche Rolle die Primärproduktion im marinen Stoffkreislauf des Kohlenstoffs (CO_2) spielt – jenes Stoffes, aus dem alle Lebewesen zu einem großen Teil aufgebaut sind. Durch biologische Produktion wird im Oberflächenwasser gelöster Kohlenstoff in Partikeln – vor allem in Algen und kleinen Kriebstierchen – angereichert und anschließend durch das Absinken dieser Partikel von der Oberfläche in größere Tiefen transportiert. Diese biologische Pumpe erniedrigt den Kohlenstoffgehalt des Oberflächenwassers und fördert dadurch die Aufnahme von weiterem CO_2 aus der Atmosphäre. Eine genaue Kenntnis der CO_2 -Aufnahmefähigkeit des Ozeans und der dort vorhandenen biologischen Produktion ist für uns deshalb von so großem Interesse, weil dieser Kohlenstofftransport einen großen Einfluss auf unser Klima hat.

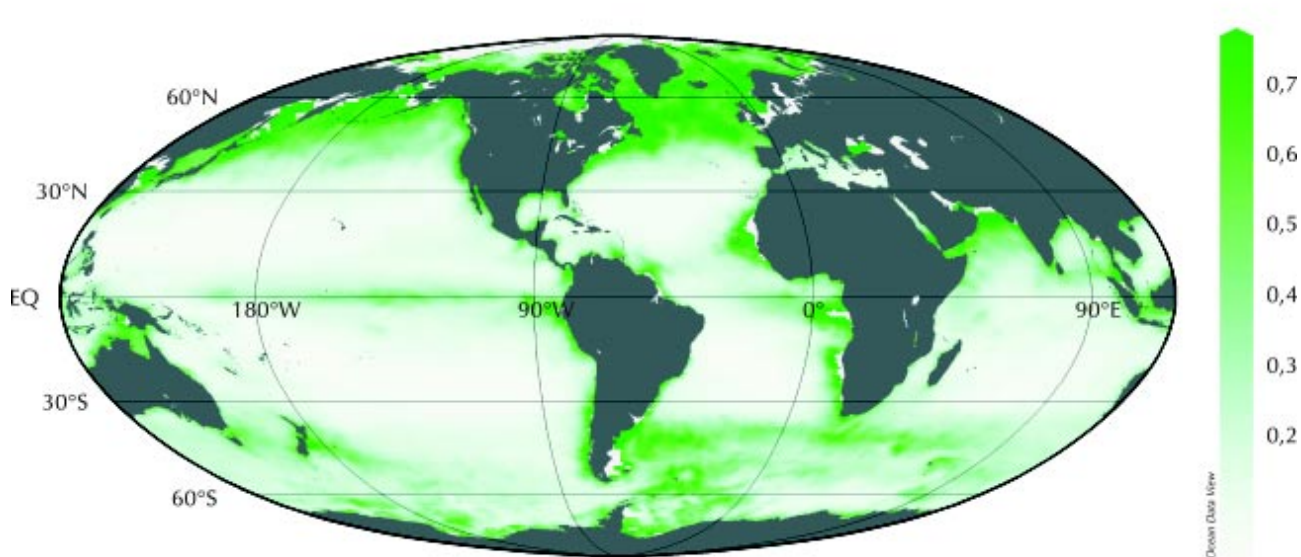
How productive is the Southern Ocean?

A comparison of satellite-based estimates
with results from inverse modeling

Reiner Schlitzer, Birgit Schneider, Regina Usbeck,
Marie-France Weirig

In the light-penetrated upper layers of the ocean microscopically small phytoplankton extracts dissolved nutrients from seawater and produces particulate biomass by photosynthesis. This primary production is the basis for a rich marine ecosystem which has fish or whales on its high end. Apart from the economical importance for the fishery, biological production is of great interest for science because of the impact on marine nutrient and carbon cycles. By means of biological production, dissolved nutrients are taken up from the water and transformed into particulates, which can sink to great depths. This so-called biological pump decreases the carbon content in surface waters and potentially enhances the CO_2 uptake from the atmosphere. A knowledge of CO_2 fluxes and biological production rates is required for a reliable prediction of possible future climate change.

Present estimates of productivity rates and export fluxes of particles into the deep sea have large error-bars, and a large variety of different methods is currently used to improve these values. One of the techniques uses optical sensors on-board of satellites to measure the chlorophyll concentrations in surface water (see fig. 24). Biological productivity is then deduced from chlorophyll values by applying relatively complicated algorithms and using a limited amount of calibration measurements. The advantage of satellites is that they provide a good coverage



Aktuelle Abschätzungen des Kohlenstoffzugs in den oberen Wasserschichten der Meere und des Transports von Partikeln in die Tiefsee sind nach wie vor recht ungenau. Gegenwärtig setzt man eine ganze Palette sehr verschiedener Methoden zur Verbesserung der Zahlenangaben ein. Am wichtigsten sind dabei Satellitenmessungen und Computersimulationen, sogenannte Modelle. Mit Hilfe optischer Sensoren auf Satelliten ist es beispielsweise möglich, den Chlorophyllgehalt im Oberflächenwasser zu bestimmen (siehe Abb. 24). Aus den Chlorophyllkonzentrationen wird dann mit komplizierten Rechenverfahren und unter Einbeziehung von Eichmessungen auf die zugrunde liegende biologische Produktion geschlossen. Der Vorteil satellitengestützter Messungen ist die umfassende Abdeckung des Untersuchungsgebietes. Entscheidende Nachteile sind aber, dass die optischen Sensoren nur durch die obersten Meter der Wassersäule „sehen“ können, und dass der Zusammenhang zwischen Chlorophyllgehalt und Produktionsrate kompliziert und noch nicht vollständig verstanden ist.

Abb. 24: Chlorophyll-a-Konzentrationen [mg m⁻³] im Oberflächenwasser aus Messungen des SeaWiFS Satelliten für das Jahr 1998. Auffällig sind die relativ hohen Chlorophyll-Werte im Nordatlantik und Nordpazifik, während für den Südlichen Ozean nur relativ niedrige Konzentrationen festgestellt wurden.

Fig. 24: Chlorophyll-a concentrations [mg m⁻³] in surface waters from measurements of the SeaWiFS satellite for the year 1998. Note the relatively high chlorophyll values in the North Atlantic and North Pacific, while concentrations in the Southern Ocean remain relatively small.

for the global ocean, however, a big disadvantage is that the optical sensors only “see” the top few meters of the water column. In addition, the relation between chlorophyll content and productivity is complicated and not fully understood yet.

Während also Satelliten das Untersuchungsgebiet aus großer Höhe beobachten und dabei nur eine dünne Oberflächenschicht erfassen, werden bei der sogenannten Inversen Modellierung, einer aufwendigen Computersimulation, die Auswirkungen der biologischen Produktion, des Partikelflusses und sogar der anschließenden Auflösung der Partikel in jeder Tiefe der Ozeane berücksichtigt und ausgenutzt. Wie man in Abbildung 25 sehen kann, sind die durch Par-

Abb. 25: Verteilungen von im Meerwasser gelöstem Phosphat und Sauerstoff auf einem Süd-Nord-Schnitt durch den Pazifik. In der Phosphatverteilung fallen die niedrigen Werte an der Oberfläche (Verbrauch durch Produktion) und das Phosphatmaximum in ca. 1000 m Tiefe im Nordpazifik (Auflösung von Partikeln) auf. Das Sauerstoffminimum an der Stelle des Phosphatmaximums ist ein weiterer Hinweis für Partikellösung.

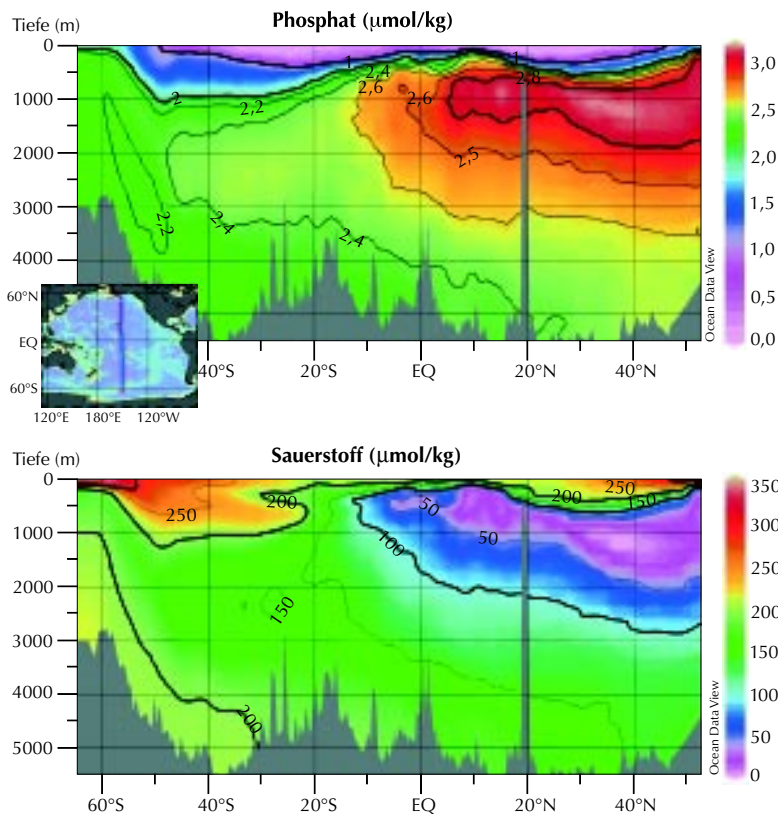


Fig. 25: Phosphate and oxygen distributions along a south-north section through the Pacific. Note the low phosphate concentrations near the surface (draw-down due to production) and the phosphate maximum in 1000 m depth in the North Pacific. The oxygen minimum at the location of the phosphate maximum is additional evidence for particle remineralization.

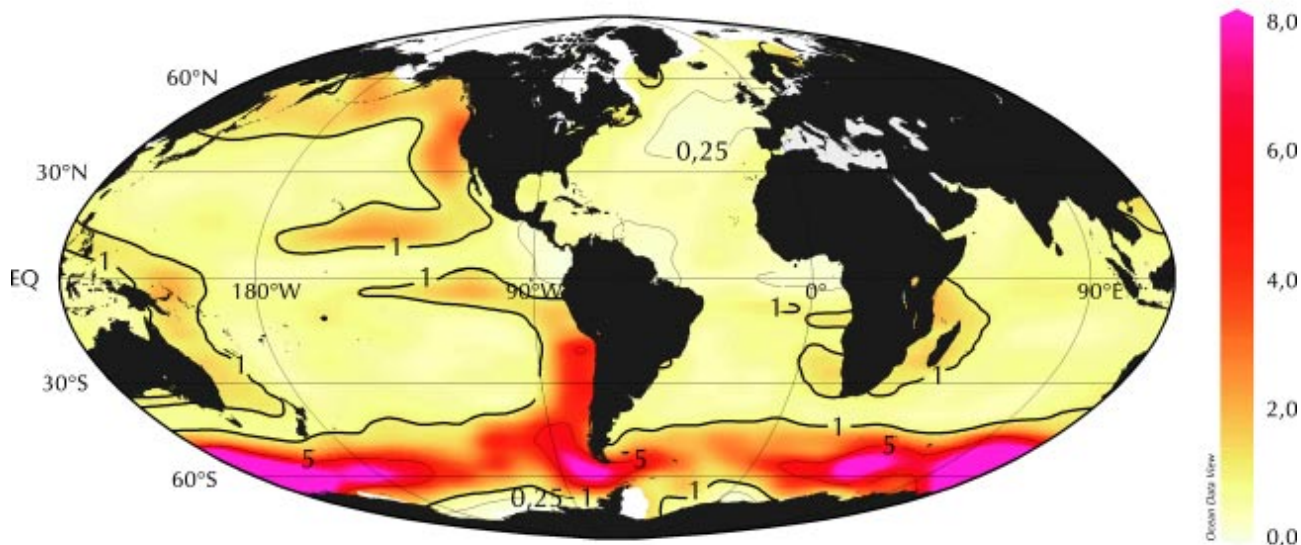


Abb. 26: Verhältnis des Exportflusses von partikulärem organischem Material in 130 m Tiefe aus Modellrechnungen und von Satellitenbeobachtungen. Im Südlichen Ozean braucht das Modell im Vergleich zu den Satellitenwerten einen 2 bis 5fach höheren Export, um die Nährstoff-, Kohlenstoff- und Sauerstoffmessungen zu erklären.

Fig. 26: Ratio of the export flux of particulate organic matter in 130 m depth from the inverse model and from satellite estimates. Compared to satellite values, the model requires 2 to 5-fold higher export rates in order to explain the nutrient, carbon and oxygen distributions in the Southern Ocean.

tikelproduktion und Partikellösung hervorgerufenen Konzentrationsunterschiede von Nährstoffen und Sauerstoff groß und durch Messungen gut belegt. Um aus diesen Messungen auf die zu Grunde liegenden Produktions- und Partikelflussraten schließen zu können, braucht man ein weiteres Computermodell, das neben den biologischen, geologischen und chemischen Pro-

While satellites observe the ocean from high above and only detect signals from a thin surface layer, the inverse modeling of biogeochemical processes uses the effects of production, particle fluxes and remineralization from the entire water column. As shown in figure 25, the concentration gradients in nutrient, carbon and oxygen fields generated by particle production and subsequent dissolution are large and well documented by available data. A numerical model is required to translate signals in the nutrient fields into productivity rates or particle fluxes. Because nutrient fields are also affected by circulation, this model must also include the physics in addition to biogeochemical parameters. Such a model was set up for the global ocean and fitted to observations using modern optimization techniques. The agreement with data achieved with this model is excellent.

zessen auch die Meeresströmungen mit einbezieht. Ein solches globales physikalisch-biogeochemisches Modell wurde von uns aufgebaut und mit modernen mathematischen Verfahren an die Daten angepasst. Die Genauigkeit, mit der die Messungen vom Modell wiedergegeben werden, ist weltweit einmalig.

Die vom Modell berechneten biologischen Produktivitätsraten wurden mit Ergebnissen aus Satellitenmessungen verglichen. Abbildung 26 zeigt, dass über weite Gebiete die Ergebnisse der beiden Methoden relativ ähnlich sind (Werte um 1), dass aber im Südlichen Ozean das Inversmodell 2 bis 5-fach höhere Exportflüsse prognostiziert. Mögliche Erklärungen für eine Unterschätzung der Produktivität durch Satellitenmessungen sind die im Südlichen Ozean häufig anzutreffende Chlorophyll-„Wolken“ in 30 bis 120 Metern Tiefe, die vom Satelliten aus nicht erkennbar sind, und eine sehr geringe Zahl unabhängiger Produktionsmessungen in diesem Meeresgebiet.

Die gefundenen Diskrepanzen der Produktivität im Südlichen Ozean sind groß. Statt der 0,4 Milliarden Tonnen Kohlenstoff pro Jahr im subpolaren Gebiet südlich 50°S nach früheren Schätzungen deuten die Ergebnisse des Inversmodells darauf hin, dass der Kohlenstoffexport in die Tiefe mehr als doppelt so groß ist und etwa eine Milliarde Tonnen Kohlenstoff pro Jahr beträgt. Damit trägt dieses Gebiet etwa 10% zum weltweiten Kohlenstoffexport bei und ist weit wichtiger für globale Bilanzierungen als früher angenommen wurde.

The downward particle fluxes out of the productive layer (export fluxes) were compared with satellite observations. Figure 26 shows that over most regions the results of the two methods are comparable (ratios close to 1). In the Southern Ocean, however, the inverse model requires 2 to 5-fold higher export fluxes as compared to satellite estimates. Attempts to enforce a low productivity Southern Ocean (as suggested by satellite measurements) in the model failed because of unrealistic nutrient and oxygen simulations. Possible explanations for an underestimation of biological productivity in the Southern Ocean by satellites are frequently occurring sub-surface chlorophyll patches not visible to satellite sensors and a generally very poor calibration database for this region.

The mentioned discrepancies for the productivity in the Southern Ocean are large. Instead of 0.4 billion tons of carbon per year in the sub polar region south of 50°S according to previous estimates, the inverse model suggests a carbon export which is more than twice as high (1 billion tons of carbon per year). With that, the Southern Ocean south of 50°S contributes about 10% to the total carbon export and is much more important for global budgets than previously thought.

Heiße Prozesse in kalten Böden: Mikrobielle Studien tragen zum Verständnis der Methanfreisetzung aus Permafrostlandschaften bei

Dirk Wagner, Svenja Kobabe,
Lars Kutzbach, Eva-Maria Pfeiffer

Die feuchten Niederungsgebiete der sibirischen Permafrostlandschaften sind natürliche Quellen für das klimarelevante Spurengas Methan, welches neben Wasserdampf und Kohlendioxid unser Erdklima „anheizt“. Dabei ist die Stärke der Methanquellen der Permafrostgebiete eine immer noch unzureichend bekannte Größe im globalen Methanhaushalt. Permafrostböden, die etwa ein Viertel der Landoberfläche unserer Erde ausmachen, sind das ganze Jahr hindurch dauergefroren und tauen nur während der kurzen Vegetationsperiode des arktischen Sommers oberflächennah auf. In dieser Zeit wird verstärkt in den sauerstofffreien Bodenzonen der saisonalen Auftauschicht Methan gebildet und freigesetzt.

In dem seit 1998 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Russisch-Deutschen Verbundprojekt „System Laptewsee 2000“ erforscht unsere Gruppe, die sich aus Boden- und Vegetationskundlern sowie Mikrobiologen und Molekularökologen zusammensetzt, den mikrobiellen Umsatz der organischen Substanz in den kalten Böden. Es konnte unter anderem gezeigt werden, dass die Methanfreisetzung mit Raten von etwa 80 Milligramm Methan pro Tag und Quadratmeter durchaus mit den Emissionen aus anderen Feuchtgebieten vergleichbar sind.

Hot processes in cold soils: Microbial process studies contribute to the understand of the methane release from permafrost landscapes

*Dirk Wagner, Svenja Kobabe,
Lars Kutzbach, Eva-Maria Pfeiffer*

The moist lowland areas of the Siberian permafrost landscapes are natural sources of the climate relevant trace gas methane, which ‘heats up’ our earth atmosphere beside water vapour and carbon dioxide. The strength of permafrost soils as sources of methane is a still insufficiently estimated size in the global methane budget. Permafrost soils, which cover about a quarter of the Earth’s land surface, are continuously frozen throughout the year and only thaw near the surface during the short vegetation period of the arctic summer. During this period methane is increasingly produced within the anaerobic soil layers above the permafrost table and subsequently emitted.

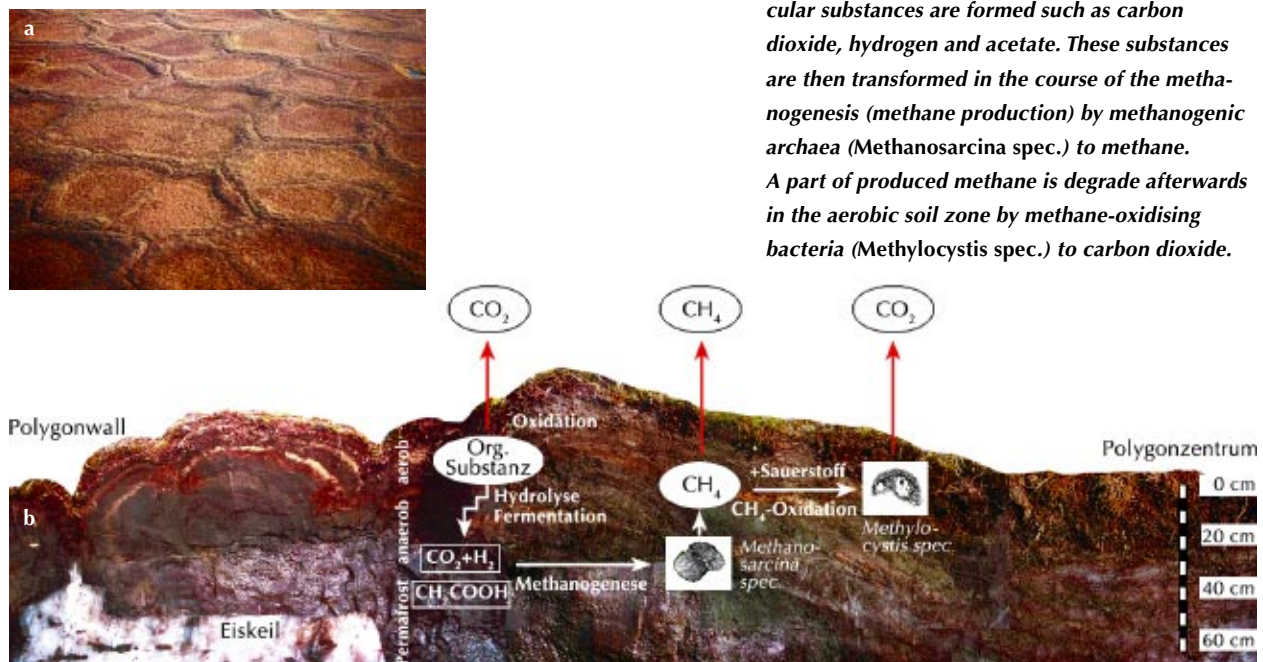
In the Russian-German project ‘System Laptew Sea 2000’, which has been funded by the German Ministry of Education and Research since 1998, our group, which consists of soil scientists and botanists as well as microbiologists and molecular ecologists, investigates the microbial turnover of the organic matter in cold soils. It could be shown that the rate of methane release from permafrost soils with about 80 mg CH₄ per day and square metre is comparable with the emission rate of other natural wetlands.

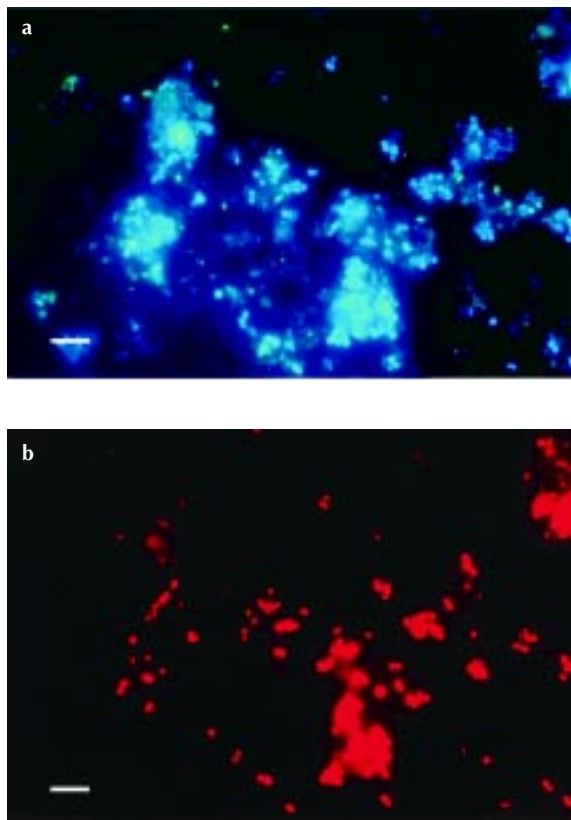
Both groups of microorganisms involved in the methane production and the methane oxidation are highly specialised microbes. The so-called methanogenic archaea (former archaeobacteria) – which as

Sowohl die an der Methanbildung als auch die am Methanabbau (Oxidation) beteiligten Mikroorganismengruppen sind hoch spezialisierte Mikroben. Die so genannten methanogenen Archaeen (methanbildende Urbakterien), die nur in sauerstofffreier Umgebung existieren können, werden zu den ersten Organismen gezählt, die unseren Planeten besiedelten. Sie wandeln in den sauerstofffreien Zonen der Böden einfache Verbindungen wie Essigsäure und Methanol zu Methan um. Die meisten Arten können sogar ganz ohne organische Substanzen nur mit Wasserstoff und Kohlendioxid leben (Abb.27). Ihnen stehen die so genannten Methan oxidierenden Bakterien gegenüber, die bis zu 70 % des gebildeten Methans

Abb. 27: (a) Landschaft der Eiskeilpolygontundra im Lenadelta/ Sibirien. (b) Querschnitt durch ein Eiskeilpolygon mit der schematischen Darstellung des Methankreislaufs. Im Zuge des sauerstofffreien Abbaus der organischen Substanz werden niedermolekulare Verbindungen wie Kohlendioxid, Wasserstoff und Essigsäure gebildet. Diese Verbindungen werden dann im Zuge der Methanbildung durch methanogene Archaeen (z.B. *Methanosarcina spec.*) zu Methan umgewandelt. Ein Teil des produzierten Methans wird anschließend in den sauerstoffhaltigen Bödenbereichen durch methanoxidierende Bakterien (z.B. *Methylocystis spec.*) zu Kohlendioxid umgewandelt.

Fig. 27: (a) Landscape of ice-wedge polygon tundra in the Lena delta/ Siberia. (b) Cross section of an ice-wedge polygon with the schematic presentation of the methane cycle. In the course of the anaerobic degradation of the organic matter low-molecular substances are formed such as carbon dioxide, hydrogen and acetate. These substances are then transformed in the course of the methanogenesis (methane production) by methanogenic archaea (*Methanosarcina spec.*) to methane. A part of produced methane is degraded afterwards in the aerobic soil zone by methane-oxidising bacteria (*Methylocystis spec.*) to carbon dioxide.





in Gegenwart von Sauerstoff zu Kohlendioxid abbauen und damit den Methankreislauf schließen.

Diese Spezialisten haben sich vermutlich über Jahrtausende hinweg an die extremen Temperaturbedingungen ihres kalten Habitates angepasst. So zeigen die eingefrorenen Mikroorganismen im Frühjahr mit Beginn des oberflächlichen Auftauens sofort wieder Methanbildungs- bzw. Oxidationsaktivität. Weitere Untersuchungen zeigten, dass sogar bei Null Grad Celsius und darunter noch Methanbildung stattfindet.

Abb. 28: Anreicherungskultur aus dem Zentrum eines Eiskeilpolygons Lenadelta/ Sibirien. Die Kultur wurde bei 10 °C mit Wasserstoff und Kohlendioxid als Nährsubstanz angezogen.

(a) Färbung aller in der Kultur vorhandenen Bakterien mit dem DAPI-Farbstoff. (b) In-situ-Hybridisierung der vorhandenen methanogenen Archaeen *Methanomicrobiales* mittels spezifischer mit Fluoreszenzfarbstoff markierter Gensonden. (Größenbalken = 10 µm)

Fig. 28: Enrichment culture from the centre of an ice-wedge polygon Lena delta/ Siberia. The culture was obtained at 10 °C with H₂/CO₂ as substrate. (a) Colouring of all bacteria existing in the culture with the DAPI dye. (b) In situ hybridisation of the existing methanogenic archaea Methanomicrobiales with specific fluorescent-labelled gen probes. (bar size = 10 µm)

strictly anaerobic microbes are regarded as one of the first organisms who settled our planet – transform simple substances such as acetate and methanol into methane in the anaerobic horizons of the soils. Most species can even live completely without any organic substances only with hydrogen and carbon dioxide (fig. 27). The methane-oxidising bacteria, which degrade up to 70 % of the produced methane to carbon dioxide in presence of oxygen, conclude the methane circle.

These specialists must have adapted over thousands of years to the extreme temperature conditions of their cold habitate. Thus, the frozen microorganisms show again methane production and oxidation activity immediately in spring with the beginning of superficial thawing without a so-called lag-phase, in which the metabolic activity rises only slowly

det. Dies sind Temperaturbereiche in denen „normale“, nicht angepasste Lebensformen inaktiv sind oder sogar absterben. Die angepassten Arten der methanogenen Archaeen wachsen jedoch auch noch bei sehr niedrigen Temperaturen, wie sie während des herbstlichen Rückfrierens der Böden herrschen, bilden kontinuierlich Methan, das in der saisonalen Auftauschicht eingeschlossen und in der folgenden Auftauphase im Frühjahr freigesetzt wird. Entgegen früherer Annahmen wird Methan also nicht nur während der Vegetationsperiode gebildet, sondern auch in der kalten Übergangszeit.

Die ganzjährig niedrigen Temperaturen und die hohe Bodenfeuchte bedingen einen schlechteren Abbau der organischen Substanz, so dass enorme Mengen an Kohlenstoff in Permafrostböden gespeichert sind. Da wesentliche Teile des Kohlenstoffumsatzes ausschließlich durch Mikroorganismen bewerkstelligt werden, ist neben den Stoffwechselstudien die Suche nach Schlüsselorganismen sowie die Identifizierung und Zusammensetzung der am Methanumsatz beteiligten Bakteriengemeinschaften eine wesentliche Grundlage für das Verständnis des Kohlenstoffkreislaufs in Permafrostböden. Beispielsweise konnten aus Permafrostproben Methan oxidierende Bakterien isoliert werden, die durch einen psychrophilen, das heißt an Kälte angepassten Stoffwechsel charakterisiert sind. Psychrophile Bakterien haben ein Temperaturoptimum unterhalb von 15 °C, während sie oberhalb von 20 °C absterben. Sie sind also optimal an die Bedingungen des Permafrostes angepasst. Mit Hilfe moderner Methoden wie der Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (Abb. 28) kann darüber hinaus die Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaften untersucht werden. Sie liefert

again. Further investigations show that even at zero degrees centigrade and below methane production still takes place. These are temperature ranges in which 'normal' unadapted organisms are inactive or do even die. However, the adapted species of the methanogenic archaea are still growing at very low temperatures, which prevail during the back freezing of the soils in autumn, continuously producing methane that encloses into the active layer and is release in the thawing phase the following spring. In contrast to earlier believes, methane is produced not only during the vegetation period but also in the cold transitional season.

The year round low temperatures as well as the high soil moisture cause a retarded conversion of the organic substance, so that enormous quantities of carbon are stored in these soils. Since substantial parts of the carbon conversion are catalysed exclusively by microorganisms, the search for key organisms is part of the process studies as well as the identification and composition of the bacteria communities taking part in the methane conversion. These studies are substantial for understanding the carbon cycle in permafrost soils. For example, methane-oxidising bacteria could be isolated, which are characterised by a psychrophilic metabolism. This means the microbes are well adapted to cold habitat conditions. Psychropilic bacteria have a temperature optimum below 15 °C, while they are going to die above 20 °C. Consequently, they are optimally adapted to the conditions of the terrestrial permafrost. In addition, modern methods like the fluorescence in situ hybridisation (fig. 28) can be used to examine the composition of the bacteria community. It supplies important findings on the

wichtige Erkenntnisse über die Verbreitung und das Zusammenwirken aller am mikrobiellen Kohlenstoffumsatz beteiligten, an kalte Temperaturen angepassten Organismen in Permafrostböden.

Neben den Bodeneigenschaften und den klimatischen Standortbedingungen ist die Kenntnis der physiologischen und ökologischen Eigenschaften der Bakteriengemeinschaft grundlegend für das Verständnis des Kohlenstoffumsatzes in Permafrostböden. Für weitergehende Fragen wie beispielsweise: „Was passiert mit dem in Permafrostböden gespeicherten Kohlenstoff in Folge einer Klimaveränderung?“ müssen nicht nur die Menge der freigesetzten Spurengase bestimmt, sondern auch die zugrunde liegenden Prozesse verstanden werden. Dafür ist eine differenzierte, kleinräumige Betrachtung der einzelnen Standorte und der an den Methanflüssen in kalten Böden beteiligten „heißen“ mikrobiellen Prozesse notwendig.

spreading and interacting of the psychrophilic organisms, which are involved in the carbon conversion of permafrost soils.

Apart from the soil characteristics and the climatic conditions the knowledge on the physiological and ecological characteristics of the bacteria community is fundamental for understanding the carbon conversion in permafrost soils. For further questions as for example: “What happens to the carbon stored in permafrost soils in consequence of a climate change?”, not only the quantity of emitted trace gases have to be estimated, but also the basic processes have to be understood. Therefore, a differentiated, small-scale view of the individual locations and the “hot” microbial processes responsible for the methane fluxes of cold soils are necessary.

Das Eisendüngungsexperiment mit der ‚Polarstern‘

Victor Smetacek, Ulrich Bathmann,
Ulf Riebesell, Volker Strass

Durch die Verwendung fossiler Brennstoffe entstehen jedes Jahr weltweit 22 Milliarden Tonnen des Klimagases Kohlendioxid (CO₂). Gut ein Drittel davon wird Jahr für Jahr von den Ozeanen aufgenommen und langfristig dort gespeichert. Lässt sich die Speicherung des Kohlendioxids (CO₂) im Meer weiter steigern und damit der zunehmende Treibhauseffekt verlangsamen? Antarktische Eisbohrkerne deuten darauf hin: In Eiszeiten gab es weniger CO₂ in der Atmosphäre als heute, aber viel eisenhaltigen Staubeintrag in die Ozeane. Eine Erklärung dafür sind die Algen: Je mehr sie wachsen, desto mehr CO₂ – und Eisen – verbrauchen sie. Ist es die niedrige Eisenkonzentration, die heute in großen Teilen des Ozeans das Algenwachstum begrenzt?

Um diese Hypothese zu testen, organisierten wir ein Eisendüngungsexperiment im eisenarmen Südlichen Ozean. Die multidisziplinäre EisenEx-Studie führte das Forschungsschiff ‚Polarstern‘ im sturmreichen Südrühjahr (November 2000) in die Polarfrontzone inmitten des antarktischen Zirkumpolarstroms. Unter AWI-Leitung verfolgten 56 Wissenschaftler aus 15 Nationen die Reaktion des dortigen Ökosystems auf eine Eisenzugabe.

Zu Beginn der Untersuchungen wurde mit Hilfe von Strömungsprofilen und Satellitenbildern ein ortsfester ozeanischer Wirbel gefunden, in dessen strömungsarmem „Auge“ die Eisenlösung spiralförmig ausgebracht wurde. Ein Fleck von sieben Kilometer Durchmesser wurde dreimal mit insgesamt zehn Ton-

The ‘Polarstern’ iron fertilisation experiment

Victor Smetacek, Ulrich Bathmann,
Ulf Riebesell, Volker Strass

Fossil fuel combustion causes annual emissions of 22 billion tons of the greenhouse gas carbon dioxide (CO₂). One third of this is taken up and sequestered by the ocean. Is it possible to increase CO₂ sequestration in the ocean and thereby mitigate the increasing greenhouse effect? This in fact seems to be indicated in Antarctic ice cores: Low atmospheric CO₂ levels during glacial times are closely correlated with high deposition of iron-containing dust. The possible connection between these two variables: Since growth of marine algae requires both CO₂ and iron, enhanced glacial iron supply may increase biological CO₂ sequestration. Does this mean that low iron availability limits biological production in large parts of today’s ocean?

To test this hypothesis, we organised an iron fertilisation experiment (EisenEx) in the iron-deficient Southern Ocean. During this multidisciplinary study, which led ‘Polarstern’ to the polar frontal zone in the centre of the Antarctic Circumpolar Current during stormy austral spring (November 2000), a team of 56 scientists from 15 different nations closely monitored the response of the marine ecosystem to iron addition.

Before iron release, current profiling and satellite images were used to locate a hydrographically stable oceanic eddy. A total of ten tons of iron sulphate (a compound also used in gardening) were released on three occasions into the eye of the eddy. The fertilised patch was marked with 250 grams of sulfur-

nen gelöstem Eisensulfatsalz (ein Rasenverbesserer aus Gärtnereien) gedüngt. Der gedüngte Fleck wurde mit Schwefelhexafluorid (SF_6) markiert, das noch in sehr geringen Konzentrationen nachweisbar ist. Trotz vieler Stürme und hoher Strömungsgeschwindigkeiten gelang es ‚Polarstern‘, den Fleck, der im Laufe von drei Wochen zwei Runden im Auge des Wirbels drehte und sich von anfänglich 50 auf eine Fläche von 1000 Quadratkilometern ausbreitete, zu verfolgen und umfangreich zu vermessen.

Innerhalb von zwei Tagen nach der ersten Eisendüngung verdoppelten die Planktonalgen ihr Wachstumspotential, indem sie mehr Chlorophyll erzeugten und ihren Photosyntheseapparat ausbauten. Die Algenbiomasse nahm während der zweiten Woche deutlich zu, wobei die relativ großen Kieselalgen überwogen. Ihre Schalen dominieren die darunter liegenden Sedimente sowohl in Warm- wie in Eiszeiten. Eine deutliche Stimulation der Bakterienpopulation durch Eisen wurde ebenfalls zwei Tage nach der ersten Düngung beobachtet. Der heftige Fraßdruck der Planktontierchen (Zooplankton) vermochte die Algenblüte nicht in Schach zu halten. Die Dezimierung der kleinen, schnell wachsenden Algenarten durch Zooplanktonfraß begünstigte die Vorherrschaft der großen, schwer fressbaren Kieselalgen. Zum Ende der Beobachtungen hatten die gedüngten Algen fünfmal mehr Biomasse aufgebaut als in der Umgebung, ein Anstieg, der auch im Satellitenbild gut erkennbar ist (Abb. 29).

Die von EisenEx entwickelte Technik öffnet eine neue Ära in diesem Zweig der Meeresforschung: Der Übergang von einer beobachtenden zu einer experimentellen Wissenschaft. Die Ergebnisse von EisenEx stützen die These, dass die Produktivität der Meere in Zeiträumen von Kalt- und Warmzeiten durch die

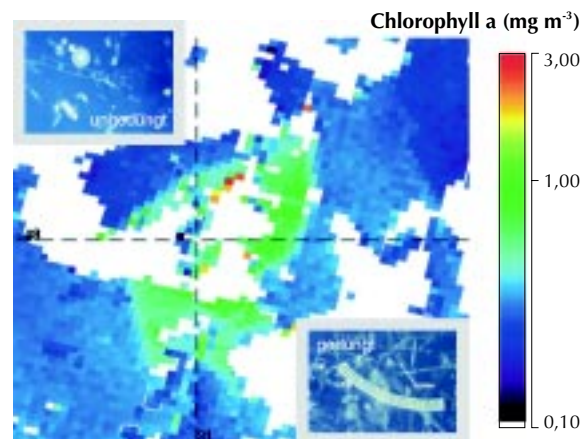


Abb. 29: Kieselalgenflora innerhalb und außerhalb des gedüngten Eisenflecks, in dem sich nach drei Wochen eine vom Satelliten sichtbare Algenblüte gebildet hat (die weißen Bildbereiche sind Wolken)

Fig. 29: Satellite image showing the increase in phytoplankton biomass (green colours) in the iron fertilised patch (white areas covered by clouds). Inserts show phytoplankton composition outside (upper left) and inside the patch (lower right) three weeks after iron addition.

hexafluoride (SF_6), a tracer compound detectable in extremely low concentrations. Despite several heavy storms and strong currents ‘Polarstern’ managed to follow and continuously monitor the patch while it was circling twice around the centre of the eddy and increasing in size from 50 to 1000 square kilometres.

Two days after the first iron release the phytoplankton had already doubled their growth potential by



Abb. 30: Das Forschungsschiff ‚Polarstern‘ in stürmischer See im Südozean während der Expedition EisenEx.

Fig. 30: R

Zufuhr von windgetragendem, eisenhaltigem Staub aus den Kontinenten geregelt wird. Demnach wird die biologische Kohlenstoffpumpe im Ozean während der trockenen und damit staubreichen Eiszeiten mehr CO_2 aufnehmen als in den regenreichen Warmzeiten. Das bedeutet, dass die Biosphäre und Geosphäre sowie Atmosphäre und Ozeane unseres Planeten als zusammenhängendes System funktionieren.

Weitere Studien müssen zeigen, ob sich durch Düngung in großem Maßstab der CO_2 -Gehalt der Atmosphäre global signifikant senken lässt, welcher Aufwand dafür nötig wäre, und mit welchen unerwünschten Effekten auf die Biogeochemie und die marinen Ökosysteme gerechnet werden muss. Die gezielte Eisendüngung wird als Möglichkeit zum CO_2 -Entzug aus der Atmosphäre und somit als Klimaschutzmaßnahme schon heute kontrovers diskutiert.

extending their photosynthetic machinery. Despite a strong grazing pressure by zooplankton, microalgal biomass increased rapidly during the second week. Heavy grazing on the fast-growing, small algae favoured the development of the larger phytoplankton, with siliceous species (diatoms) soon becoming the most abundant group. Their silica frustules also dominate the underlying sediments, both during glacial and interglacial periods. Iron addition also stimulated bacterial growth. At the end of our observations algal biomass in the fertilised patch had increase five-fold relative to that in the surrounding area, an increase which was also detected by satellite imagery (fig. 29).

The approach taken during EisenEx opens a new era in marine pelagic research: a shift from a descriptive to an experimental, hypothesis-testing science. The results of EisenEx support the hypothesis that on glacial/ interglacial time scales the productivity of the ocean is determined by the deposition rate of iron-containing dust from the continents. Enhanced dust fluxes during dry glacial periods are therefore expected to enhance CO_2 sequestration via the biological carbon pump. This example shows how our planet's biosphere and geosphere, atmosphere and ocean interact as an integral system.

Further studies are required to address the questions, whether large-scale iron fertilisation is suitable to increase oceanic CO_2 sequestration, and what are the costs and ecological risks of this approach. Deliberate iron fertilisation as a climate protection measure to slow down atmospheric CO_2 increase is discussed controversially both in the public and the science community.

Ozonabbau in der Stratosphäre – Bedroht die UV-Strahlung auch Küstengroßalgen?

Christian Wiencke, Otto Schrems

Seit zwei Jahrzehnten wird im Oktober/November über der Antarktis ein „Ozonloch“ beobachtet. Im Frühjahr stellt man auch über der Arktis eine Abnahme der stratosphärischen Ozonkonzentration fest. Damit steigt die ultraviolette (UV-) Strahlung an der Erdoberfläche an.

An der arktischen Koldewey-Station werden die wichtigsten atmosphärischen Parameter, welche die UV-Strahlung beeinflussen, regelmäßig gemessen. Darüber hinaus wird auch die ankommende UV-Strahlung mit am AWI entwickelten Präzisions-Spektraleradiometern (Abb. 31, 32) gemessen, die Messdaten werden in internationale Datenbanken eingespeist (z.B. NDSC: Network for the Detection of Stratospheric Change). Diese Messungen geben zusammen mit Messungen der Eindringtiefe der UV-Strahlung in die Wassersäule des Kongsfjords auf Spitzbergen grundlegende Informationen für biologische Feldexperimente. Welche Auswirkungen hat die zunehmende UV-Strahlung auf Küstengroßalgen?

Im Kongsfjord wachsen auf dem Felsuntergrund im Flachwasser bis etwa fünf Meter große Algen, die reich strukturierte Unterwasserwälder bilden. Für zahlreiche Tierarten sind sie Lebensstätte. Auf sechs detailliert untersuchten Algenarten wuchsen zwischen 10 und 48 Tierarten mit einer Individuenzahl von bis zu 16 000 Tieren pro 100 Gramm Algenbiomasse. Rund 5% der weltweiten ozeanischen Primärproduktion geht auf Großalgen (und Seegräser) zurück, obwohl ihr Lebensraum nur 0,5% der Meeres-

Stratospheric ozone depletion – Are seaweeds endangered by UV radiation?

Christian Wiencke, Otto Schrems

An ozone hole develops each year since two decades in October/ November over the Antarctic. A similar stratospheric ozone depletion has been recorded also over the Arctic in spring. Concomitantly, UV radiation is enhanced at the earth's surface.

At the Arctic Koldewey-Station the most important atmospheric parameters influencing the UV radiation are routinely monitored. In addition, the incoming UV radiation is measured by use of precision spectroradiometers developed at the AWI (fig. 31, 32). The data obtained are entered into international data bases such as the NDSC (Network for the Detection of Stratospheric Change). These measurements and data concerning the transmission of UV radiation in the water column are the basis of biological field experiments. What is the particular effect of enhanced UV radiation on coastal seaweeds?

On the rocky shores of the Kongsfjord on Spitzbergen, 5 metres long seaweeds form well structured underwater forests, which support many animal species. On six seaweed species investigated in detail, between 10 and 48 animal species were identified with up to 16.000 individuals per 100 gram seaweed biomass. About five percent of the world wide oceanic primary production is based on seaweeds (and sea-grasses), although coastal habitats cover an area of only 0.5 % of the ocean surface. Seaweeds play also an important role as food and fertiliser as well as in biotechnology, food and pharmaceutical industries.

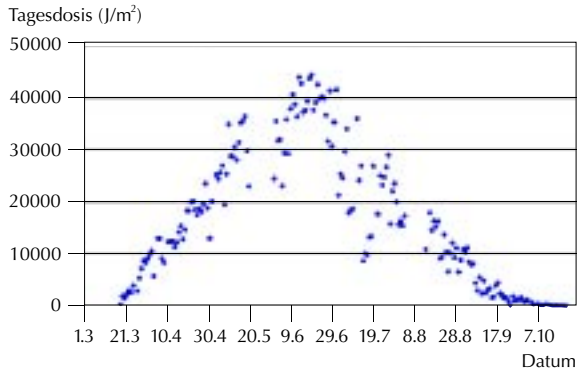


Abb. 31: UV-B Tagesdosis für das Jahr 2000 an der Koldewey-Station (280 nm - 320 nm).

Fig. 31: Daily dose of UV-B radiation in 2000 at Koldewey (280 nm - 320 nm).

oberfläche ausmacht. Großalgen spielen auch eine wichtige Rolle als Nahrungs- und Düngemittel sowie als Lieferant von Rohstoffen für Biotechnologie, Nahrungsmittel- und Pharmaindustrie.

UV-Strahlung kann aufgrund ihrer hohen Energie große Schäden in lebenden Zellen verursachen. In Pflanzen sind an der Photosynthese beteiligte Proteine besonders betroffen. Auch die Erbsubstanz (DNA) kann durch UV-Strahlung geschädigt werden. Auch mit Schäden an der Zellfeinstruktur ist zu rechnen.

Die Pflanze ist in der Lage, sich vor den negativen Einflüssen von UV-Strahlung zu schützen. So kann unter exzessiven Strahlungsbedingungen absorbiertes Licht ohne Schädigung in Form von Wärme abgestrahlt werden. Sind an der Photosynthese beteiligte Proteine geschädigt, so können sie durch enzymatisch gesteuerte Prozesse repariert werden. Auch Schäden an der DNA werden zum Teil enzymatisch repariert. Schließlich können die Pflanzen UV-absorbierende Substanzen herstellen, die bei erhöhter UV-Strahlung verstärkt produziert werden.

Die Balance zwischen den negativen Effekten und den Schutz- und Reparaturmechanismen zeigt sich



Abb. 32: Messung der UV-Strahlung an der Koldewey-Station mit am AWI entwickelten Messgeräten.

Fig. 32: Measuring UV-radiation with devices developed by AWI-Scientists.

By reason of its high energy, UV radiation can lead to severe damage in living cells. In plants proteins of the photosynthetic apparatus are specifically affected. Moreover, the DNA and the general cell fine structure become damaged by UV radiation.

On the other hand the plant is capable to defend itself against the negative influences of UV radiation. Light absorbed under excessive radiation conditions can be dissipated harmlessly as heat. Furthermore, photosynthetic proteins and the DNA can partly be repaired enzymatically. Finally, UV absorbing substances can be synthesised, especially under enhanced UV radiation.

The balance between the negative effects and protection and repair mechanisms is indicated by the integrative parameters of growth and reproduction of the individual organisms.

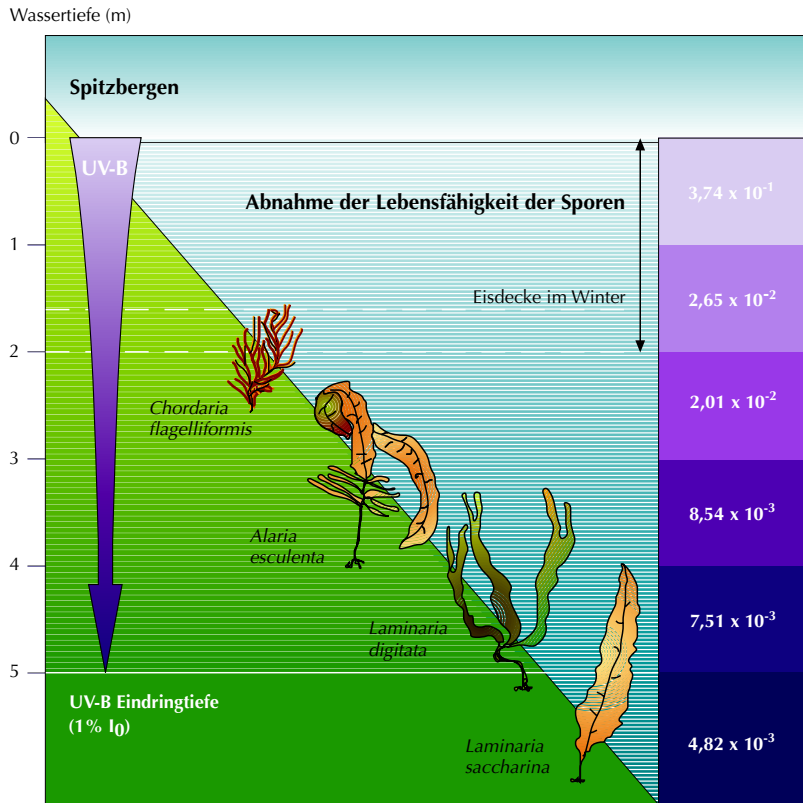
in den Summenparametern Wachstum und Fortpflanzung der einzelnen Organismen.

Wird das Wachstum durch UV-Strahlung behindert, sinkt die Vitalität des Organismus, oder er stirbt sogar ab. Kann er sich in bestimmten Wassertiefen aufgrund erhöhter solarer UV-Strahlung nicht mehr fortpflanzen, wird er hier ausgeschlossen und in größere Wassertiefen verdrängt. Nach neuesten Untersuchungen sind die einzelligen Fortpflanzungsstadien der Großalgen, ihre Sporen, besonders UV-empfindlich. Setzt man sie einem abgeschwächten, simulierten, für geringe Wassertiefen typischen Sonnenlicht aus, sterben sie innerhalb weniger Stunden ab, und der Lebenszyklus der Algenart ist an dieser Stelle unterbrochen. Filtert man jedoch die UV-Strahlung mit Hilfe spezieller Folien heraus, bleiben alle Sporen am Leben, und die Alge entwickelt sich normal weiter. In detaillierten Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Mortalität der Sporen in erster Linie auf Schäden am Erbgut zurückgeht. Daneben ist auch die Photosynthese betroffen.

Viele ökologisch wichtige Großalgen pflanzen sich auf Spitzbergen im Spätwinter und Frühjahr fort. Dann ist das Wasser klar und das Sonnenlicht kann weit in das Wasser eindringen (Abb. 33). Die Lebensfähigkeit der Algensporen ist in den oberen Metern der Wassersäule durch die UV-Strahlung so eingeschränkt, dass kaum Jungpflanzen nachwachsen. Diese Algenarten werden also in tiefere Wasserschichten verdrängt. Die obere Vorkommengrenze von Großalgen wird also neben anderen Faktoren durch die UV-Strahlung bestimmt. Wenn diese durch weiteren stratosphärischen Ozonabbau steigt, dann werden bestimmte Algenarten in größere Wassertiefen verdrängt, und die Gemeinschaftsstruktur der Algenwälder verändert sich.

If growth is reduced due to UV radiation, the vitality of the organism is lowered, or the effects may even be lethal. When reproduction is inhibited by UV radiation the organism is excluded from shallow waters and is thereby limited to greater water depths. According to our latest investigations the unicellular reproduction units of seaweeds, their spores and gametes are particularly UV susceptible. After exposure to a simulated sunlight spectrum typical for shallow waters, they die and in this way the life cycle of the algal species is interrupted. When UV radiation is excluded, however, spores and gametes spores remain healthy and show normal development. Detailed studies show that the mortality of the spores is mainly the result of DNA damage, however, photosynthesis is also affected.

Many ecologically important seaweeds reproduce on Spitsbergen in late winter and spring. During this time the water is clear and the sunshine can penetrate deeply into the water (fig. 33). Therefore, the vitality of the algal spores is decreased in the upper metres of the water column and only few juvenile individuals develop. As a result, these species are limited to deeper waters. The upper distribution limit of seaweeds on the shore is therefore determined by UV radiation. If UV radiation is enhanced due to stratospheric ozone depletion, certain algal species will be confined to deeper waters and the community structure in the underwater forests will change.



BED DNA-300 (kJ m⁻²)

Abb. 33: Zusammenhang zwischen den Unterwasser-UV-B-Strahlungsbedingungen und der oberen Vorkommensgrenze von Großalgen im Kongsfjord an der Koldewey-Station auf Spitzbergen.

Fig. 33: Correlation between UV-radiation conditions under water and the upper distribution limit of seaweeds in Kongsfjord, Spitsbergen.

Leben an untermeerischen Schlammvulkanen

Antje Boetius, Michael Klages, Eberhard Sauter,
Michael Schlüter

Fast jeder kennt heute die spektakulären Hydrothermalquellen, die bis in mehrere tausend Meter Tiefe am Meeresboden auftreten und von ungewöhnlichen Lebensformen besiedelt werden. Hydrothermalquellen – heiße, sulfidreiche Quellen des Meeresbodens – überraschten nach ihrer Entdeckung vor rund 30 Jahren als einzigartiges Ökosystem, das von vulkanischer Energie in Form von Hitze und gelösten Mineralstoffen wie Sulfid lebt. Bekannteste Vertreter der dort lebenden Tiere sind die mehrere Meter langen Röhrenwürmer sowie große Muscheln, die – ohne Mund und Darm – allein von symbiotischen Bakterien leben, die sie im Körper beherbergen. Diese Bakterien nutzen die chemische Energie des vorhandenen Sulfids und kommen an den heißen Quellen auch freilebend vor. Dabei bilden sie oft dicke Teppiche und Klumpen. Einzelne Bakterienzellen werden zum Teil so groß, dass man sie mit bloßem Auge sehen kann. Die Hydrothermalquellen treten dort auf, wo sich der Meeresboden auseinanderspreizt, und eine hohe tektonische und vulkanische Aktivität zu finden ist.

Noch sehr neu ist die Erkenntnis, dass sich ähnliche Ökosysteme auch ganz ohne Wärmezufuhr und vulkanischen Schwefelwasserstoff sowie tektonische Aktivität bilden können – und zwar überall an Kontinentalrändern, wo sich tief im Meeresboden große Mengen an Gas bilden, die im Sedimentporenwasser gelöst an die Meeresbodenoberfläche aufsteigen. Solche Gasquellen, an denen meist reines Erdgas

Life at submarine mud volcanoes

*Antje Boetius, Michael Klages, Eberhard Sauter,
Michael Schlüter*

Today many people have seen pictures of the spectacular hydrothermal vents which occur several thousand meters below the sea surface. The big surprise of their discovery 30 years ago was the finding of a specialized community of organisms living from volcanic energy provided in the form of heat and dissolved minerals like sulfide. Some of the most curious vent animals are the giant tube worms and large clams and mussels, which harbour symbiotic bacteria in their gutless bodies. The symbionts use the chemical energy of sulfide to grow and to nourish their host. Other relatives of these sulfur bacteria form giant cells which occur free living and build large clumps and carpets on the sea floor. Hydrothermal vents occur at tectonically active spreading zones of oceanic plates.

Recently it has been discovered that ecosystems very similar to those found at hot vents are also present at tectonically inactive areas of continental margins. These ecosystems can occur independently of volcanic sulfide and heat above gas and petroleum reservoirs buried in the sea floor. Natural gas is formed in deep sediment strata and rises to the surface of the seafloor. The gas may accumulate in the sediments and form gas reservoirs such as gas hydrates (frozen methane). If these gas reservoirs reach a certain pressure, they can form geological structures called mud volcanoes. At mud volcanoes, sediment pore water, gas and mud is expelled from deep below, forming mounds and craters at the sea floor. Active mud volcanoes are a seep for natural

(Methan) austritt, werden auch von riesigen Schwefelbakterien sowie Röhrenwürmern, verschiedenen symbiotischen Muscheln und anderen Spezialisten besiedelt, also ähnlichen Lebensgemeinschaften wie an den heißen Quellen. Das Auftreten dieser chemosynthetischen, d.h. nur von chemischer Energie zehrenden Lebensgemeinschaften, die Karbonatausfällungen am Boden sowie gasangereicherte Wasserfahnen darüber zeigen aktive untermeerische Gasquellen an. Erst seit kurzem ist bekannt, dass es Symbiosen von Archaea (bakterienähnliche Mikroorganismen) und Bakterien gibt, die vereint auch ohne Sauerstoff Methan fressen können, indem sie das im Meer reichlich verfügbare Sulfat verwenden. Produkt dieser Reaktion ist Sulfid, das andere chemosynthetische Organismen so effizient nutzen, dass sie enorme Biomasse aufbauen - wie an den heißen Quellen. Die mikrobiellen Symbiosen, die das Methan im Meeresboden umsetzen, sind also die Energielieferanten für das reiche Leben an Gasquellen, wie zum Beispiel an Schlammvulkanen.

Mit dem Forschungsschiff ‚L’Atalante‘ des französischen Meeresforschungsinstituts IFREMER konnten wir im Jahr 2001 eine Expedition zum Haakon Mosby Mud Volcano (HMMV) vor der Küste Norwegens durchführen. Wichtigstes Arbeitsinstrument war dabei das unbemannte Tauchfahrzeug ‚Victor 6000‘ (Abb.34). Dieses ferngesteuerte Fahrzeug (Remotely Operated Vehicle - ROV) kann bis zu 6000 Meter tief tauchen und ist mit modernsten Kameras und Probennahmegeräten ausgerüstet. Zwei Greifarme ermöglichten es uns, gezielt Proben zu nehmen und Messgeräte am Meeresboden abzusetzen. Dadurch konnten vor allem die besonderen chemosynthetischen Lebensgemeinschaften des Schlammvulkans beprobt werden,



Abb. 34: ‚Victor 6000‘ – Der Unterwasserroboter des Forschungsinstitutes IFREMER (Frankreich)

Fig. 34: ‚Victor 6000‘ – the remotely operating vehicle of IFREMER (France)

gas (methane) and often densely populated by tube worms, clams and other symbiotic organisms – just like hot vents. Hence, chemotrophic communities, i.e. organisms which are fuelled by the chemical energy of dissolved minerals, can indicate the presence of active gas seeps. Other indicators of gas seeps at continental margins are carbonate structures and gas plumes in the water column. Only recently the mystery of the link between gas seeps and chemotrophic organisms could be solved: in gassy sediments a microbial symbiosis has been detected, which is able to consume methane by oxidizing it with sulfate. This symbiosis consists of archaea and bacteria, which can use the abundant sulfate in seawater instead of oxygen. Product of this reaction is sulfide which is used as energy source by the

Abb. 35: Geographische 2D-Abbildung des Haakon Mosby Schlammvulkans. Der Krater des Schlammvulkans hat nur eine geringe Höhe von 10 m (Wassertiefe 1260 m). Der Zentralbereich (A) hat einen Durchmesser von ca. 500 m. Der Gesamtdurchmesser des HMMV beträgt ca. 2 km. Der innere Rand ist von Bakterienmatten besiedelt, der äußere Bereich von Röhrenwürmern. A, B und C sind Probennahmegebiete. Die farbigen Linien zeigen die Wege von ‚Victor 6000‘ über den Schlammvulkan.

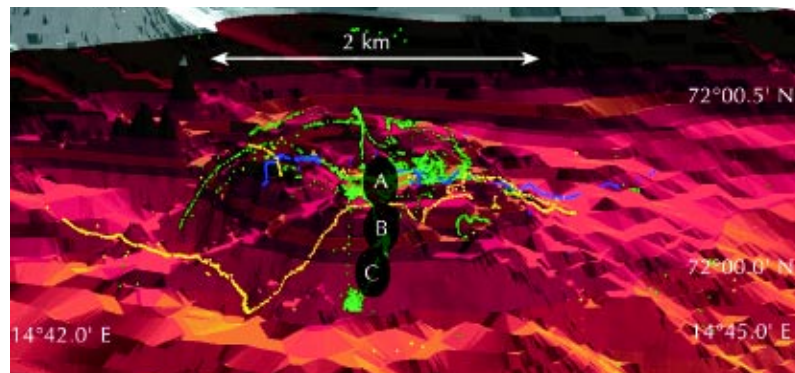


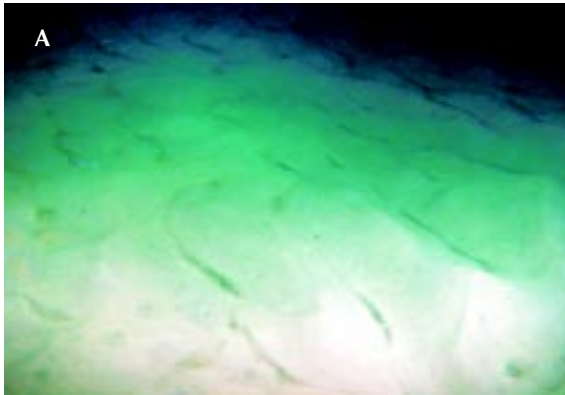
Fig. 35: Geographical image of the Haakon Mosby Mud Volcano. The crater of the mud volcano is only 10 m high (1260 m water depth). The central area (A) is 500 m in diameter. Total diameter of the HMMV is 2 km. A, B and C are the main sampling areas during our expedition. The colored lines represent the tracks of ‚Victor 6000‘.

um ihren Umsatz an Methan zu messen. Außerdem konnten hochauflösende Studien zum Methangehalt im Schlamm und in der Wassersäule durchgeführt werden. Neben seinen vielfältigen Operationsmöglichkeiten erlaubt ‚Victor 6000‘ auch die Anwendung multimedialer Verfahren zur bildlichen Darstellung untermeerischer Lebensräume (Abb. 35 und 36).

Da die am Methanumsatz beteiligten Mikroorganismen bislang nicht im Labor kultivierbar sind und nur direkt in ihrer natürlichen Umgebung, dem gasreichen Schlamm, untersucht werden können, ist über ihre Mikrobiologie nur wenig bekannt. Die Arbeit mit dem ROV ermöglichte nun, die Bedeutung gashaltiger Sedimente als Energiequelle für Mikroorganismen und die marine Tierwelt unter natürlichen Bedingungen zu studieren. Darüber hinaus wurden Mes-

chemotrophic organisms (tube worms, clams, giant sulfur bacteria). Hence, in contrast to hot vents, it is not the volcanic energy but methane-consuming microbes which sustain large biomasses of chemotrophic animals.

In 2001 we carried out an expedition to the Haakon Mosby Mud Volcano off Norway, using the research vessel ‘L’Atalante’ of the French research institution IFREMER. Our main working tool was the unmanned submersible ‘Victor 6000’ (fig. 34). This remotely operating vehicle (ROV) can dive down to 6000 metres and is equipped with modern video cameras and sampling devices. It has two manipulators to take samples and to deploy instrumentation at specific submarine target locations. Using this tool, we were able to sample different chemotrophic communities at the mud volcano, to investigate their consumption of methane and sulfide. Furthermore, we were able to measure methane concentration in high resolution profiles in sediments of the mud volcano and in the water column above. In addition to this precise sampling, the multimedia imaging techniques of ‘Victor 6000’ were used for monitoring of



the seafloor and the chemotrophic communities at the mud volcano (fig. 35 + 36).

The symbiotic association of methane-consuming microbes has not been obtained in culture yet. Hence, little is known about the microbiology and functioning of this association. So far, it can only be studied in its natural environment – the gassy sediments. Working with the ROV Victor allowed us to study the role of sedimentary microbes in consuming the greenhouse gas methane and in delivering energy to the chemotrophic communities on the sea floor. Understanding the interaction between geology, chemistry and biology is necessary to analyse the fluxes of methane between the different compartments, and to find out about the magnitude of methane emission from mud volcanoes. Interestingly, a lot of methane was emitted from the barren centre of the mud volcano (fig. 36a). Here, we could not detect the symbiotic association of archaea and bacteria consuming methane in the sediments. However, they were present in the sediments below the carpets of tube worms (fig. 36c) and – in very high abundances – beneath the mats of sulfur bacteria covering the outer rim of the mud volcano (fig. 36b).

Abb. 36: Fotografien der verschiedenen Habitate des HMMV. A) Zentrum des Schlammvulkans, B) Probennahme aus Bakterienmatten, C) Probennahme aus einem Feld von Röhrenwürmern. Siehe auch Abb. 35

Fig. 36: Images of the different habitats of the HMMV. (A) shows the centre of the mud volcano. The inner rim is covered by dense bacterial mats (B). The outer rim is populated by tube worms (C).

sungen durchgeführt, um zu erfassen, inwieweit der HMMV-Schlammvulkan eine Quelle für das Treibhausgas Methan darstellt, und um Wechselwirkungen der geologischen und geochemischen Bedingungen mit den Tiefseeorganismen zu entschlüsseln. Eines der interessantesten ersten Ergebnisse ist die spezielle Verteilung der Mikro- und Makroorganismen hinsichtlich der geologischen Struktur des Schlammvulkans. So waren im gasreichen Zentralbereich des HMMV weder chemosynthetische Lebewesen noch Schwefelbakterien zu finden (Abb. 36a). Die Ursache dafür ist das Fehlen der Methan fressenden, Sulfid produzierenden Symbiose aus Archaea und Bakterien in dem frisch aus tiefen Sedimentschichten aufsteigenden Schlamm. Die Methan-Symbiosen kommen dagegen direkt unterhalb der Bakterienmatten mit hoher Biomasse vor (Abb. 36b). Hier produzieren sie große Mengen von Sulfid, welches die Schwefelbakterien mit Sauerstoff aus dem umgebenden Wasser oxidieren. Auch am Rand des Schlammvulkans in den von Röhrenwürmern besiedelten Bereichen (Abb. 36c) sind in den tieferen Sedimentschichten Methan fressende Archaea und Bakterien zu finden – allerdings viel weniger als im inneren Rand des Vulkans. Die Röhrenwürmer am HMMV können sich aber auch direkt vom Methan ernähren, weil sie keine Sulfid oxidierenden, sondern Methan oxidierende Symbionten beherbergen. Vor allem aus dem inneren, unbesiedelten Zentrum des Schlammvulkans wird das Methan in großen Mengen aus dem Sediment in die Wassersäule freigesetzt. Im stabileren Randbereich des Schlammvulkans haben sich dagegen große Mengen der Methanfresser und Sulfidoxidierer angesiedelt. Sie setzen das Methan nahezu vollständig um und stellen einen effizienten Biofilter gegen das klimarelevante Treibhausgas dar.

In these areas only very little methane escaped to the water column. Obviously, the methane-consuming microorganisms form an effective barrier against the greenhouse gas methane.

These first results show that mud volcanoes are very interesting habitats, both from the biological and geological perspective. The rising mud and gas represents a window between the deep geosphere and the biosphere, which consists of highly specialized chemotrophic communities. With regard to the global climate change, the study of gas seeps at continental margins is an important contribution to our understanding and quantification of the methane cycle. Also, understanding how microbes make a living from methane is important for our understanding of the evolution of the earth's atmosphere, which was rich in methane and poor in oxygen for the longest time. Hence, the geological, chemical and biological investigation of gas seeps in polar regions and other areas of the world's ocean is a future focus of our research at the AWI, carried out in cooperation with several other national and international institutions. The next expedition to the Haakon Mosby Mud Volcano is already planned for 2003.

Unsere ersten Untersuchungen zeigen, dass Schlammvulkane sowohl aus geologischer wie aus biologischer Sicht einzigartige Naturräume sind. Hier bildet austretendes gas- und schlammreiches Sedimentporenwasser ein „Fenster“ zur tiefen Geosphäre, das besondere Tiefseelebensgemeinschaften im Laufe ihrer Entwicklungsgeschichte zu nutzen gelernt haben. Vor dem Hintergrund der globalen Klimaentwicklung leisten Untersuchungen an derartigen Gasquellen einen wichtigen Beitrag zum Verständnis des globalen Methanbudgets, wie auch für das Verständnis vergangener, sauerstoffarmer und methanreicher Abschnitte der Erdgeschichte. Daher sollen die geologischen, geochemischen und biologischen Untersuchungen von Gasquellen in Polargebieten und anderen Meeresregionen als ein längerfristiges Forschungsthema des Alfred-Wegener-Instituts in Zusammenarbeit mit anderen nationalen und internationalen Forschungsinstituten durchgeführt werden. Die nächste Expedition mit ‚Victor 6000‘ und ‚Polarstern‘ ist daher schon für das Jahr 2003 geplant.

Von der Momentaufnahme zur Zeitserie: Interdisziplinäre Forschung an einer Tiefsee-Langzeitstation

Thomas Soltwedel, Michael Klages,
Eberhard Sauter, Ingo Schewe

Die Tiefsee ist der größte Lebensraum der Erde. Mehr als 75% des Weltmeeres sind tiefer als 3000 Meter. Während die mittlere Höhe des Festlandes lediglich 825 Meter beträgt, sind die Ozeane im Mittel rund 3800 Meter tief. Die Tiefsee ist schwer zugänglich und sehr groß, und deshalb zugleich der am wenigsten bekannte Lebensraum der Erde.

Bis vor wenigen Jahren bedeutete Tiefseeforschung primär die Bestimmung eines momentanen Zustandes in einem bislang unerforschten Gebiet. Einzelne Probennahmen oder Messungen liefern nur Momentaufnahmen, ohne eine Einschätzung zeitlicher Veränderungen zuzulassen. Diese sind aber für das Verständnis ökologischer Zusammenhänge sehr wichtig. Erst Langzeituntersuchungen in ausgewählten Regionen können zeigen, welche Umweltbedingungen die Lebensgemeinschaften der Tiefsee in ihrer Entwicklung, Struktur und Komplexität beeinflussen, und welche natürlichen Veränderungen sich im Verlauf der Jahreszeiten und im Laufe von Jahren entwickeln. Auch mögliche Auswirkungen anthropogener Einflüsse auf das Ökosystem der Tiefsee können durch Langzeituntersuchungen besser beurteilt werden.

Nach einer Vorerkundung mit Hilfe des französischen ferngesteuerten Tiefseesystems (Remotely Operated Vehicle, ROV) ‚Victor 6000‘ richteten wir im Sommer 1999 in der Framstraße westlich von Spitz-

From snap shots to time series: Interdisciplinary research at a deep-sea long-term station

*Thomas Soltwedel, Michael Klages,
Eberhard Sauter, Ingo Schewe*

The deep sea represents the largest ecosystem on earth. More than 75% of the oceans cover areas of water depths greater than 3000 metres. Whereas mainland reaches a mean height of approximately 825 metres, mean depth of the oceans is about 3800 metres. Due to its enormous dimensions and inaccessibility, the deep-sea realm remains the world's least known habitat.

Until a few years ago, deep-sea research simply meant the assessment of the present status in a distinct, unexplored region of the world's oceans. Single sampling campaigns or measurements, however, generate only snap shots, not allowing extrapolations on temporal developments. To understand ecological ties, the assessment of temporal variabilities is essential. Only long-term investigations at selected sites, describing (natural) seasonal variabilities and variations between different years, can help to identify environmental settings determining the structure, complexity and the development of deep-sea communities. The opportunity to measure processes on sufficiently long time scales will also help to differentiate between natural variations and changes due to anthropogenic impacts.

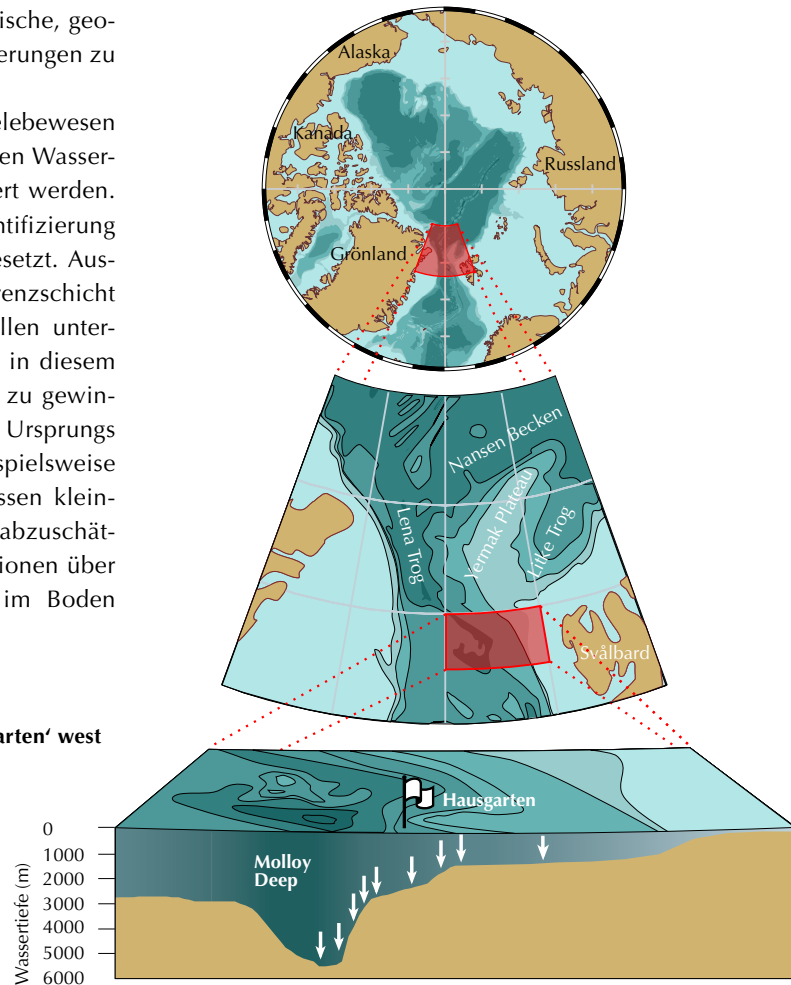
Following a pre-site study using the French Remotely Operated Vehicle (ROV) ‚Victor 6000‘ in summer 1999, we established the first long-term station in polar deep-sea regions in the eastern Fram Strait of Spitsbergen (79°N, 4°E) (fig. 38). Beside a central

bergen (79°N, 4°E) die erste Langzeitstation in einer polaren Tiefseeregion ein (Abb. 37). Neben einem zentralen Experimentierfeld in 2500 Meter Wassertiefe (AWI-„Hausgarten“) wurden insgesamt neun Stationen in unterschiedlichen Tiefen von 1000 bis 5500 Metern bestimmt. Sie sollen in den nächsten Jahren wiederholt aufgesucht werden, um biologische, geochemische und sedimentologische Veränderungen zu identifizieren.

Wichtigste Nahrungsquelle für Tiefseelebewesen sind organische Partikel, die aus den oberen Wasserschichten und von Land heran transportiert werden. Zu deren Charakterisierung und Quantifizierung werden trichterartige Sinkstofffallen eingesetzt. Austauschprozesse an der Sediment-Wasser-Grenzschicht und das bodennahe Strömungsmilieu sollen untersucht werden, um ein Verständnis für die in diesem Übergangsbereich bedeutsamen Prozesse zu gewinnen. Sedimentkomponenten biologischen Ursprungs werden analysiert, um Aktivitäten (beispielsweise mikrobielle Umsatzprozesse) und Biomassen kleinster Sediment bewohnender Organismen abzuschätzen. Die Daten liefern wertvolle Informationen über die ökologischen Verhältnisse am und im Boden

Abb. 37: Die Langzeit-Station AWI-„Hausgarten“ westlich von Spitzbergen.

Fig. 37: Long-term station AWI-‘Hausgarten’ west off Spitzbergen.



experimental area at 2500 metres water depth (AWI-‘Hausgarten’), we defined nine stations along a depth transect between 1000 - 5500 metres, which will be revisited yearly to analyse temporal variations in biological, geochemical and sedimentological parameters.

Organic matter produced in the upper water layers or introduced from land is the main food source for deep-sea organisms. To characterise and quantify organic matter fluxes to the seafloor, we use moor-

des Arktischen Ozeans. Ein wesentlicher Bestandteil der biologischen Untersuchungen stellt die quantitative Erfassung der Boden bewohnenden Organismen (Benthos-Organismen) aller Größenklassen dar.

Um diejenigen Faktoren zu identifizieren, die die extrem hohe Artenvielfalt in der Tiefsee bedingen, wurden im Bereich des Experimentierfeldes (AWI-„Hausgarten“) mit Hilfe des ROVs ‚Victor 6000‘ (Abb. 38) erste biologische Langzeitexperimente begonnen. Käfige wurden auf dem Meeresboden installiert, um zu beobachten, wie sich die Lebensgemeinschaft der kleinsten, Sediment bewohnenden Organismen entwickelt, wenn unterschiedliche Störungen (Veränderungen der Sedimentstruktur, Fraßdruck) durch größere Benthos-Organismen ausbleiben. Verschiedene Materialien (Holz, Stein, Kunststoff) wurden ausgebracht, um die Verwertung von organischem Material und die Besiedlung freier Flächen zu beobachten. Schwamm-Nachbildungen wurden im Sediment verankert, um den Einfluss standorttreuer Organismen auf Sediment bewohnende Mikroorganismen im unmittelbaren Umfeld dieser Strukturen entschlüsseln zu können.

Um das Ökosystem der Tiefsee besser zu verstehen, müssen wir auf unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen forschen. Die Nutzung autonomer Unterwasserfahrzeuge sowie der in Abbildung 38 gezeigten Freifall-Systeme mit autarken Mess- und Registriereinheiten, Experimentiereinrichtungen und automatischen Probennahmesystemen wird deshalb in den kommenden Jahren an Bedeutung gewinnen.

ings carrying sediment traps. The exchange of solutes between the sediments and the overlaying waters as well as the bottom currents will be studied to investigate major processes at the sediment-water-interface. Biogenic sediment compounds will be analysed to estimate activities (e.g. bacterial exoenzymatic activity) and total biomass of the smallest sediment-inhabiting organisms. Results will help to describe the eco-status of the benthic system. The quantification of benthic organisms from bacteria to megafauna will be a major goal in biological investigations.

To identify factors controlling the high biodiversity in the deep sea, we started a number of biological long-term experiments at our central station AWI-‘Hausgarten‘ using the ROV ‘Victor 6000‘ (fig. 38). Cages were placed on the sediment to study the development of infaunal communities not effected by disturbances (e.g. the disruption of the sediment structure, predation) introduced by larger benthic organisms. Various artificial substrates (pieces of wood, plates of stone and plastic) were distributed to investigate the usability of organic matter, and to study the colonisation of empty spaces in an environment short in hard-substrates to settle on. Sponge mimics were deployed to study effects of small biogenic structures (in this case sessile epibenthic organisms) on sediment-inhabiting micro-organisms.

Generally, to understand the complexity of processes of the deep sea, we need detailed investigations at different spatial and temporal scales. Therefore, the use of autonomous underwater vehicles or free-falling devices carrying autonomous sensors and data logger, of experimental platforms, and automatic sampling systems, as shown in figure 38, will gain increasing importance in our future studies.

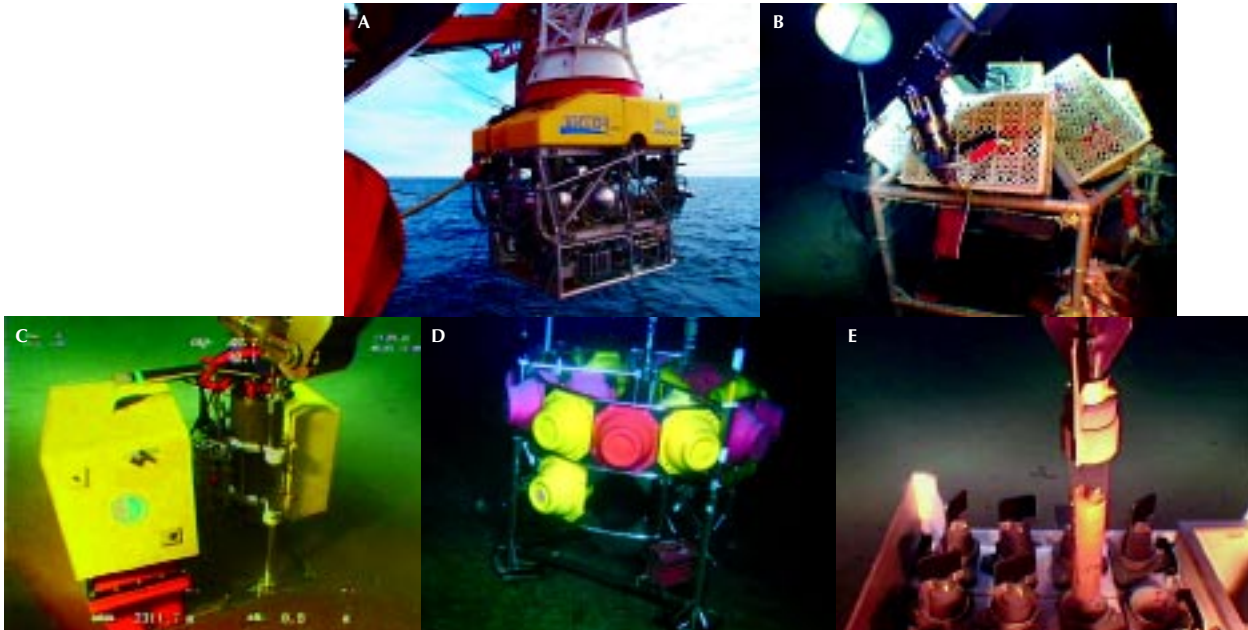


Abb. 38: Instrumente und Experimente moderner Tiefseeforschung: (A) Das französische ferngesteuerte Tiefseesystem (Remotely Operated Vehicle, ROV) ‚Victor 6000‘; (B) Installation von Käfigen (Ausschlussexperiment) am Tiefseeboden mit Hilfe des ROV; (C) Ausbringung eines Mikroprofilers zur Bestimmung von Sauerstoffeindringtiefen in Tiefseesedimenten; (D) Freifallgerät als Plattform für biologische und geochemische Experimente; (E) gezielte, video-kontrollierte Entnahme von Bodenproben mit dem ROV.

Fig. 38: Instrumentation and experiments in modern deep-sea research: (A) The French Remotely Operated Vehicle (ROV) ‘Victor 6000’; (B) installation of cages (exclusion experiment) at the deep seafloor using the ROV; (C) deployment of a microprofiler to assess gradients of oxygen in deep-sea sediments; (D) a free-falling system as platform for biological and geochemical experiments; (E) targeted, video-controlled sediment sampling using the ROV.



3. Forschung | *Research*



Wissenschaftler auf dem Meereis
Scientists on the sea ice

3.1 Klimasystem

In den drei Sektionen des Fachbereichs ‚Klimasystem‘ werden physikalische und chemische Vorgänge erkundet, die im System Atmosphäre–Kryosphäre–Hydrosphäre an der Gestaltung des Erdklimas mitwirken. In der Sektion ‚Großräumige Zirkulation‘ wird die globale Skala des Klimasystems anhand aufwändiger Modelle untersucht mit dem Ziel, vergangene und rezente Klimaszenarien zu erarbeiten. Die Sektion ‚Regionale Zirkulation‘ hat ihren Schwerpunkt in der physikalisch-mathematischen Behandlung von kleinräumigen Prozessen und regionalen Zirkulationseigenschaften, die den Zustand des Klimasystems in Polarregionen steuern. Methodisch wird hier messend und modellierend gearbeitet. ‚Physikalische und chemische Prozesse in der Atmosphäre‘ werden in der dritten Sektion des Fachbereichs aufgeklärt, wobei der Schwerpunkt in Feldmessungen, Laborexperimenten und Modellsimulationen von troposphärischen und stratosphärischen Vorgängen und ihrer Wechselwirkung liegt.

3.1.1 Großräumige Zirkulation

Um eine dynamisch und statistisch konsistente Erfassung der thermohalinen Zirkulation des globalen Ozeans zu erreichen, werden Simulationen mit einem Large Scale Geostrophic (LSG) -Modell durchgeführt, in die vorhandene Messdaten assimiliert werden. Zunächst wurde eine so genannte Referenzlösung der Ozeanzirkulation auf einem horizontalen Gitter mit einer Maschenweite von $3,5^\circ$ erzeugt, dabei wurde der atmosphärische Antrieb mit Hilfe der atmosphärischen COADS-Daten (Comprehensive Ocean–Atmosphere Data Set) und NCEP-Daten (National

3.1 Climate system

The three sections of the department ‘Climate System’ carry out investigations on physical and chemical processes in the system atmosphere–cryosphere–hydrosphere. The section ‘Large-scale Circulation’ uses expensive numerical models to simulate past and recent climate scenarios. The section ‘Regional Circulation’ emphasises on studies of small-scale processes and circulation properties in polar regions, using observational and modelling techniques. The section ‘Physical and Chemical Processes in the Atmosphere’ uses fieldwork, laboratory experimentation and model simulations of processes in the troposphere and stratosphere to study physical-chemical interactions relevant to climate.

3.1.1 Large-scale circulation

Simulations, using sophisticatedly assimilated measurements, are carried out using a Large-Scale Geostrophic (LSG) model to provide a dynamically and statistically consistent picture of global thermohaline ocean circulation. To that end, a so-called reference solution for the ocean circulation is provided on a horizontal grid with a mesh size of 3.5° . Atmospheric forcing is represented by using data from COADS (Comprehensive Ocean–Atmosphere Data Set) and NCEP (National Centers for Environmental Prediction). The results are in satisfying agreement with sea level data derived from altimeter measurements of the TOPEX(Ocean Topography Experiment)/Poseidon satellites during the period 1993 to 2000. The simulations showed interannual variations of the global mean sea level. Their origin was investigated by simulating the ocean circulation using a higher resolv-

Centers for Environmental Prediction) repräsentiert. Die Resultate zeigen eine zufriedenstellende Übereinstimmung mit den Meeresspiegeldaten aus Altimetermessungen des TOPEX(Ocean Topography Experiment)/Poseidon-Satelliten für die Jahre 1993 - 2000. Simulationen der Ozeanzirkulation mit einer feiner auflösenden Modellversion gaben Hinweise auf die Ursachen der zwischenjährlichen Schwankungen des global gemittelten Meeresspiegels. Unsere Studien zeigen, dass diese Schwankungen primär von Variationen im Niederschlag hervorgerufen werden. Weitere Informationen zu diesem Thema sind in Kapitel 2 zu finden.

Die globale Ozeanzirkulation wird wesentlich von den küstennahen Prozessen in den hohen südlichen Breiten beeinflusst. Hierzu zählen die Bildung und das Schmelzen von Meereis, die Wechselwirkungen mit den Eisschelfregionen (einschließlich Eisbergschmelzens) sowie die windgetriebene Zirkulation (einschließlich küstennahen Abtriebs). Die Arbeiten zu diesem Themenkomplex werden mit dem in den Vorjahren entwickelten und im Berichtszeitraum vervollständigten Modellsystem BRIOS („Bremerhaven Regional Ice Ocean Simulations“) durchgeführt. Nach vorläufigem Abschluss der Entwicklungsarbeiten an dem vollständig gekoppelten Modellsystem für Meer-eis–Ozean–Eisschelf und den damit verbundenen umfangreichen Validierungen wurden zahlreiche physikalische Fragestellungen untersucht. Diese konzentrierten sich zum Beispiel auf die Interpretation der Modellergebnisse bezüglich der Bildungsraten, der Bildungsgebiete und der Ausbreitungspfade von Bodenwasser. Dabei zeigt sich, dass im klimatologischen Mittel auch außerhalb des Weddellmeeres nennenswerte Mengen Antarktischen Bodenwassers

ing model. These studies show that variations are caused primarily by fluctuations in the precipitation rate. More information is provided in Chapter 2.

The global circulation of the ocean is essentially influenced by near-coastal processes in high latitudes. Examples are the formation and melting of sea ice, the interactions with ice shelves (including the melting of icebergs), and the wind driven circulation (including the near-coastal negative buoyancy force). The investigations are carried out with the BRIOS (Bremerhaven Regional Ice Ocean Simulations) model system, which has been developed during the last years and recently completed. The development of a fully coupled sea ice – ocean – shelf ice model system has been temporarily terminated and the model results validated. Many physical situations have been investigated subsequently. These studies comprise e. g. the interpretation of the model results with respect to formation rates, formation areas and propagation paths of bottom water. It could be shown that a considerable amount of Antarctic Bottom Water is formed outside the Weddell Sea, even on a climatological time scale. A simulation for the forty-year period 1958 to 1997 was done to obtain information on the interannual variability. The dominant signal arises from the ‘Antarctic Circumpolar Wave’ which is characterised by a four-year period in the time series of the oceanic surface mixed layer temperature and sea ice extension. This variation is significantly correlated with the production rate of dense water over the Weddell Sea Shelf. Furthermore, we found an inter-decadal variation in surface temperatures, which propagates as a coherent signal within the Antarctic Coastal Current. This westward propagating anomaly pattern had been

gebildet werden. In einer vierzigjährigen (1958 - 1997) Simulation stand die zwischenjährliche Variabilität im Zentrum der Untersuchungen. Das dominante Signal liefert die „Antarktische Zirkumpolarwelle“ mit ihrer vierjährigen Periode in den Variablen Deckschichttemperatur und Meereisausdehnung. Die Produktionsrate von dichtem Wasser auf dem Weddellmeerschelf ist mit dieser Schwankung signifikant korreliert. Darüber hinaus wurde eine interdekadische Schwankung der Bodentemperaturen gefunden, die sich als kohärentes Signal im Antarktischen Küstenstrom ausbreitet. Dieses westwärts fortschreitende Anomalienmuster hat in der Mitte der 1970er Jahre zu einer Erwärmung des östlichen Weddellmeeres geführt und könnte im Zusammenhang mit der damals in Satellitenmessungen beobachteten Weddell-Polynja stehen.

In idealisierten Prozessstudien wurde auch der Einfluss der Gezeiten auf den Klimazustand im Südpolarmeer untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass die Gezeiten eine vertikale Vermischung über topographisch stark gegliedertem Gelände verursachen und so den ozeanischen Aufwärtstransport von Wärme verstärken. Dieser Effekt erklärt zum Beispiel die über der Maud-Kuppe beobachtete typische Reduktion der Eisdicke.

Mit einem gekoppelten Ozean-Meereis-Atmosphären-Modell wurden Rückkopplungsmechanismen zwischen atmosphärischen Wärme- und Feuchteflüssen und der thermohalinen Zirkulation im Nordatlantik untersucht. Während die Prozesse in Ozean und Meereis in diesem Modell relativ detailliert aufgelöst werden, wird der Einfluss der Atmosphäre lediglich durch ein einfaches Energie-Feuchtebilanz-Modell repräsentiert. Die Untersuchungen dienen dem Verständnis des Zusammenspiels von Schwankungen der regionalen atmosphärischen Zirkulation und der glo-

brought about by a warming of the eastern region of the Weddell Sea in the mid 1970s and may be related to the Weddell Polynya, which was discovered by satellite observations.

The effect of tides on the climate in the Southern Polar Ocean has been investigated in terms of idealised process studies. It could be proved that tides cause vertical mixing in regions with prominent topography, and hence they strengthen the oceanic upward transport of heat. This effect for instance explains the typical reduction of ice thickness observed over Maud Rise.

Feedback mechanisms between atmospheric heat and moisture fluxes and thermohaline circulation in the North Atlantic have been investigated using a coupled ocean – sea ice – atmosphere model. While processes in the ocean and sea ice are described comparatively detailed in that model, the effect of the atmosphere is represented only in terms of a simple model for the energy and moisture budgets. These studies help to understand interactions between regional atmospheric circulation and global oceanic circulation and their effect on climate. Estimates of decadal and multidecadal variability in thermohaline circulation exhibit a dominant period of approximately 50 years.

Case studies in which atmospheric conditions were kept constant in time, showed similar oscillations, however, with considerably smaller amplitude. On the other hand, if the atmospheric part of the model is allowed to react to changes in the ocean, a positive feedback mechanism is active for those processes which only show up for the ocean – sea ice system. Sensitivity studies of the global oceanic circulation with respect to disturbances at the surface

balen ozeanischen Zirkulation und ihrer Auswirkungen auf das Klima. Experimente zur Abschätzung der dekadischen und multidekadischen Klimavariabilität der thermohalinen Zirkulation zeigen eine dominante Periode von ca. 50 Jahren.

In einer Version dieses Modells, in der zeitlich konstante atmosphärische Bedingungen vorgegeben werden, konnten ähnliche Oszillationen mit wesentlich geringerer Amplitude nachgewiesen werden. Wird dagegen die atmosphärische Modellkomponente so behandelt, dass sie auf Zustandsänderungen im Ozean reagieren kann, tritt eine positive Rückkopplung für solche Prozesse auf, die im Ozean-Meereis-System allein schon vorhanden sind. Untersuchungen zur Sensitivität der globalen ozeanischen Zirkulation bezüglich Störungen der Massenflüsse an der Oberfläche und des Windschubs über dem Südlichen Ozean zeigen einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Stärke der Zelle von Nordatlantischem Tiefenwasser und des Antarktischen Zirkumpolarstroms (ACC). Durch Beeinflussung der Neueisbildung am antarktischen Kontinent hat der Wind einen thermohalinen Effekt, was sich in einer deutlichen Reaktion des ACC zeigt.

Eine globale Version des Ozeanmodells MOM2 („Modular Ocean Model“) wurde mit erhöhter horizontaler Auflösung in der Drake Passage versehen. Damit war es möglich, die dynamischen Prozesse besser darzustellen, die für Intensität und Pfad des ACC wichtig sind. Es konnte der bestimmende Einfluss der Verteilung der vertikal integrierten potenziellen Energie bestätigt werden, der schon in einer Vielzahl von idealisierten Studien gefunden worden war. Damit ist ein sehr einfacher Zusammenhang zwischen meridionalen Dichtegradienten und der Stärke des ACC gefunden worden.

and wind stress over the Southern Ocean reveal a clear far-reaching relationship between the strength of the cell of North Atlantic Deep Water and the Antarctic Circumpolar Current (ACC). Wind affects the thermohaline circulation by influencing the formation of new ice near the Antarctic continent, which is seen in a clear response of the ACC.

A global version of the ocean model MOM2 has been improved by increasing the horizontal resolution (in terms of a focussing grid) in the region of the Drake Passage. This enables a better representation of dynamic processes which influence the intensity and the path of the ACC. In case studies, the decisive effect of the distribution of the vertically integrated potential energy has been confirmed, which has been found in many earlier case studies with idealised conditions. Thus we have found an important and simple relationship between the meridional density gradient and the strength of the ACC.

Atmospheric processes show large variations on time scales ranging from years to decades and centuries, being excited by external and internal factors. To quantify the internally excited atmospheric climate variability and to contribute to its understanding, simulations were performed with a hierarchy of climate models. This set comprises low-order spectral atmospheric models and coupled atmosphere-ocean-models of middle and high complexity. Using statistical analyses of model integrations over 1000 years, it was proved that all models are able to simulate typical large-scale atmospheric circulation patterns (Northern Atlantic Oscillation, Pacific-North America-pattern) and to generate decadal scale climate variability resulting from non-linear dynamical effects without external forcing factors.

Atmosphärische Prozesse weisen auf der Zeitskala große Variationen von Jahren, Jahrzehnten bis Jahrhunderten auf, die durch externe oder interne Faktoren hervorgerufen werden. Um die intern erzeugte atmosphärische Klimavariabilität zu quantifizieren und Beiträge zu deren Verständnis zu erarbeiten, wurde eine Hierarchie von Klimamodellen verwendet. Diese Modellhierarchie umfasst spektrale atmosphärische Modelle niedriger Ordnung und gekoppelte Atmosphäre-Ozean-Modelle mittlerer und hoher Komplexität. Auf der Basis statistischer Analysen der Resultate von Modellintegrationen über einen Zeitraum von 1000 Jahren wurde nachgewiesen, dass alle Modelle in der Lage sind, typische großskalige atmosphärische Strömungsmuster, wie z. B. die Nordatlantische Oszillation und das Pazifik-Nordamerika-Muster, zu simulieren und dekadische Variabilität als Folge nichtlinearer Dynamik ohne externe Antriebsfaktoren zu erzeugen.

In einem regionalen Klimamodell der Arktis, das mit Randdaten aus einem realitätsnahen globalen Klimamodell angetrieben wurde, konnte gezeigt werden, dass das arktische Klima zwischen zwei Zirkulationszuständen schwankt. Das Zentrum der Zirkulation liegt entweder über der westlichen oder der östlichen Arktis, und diese Strömungskonfigurationen beeinflussen die synoptischen Zyklonenzugbahnen in die Arktis. Die niederfrequente Variabilität kann dadurch verstanden werden, dass es einige bevorzugte atmosphärische Strömungsmuster gibt und die Variabilität sich durch Änderungen der Häufigkeit dieser bevorzugten Strömungsregime manifestiert. Entsprechende Regimeanalysen der langen Modellintegrationen geben Hinweise darauf, dass die Modelle in der Lage sind, das beobachtete komplexe Regimeverhalten der atmosphärischen Strömung wiederzugeben.

Using a regional climate model for the Arctic region, driven by data from a global climate model, it was shown that the Arctic model climate varies between two circulation states. The centre of circulation is positioned either in the West or in the East Arctic region, and these configurations influence the synoptic storm tracks into the Arctic. The low-frequency variability can be interpreted in such a way, that there are preferred atmospheric circulation patterns and the variability manifests by changing the occurrence of the favoured patterns. The analysis of the long model runs with respect to the frequency of the relevant regimes indicates that the models are able to reproduce the multimodal regime behaviour of the atmospheric circulation.

A new project has been started to investigate the physics of clouds and precipitation as well as their influence on polar atmospheric processes. Clouds and precipitation are crucial for the mass and energy budgets of the atmosphere, and are also of great relevance for ocean as well as land and sea ice systems for several reasons. For instance fresh water input and ice formation strongly depend on precipitation. The high-resolution weather forecast model LM (Lokal-Modell) of the 'Deutscher Wetterdienst' is available for these investigations. This model differs from other numerical forecast models by using a comparatively sophisticated parameterisation of cloud microphysical processes with special emphasis placed on the ice phase. After installation of this model system at AWI, extensive sensitivity studies with respect to special parameterisation assumptions were performed. It could for instance be proved that the simulated distribution of clouds and precipitation depends on the interpretation of ice crystals as being graupel or snowflakes etc.

In dem Berichtszeitraum wurden Arbeiten zur Physik von Wolken und Niederschlag und deren Einfluss auf polare atmosphärische Prozesse neu aufgenommen. Wolken und Niederschlag beeinflussen den Massen- und Energiehaushalt der Atmosphäre erheblich, und sie sind auch für den Ozean und das Land- und Meereis von Bedeutung, weil u. a. die Süßwasserzufuhr und Eisbildung vom Niederschlag abhängen. Im Mittelpunkt stehen Modell- und Simulationsarbeiten mit dem hochauflösenden Wettervorhersagemodell LM („Lokal-Modell“) des Deutschen Wetterdienstes. Dieses Modell zeichnet sich u. a. dadurch aus, dass bei der Parametrisierung der Wolkenmikrophysik den Eisphasenprozessen, verglichen mit anderen numerischen Wettervorhersagemodellen, besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird. Nach Installation des Modellsystems am AWI wurden umfangreiche Sensitivitätsstudien zu Parametrisierungsannahmen, die speziell die Eisphase betreffen, durchgeführt. So konnte nachgewiesen werden, dass die simulierte Verteilung von Wolken und Niederschlag z. B. davon abhängt, ob die Eisteilchen im Modell als hexagonale Plättchen oder als Graupel oder als Schneeflocken interpretiert werden.

3.1.2 Regionale Zirkulation

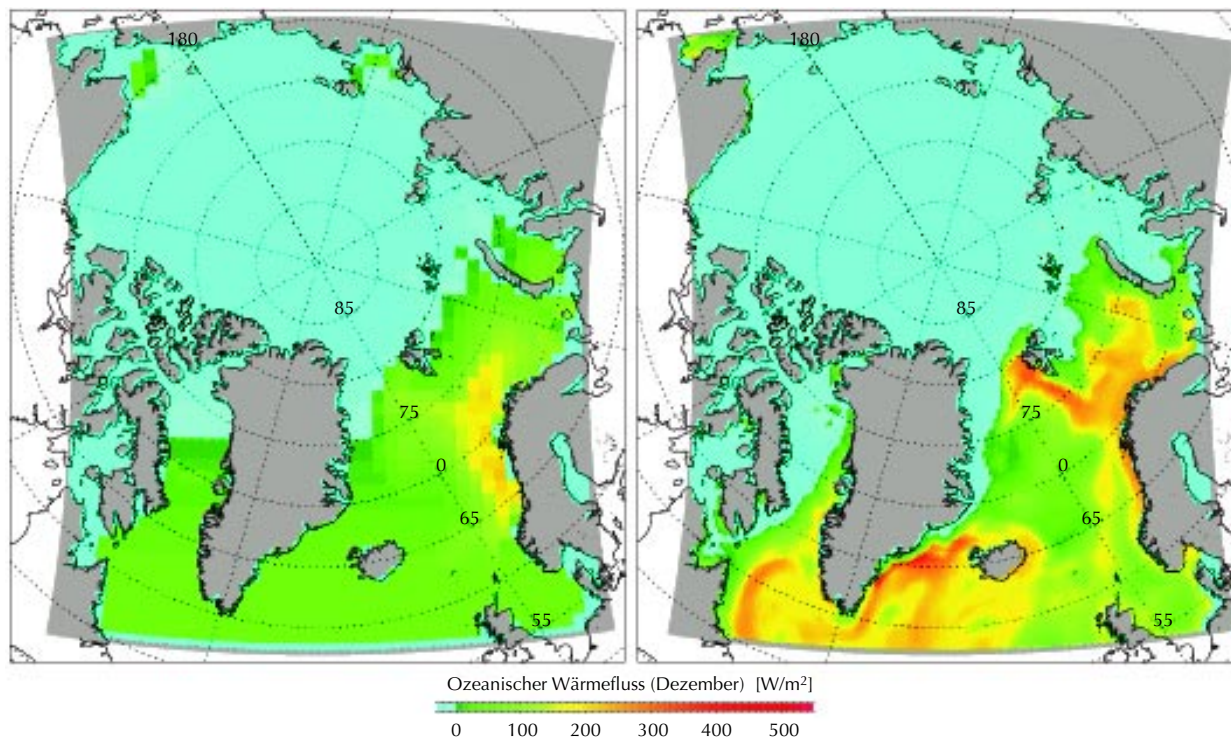
Das Ziel der Arbeiten zur polaren Grenzschichtmeteorologie besteht in der Untersuchung atmosphärischer meso- und mikroskaliger Prozesse und der Entwicklung darauf basierender Parametrisierungen der Energie- und Feuchteflüsse für Klimamodelle unterschiedlicher Skalen. Hierzu wurden im Berichtszeitraum die Messungen der während der 1998 in der Region um Spitzbergen durchgeführten Kampagne ARTIST („Arctic Radiation and Turbulence Interaction Study“)

3.1.2 Regional circulation

Goal of our research in polar boundary layer meteorology is to study atmospheric meso- and micro-scale processes and the development of parameterisations of energy and momentum fluxes for climate models of different scales. In the past two years, observations of the campaign ARTIST (Arctic Radiation and Turbulence Interaction Study), carried out in 1998 near Svalbard, were analysed and used as a basis for model studies of polar processes in the marginal sea ice zone.

Applications of the three-dimensional model METRAS (Mesoskaliges Transport- und Strömungsmodell) clarified the strong influence of small variations in sea ice cover on energy fluxes in the boundary layer. Based on model runs with different sea ice scenarios it was found that a small scale variation of the pattern of sea ice cover for a given constant average sea ice concentration can strongly modify mean heat flux. Furthermore, it was shown that model results agree better with observations when ice concentration used in the atmospheric model is derived from satellite data using a new algorithm developed at the University of Bremen.

A new parameterisation of heat and humidity flux in the convective polar boundary layer was developed. In contrast to existing closures, the new parameterisation determines the vertical profile of heat flux as a function of the size of upwind and downwind areas. Another project concentrated on parameterisations of the influence of sea ice ridges on sea ice roughness with different models and different grid sizes. It was shown that the inclusion of form drag caused by ridges strongly influences the calculated wind fields.



analysiert und als Basis für Modellstudien polarer Prozesse im Eisrandbereich benutzt.

Die Anwendungen des dreidimensionalen Atmosphärenmodells METRAS („Mesoskaliges Transport- und Strömungsmodell“) verdeutlichten den enormen Einfluss nur geringer Variationen der Eisbedeckung auf die Energieflüsse. So konnte anhand verschiedener Szenarienrechnungen gezeigt werden, dass bereits allein eine Variation des Musters der Eisbedeckung bei konstanter Eiskonzentration erhebliche Auswirkungen auf die mittleren Wärmeflüsse haben kann. Es zeigte sich ferner, dass die Modellergebnisse im Eisrandbereich besser mit Messungen übereinstimmen, wenn die in das Atmosphärenmodell eingehende Eiskonzentration aus Satellitendaten mit Hilfe eines an der Universität Bremen neu entwickelten Algorithmus bestimmt wird.

Abb. 1: Verbesserung des ozeanischen Wärmeflusses für das Meereismodell, hier im Dezember. Links ist die alte, klimatologische Wärmeflussverteilung zu sehen, rechts die neue aus dem AWI-Arktis-Ozeanmodell.

Fig. 1: Improvement of the oceanic heat flux used in the sea ice model (example shown for December). The left panel displays old climatologic heat fluxes, and the right panel new fluxes from the AWI Arctic ocean model (NAOSIM).

Ein neues Parametrisierungsverfahren der Wärme- und Feuchtetransporte in der konvektiven polaren Grenzschicht wurde entwickelt, in welchem das Vertikalprofil des Wärmeflusses anders als bei den üblichen Gradientansätzen unter Einbeziehung der unterschiedlich ausgedehnten Auf- und Abwindgebiete abgeleitet wird. Ferner wurden die zuvor entwickelten Parametrisierungen der durch Presseisrücken beeinflussten Meereisrauigkeit in unterschiedlichen Modellen mit verschiedenen großen Gitterweiten getestet. Es zeigte sich, dass insbesondere die Einbeziehung des Formwiderstandes von Eisrücken großen Einfluss auf die berechneten Windfelder besitzt.

Das EU-Projekt ARTIST sowie das vom BMBF geförderte Projekt ACSYS („Arctic Climate System Study“) wurden abgeschlossen und in Abschlussberichten dokumentiert.

Für das Meereismodell wurde eine neue Randbedingung für den ozeanischen Wärmefluss eingeführt, die nicht mehr auf klimatologischen Daten beruht. Stattdessen wurden Monatsmittel aus einem am AWI betriebenen Arktismodell (North Atlantic–Arctic Ocean–Sea Ice Model, NAOSIM) benutzt (Abb.1). Dadurch konnte insbesondere die Lage der Eiskante, beispielsweise im Ostgrönlandstrom nördlich von Island, deutlich realitätsnaher berechnet werden. Das Meereismodell wurde außerdem in ein Vorhersagemodell weiterentwickelt, in das tägliche Satellitendaten der Eiskonzentration assimiliert werden können, um die bestmöglichen Ausgangsbedingungen für eine Vorhersage zu besitzen.

Während der ‚Polarstern‘-Nordpolexpedition ARK XVII/2 wurden umfangreiche Meereisdickenmessungen durchgeführt, die eine um 20 % geringere Dicke ebenen Eises gegenüber Messungen im selben Gebiet

The EU-project ARTIST as well as the BMBF supported project ACSYS (Arctic Climate System Study) were completed and documented in reports.

The ocean boundary condition of the stand-alone sea ice model was improved by using monthly mean ocean heat flux from an Arctic ocean model (North Atlantic–Arctic Ocean–Sea Ice Model, NAOSIM) run at AWI instead of climatologic data (fig. 1). This particularly improved the accuracy of the ice edge, for instance in the Greenland Sea north of Iceland. The sea-ice model was extended to enable assimilation of satellite derived ice concentration fields which will be used to run the model in forecast-mode.

During the ‘Polarstern’ cruise ARK XVII/2 to the North Pole, extensive ice thickness measurements were performed. They revealed a reduction of level ice thickness of 20 % compared with measurements for the same region from 1991. A helicopter-borne ice thickness sensor (“EM-bird“) was successfully operated for the first time, yielding extensive data of very good quality (fig. 2). However, because the signal-to-noise ratio is not yet as small as desired, the bird has to be flown at low altitudes of 10 to 15 metres above the ice surface.

Changes in atmospheric carbon dioxide concentrations between glacial and interglacial periods, documented in ice cores, are possibly related to climatic variations of the biological carbon pump in the Southern Ocean. This could be the effect of differences in the supply of wind-blown, iron-rich continental dust between the arid glacial and humid interglacial climates. To test the hypothesis that iron deficiency limits photosynthesis of planktonic algae in the recent warm climate period, an in situ fertilisation experiment, “EisenEx“, was conducted with

vor zehn Jahren ergaben. Außerdem wurde erstmalig der EM-Bird eingesetzt, eine hubschraubergestützte Eisdickensonde, die in den letzten Jahren entwickelt wurde. Die Sonde lieferte umfangreiche Daten sehr guter Qualität (Abb. 2). Das Signal-Rausch-Verhältnis liegt allerdings noch beträchtlich unter den Erwartungen, so dass eine niedrige Flughöhe des EM-Birds von 10 - 15 Meter über dem Eis erforderlich ist.

Schwankungen der Kohlendioxid-Konzentrationen in der Atmosphäre im Verlauf von Warm- und Kaltzeiten, die in Eiskernen dokumentiert sind, könnten durch klimatische Veränderungen der biologischen Kohlenstoffpumpe im Südozean bedingt sein. Ein möglicher Zusammenhang ergibt sich aus unterschiedlich starken Einträgen kontinentalen eisenhaltigen Staubes mit dem Wind während der trockeneren Kalt- und feuchteren Warmzeiten. Um die Hypothese zu testen, dass Eisenmangel die Photosynthese von Planktonalgen und damit die CO₂-Aufnahme während der gegenwärtigen warmen Klimaphase begrenzt, wurde Ende Oktober bis Anfang Dezember 2000 mit ‚Polarstern‘ das Düngungsexperiment „EisenEx“ durchgeführt. „EisenEx“ hat den Nachweis erbracht, dass durch Zufuhr von Eisen-Lösung die Phytoplankton-Primärproduktion auf ein Mehrfaches gesteigert werden kann. Basierend auf Ergebnissen vorangegangener ‚Polarstern‘-Expeditionen, die gezeigt hatten, dass die mesoskalige Frontendynamik nicht nur die Lichtlimitierung der Phytoplankton-Primärproduktion mindern kann, sondern auch zur Subduktion und Sedimentation biogen fixierten Kohlenstoffs beiträgt, wurde als grobes Zielgebiet für „EisenEx“ der Bereich der Fronten im Zentrum des Antarktischen Zirkumpolarstroms festgelegt. Um die Auswirkungen der Eisendüngung für einen möglichst langen Zeitraum

‘Polarstern’ late October to early December, 2000. “EisenEx” showed that phytoplankton primary production can be significantly increased by iron supply. It was decided to conduct “EisenEx” in the frontal region in the centre of the Antarctic Circumpolar Current because earlier ‘Polarstern’ cruises had revealed that meso-scale frontal dynamics increase water column stability and hence provide favourable light conditions for phytoplankton growing in the ocean surface mixed layer, as well as leading to subduction and subsequent sedimentation of biogenic carbon. Tracking the fertilised patch of water and monitoring the effect of iron supply for the duration of the experiment was made possible by selecting the eye of an eddy, of roughly 150 kilometres in diameter and alternating between the Southern and Antarctic Polar Front. In addition to the results on iron effects on biogeochemical processes, “EisenEx” produced a data set that combines three-dimensional measurements of tracer dispersion with profiles of micro-turbulence, with the velocity and density distributions and with meteorological records. This makes it ideally suited to study physical processes which account for the exchange of matter and momentum between the ocean mixed layer and the stratified interior.

One open question is the relative importance of the Weddell Sea for the renewal of the Antarctic Bottom Water in the world ocean basins. For this reason, the international DOVETAIL programme (Deep Ventilation Through Antarctic Intermediate Layers) was designed to estimate the volume transport of deep and bottom waters out of the Weddell Sea and to study their pathways through the gaps of the South Scotia Ridge system. Within the bilateral co-operation between AWI and FURG (Fundação

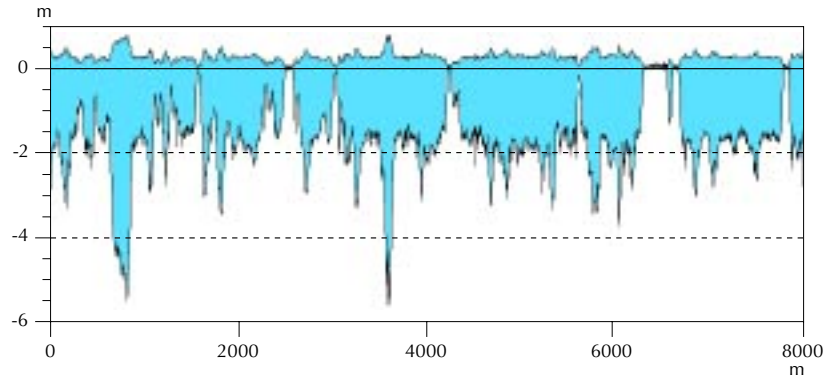


Abb. 2: Ausschnitt aus einem typischen Eisdickenprofil, das im Sommer 2001 während ARK XVII/2 mit dem EM-Bird vermessen wurde. Das Profil erstreckt sich über mehrere Eisschollen und dazwischen liegende Rinnen.

Fig. 2: Section of a typical sea ice thickness profile obtained with the EM-Bird during the summer cruise ARK XVII/2. The profile extends over several ice floes and includes leads.

verfolgen zu können, wurde das Experiment in einem mesoskaligen Wirbel von etwa 150 km Durchmesser durchgeführt, der ortsfest zwischen den Strahlströmen der Antarktischen Polarfront und Südpolarfront drehte. Neben den Ergebnissen zum Einfluss der Eisenverfügbarkeit auf biogeochemische Prozesse konnte durch die Verbindung von Messungen zur Spurenstoffausbreitung, Profilen der Mikrostruktur turbulenz, Kartierungen der Wirbelzirkulation und Dichtestruktur und Aufzeichnungen der physikalischen Randbedingungen in der Atmosphäre ein exzellenter Datensatz gewonnen werden, der zu einem besseren Verständnis der Austauschvorgänge zwischen der Ozean-Deckschicht und der darunter liegenden Sprungschicht beitragen wird.

Eine der wichtigen noch offenen Fragen ist der Beitrag des Weddellmeeres für die Erneuerung des Antarktischen Bodenwassers in den Becken des Weltmeeres. Aufgrund dieser Fragestellung wurde das internationale DOVETAIL-Programm (Deep Ventilation Through Antarctic Intermediate Layers) mit dem Ziel initiiert, den Volumentransport des Tiefen- und Bodenwassers aus dem Weddellmeer zu bestimmen und die Querung dieses Wassers über den Südshetlandrücken zu erfassen. Im Rahmen der bilateralen Kooperation zwischen dem AWI und der Fundação Universidade do Rio Grande (FURG), Brasilien, wurden zwei Forschungsfahrten mit dem brasiliana-

Universidade do Rio Grande, Brazil) two hydrographic cruises were done with the Brazilian research ship 'Ary Rongel' in the summers of 2000 and 2001. They revealed changes in the modification of water masses and their pathways over seasonal and inter-annual time scales. Comparison of the new data with historical data show a warming of the bottom layer which was attributed to inter-annual fluctuations in the formation region of cold bottom water. The shape of temperature and salinity indicate that the intermittent behaviour of small scale cold water sources along the Weddell Sea's periphery causes the variability measured in the deep northwestern Weddell Sea. The data of long-term moorings along the western

nischen Forschungsschiff ‚Ary Rongel‘ in den Sommern 2000 und 2001 durchgeführt. Im Vergleich mit Daten kürzlicher ‚Polarstern‘-Reisen und älteren Daten verschiedener Quellen wurden Veränderungen in der Modifikation der Wassermassen und deren Ausbreitungswege auf saisonalen und interannualen Zeitskalen festgestellt. Eine von saisonalen Veränderungen überlagerte Erwärmung der bodennahen Schicht wurde festgestellt, die interannualen Fluktuationen in den verschiedenen Bildungsregionen kalten Bodenwassers zuzuordnen ist. Die Analyse von Daten aus Langzeitverankerungen entlang des westlichen Randes des Powell-Beckens und der Antarktischen Halbinsel zeigt, dass die topographisch geführte Strömung des Schelfwassers hauptsächlich in die Bransfieldstraße mündet, während die Scotia-See Wasser aus mittleren Tiefen direkt aus dem Powell-Becken bezieht. Dieser Strömungsast variierte beträchtlich in den letzten zwei Jahrzehnten. Die beobachteten Variabilitäten haben Einfluss auf den Wassermassenexport über den Südshetlandrücken, da die Abwesenheit von salzärmerem/leichterem Weddellmeerbodenwasser südlich des Südorkneyplateaus im Jahre 2000 mit der reduzierten Ventilation der tiefen Scotia-See verknüpft sein kann.

Der ozeanische Austausch von Wärme und Salz zwischen Nordatlantik und dem Nordpolarmeer ist eine wesentliche Komponente des Klimas der Nordhemisphäre. Ein auf langzeitige Erfassung der Flüsse angelegtes Verankerungsprogramm zwischen Grönland und Spitzbergen wurde mit ‚Polarstern‘-Reisen 2000 und 2001 in internationaler Kooperation fortgeführt. Es zeigte sich, dass der Wärmetransport Ende der 90er Jahre durch Einstrom atlantischen Wassers ins Nordpolarmeer erheblich zugenommen hatte.

rim of Powell Basin and the Antarctic Peninsula show that the shelf waters mainly leave the Weddell Sea into Bransfield Strait whereas the Scotia Sea is more directly supplied by water from the Powell Basin. The latter branch varied significantly over the past two decades. The observed variability has consequences for the water mass export across the South Scotia Ridge, as the absence of the fresher/lighter Weddell Sea Bottom Water south of South Orkney Plateau in 2000 might be linked to a reduced ventilation of the deep Scotia Sea. The results of this study show the need for ongoing efforts especially in the source regions along the eastern coast of the Antarctic Peninsula to establish a long-term monitoring of this region with global importance.

Thermohaline circulation is regarded as an important component in the climate system of the northern hemisphere – and the exchange of heat and salt between the North Atlantic and the Arctic Ocean plays a significant role in this context. In 1997, a mooring programme for long-term observation of the fluxes through Fram Strait was started within the EU programme VEINS (Variability of Exchanges of the Northern Sea). The programme was continued during ‘Polarstern’ cruises in 2000 and 2001. At the end of the 90s the heat flux to the Arctic Ocean had increased considerably. Warmer Atlantic Water contributed to the increase to a similar extent as stronger flow of the West Spitsbergen Current. The increase of heat transport can lead to a similar warming of the upper waters in the Arctic Ocean as was observed in the early nineties. According to results of the high resolution model of the North Atlantic–Arctic Ocean system, the advection of temperature anomalies in the ocean as well as regional warming of the sur-

Dies ist sowohl durch eine Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit im Westspitzbergenstrom als auch durch eine Temperaturzunahme des herangeführten Wassers verursacht. Der erhöhte Wärmetransport lässt eine ähnliche Erwärmung der oberen Wasserschichten im Nordpolarmeer erwarten, wie sie Anfang der 90er Jahre beobachtet wurde. Modellierungsergebnissen zufolge hat die Advektion von Temperaturanomalien im Ozean ebenso wie die regionale Erwärmung der Deckschicht einen starken Einfluss auf die langfristigen Schwankungen der Eisbedeckung.

In der Modellierung der Nordpolarmeerzirkulation wurde die dynamische Kopplung von Ozean und Eis deutlich verbessert, indem für die Schubspannung zwischen Ozean und Eis das ozeanische Geschwindigkeitsfeld genauer als bisher berücksichtigt wird. Dadurch wurde die Simulation der Eisverhältnisse der sibirischen Schelfmeere und vor allem der Grönlandsee deutlich verbessert. Die Modelle wurden erweitert, um die Ausbreitung von Spurenstoffen zu simulieren. Damit kann die potenzielle Verbreitung z. B. von radioaktivem Material, aus aktuellem Anlass wie dem Untergang des russischen Atom-U-Boots ‚Kursk‘, simuliert werden, und es können biogeochemische Prozesse untersucht werden.

Im Berichtszeitraum wurde die Abteilung ‚Messtechnik und Entwicklung‘ in der Form zweier Themenkreise in die Sektion eingegliedert. Die gerätebezogenen Arbeiten umfassen Entwicklungen für die polare Meeresforschung sowie die klimarelevante Polarforschung. Im BMBF-Verbundprojekt ARKTIEF II („Arktisches Tiefseeprogramm“) wurden Laboruntersuchungen zur Entwicklung eines Mehrfrequenz-Nephelometers hoher Empfindlichkeit durchgeführt. Das Gerät dient zur Bestimmung korngrößenabhän-

face layer have a strong influence on the long-term modes of the ice cover.

The coupling between ocean and ice was enhanced by more appropriate consideration of the oceanic flow for the stress between ocean and ice. This improved the simulation of the ice conditions north of Siberia and in the Greenland Sea. With respect to pollution harassment (e.g. through radionuclides from the nuclear submarine ‘Kursk’), the models were extended to include the spreading of tracers. This also enables the use of tracers to study bio-geo-chemical processes.

During the reporting period, the department ‘Instrumentation and Development’ was integrated into the section ‘Regional Circulation’. The development of the research group includes instrumentation for polar ocean research and climate relevant polar investigation. Within the BMBF-project ARKTIEF II (Arktisches Tiefseeprogramm), lab experiments were performed for the development of a multi-wavelength-nephelometer with high sensitivity. The instrument determines size dependent fluxes of particulate matter. The “EP/CC-Jojo” (externally powered/compressibility compensated) was used in the field for the second year. The sampled data set (two daily profiles over the entire water depth of 3700 metres in the Greenland Sea) shows the development of winter ventilation with high time resolution. In winter 2000/2001, a passing of a small-scale eddy was observed, with a convection depth exceeding that of the background by 1000 metres. During such unexpected episodic events the development precondition of low current speeds does not hold, and pauses of operation indicate the necessity to increase current resistance of the design. Parts of the construction were patented in 2001.

giger Schwebstofftransporte. Die automatisch profilierende Tiefseesonde („Jojo-CTD“) hat das zweite Jahr ihres operationellen Einsatzes in der Grönlandsee hinter sich. Ihr Datensatz (zweitägliche Profile über die gesamte Wassertiefe von 3700 Meter) zeigt detailliert den Ablauf der winterlichen Ventilation. Im Winter 2000/2001 wurde u. a. der Durchgang eines kleinskaligen Wirbels gemessen, dessen Konvektionstiefe die der Umgebung um etwa 1000 Meter übersteigt. Während solcher unerwarteter episodischer Ereignisse ist die Entwicklungsvoraussetzung der Strömungsarmut nicht gegeben. Zu der Konstruktion wurde 2001 ein Patent erteilt.

Weitere Erteilungen von Patenten erfolgten u. a. zum nichtstatischen Temperaturkalibrationsbad und zum Leitfähigkeitsreferenzmessplatz, der Leitfähigkeitsmessungen im Labor von den Umgebungsbedingungen entkoppelt. Diesen Referenzmessungen kommt erhöhte Bedeutung zu, da Untersuchungen in der Arktis zeigten, dass nur ausgesprochen kleine Regionen für in-situ-Vergleiche geeignet sind und daher nur eine kleine Anzahl Proben zur Auswertung gelangen kann. Für die Fernerkundung mit dem Color-Line-Scanner wurde eine besonders schnell arbeitende Georeferenzierung in die Auswertungssoftware integriert, die auch ein Geländemodell enthält. Damit wurden im Entwicklungsbereich die Line-Scanner- und Mikrowellen-Arbeiten beendet.

Während der Expedition ANT XVIII (April/Mai 2001) wurde nach abgeschlossener Entwicklungsarbeit ein Gerät zur Messung der räumlichen Lichtverteilung in der Wassersäule („Bucky-Ball“) von ‚Polarstern‘ aus erfolgreich erprobt. Das extrem lichtempfindliche Gerät wird bis 6000 Meter Tiefe eingesetzt und zählt in einem gläsernen Druckschutz

Other patentations include a non-static temperature calibration bath and a reference conductivity meter which effectively decouples the conductivity measurements from the lab environment. These reference measurements are of high importance because investigations in the Arctic oceans showed that only very restricted areas are suited for in-situ comparisons and, consequently, only a small number of reference samples can be evaluated. Remote sensing with the Color-Line-Scanner has been improved considerably by integrating a geo-reference algorithm into the processing software which further includes a topographic model. Line-Scanner and Microwave work has been terminated with respect to instrument development.

After having completed the development phase of an instrument that measures the directional distribution of light in the water column (‘Bucky Ball’), this has been successfully tested during the ‘Polarstern’ expedition ANT XVIII (April/May 2001). The extremely light sensitive instrument can be used up to 600 bars (ca. 6000 metres water depth). Single photons are counted with 32 sensors that cover the entire space angle. A glass sphere is used as pressure vessel, and the sensors are connected to a micro-channel board by glass fibres. The resulting signal is transmitted in real time by modulating the current supply. The instrument can determine low light intensities in great depths or under ice, and bioluminescence and Cherenkov radiation of cosmic origin can be detected. A first scientific project tested whether seals or other deep diving mammals with highly light sensitive receptors are able to use the available extremely low light signals for hunting.

einzelne Photonen mit 32 Sensoren, die den vollen Raumwinkel erfassen. Die Messkanäle werden über Glasfasern auf einer Mikrokanalplatte zusammengeführt und die Daten in Echtzeit der Stromversorgung (Einleiterkabel) aufmoduliert. Mit dem Gerät kann das Tagesrestlicht in großer Tiefe oder unter Eis bestimmt und es können Biolumineszenz und Cherenkov-Strahlung kosmischen Ursprungs nachgewiesen werden. Als erste wissenschaftliche Fragestellung wird derzeit untersucht, ob das vorhandene schwache Licht für Robben oder andere tief tauchende Säugetiere mit extrem lichtempfindlichen Augen zum Beutefang ausreichen kann.

3.1.3 Physikalische und chemische Prozesse in der Atmosphäre

Um die vielfältigen Wechselwirkungen im arktischen Klimasystem zu untersuchen, wurde ein Modell des gekoppelten Systems Atmosphäre–Meereis–Ozean für die Arktis entwickelt. Dieses Modell reproduziert die Haupteigenschaften der großskaligen Strömung und der Oberflächenparameter in der Arktis. Den im Sommer 1990 beobachteten großen Meereisrückzug im osteuropäischen Bassin und den angrenzenden Schelfseen simuliert das Modell realitätsnah. In einem regionalen Klimamodell der Arktis, das mit Randdaten aus einem realitätsnahen globalen Klimamodell angetrieben wurde, konnte gezeigt werden, dass das arktische Klima zwischen zwei Zirkulationszuständen schwankt. Regionale Klimaszenarien der Arktis aufgrund von erhöhten Konzentrationen von Treibhausgasen und Schwankungen der Nordatlantischen Schwingung (NAO) zeigen eine Konkurrenz der anthropogenen Erwärmung und natürlichen Zirkulationsvariationen, die mit der NAO verbunden

3.1.3 Physical and chemical processes in the atmosphere

To investigate the complex interactions within the Arctic climate system, a coupled atmosphere–ocean–sea ice model for the Arctic was developed. The model reproduces the main features of the large-scale flow and surface parameters in the Arctic. The observed large sea ice retreat in summer 1990 in the East-Siberian Seas was simulated with the model realistically. Both, in the uncoupled atmosphere model with prescribed sea ice forcing and in the fully coupled model system, the large influence of sea ice thickness and sea ice fraction on the atmospheric circulation was shown. In a regional climate model of the Arctic, which was forced by data from a realistic global climate model, it was detected that the Arctic climate varies between two circulation states. The centre of the circulation is either above the West- or the East Arctic, and these configurations have an influence on the synoptic storm tracks into the Arctic. Regional climate scenarios of the Arctic as a result of increased greenhouse gases and variations in the strength of the North Atlantic Oscillation (NAO) revealed competition between anthropogenic warming and the natural occurring variations in circulation connected with the NAO. The Arctic warming due to increased greenhouse gases could be strongly diminished by the influence of the NAO.

Tropospheric aerosols play an important role in the radiation budget of the atmosphere. Their effect is by scattering and absorption of solar and terrestrial radiation, which can lead to cooling or warming at the earth's surface. Indirectly aerosols affect the formation of clouds, which in turn influence the radiation and humidity budget of the atmosphere.

sind. Daraus ergibt sich, dass die arktische Erwärmung infolge erhöhter Treibhausgaskonzentrationen durch die NAO deutlich vermindert werden kann.

Troposphärische Aerosole spielen eine entscheidende Rolle im Strahlungshaushalt der Atmosphäre. Die direkte Wirkung erfolgt durch Streuung und Absorption solarer und terrestrischer Strahlung und kann zu einer Abkühlung oder Erwärmung an der Erdoberfläche führen. Indirekt tragen troposphärische Aerosole als Kondensationskeime zur Wolkenbildung bei und beeinflussen so ebenfalls den Strahlungs- und Feuchtehaushalt der Atmosphäre. Vor allem die polaren Breiten stellen wegen ihrer hohen Sensitivität eine Schlüsselregion für Klimaveränderungen dar. Der direkte Einfluss troposphärischer Aerosole ist aufgrund der niedrigen Feuchte und der extremen Strahlungsbedingungen (Polartag/Polarnacht, hohe Bodenalbedo, lange Strahlungswege) in der Arktis besonders wichtig. Vor allem im Frühjahr beobachtet man Episoden hoher Aerosolkonzentrationen. Dabei handelt es sich um anthropogen beeinflusste Aerosole, welche aus den Industrieregionen in die Arktis transportiert werden.

Um den Einfluss auf den Strahlungshaushalt und damit die Klimawirkung arktischer Aerosole genauer untersuchen zu können, wurde im Frühjahr 2000 eine internationale Messkampagne ASTAR („Arctic Study of Tropospheric Aerosol and Radiation“) im Raum Spitzbergen durchgeführt. Die Kampagne wurde vom AWI Bremerhaven/Potsdam und vom National Institute of Polar Research (NIPR), Tokio, Japan, unter aktiver Mitwirkung verschiedener anderer internationaler Forschungseinrichtungen realisiert. Bei den insgesamt 19 aufgenommenen Aerosolprofilen wurden sowohl physikalisch-chemische als auch optische Eigenschaften der Aerosole bestimmt. Die Auswer-

Due to their high sensitivity, polar regions play a key role in detecting climate change. The direct climate effect of tropospheric aerosols is particularly important here, due to the low humidity and extreme radiation properties (polar night and day, high ground reflectivity, long radiation pathways). Episodes of high aerosol concentration have been observed, especially during spring.

Tropospheric anthropogenically influenced aerosols are transported from industrial areas of the mid altitudes to the Arctic. To investigate the effect of tropospheric aerosols on the radiation budget in the Arctic atmosphere, the Arctic Study on Tropospheric Aerosol and Radiation (ASTAR) 2000 campaign was carried out in the Svalbard area. The project was realised by the Alfred Wegener Institute Bremerhaven/Potsdam and the National Institute of Polar Research (NIPR) Tokyo, Japan, together with other international research institutes. Nineteen aircraft based aerosol profiles were collected, providing physical, optical and chemical information on Arctic spring aerosols. The ASTAR project revealed a high temporal and spatial variability of climate relevant aerosol parameters in the Arctic. Based on the variety of the measurements a new characterisation quality of Arctic aerosols could be obtained. First comparisons between airborne photometer and satellite extinction measurements showed good agreement. Satellite data will enable the determination of vertical aerosole profiles as well as the horizontal distribution of aerosols. The measured data have been used as a basis for the creation of an Arctic aerosol data set which was incorporated into the regional climate model HIRHAM (High Resolution Regional Climate Model Hamburg).

tung der gewonnenen Messdaten zeigte eine starke zeitliche und räumliche Variabilität der arktischen Aerosole. Auf Grundlage der Vielfalt der Messungen und deren Analyse konnte eine bisher noch nicht erreichte Qualität in der Charakterisierung des arktischen Aerosols erreicht werden. Durch die Einbindung der Satellitendaten wird es zukünftig möglich sein, neben dem Vertikalprofil auch Informationen über die horizontale Verteilung der Aerosole zu erhalten. Die während der Kampagne gewonnenen Daten dienten als Grundlage zur Erstellung eines arktischen Aerosoldatensatzes, der Eingang in das regionale Klimamodell HIRHAM („High Resolution Regional Climate Model Hamburg“) fand.

Zum HGF-Strategiefondsprojekt „GPS Atmosphärensondierungen“ (GASP) wird in zwei Teilprojekten beigetragen, nämlich in der Bestimmung und Anwendung des Gesamtwassergehalts der Atmosphäre (Integrierter Wasserdampf, IWV) mittels bodengestützter GPS-Empfänger sowie für die Validierung und Nutzung von Radiookkultionsdaten des Kleinsatelliten CHAMP („Challenging Microsatellite Payload for Geophysical Research and Application“). Zu dem ersten Teilprojekt wurden die IWV-Daten aller Arktis-Stationen für zwei ausgewählte Zeiträume analysiert. Abweichungen zwischen verschiedenen Methoden wurden bestimmt und ihre Ursachen teilweise ermittelt. Insbesondere konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz von Daten aus dem hochauflösenden Regionalmodell HIRHAM Daten weiterer GPS-Bodenstationen für die Analyse von IWV gewonnen werden konnten. Für die Analyse von GPS-Radiookkultationsergebnissen wurden bisher die Daten von dem GPS/Met-Satelliten verwendet. Die dabei erarbeiteten Verfahren finden jetzt Anwendung bei der Validierung der vom CHAMP-Satelliten

Two subprojects are supported in the ‘GPS Atmosphere Sounding Project’ (GASP), namely the determination and application of integrated water vapour (IWV) with ground based GPS-receivers and the validation and utilisation of radio occultation data from the CHAMP satellite. In the first subproject, IWV data from all available Arctic stations were analysed for two selected time frames. Discrepancies stemming from different methods were determined and their cause found (for example, the dependence on additional meteorological parameters). It could be shown, in particular, that data from the High Resolution Regional Model HIRHAM can be used to access data from additional GPS stations, thereby achieving the same accuracy as when using data from completely equipped stations. For the analysis of space borne GPS radio occultation data, we used data from the GPS/Met satellite. The procedures developed are presently being used to validate CHAMP temperature and humidity profiles.

The longest data set of lidar observations of polar stratospheric clouds over the Arctic was collected at the AWI station on Spitsbergen. A climatology of Arctic PSCs (Polar Stratospheric Clouds) could be established in collaboration with other European stations. It reveals a remarkable uniformity of PSC type above Spitsbergen. Other stations, in particular those down stream of high mountain ridges, show a higher variety of PSC types. In depth analysis of our lidar data confirmed the co-existence of spherical and non-spherical particles in the same air volume. A statistical analysis of the long data record showed the dependence of the occurrence of PSC types on the synoptic temperature development of the sampled air masses. A comparison of the occurrence statistics

bestimmten Temperatur- und Feuchteprofile.

Das AWI verfügt über den längsten Messdatensatz von Lidar-Beobachtungen polarer stratosphärischer Wolken (Polar Stratospheric Clouds, PSCs) über der Arktis. In Zusammenarbeit mit anderen europäischen Stationen konnte eine PSC-Klimatologie erstellt werden. Sie zeigt für die hohe Arktis auf Spitzbergen ein bemerkenswert uniformes Auftreten von nur zwei Klassen von PSCs, während andere Stationen, speziell solche stromabwärts großer Gebirgrücken, eine größere Vielzahl von PSC-Klassen beobachten. Die genaue Analyse der Messdaten erbrachte erstmals den Nachweis, dass dabei sphärische und asphärische, kristalline Teilchen im gleichen Volumen existieren können. Eine statistische Analyse der langen Messreihe erklärte die Abhängigkeit der PSC-Klassen von der synoptischen Temperaturentwicklung der beobachteten Luftmassen. Ein Vergleich des PSC-Auftretens im Kern des stratosphärischen Wirbels mit solchen von seinem Rand zeigte eine systematische Abhängigkeit von dem verfügbaren Wasserdampf.

Im Winter 1999/2000 beteiligte sich das Alfred-Wegener-Institut an der THESEO („Third European Stratospheric Experiment on Ozone“)-2000/SOLVE („SAGE Ozone Loss and Validation Experiment“)-Kampagne, einer großangelegten Kooperation europäischer und US-amerikanischer Wissenschaftler zur Erforschung der winterlichen arktischen Stratosphäre. Zu dieser bislang größten Messkampagne zur Untersuchung des arktischen Ozonabbaus wurde mit einem Match-experiment beigetragen, einem seit 1994 am AWI entwickelten Verfahren zur Messung stratosphärischer Ozonabbauraten. Mit etwa 70% Ozonverlust in ca. 19 Kilometer Höhe wurde der bislang schwerwiegendste lokale Ozonverlust in der Arktis nachgewiesen. Der

of PSC in the core of the stratospheric vortex and at its edge revealed a systematic dependence on the available water vapour.

AWI participated in the THESEO 2000/SOLVE campaign (Third European Stratospheric Experiment on Ozone / SAGE Ozone Loss and Validation Experiment) in the winter of 1999/2000, a comprehensive co-operation between European and US scientists and the largest effort to explore the winter Arctic stratosphere. AWI contributed with a Match experiment, a method to measure stratospheric ozone loss rates in-situ, which has been developed since 1994. A chemical ozone loss of 70%, at approximately 19 kilometres altitude was measured, the largest local ozone loss ever found in the Arctic. However, it has also been found that the highest values of ozone loss were limited to a narrow vertical region of only 1-2 kilometres. Various aspects of the ozone loss mechanisms could be addressed by analysing a homogenous ten-year data set of Arctic ozone losses, that was compiled from results of passive Match analyses and seven Match experiments. The stratospheric threshold temperature that triggers the ozone loss mechanism in the atmosphere was measured for the first time. This required the analysis of thousands of individual ozone loss measurements as well as temperature histories of the air masses.

The column densities of HNO₃ and NO₂ measured by FTIR absorption spectroscopy at Spitsbergen show a clear relationship between column density and season (solar zenith angle) which is in agreement with model results. However, for NO the results during midsummer (days 170 - 210) show 10% less column densities compared to the results before and after. This can not be explained using model calcu-

aus passiven Matchauswertungen und sieben Matchexperimenten stammende 10-jährige Datensatz arktischer Ozonverluste wurde genutzt, um verschiedene Aspekte der Ozonabbaumechanismen aufzuklären. So konnte die stratosphärische Grenztemperatur, deren Unterschreitung den Ozonabbaumechanismus in Gang setzt, erstmals in atmosphärischen Messungen bestimmt werden, die die Analyse von tausenden individueller Ozonverlustmessungen voraussetzte. Mittels des langen Datensatzes konnten die diese Variabilität antreibenden meteorologischen Parameter identifiziert werden.

Die in Spitzbergen mit Hilfe der FTIR-Absorptionsspektroskopie gemessenen Säulenkonzentrationen von HNO_3 und NO_2 zeigen eine deutliche Abhängigkeit der Säulenkonzentration vom Sonnenhöchststand (Jahreszeit) in Übereinstimmung mit Modellrechnungen. Für NO dagegen ergeben sich im Hochsommer (Tage 170 - 210) um 10% geringere Werte als davor und danach, welche bisher durch Modellrechnungen nicht erklärt werden können. Ein Box-Modell und ein eindimensionales Modell der stratosphärischen Chemie wurden zur Interpretation der Daten herangezogen. Die Beobachtungen in Spitzbergen konzentrierten sich auf die Entwicklung von Messmethoden zur hochgenauen Bestimmung der CO_2 -Säulenkonzentration mit einer Genauigkeit von 0,3%, die für die Validation von Satellitenbeobachtungen benötigt werden. Mit Hilfe eines eindimensionalen chemischen Modells wurde der Jahresgang der NO -Säulenkonzentration simuliert und ihre Abhängigkeit von Parametern wie Temperatur, Albedo und Ozon-Konzentration untersucht.

Zur Untersuchung der chemischen Zusammensetzung von Aerosol- und Schneeproben wurde im Januar und Februar 2001 in der Antarktis an der

lations. A box model and a one-dimensional model of the stratospheric chemistry have been used to interpret the data. Work in Spitsbergen concentrated on the development of a technique to measure CO_2 with high precision (0.3 %), required for the validation of satellite measurements. A one-dimensional chemical mode was applied to simulate the seasonal variation of the NO column density and determine its dependence on temperature, albedo, and ozone concentration.

An extensive measurement programme was carried out at Kohnen Station, Antarctica, to investigate the chemical composition of aerosol and snow samples in co-operation with the University of Heidelberg. Two Low-Volume-Aerosol samplers were used to obtain aerosol samples which were investigated regarding their ionic components and their concentrations of specific elements. Samples of surface snow were collected for the investigation of the major ions like Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , and MSA.

A new technique for multi-elemental analysis of ice samples was developed by means of laser ablation ICP mass spectrometry. With this new technique, atmospheric depositions could be analysed in ice samples from Greenland and up to 62 isotopes (40 elements) could be evaluated. Exchange processes at the Earth's surface can be important sources or sinks for atmospheric trace gases because they determine the atmospheric lifetime and fate of these compounds. Air and surface water concentrations of POPs (persistent organic pollutants) like α - and γ -hexachlorocyclohexane or lindane were simultaneously measured aboard 'Polarstern' during two cruises from Bremerhaven to Antarctica and to Sval-

Kohnen-Station in Zusammenarbeit mit der Universität Heidelberg ein umfangreiches Messprogramm durchgeführt. Dabei wurden u. a. zwei Low-Volume-Aerosolsammler betrieben, mit denen Aerosolproben gewonnen wurden, die auf ihre ionischen Komponenten und Elementgehalte untersucht wurden. Ferner wurden Oberflächenschneeproben gewonnen, die hinsichtlich ihrer ionischen Hauptkomponenten Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- und Methansulfonsäure untersucht wurden.

Mit Hilfe der Laserablations-ICP-Massenspektrometrie wurden ein neues Verfahren zur Multielementanalyse von Eisproben entwickelt, atmosphärische Einträge im grönländischen Eis bestimmt und Signaturen von bis zu 62 Isotopen analysiert und ausgewertet. Der Austausch an der Erdoberfläche kann eine wichtige Quelle oder Senke für atmosphärische Spurenstoffe sein, der die Aufenthaltsdauer und das Schicksal dieser Verbindungen in der Atmosphäre bestimmt. Daher wurden während zweier Fahrten mit dem Forschungsschiff ‚Polarstern‘ jeweils von Bremerhaven in die Antarktis bzw. Arktis zeitlich parallel Luft- und Meerwasserproben genommen und auf organische Schadstoffe (Persistant Organic Pollutants, POPs) wie z. B. α -, γ -Hexachlorcyclohexan oder Lindan analysiert. Ausgehend von den atmosphärischen und ozeanischen Konzentrationen wurde bestimmt, dass die Hexachlorcyclohexane in weiten Bereichen des Atlantiks vom Ozean aufgenommen werden.

Ferner spielt für reaktive Spurenstoffe wie Wasserstoffperoxid oder Formaldehyd der Austausch mit dem Schnee eine besondere Rolle. Austauschmessungen dieser Verbindungen, die über der Schneeoberfläche in Grönland durchgeführt wurden, zeigten, dass beide Verbindungen abhängig von der Temperatur

bard, respectively. Using atmospheric and seawater concentrations, it was concluded that in general, the hexachlorocyclohexanes were deposited into the Atlantic.

On the other hand, reactive trace gases like hydrogen peroxide and formaldehyde are influenced by the exchange with snow. Measurements of the exchange above the snow surface in Greenland have shown that both compounds can be deposited on or emitted from the snow, depending on the temperature. As a result, concentrations above snow-covered polar areas are much larger than expected. In an additional investigation, the all-year-round concentrations of hydrogen peroxide, methylhydroperoxide and formaldehyde in Antarctica have been described on the basis of measurements and model calculations (Harvard model).

The formation of aerosols which originate from air traffic were investigated within the framework of the 'HGF-Strategiefonds-Projekt PAZI' (Particles from jet engines and their influence on contrails, cirrus clouds and climate). The aims of the AWI contribution were to determine the frequency of appearance of cirrus clouds, the investigation of their spatial structure and their temporal variability as well as the microphysical characterisation of cloud particles. For that purpose, measurement campaigns were performed with the MARL lidar system of the AWI (Mobile Aerosol Raman Lidar) and the research aircraft 'Falcon' together with co-operation partners. Measurements were done during spring 2000 in Punta Arenas (Chile) and in autumn 2000 in Prestwick (Scotland). Backscatter ratios at 355 and 532 nanometres as well as Raman scattering at 387 and 607 nanometres were measured. The optical depth

vom Schnee aufgenommen oder abgegeben werden. Dadurch liegen die Konzentrationen über schneebedeckten polaren Gebieten wesentlich höher als bisher erwartet. In einer weiteren Untersuchung konnte erstmalig auch der ganzjährige Konzentrationsverlauf von Wasserstoffperoxid, Methylhydroperoxid und Formaldehyd in der Antarktis anhand von Messungen und Modellrechnungen (Harvard-Modell) beschrieben werden.

Im Rahmen des HGF-Strategiefonds-Projektes PAZI („Partikel aus Flugzeugtriebwerken und ihr Einfluss auf Kondensstreifen, Zirruswolken und Klima“) wird die Bildung von Aerosolen, die auf den Luftverkehr zurückzuführen ist, erforscht. Ziele des AWI-Beitrages sind dabei die Bestimmung der Auftrittshäufigkeit von Zirruswolken, die Untersuchung ihrer räumlichen Struktur und ihrer zeitlichen Variabilität sowie eine mikrophysikalische Charakterisierung der Wolkenpartikel. Hierfür wurden im Frühjahr 2000 in Punta Arenas (Chile) und im Herbst 2000 in Prestwick (Schottland) mit dem MARL-Lidarsystem (Mobiles Aerosol Raman Lidar) des AWI zusammen mit dem Forschungsflugzeug ‚Falcon‘ und Kooperationspartnern Messkampagnen durchgeführt. Gemessen wurde die Rückstreuung bei 355 und 532 Nanometer sowie die Ramanstreuung bei den Wellenlängen 387 und 607 Nanometer. Bestimmt wurde die optische Dicke der Zirren sowie die Unter- und Obergrenze der Wolken. Die beiden Hemisphären unterscheiden sich insofern, dass in der Nordhemisphäre in einem Höhenbereich von 5 bis 8 Kilometer sehr dünne Partikelschichten beobachtet werden konnten, die in der Südhemisphäre nicht auftraten.

of cirrus clouds was retrieved as well as base and top altitude and the particle phase. One main difference found is the presence of very faint layers of particles in the northern hemisphere in an altitude range of 5 to 8 kilometres. Comparable structures in the southern hemisphere were not observed.

3.2 Pelagische Ökosysteme

Die Arbeiten des Fachbereichs ‚Pelagische Ökosysteme‘ konzentrieren sich auf Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen der Biologie pelagischer Organismen und der Biogeochemie des Ozeans. In der Sektion ‚Biologische Ozeanographie‘ steht die Klärung, Quantifizierung und Modellierung der vielfältigen Zusammenhänge zwischen den marinen Stoffkreisläufen und der Biologie im Vordergrund des Interesses. In der Sektion ‚Schelfmeerökologie‘ konzentrieren sich die Arbeiten auf Fragen zur Biodiversität und der Anpassung mariner Organismen an ihre Umwelt. Hierbei ermöglichen Langzeitmessreihen Erkennen und Prognosen von Auswirkungen sowohl systemisch bedingter als auch anthropogener Umweltveränderungen. In der Sektion ‚Chemie mariner Spuren- und Naturstoffe‘ wird neben der Verteilung, Wirkung und Anreicherung persistenter organischer Substanzen die Struktur, Funktion und Dynamik von Naturstoffen aus Organismen polarer und gemäßigter Breiten bearbeitet.

3.2.1 Biologische Ozeanographie

Bisherige Untersuchungen im Bereich der Polarfront haben gezeigt, dass Phytoplanktonblüten von wenigen Arten dominiert werden. Das Schicksal der Biomasse und somit deren Beitrag zu den Kreisläufen der biogenen Elemente ist von der Biologie und Beschaffenheit der jeweiligen Arten abhängig. Die Gründe für das Vorherrschen bestimmter Arten scheinen nicht nur eine Frage der Wachstumseffizienz zu sein, denn meistens handelt es sich um größere Diatomeen, die langsamer wachsen als die ubiquitären kleineren Arten. Es wird der Frage nachgegangen, inwieweit

3.2 Pelagic ecosystems

Research work in the department ‘Pelagic Ecosystems’ focusses on the reciprocal action and interrelationship between the biology of pelagic organisms and the biogeochemistry of the ocean. In the section ‘Biological Oceanography’ the quantification and modelling of the various links between metabolic pathways and biology are of primary interest. Work in the section ‘Shelf Sea Ecology’ is concerned with topics on biodiversity and the adaptation of marine organisms to their aquatic environment. In this context long-term data are used for the recognition and prognostics of the effects of systemic as well as anthropogenic changes in the environment. The section ‘Chemistry of Trace Elements and Natural Products’ investigates accumulation and distribution of chlorinated hydrocarbons as well as structure, function and dynamics of natural products from marine organisms.

3.2.1 Biological oceanography

Phytoplankton blooms in the vicinity of the Antarctic Polar Front are dominated by only a few species. The fate of such blooms and, thus, their contribution to biogeochemical cycles is determined by the biology and the constitution of the main micro-algae. Fast growing, common small diatoms are not always the dominating algae, but we often find slow growing large diatoms in such blooms. In this context lethal effect on micro-algae by pathogens, viruses and grazers may be important to select for the large, dominating diatoms with protecting heavily silicified frustules, which are also found in the underlying deep-sea sediments.

besonders effektive Schutzmechanismen gegen Pathogene und Räuber eine Rolle spielen. Die Tatsache, dass die dominanten Diatomeen robuste Schalen besitzen, deren Reste die darunter liegenden Sedimente prägen, unterstützt diese These.

In Labor- und Computerexperimenten wurde die Festigkeit von Silikatschalen dominanter antarktischer Diatomeen in Abhängigkeit ihres Verkieselungsgrades getestet. In Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Bremen, Gruppe ‚Schiffsbau‘, wurde gezeigt, dass die Feinmorphologie der Schalenstruktur viel stärker zu deren Festigkeit beiträgt als der Einbau von Kieselsäure. Bruchexperimente im Labor bestätigen diese theoretischen Befunde. Die Schalen dieser Kieselalgen bilden den Hauptbestandteil in der ozeanischen Sedimentation von biogenem Silikat.

Große, langsam wachsende Diatomeen bauen nur dann Biomasse auf, wenn sie ihre Mortalitätsrate senken. Da große Diatomeen einen verhältnismäßig hohen Beitrag zu den Sedimenten liefern, können sie als Proxies (Näherungsparameter) für die Paläoozeanographie dienen. Hierfür müssen Kenntnisse über Besonderheiten ihrer Biologie gewonnen werden. Die Relevanz solcher Studien wird durch die Ergebnisse der Eisendüngung mit ‚Polarstern‘ im Südpolarmeer bestätigt (vgl. Kapitel 2). Die offene Frage blieb, ob am Ende der durch die Eisendüngung induzierten Phytoplanktonblüte die Biomasse in der Oberflächenschicht abgebaut wurde und nur die Schalen abgesunken sind; dies hätte keinen Einfluss auf den Kohlenstoff-Haushalt des Südozeans.

Gründe der Dominanz polarer Diatomeen liegen neben den Schutzmechanismen gegen Räuber und pathogene Organismen auch in ihren speziellen physiologischen Anpassungen. Die Mechanismen für den evolutiven Erfolg von Diatomeenarten wie z. B.

The mechanical strength of a variety of dominant Antarctic diatom frustules with different silica contents was tested in laboratory experiments and with computer simulations. A team of scientists from AWI and the Technical University of Bremen – ‘ship construction’ – demonstrated the overriding effect on fine scale morphology to provide mechanical strength for the frustules compared to pure silica enrichment by means of computer simulation. Crash experiments with such frustules in the laboratory support these findings. Only heavily silicified, morphologically protected diatom frustules are found in Antarctic deep-sea sediments.

Large, slow growing diatoms can only build blooms if their cell mortality is reduced. Such diatoms in deep-sea sediments are also important proxies for palaeo-oceanography if their biology is understood. In situ experiments like “EisenEx” (iron fertilisation experiment, described in Chapter 2) support this view. An open question after this experiment remained, however; do such fertilised blooms become utilised in the upper water layers (e. g. by grazers) or is the fate of such blooms mass sedimentation, either as full cells or empty frustules, all of which have different implications for the carbon cycling in the Southern Ocean.

*Other reasons why polar diatoms have become so successful – besides the evolution of protecting mechanisms – are based on their physiology. We detected and sequenced several genes responsible for photosynthesis and primary metabolism in the Antarctic diatom *Fragilariopsis cylindrus*. The genome of the plastids and the mitochondrion were also sequenced, in co-operation with the Institute of Microbiology, University of Jena. This diatom is infected by a DNA-virus. Once the genome of the*

Fragilariopsis cylindrus, *F. kerguelensis*, *Pseudo-nitzschia* oder *Corethron pennatum* werden erstmals bei *F. cylindrus* charakterisiert; mehrere Gene der Photosynthese und des Primärstoffwechsels wurden hierbei aufgeklärt. Eine Infektion dieser Diatomee durch einen DNA-Virus wurde nachgewiesen. Die Genome des Plastiden sowie des Mitochondriums wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Molekularbiologie der Universität Jena komplett sequenziert. Die aktiven Bereiche des Kerngenoms sollen durch eine EST (Expressed Sequencing Tag)-Analyse charakterisiert werden. Aus diesen Arbeiten erwarten wir weitere Erkenntnisse zur Kälteanpassung, Salztoleranz, Photosynthese sowie zu für Diatomeen typischen Prozessen wie dem Silikatstoffwechsel.

Ein neuer Clade von toxischen *Alexandrium-tamarensis*-Stämmen aus dem Mittelmeer wurde erstmalig in europäischen Gewässern südlich der Orkney-Inseln identifiziert. Spezifische molekulare Sonden sind für die toxischen Dinoflagellatenarten *Alexandrium tamarensis* und *A. ostenfeldii* entwickelt und erfolgreich bei den Orkney Islands eingesetzt worden. Mit diesen Sonden war es möglich, die beiden Arten über in-situ-Hybridisierungen in den Gewässerproben sicher zu identifizieren, wobei die bestimmten Zellzahlen sehr gut mit den gemessenen Toxinkonzentrationen (Saxitoxin bei *A. tamarensis* bzw. Spirolide bei *A. ostenfeldii*) korrelierten. Weiterhin kann man mit den entwickelten Sonden toxische und nicht-toxische Stämme von *A. tamarensis* voneinander unterscheiden, was morphologisch nicht möglich ist. Die Sonden können in Kombination mit einem Handgerät, das von der Firma Inventus Biotech entwickelt wurde, zur quantitativen Detektion der Spezies in Gewässerproben eingesetzt werden.

nucleus is known, it should be possible to characterise the mechanisms for cell adaptation to cold temperatures and high salinities as well as to specify typical processes of photosynthesis and silica metabolism.

A new Mediterranean clade of the toxic Alexandrium tamarensis was genetically identified for the first time in European waters south of the Orkney Islands. Specific genetic probes for the toxic dinoflagellates Alexandrium tamarensis and A. ostenfeldii were developed and it was possible to detect these species by applying in situ hybridisation and to determine their biomass, which agreed well with a different approximation technique using toxin concentrations. The probes are also used to differentiate between morphologically identical toxic and non-toxic A. tamarensis. The probes can be combined with a commercially available hand-held detector, for field study applications.

An expedition was carried out in the framework of the EU-project BIOHAB (Biology of Harmful Algal Blooms), with RV 'Heincke' in August 2001 to determine natural physical and biological mechanisms which may end harmful algal blooms. In stratified waters in autumn dinoflagellate blooms (Ceratum furca and Dinophysis spp.) may occur in 10 to 15 metres water depth, as long as no storm induced mixing disintegrates the pycnocline. After two weeks of stratification, however, these blooms may become infected by parasitoidic protists, resulting in a 30 % infection rate and a subsequent break-down of the bloom.

The molecular mechanisms of the toxin production of a typical micro-alga, Chrysochromulina polyplepis, Chrysophyceae, will be determined. Specific genes

Die im Rahmen des EU-Projekts BIOHAB („Biology of Harmful Algal Blooms“) durchgeführte Expedition mit FS ‚Heincke‘ im August 2001 diente der Untersuchung natürlicher physikalischer und biologischer Mechanismen, die „harmful algal blooms“ (HABs) im Meer (hier in der nordöstlichen Nordsee) beenden. Blüten von *Ceratium furca* und *Dinophysis* spp. bilden sich unter länger andauernden stabilen Schichtungsverhältnissen in ca. 10 bis 15 m Wassertiefe und enden, wenn diese z. B. durch Stürme aufgemischt werden. Bleiben die Schichtungen länger als 2 Wochen erhalten, steigt die Infektionsrate der Algen durch parasitoide Protisten auf über 30 %, was letztlich ebenfalls zum Absterben der Algenblüte führt.

Die molekularen Grundlagen der Toxinbildung bei einer wichtigen HAB-Mikroalge, der Chrysophyceae *Chrysochromulina polylepis* sollen aufgeklärt werden. Dazu werden mit Hilfe einer „subtraktiven Hybridisierung“ Gene isoliert, die nur in solchen Algen aktiv sind, die Toxine synthetisieren. Bisher konnten wir 192 spezifische mRNAs klonieren, die zur Zeit auf ihre mögliche Funktion bei der Toxinsynthese untersucht werden. In einem parallelen Ansatz wurden, in Zusammenarbeit mit der BASF, mRNAs aus toxischen Stämmen kloniert und eine große Zahl dieser Klone sequenziert. Von der Analyse der Sequenzen erhoffen wir uns die Identifizierung von möglichen Toxingenen.

Im BMBF-Verbundprojekt SO-GLOBEC („Southern Ocean Global Ocean Dynamics“) wurden die vorangegangenen Expeditionen ausgewertet. Für die Überwinterung können juvenile und adulte Tiere des antarktischen Krills (*Euphausia superba*) ihren Metabolismus um bis zu 30 % reduzieren. Die Larven zeigen hohe Filtrationsraten. Sie überwintern vornehmlich am Eis, die Postlarven und speziell die

responsible for toxin production and only active in toxic cells will be isolated by means of subtractive hybridisation. Until now, 192 specific mRNAs have been cloned, all of which are currently being tested for their functional role during toxin biosynthesis. Parallel to this and in co-operation with the BASF company, mRNAs from toxic species are cloned and sequenced which eventually should result in an identification of the specific toxic genes.

Analysis of data derived from the April 2001 ‘Polarstern’ winter expedition in the framework of the BMBF-project SO-GLOBEC (Southern Ocean Global Ocean Dynamics) was started. Juveniles and adults of Euphausia superba (Antarctic krill) can reduce their metabolism by 30 % in winter, but larval krill show high (summer) filtration rates. The larvae over-winter close to the sea-ice, while post-larvae and adults over-winter in the water column. In contrast to other crustaceans, krill utilises proteins prior to lipids in hunger situations. Phospholipids and triacylglycerols are other energy resources for krill (see Chapter 3.2.3).

The ‘Siberian River Run-off’ project (SIRRO) discussed phytoplankton biomass and species composition in the inner Kara Sea. Phytoplankton blooms occur first in the region of the river Ob and later in the Yenisei. Differences in terrestrial input of dissolved and particulate organic substances are discussed as driving factors for this pattern. North of 73 to 74° N, the biogeochemistry of the entire water mass changes but reasons are still unclear.

adulten Tiere vornehmlich in der Wassersäule. Im Gegensatz zu den meisten anderen Crustaceen nutzt Krill in Hungersituationen zunächst Proteine, bevor er Körperlipide metabolisiert. Phospholipide und Triacylglycerole dienen Euphausiaceen als Energiequelle (vgl. Kapitel 3.2.3).

Im Rahmen eines zweiten Workshops des SIRRO-Projektes („Siberian River Run-off“) in Bremerhaven wurden die Ergebnisse zur Phytoplankton-Biomasse und Artenverteilung der drei ‚Akademik Boris Petrov‘-Fahrten (1997, 1999, 2000) in die innere Karasee zusammenfassend dargestellt. Im Ob scheinen sich etwas früher nach der Eisschmelze eine höhere Chlorophyll-Biomasse aufzubauen als im Jenissei, was sich auch durch höhere Sedimentationsraten im Ausflussbereich des Ob abzeichnet. Dies scheint mit Unterschieden im terrestrischen Eintrag von gelösten und partikulären organischen Substanzen zusammenzuhängen. Bei ca. 73 – 74° N ändert sich die gesamte Biogeochemie des Wassers; eine Tatsache, die noch nicht erklärt werden kann.

3.2.2 Schelfmeerökologie

Fragen zur Biodiversität und Ökologie der Bewohner des Helgoländer Felssockels wurden insbesondere an Borstenwürmern und Asseln untersucht. Im Fall von *Malacoceros fuliginosus* (Polychaeta) konnten der Lebenszyklus und die Grundlagen der Populationsdynamik weitgehend aufgeklärt werden. Die Art erwies sich als idealer Modellorganismus für die Untersuchung der Mechanismen der Reproduktionskontrolle. Temperatur, Lunarzyklus und Photoperiode wirken dabei in einer noch näher zu bestimmenden Weise zusammen. Die Asseln der Gattung *Idotea* sind in der Umgebung Helgolands mit acht ökologisch sehr

3.2.2 Shelf sea ecology

Biodiversity and the ecology of species, particularly polychaetes and isopods inhabiting the Helgoland rocky zone were studied. The life cycle and population dynamics of the polychaete Malacoceros fuliginosus could be clarified. The species proved to be an ideal model to study mechanisms controlling reproduction. Temperature, photoperiod and the lunar cycle combined bring about the characteristic temporal pattern of maturation and spawning. Eight ecologically similar species of the isopod Idotea co-occur at Helgoland. Their coexistence is based on small scale habitat segregation which in turn results from severe interspecific interference competition. The top competitor occupies the most attractive habitat, confining inferior species to suboptimal habitats. The species are about to diversify into a number of physiological, behavioural and morphological characters, in relation to the habitat where they are mainly found. It is only since 1994 that the warmth-loving Idotea metallica occurs in the German Bight as a regular summer immigrant. The species is found in small subpopulations on drifting biotic and abiotic objects. Near to the coast, the species is displaced by its superior competitor, I. baltica. Experiments indicate that in a warming North Sea, I. metallica will be represented by increasing summer populations, although the species probably will remain unable to overwinter in this area.

Since 1999 a biotope survey centred on macroalgae is being carried on the littoral rocky shore of Helgoland, in co-operation with the Natural History Museum, London. Twenty six of the 53 littoral rocky shore biotopes classified for Britain have been recorded for Helgoland. Eight of the 26 biotopes in

ähnlichen Arten vertreten. Ihre Koexistenz wird durch räumliche Trennung (Habitatsegregation) gewährleistet, die ihrerseits Folge interspezifischer Interferenzkonkurrenz ist. Die konkurrenzstärkste Art besetzt das attraktivste Habitat und beschränkt unterlegene Arten auf suboptimale Habitate. Die Arten durchlaufen eine habitatbezogene Diversifikation. Von besonderem Interesse ist die wärmeliebende Art *Idotea metallica*, die erst seit 1994 als Sommerimmigrant in der Deutschen Bucht zu finden ist. Die Art lebt in kleinen Subpopulationen an treibenden Objekten. In Küstennähe wird sie durch die konkurrenzstärkere *I. baltica* verdrängt. Laborexperimente deuten darauf hin, dass die Art in einer sich erwärmenden Nordsee zwar mit immer auffälligeren Sommerpopulationen vertreten sein wird, dort aber nicht überwintern kann.

Seit 1999 wird im Gezeitenbereich des Helgoländer Felssockels eine Biotopkartierung von Makroalgen in Zusammenarbeit mit dem Natural History Museum, London, vorgenommen. Bisher wurden 26 der 53 für litorale Felsküsten klassifizierten Biotope Großbritanniens auf der Hauptinsel Helgoland aufgefunden. Acht der 26 Biotope Helgolands werden als sehr häufig, bezogen auf Großbritannien und Irland, angesehen. Nach dieser Skala sind weitere drei der Helgoländer Biotope gewöhnlich, jedoch sind 3 ungewöhnlich, 5 selten, und 8 werden als rar bewertet. Damit sind einige der Helgoländer Felswatt-Biotope wegen ihrer überregionalen Seltenheit als besonders schutzwürdig einzustufen.

Weitere Forschungen zur funktionellen Biodiversität der Schelfmeere befassten sich mit Untersuchungen zu klimatischen Anpassungen über den Weg der enzymatischen Enzymregulation (Förderung durch BMBF und EU). Verglichen wurden marine Krebse

Helgoland are considered to be very common compared to Britain and Ireland; 3 are common, 3 uncommon, 5 scarce and 8 are considered rare. Part of the Helgoland biotopes are therefore of conservation importance due to their rarity on a European scale.

Further research on functional biodiversity in shelf seas centred on studies of climatic adaptation by way of enzymatic control (supported by BMBF, DAAD, EU). Marine crustaceans from the tropics, moderate latitudes and the Antarctic were compared. Results indicate that the metabolic key enzymes pyruvate-kinase (PK) and citrate-synthase (CS) are involved directly and to a considerable extent. PK in crustaceans from intermediate latitudes appears as two iso-enzymes. One of these is directly controlled by the trophic as well as thermal environment, whereas the second is responsible for maintaining the general basic metabolism only, irrespective of external conditions. Quantitative regulation and enhancement of CS appears to play a central role in adaptive processes in polar pelagic crustaceans. In a tropical penaeid shrimp on the other hand, CS shows a close relationship to larval development and coupled changes in habitat between the open sea and lagoons and estuaries.

*Within the framework of a co-operation project with the Centro de Investigaciones Científicas (Ushuaia, Argentina), which is funded by the German and Argentine Federal Ministries of Science and Technology, subantarctic king crabs (*Lithodes santolla*) and stone crabs (*Paralomis granulosa*) were transported live on board RV 'Polarstern' from Tierra del Fuego to the Helgoland Marine Station (BAH) in 2000 and 2001. Subsequent experimental studies*

von den Tropen über gemäßigte Breiten bis in die Antarktis. Neue Ergebnisse zeigen, dass die metabolischen Schlüsselenzyme Pyruvatkinase (PK) und Citratsynthase (CS) wesentlich beteiligt sind. Die PK von Krebsen aus gemäßigten Breiten zeigt ein Isoenzym, das direkt nahrungs- und temperaturabhängig geregelt wird, während ein zweites lediglich die Aufrechterhaltung des Grundstoffwechsels gewährleistet. Die quantitative Hochregulation der CS scheint bei polaren, pelagischen Krebsen eine entscheidende Rolle zu spielen. Bei einer tropischen penaeiden Garnele wiederum zeigt die CS enge Beziehungen zur Larvalentwicklung und den damit verbundenen Habitatswechseln zwischen der offenen See und Ästuaren.

Im Rahmen einer durch das BMBF sowie durch das argentinische Forschungsministerium geförderten Kooperation mit dem Centro de Investigaciones Científicas (Ushuaia, Argentinien) wurden in den Jahren 2000 und 2001 an Bord von ‚Polarstern‘ subantarktische Königskrabben (*Lithodes santolla*) und Steinkrabben (*Paralomis granulosa*) von Feuerland nach Helgoland ins Labor transportiert. In darauf folgenden experimentellen Untersuchungen an der BAH wurde festgestellt, dass die Larvalentwicklung bei beiden Arten vom Schlüpfen aus dem Ei bis zur Metamorphose völlig nahrungsunabhängig abläuft. Diese Besonderheit wird als Anpassung an die Kombination saisonal kurzer Planktonproduktion (d. h. nur kurzfristig verfügbarer Nahrung) mit tiefen Temperaturen (d. h. langer Entwicklungsdauer) in hohen Breiten gedeutet. Weiterführende Untersuchungen sind der chemischen Grundlage dieser Adaptation gewidmet, insbesondere der Rolle der verschiedenen Lipidfraktionen.

conducted at the BAH revealed that the complete larval development from hatching through metamorphosis is entirely food-independent. This special trait is interpreted as an adaptation to a short season of plankton production (i. e., a short period of food availability) in combination with low temperatures (i. e., a long planktonic development) in high latitudes. Further studies will deal with the chemical basis of this adaptation, in particular the significance of the various lipid fractions.

Marine animals are characterised by a wide variety of feeding strategies in terms of foraging, predation and food utilisation. In highly specialised digestive organs they synthesise an immeasurable number of digestive enzymes. The detailed function of many enzymes, and particularly their synergistic interactions are widely unknown. We are therefore studying the functional basis of enzyme expression in crabs and other marine invertebrates in relation to food quantity, food quality, and the developmental stage of the animals. The dynamics of enzyme expression and the occurrence of protein patterns are being investigated with analytical and preparative methods of proteome analysis. At present the results show that extra-cellular enzymes from the stomach of crabs exhibit a broad specificity and are dominated by proteases. Substantial differences appeared in the enzyme pattern as well as in the catalytic properties of enzymes already between closely related species. Future investigations will focus on the interplay between extra-cellular and membrane bound enzymes.

The two biological-oceanographical time-series which have been conducted for 39 and 17 years, respectively, were placed under a new scientific direction during early 2001. Optimisation and standardi-

Meerestiere zeichnen sich durch eine große Vielfalt von Ernährungsstrategien hinsichtlich Beutefang, Nahrungsaufnahme und Nahrungsverwertung aus. In hochspezialisierten Verdauungsorganen synthetisieren sie eine unübersehbare Anzahl von Verdauungsenzymen. Die genaue Funktion vieler Enzyme und besonders ihre synergistischen Interaktionen während des Verdauungsprozesses sind weitgehend unbekannt. Wir untersuchen deshalb die funktionellen Grundlagen der Enzymexpression von Krebsen und anderen Meerestieren in Abhängigkeit von Nahrungsmenge, Nahrungsqualität und dem Entwicklungszustand der Tiere (Förderung durch BMBF). Die Dynamik der Enzymexpression und das Auftreten von Proteinmustern werden mit analytischen und präparativen Methoden der Proteomanalyse untersucht. Die bisherigen Ergebnisse zeigten, dass die extrazellulären Enzyme aus dem Magen von Krebsen eine breite Spezifität aufweisen und von Proteasen dominiert werden. Zwischen eng verwandten Arten treten teilweise erhebliche Unterschiede im Enzymspektrum sowie dem katalytischen Eigenschaften einzelner Enzyme auf. Zukünftige Untersuchungen werden sich verstärkt auf das Zusammenspiel von extrazellulären und membranständigen Enzymen konzentrieren.

Die beiden biologisch-ozeanographischen Langzeit-Messreihen, seit 39 bzw. 17 Jahren von der Biologischen Anstalt Helgoland durchgeführt, wurden Anfang 2001 unter neue wissenschaftliche Leitung gestellt. Es wurde begonnen, die Datenerfassung und -verwaltung zu optimieren sowie zu standardisieren. Letzteres geschieht im Verbund mit den anderen Zeitserien in der Deutschen Bucht und der Ostsee. Außerdem wurden die Auswertung von bisher nur erfassten Daten sowie die Einführung neuer Mess- und Untersuchungsmethoden in die Wege geleitet.

sation of data acquisition and administration were initiated. The latter is being co-ordinated with other time-series in the German Bight and the Baltic. Furthermore, analyses of data gathered until now and the establishment of new methods in time-series measurements and accompanying investigations were started.

3.2.3 Chemistry of trace elements and natural products

The oceans contain the largest active reservoir of carbon on earth. Dissolved organic matter (DOM) is part of this carbon pool, however, its chemical identity is still almost unknown. Compounds, which are bio-geo-chemically labile, are metabolised in the photic zone of the oceans, whereas compounds, which are more stable, i. e., refractory or recalcitrant, are transported to the deep sea. Our investigations revealed that so far only a small part of the DOM in the deep sea (25 %) can be chemically characterised and is attributed to molecules such as carbohydrates and amino acids. Little is known about the diagenesis of DOM in the marine environment, however, there are clear differences compared to terrestrial humification. While terrestrial humic substances are characterised by aromatic structures, marine DOM mostly contains aliphatic carbon chains as identified from their optical properties. Using analytical techniques (size exclusion chromatography with carbon and UV detection) we were able to demonstrate that with increasing degree of diagenesis the size of the DOM forming molecules decreased considerably. This is in clear contrast to the classical model of humification, which is based on the increase of molecular size due to polymerisation of smaller bio-molecules. Deep sea DOM is composed of 70 % of small size compounds the chemical structures of which are still unknown.

3.2.3 Chemie mariner Spuren- und Naturstoffe

Das größte aktive Kohlenstoffreservoir der Erde bilden die Ozeane. Dazu gehört auch das im Meerwasser gelöste organische Material (DOM), dessen chemische Identität immer noch weitgehend ungeklärt ist. Biogeochemisch labile Substanzen werden direkt in der photischen Zone veratmet, während refraktäre, d. h. stabile, Substanzen den Transport in die Tiefsee überdauern. Unsere Untersuchungen haben ergeben, dass nur ein geringer Anteil des DOM in der Tiefsee (< 25 %) bisher chemisch charakterisiert und bekannten Biomolekülgruppen wie Kohlenhydrat- oder Aminosäureverbindungen zugeordnet werden kann. Über die Diagenese, die langfristige Veränderung durch biologische, chemische und physikalische Prozesse, von DOM unter marinen Bedingungen ist wenig bekannt, auffällig sind jedoch die Unterschiede zur terrestrischen Humifizierung. Während terrestrische Huminstoffe durch ringförmige molekulare Verbindungen geprägt sind, zeigen die spektralen Eigenschaften von marinem DOM überwiegend langkettige Strukturen. Mit Hilfe von chemisch analytischen Verfahren (Größenausschluss-Chromatographie mit anschließender Kohlenstoff- und UV-Detektion) konnte erstmals eindeutig nachgewiesen werden, dass mit zunehmender Alterung die Molekülgröße von ozeanischem DOM stark abnimmt. Dies steht in auffallendem Gegensatz zum klassischen Modell der Humifizierung, in dem von einer Zunahme der Molekülgröße durch Polymerisation kleinerer Biomoleküle ausgegangen wird. Es bestehen etwa 70 % des marinen organischen Materials in der Tiefsee aus niedermolekularen Verbindungen, deren molekulare Strukturen immer noch nicht chemisch charakterisiert werden konnten.

Beside the naturally occurring substances, anthropogenic compounds are also transported to the oceans. Many of these are persistent organic pollutants (POPs), which are distributed worldwide via the atmosphere and condense in the Antarctic. Organochlorine compounds were analysed in three fish species of different feeding types from the area of Elephant Island. Hexachlorobenzene (HCB), p,p'-DDE and Mirex ranged highest in concentrations. In Antarctic fishes, POPs were predominantly bioaccumulated from the food rather than bioconcentrated from the water probably due to low respiration rates. The concentration patterns revealed the following transfer routes: chlordane components, some polychlorinated biphenyls and Mirex were mainly adsorbed on particulate matter and taken up by demersal fish via the benthic food web. p,p'-DDE, a metabolite of p,p'-DDT, was preferably accumulated in the pelagic food web, whereas HCB was taken up by the fishes directly from the water. Inter-annual comparisons showed that the levels of chlordane, p,p'-DDE and Mirex in Antarctic fish increased considerably from 1987 to 1996.

Comprehensive investigations on lipids of Antarctic krill have shown that there are clear differences in lipid composition and biosynthesis. Some species produce wax esters whereas Euphausia superba accumulates triacylglycerols. The dependence of krill on lipid deposits for overwintering is still controversially discussed. Our results on seasonal lipid accumulation and utilisation clearly confirmed the importance of lipids in the life cycle of E. superba. Beside lipids, other biochemical, physiological and ecological strategies probably play an important role. This pronounced versatility may explain the success and high biomass of E. superba in the Southern Ocean.

Neben den natürlichen organischen Substanzen werden auch eine Vielzahl von anthropogenen Verbindungen, wie die schwer abbaubaren organischen Schadstoffe (Persistent Organic Pollutants, POPs), in die Ozeane eingetragen. Sie werden über die Atmosphäre weltweit verbreitet, so dass sie auch in der Antarktis nachgewiesen werden konnten. Bei drei Fischarten unterschiedlicher Ernährungsweise aus dem Gebiet von Elephant Island wurden die Konzentrationen von Organochlorverbindungen gemessen. HCB, p,p'-DDE und Mirex wiesen die höchsten Konzentrationen auf. Aus den Konzentrationsmustern ließ sich ableiten: Chlordan-Komponenten, einige polychlorierte Biphenyle und Mirex gelangen nach Absorption durch partikuläre Substanz über die benthische Nahrungskette vor allem in Bodenfische; p,p'-DDE, ein Metabolit von p,p'-DDT, wird vor allem im pelagischen Nahrungsnetz angereichert; Hexachlorbenzol (HCB) hingegen wird direkt aus dem Wasser aufgenommen. Fische der Antarktis nehmen die meisten POPs vermutlich aufgrund niedriger Atmungsrate stärker über die Nahrung als aus dem Wasser auf. Die Gehalte von Chlordan, p,p'-DDE und Mirex sind in antarktischen Fischen von 1987 bis 1996 deutlich gestiegen.

Umfangreiche Lipiduntersuchungen des antarktischen Krills haben gezeigt, dass sich die Arten sehr stark in Zusammensetzung und Biosynthese unterscheiden. Während einige Arten Wachsester produzieren, speichert *Euphausia superba* Triglyceride. Die Abhängigkeit von Lipidreserven für die Überwinterung wird immer noch kontrovers diskutiert. Unsere Ergebnisse der saisonalen Lipidanreicherung und -nutzung haben jedoch eindeutig die Bedeutung der Lipide im Lebenszyklus von *E. superba* unterstrichen. Wahrscheinlich spielen neben den Lipiden weitere physiologische

Marine natural products (mostly secondary metabolites) from bacteria including oligotrophic bacteria with low organic carbon requirement, fungi and invertebrates were investigated in different projects, funded by BMBF and industrial partners. Organisms were obtained during several expeditions of RV 'Polarstern' and 'Heincke' in polar and cold moderate regions and the deep sea. Besides the elucidation of eco-chemical mechanisms of marine communities of microorganisms and invertebrates and its functions, the objective is to find new chemical lead structures from natural products for the development of pharmaceuticals (antibiotics, drugs against cancer or parasites) and chemicals such as enzymes. The research focuses on microbes as key organisms. This strategy protects the natural fauna, since large quantities of microbial biomass can be generated in fermenters. First results are promising: about 12 % of bacterial extracts displayed strong pharmaceutical activities ("hits"). The unique cold adapted enzymes (pectinlyases and chitinase) are excellent examples. Producers of these enzymes are Arctic bacteria; they were characterised in co-operation with colleagues from the University of Greifswald. This substantial progress opens the possibility to elucidate the molecular mechanism(s) of cold adaptation to Arctic temperatures. The enzymes are of great industrial interest.

The chemistry of natural products is a second pillar in our research work besides ecological questions. The development of the task group 'Chemical Structure Analysis' is in progress. First results show that sponges of tropical genus Agelas produce derivatives of bromopyrrole alkaloids (sventrin). The chemical functions are considered to be a deterrent against

und ökologische Anpassungsstrategien eine wichtige Rolle. Diese Vielseitigkeit erklärt möglicherweise die großen Biomassen von *E. superba* im Südpolarmeer.

Naturstoffe (Sekundärmetabolite) aus Bakterien (u. a. mit geringem Nährstoffbedarf), Pilzen und wirbellosen Tieren der polaren und gemäßigten Breiten sowie der Tiefsee wurden in verschiedenen BMBF-Projekten mit Partnern aus Forschung und Industrie untersucht. Die Proben wurden mit Hilfe von Tauchern auf Expeditionen mit den Forschungsschiffen ‚Polarstern‘ und ‚Heincke‘ gewonnen. Ziel ist die Entdeckung neuer chemischer Leitstrukturen von Naturstoffen zur Arznei- und Wirkstoffentwicklung (z. B. Antibiotika, Zytostatika, Medikamente gegen Parasiten, Enzyme). Die Naturstoffforschung mit Mikroorganismen als Schlüsselorganismen ist umweltschonend, denn mikrobielle Biomassen können in Fermentern auch in größeren Mengen ohne Raubbau natürlicher Standorte kultiviert werden. Die ersten Ergebnisse sind vielversprechend: 12 % der bakteriellen und 25 % der tierischen Rohextrakte zeigten starke pharmakologische Aktivitäten („Hits“). Beispielhaft sind kälteangepasste Enzyme (Pektinlyasen, Chitinase) aus Antarktisbakterien, deren Charakterisierung mit der Universität Greifswald gelang. Hier wurde die Voraussetzung zur Aufklärung der molekularen Kälteanpassungsmechanismen geschaffen. Diese Enzymgruppe ist von großem industriellem Interesse.

Die Arbeitsgruppe ‚Chemische Strukturaufklärung‘ befindet sich im Aufbau. Erste Ergebnisse zeigen, dass tropische Schwämme der Gattung *Agelas* Brompyrrol-derivate (u. a. Sventrin) als Fraßschutz vor Fischen des Korallenriffs bilden. Der Ursprung dieser chemischen Verbindungen ist noch unklar. Eine Vielzahl von gefährlichen Giften, den sogenannten Algentoxinen,

reef fish. Several dinoflagellates produce dangerous algal toxins. Spirolid toxins of Alexandrium ostenfeldii were detected for the first time in European waters. This work was accomplished in co-operation with colleagues from the University of Jena. The toxin structure analysis is in progress.

Marine invertebrates usually form complex communities with microbes. These communities are regarded as symbiotic, producing a wide array of natural products. Often it is unclear which of the partners – the microorganisms or their hosts – is the origin of the bioactive compounds. The investigation of symbiosis is a focal point of our research. The mechanisms of symbiosis are largely unknown, which is also true for most of the microbes involved. Hence, we will firstly concentrate on phylogenetic identification of the organisms. The approach is challenging. In order to succeed with the cultivation of intracellular bacteria, unknown in situ living conditions (pH, oxygen, nutrients etc.) of the animal's tissue have to be elucidated and simulated. Intracellular bacteria were analysed from a wide spectrum of invertebrates; sponges Haliclona, Halichondria, Suberites, sea stars and urchins Marthasterias, Spatangus, the soft coral Alcyonium and the bryozoa Flustra as well as squid eggs of Loligo. Phylogenetic data indicate a wide spectrum of bacterial diversity including new, undescribed taxa. These findings are consistent with data of bacterial isolates from sea ice and oligotrophic habitats.

Seasonal bacterial diversity was investigated during a three year study by using molecular techniques (denaturant gradient gel electrophoresis, DGGE) at Helgoland Roads. Data suggest the existence of stable bacteria in spring, fall and winter populations. The variable summer population seem to be controlled by algal blooms and nutrient conditions.

wird von Dinoflagellaten gebildet. Im Rahmen eines BMBF-Projektes gelang mit Kollegen der Universität Jena der Nachweis neurotoxischer Spirolide in *Alexandrium ostenfeldii* erstmals in europäischen Gewässern. Gegenwärtig wird ihre chemische Struktur aufgeklärt.

Marine wirbellose Tiere und Mikroorganismen bilden oftmals komplexe Lebensgemeinschaften, welche eine Vielzahl von Naturstoffen ausbilden. Hier handelt es sich meistens um Symbiosen, bei denen es in der Regel unklar ist, ob die Wirtstiere oder die Mikroorganismen die Naturstoffproduzenten sind. Die Symbiosemechanismen sind meist unbekannt. Dies gilt auch für die mikrobiellen Partner, und daher ist die Identifizierung der beteiligten Mikroorganismen das erste Ziel. Dies ist anspruchsvoll, denn die in-situ-Lebensbedingungen (Nährstoffe, pH, Sauerstoff, etc.) im Gewebe tierischer Zellen sind zur Kultivierung dieser Bakterien zu simulieren. Bisher wurden Schwämme (*Haliclona*, *Halichondria*, *Suberites*), Seesterne und Seeigel (*Marthasterias*, *Spatangus*), Weichkorallen (*Alcyonium*), Moostierchen (*Flustra*) sowie Tintenfisch-Eigelege (*Loligo*) auf ihre intrazellulären Bakterienisolate untersucht. Die Ergebnisse zeigen eine große Artendiversität mit vielen neuen, noch nicht beschriebenen Taxa auf. Dieser generelle Befund gilt auch für Meeresbakterien sowie planktische Bakterien mit geringem Nährstoffbedarf.

Die bakterielle Diversität und saisonale Abhängigkeit wurde an der Helgoländer Reede in einer mehrjährigen Zeitserie mit Hilfe der denaturierenden Gradient-Gelelektrophorese (DGGE) analysiert. Es gibt deutliche Frühjahrs-, Herbst- und Winterpopulationen. Die variablen Sommerpopulationen scheinen von den Algenblüten sowie den jeweiligen Nährstoffverhältnissen gesteuert zu werden.

3.3 Benthische Ökosysteme

Die Arbeiten des Fachbereichs beinhalten ökologische, physiologische und ökotoxikologische Labor- und Freilanduntersuchungen, überwiegend mit engem Bezug zum marinen Benthos. Regionale Schwerpunkte sind die Schelfe und Küstengewässer der Polar-meere sowie der Küstenbereich der Nordsee. Die Arbeiten umfassen einen weiten Bereich, von physiologisch-biochemischen Ansätzen auf molekularem und zellulärem Niveau über Organismen, Populationen und Lebensgemeinschaften bis hin zu Teil-ökosystemen und übergreifenden Fragen des Stoff- und Energieflusses. Die Dynamik benthischer Ökosysteme, ihrer Gemeinschaften, Populationen und Organismen wird bestimmt sowohl durch abiotische Umwelteinflüsse als auch durch die Wechselwirkungen zwischen Organismen.

Ökologische Befunde bedürfen zu ihrer Erklärung vielfach sowohl physiologischer als auch struktureller Kausalanalysen. In vielen Vorhaben sind die Fragen, Ziele und Perspektiven komplementär. Worin unterscheiden sich benthische marine Ökosysteme? Welche Faktoren sind dafür verantwortlich? Wie haben sich die Organismen angepasst? Welche natürlichen und anthropogenen Einflüsse verändern Artengemeinschaften und Biodiversität? Welche Auswirkungen sind bei steigender anthropogener Einflussnahme oder globalen Temperaturschwankungen zu erwarten? In den drei Sektionen ‚Vergleichende Ökosystemforschung‘, ‚Küstenökologie‘ und ‚Ökophysiologie und Ökotoxikologie‘ werden Antworten auf diese Fragen gesucht.

3.3 Benthic ecosystems

The ‘Benthic ecosystems’ department does ecological, physiological, and ecotoxicological laboratory and field experiments, mainly on marine benthos. Regional foci are placed on the shelf and coastal waters of polar seas as well as the North Sea coastal area. Studies cover the range from physiological-biochemical approaches on molecular and cellular levels, through individuals, populations and community levels to sections of ecosystems. They also include studies on particle and energy fluxes. The dynamics of benthic ecosystems, communities, populations and organisms are influenced by abiotic factors and interactions between organisms.

Both, physical and structural causal analyses are necessary to interpret ecological results. Many projects have complementary questions, objectives and perspectives. How do benthic marine ecosystems differentiate? Which are the responsible factors? How have organisms adapted? Which natural and anthropogenic factors influence species communities and biodiversity? What will be the results of rising anthropogenic influences or global climate changes? These questions are being dealt with in the three sections ‘Comparative Ecosystem Research’, ‘Coastal Ecology’ and ‘Ecophysiology and Ecotoxicology’.

3.3.1 Comparative ecosystem research

A large part of the exchange processes between polar sea ice, pelagic and benthic zones is due to the nutritional relationships between organisms. Co-operation with ICM Barcelona has resulted in a better understanding of the food requirements of species and the biomass rich suspension feeder com-

3.3.1 Vergleichende Ökosystemforschung

Ein großer Teil der stofflichen Austauschprozesse zwischen polarem Meereis, Pelagial und Benthos entfällt auf Nahrungsbeziehungen zwischen Organismen. Große Fortschritte wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Institut de Ciències del Mar (ICM), Barcelona, Spanien, bei der Klärung der Nahrungsbasis für die arten- und biomassereichen Suspensionsfresser-Gemeinschaften auf dem Antarktischen Schelf gemacht. Die Ernährung dieser Epifaunagemeinschaften, die durch Schwämme, Moostierchen, Nesseltiere und Seescheiden dominiert werden, war lange Zeit ein Rätsel, zumal sie die saisonalen Planktonblüten nur sehr eingeschränkt zu nutzen schienen. Der Schlüssel zum Erfolg dieser Organismen liegt in der Nutzung mikroskopisch kleiner Nahrungspartikel aus dem Plankton und Seston über das ganze Jahr, im insgesamt (für die Gruppe) sehr breiten Nahrungsspektrum, in breit gefächelter Nahrungsaufteilung und energiesparendem Stoffwechsel. In Gebieten mit feinem Gletscherabrieb setzen sich solitäre Seescheiden gegen die sonst dominierenden Schwämme durch, deren Kanalsystem leichter verstopft. Bodennah lebende Fische spielen eine wichtige Rolle im Energietransfer zu höheren trophischen Stufen wie Säugetieren und Vögeln. Gemeinsam vorkommende Arten dieser Fische unterscheiden sich ökologisch durch ihre Vorliebe für bestimmte Wasserschichten und aufgrund ihrer Spezialisierung auf bestimmte Nahrung. Im antarktischen Weddellmeer wurde eine weitere, bisher unbekannte Nische gefunden: Einige Arten leben bevorzugt in Gebieten, in denen die Bodenfauna von strandenden Eisbergen stark gestört wurde.

munities of the Antarctic shelf. The feeding of this epifaunal community, dominated by sponges, bryozoans, cnidarians and ascidians was a mystery for a long time. Especially since their exploitation of the seasonal plankton blooms seemed to be very restricted. The key to the success of these organisms lies in their year-round utilisation of a broad spectrum of microscopically small food particles from the plankton and seston, in a widely spread food segmentation and in their energy saving metabolism. In regions with subtle glacial abrasion solitary ascidians are more successful than the otherwise dominant sponges, which are easily congested. Benthic fish play an important role in the energy transfer to higher trophic levels such as mammals and birds. Fish species which occur together differ ecologically due to their preference for certain water bodies and their nutritional specialisation. In the Weddell Sea a further hitherto unknown niche was found: some species prefer areas in which the bottom fauna has been disturbed by icebergs.

Antarctic sea elephants undertake long-range migrations to regions with a better food supply. Satellite tracking of sea elephants from King George Island has shown that the distance and direction of these migrations depend on age and sex of the animals. Young animals migrated to nearshore sea areas west of the De Gerlache Seamounts in the South Pacific, whereas the adult seals spent the winter in ice-covered shelf regions at high Antarctic latitudes. The females migrated along the west coast of the Antarctic Peninsula to the Bellingshausen Sea. The males reached their southernmost position in the inner packice of the Weddell Sea after following the eastern continental margin of the Peninsula.

Antarktische See-Elefanten unternehmen weiträumige Wanderungen in Gebiete mit besserem Nahrungsangebot. Entfernung und Richtung dieser Wanderungen hängen von Alter und Geschlecht der Tiere ab, wie die Verfolgung von See-Elefanten der König-Georg-Insel mit Hilfe von Satelliten zeigte. Die Jungtiere wanderten zu küstennahen Seegebieten westlich der De-Gerlache-Seeberge im Südpazifik, während die adulten Robben den Winter in eisbedeckten Schelfgebieten hochantarktischer Breiten verbrachten: Die Weibchen zogen entlang der Westküste der antarktischen Halbinsel bis ins Bellingshausenmeer. Die Männchen dagegen folgten dem Kontinentalrand östlich der Halbinsel und erreichten ihre südlichsten Positionen im inneren Packeis des Weddellmeers.

Innerhalb der Themengruppen „Das Benthos in marinen Stoffkreisläufen“ und „Lebenszyklen und Lebensstrategien polarer benthischer Evertibraten“ wird das Modell für die Schätzung der Produktivität von Populationen kontinuierlich verbessert. Die Datenbasis für ein Modell zur Schätzung individueller Respirationsraten wird derzeit aufgebaut und beinhaltet zur Zeit mehr als 15 000 Werte. Beide Modelle werden in die AWI-Website gestellt, so dass sie von Wissenschaftlern aus aller Welt online benutzt werden können. Erste Wachstumsmodelle für Schwämme des Weddellmeerschelfs deuten auf Umsatzraten im Bereich von nur 1 % pro Jahr für das in den Körpern gebundene Opal (SiO_2) hin (ca. 2×10^6 Tonnen auf dem Schelf).

Verbreitungs- und Verteilungsmuster von pelagischen und benthischen Arten und Lebensgemeinschaften wurden in unterschiedlichen Meeresgebieten untersucht und die Muster durch ökosystemare und erdgeschichtliche Befunde erklärt. Dabei wurden

The working groups "Benthos in marine particle cycles" and "Life cycles and strategies of polar benthic evertibrates" deal with continual improvement of the model for the estimation of population productivity. A data base for a model to estimate individual respiration rates is being compiled and, up to now, comprises more than 15 000 data points. Both models will be published on the AWI website for online use. First growth models for sponges from the Weddell Sea shelf indicate turnover rates in the range of only 1 percent/year for the corporal opal (SiO_2) bound in the bodies (ca. 2×10^6 tons on the shelf).

The distribution of pelagic and benthic species and communities were studied in different oceanic regions and the resulting patterns subsequently defined by using ecosystematic and geohistorical data. Thus, data bases for the evaluation and prognoses of changes due to climatic trends were established. Furthermore concepts for the protection of the biodiversity of intensely utilised ocean regions such as the North Sea are being developed. During an expedition in June 2001 and subsequent short cruises with RV 'Heincke', the benthic communities of the south-eastern North Sea were investigated using different sampling equipment and video recordings. Particular emphasis was placed on habitat and species rich structures which occur in areas of former end moraines. Such areas seem to be especially suitable for environmental protection measurements, particularly when they fulfill important refuge and intermediate spatial roles in the migration of marine organisms. Gradients in the composition of the Amphipoda community along the Elbe glacial valley were registered in order to demonstrate the importance of their migration route into the inner German Bight. Faunal

auch Grundlagendaten zur Beurteilung und Prognose von Veränderungen erarbeitet, die durch Klimatrends bedingt werden. In Meeresgebieten wie der stark genutzten Nordsee werden zudem Konzepte zum Schutz der Biodiversität entwickelt. Benthische Lebensgemeinschaften in der südöstlichen Nordsee wurden auf einer mehrwöchigen ‚Heincke‘-Ausfahrt im Juni 2000 und nachfolgenden Kurzausfahrten mit Hilfe verschiedener Probennahmegeräte sowie mit Videoaufnahmen erfasst. Besonderes Augenmerk galt habitat- und damit artenreichen Bodenstrukturen, wie sie im Bereich ehemaliger Endmoränen vorkommen. Solche Lebensstätten erscheinen besonders geeignet für Naturschutzmaßnahmen, vor allem, wenn sie auch wichtige Refugial- und Trittsteinfunktionen bei der Wanderung von Meeresorganismen erfüllen. Gradienten in der Zusammensetzung der *Amphiura*-Lebensgemeinschaft im Verlauf des Elbe-Urstromtals wurden erfasst, um die Bedeutung dieses Einwanderungswegs in die innere Deutsche Bucht darzustellen. Faunistische Veränderungen im Bereich der Doggerbank im Zusammenhang mit einer Erwärmung der südlichen Nordsee werden in Zusammenarbeit mit dem Senckenberg-Institut Wilhelmshaven und der ICES-Benthosgruppe festgehalten.

Eine umfangreiche ROV (Remotely Operated Vehicle) gestützte faunistische Untersuchung auf dem Westspitzbergen-Schelf diente neben der Frage nach Methan-Austritten der Klärung benthosökologischer Zusammenhänge zwischen Strömung und Sedimentbeschaffenheit auf der einen sowie der Entwicklung von Biodiversität und Lebensformtypen auf der anderen Seite. Beschreibungen der benthischen und planktischen Lebensgemeinschaften in der Karasee werden z. Z. zur Publikation aufgearbeitet.

changes in the region of the Dogger Bank related to a warming of the southern North Sea are being investigated (in co-operation with the Senckenberg Institute Wilhelmshaven and the ICES benthic group).

An extensive ROV survey of the western Spitsbergen shelf fauna served to study both methane emissions and the benthic-ecological relationships caused by current and sediment conditions on one side and the evolution of biodiversity and life-forms on the other. Descriptions of the benthic and plankton communities in the Kara Sea are being edited for publication. Together with data from the Barents and Laptev Sea this will enable a better description of zoogeographical gradients along the Eurasian coasts. These studies supplement corresponding comparative studies off Greenland, in the Magellan region and in the Antarctic, particularly for the evaluation of the effects of climate change on the ecosystems.

A quantitative estimate of Antarctic macrozoobenthos species based on species-spatial relationships, carried out in co-operation with the Zoological Institute St. Petersburg, showed that the Antarctic has a moderately high benthic species diversity of between 11 000 and 25 000 species. This is far below estimates for coral reefs and the deep sea but higher than those for the Arctic, temperate regions and coastal upwelling areas. For the first time, terrestrial ecological methods were used to analyse photo transects of the Weddell Sea shelf in terms of community and biodiversity. Co-operating Spanish colleagues placed emphasis on the investigation of species rich, taxonomically hitherto little considered groups e.g. cnidaria and bryozoa. The Scotia Bow, an as yet neglected area of investigation will be studied to determine the role of islands and

Zusammen mit Befunden aus der Barents- und Laptewsee können zoogeographische Gradienten entlang der eurasischen Küsten in Zukunft besser dargestellt werden. Diese Arbeiten ergänzen entsprechende vergleichende Studien bei Grönland, in der Magellanregion und der Antarktis, insbesondere zur Beurteilung klimabedingter Veränderungen in den Ökosystemen.

Eine zusammen mit dem Zoologischen Institut St. Petersburg durchgeführte, auf Arten-Areal-Beziehungen beruhende Abschätzung der Anzahl antarktischer Makrobenthosarten ergab, dass die Antarktis mit mehr als 11 000, vermutlich aber nicht mehr als 25 000 Arten eine mäßig hohe benthische Artenvielfalt beherbergt, die weit unter den Schätzungen für z. B. Korallenriffe und die Tiefsee, aber über denen für die Arktis, temperierte Bereiche und Küstenauftriebsgebiete liegt. Für Gemeinschaftsanalysen und Biodiversitätsvergleiche wurden Fototransekte vom Weddellmeerschelf erstmals mit den Methoden der Landschaftsökologie analysiert. Gemeinsam mit spanischen Spezialisten wurden in der Antarktis schwerpunktmäßig auch artenreiche Gruppen erfasst, die bisher taxonomisch kaum berücksichtigt wurden, wie z. B. die Nesseltiere (Cnidaria) und Moostierchen (Bryozoa). Als letzte bislang vernachlässigte Schelfregion wird nun noch der Scotiabogen mit der Fragestellung bearbeitet, inwieweit die Inseln und Flachgebiete als Trittsteine beim Austausch zwischen Magellanregion und Antarktis gedient haben. Entlang der chilenischen Pazifikküste wurde im April/Mai 2000 das Auftriebssystem des Humboldt-Stroms mit Hilfe von FS ‚Sonne‘ faunistisch untersucht, um latitudinale Biodiversitätsmuster bis in mittlere Breiten zu verfolgen.

shallow regions as intermediary stepping stones for exchanges between the Magellan region and the Antarctic. In April/May 2000 the upwelling system of the Humboldt Current along the Chilean Pacific coast was investigated faunistically in order to follow latitudinal biodiversity patterns up to the temperate zones.

Submarine plateaus cause changes in the hydrography and modify biotope relationships. Investigations in the area of the Great Meteor Bank, north-eastern Atlantic have helped to clarify influences of the Bank on species composition, individual density and life strategies. Clear differences between plateau and deep-sea could only be recorded for the rare neritic cladocereas (Evadne spinifera) (< 1 %) and echinoderm larvae. Differences in the occurrence of copepods (70 – 90 % of the mesozooplankton) between the Meteor Bank plateau and the oceanic areas occur only on the species level.

Life cycles and strategies of dominant benthic and pelagic species were investigated in the polar regions, in temperate zones and in the subtropics in order to understand their adaptation to the different climatic zones. Growth and reproduction, which are influenced considerably by environmental conditions such as temperature and food supply, were the main foci of the studies. The Atlantic boreal copepod Calanus finmarchicus continues to feed, mainly on phytoplankton, during reproduction. However, in the Norwegian Sea, egg cannibalism is an important controlling factor before the onset of the spring bloom. The Arctic species Calanus hyperboreus is also a herbivore, but its reproductive strategy is independent of the occurrence of phytoplankton; internal deposits are used for egg production. The repro-

Unterseeische Hochplateaus erzeugen Änderungen in der Hydrographie und stark abgewandelte Biotopverhältnisse im ozeanischen Lebensraum. Untersuchungen im Bereich der Großen Meteorbank im NO-Atlantik sollten klären, inwieweit Zusammensetzung, Individuendichten und Lebensstrategien durch diese Bank verändert werden. Deutliche Unterschiede zwischen Plateau und Tiefsee traten nur bei den selten vorkommenden (< 1 %) neritischen Cladoceeren (*Evadne spinifera*) und Echinodermenlarven auf. Unterschiede im Vorkommen zwischen dem Plateau der Meteorbank und dem ozeanischen Bereich sind bei den Copepoden, die 70 - 90 % des Mesozooplanktons stellen, nur auf Artniveau erkennbar.

Lebenszyklen und Lebensstrategien dominanter benthischer und pelagischer Arten wurden in den Polargebieten, in gemäßigten Breiten und in den Subtropen mit dem Ziel untersucht, ihre Anpassung an die unterschiedlichen Klimazonen nachzuweisen. Wachstum und Reproduktion, die stark von herrschenden Umweltbedingungen wie Temperatur und Nahrungsangebot beeinflusst werden, standen im Mittelpunkt der Arbeiten. Der atlantisch-boreale Copepode *Calanus finmarchicus* ist für seine Reproduktion auf gleichzeitige Nahrungsaufnahme angewiesen. Dieser Ruderfußkrebis ernährt sich vorwiegend von Phytoplankton; in der Norwegischen See ist jedoch Eikannibalismus ein wichtiger Kontrollfaktor vor der Frühjahrsblüte. Wie *C. finmarchicus* ist auch die arktische Art *Calanus hyperboreus* herbivor, ihre Reproduktionsstrategie ist aber vom Phytoplanktonvorkommen unabhängig: Für die Eiablage werden interne Speicherstoffe genutzt. Die Fortpflanzungsbiologie adulter Weibchen konnte zwei Jahre lang im Labor verfolgt werden. Dabei wurde erstmalig nach-

duction biology of adult females was followed for a period of two years under laboratory conditions. It was shown for the first time, that they are able to produce eggs for two years. It was previously thought that copepods have a reproduction period of only one year. The influence of temperature on the life cycle of two copepod species, Temora and Centropages from the North and the Mediterranean Seas, was studied in laboratory and field experiments. Temperature plays a decisive role in the reproductive strategies and population dynamics and it appears to be an important cause of interannual and regional variability.

The reproduction of the surf clam Donax serra on Namibian sand beaches was studied for over two years. Histological examinations of the gonads indicated a distinct annual reproductive cycle with spawning from August to February. This is related to sea surface temperature. Juvenile D. serra were only present in the intertidal zone during a period of three months. Growth rate of the long-living mussel Eurhormalea exalbida from the Beagle Channel, increased during the past 60 years, and showed a distinct 10-year cycle. This indicates that long-term climatic oscillations are over-layed by a trend. Joint ecological investigations on the impact of temperature on the metabolism of the globally occurring pectinid clams were carried out. Polar species such as Adamusium colbecki have a lower basic metabolism and significantly reduced growth rates. A long life span (> 20 years) and lack of fishery pressure on A. colbecki result in locally high population densities. Production rates are comparable to those of species from lower latitudes. The activity of mitochondrial key enzymes (e. g. citrate synthase) indi-

gewiesen, dass sie zwei Jahre lang Eier legen können. Bisher nahm man an, dass Ruderfußkrebse nur eine einjährige Reproduktionsperiode haben. Der Temperatureinfluss auf den Lebenszyklus von zwei Copepoden-Artenpaaren der Gattungen *Temora* und *Centropages* wurde in der Nordsee und im Mittelmeer in Labor- und Freilanduntersuchungen untersucht. Die Temperatur spielt eine entscheidende Rolle für die Reproduktionsstrategien und Populationsdynamik und scheint eine wichtige Quelle der beobachteten interannuellen und regionalen Variabilität zu sein.

Über zwei Jahre wurde die Fortpflanzung der Brandungsmuschel *Donax serra* an namibischen Sandstränden studiert. Die histologische Untersuchung der Gonaden zeigte einen klar abgegrenzten jährlichen Reproduktionszyklus mit laichreifen Tieren im Zeitraum August bis Februar. Dieser Fortpflanzungszeitraum ist mit den Oberflächen-Wassertemperaturen gekoppelt. Junge *D. serra* wurden jedoch nur über drei Monate in der Gezeitenzone gefunden. Die Wachstumsrate der langlebigen Muschel *Eurhomalea exalbida* des Beagle-Kanals zeigt über die letzten 60 Jahre sowohl deutliche 10-Jahres-Zyklen als auch eine generelle Zunahme. Dies lässt darauf schließen, dass längerfristige klimatische Oszillationen von einem Trend überlagert sind. Der Einfluss der Temperatur auf den Stoffwechsel wurde auch an der weltweit vorkommenden Familie der Kamm-Muscheln (Pectinidae) untersucht. Polare Arten wie *Adamussium colbecki* haben einen verringerten Grundstoffwechsel und deutlich reduzierte Wachstumsleistungen. Ein hohes Lebensalter (> 20 Jahre) und fehlende fischereiliche Nutzung von *A. colbecki* bewirken lokal hohe Besiedlungsdichten. Die Produktivitäts-

cates a distinct adaptation of the stenotherme or eurytherme pectinid species to the temperature zone of the corresponding habitat.

The reproductive strategies and early life histories of benthic decapods from the Subantarctic and South Atlantic Ocean were studied in co-operation with Argentinian partners. The complete larval development of the subantarctic shrimp species Campylonotus vagans has now been described. Its larval development passes through only two zoeal and one decapodite stages, all of which are large and demersal, although it is not totally lecithotrophic. The same tendency of demersal and abbreviated larval development was found in the two king crab species Lithodes santolla and Paralomis granulosa. The larval development of both species occurred at low temperatures (3 - 1 °C) to which they showed a high tolerance. Larval development was successful at up to about 15 °C. The larval lecithotrophy of both species results in total food independency, which permits larval survival and development for several months.

Age determination of long-living polar crabs was made possible with the use of the autofluorescent pigment lipofuscin which accumulates in the brain tissue as final product of the oxidative cellular metabolism. This showed that equal-sized individuals may be of different age. The method has a high potential for age determinations of other taxa, which are difficult to age.

Many Antarctic benthic organisms in the reproductive phase (eggs, larvae, spawn) were found in the late autumn of 2000, during the third EASIZ (Ecology of the Antarctic Sea Ice Zone) cruise. This indicates either a high decoupling of the reproductive cycle from the primary production phase in spring

raten sind mit denen von Arten niederer Breiten vergleichbar. Die Aktivität mitochondrialer Schlüsselenzyme (z. B. Citratsynthase) zeigt eine deutliche Anpassung an den Temperaturbereich des jeweiligen Lebensraums der stenothermen oder eurythermen Pectinidenarten.

Reproduktionsstrategien und frühe Entwicklung benthischer Dekapoden der Subantarktis und des Südatlantiks wurden in Kooperation mit argentinischen Projektpartnern untersucht. Erstmals wurde die gesamte Larvalentwicklung der subantarktischen Garnelenart *Campylonotus vagans* beschrieben. Obwohl diese Art noch keine reine Lecitotrophie aufweist, besteht die Larvalentwicklung nur noch aus zwei Zoeastadien und dem Dekapoditstadium. Alle Stadien zeichnen sich durch ungewöhnliche Größe und demersale Lebensweise aus, was als Grundtendenz auch bei der Larvalentwicklung der Steinkrabben *Lithodes santolla* und *Paralomis granulosa* nachgewiesen wurde. Beide Arten zeigten eine erstaunliche Toleranz im Niedrigtemperaturbereich (3 - 1 °C), in dem die vollständige Larvalentwicklung zum Juvenilen stattfand. Beide Arten waren aber auch bis 15 °C in ihrer Larvalentwicklung erfolgreich. Die reine Lecitotrophie der Larven beider Arten führt zu vollständiger Nahrungsunabhängigkeit, die ihr Überleben und ihre Entwicklung über mehrere Monate ermöglicht.

Mit Hilfe des autofluoreszierenden Pigments Lipofuscin, das als Endprodukt des oxidativen Zellstoffwechsels im Hirngewebe über die Zeit akkumuliert wird, wurde erstmalig das Alter langlebiger polarer Krabben bestimmt. Gleich große Individuen können danach sehr unterschiedlich alt sein. Die Methode birgt möglicherweise auch ein hohes Potenzial für die Altersbestimmung anderer schwieriger Taxa.

and summer, long developmental phases to attain autonomous juvenile stages (e. g. the polyps of cnidarians) or the use of alternate food sources such as bacteria or microplankton, presumptions which can only be verified by sampling in winter. The observation of a three-week autumnal plankton bloom in the eastern Bellingshausen Sea proved that benthic invertebrate larvae should be able to develop successfully in the plankton during late autumn. The invertebrate larvae found mainly belonged to groups with a short larval cycle.

Different ontogenetic adaptation strategies were found in fish from the eastern Weddell Sea. ROV pictures showed juvenile Trematomus hanging head down at the shelf ice edge of Drescher Inlet, whereas adults swam close to the sea ice. The shelf ice only seems to be used during an early life stage, possibly to conserve energy.

The department also studies the effects of different disturbances on ecosystems and on community regeneration in the polar and the North Sea areas. Disturbances play an important role in determining diversity while disturbance intensity (frequency and severity) and recolonisation rate determine community development. The effects of natural and anthropogenic disturbances on benthic communities are being continuously investigated. In shallow North Sea areas, extraordinarily cold winters or storms significantly influence species composition and benthic diversity. This could be shown by a re-analysis of the ecological monitoring series 'Macrobenthos German Bight'. However, in the North Sea, anthropogenic disturbances also have a significant impact on benthic diversity. Intensive bottom trawl fishery in the central and southern North Sea causes distinct

Während der dritten EASIZ („Ecology of the Antarctic Sea Ice Zone“) – Reise im Südherbst 2000 wurde viele antarktische Benthosorganismen mit Fortpflanzungsprodukten (Eier, Larven, Brut) gefunden. Das deutet auf eine weitgehende Abkopplung des Reproduktionszyklus von der Primärproduktionsphase im Frühjahr und Sommer, lange Entwicklungszeiten bis zu autonomen Juvenilen (z. B. bei den Polypen der Nesseltiere) oder die Nutzung alternativer Nahrungsquellen wie Bakterien oder Kleinstplankton hin. Gewissheit könnten nur Probennahmen im Winter bringen. Die Beobachtung einer herbstlichen Planktonblüte im östlichen Bellingshausenmeer über drei Wochen bestätigte, dass Larven benthischer Evertibraten im antarktischen Spätherbst auch im Plankton auftreten und sich erfolgreich entwickeln können. Die gefundenen Evertibratenlarven gehörten hauptsächlich zu Gruppen mit einem kurzen Larvalzyklus.

Unterschiedliche ontogenetische Anpassungsstrategien wurden bei Fischen im östlichen Weddellmeer gefunden. Das ROV zeigte juvenile Fische der Gattung *Trematomus* kopfüber an der Schelfeiskante des Drescher-Inlets hängend, während die adulten normal dicht unter dem Meereis schwammen. Das Schelfeis wird offensichtlich nur in einer frühen Periode des Lebens genutzt. Möglicherweise dient das Verhalten der Juvenilen der Einsparung von Energie.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten befasste sich mit Auswirkungen von Störungen unterschiedlicher Ursache auf Ökosysteme und auf die Regenerationsfähigkeit von Lebensgemeinschaften in den Polargebieten und der Nordsee. Störungen spielen für die Artenvielfalt (Diversität) eine bedeutende Rolle; Störungsintensität (Häufigkeit und Schwere) und Wiederbesiedlungsgeschwindigkeit bestimmen die

change of the communities to recurring early succession stages. Organisms typical of mature developmental stages, e. g. old slow growing mussels are only seldom found. The planned construction of large wind energy parks in the North and Baltic Sea offshore areas will also have an impact on the marine environment. Possible impacts of these parks on the marine ecosystems will be studied in various projects. Both technical and ecological aspects will be considered in co-operative projects to develop strategies to avoid or reduce such possible effects.

The partial applicability of the intermediate-disturbance hypothesis on the Antarctic macrobenthos was statistically proven for the first time. Localised devastation of benthic biota due to grounding icebergs obviously causes an increase in diversity on larger spatial scales only, e. g. at the level of a turnover of recolonisation stages (beta-diversity) and regional (epsilon) diversity. Local diversity, however, was highest in undisturbed areas. After total benthos devastation, faunistic succession, especially within early stages, may vary considerably. A first approach linking disturbance and biodiversity by a grid-based model was started in co-operation with the Centre for Environmental Research (UFZ, Leipzig). Results indicate that the empirically determined frequency of disturbance represents a level slightly below the optimum of pattern diversity to be modelled.

The benthic communities off Peru were studied in Ancon and Independencia Bay during the most intensive La Niña phase for decades. During long-lasting extremely cold conditions the division into a highly productive coastal – an extended oxygen-limited – zone and a productive deeper zone (from about 600 metres) was particularly distinctive. This

Entwicklung der Artenvielfalt. Auswirkungen von natürlichen und anthropogenen Störungen auf Lebensgemeinschaften des Meeresbodens wurden weiter untersucht. Für den Bereich der flachen Nordsee sind außergewöhnlich kalte Winter oder Sturmereignisse Störgrößen, welche die Artenzusammensetzung und Diversität des Benthos maßgebend beeinflussen, wie mit einer neuen Analyse der ökologischen Beobachtungsreihe „Makrobenthos Deutsche Bucht“ gezeigt wurde. In der Nordsee sind aber auch anthropogene Störungen maßgebliche Einflussgrößen für die benthische Diversität. So bewirkt die intensive Grundschleppnetz-Fischerei in der mittleren und südlichen Nordsee eine deutliche Verschiebung der Lebensgemeinschaften in frühere Sukzessionsstadien. Organismen, die typisch für reifere Entwicklungsstufen sind, wie z. B. alte langsamwüchsige Muscheln, werden nur noch sehr selten gefunden. Auch der geplante Bau großflächiger Windenergieanlagen im Offshorebereich der Nord- und Ostsee wird nicht ohne Auswirkungen auf die marine Umwelt bleiben. Mögliche Wirkungen dieser Windenergieanlagen auf das marine Ökosystem werden in verschiedenen Projekten untersucht. Durch enge Zusammenarbeit zwischen Technik und Ökologie sollen Strategien zur Vermeidung oder Verminderung möglicher Auswirkungen erarbeitet werden.

Erstmals konnte die teilweise Anwendbarkeit der Intermediate-Disturbance-Hypothese auf das antarktische Makrobenthos statistisch nachgewiesen werden. Durch Eisbergstrandungen bedingte lokale Störungen führen zu einer Erhöhung der Biodiversität nur auf größeren räumlichen Skalen, wie auf dem Niveau eines Wechsels im Fleckenmuster der Wiederbesiedlungsstadien (Species turnover oder beta-Diversität)

was also found during the 'Sonne' expedition off Chile. The occurrence of El Niño results in colonisation of the oxygen-limited zone and the disappearance of zonation.

Comparisons of natural and anthropogenic disturbances in different marine regions are carried out to obtain a better understanding of the reactions of ecosystems to disturbances and thus to an improvement in the predictions of anthropogenic effects. Extraordinary ice winters in the Wadden Sea or iceberg strandings and their influence on the communities of the polar sea floors serve as 'natural field experiments'.

3.3.2 Coastal ecology

The Sylt-Rømø-Wadden Sea is one of the few areas which has been studied for over 75 years and which is also an excellent ecological site for field experiments. Results obtained during the course of these observations are the basis for comparisons with other coastal seas in different climate zones of the world. Colleagues from all over the world attended a workshop to discuss the theoretical background of comparative studies and to compile their knowledge and experience for mutual research topics in different coastal regions of the world. Furthermore, co-operation with colleagues from other coastal regions has been established and will play a major role in future activities of the 'coastal ecology' section. This is not to say that work in the North Sea will be neglected because the combination of regional and global views will lead to new interesting aspects of research.

Mussel beds play a key role in both structure and the material budget of coastal ecosystems. Mussels

und für große Gebiete (regionale oder epsilon-Diversität). Die lokale Diversität ist jedoch in den ungestörten Flächen am höchsten. Nach völliger Zerstörung des Benthos gibt es für die faunistische Sukzession insbesondere der jungen Stadien verschiedene Alternativen. Ein erster, gemeinsam mit dem Umweltforschungszentrum Leipzig durchgeführter Ansatz zur ökologischen Modellierung mit einem definierten Raum-Zeit-Muster ergab, dass die empirisch bestimmte Störungsfrequenz in einen Bereich fällt, der leicht unter dem Optimum der Muster-Diversität liegt. Vor Peru wurden die Bodentiergemeinschaften in den Buchten von Ancon und Independencia während der stärksten La-Niña-Phase seit Jahrzehnten weiter verfolgt. Unter länger währenden sehr kalten Bedingungen ist die Unterteilung in einen hochproduktiven Uferbereich, eine ausgedehnte Sauerstoff-Mangelzone und einen produktiven Tiefenbereich ab ca. 600 Meter besonders deutlich ausgeprägt, wie auch auf der erwähnten ‚Sonne‘-Expedition vor Chile festgestellt wurde. Mit dem Auftreten der natürlichen Störung El Niño wird die Sauerstoff-Mangelzone besiedelt, und die Zonierung verwischt sich.

Der Vergleich von natürlichen und anthropogenen Störungen in unterschiedlichen Meeresgebieten zielt darauf ab, die Reaktion der Ökosysteme auf Störungen besser zu verstehen und damit die Vorhersagbarkeit der Auswirkungen anthropogener Nutzung zu verbessern. Außergewöhnliche Eiswinter im Wattenmeer oder die Strandung von Eisbergen und deren Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften polarer Meeresböden dienen dabei als „natürliche Feldexperimente“.

of the Wadden Sea have the potential to filter the entire Wadden Sea water body within a few days during summer. During this time they extract phytoplankton as well as fine particles of organic or inorganic material from coastal waters. A major part of these particles is deposited in the sediment. The sediment and mussel beds release large amounts of dissolved nutrients which in turn promote the productivity of phytoplankton. Nutrients released from mussel beds attain the highest levels measured in any coastal waters worldwide. Mussels are an important food source for many animals such as starfish, crabs and birds, particularly eider ducks. Furthermore, mussel shells are one of the few found hard substrates on a sandy coastal area to which many different animals and plants can attach themselves and thus form a species and individual rich community in an intricate food web. Mussel beds belong to the most species rich communities in the Wadden Sea. The most conspicuous organisms living on the mussels are barnacles, of which the species Semibalanus balanoides can be found in the highest densities in the immersed tidal zone (eulittoral). A second species (Balanus crenatus) attains the highest densities in the sublittoral around Sylt. The barnacles show pronounced population oscillations which appear to result from predation pressure. The periwinkle Littorina littorea grazes mainly on the barnacles in the eulittoral zone, whereas in the sublittoral barnacles are consumed by starfish and crabs. The settlement of the eulittoral and the sublittoral mussel beds differs pronouncedly. In the eulittoral the mussel beds are characterised by a high density of smaller, slow growing mussels, whereas sublittoral mussel beds have a lower density of bigger mussels. Even though

3.3.2 Küstenökologie

Das Sylt-Rømø-Wattenmeer ist eins der wenigen Gebiete, deren Entwicklung seit über 75 Jahren studiert werden konnte und darüber hinaus ein hervorragendes ökologisches Feld für Freilandexperimente darstellt. Auf der Basis der gewonnenen Forschungsergebnisse erscheint ein Vergleich mit Küstengewässern in anderen Klimazonen der Welt von großem Interesse. Daher kamen viele Kollegen aus ganz unterschiedlichen Küstenregionen zu einem Workshop zusammen, um die theoretischen Grundlagen für Vergleichsbetrachtungen zu legen und die ökologischen Kenntnisse und Erfahrungen zu gemeinsamen Forschungsthemen zusammenzustellen. Kooperationen mit Kollegen aus anderen Küstenregionen wurden ins Leben gerufen und werden in Zukunft einen großen Teil der Aktivitäten der Sektion ‚Küstenökologie‘ umfassen. Dadurch soll aber nicht die Arbeit an der Nordseeküste vernachlässigt werden, denn insbesondere in der Kombination von regionaler und globaler Sichtweise entstehen neue, interessante Aspekte.

Muschelbänke spielen eine Schlüsselrolle sowohl für die Struktur als auch den Stoffhaushalt von Küstenökosystemen. Im Wattenmeer haben die Miesmuscheln das Potenzial, das gesamte Wasservolumen in wenigen Sommertagen einmal zu filtrieren. Dabei entziehen sie dem Küstenwasser sowohl Phytoplankton als auch zerriebene organische und anorganische Partikel. Ein Großteil der Partikel wird im Sediment akkumuliert, und sowohl aus dem Sediment als auch von den Muscheln selbst werden große Mengen an gelösten Nährstoffen freigesetzt, die die Produktivität des Phytoplanktons wiederum fördern. Die Nährstofffreisetzung aus Muschelbänken zeigt die höchsten in Küstengewässern weltweit gemessenen Werte.

the mussels in the sublittoral are not stressed by periodical water loss and thus grow bigger, they are exposed to many predatory animals. An invasion of starfish can eliminate entire sublittoral mussel beds (fig. 3). Ecological processes in eulittoral and sublittoral mussel beds differ markedly, resulting in a different structural modification of these communities.

*Two introduced species have established themselves in the mussel beds at Sylt. They are the Pacific oyster and the American slipper-limpet. The Pacific oyster *Crassostrea gigas* which is being cultivated in the German and Dutch Wadden Sea has successfully reproduced in North Sea waters and is spreading, contrary to all former predictions. In Holland large areas have been colonised with Pacific oysters and numbers in the northern Wadden Sea are increasing annually. This could lead to ecological problems, because the introduced species is not integrated in the local coastal food webs. Many animals, such as eider ducks and shore crabs are unable to open the more massive shells of the Pacific oyster and will suffer food shortages if the mussel beds are displaced by the oyster. An intensive study of the ecology of the Pacific oyster has therefore been launched in cooperation with Dutch colleagues.*

*The American slipper-limpet *Crepidula fornicata* was transported to Europe around 1870 together with the American oyster *Crassostrea virginica*. Today it can be found from the Mediterranean to southern Norway and in the past decades populations have exploded on the French coast with far reaching ecological consequences. Since the 1930's the slipper-limpet has also been found in the northern Wadden Sea and it became high time to investigate its current development. The slipper-limpet lives mainly on*

Die Muscheln werden von vielen Tieren, wie Seesterne, Krebsen und Vögeln, insbesondere Eiderenten, als sehr wichtige Nahrung genutzt. Darüber hinaus stellen die Muschelschalen eins der ganz wenigen Hartsubstrate in sandigen Küstengebieten dar. Eine Vielzahl von Pflanzen und Tieren kann sich hier ansiedeln und eine arten- und individuenreiche Gemeinschaft bilden, die in einem vielfältigen Nahrungsnetz miteinander verbunden sind. Muschelbänke gehören zu den artenreichsten Lebensgemeinschaften im Wattenmeer. Die auffälligsten Aufwuchsorganismen sind Seepocken, von denen eine Art (*Semibalanus balanoides*) stärker im trockenfallenden Gezeitenbereich (Eulitoral) und eine zweite Art (*Balanus crenatus*) höchste Dichten im ständig mit Wasser bedeckten Sublitoral erreicht. Die Seepocken zeigen ausgeprägte Populationschwankungen, wofür insbesondere der Fraßdruck verantwortlich erscheint. Während die Strandschnecke *Littorina littorea* die jungen Seepocken im Eulitoral stark abweidet, reduzieren im Sublitoral Seesterne und Strandkrabben die Bestandsdichte der Seepocken. Insgesamt unterscheidet sich die Besiedlung von eulitoral und sublitoralen Muschelbänken deutlich. Im Eulitoral sind die Muschelbänke durch eine hohe Dichte kleinerer, langsam wachsender Muscheln charakterisiert, während sublitorale Muschelbänke weniger, aber größere Muscheln besitzen. Auch wenn die Muscheln im tieferen Wasser dem Stress durch periodisches Trockenfallen entgehen und besser wachsen können, sind sie hier doch vielen räuberischen Tieren ausgesetzt. So kann eine Invasion von Seesternen ganze sublitorale Muschelbänke eliminieren (Abb. 3). Die ökologischen Prozesse in eulitoral und sublitoralen Muschelbänken unterscheiden sich so stark, dass auch ihre Struktur je nach Höhengradient stark modifiziert ist.

mussel beds and occurs frequently. Though it can be found in surprisingly high numbers, there has not been a population explosion. This is most likely due to its high frost sensitivity. It is therefore currently not likely that the northern areas will be affected in a similar manner as in France. However, this could change if the species adapts to colder temperatures or if the temperatures in coastal areas increase.

Exposed sandy shores are a harsh environment for animals and plants because of the subjection to strong wave energy. Nevertheless, specific food webs can still be maintained there, and by comparing two differently exposed sandy shores, these could be deciphered. A 'small food web', consisting mainly of mobile interstitial fauna with an average size of 100 microns dominated on the dynamic, erosive Sylt shore, whereas the 'bigger food web', consisting of sedimentary, sessile and mobile macrofauna up to birds, is impoverished. Organic matter can temporarily accumulate on the more sheltered shore of the Danish neighbour island Rømø, and promotes the development of a species and individual rich macrofauna. Here, animals of higher trophic levels, such as crabs, fish and birds also find a good food supply (fig. 4).

In the framework of the ecological observations near Sylt, particular attention was paid to the phosphate cycle in the water column. Political measures have resulted in a strong reduction of dissolved inorganic phosphate in the Wadden Sea. In the Sylt-Rømø-Bight, the winter values lie at approximately 1 micromole. The values drop to between 0 and 0.1 micromole in early summer. Since organic phosphorous compounds are also an important source of phosphate, the year round development of this frac-

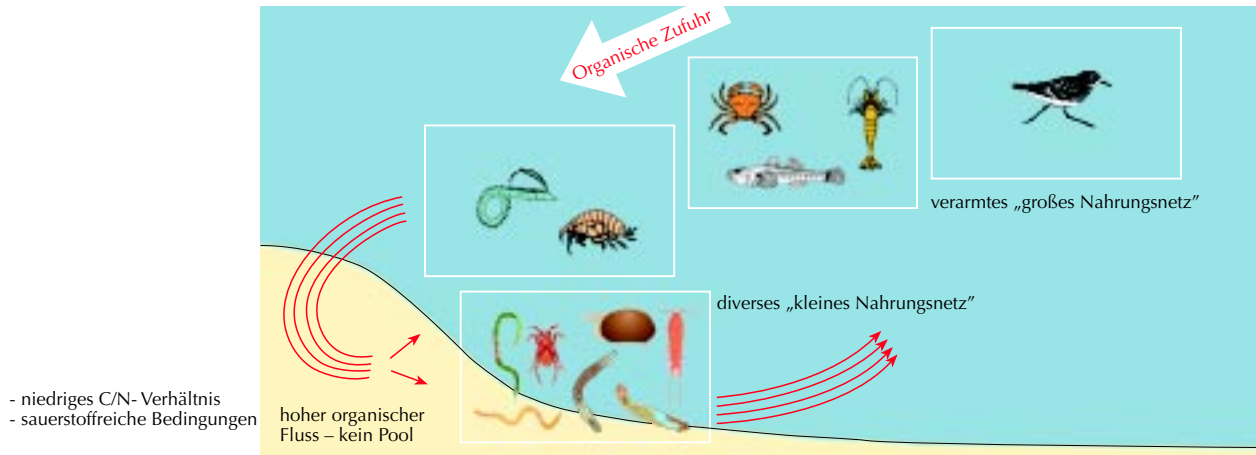


In Muschelbänken vor Sylt haben sich zwei eingeschleppte Arten etabliert, die pazifische Auster und die amerikanische Pantoffelschnecke. Die pazifische Auster *Crassostrea gigas*, die im Wattenmeer von Holland und Deutschland kultiviert wird, hat sich entgegen ursprünglichen Vorhersagen im Nordseeklima erfolgreich vermehrt und breitet sich zunehmend aus. In den Niederlanden sind schon große Flächen mit Austern besiedelt, und auch im nördlichen Wattenmeer werden von Jahr zu Jahr mehr Austern gefunden. Dies kann zu ökologischen Problemen führen, da die eingeschleppte Art nicht in die Nahrungsnetze unserer Küste eingegliedert ist. Viele Tiere, wie Eiderenten und Strandkrabben, können die sehr viel mas-

Abb. 3: Invasion von Seesternen (*Asterias rubens*) in eine Muschelbank des flachen Sublitorals, das nur bei starkem Ostwind trocken fällt.

*Fig. 3: Invasion of starfish *Asterias rubens*, in the subtidal zone exposed during an easterly gale.*

Erosiver, dynamischer Strand mit hoher Wellenenergie – intermediärer Strandtyp



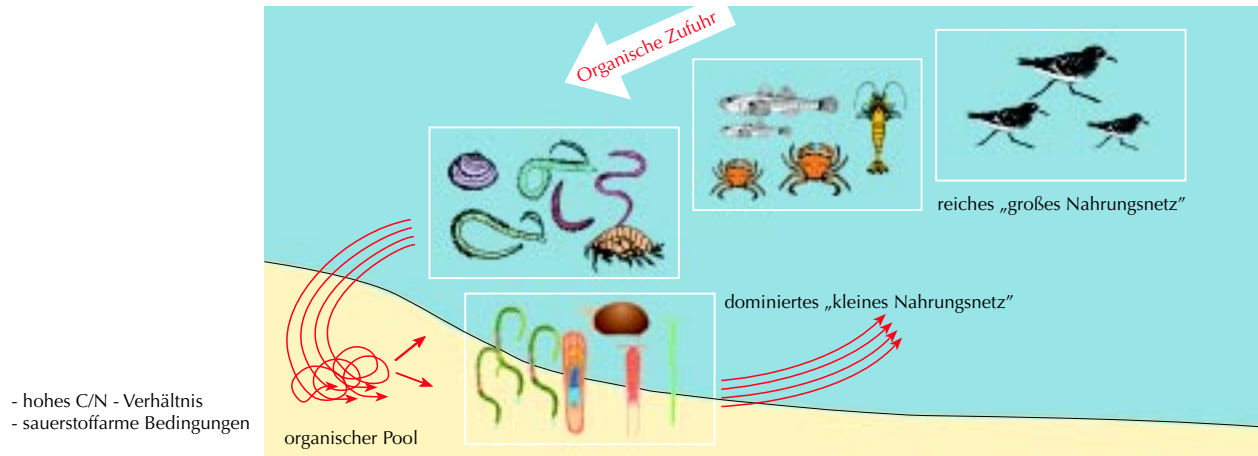
sivren Schalen der Austern nicht öffnen und werden an Nahrungsknappheit leiden, sollten Muschelbänke von pazifischen Austern verdrängt werden. Daher ist hier eine intensive Untersuchung der Ökologie der pazifischen Auster in Kooperation mit holländischen Kollegen begonnen worden.

Die amerikanische Pantoffelschnecke *Crepidula fornicata* wurde schon um 1870 zusammen mit der amerikanischen Auster *Crassostrea virginica* nach Europa transportiert. Sie ist heute vom Mittelmeer bis nach Südnorwegen zu finden. In den letzten Jahrzehnten kam es an der Küste Frankreichs zu einer regelrechten Bestandsexplosion mit weitreichenden ökologischen Konsequenzen. Da die Pantoffelschnecke seit den 30er Jahren auch im nördlichen Wattenmeer gefunden wird, erschien es ratsam, ihre heutige Entwicklung zu untersuchen. Die Pantoffelschnecke lebt überwiegend auf Muschelbänken und ist weit verbreitet. Auch wenn sie in beachtlicher Zahl zu finden ist, hat sie hier doch keine Massenentwicklung erlebt, sehr wahrscheinlich aufgrund ihrer hohen Frostempfindlichkeit. Daher scheint gegenwärtig keine Gefahr zu bestehen, dass in den nördlichen Gebieten ähnliche flächen-

Abb. 4: Nahrungsnetz zweier Sandstrände mit unterschiedlicher Wellenenergie in der kalt-temperierten Region der östlichen Nordsee. Der dynamische, intermediäre Strand mit hoher Wellenenergie ist durch hohe Flüsse organischen Materials durch den Strand charakterisiert, speichert jedoch keine Nahrungsressourcen. An diesen Stränden dominiert das „kleine Nahrungsnetz“ mit hoch beweglichen Tieren. Am stabileren, dissipativen Strand mit geringer Wellenenergie akkumuliert zeitweise organisches Material und das „große Nahrungsnetz“ ist bedeutend. Pfeile deuten den Fluss organischer und mineralisierter Substanzen an.

Fig. 4: Food web of two boreal sandy shores with different wave exposure in the Eastern North Sea. The dynamic shore with high wave energy is characterised by high material fluxes but a low capacity to store food resources. These shores are dominated by a 'small food web' of highly mobile fauna. The stable dissipative shore subjected to low wave energy temporarily accumulates organic matter and is dominated by the 'bigger food web'. Arrows indicate the flow of organic and mineralised substances.

Depositärer, stabiler Strand mit hoher Wellenenergie – dissipativer Strandtyp



deckende Pantoffelschneckenbestände entstehen wie in Frankreich. Dies kann sich aber ändern, sofern sich die Art an etwas kühlere Temperaturen anpasst oder die Temperaturen in den Küstengewässern ansteigen.

Exponierte Sandstrände sind durch die hohe Energie der Wellen ein extremer Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Trotzdem bilden sich auch hier spezielle Nahrungsnetze, die in einem ökologischen Vergleich von zwei unterschiedlich stark exponierten Sandstränden aufgeschlüsselt werden konnten. An einem dynamischen, erosiven Sylter Strand dominiert ein „kleines Nahrungsnetz“, geprägt durch bewegliche Sandlückenfauna mit Tieren in einer Größe um 100 Mikrometer, während das „große Nahrungsnetz“ von sedimentärer, sessiler und beweglicher Makrofauna bis hin zu Vögeln verarmt ist. In dem geschützteren Strand der dänischen Nachbarinsel Rømø kann sich zeitweise organisches Material ansammeln und als Nahrungsgrundlage die Entwicklung einer an Individuen und Arten reicheren Makrofauna fördern. Hier finden auch Tiere höherer trophischer Ebenen wie Krabben, Fische und Vögel ein gutes Nahrungsangebot (Abb. 4).

tion was studied within the frame of the ecological long-term observations. Both the dissolved organic phosphate as well as particulate organic phosphate in suspended material show a clear summer high. In May and June, the concentration of organic phosphorous compounds is around 1 micromole, representing 60 to 80 % of the total phosphate. From June onwards, the organic fraction becomes less important and the inorganic phosphate again increases. The strong temporary dynamics of the organic fraction indicates a rapid turnover and the conclusion that phosphate does not limit primary production.

A macro-algae research team has been constituted at the Wadden Sea Station Sylt and new topics have been introduced. The 'inner clock' of the red algae *Porphyra* is synchronised daily at sun rise and sun set using light signals. The responsible spectral wavelengths were analysed using the circadian growth rhythms. The project studying light control of

Im Rahmen der ökologischen Beobachtungsreihen vor Sylt wurde ein besonderes Augenmerk auf die Phosphatentwicklung in der Wassersäule gelegt. Politische Maßnahmen haben zu einer starken Abnahme des gelösten anorganischen Phosphats im Wattenmeer geführt. In der Sylt-Rømø-Bucht liegen die Winterwerte bei etwa 1 Mikromol und nehmen im Frühsommer ab zu sehr niedrigen Werten von etwa 0 - 0,1 Mikromol. Da nicht nur anorganische, sondern auch organische Phosphatverbindungen eine wichtige Phosphatquelle sind, haben wir den Jahresgang dieser Fraktion im Rahmen der ökologischen Langzeitbeobachtungen untersucht. Sowohl das gelöste organische Phosphat als auch die organischen Phosphate in Schwebstoffen zeigen ein deutliches Sommer-Maximum. Im Mai und Juni repräsentieren die organischen Phosphat-Komponenten 60 bis 80 % des gesamten Phosphats. Die Konzentration liegt bei etwa 1 Mikromol. Ab Juni nimmt die Bedeutung der organischen Fraktion ab und steigen die (anorganischen) Phosphat-Konzentrationen wieder an. Die starke zeitliche Dynamik der organischen Phosphat-Fractionen deutet auf einen raschen Umsatz und legt die Vermutung nahe, dass genügend Phosphat zur Verfügung steht, um einer Phosphatlimitierung der Primärproduktion vorzubeugen.

In der Makroalgenforschung wurden in der Wattenmeerstation Sylt eine Arbeitsgruppe aufgebaut und neue Themen eingeführt. Die „innere Uhr“ der Rotalge *Porphyra* wird täglich bei Sonnenauf- und Sonnenuntergang durch Lichtsignale synchronisiert. Welche Spektralbereiche dafür verwendet werden, wurde anhand der circadianen Wachstumsrhythmik analysiert. In Kooperation mit der Universität Stockholm wurden auch die Experimente zur Lichtsteue-

the circadian photosynthetic rhythm in tropical red and commercial alga Kappaphycus, in co-operation with the University of Stockholm was concluded. The brown algae Laminaria digitata will maintain its high spring growth rate even in the summer when grown in field tanks covered with drapes to maintain an artificial short day.

In February 2001, the team also began the EU research project SEAPURA (Species diversification and improvement of aquatic production in seaweeds purifying effluents from fish farms). A special system consisting of field tanks as well as tanks in a green house was built. Funds from the German Environment Foundation were obtained to begin with the production of five North Sea macro-algae as a food supplement. In September 2001, the work group participated in the ocean technology fair InWaterTec in Kiel and represented the AWI at a stand displaying work of the Algae Farm Sylt and the prototype of an underwater algal growth probe.

3.3.3 Ecophysiology and ecotoxicology

*The geographical distribution of marine invertebrates and fish is, to a major extent, determined by the regional climate, i. e. mean temperatures and temperature extremes. To function at low environmental temperature, many marine fish and invertebrates from polar and subpolar regions have increased mitochondrial densities in several tissues and thus also the cellular processes involved in aerobic energy production. This is paralleled by an increase in energy consuming cellular and organismic functions to ensure survival in the cold. Animals from subpolar regions like the lugworm *Arenicola marina* are subjected to a high annual variability of ambient tem-*

rung der circadianen Photosynthese-Rhythmik bei der tropischen Rot- und Nutzalge *Kappaphycus* abgeschlossen. Die Braunalge *Laminaria digitata* behält im Sommer ihre hohe Wachstumsrate des Frühjahrs bei, wenn sie in Freilandtanks mit Jalousien im künstlichen Kurztag gezüchtet wird.

Das von der Arbeitsgruppe initiierte EU-Vorhaben SEAPURA („Species diversification and improvement of aquatic production in seaweeds purifying effluents from fish farms“, 8 europäische Partner) begann im Februar 2001. Dafür wurde ein System von Außentanks in Verbindung mit einem Gewächshaus mit Innentanks errichtet. Zusätzlich wurde mit der Züchtung von fünf Nordsee-Makroalgen als Nahrungsergänzungsmittel begonnen und eine Förderung dieses Vorhabens bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt erzielt. Weiter beteiligte sich die Arbeitsgruppe im September 2001 an der meeres technologischen Messe InWaterTec in Kiel und zeigte dort einer breiteren Öffentlichkeit auf einem Ausstellungsstand des AWI die Arbeiten der Algenfarm Sylt und den Prototyp einer Unterwasser-Algenwachstumssonde.

3.3.3 Ökophysiologie und Ökotoxikologie

Die geographische Verbreitung wirbelloser Tiere und Fische im Meer wird vor allem durch das Klima in einer Region und die hierdurch bestimmten hohen und niedrigen Extremtemperaturen begrenzt. Um auch noch bei niedrigen Umgebungstemperaturen aktiv zu bleiben, steigern viele wirbellose Tiere aus polaren und subpolaren Meeresgebieten verschiedene zelluläre Prozesse, die an der Energieproduktion beteiligt sind. Insgesamt steigt dadurch allerdings der Energieumsatz dieser Arten. Im Gegensatz dazu können Wattwürmer aus der Nordsee die Effizienz

peratures, which correlate with high energy requirements and particularly the maintenance costs for increased numbers of mitochondria during summer. In contrast to Antarctic species, which experience permanently low temperatures, increased energy metabolism seems inherent to an active life and successful reproduction under the cold and variable conditions in subpolar habitats. Compared to active animals from the subpolar North, mitochondria obtained from animals adapted to winter cold in the North Sea displayed a highly efficient energy output, thereby possibly supporting the reduction of energy turnover during winter dormancy.

*Elevated energy demand of subarctic animals is thought to impair growth and reproduction. Field and laboratory studies carried out in the frame of the EU project CLICOFI (Effects of climate induced temperature change on marine coastal fishes) demonstrated a decrease in growth and fecundity of cod (*Gadus morhua*) and eelpout (*Zoarces viviparus*) near high latitudes. Elevated metabolic costs of mitochondrial maintenance, as found in species from Arctic latitudes, would explain these findings (see Chapter 2).*

As a further aspect of the CLICOFI project, Magnetic Resonance Imaging (MRI) was used to investigate the temperature dependent ability to maintain oxygen uptake in Antarctic and North-Sea fish. MRI is the method of choice for non-invasive studies of organ and metabolic functions in living animals. An increase in temperature led to elevated blood flow in eelpout, which levelled off at higher temperatures, when the capacity limit of the circulatory system was reached. This temperature dependent increment could be reduced by increasing the oxygen

ihres Energiehaushalts erhöhen und damit auch bei Winterkälte ihren Energieumsatz drosseln. Da dies mit verminderter Regulationsfähigkeit einhergeht, ist diese Strategie für Tiere, die nicht nur ein kaltes Klima, sondern auch schnell wechselnde Umweltbedingungen ertragen müssen, ungeeignet.

Die Regulation des pH-Wertes und des Ionenhaushalts in den Zellen ist essenziell für die Erhaltung der Lebensfunktionen bei sich ändernden Umweltbedingungen. Die beteiligten aktiven und passiven Transportprozesse über die biologischen Membranen sind in unterschiedlicher Weise von der Temperatur beeinflusst, so dass es im Zuge einer Kälte-Anpassung von ektothermen Tieren zu einem Missverhältnis kommen kann. Molekularbiologische Untersuchungen sollten am Beispiel der Nordsee-Aalmutter *Zoarces viviparus* aufzeigen, in welcher Weise die beteiligten Membrantransporter auf der genetischen Ebene reguliert werden. Dazu wurden zunächst verschiedene DNA-Sonden aus den Tieren isoliert. Mit diesen Sonden konnte dann die temperaturabhängige Regulation der entsprechenden Gene bestimmt werden. Demnach kommt es zu einem kompensatorischen Anstieg der Gen-Expression, der dazu geeignet erscheint, die Ionen- und Säure-Basen-Balance während der Kälte-Akklimatisation zu erhalten.

Polare Wirbellose und Fische, die bei permanenter Kälte leben, sind möglicherweise anfälliger für oxidativen Stress. Eine Vergleichsstudie an einer antarktischen und einer Nordseemuschel ergab, dass die Mitochondrien beider Tiere bei derselben Temperatur auch ungefähr dieselbe Menge des veratmeten Sauerstoffs als toxisches Sauerstoffradikal entlassen. Höhere Mitochondriendichten bei polaren Tieren würden damit zu vergleichsweise höherer Radikalpro-

content in the water, thereby providing evidence for the primary role of oxygen limitation in determining thermal tolerance limits before further mechanisms become limiting at lower levels of complexity.

Temperature dependent oxygen supply also influences the swimming ability of fish. A swim tunnel fed through the MRI system enabled online monitoring of energy metabolism in exercising cod. No differences could be found in swimming performance between sub-Arctic cod from the Barents Sea and North-Sea cod at 10 °C. However, oxygen consumption of sub-Arctic cod was elevated in the cold. These results suggest that cod from the sub-Arctic population very likely maintain physiological characteristics different from those of endemic Arctic species from the same habitat.

Polar invertebrates and fish, adapted to the permanent cold, are possibly more susceptible to oxidative stress than temperate species. Mitochondria from a polar and a temperate bivalves convert oxygen to toxic oxygen radicals at about the same specific rate under similar temperatures, although oxygen turnover is substantially lower in the polar species. Low temperatures are linked to elevated levels of membrane lipids, changes of lipid composition and saturation in cell membranes, possibly causing a higher susceptibility of polar species to oxidative injury. Lipid-soluble and enzymatic antioxidants protect against oxidative stress. Production of reactive oxygen species is one major process involved in cellular aging. The implication of these findings for the relative longevity of some cold blooded Antarctic animals is presently unknown (see Chapter 2).

Cold-blooded Antarctic animals live and grow at a slower rate than comparable species from tem-

duktion pro Zelle führen. Kältebedingte Änderungen der Lipidzusammensetzung und des Sättigungsgrades der Fettsäuren in den Zellmembranen führen zu einer erhöhten Anfälligkeit polarer Tiere gegenüber oxidativer Membranzerstörung. Lipidlösliche und enzymatische Antioxidantien bieten hier einen gewissen Schutz.

Die Magnetresonanztomographie erlaubt die nicht invasive Untersuchung von Organfunktionen und Stoffwechselforgängen in lebenden Organismen. Damit können z. B. Langzeit-Untersuchungen zur Temperaturtoleranz an lebenden Fischen durchgeführt werden. Der Blutfluss dieser Tiere stieg bei Erwärmung an, bis ein Maximum erreicht wurde. Durch eine Erhöhung des Sauerstoffgehalts im Umgebungswasser konnte diese wärmebedingte Erhöhung im Blutfluss reduziert werden. Das Sauerstoffangebot im Umgebungswasser limitiert möglicherweise die Temperaturtoleranz polarer Organismen. Mit Hilfe eines in den Tomographen integrierten Schwimmkanals konnte erstmalig der Energiestoffwechsel schwimmender Kabeljaus verfolgt werden. Dabei zeigte sich, dass polare Tiere zu vergleichbaren Leistungen fähig sind wie Tiere aus der Nordsee.

Klima und Temperatur beeinflussen auch Alterung, Reproduktion und Wachstum von Meeresorganismen. Polare Ektotherme leben „langsamer“ und werden älter als vergleichbare Arten aus gemäßigten Breiten. Vergleichende Wachstumsstudien auf zellulärer Ebene an einer antarktischen (*Adamussium colbecki*) und einer borealen (*Aquiptecten opercularis*) Kammuschelart zeigten eine Kälte-Kompensation des Proteinsynthese-Apparates bei den polaren Tieren. Durch höhere RNA-Gehalte in Geweben oder höhere RNA-Stabilität bei *A. colbecki* im Vergleich

perate latitudes. The stenothermal pectinid Adamussium colbecki and the eurythermal pectinid Aquiptecten opercularis were examined at the cellular level to determine their growth behaviour in the cold. There was significant cold compensation in the capacity of protein synthesis with no increase in the energetic costs. Higher RNA contents in tissues of A. colbecki compared to A. opercularis, result in cold compensation at the level of transcription or enhanced RNA stability. This leads to the question whether slow growth rates in Antarctica are caused by long polar winters.

The preservation of ion balance and the regulation of pH are crucial for the maintenance of vital cellular functions within a changing environment. Passive diffusion and compensatory active transport processes are influenced differently by temperature. Acclimation of ectothermic animals to low temperature may result in a mismatch and regulatory processes may be necessary. Genetic studies on North Sea eelpout Zoarces viviparus should demonstrate in which way the involved membrane transporters are regulated at the genetic level. Therefore, we isolated different DNA probes which showed that Z. viviparus uses a compensatory increase in gene expression, suitable to maintain ion and acid-base balance during acclimation to seasonal cold.

Structural aspects and trophic interactions were investigated in fish and plankton communities of the North Atlantic. In the pelagic realm, myctophids and euphausiids were analysed along latitudinal gradients. Habitat preferences were analysed in seamount assemblages of the oligotrophic NE Atlantic. The significant preference of habitats located at plateau margins is probably linked to access of pelagic prey organ-

zu *A. opercularis* werden die niedrigen Temperaturen auf der Ebene der Transkription kompensiert.

An den Modellorganismen Kabeljau (*Gadus morhua*) und Aalmutter (*Zoarces viviparus* und *Pachycara brachycephalum*) werden die Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Ökologie und Physiologie mariner Fischarten untersucht. In Labor- und Freilandstudien zeigten Kabeljau und Aalmutter eine abnehmende Wachstums- und Fruchtbarkeitsrate in kälteren Regionen. Physiologische Untersuchungen zum Stoffwechsel des Kabeljaus ergaben einen erhöhten Energiebedarf für Tiere aus nördlichen Breiten, wodurch die unterschiedliche Ökologie erklärt werden könnte.

Neben der Temperatur bestimmen die Lichtverhältnisse die Verbreitung mariner Algen. Die Regulationsmechanismen der Reproduktion (Sporogenese) großer mariner Braunalgen, die die ökologisch wichtigen untermeerischen Wälder bilden, sind nur ansatzweise bekannt. Durch die Isolation von Gewebe aus dem Gesamtverband der Pflanze kann die Reproduktion künstlich erzeugt und damit unter Laborbedingungen untersucht werden. Der Prozess der Sporogenese ist lichtabhängig. In konstanter Dunkelheit werden keine Sporangien ausgebildet. Sowohl sehr geringe als auch relativ hohe Lichtintensitäten führen zu einer deutlichen Verzögerung bzw. Hemmung der Sporangienlagerbildung. Die Reproduktion entwickelt sich sowohl im Rotlicht als auch im Blaulicht, ist also nicht auf das vorwiegend blaue Unterwasserlicht angewiesen. Äußerlich und anatomisch recht einheitliche Gewebe des Algenblattes weisen verschiedenen kompetente Zonen zur Ausbildung der Sporangienlager auf, was bisher noch theoretisch mit einem unterschiedlichen Ernährungszustand der verschiedenen Gewebeteile erklärt wird.

isms in such marginal habitats. This was proven by diet analyses of dominant species (snipefish, boarfish, and dories), which mostly grazed on plankton and micronekton. It further appears that predator size was the relevant parameter to determine the partitioning of food resources among demersal fish assemblage.

Formation of ecologically important sub-marine forests of large marine brown algae depends on temperature and light availability. Reproduction in brown algae (sporogenesis) is a light dependent process. In constant darkness, no sporangia are formed and very low as well as high light intensities may reduce or prevent the formation of sporangial sori. Reproduction develops in both blue and red light and is therefore not dependent on the spectral composition of the underwater light. The externally and anatomically uniform blade tissue contains zones with a different level of competence for sporangium formation. This may relate to differences in the nutritional status of the tissue.

Increasing awareness for maintaining an intact environment has intensified the search for improved methods to assess the current state of the environment. The MARS programme (German-Israeli Cooperation in Marine Science) which was started in 1995 and ended in 2001 aimed at the development of a functional set of biomarkers for monitoring biological effects in Israeli (Mediterranean, Red Sea) and German (North Sea) marine environments. A multidimensional approach for the monitoring of marine pollution and environmental quality was employed. The activities of the various sub-projects of MARS included the evaluation of the effects of xenobiotics on molecular activity, physiological function, descriptive toxicology, population dynamics and community

Die Arbeiten zur Auswertung von Fisch- und Planktonfängen aus dem mittleren Atlantik wurden in Teilen abgeschlossen. Arbeitsschwerpunkte bildeten die Untersuchung zu der Struktur von Fisch- und Planktongemeinschaften und ihren trophischen Beziehungen. Die Struktur der Lebensgemeinschaften wurde hierbei sowohl vergleichend entlang latitudinaler Gradienten (Euphausiacea, Myctophidae) als auch in Bezug auf den gleichen Biotoptyp (benthopelagische Gemeinschaft an Seebergen) untersucht. Hierbei treten deutliche Veränderungen in der Diversität von den Subtropen zu den gemäßigten Breiten auf. Untersuchungen zur Nutzung bestimmter Habitattypen an Seebergen belegen, dass in oligotrophen Meeresgebieten die Bindung an Plateauränder besonders wichtig ist, um bevorzugt an Nahrung gelangen zu können.

Trophische Beziehungen wurden anhand der Nahrung dominanter benthopelagischer Arten untersucht. Die bodenlebenden Fische (Schnepfenfische, Eberfische, Dories) ernähren sich im wesentlichen von Planktonorganismen. Die Differenzierung der Nahrung erfolgte über die Körpergröße der jeweiligen Räuber; unterschiedliche Körpergröße und damit verbundene Nahrungsselektivität sind also wesentliche Faktoren zur Vermeidung von Nahrungskonkurrenz.

Das wachsende Bewusstsein für die Notwendigkeit des Erhalts einer intakten Umwelt hat zur Suche nach verbesserten Messmethoden zur Bewertung des aktuellen Zustands geführt. Das seit 1995 betriebene Verbundprojekt MARS („German-Israeli Co-operation in Marine Science“) zur Entwicklung von biologischen Indikatoren für ein Frühwarnsystem in israelischen (Mittelmeer, Rotes Meer) und deutschen (Nordsee) Gewässern wurde 2001 beendet. Von den verschie-

diversity of parasites in selected marine organisms.

Data on liver tumor frequencies in female and male flounders along the German Wadden Sea coast, obtained between 1995 and 2000, revealed a three-fold higher frequency of liver tumors in female than in male flounders. Malignant carcinomas were histologically diagnosed in females only. The higher susceptibility of females is due to a lower activity of energy producing enzymes, leading to an impairment of energy consuming protective mechanisms, such as oxyradical scavenging and biotransformation of xenobiotics. In addition, females display higher rates of energy consumption in liver due to the production of lipid rich yolk precursor-proteins during reproduction.

In 2001, the EU-project BEEP (Biological effects of environmental pollution in marine coastal ecosystems, 2001-2004) started with 31 partner laboratories. The project is aimed at establishing an integrated network of European laboratories with the common objective of studying biological markers under chemical stress in marine organisms along the North Atlantic, Baltic and Mediterranean coasts. Within this monitoring programme carried out at North Atlantic and Baltic Sea coasts, parameters tested include lysosomal stability in fish and mussel. Novel biomarkers to be developed using molecular biological tools in mussel and turbot include drug transporters of the ABC-gene.

Marine natural products represent an important source of novel active substances studied within the framework of toxicological research. Marine organisms, especially sessile invertebrates such as sponges, corals and ascidians produce secondary metabolites to repel predators or to resist biofouling.

denen Teilprojekten wurden im Laufe der Projektdurchführung mehrere anwendungsfreundliche Bioindikatoren („biomarker“) entwickelt, die sich für ein angewandtes Monitoring eignen, und die in der Regel auf unterschiedlichen organismischen Ebenen (von der physiologischen Funktion bis zum Ökosystem) angesiedelt sind. Obwohl jeder einzelne Bioindikator über eine spezielle Aussagekraft verfügt, liegt der eigentliche Wert des Einsatzes von biologischen Monitoringmethoden in einer Kombination der Ergebnisse einer Vielzahl von Indikatoren.

Weibliche Flundern haben dreimal so viele Tumoren wie männliche Individuen, wie Erhebungen über die Tumorzahlfrequenz in der Leber dieser Plattfische entlang der deutschen Wattenmeerküste von 1995 - 2000 gezeigt haben. Nur in der Leber weiblicher Tiere entwickeln sich die Tumore zu (böartigen) Karzinomen. Eine Ursache für die höhere Anfälligkeit der Fischweibchen liegt in einer schwächeren Aktivität von energieliefernden Enzymen und einer höheren Empfindlichkeit dieser Enzyme gegen Schadstoffe, wodurch energieverbrauchende Prozesse wie Oxiradikalschutz und Entgiftung deutlich reduziert sind. Außerdem verbrauchen Weibchen wesentlich mehr Energie, um die lipidreichen Vorstufen des Eidotters während der Fortpflanzung in der Leber zu produzieren.

Im Jahre 2001 startete das EU-Projekt BEEP („Biological Effects of Environmental Pollution in Marine Coastal Ecosystems“) mit 31 Partnerlaboratorien. Das Projekt hat zum Ziel, ein europäisches Netzwerk zur Erforschung biologischer Marker für chemischen Stress in marinen Organismen zu etablieren. Im Rahmen dieser Arbeiten, die in der Ostsee und im Nordatlantik durchgeführt werden, werden Parameter wie Lysosomenstabilität an Fischen und Muscheln getestet.

To screen chemical defence mechanisms, we established biological test systems. A project funded by the federal minister of research (BMBF) will elucidate the chemical structures of active components and their potential use in pharmaceutical applications.

In an attempt to ameliorate changes in global climate, the disposal of large amounts of CO₂ to mid water layer in the ocean has been discussed. However, little is known about the long term physiological effects that CO₂ enrichment and the resulting pH-decrease in bottom waters may have on benthic communities found at the disposal sites. Recently obtained results show metabolic depression and changes in protein metabolism, indicating possibly reduced growth rates in animals exposed to high CO₂ levels.

As a consequence of Antarctic and Arctic ozone depletion, UV-B irradiance increases during polar spring and early summer seasons. High-energy photons elicit oxidative stress in tissues of transparent animals inhabiting surface waters. A moderate increase of incident UV-B irradiation causes an increase by 20% in the mortalities of Antarctic amphipods. Uptake of UV-screening pigments (MLAAs) from algal diet could be an important protective mechanism.

Bei der Entwicklung neuer Biomarker werden die molekularbiologischen Grundlagen zur multi-xenobiotischen Resistenz in Muscheln und im Steinbutt erarbeitet.

Im Zuge der globalen Klimaveränderung wird seit einiger Zeit auch über die Entsorgung großer Mengen CO_2 durch Verklappen in mittlere Meerestiefen diskutiert. Über die möglichen Auswirkungen des sich im Meerwasser anreichernden CO_2 und des daraus resultierenden pH-Abfalls ist aber noch sehr wenig bekannt. Aus diesem Grund wird derzeit am Beispiel mariner Wirbelloser und antarktischer Fische untersucht, wie sich eine solche Umweltveränderung auf den Energiestoffwechsel und das Wachstum der Tiere auswirkt.

Oxidativer Stress kann in transparenten Tieren aus der Wasseroberfläche auch als Folge erhöhter UV-Strahlung unter Ozonlochbedingungen auftreten. Moderate Erhöhung des Anteils der harten UV-B-Strahlung führt unter experimentellen Bedingungen zu einer fast 20%igen Zunahme der Sterberate antarktischer Flohkrebse (Amphipoden). Aufnahme von UV-absorbierenden Pigmenten aus der Algennahrung stellt möglicherweise einen gewissen Strahlungsschutz dar.

3.4 Geosystem

Untersuchungsgegenstand der drei Sektionen des Fachbereichs ‚Geosystem‘ sind die geogenen Prozesse, die in komplexem Zusammenspiel die natürliche Entwicklung von Umwelt und Klima auf der Erde bewirken. Die Spuren dieser Entwicklung sind in den Sedimenten der Ozeane, limnischen Ablagerungen der Kontinente und in den polaren Eismassen gespeichert, so dass aus ihnen die Klima- und Umweltgeschichte der Vergangenheit auf unterschiedlichen Zeitskalen rekonstruiert werden kann. In der Sektion ‚Paläoumwelt aus Meeressedimenten‘ werden aus der Zusammensetzung und Verteilung von Meeressedimenten mittels geeigneter geochemischer, mikropaläontologischer und mineralogischer Näherungsparameter (Proxies) die natürliche Variabilität der Umwelt, des Klimas und der ozeanischen Hydrologie in geologischer Vergangenheit auf unterschiedlichen Zeitskalen rekonstruiert. Zur Entwicklung und Eichung der Proxies werden rezente Prozesse in der Wassersäule und am Meeresboden untersucht und modelliert sowie entsprechende Transferfunktionen entwickelt. In der Sektion ‚Dynamik der Periglazialräume‘ werden die Stoff- und Energieflüsse in Permafrostlandschaften untersucht und quantifiziert. Dabei liegt ein besonderes Gewicht auf den mikrobiellen Prozessen und deren Bedeutung für den atmosphärischen Methanhaushalt. Im Vergleich mit der rezenten Situation wird die Reaktion der Periglazialgebiete auf vergangene natürliche Klimavariationen charakterisiert. Einer der Schwerpunkte liegt dabei auf der Rekonstruktion des Paläoklimas aus limnischen Sedimenten und eisreichen Permafrostabfolgen der Polargebiete. In der Sektion ‚Struktur und Dynamik der

3.4 Geosystem

The general research theme of the three sections of the ‘Geosystem’ department is geogenic processes, which, through a complex interplay, cause the natural evolution of earth’s environment and climate. Traces of this evolution are stored in oceanic sediments, polar lacustrine sediments, in polar ice sheets and glaciers. This information is used to reconstruct changes in the climate and environment from different time scales in the past. The section ‘Paleo-environmental Reconstructions from Marine Sediments’ deals with the composition and distribution of marine sediments. By means of appropriate geochemical, micropaleontological and mineralogical proxy parameters, the natural variability of the environment, climate and oceanic hydrology of the geological past is reconstructed on various time scales. For the development and calibration of proxies, recent processes in the oceanic water column and at the sea floor are investigated and modelled and appropriate transfer functions developed. Investigation and quantification of material and energy fluxes of permafrost regions is a major research topic of the Section ‘Dynamics of Periglacial Regions’. Microbial processes and their significance for the atmospheric methane budget are also studied in this context. In an actualistic approach, use is made of modern processes and conditions to identify the reaction of periglacial regions to natural climatic variations in the geological past. Special emphasis is given to the reconstruction of the paleoclimate from polar lacustrine sediments and ice rich permafrost sequences. The geologic-tectonic evolution and dynamics of polar ice sheets is the topic of the sec-

Lithosphäre und polarer Eisschilde' wird die geologisch-tektonische Entwicklungsgeschichte sowie die Dynamik der polaren Lithosphäre und der Eisschilde erforscht. Die Erfassung des dynamischen Verhaltens der Eismassen auf Änderungen äußerer Faktoren und die Erschließung des Klimaarchivs Eis stellt dabei einen wesentlichen Schwerpunkt dar.

3.4.1 Paläoumwelt aus Meeressedimenten

Die Verfügbarkeit des Spurenstoffs Eisen im Meerwasser spielt für die Primärproduktion des im allgemeinen nährstoffreichen Südozeans eine zentrale, wenn nicht limitierende Rolle. Drei mögliche Eintragswege für Eisen können im atlantischen Sektor des Südozeans unterschieden werden: (1) der Eintrag über das Schelfwasser, (2) der Eintrag mit dem terrigenem Verwitterungsmaterial sowie (3) durch den Auftrieb tiefer Wassermassen im Ozean selbst. Die Advektion von Schelfwasser von Südamerika und der Antarktischen Halbinsel konnte über den Tracer ^{228}Ra , einem Anzeiger für Flachwasser, für die Polarfront und den Grenzbereich des Antarktischen Zirkumpolarstroms (ACC) zum Weddellmeer nachgewiesen werden. Die Verteilung der Tracer Aluminium und Neodym in partikulärem Material des Oberflächenwassers im ACC brachte Hinweise auf den Eintrag von terrigenem Verwitterungsmaterial durch Eisberge aus der Ostantarktis. Erstmals wurde das Radionuklid ^{227}Ac zur Untersuchung des mengenmäßig wohl bedeutsamsten Eintragsweges, dem Eintrag durch Auftrieb tiefer ozeanischer Wassermassen, eingesetzt. Dieser neue Tracer bietet auch für weitere klimarelevante ozeanographische Fragestellungen, wie zum Beispiel der Mischung von Wassermassen in der Tiefsee, ein großes Anwendungspotenzial.

tion 'Structure and Dynamics of the Lithosphere and Polar Ice Sheets'. Seismic and aerogeophysical studies of the lithosphere and sediments are undertaken to understand the geologic history and relevant tectonic processes. Special emphasis is placed on the dynamic behaviour and budget of ice masses with the variation of external factors. Main effort lies on the exploration of ice sheets as paleoclimatic archives.

3.4.1 Paleoenvironmental reconstructions from marine sediments

The availability of the trace element iron in marine water plays a central role in the primary productivity of the nutrient rich Southern Ocean. Three possible transport paths for iron can be distinguished in the Atlantic sector of the Southern Ocean: (1) the input from continental shelves, (2) the input from weathered terrigenous material and (3) through the upwelling of oceanic deep water. The advection of shelf-water from both, South America and the Antarctic Peninsula, was proven to be restricted to the Polar Front and the Southern Antarctic Circumpolar Current (ACC) Boundary as revealed by ^{228}Ra , which is commonly used as an indicator for shallow water regions. The distribution of the tracers Al and Nd in particulate matter of the ACC surface waters indicated input of weathered terrigenous material through icebergs (ice-rafted debris) from the East Antarctic. For the first time, the tracer ^{227}Ac was applied to investigate the third, and probably most important transport path for iron, i. e. the input through upwelling of deep oceanic water. The application of this new tracer also has a large potential for other climate relevant oceanographic questions such as mixing of water masses in the deep sea.

Im Rahmen des europäischen Experimentes „EisenEx“ zur Eisendüngung im atlantischen Sektor des Südozeans wurde der Export von partikulärem organischem Kohlenstoff (POC) über die Abreicherung des partikelreaktiven Radionuklids ^{234}Th in der oberen Wassersäule bestimmt. Während die Primärproduktion innerhalb der gedüngten Meeresregion durch die Eisenzugabe anstieg, konnte kein erhöhter POC-Export im Vergleich zu ungedüngten Nachbargebieten in tieferen Bereichen der Wassersäule festgestellt werden.

Ergebnisse aus der Anwendung von Inversmodellen im Südozean (AAMOCC) deuten größere Partikel Flüsse an, als mit anderen Methoden, z. B. aus Satellitendaten oder Sedimentakkumulationsraten, abgeschätzt werden. Partikel Flüsse aus dem Modell zeigen erhebliche Mengen an Exportproduktion, die allerdings den tiefen Ozean nicht erreichen, da die Partikel schon in geringen Tiefen remineralisiert werden. Diese Ergebnisse für das Weddellmeer stimmen gut mit Radionuklidmessungen (^{234}Th) überein und widersprechen nicht Berechnungen aus Schnitten gelöster Nährstoffe. Auch diese Daten zeigen einen Export aus der Oberflächenschicht und Remineralisierung in den darunter liegenden Wassermassen. Partikel Flüsse in der oberen Wassersäule können eine wichtige Rolle in paläoozeanographischen Fragestellungen spielen, obwohl deren Signale nicht im Sediment am Meeresboden überliefert werden.

Die Kohlenstoffspeicherkapazität des Ozeans wurde bisher von biogeochemischen Modellen mit konstanten partikulären C:N:P Elementverhältnissen nach Redfield berechnet. Neueste Untersuchungen an über 10 000 aktuellen Partikeldaten haben ergeben, dass diese Verhältnisse nicht immer konstant sind, sondern systematische Abweichungen aufweisen. Im Mittel

Within the framework of the European iron-fertilisation experiment "EisenEx" in the Atlantic section of the Southern Ocean, the export of particulate organic carbon (POC) in the upper water column was quantified by means of the particle reactive radionuclide ^{234}Th . While primary production within the fertile sea region increased through the addition of iron, no significant increase in POC-export could be detected when compared to unfertilised deeper waters of adjacent regions.

The results of inverse modelling in the Southern Ocean (AAMOCC) south of the Polar Front, indicate that particulate nutrient fluxes are larger than those estimated by other methods, e. g. from satellite data or sediment accumulation rates. The model yields higher amounts of export production of both organic carbon and opal. However, these fluxes do not reach the deep ocean due to remineralisation of the particles at shallow water depths. Results for the Weddell Sea are fully consistent with findings from radionuclide measurements (^{234}Th) and do not contradict calculated total CO_2 (TCO_2) and oxygen profiles which show a TCO_2 enriched, oxygen reduced shallow subsurface layer. These data also show export from the upper water column and remineralisation in the underlying water masses. Particle fluxes in the upper water column can play an important role in paleoceanographic questions, although the signal of this productivity and export is not transmitted to the underlying sediment on the sea floor.

Traditionally, the oceans ability to store carbon is calculated by the application of constant elemental C:N:P Redfield ratios in biogeochemical modelling. The analysis of more than 10 000 new measurements on particle compositions showed that the

liegen die C/N-Verhältnisse oberflächennaher Partikel bei 7,1 und nehmen um 0,2 Einheiten pro 1000 Meter Tiefe zu, was ein signifikanter Unterschied zum klassischen C/N-Redfield-Faktor von 6,6 ist. Sowohl die generell erhöhten C/N-Verhältnisse als auch die Zunahme mit der Tiefe lassen vermuten, dass die ozeanische Kohlenstoffspeicherkapazität höher ist, als bisher angenommen wurde.

Seitdem bekannt ist, dass während des frühen Känozoikums und während des Spätpleistozäns vermutlich große Methanmengen in geologisch kurzen Zeiträumen im tiefen Ozean freigesetzt worden sind und diese Ereignisse in der Zusammensetzung der stabilen Isotope kalkschaliger Foraminiferen dokumentiert sind, ist es für das Verständnis der Zusammenhänge besonders wichtig, den Verbleib von Methanomalien in der Wassersäule und deren Dokumentation in der benthischen Foraminiferenfauna und der Isotopie ihrer Gehäuse zu untersuchen. Ebenso ist vermutlich der marine Teilkreis des globalen Kohlenstoffkreislaufes direkt von der Freisetzung fossilen Methans aus dem Sediment in den Ozean beeinflusst; dieses zumindest immer dann, wenn die Methanzufuhr aus dem Sediment den mikrobiellen Methanverbrauch im Sediment und an der Grenzschicht Sediment zu Wasser übersteigt. Die tatsächlichen Freisetzungsraten für Methan aus submarinen Gasquellen und die mögliche Rolle dieser wichtigen Methanquellen im globalen Kohlenstoffkreislauf, ebenso wie ihr Einfluss auf den Kohlenstoffhaushalt der Atmosphäre, sind bisher nicht richtig verstanden. Auf der ‚Polarstern‘-Expedition ARK XVI im Sommer 2000 zum Kontinentalrand vor Westspitzbergen wurden deutliche Erhöhungen in der Methankonzentration in der Wassersäule gemessen. Obwohl auf der Mehr-

elemental ratios are not always constant, but show systematic deviations. The C/N ratio of surface water particles is 7.1 and increases by 0.2 units per 1000 metres water depth, which is significantly different from the classic C/N Redfield ratio of 6.6. Elevated C/N ratios and the increase with depth lead to the assumption that present oceanic carbon sequestration is more efficient than determined by recent estimates.

Large amounts of methane may have been released into the deep ocean during the early Cenozoic (at the so-called Paleocene/Eocene Thermal Maximum) and late Pleistocene. These events are documented in the stable carbon isotopic composition of benthic foraminifers. Thus, it is of particular interest to investigate the pathways of methane anomalies in the water column and their documentation in benthic foraminifers and the isotopic record. Similarly, the recent marine carbon cycle may be directly influenced by fossil methane released from the sediment into the deep ocean, particularly if the discharge by a subsurface source exceeds the microbial methane uptake capacity of the sediment and the water-sediment interface. However, the rates of methane released from ocean gas vents as well as the possible role of these large methane sources in the present carbon cycle and their impact on the methane budget of the atmosphere are not well understood. During the RV ‚Polarstern‘ cruise ARK XVI to the continental shelf off western Svalbard in summer 2000, significant methane concentration anomalies were measured in the water column. Although the concentration decreased with decreasing water depth, water was supersaturated with respect to the atmospheric methane level at a majority of the stations, thus

zahl der Stationen die Konzentration mit abnehmender Wassertiefe abnahm, war das Wasser relativ zur Atmosphäre an Methan übersättigt, was dieses Schelfgebiet als potenzielle Methanquelle für die Atmosphäre beschreibt. Die ursprünglichen Quellen für die beobachteten Methananomalien in der Wassersäule sind jedoch immer noch unbekannt. Um eben diese Methananomalien und ihre möglichen Quellen vor Spitzbergen sowie ihren Einfluss auf das Karbonatsystem und die Zusammensetzung der stabilen Isotope in kalzitischen benthischen Foraminiferen näher zu untersuchen, wurde ein umfangreiches Beprobungsprogramm von Wassersäule und Sediment im Spätsommer 2001 mit FS ‚Heincke‘ erfolgreich durchgeführt.

Sedimentologische, tonmineralogische und mikropaläontologische Analysen an Sedimentkernen, die während Bohrfahrt 177 von ‚Joides Resolution‘ im Rahmen des ‚Ocean Drilling Program‘ (ODP) im Südozean erbohrt worden sind, dokumentieren die känozoische Abkühlungsgeschichte der Erde, die durch den Aufbau von Eisschilden auf dem Antarktischen Kontinent seit 38 Millionen Jahren und der Nordhemisphäre seit 8 Millionen Jahren gekennzeichnet ist. Änderungen der globalen Ozeanzirkulation im Zuge plattentektonischer Verschiebungen der Landmassen führten bereits vor ca. 38 Millionen Jahren zu ersten massiven Ablagerung von biogenkieseligen Sedimenten im Südozean. Es wird spekuliert, dass eine damit einhergehende Abnahme der Konzentration atmosphärischer Treibhausgase im Zusammenspiel mit der Ausbildung einer zirkumantarktischen Tiefwasserzirkulation durch die Öffnung von Tasman- und Drake-Straße zu der drastischen Zunahme des antarktischen Eisvolumens

indicating that this shelf region acts as a source for atmospheric methane. However, the ultimate sources for the observed methane anomalies in the water column are still unknown. To further investigate these methane anomalies, to find their possible sources off Svalbard, their impact on the marine inorganic carbon system and their documentation in the stable carbon isotopic composition of calcitic benthic foraminifers, an ambitious scientific water and sediment sampling programme was planned and successfully carried out during the FS ‚Heincke‘ cruise late summer 2001.

Sedimentological, clay-mineralogical and micropaleontological analyses of sediment cores recovered during the ‚Ocean Drilling Program‘ (ODP) Leg 177 in the Southern Ocean document the Cenozoic climate development. It is characterised by the establishment of large ice sheets on the Antarctic continent and in the Northern hemisphere since 38 and 8 million years ago, respectively. Changes in ocean circulation, in response to plate-tectonic-related changes of the paleogeographic distribution of continents, lead to the first massive deposition of biogenic opal in the Southern Ocean. The related reduction of atmospheric CO₂ concentration as well as the establishment of the Circum-Antarctic deep-water circulation in response to the opening of the Tasman Seaway and the Drake Passage may have triggered the distinct increase of Antarctic ice-sheet volume, as documented by stable oxygen isotopes and sea-level change around 33 million years ago. Then, after a warming period between 25 and 15 million years before present, a cooling phase followed, which culminated approximately 11 million years before present and resulted in a minimum sea-

geführt haben, wie sie durch Messung des Sauerstoffisotopenverhältnisses und Meeresspiegeländerungen für die Zeit um 33 Millionen Jahre vor heute dokumentiert ist. Nach einer Erwärmungsphase zwischen 25 bis 15 Millionen Jahren kommt es erneut zu einer Abkühlung des Südozeans, die ihr Maximum vor 11 Millionen Jahren erreicht und mit einer drastischen Ausdehnung des Eisvolumens einhergeht. Seit 9 bis 8 Millionen Jahren geben Diatomeen Hinweise auf Meereis im Bereich des Weddellmeeres. Zusammen mit Änderungen der Tonmineralverteilung wird dies als Anzeiger für die Entwicklung des Westantarktischen Eisschildes gewertet. Abkühlungsereignisse, die für den Zeitraum zwischen 6,5 und 5,5 Millionen Jahre vor heute im Südozean dokumentiert sind, deuten darauf hin, dass die obermiozäne Abschnürung und Austrocknung des Mittelmeerbeckens auch mit Änderungen des antarktischen Eisvolumens und entsprechenden Änderungen des Meeresspiegels in Verbindung steht.

Der Beginn zyklischer Vorstöße und Rückzüge der antarktischen Eismassen ab ca. 33 Millionen Jahre vor heute wird auch durch die Tiefbohrung CRP-3, die im Rahmen des internationalen Cape-Roberts-Projektes am Rand des antarktischen Kontinentes (Rossmeer) niedergebracht worden ist, bestätigt. Diese Bohrung hat auch erbracht, dass das Westantarktische Rift-System um mehrere 10 Millionen Jahre jünger ist als bislang angenommen. Damit ist der zeitliche Verlauf der tektonischen Entwicklung des Rossmeer-Bereiches neu zu interpretieren.

Neben der Dokumentation langzeitiger Klimaänderungen erlauben Sedimentkerne von der ODP-Bohrfahrt 177 auch eine zeitlich hochauflösende Rekonstruktion der Klimavariabilität im Südozean. Die Kli-

level stand. Diatoms indicate the presence of sea-ice in the Weddell Sea sector since 9 - 8 million years. This, together with changes in the composition of clay minerals, point to the establishment of the West Antarctic Ice Sheet at this time. Southern hemisphere cooling events detected between 6.5 and 5.5 million years before present indicate that the Late Miocene isolation and subsequent desiccation of the Mediterranean Basin was related to changes in Antarctic ice volume and sea level.

The establishment of major ice sheets affected by cyclic advances and retreats after ca. 33 million years before present has also been documented from cores recovered at the drill site CRP-3 of the international Cape Roberts Project, located in the coastal area of the Ross Sea sector, Antarctica. Results point to a several tens of million years younger age of the initiation of the subsidence of the West Antarctic Rift System. Such finding requires a re-evaluation of the tectonic history of the Ross Sea sector.

Besides the documentation of long-term climate evolution, the ODP Leg 177 sediment sequences also allow the reconstruction of the Pleistocene (past 2 million years) climatic variability on decadal to millennial time scales. Biogenic opal has been deposited in the area of the Antarctic Circumpolar Current at high sedimentation rates, since the onset of the Pleistocene. Possibly related draw down of atmospheric CO₂ may have enhanced the global cooling trend, which started around 3 million years before present with the massive glaciation of Northern hemisphere continents. Time-series of surface water temperatures and sea-ice distribution derived from siliceous and calcareous microfossil records provide climatic data sets for direct comparison

mageschichte der letzten 2 Millionen Jahre (Pleistozän) kann mit einer Auflösung von Jahrzehnten bis Jahrtausenden erfasst werden, da in diesem Zeitraum biogener Opal in Form von kieseligen Mikrofossilien mit hohen Sedimentationsraten im Bereich des Antarktischen Zirkumpolarstromes abgelagert wird. Dies trägt möglicherweise auch mit zu dem globalen Abkühlungstrend seit dem Beginn der massiven Vereisung der Landmassen der Nordhemisphäre vor ca. 3 Millionen Jahren bei. Mit Hilfe von kieseligen und kalkigen Mikrofossilien abgeleitete Zeitreihen für Oberflächenwassertemperatur und Meereisverbreitung ermöglichen einen direkten Vergleich mit Klimadaten aus anderen Meeresgebieten und aus kontinentalen Eiskernen; sie tragen so zum Verständnis der globalen Klimaentwicklung bei. Das pleistozäne Klima des Südozeans ist bis etwa 900 000 Jahre vor heute durch geringe Variabilität bei insgesamt kälteren Bedingungen geprägt. Eine darauf folgende Zunahme der Kontraste zwischen Glazialen und Interglazialen, die im 100 000-Jahre-Zyklus wechseln, erreicht ihr Maximum in den letzten 400 000 Jahren. An Übergängen vom Glazial zum Interglazial stehen die Klimaänderungen in engem zeitlichen Bezug zu Änderungen der Sonneneinstrahlung. Die Erwärmung der Südhemisphäre eilt dabei der Nordhemisphäre um mehrere tausend Jahre voraus. Eine rasche Abnahme der antarktischen Meereisausdehnung führt zu einer Verstärkung der Erwärmungsfaktoren. Die Signatur von Warm- und Kaltzeiten ist durch kurzzeitige, auf hundertjährigen Zeitskalen ablaufende Änderungen geprägt. Solche Änderungen sind auch in den Abfolgen der letzten 10 000 Jahre (Holozän) dokumentiert und werden durch ozeanische Zirkulationsänderungen, aber auch durch Änderungen der solaren Aktivität erklärt.

with records obtained from ice cores and sediment sequences in low and northern high latitudes. Such correlation augments our understanding of climate driving mechanisms. Until 900 000 years ago, the Pleistocene Southern Ocean climate was characterised by generally colder conditions and low variability. This was followed by a progressive increase in the contrast between glacial/interglacial climate variability and the establishment of a 100 000 years cyclicity, with a maximum being reached during the past 400 000 years. Climate change at the glacial/interglacial transitions corresponds closely to changes in solar insolation. The rapid reduction in Antarctic sea ice acts as a positive feed-back mechanism, enhancing southern hemisphere warming, which leads that of the northern hemisphere by several thousands of years. The glacial and interglacial record is characterised by rapid climate change occurring on centennial time scales. Such variability has also been observed in Holocene records (past 10 000 years) and was interpreted to be driven by changes in ocean circulation and solar output.

*Water-column and sediment studies completed as part of the 'Kurile Okhotsk Sea Marine Experiment' (KOMEX) show that the occurrence pattern of the radiolarian *Cycladophora davisiana* represents a proxy for the reconstruction of water mass structure and biological productivity regimes. This provides new opportunities to explain controversial paleoceanographic interpretations and to reconstruct the glacial Southern Ocean environment in the light of new aspects.*

The second geological survey of the impact area of the late Pliocene Eltanin asteroid in the Bellingshausen Sea during the RV 'Polarstern' expedition

Untersuchungen im Ochotskischen Meer im Rahmen des Programms „Kurilen–Ochotskisches Meer Experiment“ (KOMEX) konnten zeigen, dass das Signal der Radiolarie *Cycladophora davisiana* als Werkzeug zur Rekonstruktion von Wassermassenstrukturen und biologischen Produktionsregimen, die nicht durch verstärkte Opalvorkommen im Sediment dokumentiert sind, genutzt werden kann. Damit ergibt sich eine Möglichkeit, bisher sehr kontrovers diskutierte paläo-ozeanographische Ergebnisse zu erklären und den glazialen Ozean in hohen Breiten unter neuen Aspekten zu rekonstruieren.

Eine zweite geowissenschaftliche Erkundung des Einschlags des oberpliozänen Eltanin-Asteroiden im Bellingshausenmeer während der ‚Polarstern‘-Expedition ANT XVIII/5a im Südsommer 2000 hat die frühere Abschätzung eines Projektildurchmessers von mindestens 1 Kilometer bestätigt. Einschlagspuren in einem ca. 80 000 Quadratkilometer großen Gebiet und unerwartet hohe Meteoritenkonzentrationen in den Sedimenten deuten sogar auf einen größeren Durchmesser hin. Der nun vorliegende umfangreiche Proben- und Datensatz ermöglicht, dieses bislang einzige bekannte Ereignis eines Asteroideneinschlages in den tiefen Ozean sehr detailliert zu dokumentieren und mögliche Folgen für Klima- und Umweltentwicklung im obersten Pliozän abzuschätzen.

Über die Charakterisierung und Quantifizierung des terrigenen Sedimenteintrags werden Transportprozesse und Umweltbedingungen am antarktischen und arktischen Kontinentalrand und ihre Veränderungen in Raum und Zeit rekonstruiert. Mit Hilfe zeitlich hochauflösender Untersuchungen der Sedimentzusammensetzung in ¹⁴C-datierten Kernen aus der südlichen Karasee können somit Aussagen über die kurz-

ANT XVIII/5a (austral summer 2000) confirmed earlier estimates of the size of the impact projectile i. e. 1 kilometre. Impact-related traces detected in an area covering about 80 000 square kilometres and unexpectedly high concentrations of impact ejecta, point to an even larger asteroid body. The rich data and sample material obtained during the expedition will serve to generate a more detailed reconstruction of the unique example of an asteroid fall into a deep ocean basin and will also enable an estimate of the related climate and environmental perturbations during the Late Pliocene.

Using the characterisation and quantification of terrigenous sediment supply it is possible to reconstruct changes in transport processes and environmental conditions at the Antarctic and Arctic continental margins through space and time. With the help of temporal high-resolution investigations of sediment composition in the southern Kara Sea, obtained from ¹⁴C-dated cores, evidence could be found for short-term variability of sediment input from the major Siberian Rivers Ob and Yenisei during the last 10 000 years. The river discharge displays cyclic variations with frequencies of 300 - 500 and 1500 years, which can be correlated with the climatic evolution of Siberia, glacial advances in Norway, and the Greenland ice cores.

Variations in terrigenous sediment supply over the past 590 000 years were studied on a drift deposit in the southern Cape Basin (ODP Site 1089). Responses of regional ocean circulation to both glacial-interglacial climate oscillations on orbital time scales (21 000, 40 000, 100 000 years) and to climate variability on sub-orbital millennial time scales were addressed, as inferred from sedimentological and

fristige Variabilität des Sedimenteintrags der großen sibirischen Flüsse Ob und Jenissei während der letzten 10 000 Jahre gemacht werden. Der Flusseintrag zeigt dabei zyklische Schwankungen im Bereich von 300 - 500 und 1500 Jahren, die sich mit der Klimageschichte Sibiriens, den Gletschervorstößen in Norwegen und den Klimadaten aus grönländischen Eiskernen korrelieren lassen.

Veränderungen im Zutrag terrigener Sedimentkomponenten während der vergangenen 590 000 Jahre wurden in einem Driftsedimentkörper im südlichen Kapbecken (ODP-Bohrpunkt 1089) untersucht. Auswirkungen auf die regionale Zirkulation wurden sowohl glazial-interglazialen Klimaschwankungen auf orbitalen Zeitskalen (21 000, 40 000, 100 000 Jahre) als auch schnelleren Klimaschwankungen zugeordnet, wie sedimentologische und mineralogische Parameter anzeigen. Tonminerale als Indikatoren für Wassermassen liefern Hinweise auf eine nordwärtige Verschiebung des Eintrags von Nordatlantischem Tiefenwasser (NADW) und eine Abschwächung der Agulhas Retrofektion während kaltzeitlicher Phasen. Erhöhte Akkumulationsraten terrigener Komponenten dokumentieren einen verstärkten Partikelfluss und Fokussierung durch Bodenströmungen während des späten Quartärs. Änderungen der Korngrößen der Feinfraktion deuten auf Fluktuationen der relativen Strömungsgeschwindigkeiten hin. Stärkere Strömungen wirkten in Warmzeiten und sind mit einer verstärkten Bildung von Antarktischem Bodenwasser und stärkeren tiefen Konturströmungen verknüpft. Dies wird als Reaktion auf langfristige (100 000-Jahre-Zyklus) Veränderungen der Dynamik der antarktischen Inlandeis massen und die extremen Veränderungen des globalen Meeresspiegels interpretiert.

mineralogical parameters. Clay minerals, as water-mass tracers, indicate a northward displacement of North Atlantic Deep Water (NADW) injection into the ACC and a weakening of Agulhas Retroflection during colder periods (glacials). Elevated mass-accumulation rates of terrigenous matter document high particle fluxes and focussing effects by bottom-current action throughout the late Quaternary. Grain-size variations of the fine fraction, however, point to fluctuations in relative bottom-current strength. Thus, stronger bottom currents existed during interglacial periods and are linked to enhanced formation of Antarctic Bottom Water and the invigoration of deep contour currents. These are interpreted to be in response to long-term changes (100 000 years cyclicity) in Antarctic ice-sheet dynamics and high-amplitude fluctuations in global sea level.

In collaboration with the Vernadsky Institute for Geochemistry and Analytical Chemistry in Moscow, the 'AWI Bathymetric Charts of the Weddell Sea' (AWI-BCWS) have been extended northwards by three new maps (1:1000000). These new maps cover the northern part of the Antarctic Peninsula, the South Orkney Plateau and the eastern part of the South Scotia Ridge (66 - 60° S, 15 - 75° W). The Geographic Information Systems CARIS and ArcInfo were used to compile the ground topography and map layout. This new map consists of nine sheets 1:1000000 covering almost the entire Weddell Sea.

Modelling the Fram Strait seafloor morphology is of great importance because the Fram Strait plays an important role in the exchange of water masses between the Arctic Ocean and the North Atlantic Ocean. This area will be covered by a new map 'AWI Bathymetric Chart of Fram Strait' (BCFS)

In Zusammenarbeit mit dem Vernadsky Institut für Geochemie (Moskau) wurde das Kartenwerk „AWI Bathymetric Charts of the Weddell Sea“ (AWI-BCWS) mit drei neuen Karten im Maßstab 1:1 000 000 nach Norden hin erweitert. Sie überdecken den nördlichen Teil der Antarktischen Halbinsel, das South Orkney Plateau und den östlichen Teil des South Scotia Ridge (66 - 60° S, 15 - 75° W). Die Kompilierung der Bodentopographie und die Layout-Gestaltung erfolgten digital mit den Geographischen Informationssystemen CARIS und ArcInfo. Das Kartenwerk umfasst derzeit neun Karten im Maßstab 1:1 000 000 und deckt den größten Teil des Weddellmeeres ab.

Die Meeresbodentopographie der Framstraße ist für den Wassermassenaustausch zwischen dem Arktischen Ozean und dem Nordatlantik selbst wie für seine Modellierung von zentraler Bedeutung. Dieses Gebiet wird von dem neuen Kartenwerk „AWI Bathymetric Chart of the Fram Strait“ (BCFS) abgedeckt, einem Kartenwerk, das im Maßstab 1:100 000 angelegt wird. Es besteht aus neun Einzelkarten und überdeckt eine Fläche von ca. 30 000 Quadratkilometer. In den Jahren 2000 und 2001 wurden dazu auf zwei Expeditionen Erweiterungen im Übergangsbereich zum Lena-Graben und am Kontinentalhang nördlich von Spitzbergen durchgeführt. Druck und Publikation des BCFS ist für 2003 vorgesehen.

3.4.2 Dynamik der Periglazialräume

Permafrostgebiete sind unzureichend bilanzierte Quellen für klimarelevante Spurengase. Um die Methanflüsse aus arktischen Tundren verstehen zu können, werden hochauflösende Spurengasmessungen in Verbindung mit thermischen, hydrologischen und mikrobiologischen Prozessstudien auf Dauer-

planned at a scale of 1:100 000. The map series consists of nine sheets covering an area of approximately 30 000 square kilometres. The main study area was extended towards the Lena Trough and the continental slope north of Svalbard during two expeditions in 2000 and 2001. The printing and publication of the BCFS is planned for 2003.

3.4.2 Dynamics of periglacial regions

Permafrost areas are insufficiently balanced sources of trace gases, relevant for the climate system. To understand the methane flux ensuing from the Arctic tundra, high-resolution trace gas measurements were carried out in connection with thermal, hydrological, and microbiological process studies. Measurements were done in permanent study areas situated in the delta of the river Lena (Siberia; fig.5). The release of methane, measured during the German-Russian expeditions LENA 1998 up to LENA 2001 shows the relevance of Arctic sources of trace gases for a methane budget. The high summer emission rates showed significant spatial and seasonal variations in different landscape units (soil, ice sediments, ice wedges, lakes). The release of trace gas is controlled by temperature and the water regime. In the course of this, methane is continuously formed even at very low temperatures. It is occluded in the active ground zone in the course of autumn refreezing and is released again in the next thawing phase in spring. Methane which is formed and stored during the winter months has not yet been taken into account in present day budgets. First microbiological and molecular studies indicate the existence of a highly adapted psychrophilic bacterial group in permafrost sediments. An understanding of the ecological and



Abb. 5: Arktische Tundra im Lena-Delta (Sibirien) mit Messstation.

Fig. 5: Arctic tundra in the Lena river delta (Siberia) with research station.

messflächen im Lena-Delta (Sibirien) durchgeführt (Abb. 5). Die Methanfreisetzung, die während der deutsch-russischen Expeditionen LENA 1998 bis LENA 2001 gemessen wurde, zeigt die Relevanz arktischer Spurengasquellen für eine Methanbilanzierung. Die hohen sommerlichen Emissionsraten wiesen für verschiedene Landschaftseinheiten (Böden, eisreiche Sedimente, Eiskeile, Seen) starke räumliche und saisonale Schwankungen auf. Gesteuert wird die Spurengasfreisetzung über die Temperatur- und das Wasserregime. Dabei wird Methan auch bei sehr niedrigen Temperaturen kontinuierlich gebildet, im Zuge des herbstlichen Rückfrierens in der aktiven Bodenzone eingeschlossen und in der folgenden Auftauphase im Frühjahr wieder freigesetzt. Dieses während der Wintermonate gebildete und gespeicherte Methan wird in den bisherigen Bilanzierungen nicht berücksichtigt. Erste mikrobiologisch-molekularökologische Studien geben Hinweise auf eine an kalte Bedingungen angepasste, eine psychrophile Bakteriengemeinschaft in den Permafrostsedimenten. Kennt-

physiological properties of microorganisms contributing to the methane cycle and the significance of the different Arctic habitats is required to assess impacts of climate change with regard to carbon dynamics in permafrost.

The Laptev Sea – a shallow expanse shelf sea in the Siberian Arctic – is of particular importance for the entire Arctic. It is here that most of the sea ice is formed, which moves with the transpolar drift from the Laptev Sea via the North Pole into the direction of Greenland where the ice melts. Material from the Laptev Sea which has become frozen in the sea ice is transported into the Arctic ocean in this manner. Sea ice formation in the Laptev Sea is influenced by flooding of fresh water from the Siberian rivers. The river Lena, the second largest river in the Arctic after the river Yenisei, plays a significant role in this connection.

nisse über die ökologischen und physiologischen Eigenschaften der am Methankreislauf beteiligten Mikroorganismen und die Bedeutung der verschiedenen arktischen Habitate stellen die Grundlage für eine Abschätzung über die Auswirkungen veränderter Klimabedingungen hinsichtlich der Kohlenstoffdynamik in Permafrostböden dar.

Die Lapteewsee, ein flaches, ausgedehntes Schelfmeer in der Sibirischen Arktis, ist von besonderer Bedeutung für die gesamte Arktis. Hier wird heutzutage der größte Teil des Meereises gebildet, das sich mit der Transpolaren Drift von der Lapteewsee über den Nordpol in Richtung Grönland bewegt, wo es schließlich taut. In das Meereis eingefrorenes Material aus der Lapteewsee wird auf diese Weise in den arktischen Ozean transportiert. Die Meereisbildung in der Lapteewsee wird durch den Einstrom von Süßwasser aus den sibirischen Flüssen beeinflusst. Insbesondere die Lena, der achtgrößte Fluss der Erde und der zweitgrößte Fluss der Arktis nach dem Jenissei, spielt dabei eine große Rolle.

Nachdem in früheren Jahren der Flusseintrag, die Verteilung der Flussfracht in der Lapteewsee und der Weitertransport in den Arktischen Ozean durch Meereis auf der Basis von mineralogischen und chemischen Charakteristika rekonstruiert werden konnte, konzentrierten sich die Arbeiten in den letzten beiden Jahren auf die Küstenregion der Lapteewsee. Insbesondere die Entstehungsgeschichte des Lena-Deltas, des größten arktischen Flussdeltas, war Gegenstand der Untersuchungen. Es konnte gezeigt werden, dass lediglich der östliche Teil des Deltas im engeren Sinne ein Flussdelta ist, während der westliche Teil von älteren Ablagerungen anderen Ursprungs gebildet wird. Die Ergebnisse bestätigen, dass die Region

In former years, the flow and fate of fresh water transported by the rivers within the Laptev Sea and its subsequent transport into the Arctic ocean by sea ice could be reconstructed on the basis of mineralogical and chemical characteristics. In the past two years, however, activities were concentrated on the coastal region of the Laptev Sea. Emphasis of the investigations was placed on the genesis of the Lena river delta, the largest Arctic delta. It was shown that only the eastern part of the delta is a delta in the true sense of the word, whilst the western part was formed by older deposits of different origin. The results confirm that during the last glacial, this region was not covered by an ice cap like Northern Europe.

Due to the climatic situation in Northern Siberia, the soil in this region is permanently frozen up to a depth of approximately 1000 metres. Only the top 0.5 to 1.5 metres of this so-called permafrost thaws during summer. At the coast, the soil which may be pervaded by a high percentage of ice, is heavily eroded by wave action. Erosion of the coast was found to account for as much of material being transported into the Laptev Sea as by the rivers. Since the deposits along the coast also have a relatively high content of carbon, erosion of the coast is also a significant previously neglected source of carbon in the Arctic Ocean. It is for this reason that an international research project co-ordinated by AWI-Potsdam is engaged in measuring the quantity of sediment and carbon deposits along the entire Arctic coastline. The study of lake sediments were mainly carried out in the north-eastern Siberia. The Elgygytyn-Lake was investigated during the course of two campaigns (1998, 2000) within the framework of a

während der letzten Kaltzeit nicht wie Nordeuropa von einer Eiskappe bedeckt war.

Aufgrund der klimatischen Situation in Nordsibirien sind die Böden in der Region bis in eine Tiefe von ca. 1000 Meter permanent gefroren. Nur die oberste Schicht von ca. 0,5 - 1,5 Meter dieser so genannten Permafrostböden taut während der Sommermonate auf. An der Küste werden die Böden, die sehr hohe Eisgehalte haben können, durch das Einwirken von Meerwasser und Wellen stark abgetragen. Es zeigte sich, dass durch den Küstenrückgang ebensoviel Material in die Laptevsee eingetragen wird wie durch die Flüsse, möglicherweise sogar mehr. Da die Ablagerungen entlang der Küste relativ hohe Kohlenstoffgehalte aufweisen, bildet die Küstenerosion auch für den Kohlenstoffhaushalt des arktischen Ozeans eine wesentliche, bisher vernachlässigte Quelle. Ein internationales Forschungsprojekt, das vom AWI-Potsdam koordiniert wird, beschäftigt sich daher zur Zeit mit der quantitativen Erfassung von Sediment- und Kohlenstoffeinträgen in den arktischen Ozean durch Küstenerosion entlang der gesamten arktischen Küstenlinie.

Untersuchungen an Seesedimenten fanden schwerpunktmäßig in Nordost-Sibirien statt. Im Rahmen eines amerikanisch-russisch-deutschen Gemeinschaftsprojekts wurde während zweier Kampagnen (1998, 2000) der Elgygytgyn-See über Sedimentkerne und sedimentakustische Messungen auf seine Sedimentverteilung und Untergrundstruktur erkundet. Der Kratersee stellt Zeugnis eines pliozänen Meteoriteneinschlags vor 3,6 Millionen Jahren dar und enthält eine 350 Meter mächtige sedimentäre Beckenfüllung, die als wertvolles Klimarchiv wahrscheinlich den Beginn und die langfristige Variabilität der nordhemisphärischen Eiszeiten dokumentiert.

joint American-Russian-German project. Coring and acoustical measurements were done to determine distribution and underground structure of the sediments. The crater lake is the result of a Pliocene meteoroid hit 3.6 million years ago and contains a sediment layer of 350 metres depth. This is a valuable climate archive and probably documents the beginning and long-term variability of the Ice Ages in the Northern hemisphere.

New comprehensive data have been gathered on the quaternary environmental development within the framework of the BMBF project 'System Laptev Sea 2000'. The data were obtained from permafrost sequences in three areas of the Laptev Sea region rich in ice. The work included comprehensive geocryological, sedimentological, mineralogical, palaeontological and geochemical examinations of sediments.

The isotopic structure of the ice bodies (ice wedges) within the ice complex provides evidence of a relatively stable climatic development in the late Pleistocene. Past winter temperatures have always been lower than present temperatures. The biggest drop in temperature occurred in the Early Weichselian glacial period. The reconstruction of the absolute temperature for this period showed that there had been a winter temperature 13 °C colder than today with a minimum of 23 °C in January.

Bio-indicators such as pollen, seed, bottom fauna, remnants of insects and large mammals which primarily reflect the situation in summer provide proof of an extreme continental climate during the Weichselian period, with lower winter temperatures but mostly higher summer temperatures than in the present time. These climatic conditions led to the formation of specific tundra steppe biomes. The seasonal

Neue umfangreiche Daten zur quartären Umweltentwicklung wurden im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens „System Laptewsee 2000“ an eisreichen Permafrostsequenzen in drei Gebieten der Laptewsee-Region gewonnen. Die Forschungen beinhalteten geokryologische, sedimentologische, mineralogische und geochemische Untersuchungen von Sedimenten und Paläoböden, isotopengeochemische und hydrochemische Analysen des Grundeises sowie paläobotanische und paläontologische Untersuchungen.

Die isotopische Zusammensetzung der Grundeiskörper (Eiskeile) im Eiskomplex belegen eine relativ stabile Klimaentwicklung im Spätpleistozän. Die Wintertemperaturen waren stets niedriger als heute. Der stärkste Temperaturabfall wird für das Weichselfrühglazial angezeigt. Erste Ergebnisse absoluter Temperaturrekonstruktionen ergaben für diese Zeit in den Untersuchungsgebieten bis zu 13 °C kältere Winter- und bis zu 23 °C kältere Januartemperaturen als heute.

Die hauptsächlich die Sommersituation widerspiegelnden Bioindikatoren (Pollen, Samen, Bodenfauna, Insektenreste und Reste von Großsäugetieren) belegen für die Weichselzeit ein extrem kontinentales Klima mit niedrigeren Wintertemperaturen, aber meistens höheren Sommertemperaturen als heute. Diese Klimabedingungen führten zur Ausbildung spezifischer Tundra-Steppen-Biome. Die zeitliche Verteilung der Besiedlungsdichte und der Artenzusammensetzung der Großsäugetierfauna belegt eine ausreichend hohe Produktivität dieser Landschaften in den Interstadialzeiten und eine Verarmung der Fauna während des letzten glazialen Maximums (vor ca. 18000 Jahren). Markante Veränderungen der Umweltbedingungen setzten erst mit dem Übergang zum Holozän ein.

distribution of the population density and species composition of large mammals indicate a high productivity of these landscapes during the interstadial periods and an impoverishment of the fauna during the Last Glacial Maximum (approximately 18000 years ago). Significant changes of environmental conditions only came about at the time of the transition to the Holocene Period.

Analysis of pollen and micro palaeontological examinations of lake sediments in the Russian Arctic enabled the numerical reconstruction of palaeoclimate and environment and an understanding of their variability in the periglacial, thus enabling the quantitative reconstruction of the palaeoclimate. By means of pollen distributions of the Lama Lake, of the Livinson-Lessing-Lake as well as of the Nikolai Lake climate variations during the late Pleistocene and Holocene were reconstructed. With the aid of the PFT-method it was able to calculate the average temperatures in July and accurately quantify the annual precipitation. A palaeotemperature reconstruction for the Holocene period was carried out for Lama Lake by means of diatoms. A calibration data record from the North-West of Lapland based on optimum temperatures and temperature tolerances of diatom taxa was used as a transfer function to determine the diatom distribution within the Lama Lake. For the first time, palaeotemperatures were derived from aquatic organisms in the Russian periglacial zone. Cooler temperatures were reconstructed for the beginning of the Holocene as well as for a short period at approximately 6500 and 4500 years before present. According to this reconstruction there were warmer periods between 8000 and 6500 as well as between 4000 and 2500 years before

Numerische Paläoklima- und Umweltrekonstruktionen und ihre raum-zeitliche Variabilität in Periglazialräumen wurden aus den Ergebnissen von pollenanalytischen und mikropaläontologischen Untersuchungen an Seesedimenten der russischen Arktis durchgeführt. So wurden mit Hilfe von Pollenverteilungen des Lamasees, des Levinson-Lessing-Sees sowie des Nikolaisees Klimaschwankungen während des Spätpleistozäns und des Holozäns rekonstruiert. Mit verschiedenen Verfahren, wie z. B. der PFT-Methode, wurden mittlere Julitemperaturen sowie Jahresniederschläge mit einer hohen Genauigkeit berechnet. Am Lamasee wurde zusätzlich eine Rekonstruktion der Paläotemperatur für das Holozän mittels Diatomeen durchgeführt. Dafür wurde zunächst mit einem Kalibrationsdatensatz aus Nordwest-Lappland eine auf Temperaturoptima und -toleranzen der Diatomeentaxa basierende Transferfunktion entwickelt, die anschließend für die Diatomeenverteilung des Lamasees benutzt wurde. Erstmals sind damit in den russischen Periglazialräumen die Paläotemperaturen aus aquatischen Organismen abgeleitet worden. Niedrige Temperaturen wurden kurz vor Beginn des Holozäns sowie, kurzzeitig, für die Zeiten ca. 6500 Jahre und 4500 Jahre vor heute rekonstruiert. Wärmere Perioden gab es nach dieser Rekonstruktion in den Zeiträumen zwischen ca. 8000 und 6500 Jahren sowie zwischen 4000 und 2500 Jahren vor heute. Die wesentlichen Variationen lassen sich mit der Paläotemperaturrekonstruktion aus Pollen vergleichen, obwohl deren rekonstruierte Temperaturschwankungen deutlich größer sind.

Klimatische Veränderungen wirken sich in verschiedenen Regionen der Erde unterschiedlich aus. Um prinzipielle Prozesse zu verstehen, kann sich die

present. The significant variations are comparable with the pollen-based reconstruction of palaeotemperature. However, the reconstructed temperature variations are considerably greater.

Climatic changes have different impacts on the various regions of the earth. In order to understand principal processes, the reconstruction of palaeoclimate should not be restricted to a few global fixed points. Thus, during the last Ice Age, the northern part of Europe and North America were covered by ice, whereas findings from Eastern and Central Siberia show that glaciation was not that extensive. The northern part of central Siberia (the region of the Taymyr peninsula and the archipelago Severnaya Semlya) is situated between regions that were glaciated during the Ice Age and regions that were not glaciated. This is the reason why it is considered to be a key region. In this area research on palaeoclimate has been carried out successfully by the German side for several years. Comprehensive investigations of lake sediments and ground ice bodies were carried out making it possible to draw conclusions regarding the climate when they were formed.

On the Komsomolets Island you find the huge 800 metres thick glacier cap of Severnaya Semlya and the hilltop Akademii Nauk. Ice cores from this glacier provide high-resolution data on climate, presumably dating back to the end of the last Ice Age. Important information on post ice-age changes in ocean circulation and the Arctic atmosphere are expected, when comparing them with ice core data from other regions, in particular with data from Greenland.

Paläoklimarekonstruktion nicht auf wenige globale Fixpunkte beschränken. So waren während der letzten Eiszeit das nördliche Europa und Nordamerika eisbedeckt, wohingegen Befunde aus Ost- und Zentralsibirien belegen, dass hier keine nennenswerte Vergletscherung aufgetreten ist. Das nördliche Mittelsibirien (Gebiet der Taymyrhalbinsel und des Archipels Severnaja Semlja) liegt zwischen den mit Sicherheit eiszeitlich vergletscherten und den unvergletscherten Gebieten und stellt damit eine Schlüsselregion dar. Paläoklimaforschung wird hier von deutscher Seite seit mehreren Jahren durchgeführt. Im Rahmen der Projekte erfolgten umfangreiche Untersuchungen von Seesedimenten und Grundeiskörpern, die Rückschlüsse auf das Klima zur Zeit ihrer Entstehung ermöglichen.

Auf der Insel Komsomolets liegt die mächtige Gletscherkappe von Severnaja Semlja, die Kuppe Akademii Nauk, die eine Eismächtigkeit von bis zu 800 Meter aufweist. Von den Eiskernen einer in den Jahren 2000 - 2001 niedergebrachten Eisbohrung können hochaufgelöste Klimadaten erwartet werden, die vermutlich bis zum Ende der letzten Eiszeit zurück reichen. Vom Vergleich mit Eiskernendaten aus Grönland werden entscheidende Informationen über nacheiszeitliche Veränderungen im Zirkulationsmuster von Ozean und Atmosphäre der Arktis erwartet.

3.4.3 Struktur und Dynamik der Lithosphäre und polarer Eisschilde

Die geologisch-tektonische Entwicklungsgeschichte des antarktischen Kontinentalrandes und der Lithosphäre im Weddellmeer ist in den Strukturen der Erdkruste und ihrer sedimentären Bedeckung abgebildet. Erstmals wurden im Bereich des ostantark-

3.4.3 Structure and dynamics of the lithosphere and polar ice shields

The structure of the earth's crust and its sedimentary cover reflect the geologic-tektonic evolution of the Antarctic continental margin and Weddell Sea lithosphere. High resolution measurements were for the first time obtained on offshore spreading anomalies in the region of the East Antarctic continental margin, using the polar aircraft 'Polar 2'. Data were also obtained for the open sea by a helicopter based aeromagnetic survey. The sequence of magnetic anomalies, which were created in an early stage by the opening of the Weddell Sea and the South Atlantic, are now evident. The new model used to estimate the date of the continental break up shows that the previous dating of 180 million years before present is probably too early by about 40 million. Contrary to present day assumptions, the separation of South America and Africa from East Antarctica took place at the same time, but started from different centres, where the Weddell rift was propagating from west to east.

Another piece in the puzzle of reconstructing Gondwana was solved by seismic investigations in the southern Atlantic-Indic. It was shown that the Agulhas Plateau was never an element of Gondwana but instead was created through the influence of the Bouvet Hotspot on the mid oceanic ridge. A phase of excessive volcanism as a result of the separation of Agulhas Plateau and Maud Rise led to the deposition of thick sequences of lava flows. Thus the Agulhas Plateau was built-up to a topographic feature, which significantly influenced the paths of several water masses. Seismic investigation proved that these currents deposited contouritic sediments. The Agul-

tischen Kontinentalrandes küstennahe magnetische Spreizungsanomalien mit dem Polarflugzeug ‚Polar 2‘ und küstenferne Strukturen mit helikoptergestützten aeromagnetischen Befliegungen hochauflösend vermessen. Die Abfolge an magnetischen Anomalien aus der Frühphase der Öffnung des Weddellmeeres und des Südatlantiks sind nun lückenlos dokumentiert. Das neue Altersmodell zeigt, dass die bisherige Datierung des Aufbruchs auf 180 Millionen Jahre vor heute ein um ca. 40 Millionen Jahre zu hohes Alter gewesen war. Entgegen bisherigen Annahmen ist die Ablösung Südamerikas und Afrikas von der Ostantarktis im Bereich Dronning Maud Land in räumlich getrennten Zentren etwa zeitgleich erfolgt, wobei das Weddellriff von Westen nach Osten voranschritt.

Ein weiteres Teilstück im Puzzle der Rekonstruktion Gondwanas lieferten seismische Untersuchungen im südlichen Atlantik/Indik, die zeigten, dass das Agulhasplateau kein Element Gondwanas bildete, sondern erst durch den Einfluss des Bouvet Hotspots im Bereich des mittelozeanischen Rückens gebildet wurde. Eine Phase exzessiven Vulkanismus führte dann bei der Trennung des Agulhasplateaus vom Maud Rise zur Ausbildung einer mächtigen Bedeckung mit Lavaflüssen. Die topografische Struktur des Plateaus beeinflusste den Verlauf verschiedener, dort zusammentreffender Wassermassen. Die unter dem Einfluss der Strömungen ausgebildeten Konturite wurden anhand seismischer Untersuchungen charakterisiert. Der Agulhasrücken verhindert einen ungehinderten Einstrom in das Kapbecken und erzwingt eine Umströmung des Rückens. Eine seismische Untersuchung konnte bereits für das Oligozän im südlichen Kapbecken eine Strömung aufzeigen, die

has Ridge acted as an obstacle for oceanic currents soon after its formation. Water could not enter the Cape Basin without resistance but had to flow around the ridge in a counter clockwise path. A seismic investigation provided evidence for a current which has the same direction as the present day Antarctic Bottom water flow, in the southern Cape Basin as early as the Oligocene. This indicates that the glaciation of Antarctica must have progressed considerably in order to enable such a current.

The plate boundary between Eurasia and North America in the region of Fram Strait and Lena Trough was more clearly defined with the aid of recently obtained aerogravimetric data. North Greenland and the archipelago of Svalbard are separated from each other by an ancient branched system of spreading axes. This spreading can be reconstructed as far back as the late Miocene.

Seismic investigations across the continental margin of Svalbard and the Yermak Plateau have provided new evidence of the structural composition as well as the geological-tectonic history of the north-western European lithosphere. It is now possible to describe the sediment thickness and glacial history of the Yermak Plateau more accurately. The structure along the Western continental margin off Svalbard revealed a higher, small-scale spatial variation in the continent-ocean transition than had been previously assumed.

The Gakkel Ridge in the High Arctic, which is a good example of a slowly spreading mid-oceanic ridge, was geophysically surveyed in detail during a German-American two-ship expedition. A broad geological sampling programme accompanied these measurements to provide additional data to interpret

dem heutigen Antarktischen Bodenwasser ähnlich ist. Das bedeutet, dass die Vereisung der Antarktis bereits im Oligozän ein solches Ausmaß erreicht haben musste, dass eine solche Strömung ermöglicht wurde.

Anhand neuer aerogravimetrischer Daten konnte die Plattengrenze zwischen Eurasien und Nordamerika für die Region der Framstraße und des Lena-Troges klarer als bisher definiert werden. Nordgrönland und der Svalbard Archipel sind entgegen bisherigen Vorstellungen durch ein eng verzweigtes System aus Spreizungsachsen voneinander getrennt. Der Aufbruchsverlauf seit dem mittleren Miozän lässt sich damit rekonstruieren.

Seismische Messungen über dem Kontinentalrand Svalbards und des Yermakplateaus erlauben es, den strukturellen Aufbau sowie die geologisch-tektonische Geschichte der nordwesteuropäischen Lithosphäre besser zu verstehen und die Sedimentmächtigkeiten sowie glaziale Geschichte des Yermakplateaus besser zu beschreiben. Entlang des westlichen Kontinentalrandes vor Svalbard zeigt der Kontinent-Ozean-Übergang deutlich mehr kleinräumige Variationen als bisher angenommen.

Als Beispiel eines langsam spreizenden mittelozeanischen Rückens wurde der Gakkelerücken im zentralen Arktischen Ozean während der gemeinsamen deutsch-amerikanischen Expedition mit FS ‚Polarstern‘ und USCC ‚Healy‘ detailliert geophysikalisch vermessen. Die begleitenden intensiven geologischen Beprobungen werden die weiteren Auswertungen der Messergebnisse eingehend unterstützen. Überraschend ist hier die große Variabilität der Mächtigkeit der ozeanischen Kruste entlang des Gakkelerückens und die Erkenntnis, dass geringe Spreizungs-

the geophysical survey. The thickness of the oceanic crust along the Gakkel Ridge showed a surprisingly high variability. Obviously, the slow spreading rate does not inevitably cause a shallow crustal thickness.

The problem of present day mass balancing of polar ice sheets is being investigated using both measurements and modelling. Three-dimensional thermomechanical models of the Greenland and Antarctic ice sheets have been upgraded by incorporating improved ice-dynamic and isostatic treatments, revised input datasets on 20 kilometre horizontal resolutions, and refined climatic treatments based on newly calibrated transfer functions between ice core records and climatic perturbations. These models were used to produce sea-level predictions from the polar ice sheets for the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) third assessment report. Other numerical experiments concentrated on glacial cycle simulations and contributed to the EPILOG (Environmental Processes of the Ice Age: Land, Ocean and Glaciers) reconstruction of ice sheets during the last glacial maximum. Patterns of visco-elastic rebound and gravity anomalies required to interpret data from forthcoming satellite gravity missions (CHAMP, Challenging Microsatellite Payload for Geophysical Research and Application and GRACE, Gravity Recovery And Climate Experiment) were also derived. Similar model studies were conducted within the framework of the HGF-Strategiefonds project SEAL (Sea Level Change) using improved climatic input derived from atmosphere-ocean coupled general circulation models. Within SEAL, models were also run to determine the glacier and ice cap contribution to sea level change and to reconstruct the ice loading history on the continents of the northern hemisphere

raten offensichtlich nicht zwangsläufig zu geringen Krustenmächtigkeiten führen.

Für die Bestimmung der Eismassenbilanz in ausgewählten Einzugsgebieten der Antarktis wird der Ansatz verfolgt, den Zutrag mit dem Fluss des Eises durch definierte Querschnitte zu bilanzieren. Hierfür wurden Radarbefliegungen zur Bestimmung der Eismächtigkeit durchgeführt und Schneezutragraten im Einzugsgebiet bestimmt. In der Modellierung wurde das dreidimensionale thermomechanische Modell für den grönländischen und den antarktischen Eisschild weiter verfeinert. Die numerische Behandlung der Eisdynamik und der Isostasie wurde weiter verbessert, die Eingabedaten wurden auf eine horizontale Gitterweite von 20 Kilometern interpoliert und speziell in Dronning Maud Land mit den neuesten Messwerten für Eisdicke und Schneezutrag ergänzt, und der Verlauf der Temperaturschwankungen in der Vergangenheit wurde mit neu kalibrierten Werten aus den Eiskernuntersuchungen verbessert. Damit wurde, als Beitrag zum IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Third Assessment Report, der Einfluss der polaren Eisschilde auf die Meeresspiegelschwankung für verschiedene Klimaszenarien berechnet. Andere numerische Experimente liefen im Zeitrahmen mehrerer glazialer Zyklen ab und trugen zur Rekonstruktion der Ausdehnung der polaren Eisschilde während des letzten glazialen Maximums bei. Es ließen sich auch Muster für die visko-elastische Hebung sowie Schwereanomalien als Folge der Eismassenänderungen seit der letzten Eiszeit berechnen. Dies ergibt wichtige Datensätze zur Interpretation der geplanten Schweremessungen durch die Satelliten CHAMP („Challenging Microsatellite Payload for Geophysical Research and Application“)

since the last glacial maximum. The latter is required to constrain the current rate of isostatic adjustment needed to correct tide-gauge records of sea level change.

The international ice core drilling projects NGRIP (North Greenland Ice Core Project) and EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) as well as traverses like the North Greenland traverse or the EPICA pre-site survey in Dronning Maud Land, yielded a large bi-polar archive of ice samples (fig. 6). The isotopic composition and stratigraphy of the ice matrix as well as gas inclusions constitute major paleoclimatic proxies. Aerosols and reactive trace gases deposited on the ice surface are also sources of ionic impurities in firn and ice layers. These chemical parameters stored in solid precipitation and accumulated on polar ice sheets provide a unique key to assess the composition and natural variability of the paleo-atmosphere as well as the climatic impact on biogeochemical cycles. Glaciochemical studies show the great potential of chemical ice core records for the reconstruction of changes in atmospheric circulation patterns in the past. During the final stage of the HGF-Strategiefonds project KIHZ (Klima in historischen Zeiten) both the North Greenland ice core data and the Dronning Maud Land were used for intercomparison with each other as well as with of climate models of the past hundreds of years.

New terrain has been entered with isotopic studies on trace gases (e. g. CO_2 , CH_4 , N_2O) enclosed in air bubbles in polar ice cores. To this end a new gas chromatography isotope ratio mass spectrometry method is currently being developed within the junior scientist group RESPIC (Research Group on Earth Climate System Reconstruction on Polar Ice



und GRACE („Gravity Recovery And Climate Experiment“) und zur Korrektur von historischen und rezenten Aufzeichnungen der Meeresspiegelschwankung an Gezeitenpegeln. Im Rahmen des HGF-Strategiefondsprojekt SEAL („Sea Level Change“) wurden außerdem mit numerischen Modellen und Feldmessungen zur Eisdicke und Massenbilanz, unter anderem auf dem Morteratschgletscher in der Schweiz, der mögliche Beitrag der Gletscher zur Erhöhung des Meeresspiegels abgeschätzt.

Durch die Beteiligung an großen internationalen Tiefbohrprojekten wie NGRIP („North Greenland Ice Core Project“) oder EPICA („European Project for Ice Coring in Antarctica“), sowie durch AWI-Projekte wie die Nordgrönlandtraverse stehen umfangreiche Probenarchive polarer Eisschilde zur Verfügung (Abb. 6). Die isotopische Zusammensetzung und Stratigrafie des Eiskörpers sowie seine Gaseinschlüsse sind die wichtigsten paläoklimatischen Proxies. Ebenso werden aber auch Aerosole und wasserlösliche Spurengase im polaren Eis chronologisch geschichtet deponiert, und man erwartet von diesen so in der Eismatrix gespeicherten chemischen Signalen, den wechselseitigen Einfluss zwischen Klimaänderung und bio-geochemischen Stoffkreisläufen aufklären zu

Abb. 6: Am 27. Januar 2001 begannen die Bohrarbeiten für die EPICA-Eiskerntiefbohrung in Dronning Maud Land. Die Bohrarbeiten werden in einem sechs Meter tiefen Graben durchgeführt (vgl. Kapitel 4), in den eine weitere sechseinhalb Meter tiefe Grube zum Ein- und Ausschwenken des Bohrgerätes gegraben wurde. Das Bild zeigt das erste gewonnene Eiskernstück aus einer Tiefe von 12,6 bis 13,6 Meter unter der ursprünglichen Geländeoberkante, das bereits ein Alter von ca. 80 Jahren hat. Alle Kernstücke werden sorgfältig protokolliert und für den weiten Transport in die Kühlräume des AWI in Bremerhaven verpackt. In der Saison 2000/2001 wurde bis in 112 Meter Tiefe gebohrt, entsprechend einem Alter des Eises von etwa 1300 Jahren. In den folgenden drei bis vier antarktischen Sommern wird die Bohrung bis zum Felsuntergrund in ca. 2750 Meter Tiefe fortgesetzt, wo dann ein Eisalter von ca. 200 000 Jahren erwartet wird.

Fig. 6: Drilling of the deep EPICA-ice core in Dronning Maud Land commenced on January 27, 2001. The operation takes place in the six metre deep drill trench, at the bottom of which another pit was excavated six and a half metres deep to tilt the drill (see Chapter 4). The picture shows the first core section, which already has an age of ca. 80 years, recovered from a depth of 12.6 to 13.6 metres below the snow surface. All core pieces are carefully logged and stored for the long transport to the cold room facilities of AWI at Bremerhaven. During the 2000/2001 season 112 metres of core were drilled, corresponding to an ice age of approximately 1300 years. The drilling will continue and should hit the rock under the ice sheet at a depth of ca. 2750 metres, within the next three to four Antarctic summer seasons. The estimated age of the lowermost ice layers is 200 000 years.

können. Die glaziochemischen Studien zeigten deutlich das große Potenzial solcher chemischer Eiskernzeitreihen für die Rekonstruktion von Veränderungen atmosphärischer Zirkulationsmuster. In der Schlussphase des HGF-Stragiefondsprojektes „Klima in historischen Zeiten“ (KIHZ) wurden die zeitlich hochaufgelösten Eiskerndaten aus Nordgrönland und Dronning Maud Land, Antarktis, untereinander und mit Ergebnissen von Klimamodellstudien für die letzten 1000 Jahre verglichen.

Methodisches Neuland wurde mit den Untersuchungen zur Isotopie von in Luftblasen in Eiskernen eingeschlossenen Spurengasen (z. B. CO₂, CH₄, N₂O) betreten. Dazu wird derzeit im Rahmen der DEKLIM („Deutsches Klimaforschungsprogramm“)-Nachwuchsforschergruppe RESPIC („Research Group on Earth Climate System Reconstruction on Polar Ice Cores“) eine neue Gaschromatographie-Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie-Methode entwickelt, die die bisher erforderlichen Probenmengen um zwei Größenordnungen reduziert und damit solche Untersuchungen an Lufteinschlüssen in Eisbohrkernen erstmals ermöglicht.

Die Erschließung des Spurenstoffarchivs im polaren Eis erfordert auch eine detaillierte Kenntnis der atmosphärischen Prozesse sowie der Prozesse an der Firn-Luft-Grenzfläche. Während von der küstennahen Neumayer-Station kontinuierliche Langzeitmessungen von verschiedenen atmosphärischen Spurenstoffen sowie Untersuchungen zum Atmosphäre-Firn-Transfer vorliegen, besteht ein eklatanter Mangel an relevanten Messdaten aus der zentralen Antarktis. An der Bohrstelle des EPICA-Projekts (Kohnen-Station) in Dronning Maud Land wurden erstmalig während zweier Sommerkampagnen ein intensives Aero-

Cores) within the framework of DEKLIM (Deutsches Klimaforschungsprogramm). This method reduces necessary sample sizes by two orders of magnitude, making feasible for the first time isotopic investigations on air trapped in ice cores.

There is a basic need to understand the tropospheric chemistry above polar ice sheets and the physico-chemical processes governing air to snow transfer of atmospheric trace compounds. While the research programme established at the coastal Air Chemistry Observatory at Neumayer Station provides valuable and outstanding data records, there is still a dire lack of corresponding data from continental Antarctica. An intense aerosol and snow sampling programme at the EPICA drilling site in Dronning Maud Land (Kohnen Station) was therefore initiated. Results from two recent summer campaigns indicate that in contrast to Neumayer Station, the aerosol composition in Dronning Maud Land is not dominated by regional marine sources but by long range transport of trace components via the free troposphere. Considering that deposition processes dominate the atmospheric aerosol signal represented in the firn, dry deposition plays a significant role in Dronning Maud Land. However, at Neumayer, aerosols are nearly exclusively removed by wet deposition. This was also determined on the inland ice plateau by analysing the spatial distribution of sulfate in the snow layer, which is influenced by the eruption of the Indonesian volcano Pinatubo and the Chilean Cerro Hudson in 1991. An automatic aerosol sampler has been developed for year-round operation at Kohnen Station in co-operation with the Institute of Environmental Physics at Heidelberg. It will be installed during the austral summer 2002/2003. This experi-

sol-, Neuschnee- und Firnsammelprogramm durchgeführt und diese Proben auf ihre ionischen Komponenten untersucht. Es zeigt sich, dass, im Gegensatz zur stark marin beeinflussten Aerosolzusammensetzung an der Neumayer-Station, diese an der Kohnen-Station vom Aerosol-Ferntransport über die freie Troposphäre dominiert wird. Ferner spielt in Dronning Maud Land die trockene Deposition der Aerosole eine wichtigere Rolle als an der Neumayer-Station, wo die Aerosoldeposition über Auswaschen durch Niederschläge überwiegt. Dies zeigte auch die räumliche Analyse des auf die Ausbrüche der Vulkane Pinatubo, Indonesien, und Cerro Hudson 1991 in Chile zurückgehende Deposition von Sulfat auf dem Inlandsisplateau. In Kooperation mit dem Institut für Umweltphysik in Heidelberg wird zur Zeit ein geeigneter automatischer, ganzjähriger betreibbarer Aerosolsammler entwickelt, der zur antarktischen Sommersaison 2002/2003 an der Kohnen-Station aufgebaut werden soll und dann vor allem Aufschluss über die Saisonalität der wichtigsten ionischen Bestandteile des Aerosols an der Bohrlokation geben wird.

Die chemische Zusammensetzung und die Größenverteilung der Aerosolpartikel liefern Informationen über Transportwege, Quellgebiete und Depositionsprozesse. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Spektrochemie und Angewandte Spektroskopie (ISAS), Berlin, wurden sowohl auf Spitzbergen als auch auf ‚Polarstern‘ (im Nord- und Südatlantik) größenklassiert gesammelte Aerosolproben in acht Größenklassen (0,35 - 16 Mikrometer) hinsichtlich ihrer chemischen und morphologischen Zusammensetzung untersucht. Diese spezielle Probennahmetechnik wird auch an der Kohnen-Station sowie der Neumayer-Station angewandt.

ment should provide information on the seasonality of the most important ionic aerosol components at the EPICA drilling site.

Chemical composition and size distribution of aerosol particles provide information on transport paths, source regions and deposition processes. In co-operation with ISAS (Institut für Spektrochemie und Angewandte Spektroskopie, Berlin), aerosol particles of eight different sized classes (0.35 - 16 microns) were sampled on Svalbard as well as across the Atlantic from the 'Polarstern'. They were analysed for chemical and morphological composition. This very specific sampling technique was also installed at Neumayer and Kohnen Station.

New methods were developed to study the microstructure of polar ice sheets. A scanning microscope with a resolution of 3 microns captures the grain and subgrain boundaries, slipbands and the distribution of air bubble inclusions. Main research topics are the detailed investigation of relaxation processes and the change of air bubble statistics during the glacial and interglacial transition as recorded in the EPICA-Dome Concordia ice core (Antarctica). With the use of a semi-automated analyser, the grain size and c-axis-orientation profiles are measured for this Antarctic ice core as well as for the NGRIP ice core (Greenland). This provides information on the deformation process of both ice sheets. In addition, serial section methods and the application of X-ray computer tomography are used to study the air filled pore space in three dimensions. In combination with lattice-Boltzmann models, the gas diffusion is simulated and reveals the influence of pore structure on the age distribution of enclosed air bubbles.

Zur Untersuchung der Mikrostruktur polaren Eises wurden mehrere neue Verfahren entwickelt und angewendet. Ein Mikroskop-Scanner mit einer Auflösungsgüte von bis zu 3 Mikrometer erfasst wichtige Strukturparameter wie Korn- und Subkorn Grenzen, Slipbands und die Verteilung eingeschlossener Luftblasen. Anwendungsschwerpunkte lagen in der Untersuchung von Relaxationsprozessen und in der Bestimmung von Blasenverteilungen am EPICA-Dome-Concordia-Bohrkern aus der Antarktis. Mit einer halbautomatischen Analyseapparatur wurden die Profile der Korngrößen- und c-Achsenverteilung am Dome-Concordia-Kern und am NGRIP-Kern aus Grönland gemessen, die wichtige Aussagen über die Deformationsgeschichte der beiden Eisschilde zulassen. Serienschnittverfahren und die Anwendung der Röntgencomputertomografie ermöglichen eine dreidimensionale Erfassung der Luftporenstruktur im Firnbe reich. In Verbindung mit kleinskaligen Gitter-Boltzmann-Transportmodellen wurde die Gasdiffusion in den Porenräumen untersucht, um den Einfluss der Porenstruktur auf die Gasaltersverteilung eingeschlossener Luftblasen zu bestimmen.

In der Feldsaison 2000/2001 wurde am ausgewählten EPICA-Bohransatzpunkt in Dronning Maud Land, als Vorbereitung für den Start der eigentlichen Eiskerntiefbohrung, eine 100-Meter-Bohrung abgeteuft und das Bohrloch verrohrt. Gleichzeitig wurde als Abschluss des Vorerkundungsprogramms die Schichtung des Eiskörpers mit einem hochauflösenden Bodenradar vermessen. Die Berechnung von synthetischen Radargrammen aus Tiefenprofilen der am Bohrkern gemessenen dielektrischen Eigenschaften des Eises, die mit den Felddaten verglichen werden, zeigen erste Erfolge.

During the austral summer 2000/2001 a 100 metres long ice core was drilled and the borehole cased at the EPICA deep drilling site. The deep drilling will be continued. At the same time, the pre-site survey was completed with an investigation of the layering in the ice body by means of high-resolution ground penetrating radar measurements in the vicinity of the borehole. The computation of synthetic radargrams by using profiles of the dielectric properties, measured at an earlier ice core from this site, is making good progress.

3.5 Projektgruppen

Seit 1999 gibt es am AWI Projektgruppen, die sich jeweils aus Mitarbeitern verschiedener Fachbereiche zusammensetzen und für einige Jahre gemeinsam an einem interdisziplinären Forschungsthema arbeiten. Die Einrichtung von Projektgruppen erlaubt es dem AWI, schnell und kompetent auf aktuelle wissenschaftliche Herausforderungen zu reagieren. Zur Zeit gibt es drei Projektgruppen, die sich mit Biogeochemie („Kohlenstoffflüsse“), Tiefseeforschung („AUV-Entwicklung und Tiefseegradienten“) und dem Einfluss von UV-Strahlung auf Organismen („Solare UV-Strahlung“) beschäftigen.

3.5.1 Kohlenstoffflüsse

Die Projektgruppe ‚Kohlenstoffflüsse‘ beschäftigt sich mit Prozessen im Meer, die für den globalen Kohlenstoffkreislauf und damit insbesondere für die atmosphärische CO_2 -Konzentration von Bedeutung sind. Zur Beantwortung aufgeworfener Fragen werden Laborexperimente, Feldstudien und Simulationen mit Hilfe mathematischer Modelle miteinander kombiniert. Die Darstellung von drei Forschungsthemen soll einen Einblick in die Arbeit der Projektgruppe vermitteln.

Angesichts steigender Konzentrationen von Kohlendioxid (CO_2) in der Atmosphäre, hat die Frage, welche natürliche Mechanismen diesem Trend entgegenwirken, aktuelle Bedeutung. Mikroalgen (Phytoplankton) sind weltweit die bedeutendsten Fixierer von Kohlendioxid. Beim Abbau der Organismen wird jedoch der organisch gebundene Kohlenstoff als CO_2 wieder freigesetzt und der Atmosphäre zugeführt. Die Projektgruppe erforscht Mechanismen, die mittelfristig (10 bis 1000 Jahre) der Atmosphäre Kohlenstoff entziehen können.

3.5 Project groups

In 1999 the AWI initiated the formation of temporary project groups to work together on interdisciplinary research topics, comprising scientists from various departments. This enables the institute to respond rapidly and efficiently to new scientific challenges. Currently, three project groups exist dealing with marine biogeochemistry (‘Carbon Fluxes’), deep-sea research (‘AUV-Development and Deep-Sea Gradients’) and the impact of UV radiation on organisms (‘Solar UV Radiation’).

3.5.1 Carbon fluxes

The ‘Carbon Group’ addresses processes in the sea that are of relevance to the global marine carbon cycle and therefore also to the concentration of atmospheric carbon dioxide (CO_2). Scientific questions are answered by combining laboratory experiments, field studies and simulations using mathematical models. The following brief discussion of three topics provides an idea of our research.

Given the steady rise in atmospheric CO_2 concentration since the beginning of the industrial revolution, it is of pertinent importance to find natural mechanisms that may counteract this trend. Phytoplankton (microalgae) are the most important fixers of carbon dioxide worldwide. When the organisms degrade, the carbon contained in the organic compounds is remineralised and released in form of CO_2 which again comes into contact with the atmosphere. The project group ‘Carbon Fluxes’ investigates processes which may prevent this release and lead to reduced atmospheric CO_2 concentrations on the time scales of 10 to 1000 years.

Ein Schwerpunkt der Untersuchungen liegt auf dem Schicksal der organischen Ausscheidungsprodukte von Phytoplankton. Mikroalgen scheiden organische Substanzen aus, die besonders reich an Zuckern (Polysacchariden) sind. Einige dieser gelösten Zucker bilden abiotisch gel-ähnliche Partikel, welche erst vor wenigen Jahren entdeckt wurden. Diese Partikel werden TEP (Transparente Exopolymere Partikel) genannt, weil es sich um durchsichtige, partikuläre Polymere handelt, die aus Ausscheidungsprodukten entstehen. Partikuläre Substanzen haben im Meer ein anderes Schicksal als gleichartige gelöste, da letztere nur durch die Wasserbewegung transportiert werden, während Partikel, und besonders TEP, Aggregate bilden, die absinken können.

Werden Zuckerverbindungen im oberen Ozean abgebaut, wird der darin gebundene Kohlenstoff in Form von CO_2 wieder dem Wasser und der Atmosphäre zugeführt. Als Aggregate sinken diese Partikel jedoch in den tiefen Ozean. Kohlendioxid, welches in der Tiefe entsteht, wenn abgesunkene TEP dort abgebaut werden, braucht bis zu 1000 Jahre, bevor es wieder in die Atmosphäre gelangt. Erste Versuche deuten an, dass die TEP-Produktion abhängig von der Kohlendioxidkonzentration ist. Dadurch wird möglicherweise der Transport von organisch gebundenem Kohlenstoff in die Tiefe entsprechend erhöht. Dies ist ein Beispiel für eine Rückkopplung (Feed-back), bei dem das Phytoplankton auf erhöhte Kohlendioxidkonzentrationen in der Atmosphäre mit einer Steigerung des Transportes von Kohlenstoff in die Tiefe reagiert. Die Bedeutung dieses Prozesses für den globalen Kohlenstoffkreislauf ist noch unbekannt.

Einen weiteren Schwerpunkt der Projektgruppe ‚Kohlenstoffflüsse‘ bilden Untersuchungen zu Anpas-

One focus of the investigations is the fate of organic phytoplankton exudates. Microalgae release organic compounds which are especially rich in sugars (polysaccharides). Some of these dissolved sugars form gel-like particles that were discovered only a few years ago. These so-called transparent exopolymer particles (TEP) originate from exudates. Particulate substances in the ocean face a fate different from dissolved substances which go with the flow. Particles and especially TEP form larger aggregates which sink into deeper waters before they are remineralised. The CO_2 released in the deep ocean will be stored for up to 1000 years before the waters (by mixing and transport) will again come into contact with the atmosphere. Recent experiments show that the production of TEP varies with CO_2 concentration. Transport of organic carbon to depth will probably increase with increasing CO_2 concentrations. This is an example of a feed-back where phytoplankton leads to higher export of organic carbon out of the euphotic zone as a response to increasing CO_2 concentrations. The significance of this feed-back for the global carbon cycle is still under discussion.

Investigations on the adaptation of microalgae to changing environmental conditions are another focus of the ‘Carbon Group’. The behaviour of microalgae under different environmental conditions is ruled by a number of coupled chemical transformations inside the algal cell as well as by fluxes of compounds into and out of the cell. The role of certain cell compartments (for example, pyrenoid and girdle lamella) in carbon acquisition is elucidated by numerical simulations using mathematical models which take into account fine structure and physiology of chloroplasts. It was shown that next to the CO_2 fixing

sungen von Mikroalgen an veränderte Umgebungsbedingungen. Das Verhalten von Mikroalgen unter verschiedenen Umgebungsbedingungen wird durch eine Vielzahl miteinander gekoppelter chemischer Stoffumwandlungen innerhalb der Algenzelle sowie durch zahlreiche Stoffflüsse in die Zelle hinein und aus der Zelle heraus bestimmt. Anhand eines mathematischen Modells, das auf der Feinstruktur und der Physiologie von Chloroplasten beruht, konnte die Rolle der einzelnen Kompartimente (z. B. Pyrenoid, Gürtellamelle) des Chloroplasten im Kohlenstoffkreislauf der Algenzelle simuliert werden. Als eine wesentliche Komponente des Kohlenstoffkreislaufs der Algenzelle konnte, neben dem CO_2 fixierenden Enzym Rubisco, die Aktivität des Enzyms Karboanhydrase im Chloroplasten und die Permeabilität des Pyrenoids für CO_2 identifiziert werden. Die Modellergebnisse zeigen auch, dass eine CO_2 -Konzentrierung an Rubisco nicht notwendig mit einer Akkumulation von gelöstem anorganischen Kohlenstoff (DIC) im Chloroplasten verbunden ist. Insgesamt konnten vier Typen von Modell-Chloroplasten gefunden werden, die eine effiziente CO_2 -Fixierung ermöglichen. Alle wichtigen Algenklassen konnten diesen Typen hinsichtlich des Auftretens einer Gürtellamelle, eines Pyrenoids und der Verteilung von Karboanhydrase zugeordnet werden.

Der Zustand des globalen Kohlenstoffkreislaufs in der geologischen Vergangenheit kann mit Hilfe von Proxies (Stellvertreterdaten) aus marinen Sedimenten rekonstruiert werden. So können z. B. Sauerstoffisotope in Kalkschalen von Foraminiferen dazu benutzt werden, die Temperaturen im Paläo-Ozean zu erschließen. In einer theoretischen Arbeit zum Einfluss des Meerwasser-pHs auf Sauerstoffisotope in

enzyme Rubisco, the activity of the enzyme carbonic anhydrase in the chloroplast and the CO_2 permeability of the pyrenoid play an essential role in the carbon acquisition of algae. Model results also demonstrate that a high concentration of CO_2 at the site of Rubisco is not necessarily associated with an accumulation of dissolved inorganic carbon in the chloroplast. Four different types of chloroplasts that allow an efficient CO_2 fixation could be identified. All important algal phyla could be classified according to these four chloroplast types which are characterised by the occurrence of girdle lamella and pyrenoid as well as the distribution of carbonic anhydrase.

The state of the global carbon cycle in the geological past can be reconstructed with the help of proxies archived in marine sediments. Oxygen isotopes in the calcite shells of foraminifera, for example, can be used to infer past temperatures. Theoretical investigations concerning the influence of seawater pH on oxygen isotopes have shown that the commonly derived temperature estimates are too low by 2 - 3.5 °C during times of high atmospheric CO_2 concentrations which in general are connected with low oceanic pH values. Thus, temperature estimates for the geological past could be corrected upward and are now consistent with independent estimates from simulations with climate models. Isotopes are also the focus of a book on 'CO₂ in seawater' written by two members of the 'Carbon Group' and recently published by Elsevier.

Foraminiferen konnte gezeigt werden, dass zu Zeiten hoher Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre, welche im Allgemeinen mit einem geringen pH-Wert im Ozean verbunden sind (saure Lösung), die Temperaturabschätzungen um ca. 2 - 3,5 °C zu gering ausfallen. Frühere Temperaturabschätzungen für den kreidezeitlichen Ozean konnten somit nach oben korrigiert werden und decken sich nun mit Ergebnissen aus Klimamodellen. Das Thema „Isotopenfraktionierung“ bildet einen Schwerpunkt in dem Buch über Kohlendioxid im Meerwasser, das von zwei Mitgliedern der Projektgruppe fertiggestellt und im Elsevier Verlag veröffentlicht wurde.

3.5.2 Tiefseegradienten

Lange Zeit galt die Tiefsee als monotoner, wüstenähnlicher Lebensraum, in dem aufgrund des hohen hydrostatischen Drucks und des geringen Nahrungseintrags nur wenige Organismen überleben können. Forschungsergebnisse der letzten Jahrzehnte haben jedoch gezeigt, dass in der Tiefsee eine größere Artenvielfalt existiert, als bislang angenommen wurde. Meist handelt es sich dabei um sehr kleine Organismen, die jedoch in relativ hoher Anzahl im Sediment des Meeresbodens leben und maßgeblich am Stoffaustausch und -umsatz beteiligt sind. Bislang fehlen jedoch schlüssige Erklärungen, welche Faktoren für hohe Biodiversität in Tiefseeökosystemen verantwortlich sind. Gelingt es, in einem der ältesten, größten und vom Menschen noch weitgehend unbeeinflussten Ökosystem der Erde Gesetzmäßigkeiten im Zusammenhang von Diversität und der sie bestimmenden Faktoren zu entschlüsseln, können diese Ergebnisse auch auf andere Ökosysteme übertragen werden.

3.5.2 Gradients in the deep-sea

For a long time, the seafloor of the deep sea was considered as a monotonous, desert like environment colonised by only few organisms because of the high hydrostatic pressure and a limited food supply. Recent scientific results led to a shift in the understanding of the deep-sea ecosystem. Especially the sediment-inhabiting fauna was found to be highly diverse, e. g. many more individuals and species were found in quantitative sediment samples, than formerly assumed. The activity of infaunal organisms like bacteria, nematodes, polychaetes and crustaceans is relevant for transformation and exchange processes of organic and other matter. However, there are still gaps in our understanding of factors promoting high biodiversity in the deep sea. Knowledge about the driving forces and basic principles maintaining high biodiversity in one of the oldest and most pristine ecosystems on earth would help to apply these findings to other ecosystems on our planet.

Recent results of the project group from a long-term deep-sea station in the Arctic Ocean indicate that biogenic structures have a significant impact on species composition, activity and biomass of sediment-inhabiting bacteria and nematodes, on small spatial scales. Sessile or motile macrofauna modify and alter the apparently homogeneous sediment surface either by their presence or, in the latter case, by crawling and burrowing through the sediments. This activity does not only create additional spatial heterogeneity in the upper sediment layer but also generates gradients in physical, geochemical and biological parameters. Elucidating the effects of biogenic structures on biodiversity thus means that we have to take samples at small spatial scales. However, in

Aktuelle Ergebnisse der Projektgruppe ‚Tiefseegradienten‘ zeigen für die Tiefsee der Arktis, dass beispielsweise Strukturen, die von größeren Organismen geschaffen werden, einen messbaren Effekt auf die Artenzusammensetzung, Aktivität und Biomasse der im Sediment lebenden Organismen haben. Bislang liegen uns entsprechende Daten zur Aktivität, Abundanz, Biomasse und Diversität für Bakterien und Nematoden vor. Die genannten Strukturen können einerseits festsitzende Organismen selbst sein, andererseits von ihnen am Meeresboden hinterlassene biogene Strukturen, z. B. Kriechspuren, Wohnröhren und Kotschnüre. Das oben angesprochene monotone Erscheinungsbild von Tiefseeböden wird durch diese Art von Strukturbildung relativiert. Eine wichtige Erkenntnis daraus ist, dass bei Untersuchungen zur Biodiversität in der Tiefsee an Probennahmestandorten auf vergleichsweise kleinen räumlichen Skalen gearbeitet werden muss. Zur Beschreibung des Strukturierungsgrades wurden in den letzten Jahren umfangreiche Videoaufzeichnungen erhoben, die mit einem geschleppten Kamerasystem und einem ferngelenkten Unterwasserfahrzeug gewonnen wurden.

Strukturen am Meeresboden führen unweigerlich zu Veränderungen der bodennahen Strömung und beeinflussen so indirekt das Ablagerungsschicksal von partikulärer organischer Substanz. Graduelle Unterschiede in der Nahrungsverfügbarkeit ihrerseits bedingen verschiedenartige Besiedlungsmuster. Zudem ist das Strömungsmilieu dicht über dem Meeresboden entscheidend für den Austausch gelöster Stoffe durch die Sediment-Wasser-Grenzschicht. Im Jahr 2001 wurden daher mit neuentwickelten Messsystemen sowohl die Bodenströmung in Dezimeter-schritten bis einen Meter über dem Boden gemessen

order to transfer the results to larger scales, optical data are analysed to determine how the sediment surface is structured along transects or in larger geographical areas.

Laboratory measurements and field data show that biogenic structures ultimately change the near-bottom current regime which has a direct influence on the amount and quality of settling particles. Gradual differences in organic carbon supply consequently govern differences in the structure and activity of the sediment community. Moreover, the near-bottom current regime is important for the exchange of dissolved material across the sediment-water interface. In 2001, we started to measure both currents close to the seafloor at high resolution (intervals of 10 centimetres) up to one metre above the seafloor as well as the benthic boundary layer at heights up to 2.4 metres above the seafloor. Unexpected steep gradients in oxygen, nitrate and particulate matter were detected. The results are in close agreement with bacterial abundances also determined at the same distances above the seafloor.

Patches of organic carbon deposited at the seafloor have a direct influence on activity, biomass and species composition of the sediment fauna. Reasons for this kind of patchiness in carbon deposition are manifold. One peculiarity of polar regions is the seasonal ice-cover. Marginal ice zones are known to be highly productive areas where intense phytoplankton production takes place. Dead algae sinking out of these blooms may aggregate on their way to the benthos, building up mats of organic material at the seafloor at distinct places. In this context, our observations on benthic foraminifers support the hypothesis that patchy food supply enhances their diversity.

als auch Wasserproben in unterschiedlicher Höhe bis etwa zweieinhalb Meter über Grund gewonnen. Dabei wurden unerwartet steile Gradienten im Sauerstoff-, Nitrat- und Schwefelstoffgehalt gemessen. Diese Ergebnisse korrelieren nach erster Sichtung der Daten ausgezeichnet mit der Anzahl von Bakterien in unterschiedlicher Höhe über dem Meeresboden, die mit dem Bodenwasserschöpfer gewonnen wurden.

Fleckenhaft abgelagertes organisches Material nimmt auch in der Tiefsee unmittelbaren Einfluss auf Aktivität, Biomasse und Artenzusammensetzung betroffener Areale. Die Ursachen für solch unregelmäßige Nahrungszufuhr in die Tiefsee können sehr unterschiedlich sein. In polaren Regionen gelten die Packeisgrenzen als äußerst produktive Regionen. Hier werden kleinste einzellige Algen in riesigen Mengen gebildet, die, nachdem sie abgestorben sind, zum Teil als Matten zum Meeresboden absinken können und dort sehr fleckenhaft als ungewöhnlich große Nahrungsquelle für die dort lebenden Organismen zur Verfügung stehen. Neueste Untersuchung an bodenlebenden Foraminiferen (Kammerlingen) konnten in diesem Zusammenhang die Vermutung untermauern, dass sich durch diesen fleckenhaften Nahrungseintrag die Diversität von sedimentbewohnenden Organismen erhöhen kann.

In seiner stärksten Ausprägung stellt sich ein fleckenhafter Nahrungseintrag in Form verendeter Tiere am Meeresboden dar. Wie oft und in welchem Umfang verwertbares organisches Material in dieser Form in das Tiefseeökosystem transportiert wird, ist bislang unbekannt. Grobe Schätzungen gehen davon aus, dass rund 30 % des Kohlenstoffeintrags in die Tiefsee über verendete Warmblüter, Fische und Wirbellose eingetragen wird. Ein von uns beobachteter

Perished marine organisms entering the benthos are another extreme in terms of patchy food supply. Only rough estimates about the frequency of occurrence and quantity of such food falls exist, indicating that perhaps 30 % of the global carbon transfer into the deep sea constitutes mammalian, fish and invertebrate carcasses. We sampled such a natural food fall in the Molloy Deep, a 5600 metres deep depression in the Fram Strait. There, scavenging lysianassoid amphipod crustaceans were feeding on the carcass of a meso-pelagic deep water shrimp, indicating that this kind of benthic-pelagic coupling is relevant even at great depths.

The effect of food falls are best studied by deploying bait in the deep sea. In our experiments over the past two years, we used free falling lander instruments equipped with baited time-lapse camera, acoustic doppler current profiler and a scanning sonar system. The analysis of photographs and sonar data supported earlier findings that only a few kilograms of dead fish attract several hundreds up to thousands of scavengers within a few hours. A remarkable new result is that large amphipod individuals with total length of 10 centimetres not only appear first but already leave the food fall four hours later, leaving the remains for few and smaller relatives to feed on for another 20 hours. These results serve as another good example for the high dynamics of important processes in the deep sea.

und beprobter Fund einer verendeten und von aasfressenden Krebsen aufgezehrten Tiefseegarnele im Molloy Deep, einer tiefen Senke in der Framstraße zwischen Grönland und Spitzbergen, zeigt, dass derartige Prozesse selbst in über 5500 Meter Tiefe von Bedeutung sind.

Die Auswirkungen dieser so genannten „food falls“ lassen sich besonders gut studieren, da sie durch das Ausbringen von Ködern simuliert und beprobt werden können. Bei solchen Experimenten haben wir in den letzten Jahren frei zum Meeresboden fallende Geräte eingesetzt, die sowohl Köderorganismen als auch Zeitrafferkamera, Strömungsmesser, akustische Messgeräte und Reusen zum Fang der durch den Ködergeruch angelockten Tiere aufnehmen. Die Auswertung der Zeitrafferfotos und der Daten eines Sonarsystems ergab, dass bereits wenige Kilogramm von Köderfischen mehrere hundert bis über tausend Krebse anlockt, die von dieser Form des Nahrungseintrags abhängen. Besonders interessant ist, dass erste Auswertungen ergeben haben, dass bereits nach rund vier Stunden die meisten Krebse die Nahrungsquelle wieder verlassen. Dies zeigt, von welcher Dynamik bestimmte Prozesse in der Tiefsee sein können.

3.5.3 Solare UV-Strahlung

Die wesentlichen Ziele der Arbeiten der Projektgruppe ‚Solare UV-Strahlung‘ sind die Erforschung des stratosphärischen Ozonabbaus, die Bestimmung der daraus resultierenden Zunahme der solaren UV-B-Strahlung, die Berechnung des Strahlungstransfers in der Atmosphäre und die Untersuchung der Wirkung der UV-Strahlung auf die marine Biosphäre, beginnend von der Ebene der Zelle über die Ebenen des Orga-

3.5.3 Solar UV radiation

The ‘Solar radiation’ project group does research on the destruction of the stratospheric ozone layer, the increase in solar UV-B radiation and its penetration through the atmosphere as well as on the effects of UV radiation in the marine biosphere. Studies range from the cellular level to those on entire organisms, the community and eventually the ecosystem (fig. 7). They also comprise the effects on humans.

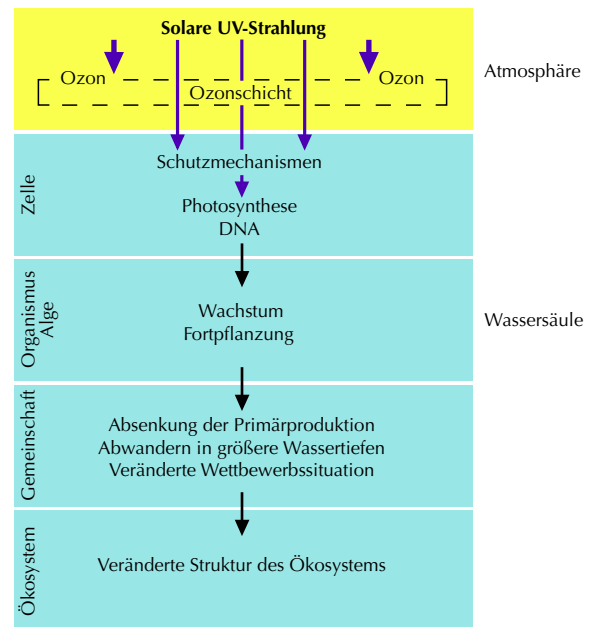


Abb. 7: Untersuchungsgebiete der Projektgruppe ‚Solare UV-Strahlung‘.

Fig. 7: Study sites of the Solar UV project group.

nismus und der Gemeinschaft bis auf Teilökosysteme (Abb. 7), sowie die Wirkung auf den Menschen.

Zunächst wurden die am AWI entwickelten UV-B-Messgeräte für das UV-A erweitert, so dass mit den modifizierten Spektralradiometern der gesamte UV-Spektralbereich (280 – 400 Nanometer) erfasst werden kann. In grundlegenden Untersuchungen wurde dann die UV-Strahlung an der Koldewey-Station auf Spitzbergen an der Erdoberfläche und in der Wassersäule des Königsfjords gemessen und mit stratosphärischen Ozonsäulen korreliert, die mit Hilfe von Ozonsonden und Satellitenmessungen ermittelt wurden. Der aus diesen Ozondaten berechnete Ozonindex zeigt deutlich die Abhängigkeit der UV-B-Strahlung von der stratosphärischen Ozonkonzentration. Das Unterwasserstrahlungsregime hängt darüber hinaus, abgesehen von den allgemeinen Wetterbedingungen, von der Durchlässigkeit des Wassers für UV-Strahlung ab. Im Frühjahr, wenn das Wasser besonders klar ist, kann die schädliche UV-Strahlung bis in 6 Meter Wassertiefe eindringen. Im Sommer hingegen, wenn Schmelzwässer und Planktonblüten das Wasser trüben, wird die UV-B-Strahlung schon in den oberen Metern so stark abgeschwächt, dass Organismen in tieferen Wasserschichten vor ihren schädlichen Wirkungen geschützt sind. Gefährdet sind also besonders die Organismen, die sich gerade im Frühjahr fortpflanzen oder ihre Hauptwachstumsperiode haben, sowie Flachwasserarten und Arten der Gezeitenzone, die den ganzen Sommer, d. h. den ganzen Polartag, der UV-Strahlung ausgesetzt sind.

Welche Schäden ruft die UV-Strahlung in Küstengroßalgen hervor? Einmal sind die an der Photosynthese beteiligten Proteine, wie zum Beispiel ein Protein im Reaktionszentrum des Photosystems II,

Instruments developed at the AWI to measure UV-A, were modified to measure the entire UV spectral range (from 280 – 400 nanometres). Basic experiments on UV radiation were performed in Kingsfjord near Koldewey Station (Spitsbergen). Measurements were taken both on land and in the water column. These results were then correlated with levels of stratospheric ozone that were measured using stratospheric ozone probes and satellites. The ozone index was calculated from this data and clearly shows the dependency of UV-B radiation on stratospheric ozone concentration. In the underwater realm, radiation conditions are also dependant on general weather conditions, and the permeability of the water to UV radiation. In spring, when the water is particularly clear, damaging UV radiation penetrates down to 6 metres depth. In summer, however, when meltwater and plankton blooms are present in the surface waters, the water turbidity increases and UV radiation is attenuated in these upper layers. Thus, organisms found deeper in the water column are protected from potentially harmful effects of UVR. Reproducing organisms or those that have their main growth phase during spring, when the water is at its clearest, are particularly susceptible to damage. Intertidal species are also in danger, as they are either fully exposed, or occur in shallow water during the entire summer (i. e. the whole polar day).

How does UV radiation damage macroalgae? Proteins involved in photosynthesis, such as those found in the reaction centre of photo system II, are primarily targeted. It was shown for the first time that the carbon dioxide fixing enzyme (Rubisco) is also heavily damaged by UV radiation. In general, UV sensitivity of photosynthesis is reflected in the depth distri-

besonders betroffen. Erstmals konnte nachgewiesen werden, dass auch das Kohlendioxid fixierende Enzym (Rubisco) durch UV-Strahlung stark geschädigt wird. Die UV-Empfindlichkeit der Photosynthese spiegelt das Tiefenvorkommen an der Küste wider. Tiefenalgen sind besonders empfindlich, während Gezeitenalgen deutlich robuster sind. Eine Ursache für die unterschiedliche Empfindlichkeit der einzelnen Arten liegt wohl in der unterschiedlichen Fähigkeit zur Ausbildung von UV-Schutzpigmenten. Rotalgen können UV-absorbierende Substanzen ausbilden, deren Bildung durch UV-A- und UV-B-Strahlung, aber auch durch sichtbares Licht induziert wird. Dies konnte nun auch für antarktische Arten nachgewiesen werden. Die Balance zwischen schädigenden Effekten und den UV-Schutzmechanismen zeigt sich auf der Ebene des Organismus. Während das Wachstum und die Fortpflanzungsfähigkeit von bestimmten Gezeitenalgen nur wenig beeinträchtigt sind, reagieren Arten aus den oberen Wasserschichten bereits deutlich mit niedrigeren Wachstumsraten und einer verminderten Fortpflanzungsfähigkeit auf erhöhte UV-Strahlung. In Zukunft sollen auch Untersuchungen an mit Algen assoziierten Tieren durchgeführt werden, um damit Basisdaten für die Vorhersage der zukünftigen Entwicklung von Gemeinschaften und Teilökosystemen zu liefern.

An der Koldewey-Station auf Spitzbergen und an der Neumayer-Station in der Antarktis wurde mit Personendosimetern die UV-B-Strahlungsbelastung, denen Wissenschaftler bei den Arbeiten an diesen Stationen ausgesetzt sind, erfasst. Dabei ergab sich im Durchschnitt eine personenbezogene Dosis in Höhe von 10 bis 25 % der vor Ort gemessenen globalen UV-B-Belastung.

bution of algal species on the shore. Subtidal algae are particularly sensitive to UVR, whilst many intertidal species are clearly more resistant. A reason for the differences in sensitivity between species is probably related to the ability of algae to produce UV protective substances. Red algae have the ability to produce UV absorbing compounds. Their production is induced both by UV-A and UV-B radiation as well as visible light. This has also been demonstrated for Antarctic species. The balance between damaging effects and UV protective mechanisms is seen at the level of the organism. Growth and reproductive capability of intertidal algae found higher on the shore are less impaired than in those found lower on the shore. When exposed to increased levels of UV radiation, species growing lower in the intertidal have a decreased growth rate and reduced reproductive capability. Studies are planned to investigate the animals associated with the algae, in order to predict the overall health of communities and ecosystems in the future.

Scientists working at both the Koldewey Station on Spitsbergen and Neumayer Station in Antarctica wore personal UV dose-meters in order to measure exposure to UV-B radiation at these sites. Results showed that the average personal dose received was 10 – 25 % of the radiation measured at each site.



4. Logistik und Expeditionen | *Logistics and operational activities*



Das Forschungsschiff ‚Polarstern‘ vom Hubschrauber
aus gesehen

*View of the RV ‚Polarstern‘ from the
helicopter*

4. Logistik und Expeditionen

Das Forschungs- und Versorgungsschiff FS ‚Polarstern‘ und die beiden Dornier-228-Flugzeuge ‚Polar 2‘ und ‚Polar 4‘ waren in Arktis und Antarktis im Einsatz. Wichtigster Teil der Landaktivitäten war der Bau der ersten deutschen Sommerstation auf dem Inlandeisplateau des Dronning Maud Landes. FS ‚Heincke‘ führte 34 kleinere Forschungsreisen in Ostsee, Nordsee und Nordatlantik durch. Die Expeditionen der Schiffe, Flugzeuge sowie die Landeinsätze sind in den Tabellen 1 bis 4 zusammengefasst (vgl. Karten der Arktis und Antarktis, Abb. 1 und 2).

FS ‚Polarstern‘ legte insgesamt etwa 47 500 Seemeilen in polaren Gewässern zurück und führte dort größere wissenschaftliche Projekte durch. Ein logistischer Höhepunkt war der marin-geologische Fahrtabschnitt in die hohe Arktis, wo ‚Polarstern‘ gemeinsam mit dem Eisbrecher USCGC ‚Healy‘ im Bereich des Gakkel Ridge operierte und am 23. August 2001 zum zweiten Mal den Nordpol erreichte. In der Antarktis führten die Polarflugzeuge geophysikalische Flugmissionen von den Stationen Neumayer, Halley und E-Base aus durch. In der Arktis wurde ‚Polar 2‘ für atmosphärische und geophysikalische Programme von Longyearbyen (Spitzbergen) und Station North (Grönland) aus eingesetzt.

Der Bereich ‚Logistik‘ der Stiftung Alfred-Wegener-Institut war aktiv in die Arbeit internationaler Organisationen wie ATCM, COMNAP/SCALOP, IASC/FARO, EPB und NySMAC zur weiteren Entwicklung der wissenschaftlichen und logistischen Kooperation eingebunden. Dazu gehörte auch die Teilnahme an einer groß angelegten Flugmission von Kapstadt in das Dronning Maud Land vom 6. bis 9. Januar 2001.

4. Logistics and operational activities

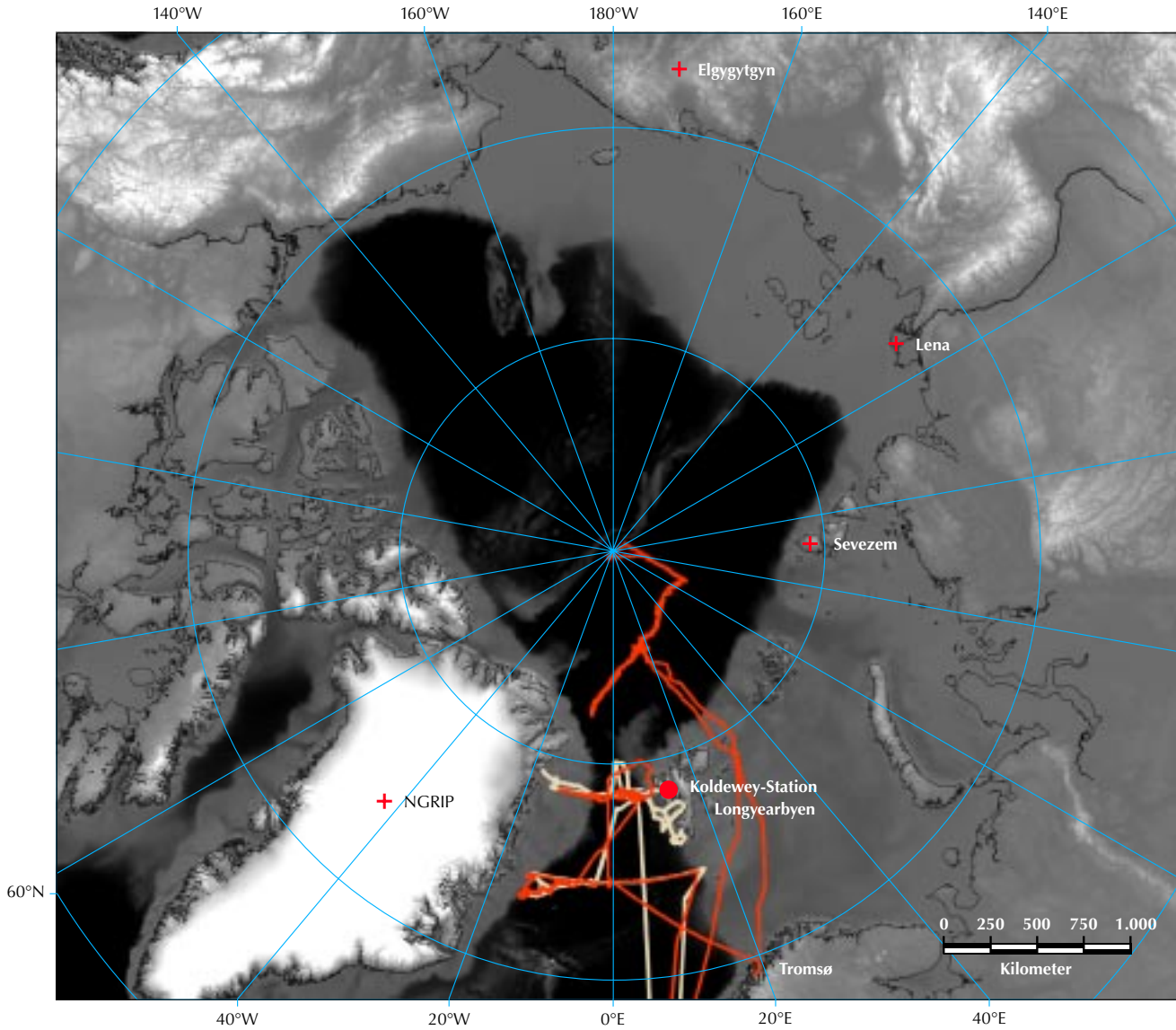
The research and supply vessel RV ‚Polarstern‘, as well as both Dornier 228 aircraft ‚Polar 2‘ and ‚Polar 4‘ have been on missions in the Arctic and Antarctic. The main component of Antarctic onshore operations was the construction of the first German summer station on the inland ice plateau of Dronning Maud Land. RV ‚Heincke‘ performed 34 smaller research cruises in the Baltic Sea, North Sea and North Atlantic. Expeditions of vessels, aircraft as well as various on shore operations are compiled in tables 1 to 4 (see also maps of the Arctic and Antarctic, figs 1 and 2).

RV ‚Polarstern‘ sailed about 47 500 nautical miles in Arctic and Antarctic waters carrying out major scientific projects. A logistic highlight was the marine geological cruise into the high Arctic ocean where ‚Polarstern‘ operated together with the icebreaker USCGC ‚Healy‘ in the Gakkel Ridge area and completed her second visit to the North Pole on 23 August 2001. In the Antarctic, both aircraft performed geophysical survey missions from Neumayer, Halley and E-Base. In the Arctic, ‚Polar 2‘ operated from Longyearbyen (Spitsbergen) and Station North (Greenland) for atmospheric and geophysical research.

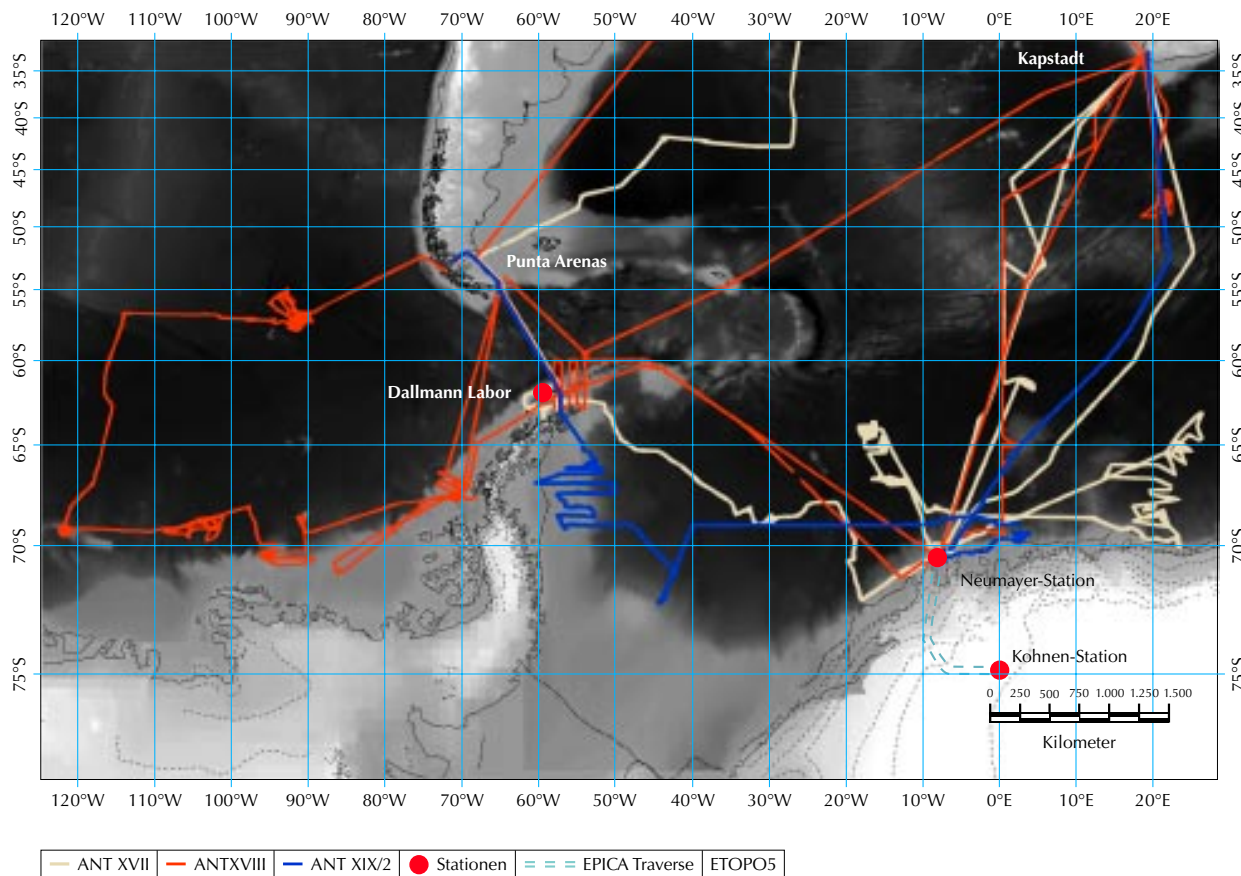
The department of logistics of the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research was involved

Abb. 1: Arktis. ‚Polarstern‘-Expeditionen, Stationen (Spitzbergen, Grönland), Expeditionen Sibirien. IBCAO: International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean.

Fig. 1: Arctic. ‚Polarstern‘ expeditions, stations (Spitsbergen, Greenland), field operations in Siberia. IBCAO: International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean.



— ARK XVI	— ARK XVII	+ Feldstationen	● Stationen	IBCAO
-----------	------------	-----------------	-------------	-------



Ziel der von Norwegen koordinierten Mission war, den Zugang auf dem Luftwege für die in der Region aktiven Arbeitsgruppen der nationalen Programme zu erproben. Zwei medizinische Notfälle erforderten international koordinierte Transporte von der Neumayer-Station im November 2000 und einen Transport mit ‚Polar 4‘ von der Station SANAE IV zur Südpolstation. Diese Missionen waren exzellente Bei-

Abb. 2: Antarktis. ‚Polarstern‘-Expeditionen, Stationen (Neumayer, Kohnen), Dallmann-Labor. Antarktischer Kontinent mit Höhenlinien.

ETOPO5: Digital Relief of the Surface of the Earth.

Fig. 2: Antarctic. ‚Polarstern‘ expeditions, stations (Neumayer, Kohnen), Dallmann Laboratory. Antarctica with contour lines.

ETOPO5: Digital Relief of the Surface of the Earth.



Abb. 3: Kohnen-Station im Dronning Maud Land.

Fig. 3: Kohnen Station in Dronning Maud Land.

Abb. 4: Montage der Stahlplattform.

Fig. 4: Construction of the platform.



spiele für die ständige Bereitschaft der antarktischen Gemeinschaft, die Sicherheit der unter schwierigen Bedingungen arbeitenden Wissenschaftler und Techniker durch Koordination logistischer Infrastrukturen zu gewährleisten.

Wie in den vergangenen Jahren konnte die enge logistische Zusammenarbeit mit Großbritannien, der Republik Südafrika, Norwegen und Argentinien fortgesetzt werden. Neue Vereinbarungen über die Zusam-

in activities of international bodies such as ATCM, COMNAP/SCALOP, IASC/FARO, EPB and NySMAC to further scientific and logistic co-operation. In this context AWI participated in a major flight mission from Cape Town into Dronning Maud Land from January 6 to 9, 2001, co-ordinated by Norway. This mission evaluated the feasibility of regular air connections for national operators working in the region. Two cases of emergency resulted in medical evacuations from Neumayer in November 2000 and an evacuation flight with 'Polar 4' from SANAE IV to South Pole Station in January 2001. Both missions were excellent examples for the readiness and immediate response of the Antarctic community in combining logistic infrastructures for the safety of scientists and technicians working in the harsh Antarctic environment.

As in previous years, close logistic collaboration was continued with the United Kingdom, the Republic of South Africa, Norway and Argentina. New agreements have been signed with Japan, The Netherlands and France to further develop co-operation in polar operations and polar technology. Apart from the Russian-German expeditions to Siberia, collaboration with Russia also covered joint logistic operations in Antarctica.

Polar stations

The construction of the first German summer station on the inland ice plateau of Dronning Maud Land was a highlight. As part of AWI's commitment to the 'European Programme for Ice Coring in Antarctica' (EPICA) the AWI department of logistics designed and constructed the station. On January 11,

menarbeit bei Polartechnologie und Expeditionen wurden mit Japan, den Niederlanden und Frankreich getroffen. Neben den russisch-deutschen Expeditionen in Sibirien hat sich die Zusammenarbeit mit Russland um Programme in der Antarktis erweitert.

Polarstationen

Höhepunkt im Berichtszeitraum war der Bau der ersten deutschen Sommerstation auf dem Inlandeisplateau des Dronning Maud Landes. Als Teil der Verpflichtungen der Stiftung Alfred-Wegener-Institut im Rahmen von EPICA („European Project for Ice Coring in Antarctica“) wurde in Verantwortung der AWI-Logistik die Station geplant und gebaut. Am 11. Januar 2001 war der Aufbau abgeschlossen. Die Station wurde nach Heinz Kohnen (5.2.1938 - 25.7.1997), Leiter des Bereichs ‚Logistik‘ und Chairman des OC2 für EPICA, benannt.

Die Kohnen-Station (75° S; 00° E; 2892 m über NN) ist auf einer 32 Meter langen und 8 Meter breiten Stahlplattform aus 11 vorgefertigten Containermodulen aufgebaut (Abb. 3 und 4). Sie verfügt über einen Funkraum, Messe, Küche, Sanitärraum, zwei Schlafräume, Schneeschmelze, Lager, Werkstatt und Kraftstation. Lebensmittelcontainer und zusätzliche Schlafmodule befinden sich auf Schlitten, die neben der Plattform geparkt werden können. Die Kraftstation liefert 100 Kilowatt bei einem Verbrauch von 250 Liter Diesel pro Tag. Das Treibstofflager besteht aus speziell zertifizierten Tankcontainern, die auf Schlitten montiert sind. Weiterhin wurde ein 66 Meter langer, 6 Meter tiefer und 4,8 Meter breiter Graben für die Eisbohrung und die wissenschaftlichen Untersuchungen ausgebagert und mit einem Holzdach abgedeckt (Abb. 5).

2001 the new facility was in full operation. It was named 'Kohnen Station' to commemorate the late Heinz Kohnen (05.02.1938 – 25.07.1997), who was head of AWI logistics and chairman of OC2 of EPICA.

Kohnen Station (75° S, 00° E, 2892 metres above sea level) is a 32 metres long and 8 metres wide platform on steel pillars on which 11 prefabricated container modules are mounted (figs 3 and 4). The functions of these modules are: radio room, mess room, kitchen, sanitary facilities, two sleeping rooms, snow melter, store, workshop and power plant. Food store containers on sledges and additional sleeping modules can be parked beside the platform. Up to 20 persons can be accommodated. Communication facilities are Inmarsat B for data transmission, phone and fax. The power plant provides 100 kilowatts with an average fuel consumption of 250 liters per day. The fuel depot consists of specially certified tank containers mounted on sledges. Furthermore, a trench (66m L x 6m D x 4.8m W) was excavated and covered with a wooden roof for ice core drilling and scientific work (fig. 5).



Abb. 5: Graben für Eiskernbohrungen.

Fig. 5: Drill trench for ice coring.

Die Versorgung der Kohnen-Station erfolgt hauptsächlich über das Inlandeis von der Neumayer-Station aus. Die Entfernung zwischen Neumayer und Kohnen beträgt 757 Kilometer. Die Fahrzeugflotte besteht aus 6 Zugmaschinen, deren Dimensionierung den dort herrschenden Bedingungen genügt, 12 Schlitten für Stückgut und Container sowie 5 Schlitten mit Tankcontainern und Modulen für die Unterkunft. Für die Navigation wird GPS genutzt. Abhängig vom Wetter dauert eine Fahrt 9 bis 14 Tage, und in jeder Saison wurden zwei Transportfahrten mit bis zu 6 Zuginheiten durchgeführt (Abb. 6). Insgesamt mussten etwa 600 Tonnen Bau- und Verbrauchsmaterial, Treibstoff und wissenschaftliche Ausrüstungen transportiert werden. Eine Schneepiste, auf der kleinere Flugzeuge wie die Dornier 228 oder Twin Otter landen können, vervollständigt die logistischen Einrichtungen der Kohnen-Station.



The distance between Neumayer and Kohnen stations is 757 kilometres. Supply of Kohnen Station is mainly by traverses. Design and power of towing vehicles meet the conditions, required on the inland ice plateau. The vehicle fleet consists of 6 towing vehicles, 12 sledges carrying piece goods and containers, and 5 sledges with tank containers and accommodation facilities. GPS navigation is used. Depending on weather conditions, a traverse takes 9 to 14 days. Two traverses with up to 6 sledge trains were performed each field season (Fig. 6). Altogether about 600 tons of construction material, scientific equipment, consumables and fuel were carried to the site. A landing strip for small ski-equipped aircraft such as Dornier 228 or Twin Otter completes logistic facilities of Kohnen Station.

At the other AWI polar stations scientific and logistic activities were continued as in previous years. Neumayer Station (71° S; 08° W) was permanently occupied. The key wintering staff continued the

Abb. 6: Transport zur Kohnen-Station.

Fig. 6: Transport for Kohnen Station.

An den anderen Polarstationen des AWI wurden wissenschaftliche und logistische Arbeiten im bisherigen Umfang fortgesetzt. Die Neumayer-Station (71° S; 08° W) war ständig besetzt. Die Überwinterer betreuten die langfristigen Observatoriumsprogramme. In jeder Sommersaison arbeiteten bis zu 65 Wissenschaftler und Techniker an der Station, um u. a. Flugmissionen und Traversen vorzubereiten. Am Dallmann-Labor (62° S; 59° W) waren in den letzten drei Sommern insgesamt 35 Wissenschaftler und Techniker tätig. Ein neues Gebäude für die später geplante Installation der Tauchausrüstungen wurde errichtet, und größere Rekonstruktionen betrafen das Laborgebäude. Die Koldewey-Station (79° N; 12° E) ist seit ihrer Einweihung 10 Jahre in Betrieb. Als arktische Primärstation für das NDSC (Network for Detection of Stratospheric Change) und als Teil des Ny-Ålesund LSF (Large Scale Facility) wird sie für ein breites Spektrum atmosphärischer, marin-biologischer und geophysikalischer Projekte genutzt. Insgesamt arbeiteten von Oktober 1999 bis August 2001 an der Station 129 Wissenschaftler und Techniker.

Logistik-Infrastruktur und Umweltschutz

Der Bereich ‚Logistik‘ in Bremerhaven ist für die Koordination, Vorbereitung und Wartung der Polarfahrzeuge zuständig. Etwa 900 Expeditionsteilnehmer wurden ausgerüstet. Im Rahmen von Betriebsführungsverträgen werden Schiffe, Flugzeuge und Stationsbetrieb unterstützt. Nach 4 Jahren konnte die umfassende Rekonstruktion der FS ‚Polarstern‘ im Oktober 2001 abgeschlossen werden.

In Übereinstimmung mit dem Umweltschutzprotokoll erfolgte für das Projekt Kohnen-Station eine Umwelterheblichkeitsprüfung entsprechend den

regular scientific observations. Up to 65 scientists and technicians worked at the station each season supporting aircraft missions and deep field traverses. At Dallmann Laboratory (62° S; 59° W) 35 scientists and technicians worked on site during the previous three summer seasons. A new building was constructed to install diving facilities and major reconstruction works were performed. Koldewey Station (79° N, 12° E) at Ny-Ålesund (Spitsbergen) celebrated 10 years of its commissioning. As the Primary Arctic Site in the global Network for Detection of Stratospheric Change (NDSC) and part of the Ny-Ålesund Large Scale Facility (LSF), the station was used for a wide range of atmospheric, biological and geophysical projects. Altogether 129 scientists and technicians worked at the station from October 1999 to August 2001.

Logistic infrastructure and environmental management

The logistic infrastructure in Bremerhaven is responsible for co-ordination and technical preparation of expeditions as well as servicing of the Antarctic land vehicle fleet. About 900 participants scheduled for various expeditions were equipped. Support is obtained by contractual agreements with aviation and shipping companies to operate research vessels, aircraft and to technically run permanent stations. After a period of 4 years the comprehensive modernisation of RV ‚Polarstern‘ was completed in October 2001.

In accordance with the provisions of the Protocol on Environmental Protection and national legislation, the performance of Kohnen Station was fully evaluated. An international Treaty Inspection Team, chaired by Norway, inspected Kohnen Station on 7

nationalen und internationalen Regelwerken. Entsprechend Artikel 7 des Antarktisvertrages inspizierte ein internationales Team unter Vorsitz Norwegens die Station am 7. Januar 2001. Entsprechend Artikel 15 des Umweltschutzprotokolls zum Antarktisvertrag führten BAS (British Antarctic Survey) und AWI gemeinsam am 8. Februar 2001 eine größere Notfallübung durch, bei der ein Ölunfall der ‚Polarstern‘ vor der britischen Station Rothera simuliert wurde.

Bei den AWI-Expeditionen in den Jahren 2000 und 2001 gab es keine umweltrelevanten Gefährdungen, Unfälle oder Schäden.

January 2001. In accordance with Article 15 of the Protocol, the British Antarctic Survey (BAS) and AWI held a major oil spill response exercise in Antarctica on 8 February 2001. The successful exercise was carried out at the Rothera Station (Britain) and involved a simulated fuel spill from RV 'Polarstern'.

During the years from 2000 until 2001 no environmentally hazardous incidents, accidents or damages occurred during AWI's polar expeditions.

Tabelle 1: ‚Polarstern‘-Expeditionen 2000/2001
 ‚Polarstern‘ expeditions in 2000/2001

Expedition	Zeitraum	Hafen (ab – an)	Region
ANT XVII/2	08.01.00 – 13.03.00	Kapstadt – Kapstadt	Weddellmeer
ANT XVII/3	17.03.00 – 11.05.00	Kapstadt – Punta Arenas	Weddellmeer
ANT XVII/4	13.05.00 – 19.06.00	Punta Arenas – Bremerhaven	Atlantik
–	20.06.00 – 30.06.00	Bremerhaven (Werftzeit)	
ARK XVI/1 a/b	01.07.00 – 28.08.00	Bremerhaven – Longyearbyen – Bremerhaven	E-Grönland, Framstraße, Spitzbergen
–	29.08.00 – 28.09.00	Bremerhaven (Werftzeit)	
ANT XVIII/1	29.09.00 – 23.10.00	Bremerhaven – Kapstadt	Atlantik
ANT XVIII/2	25.10.00 – 03.12.00	Kapstadt – Kapstadt	Südatlantik, Polarfrontzone
ANT XVIII/3	05.12.00 – 12.01.01	Kapstadt – Kapstadt	Weddellmeer
ANT XVIII/4	14.01.01 – 22.02.01	Kapstadt – Punta Arenas	Weddellmeer
ANT XVIII/5 a/b	24.02.01 – 07.05.01	Punta Arenas – Punta Arenas	Amundsenmeer, Bellingshausensee
ANT XVIII/6	09.05.01 – 06.06.01	Punta Arenas – Bremerhaven	Atlantik
–	07.06.01 – 18.06.01	Bremerhaven (Werftzeit)	
ARK XVII/1	19.06.01 – 29.07.01	Bremerhaven – Tromsø	Framstraße, Spitzbergen
ARK XVII/2	31.07.01 – 30.09.01	Tromsø – Bremerhaven	Gakkel-Rücken, Nordpol
–	01.10.01 – 28.10.01	Bremerhaven	Werftzeit
ANT XIX/1	07.11.01 – 30.11.01	Bremerhaven – Kapstadt	Atlantik
ANT XIX/2	01.12.01 – 21.01.02	Kapstadt – Punta Arenas	Weddellmeer

Fahrtleitung	Kapitän	Teilnehmer AWI/Andere	Inhaltliche Schwerpunkte
Thiede	Pahl	39 / 50	Geologie, Ozeanographie, Chemie
Arntz	Keil	24 / 59	Biologie, Fischerei
Kuhn	Keil	23 / 32	Geologie, Bathymetrie
Logistik	Keil/Boche		Versorgung, Reparatur
Krause/Schauer	Boche	24 / 35	Biologie, Ozeanographie, Chemie
		22 / 45	
Logistik	Boche/Keil		3. Etappe Modernisierung
El Naggar	Keil	9 / 44	Chemie, schiffstechnische Tests
Smetacek	Keil	20 / 56	Biologie, Eisenexperiment
Fahrbach	Pahl	37 / 64	Ozeanographie
Fütterer	Pahl	15 / 43	Biologie, Krill
Gersonde/Bathmann	Pahl	25 / 41	Geowissenschaften, Biologie
		24 / 47	
	Boche/Pahl		
Logistik	Pahl/Boche		
Fahrbach	Boche	27 / 35	Geologie, Biologie, Ozeanographie
Thiede	Keil	16 / 53	Geologie, Biologie
Logistik	Keil/Pahl		4. Etappe Modernisierung
Krause	Pahl	7 / 22	Atmosphäre, technische Erprobung
Jokat	Pahl	48 / 74	Versorgung Neumayer-Station, Kohnen-Station/EPICA, Geophysik

Tabelle 2: ‚Heincke‘-Expeditionen 2000/2001
 ‚Heincke‘ expeditions in 2000/2001

Expedition	Zeitraum	Region	Fahrtleitung
HE 128	13.02.00 – 26.02.00	Sognefjord, Norwegen	Pfannkuche
HE 129	03.04.00 – 07.04.00	Deutsche Bucht	Simon
HE 130	10.04.00 – 14.04.00	Deutsche Bucht	Heuers
HE 131	17.04.00 – 28.04.00	Ostsee	Kraus
HE 132	04.05.00 – 26.05.00	Nordsee	Gerdts
HE 133	29.05.00 – 28.06.00	Deutsche Bucht	Rachor
HE 134	03.07.00 – 21.07.00	Nördliche Nordsee, Orkneys, Shetlands, Äußere Hebriden	Schütt
HE 135	24.07.00 – 21.08.00	Atlantik (Chaucer-, Atlantis- und Seine-Bank)	von Westernhagen
HE 136	23.08.00 – 07.09.00	Ostsee, Finnischer Meerbusen	Dehghani
HE 137	09.09.00 – 22.09.00	Deutsche Bucht, Skagerrak	Reuter
HE 138	22.09.00 – 29.09.00	Deutsche Bucht	Knust
HE 139	29.09.00 – 04.10.00	Ostsee	Spieß
HE 140	05.10.00 – 13.10.00	Deutsche Bucht	Reuter
HE 141	16.10.00 – 20.10.00	Deutsche Bucht	Knust
HE 142	22.10.00 – 28.10.00	Wilhelmshaven	Pauls
HE 143	15.01.01 – 21.01.01	Deutsche Bucht	Heuers
HE 144	22.03.01 – 06.04.01	Deutsche Bucht	Heuers
HE 145	08.04.01 – 18.04.01	Deutsche Bucht	Witte
HE 146	11.05.01 – 16.05.01	Deutsche Bucht	Dürselen
HE 147	18.05.01 – 05.06.01	Norwegische Rinne, Skagerrak	Piatkowski
HE 148	07.06.01 – 15.06.01	Deutsche Bucht	Janßen
HE 149	15.06.01 – 17.06.01	Bremerhaven	Krause
HE 150	18.06.01 – 02.07.01	Deutsche Bucht	Knust
HE 151	05.07.01 – 30.07.01	Nördliche Nordsee, Orkneys, Shetlands	Schütt

Teilnehmer AWI/Andere	Inhaltliche Schwerpunkte
0 / 12	Geräteerprobung
18 / 13	Ausbildung
10 / 0	Fischereibiologie
0 / 8	Fischereibiologie
4 / 6	Biologie
9 / 3	Biologie, Fischereibiologie
7 / 3	Mikrobiologie
6 / 4	Biologie, Fischereibiologie
0 / 12	Geophysik
0 / 11	Meeresphysik, Mikrobiogeochemie
8 / 2	Fischereibiologie, Begleituntersuchung WEA
0 / 11	Ausbildung
0 / 24	Ausbildung
8 / 2	Fischereibiologie, Begleituntersuchung WEA
- / -	EXPO 2000
4 / 5	Projekt „Offshore Windkraft“, Biologie, Fischereibiologie, Ornithologie
9 / 0	Projekt „WindWest“, Biologie, Fischereibiologie
0 / 10	Biogeochemie
0 / 8	Planktonuntersuchungen
0 / 12	Projekt LIFECO, Fischereibiologie, Biologie
1 / 12	Biogeochemie
- / -	„Tag der offenen Tür“
16 / 2	Projekt „WindWest“, Biologie, Fischereibiologie, Ausbildung
7 / 3	Mikrobiologie

Tabelle 2 (Forts.): ‚Heincke‘-Expeditionen 2000/2001
 ‚Heincke‘ expeditions in 2000/2001

Expedition	Zeitraum	Region	Fahrtleitung
HE 152	01.08.01 – 21.08.01	NE-Atlantik, Keltische See	Bathmann
HE 153	23.08.01 – 21.09.01	Nordatlantik, Westspitzbergen	Damm
HE 154	24.09.01 – 30.09.01	Deutsche Bucht	Janßen
HE 155	01.10.01 – 05.10.01	Deutsche Bucht	Brodte
HE 156	07.10.01 – 13.10.01	Deutsche Bucht	Reuter
HE 157	15.10.01 – 20.10.01	Cuxhaven (Werft)	
HE 158	22.10.01 – 27.10.01	Ostsee	Spieß
HE 159	29.10.01 – 01.11.01	Ostsee	Arz
HE 160	03.11.01 – 11.11.01	Deutsche Bucht	Brodte
HE 161	14.11.01 – 26.11.01	Nordsee	Flöter
HE 162	29.11.01 – 05.12.01	Deutsche Bucht	Brodte

Teilnehmer AWI/Andere	Inhaltliche Schwerpunkte
3 / 12	Projekt BIOHAB, Meeresbiologie
8 / 2	Methanmessungen, Biogeochemie
0 / 12	Biogeochemie
10 / 0	Fischereibiologie, Biologie
0 / 12	Ausbildung
- / -	Maschinenreparatur
0 / 20	Ausbildung
0 / 22	Ausbildung
6 / 0	Projekt „WindWest“, Biologie, Fischereibiologie
0 / 12	Projekt LIFEKO, Fischereibiologie, Biologie
6 / 4	Projekt „Offshore Windkraft“, Biologie, Fischereibiologie, Ornithologie

Tabelle 3: Flugzeugeinsätze 2000/2001 (,Polar 2' und ,Polar 4')
Aircraft missions in 2000/2001

Projekt	Zeitraum	Region/Operationsbasis	Anzahl Messflüge
ASTAR 2000	15.03.00 – 20.04.00	Svalbard, NE-Grönland Longyearbyen, Spitzbergen	22
NOGRAM 2000	17.04.00 – 26.05.00	NE-Grönland Station North	23
EMAGE 5	19.12.00 – 25.01.01	NE-Weddellmeer, Antarktis Neumayer-Station	26
EPICA 6	26.01.01 – 13.02.01	Dronning Maud Land, Antarktis	11
SEAL 1	26.01.01 – 27.01.01	Neumayer-Station, E-Base Antarktis: SANAE IV – Neumayer-Station – Südpol	1
VISA 1	24.12.01 – 29.01.02	Dronning Maud Land, Antarktis Neumayer-Station, E-Base, Halley	18

Leitung	Teilnehmer AWI/Andere	Inhaltliche Schwerpunkte
Herber	4/12	Meteorologie Aerosole
Nixdorf	1/5	Aeromagnetik Aerogravimetrie
Steinhage	1/10	Aeromagnetik Aerogravimetrie
Steinhage	1/10	Glaziologie, EMR, Logistik
	1/3	Medizinischer Notfall
Nixdorf	1/8	Aeromagnetik Aerogravimetrie

Tabelle 4: Landexpeditionen 2000/2001

Land expeditions in 2000/2001

Expedition	Zeitraum	Region	Leitung
EPICA 6	06.12.00 – 10.03.01	Dronning Maud Land, Antarktis	Oerter
SEVZEM 00	30.03.00 – 25.05.00	Sibirien, Russland Severnaja Zemlja	Fritzsche
NGRIP 2000	15.05.00 – 15.08.00 mehrere Aufenthalte in diesem Zeitraum	Grönland	Kipfstuhl
Elgygytgyn 2000	01.07.00 – 16.09.00	NE-Sibirien, Russland	Niessen
LENA 2000	28.07.00 – 27.08.00	Sibirien, Russland Lena Delta, Laptewsee-Küste Große Lyachov Insel	Rachold
SEVZEM 01	01.04.01 – 26.05.01	Sibirien, Russland Severnaja Zemlja	Fritzsche
NGRIP 2001	14.05.01 – 02.08.01 mehrere Aufenthalte in diesem Zeitraum	Grönland	Wilhelms
LENA 2001	14.07.01 – 28.08.01	Sibirien, Russland Lena Delta	Pfeiffer
SEAL Morteratsch 1	02.07.01 – 06.07.01	Schweizer Alpen	Nixdorf
SEAL Morteratsch 2	01.10.01 – 10.10.01	Schweizer Alpen	Nixdorf
Amery Oase 01/02	12.11.01 - 28.02.02	Prinz Charles Berge, Antarktis	Wagner

Teilnehmer AWI/Andere	Inhaltliche Schwerpunkte
7/9	Boden-EMR, Aerosolbeprobung, Aufbau Kohlen-Station, 2 Traversen
3/14	Eiskernbohrung
9/1	Eiskernbohrung
3/8	Sedimentproben, Rezente Prozesse, Paläoklima
8/11	Küstendynamik, Paläoklima, Rezente Prozesse, Gashaushalt
4/13	Eiskernbohrung
6/1	Eiskernbohrung
8/6	Küstendynamik, Rezente Prozesse, Gas- und Stoffhaushalt
7/-	Massenbilanz Morteratsch Gletscher
7/-	Massenbilanz Morteratsch Gletscher
1/2	Spätquartäre Klima- und Umweltgeschichte der Antarktis aus Seesedimenten



5. Nationale und internationale
Zusammenarbeit |
*National and international
cooperation*



Bongonetz

Bongo net

5. Nationale und internationale Zusammenarbeit

Die Aufgaben der Polar- und Meeresforschung können nicht von einem Institut allein wahrgenommen werden, und darum ist die Stiftung Alfred-Wegener-Institut auf starke nationale und internationale Kooperationspartner angewiesen. Das AWI fördert die Polar- und Meeresforschung seiner Kooperationspartner vor allem durch gemeinsame wissenschaftliche Arbeiten, für die es auch die logistische Unterstützung leistet. Darüber hinaus bietet es seine mobilen (Schiffe, Flugzeuge) und stationären (Polarstationen) Forschungsplattformen allen interessierten Partnern aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen an.

Auf nationaler Ebene bestehen besonders enge Beziehungen zu den norddeutschen Universitäten, insbesondere zu den Universitäten Bremen, Oldenburg, Potsdam, Hamburg und Kiel, an denen Mitarbeiter der Stiftung AWI Lehrveranstaltungen anbieten und mit denen eine Vielzahl gemeinsamer Forschungsprojekte durchgeführt werden. Weitere wichtige Kooperationspartner sind verschiedene Forschungseinrichtungen (GEOMAR, PIK, FTZ, MPIs) sowie die Institute der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (GFZ, GKSS, DLR, FZJ, UFZ u. a.) deren Mitglied die Stiftung AWI ist.

Unter den internationalen Kooperationen sind verschiedene EU-Partner, z. B. bei der Durchführung von Eisbohrungen in der Antarktis oder der Tiefseeforschung, hervorzuheben, aber auch russische Institute, welche die gemeinsamen und umfangreichen Arbeiten in der russischen Arktis ermöglichen.

Die Stiftung AWI hat derzeit mit 17 Nationen

5. National and international co-operation

Modern polar and marine research relies on strong national and international co-operation. AWI supports polar and marine research of its partners mainly by joint scientific work for which it also provides the necessary logistic support. Furthermore, the institute offers its mobile (ships, aircraft) and stationary (polar stations) research platforms to all interested partners from universities and non-university research institutions.

On the national level, AWI established close co-operation with universities, particularly with the universities of Bremen, Oldenburg, Potsdam, Hamburg and Kiel where AWI scientists lecture and conduct joint research projects. Further important co-operation partners are the research institutions (GEOMAR, PIK, FTZ, MPIs) as well as institutes of the Helmholtz Association of German Research Centres (GFZ, GKSS, DLR, FZJ, UFZ, etc.) of which AWI is a member.

Most prominent international co-operation partners come from various EU-countries, e. g. to carry out ice drilling in Antarctica or for deep-sea research, but AWI also has very important partners in Russian institutes enabling its extensive work in the Russian Arctic.

Currently AWI has officially documented scientific co-operation with 33 research institutions in 17 nations (tables 1 and 2, figs 1 and 2). Furthermore, there is intensive co-operation on a joint project level with over 90 research institutes all over the world. Special foci have developed in bilateral co-



wissenschaftliche Kooperationen vertraglich vereinbart. Eine Übersicht geben die Abbildungen 1 und 2 wieder. Besondere Schwerpunkte haben sich in bilateralen Kooperationsprojekten mit Russland, Frankreich, Norwegen und Südafrika entwickelt. Insgesamt hat die Stiftung derzeit mit 33 Einzelinstitutionen formelle bilaterale Kooperationsvereinbarungen abgeschlossen (Tab. 1 und 2), und darüber hinaus bestehen auf der Ebene gemeinsamer Projekte intensive Kooperationen zu weltweit über 90 Forschungseinrichtungen.

Die Stiftung AWI nimmt in einer Reihe von internationalen Organisationen Mitgliedschaften im Namen

Abb. 1: Internationale Zusammenarbeit: Kooperationsvereinbarungen der Stiftung Alfred-Wegener-Institut mit Partnern in europäischen Ländern.

Fig. 1: International co-operation: agreements between AWI and European partners.

deutscher Forschungseinrichtungen oder der Bundesrepublik Deutschland wahr. Dieses trifft zu für das European Polar Board, ein der European Science Foundation (ESF) angegliedertes Komitee, wobei die Stiftung AWI den Chairman stellt. Das besondere Anliegen des European Polar Board ist seine Rolle als koordinierendes Gremium in der europäischen Polarforschung.

Die wissenschaftlichen Belange in den südlichen Polarregionen werden durch SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research) betreut. Auch hier sind Mitglieder des AWI engagiert, und das AWI stellt den Sekretär des deutschen Landesausschusses von SCAR.

operation projects with Russia, France, Norway and South Africa.

AWI is a member of several international organisations where it represents German research institutions and the Federal Republic of Germany. This is the case e. g. for the European Polar Board, a committee affiliated to the European Science Foundation and co-ordinating European polar research where AWI has the chair. The Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) advises scientific objectives in the Southern Polar Regions. Several AWI scientists are members of this committee e. g. the secretary of the German national committee of SCAR.



Abb. 2: Internationale Zusammenarbeit: Kooperationsvereinbarungen der Stiftung Alfred-Wegener-Institut mit Partnern in außereuropäischen Ländern.

Fig. 2: International co-operation: agreements between AWI and non-European partners.

Tabelle 1: Kooperationsabkommen der Stiftung AWI mit europäischen Partnern |
Agreements between AWI and European partners

Europäische Partner	Institution	Abkommen seit
Dänemark	University of Copenhagen	1996
Frankreich	L'Institut Français pour la Recherche et la Technologie Polaires (IFRTP) Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER)	2000 1999
Großbritannien	British Antarctic Survey (BAS)	1997
Niederlande	Geosciences Foundation The Netherlands Antarctic Programme	1996 2000
Norwegen	Norwegian Polar Institute Norwegian Meteorological Institute, Oslo	1984 1999
Spanien	Institute for Marine Research (ICM), Barcelona University of Salamanca	1996 1998
Russland, St. Petersburg	State Research Center for Arctic and Antarctic Research Zoological Institute (ZIRAS) Shirshov Institute of Oceanology All-Russian Institute for Geology and Mineral Resources of the World Ocean (VNIIO) Polar Marine Geological Research Expedition	1988 1998 1997 1995 1995
Russland, Moskau	Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry Moscow State University Oboukhov Institute of Atmospheric Physics	1998 1995
Russland, Murmansk	Murmansk Marine Biological Institute	1994
Russland, Kaliningrad	Atlant NIRO & Technische Hochschule für Fischindustrie und Wirtschaft	1990

Tabelle 2: Kooperationsabkommen der Stiftung AWI mit außereuropäischen Partnern |
Agreements between AWI and non-European partners

Außereuropäische Partner	Institution	Abkommen seit
Argentinien	Instituto Antártico Argentino	1987
	Dirección Nacional del Antártico Argentino	1995
Brasilien	University of Rio Grande	1997
Chile	Universidad de Magallanes, Punta Arenas	1995
China	2nd Institute of Oceanography S.O.A. Polar Research Institute of China	1992
Israel	Hebrew University of Jerusalem	1998
Japan	Japan Marine Science and Technology Centre	1995
	National Institute for Polar Research	1999
Kanada	National Research Council	2000
Mexiko	Centro de Investigaciones Biologicas del Noroeste	2001
Südafrika	South African National Antarctic Programme	1999
	Council for Geoscience	1996
USA	National Science Foundation, Office of Polar Programs	1996



6. Informationszentrum | *Information centre*



Das Krillnetz wird über das Heck eingeholt
*Rectangular midwater trawl at the aft of the
RV 'Polarstern'*

6.1 Rechenzentrum, Datenbanken und Informationssysteme

Neben den zentralen IT-Basisdiensten für die Wissenschaft – wie der Anbindung neuer Standorte innerhalb Bremerhavens und der Konsolidierung großer zentraler Serversysteme und Datensicherungsstrukturen (Abb. 1) – lagen die Schwerpunkte der Arbeiten des Rechenzentrums im Berichtszeitraum in der starken Ausweitung der von der Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Öffentlichkeit und Wissenschaft bereitgestellten Informationssysteme. Mit zwei Ausbildungsplätzen begann das Rechenzentrum im Berichtszeitraum mit der Ausbildung von Fachinformatikern.

In Kooperation zwischen dem AWI und dem Zentrum für Marine Umweltwissenschaften (MARUM) der Universität Bremen wurde im Juli 2000 das „Weltdatenzentrum für Marine Umweltwissenschaften“ (WDC-MARE) auf Vorschlag der Deutschen Forschungsgemeinschaft beim ‚International Council for Science‘ (ICSU) in Bremen gegründet. Es ist das erste ICSU-Weltdatenzentrum in Deutschland. Kern dieses Datenzentrums ist das Informationssystem PANGAEA (‚Network for Geological and Environmental Data‘), das gemeinsam von AWI und MARUM in den letzten 10 Jahren entwickelt wurde. Neben den Daten aus den beteiligten Institutionen werden dort bereits Informationen von über 25 nationalen, europäischen und internationalen Projekten aus der Meeresforschung für die Wissenschaft langfristig verfügbar gehalten. Die Zertifizierung des Datenzentrums durch den ICSU unterstützt die Etablierung einer sachgerechten Datenarchivierung und -verfügbarkeit als notwendigen Bestandteil moderner Wissenschaft.

6.1 Computer centre, scientific databases and information systems

The structure of the AWI network and computer systems used are shown in figure 1.

In July 2000, on recommendation by the German Research Council (DFG) and in co-operation between the Alfred Wegener Institute and the Centre for Marine Environmental Sciences (MARUM), the ‘World Data Centre for Marine Environmental Sciences (WDC Mare)’ was founded in Bremen as part of the ‘World Data Center System’ of the International Council for Science (ICSU). It is the first ICSU World Data Center in Germany. Core of this data centre is the information system PANGAEA (Network for Geological and Environmental Data), which was developed by AWI and MARUM within the last 10 years. Besides the data from the involved institutes, there is information available from over 25 national, European and international projects.

The information systems for scientific observatories of the AWI research facilities (Neumayer Station, Koldewey Station, RV ‘Polarstern’) were adapted to the conditions of the fast developing modern information technology. Today, 20 years of AWI meteorological data from weather observations, radiosonde casts and solar radiation measurements of the research ships and stations are available on the Internet. Likewise, oceanographic data from flow meters and profile probes (CTD, XBT) can be accessed directly.

A new ship-information system was developed and implemented for the research vessel ‘Polarstern’. Nautical, oceanographic and meteorological information is distributed within a 1-second timeframe

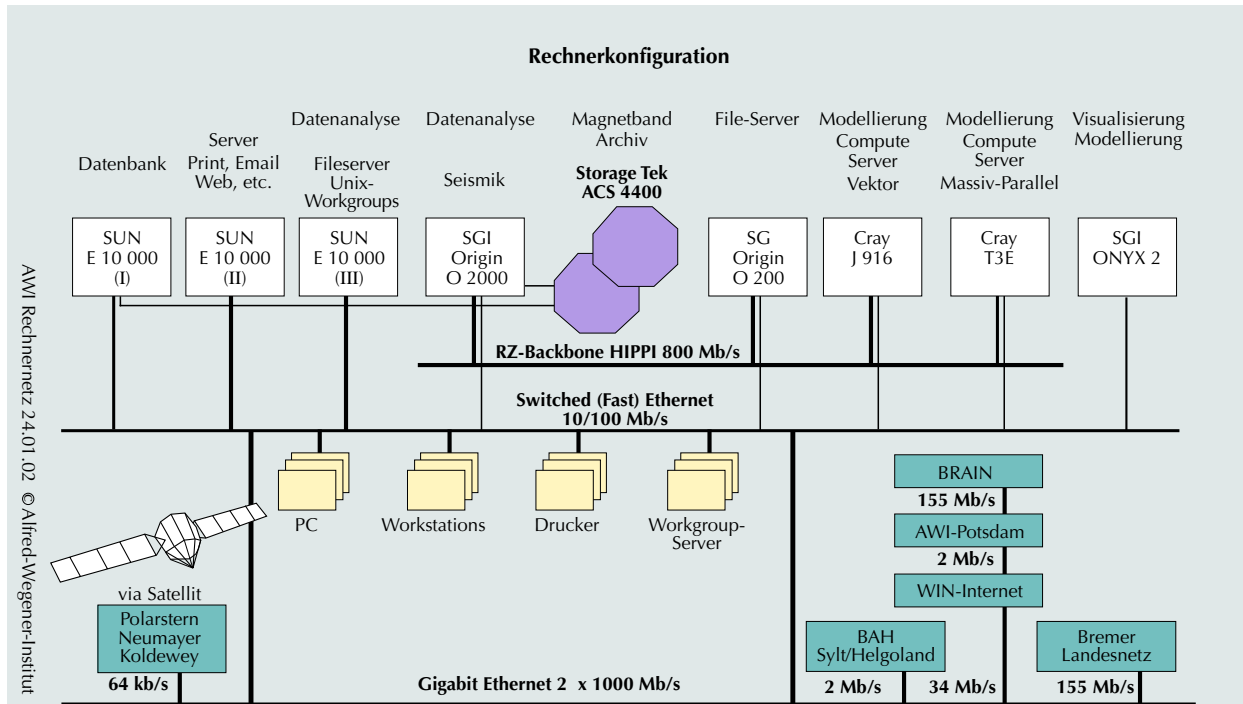


Abb. 1: Das Rechnernetz der Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung.

Fig. 1: Network of the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research.

Die Informationssysteme für die wissenschaftlichen Observatorien des AWI wurden dem Stand der sich schnell entwickelnden Informationstechnik angepasst. So sind alle meteorologischen Daten aus Wetterbeobachtungen, Radiosondenaufstiegen und solaren Strahlungsmessungen der Forschungsschiffe und -stationen seit Gründung des Instituts vor 20 Jahren über das Deutsche Forschungsnetz verfügbar. Ebenfalls kann auf die ozeanographischen Daten aus Strömungsmessern und Profilsonden direkt zugegriffen werden.

on board via its Local Area Network (LAN) and archived at the same time for long term research projects. After an expedition, these data are immediately available at the AWI and the World Data Center 'WDC Mare' on the Internet.

For classification, interpretation and representation of geo-referenced data a 'Geographical Information System (GIS)' was implemented. It allows the interactive treatment and evaluation of geo-referenced data, the storage of the products in a central geographical data base and the electronic publica-

Für das Forschungsschiff ‚Polarstern‘ wurde im Rahmen der Generalreparatur ein neues Schiffsinformationssystem eingerichtet. Nautische, ozeanographische und meteorologische Informationen werden in im Sekundentakt erfasst, für wissenschaftliche Arbeiten an Bord in Echtzeit über das elektronische Bordnetzwerk verteilt und gleichzeitig für langfristige Forschungsvorhaben archiviert. Nach Abschluss eines Fahrtabschnittes stehen diese Daten sofort interaktiv über das Weltdatenzentrum WDC-MARE im Forschungsnetz zur Auswertung zur Verfügung.

Die neue AWI-Publikationsdatenbank umfasst zur Zeit ca. 4900 AWI-Publikationen bei einem Zuwachs von ca. 520 im Jahr 2001. Das integrierte Verzeichnis von Personen, Organisationseinheiten und Publikationen bildet das Rückgrat eines entstehenden Systems zum Informations- und Wissensmanagement am AWI. Entstehende internationale Standards in diesem Bereich wurden berücksichtigt. Dieses im Rechenzentrum entwickelte System ist bereits auf Interesse bei mehreren Unternehmen gestoßen. Über eine wirtschaftliche Verwertung wird verhandelt.

Zum „Jahr der Geowissenschaften“ 2002 wurde eine komplette Neugestaltung der externen Webdarstellung des AWI vorbereitet. Dazu wurde grundsätzlich am Design, der Strukturierung der Web-Site, der Beschleunigung der Arbeitsabläufe und der Bereitstellung zusätzlicher Inhalte gearbeitet. Darunter befinden sich wissenschaftliche Inhalte wie die Visualisierung von Modell- und gemessenen Daten (Strömungen eines Ozeanmodells, Winterkonvektion in der Grönlandsee, Korrelation der Wanderung von Seeelefanten mit der Eisbedeckung). Auf Interesse werden aber auch Filme der Öffentlichkeitsarbeit stoßen, die die Expeditionstätigkeit auf Schiffen, Sta-

tion in the ‘WDC Mare’. Additional to the technical authority for the implementation of these systems, the computer centre also gives advice on the scientific use of these tools, substantially improving interdisciplinary work.

The new AWI-publications database presently contains about 4900 publications and increased by about 520 in the year 2001. The integrated directory of staff, organisational units and publications forms the backbone of an emerging system for information- and knowledge-management at AWI. New international standards in this area were taken into account. This system, developed at the computer centre, has found the interest of a number of IT vendors; talks on commercialisation are under way.

A complete ‘relaunch’ of the external web-representation was prepared on the occasion of the “Jahr der Geowissenschaften 2002” (Year of Earth Sciences). The relaunch comprised a new general design as well as a restructure of the website, organisational improvement of workflow and inclusion of additional content. For example, new scientific content, especially expressed as streaming media, covers model results about ocean currents, convection in the Greenland sea or observed correlation of migratory behaviour of elephant seals and ice coverage. Also of interest – especially to the general public – are films showing life and work on ships, aircraft and stations, during expeditions. Data rate – and, thus, quality – was adapted to DSL speeds since DSL internet access has spread considerably in the general public in 2001.

During EXPO 2000 the computer centre deployed infrastructure to hold videoconferences of high qual-



Abb. 2: Bildschirmfoto eines Rechners auf der Neumayer-Station während einer Videokonferenz. Unten das Eigenbild der Neumayer-Station, oben das Rechenzentrum in Bremerhaven mit zwei Schülerinnen, links die Anzeige des technischen Status der Konferenzschaltung.

Fig. 2: Screenshot during a videoconference from Neumayer Station. Bottom: local picture from the station; top right: computer centre at Bremerhaven with two students; left: technical status of conference.

tionen und mit Flugzeugen wiedergeben. Die Datenrate – und damit die Qualität – wurde an die seit 2001 auch in weiten Bereichen der Öffentlichkeit verbreiteten DSL-Internetzugänge angepasst.

Anlässlich der EXPO 2000 wurde die technische Möglichkeit zu qualitativ befriedigenden Videokonferenzen mit den Stationen Neumayer und Koldewey aufgebaut. Durch die Realisierung gemäß dem Standard H.323 konnten diese Einrichtungen auch zur Teilnahme an internationalen Videokonferenzen, insbesondere im Umfeld des Internet2, genutzt werden. Bei diesen Konferenzen zum Thema „Videokonferenz und deren Nutzung“ fanden sowohl die exotischen Standorte (Antarktis/Arktis) als auch die Teilnehmer – Forscher und Schülerinnen – großen Anklang. Insbesondere das zusammen mit der Öffentlichkeitsarbeit durchgeführte Schulprojekt „Live ins Eis“ war

ity with the stations Neumayer and Koldewey. Since the international standard H.323 was used, the Arctic and Antarctic endpoints could participate in international videoconferences, especially in the framework of the Internet2 Commons. At these conferences on videoconferencing and its usage, the exotic locations as well as the participants – scientists and students at Bremerhaven – had a great appeal on the audience. The local K12 project “Live ins Eis” (Live into the ice) had to be extended due to popular request (fig. 2). A basic infrastructure for videoconferencing between the four AWI locations has been in use since the end of 2001, which makes it possible to intensify collaboration between single persons or small groups at each location and to transmit colloquia and other events between the sites.

The working group ‘Scientific Computing’ forms the link between developers of new numerical methods and modellers in the field of climate system simulation. The group supports the AWI parallel high performance computing systems, which are used intensively by scientists of the department ‘Climate System’. The parallelisation of existing modelling software, developed at AWI, is a challenging task, because the numerical cores of the models often have to be instrumented with new numerical fast solvers with a higher degree of inherent parallel structure. Both aspects are of importance because the numerical simulation of coupled ocean, atmosphere and ice models is intensive and even the most modern super computers are easily overburdened by simulation runs.

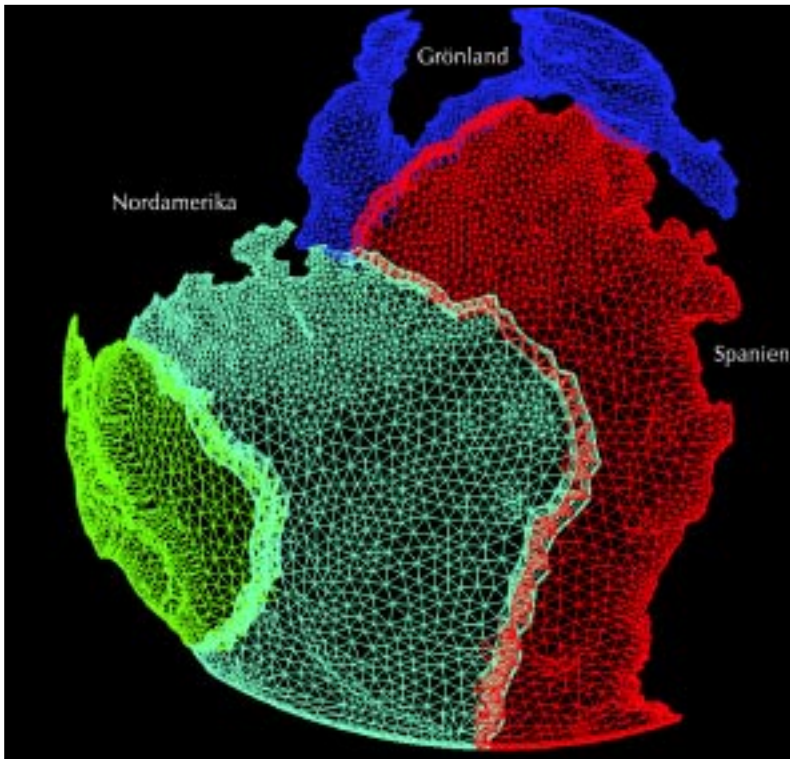
One of the projects supported by the ‘Scientific Computing’ Group is the ‘Finite Element Model of the North Atlantic (FENA)’, which is a parallel model

sehr erfolgreich und musste wegen der starken Nachfrage verlängert werden (Abb. 2). Institutsintern steht seit Ende 2001 eine Grundausstattung an Videokonferenz-Systemen an den vier Standorten der Stiftung Alfred-Wegener-Institut bereit, die Einzelpersonen und kleinen Gruppen eine verbesserte Zusammenarbeit ermöglicht. Zudem können nun Kolloquien und andere Ereignisse aus dem Hörsaal in Bremerhaven an die anderen Standorte übertragen werden.

Die Arbeitsgruppe ‚Wissenschaftliches Rechnen‘ bildet ein Bindeglied zwischen den Entwicklern neuer numerischer Verfahren sowie den Anwendern im Bereich der Klimasystem-Modellierung und leistet außerdem die gesamten unterstützenden Arbeiten zur Nutzung der am AWI-Rechenzentrum betriebenen Höchstleistungsrechner in der Modellierung. Zu den Arbeitsschwerpunkten zählt zum einen die Parallelisierung vorhandener Modellierungssoftware, zum anderen die Entwicklung und Anpassung neuer numerischer Methoden. Beide Aspekte sind von essenzieller Bedeutung, denn die Anforderungen der numerischen Simulation von Meeres-, Atmosphären- und Eisdynamik stoßen an die Grenzen selbst moderner Höchstleistungsrechner. Um dem enormen Speicher- und Rechenzeitbedarf begegnen zu können, werden seit einigen Jahren vermehrt Parallelrechner eingesetzt.

Im Projekt „Finite Elemente Modell des Nordatlantik“ (FENA) wird ein Finite-Elemente-Programm zur Simulation der ozeanischen Zirkulation im Nordatlantik, basierend auf den Primitiven Gleichungen, parallelisiert. Insbesondere die Lösung der auftretenden zeitabhängigen linearen Gleichungssysteme auf dem Parallelrechner ist numerisch sehr aufwändig. Die dazu benutzten parallelen Algorithmen werden vom Rechenzentrum weiterentwickelt und mit flexib-

for the simulation of oceanic circulation based on the primitive equations system. Solving the time-dependant linear equation systems on the parallel computer Cray T3E is numerically demanding. The parallel solver algorithms have therefore been optimised and a flexible programming interface developed by the computer centre. Different direct and iterative solvers can be chosen by the users. The iterative solvers are paralleled with data partitioning methods. Figure 3 shows the data-partitioning of the North Atlantic – consisting of 400 450 tetraedic elements on four parallel processes which are differently coloured.



len Nutzerschnittstellen ausgestattet. Es kommen sowohl iterative als auch direkte Löser zum Einsatz. Bei den iterativen Lösern wird mit Gebietszerlegungsmethoden gearbeitet. Die Abbildung 3 zeigt die Aufteilung des Nordatlantik in 400 450 tetraedrische Elemente; eine Gebietszerlegung auf vier parallele Rechenprozesse ist farblich gekennzeichnet.

Abb. 3: „Finite Element North Atlantic“-Zirkulationsmodell (FENA) in Finiten Elementen (s.Text).

Fig. 3: "Finite Element North Atlantic" circulation model (FENA), see text.

6.2 Library

6.2 Bibliothek

Die Bibliothek der Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung ist Servicezentrum für die Versorgung der Mitarbeiter und Gäste des Instituts mit wissenschaftlicher Literatur und Fachinformation in gedruckter und elektronischer Form. Die Hauptstelle befindet sich in Bremerhaven, Zweigstellen werden an den AWI-Standorten Helgoland, List/Sylt und Potsdam (bis 2001) betrieben, Handbibliotheken in der Neumayer-Station, der Koldewey-Station, auf der ‚Polarstern‘ und in den AWI-Sektionen in Bremerhaven betreut. Die Bibliothek sammelt u. a. insbesondere die Literatur zur Geschichte der Polarforschung.

Nach dem Umzug der Hamburger Bibliotheksbestände der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH) nach Bremerhaven im Herbst 1999, lagen die Schwerpunkte der Bibliotheksarbeit im Berichtszeitraum, neben den Routinetätigkeiten, in der Integration der Bestände und Kataloge von AWI- und BAH-Bibliothek, sowie in der Verbesserung der Infrastruktur und des Bibliotheksservices.

Zur raschen Versorgung der entfernten AWI-Standorte und auch von Partnerinstitutionen mit angeforderten Zeitschriftenaufsätzen wurde eine Scanstation angeschafft. Diese ermöglicht es, die per E-Mail angeforderten Artikel in einem Arbeitsgang einzuscannen und als pdf-Datei per E-Mail direkt an den Nutzer zu versenden. Der Service wird sehr gut angenommen. Täglich werden so bis zu 30 Artikel eingescannt und versandt.

Um den Nutzern der Bibliothek einen einheitlichen elektronischen Katalog über das Internet zur Verfügung

The library of the Alfred-Wegener-Institute Foundation provides the employees and guests of the institute with literature and information in electronic and printed format. The main library is located in Bremerhaven. Branch libraries are kept at the research stations on Helgoland, in List/Sylt and in Potsdam. Special library collections serviced by the library are maintained at the research stations Neumayer, Koldewey, on the research vessel ‘Polarstern’ and in the research sections throughout the institute in Bremerhaven. The library maintains a special collection on the history of German polar research.

After the merger of the Biologische Anstalt Helgoland Library Hamburg with the collection in Bremerhaven in the autumn of 1999, the library’s resources were heavily utilised integrating both collections and merging the library catalogues, as well as improving the expanding library services.

In order to provide faster services and lower mailing costs to distant research stations and partner institutions with requested periodical articles, a special book scanner was acquired and installed. Journal articles requested by email are scanned in one step and emailed as pdf files directly to the requesting library patron. This service was well accepted and daily use is an average of 30 articles scanned and mailed.

The library joined the GBV Union Catalogue in Göttingen to facilitate a common electronic catalogue (OPAC) via the internet for the library users,

zu stellen, die Katalogisierungsarbeit durch die Nutzung von Fremddaten (inkl. Sacherschließung) zu optimieren und die komfortablen Fernleihfunktionen (Verkürzung der Laufzeiten von 5 – 6 Wochen auf ca. 8 Tage bei Standardfernleihen) nutzen zu können, hat sich die Bibliothek dem Gemeinsamen Bibliotheksverbund (GBV) mit Sitz in Göttingen angeschlossen. Die Katalogdaten der AWI-Bibliothek wurden in das Pica-Datenformat des GBV konvertiert, der Zettelkatalog der BAH-Bibliothek (insgesamt ca. 22 000 Medieneinheiten) durch eine Spezialfirma online in die Datenbank des GBV eingebracht. Als neues Lokalsystem dient Pica-LBS. Um Kosten und Aufwand zu sparen, hat die Bibliothek den Betrieb von Pica-LBS an die Verbundzentrale des GBV ausgelagert. Durch den Anschluss an den GBV mussten sich die Bibliotheksmitarbeiter in kurzer Zeit in eine völlig neue Systemumgebung mit neuen Eingaberichtlinien einarbeiten.

Durch die Teilnahme der Bibliothek an Konsortialverträgen über den HGF-Arbeitskreis ‚Bibliotheks- und Informationswesen‘, konnte der Online-Zugang zu den Volltexten von Artikeln aus wissenschaftlichen Zeitschriften für AWI-Mitarbeiter und Gäste maßgeblich erweitert werden. Beispielsweise können so die Nutzer über die von der Bibliothek abonnierten 55 Zeitschriften der Verlage Elsevier, Kluwer, Academic Press und Wiley hinaus per „Cross Access“ auf die Texte von mehr als 1000 Zeitschriften online zugreifen.

Die Bibliothek der AWI-Forschungsstelle Potsdam wurde 2001 Teil der von Geoforschungszentrum (GFZ), Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und AWI errichteten

to reduce redundancy in library cataloguing as well as making cost effective use of cooperative cataloguing and indexing, and to have access to faster (turn around time from 5-6 weeks to 8 days for standard orders) and inexpensive interlibrary lending. The digitalised AWI catalogue was converted into the Pica-Data format of the GBV and the BAH card catalogue (approximately 22 000 media units) was retrospectively converted online directly into the GBV union catalogue by a specialised company hired for this service. The new integrated library software system is Pica-LBS. The system was outsourced at the GBV Union Catalogue in Göttingen to reduce the cost of purchase and maintenance. The connection and use of the new GBV system required new training for the library staff.

The library's participation in consortial agreements through the HGF Library Working Group has made possible greater online access to full-text scientific journal publications for AWI employees and guests. Above and beyond the 55 journals subscribed to by the library, the library patron has cross access to over 1000 journals online from the following publishers: Elsevier, Kluwer, Academic and Wiley.

The library at the AWI Research Station in Potsdam became part of the Common Library of the Albert Einstein Science Park with research institutes GFZ and PIK. The ownership of materials acquired by the AWI Research Station remains with the AWI.

The AWI Library collection (including the collection of the former BAH Library) at the end of 2001 was approximately 190 210 media units, of which 38 700 were monographs. Periodical subscriptions number 315 and through exchange agreements 596 titles. Interlibrary lending by institute members and guests for the 2000/2001 was 5700 orders placed. This is a 27 % increase from 1998/1999, despite the increase and access to online full-text journals

‚Gemeinsamen Bibliothek Wissenschaftspark Albert Einstein‘. Das Eigentum an für die AWI-Forschungsstelle angeschafften Büchern und Zeitschriften verbleibt beim AWI.

Der Bestand der AWI-Bibliothek (inkl. Bestand der ehemaligen BAH-Bibliothek) ist bis Ende 2001 auf ca. 190 210 Medieneinheiten, darunter ca. 38 700 Monographien gewachsen. Die Zahl der durch Kauf erworbenen Periodika beträgt 315, durch Tausch werden weitere 596 Zeitschriften, Serien u. Ä. erworben. Die Fernleihe wurde von AWI-Mitarbeitern und Gästen im Berichtszeitraum ca. 5700-mal in Anspruch genommen. Dies bedeutet eine Zunahme von ca. 27 % gegenüber 1998/1999, obwohl der Anteil der online zugänglichen Zeitschriften im gleichen Zeitraum stark zugenommen hat.

Die Bibliothek ist Mitglied in folgenden Organisationen: AK Bibliotheks- und Informationswesen in der HGF, AG meereskundlicher Bibliotheken (AMB), International Association of Aquatic and Marine Science Libraries and Information Centers (IAMSLIC), European Association of Aquatic Sciences Libraries and Information Centres (EURASLIC), AG der Spezialbibliotheken (ASpB), Deutscher Bibliotheksverband (DBV) – Landesverband Bremen.

during this two-year period.

The library is member of the following organisations: AK Bibliotheks- und Informationswesen in der HGF, AG meereskundlicher Bibliotheken (AMB), International Association of Aquatic and Marine Science Libraries and Information Centers (IAMSLIC), European Association of Aquatic Sciences Libraries and Information Centres (EURASLIC), AG der Spezialbibliotheken (ASpB), Deutscher Bibliotheksverband (DBV) – Landesverband Bremen.



7. Presse- und Öffentlichkeitsarbeit |
Public relations department



Taucher im Eisbrei

Diver in grease ice

7. Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Die Stabsstelle Presse- und Öffentlichkeitsarbeit brachte auch in den Jahren 2000 und 2001 das AWI erfolgreich in die Medien. Schwerpunkte der Öffentlichkeitsarbeit waren 2000 das Expo-Projekt „Live ins Eis“ und die Ausstellung „Lebendige Wissenschaft“. Im Jahr 2001 erschien das AWI-Buch „Eiskalte Entdeckungen“. Darüber hinaus veranstalteten wir im Rahmen des Jahres der Lebenswissenschaften einen Tag der offenen Tür auf den AWI-Forschungsschiffen.

Live ins Eis

Im Dezember 2000 endete das Großprojekt „Live ins Eis“ nach über 70 Stunden Live-Übertragung in sechs Monaten und unzähligen Stunden der Vorbereitung. Das außergewöhnliche Interesse an der Polarforschung und die positive Resonanz von Zuschauern und Beteiligten belohnten den technischen und logistischen Aufwand. Das AWI bot einem breiten Publikum persönliche Gespräche mit Polarforschern per Videokonferenz zur Neumayer-Station. Das Projekt nahm das Stichwort „Wissenschaft im Dialog“ wörtlich und ermöglichte den direkten Kontakt mit Antarktisch Forschern. Einer der Höhepunkte war der Global Dialogue Event der Deutschen Wissenschaft auf der EXPO vom 11. bis zum 13. Juli 2000. „Live ins Eis“ wurde außerdem wöchentlich im Deutschen Schifffahrtsmuseum und auf der Sail 2000 in Bremerhaven präsentiert. Spezielle Veranstaltungen für Schulen, bei denen „Live ins Eis“ in Unterrichtsprojekte eingebunden wurde, fanden in Zusammenarbeit mit dem Offenen Kanal Bremerhaven statt.

7. Public relations department

The public relations department looks back at a positive record for the years 2000 and 2001. The AWI press work is gaining importance throughout the country because of a growing co-operation with many editorial offices. During the year 2000, emphasis was placed on the EXPO video conference 'Live ins Eis' (Live into the ice). Other projects were the exhibition 'Lebendige Wissenschaft' (Living Science) in Munich. During 2001, major projects included the publication of the AWI book 'Eiskalte Entdeckungen' (Ice cold discoveries) and organising the 'Open Ship' on the AWI research vessels.

Live into the ice

The major project 'Live ins Eis' (Live into the ice) ended in December 2000. It entailed over 70 hours of live transmission during a period of six months as well as countless hours of preparation. The demanding technical and logistic effort was rewarded by an overwhelming public interest in polar research and positive reaction from visitors and participants. Many people were given the opportunity to personally speak with polar researchers at the Neumayer station, via video conference. The motto of the project, 'Dialogue in Science' was taken seriously by enabling people from the public a direct contact with polar researchers. One highlight was the EXPO German Science Global Dialogue Event from the 11 to 13 July, 2000, during which the show 'Talk around the world' included a video conference not only to Neumayer but also to the Koldewey-station. 'Live ins Eis' was also presented weekly in the Deutsches Schifffahrtsmuseum (German mari-

Lebendiges Meer

Fast 6000 Besucher haben sich am 16. Juni 2001 am Tag der offenen Tür auf unseren Forschungsschiffen bei mehr als 100 Mitarbeitern über die Arbeit des Instituts informiert. Der Tag der offenen Tür im Jahr der Lebenswissenschaften stand im Zeichen der Meeresbiologie und unter dem Motto „Lebendiges Meer“. Das AWI zeigte erstmals seine drei Forschungsschiffe FS Polarstern, FS Heincke und FK Uthörn gemeinsam.

Presse

Zur Darstellung der wissenschaftlichen Arbeit und Ergebnisse des Instituts pflegt die Pressestelle die Medienkontakte, gibt Pressemitteilungen heraus und führt Pressekonferenzen durch. Es wurden im Jahr 2000 26 und im Jahr 2001 36 Pressemitteilungen verschickt.

Durch kontinuierliche Zusammenarbeit mit Redaktionen der Presse, des Hörfunks und des Fernsehens erreicht das AWI eine weitreichende bundesweite Medienpräsenz; Printmedien: 2000 334 Beiträge, 2001 472 Beiträge, Hörfunk und Fernsehen: 2000 125 Beiträge, 2001 130 Beiträge. Da die Auswertung nicht systematisch erfolgt, geben diese Zahlen einen Anhaltspunkt sind aber nicht vollständig.

Höhepunkte in der Zusammenarbeit mit dem Fernsehen waren die ZDF-Sendung am 4. Februar 2001 „Die Erde live“ über die Antarktis mit einer Direktschaltung zur Neumayer-Station und die Live-Berichterstattung des ARD/ZDF-Morgenmagazins von der Koldewey-Station vom 18. bis zum 22. Juni 2001.

time museum) as well as during 'Sail 2000' in Bremerhaven. The project was also made available to schools where 'Live ins Eis' was included in teaching projects with support of the local Bremerhaven TV channel 'Offener Kanal'.

Living Ocean

On 16th June 2001, about 6000 visitors showed a strong public interest in the AWI during the 'Open Ship' on the AWI research vessels, where more than 100 staff members informed the public and answered questions on AWI research. The motto of this day, 'The living ocean', which emphasised on marine biology, fitted well into the German 'Life science year'. For the first time, the AWI was able to show its three research vessels RV Polarstern, RV Heincke and RV Uthörn together.

Press

The public relations department maintains a strong relationship with the media in order to publicize the AWI's scientific results and convene press conferences. 26 and 36 announcements were released to the press in 2000 and 2001 respectively.

Excellent co-operation with radio and TV editorial offices has secured a nation wide medial coverage; Print media: 2000 334 contributions, 2001 472 contributions; Radio and TV: 2000 125 contributions, 2001 130 contributions. As the analysis was not systematic the figures represent a trend, but are not complete.

Highlights were the ZDF TV feature 'Die Erde live' on the Antarctic, shown on the 4th February 2001 which included a live transmission to the Neumayer station and the live reports from the Koldewey station

Ausstellungen

Für den Erweiterungsbau des Deutschen Schifffahrtsmuseums, der am 31. Mai 2000 eröffnet worden ist, hat das AWI zur Ausstellung über die moderne Polar- und Meeresforschung wesentliche Beiträge und Exponate beigesteuert.

Auf der EXPO am Meer 2000 in Wilhelmshaven war das AWI im Pavillon Oceanis mit zahlreichen Exponaten vertreten.

Das AWI beteiligte sich an der von der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) organisierten Abenteuer-Ausstellung „Lebendige Wissenschaft“ vom 21. bis 26. November 2000 im Deutschen Museum in München. An dieser Abenteuer-Ausstellung haben sich viele WissenschaftlerInnen, auch des AWI, engagiert beteiligt – so konnte das hochgesteckte Ziel von Wissenschaft im Dialog vorbildlich erreicht werden.

Die offizielle Übergabe des Sonderpostwertzeichens „100 Jahre deutsche Antarktisforschung“ durch den Parlamentarischen Staatssekretär im Finanzministerium Herrn Diller fand am 1.11.2001 an Bord von ‚Polarstern‘ statt. Zum Erstausbegabetag am 8.11.2001 wurde im AWI ein Sonderpostamt eingerichtet.

Weitere Beteiligungen:

- Tagung der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung in Dresden mit Ausstellung im Rathaus Dresden zum Jubiläum „100 Jahre deutsche Südpolarforschung“.
- Stand des BMBF auf der Hannover-Messe im April 2001.
- Tag der offenen Tür der Universität Bremen zum Jahr der Lebenswissenschaften am 23.6.2001.
- Messe InwaterTec vom 29.8. bis 1.9.2001 in Kiel.
- Paris bei der „Fete de la science“ vom 15. bis zum 21.10.2001.

on Spitsbergen during June 18th to 22nd by the ARD/ZDF Morgen Magazin (morning magazine).

Expositions

The AWI contributed many exhibits on modern polar and marine research to the new extension of the German Maritime Museum in Bremerhaven, which was inaugurated on 31st May, 2000. The AWI also presented itself on the ‘Oceanis’ pavillion of the ‘EXPO am Meer’ exhibition in Wilhelmshaven. Furthermore, the AWI participated in the adventure exhibition ‘Living Science’ from 21st to 26th November 2000, organized by the Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) in the German Museum in Munich. Many AWI staff members took part, contributing to the overwhelming success and fulfilment of the ambitious goal to establish a scientific dialogue with the public.

German Antarctic research began 100 years ago with the ‘Gaus’ expedition. To commemorate this centenary, the Federal Ministry of Finance issued a special stamp, displaying both the ‘Gaus’ and ‘Polarstern’. The stamp was handed over officially on 1st November 2001 by the State Secretary Mr. Diller, on ‘Polarstern’. The AWI arranged a special postal stall on the 8th November 2001, the day of the first edition.

Other involvement:

- *Conference of the ‘Deutsche Gesellschaft für Polarforschung’ (German Society of Polar Research) in Dresden with an exhibition on the centenary anniversary of German Antarctic research in city hall.*
- *Stall of the BMBF at the Hannover trade show in April 2001.*
- *Open day on 23rd June 2001, at the University of Bremen during the ‘Life science year’.*

- Trade show 'Inwater Tec' in Kiel from 29th August to 1st September 2001.

- Paris at the 'Fete de la science' from the 15th to 21st October 2001.

Bücher, Berichte, Faltblätter und Broschüren

Der Zweijahresbericht 1998/99 des Instituts wurde im Mai 2000 von der Stabsstelle herausgegeben. Im März 2001 folgte die Broschüre „Beispiele aus unserer Forschung – Highlights 2001“, die in deutsch und englisch über das AWI informiert und im Mai 2001 eine Broschüre über den Neubau.

Im Sommer 2001 ist das Buch „Eiskalte Entdeckungen – Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol“ im Verlag Delius Klasing, Edition Maritim erschienen. Mehr als 50 Autoren aus dem AWI berichten über ihre Erlebnisse und Erfahrungen bei der Erforschung der Arktis, der Antarktis und der Meere in mittleren Breiten. Auf rund 355 Seiten mit vielen Farbfotos und Grafiken ist eine für Laien verständliche, spannend geschriebene und umfassende Darstellung der gegenwärtigen Polar- und Meeresforschung entstanden. Die Texte der Autoren wurden von dem Wissenschaftsjournalisten Gert Lange überarbeitet und ergänzt. Das AWI hat einen Teil der Auflage erworben und verteilt die Bücher gezielt an interessierte Lehrer naturwissenschaftlicher Fächer der Oberstufen.

Führungen und Vorträge

An dem von der Initiative „Wissenschaft im Dialog“ veranstalteten Jahr der Lebenswissenschaften beteiligt sich das AWI über den Rahmen der HGF hinaus mit eigenen Aktivitäten: Die Meeresbiologie war 2001 der Schwerpunkt der inzwischen schon Tradition gewordenen Reihe „Das AWI stellt sich vor“ in Bremerhaven und der populärwissenschaftlichen Vorträge an der Wattenmeerstation Sylt.

Führungen wurden im bewährten Rahmen

Books, reports, leaflets and brochures

The AWI biennial report 1998/99 was issued by the department in May 2000. It was followed, in March 2001, by the German/English brochure; 'Beispiele aus unserer Forschung – Highlights 2001' (Examples of our research- Highlights 2001) and in May 2001 by a brochure on the construction of the new AWI building.

The book 'Eiskalte Entdeckungen – Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol' was published by Delius Klasing (Edition Maritim), in the Summer of 2001. More than 50 AWI authors contributed to the 355 pages with reports on their experiences in the polar as well as temperate regions. The book has been supplemented with many coloured photos and graphs, and together with thrilling and attractive stories on current polar and marine research, makes pleasant reading for the layman. The authors' contributions were edited and complemented by the science journalist Gert Lange. The AWI has acquired a part of the edition and is distributing books specifically to high school science teachers.

Guided walks and lectures

Apart from participating in the 'Dialogue in Science' programme in the framework of the 'Life science year' inaugurated by the HGF, the AWI carried out its own activities: During 2001, emphasis was placed on marine biology in the continuing monthly series of popular science talks 'Das AWI stellt sich vor'

durchgeführt: Wir stellten 4730 Besuchern in 260 Gruppen die Arbeit des Instituts vor. Die vor einigen Jahren begonnene Ferienpassaktion für Kinder fand auch in den vergangenen Jahren in den Sommerferien statt.

Internet

Das Konzept des Internetauftritts und die allgemein informierenden Internetseiten des Instituts werden von der Stabsstelle Presse- und Öffentlichkeitsarbeit betreut. Gemeinsam mit dem Rechenzentrum wird der Internetauftritt laufend verbessert und modernisiert.

Die Einführung der speziellen Rubrik „Click & Learn“ auf den Internetseiten des AWI im Jahr 2000 hat dazu beigetragen Jugendliche stärker für die Arbeit des Instituts zu interessieren.

Im August 2001 ist eine neue Homepage des AWI ans Netz gegangen, die neben einer Struktur, die den Nutzern die Informationen leichter erschließt auch wesentlich mehr aktuelle wissenschaftliche Ergebnisse enthält. Die Planung, Recherche und medien-gerechte Darstellung liegt in Händen der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit.

Schulen

Das AWI ist regelmäßig mit Schulen im Kontakt, die für den Unterricht zusätzliche Informationen und Material benötigen. Darüberhinaus kooperiert das AWI mit einzelnen Schulen intensiver: Das AWI beteiligt sich an dem Projekt „System Erde“, das das Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel, gefördert vom BMBF, durchführt.

Die gute Zusammenarbeit mit der EXPO Schule Kooperative Gesamtschule Stuhr hat sich mit der

(The AWI introduces itself) in both Bremerhaven and at the Wadden sea station Sylt.

Guided walks through the AWI were continued in the established manner. We provided 4730 visitors and 260 groups with the opportunity to learn about AWI research. The AWI enables school children to visit its premises in the summer holidays in the framework of the city's holiday pass programme.

Internet

The internet concept as well as the pages on general information are provided and serviced by the press and public relations department. The pages are continuously improved and updated in co-operation with the computer department. The introduction of a special forum 'Click and Learn' in 2000 has served to attract the attention and interest of young people in the work being done at the AWI. Schools too have been able to co-operate directly with the AWI. Links to various school projects dealing with polar research were provided. The AWI Homepage, introduced in 2001, with a new outline enables quicker access to more current research activities and results.

The planning, research and correct medial presentation of the internet are done by the press and public relations department.

School

The AWI provides continuing access to schools requiring additional information and tutorial material. It also supports individual projects such as 'System Erde' (Earth System) which was initiated by the 'Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften' (Pedagogics of natural sciences Institute) in Kiel, promoted by the BMBF. Collaboration with the EXPO school in Stuhr

Gründung des ProScienceTech Netzwerkes in Bremen ausgeweitet. Sein Ziel ist die Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch Zusammenarbeit von Schulen mit Wirtschaftsunternehmen und Forschungsinstituten.

Mit den Auricher Wissenschaftstagen hat sich die Zusammenarbeit aufgrund des großen Engagements und Interesses der Schulen verstärkt. Bei den 11. Wissenschaftstagen im November 2000 hat Prof. Thiede den Eröffnungsvortrag gehalten. Im Rahmen eines Stipendiatenprogramms arbeiten regelmäßig einige Schüler während der Oster- und Herbstferien als Praktikanten im AWI.

Das große Engagement der Auricher Wissenschaftstage hat dazu geführt, dass im Januar 2002 erstmalig eine kleine Schulgruppe an einer Antarktisexpedition auf ‚Polarstern‘ teilgenommen hat.

was expanded by the founding of the ProScienceTech network in Bremen.

Its aim is the improvement of the science curriculum by encouraging and facilitating co-operating between schools with businesses and research centres.

The co-operation was intensified during the Auricher Wissenschaftstage (Aurich science days) due to intensive public interest and participation. The AWI director Prof. Thiede held the opening speech of the 11th 'Science Days' meeting. Several scholars come to the AWI during the Easter and autumn holidays to work, funded by stipends. During January 2002, the enthusiastic involvement of scholars during the 'Auricher Wissenschaftstage' for the first time enabled the participation of four pupils and two teachers in a 'Polarstern' expedition to Antarctica.



8. Personelle Situation und Haushaltsentwicklung | *Personnel structure and budget trends*



Das Forschungsschiff ‚Polarstern‘ vom Meereis
aus gesehen

Sea ice view of the RV ‚Polarstern‘

8.1 Personalplan 2000/2001 | Staff plan 2000/2001

Die personelle Entwicklung im Berichtszeitraum ist in der nachstehenden Übersicht dargestellt.

Bremerhaven	am 31.12.2000		am 31.12.2001	
	Soll	Ist	Soll	Ist
Stellenplan	226	225	223	226
Annex-Personal	214	195	204	208
unbefristetes Drittmittelpersonal	18	18	18	18
befristetes Drittmittelpersonal	-	103	-	121
Summe	458	541	445	573

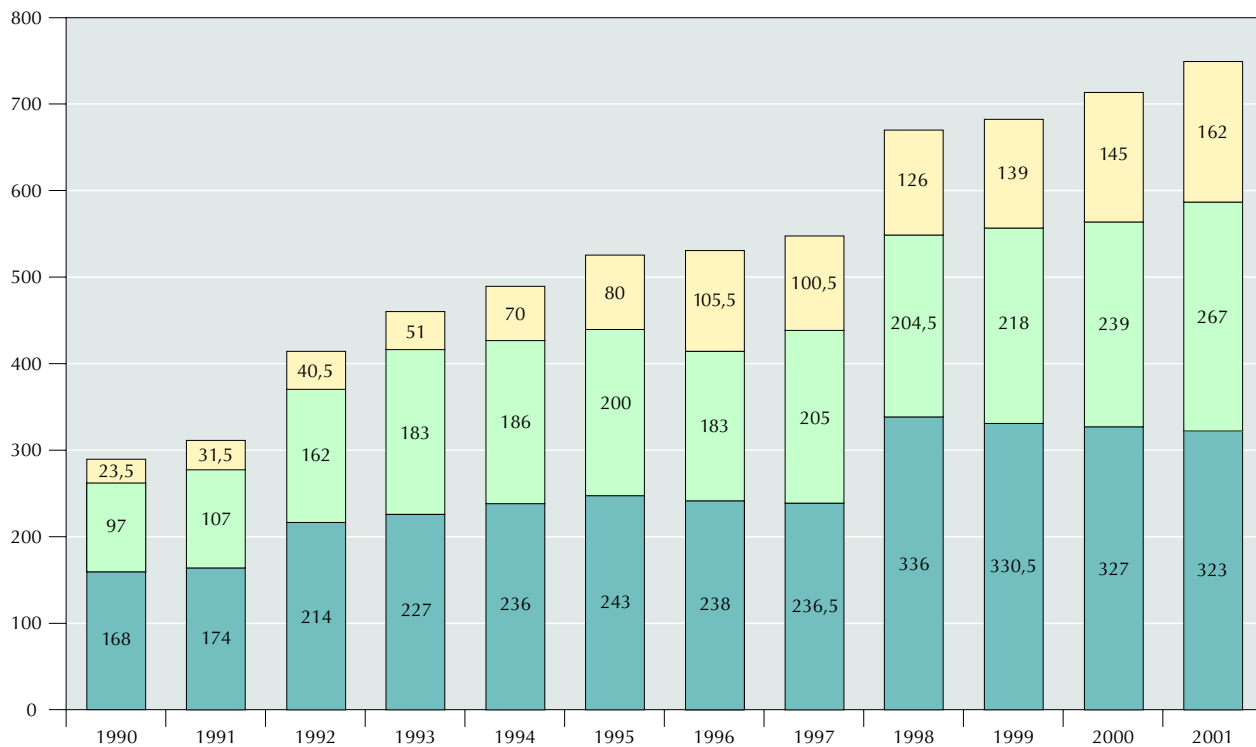
Potsdam	am 31.12.2000		am 31.12.2001	
	Soll	Ist	Soll	Ist
Stellenplan	32	31	31	31
Annex-Personal	31	31	33	27
unbefristetes Drittmittelpersonal	2	2	2	2
befristetes Drittmittelpersonal	-	11	-	17
Summe	65	75	66	77

Helgoland	am 31.12.2000		am 31.12.2001	
	Soll	Ist	Soll	Ist
Stellenplan	51	45	49	43
Annex-Personal	10	14	15	17
befristetes Drittmittelpersonal	-	4	-	3
Summe	61	63	64	63

List/Sylt	am 31.12.2000		am 31.12.2001	
	Soll	Ist	Soll	Ist
Stellenplan	19,5	20	20	20
Annex-Personal	10	11	15	13
befristetes Drittmittelpersonal	-	1	-	1
Summe	29,5	32	35	34

Stiftung AWI gesamt	am 31.12.2000		am 31.12.2001	
	Soll	Ist	Soll	Ist
Stellenplan	328,5	327	323	320
Annex-Personal	265	239	267	265
unbefristetes Drittmittelpersonal	20	20	20	20
befristetes Drittmittelpersonal	-	125	-	142
Summe	613,5	711	610	747

Personalentwicklung im AWI von 1990 bis 2001 (in Stellen)



Personalentwicklung im AWI von 1990 bis 2001 (in Personen)

8.2 Finanzplan 2000/2001 | Financial plan 2000/2001

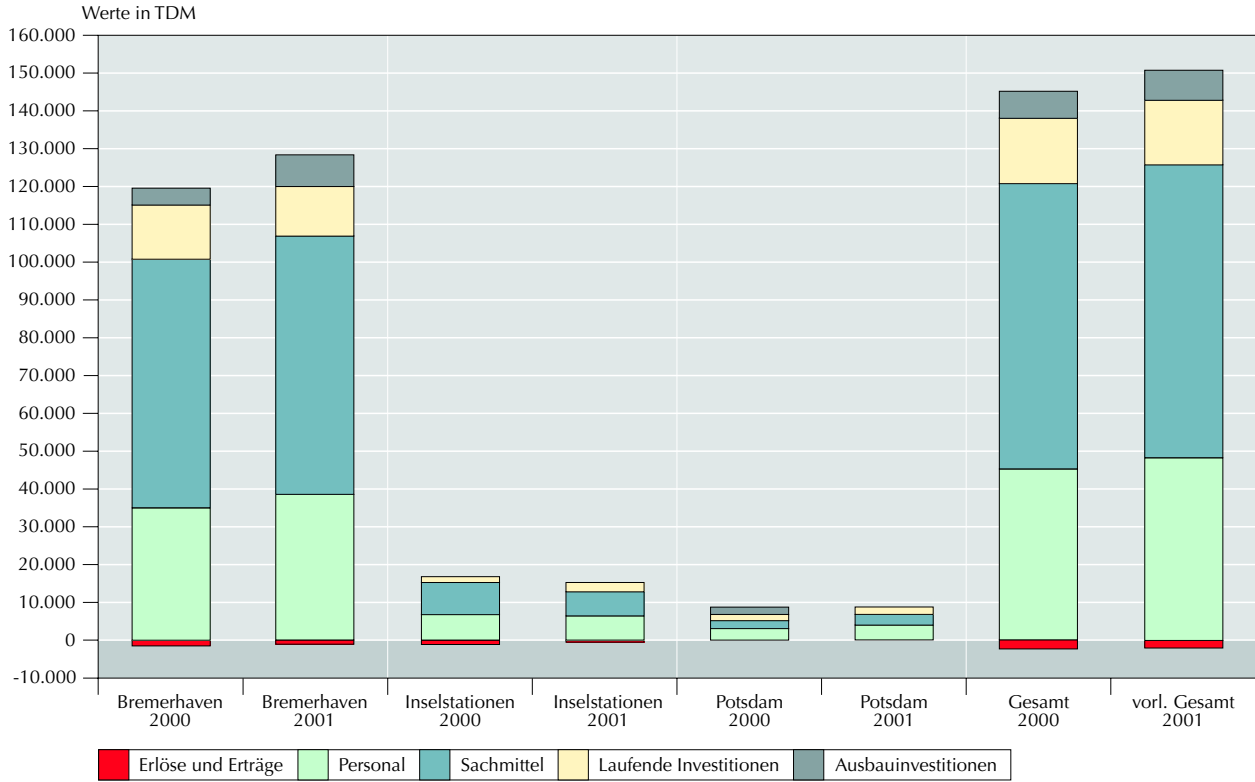
Stiftung AWI

Ist am 31.12.2000

Ist am 31.12.2001

	Ist am 31.12.2000				Ist am 31.12.2001			
	Bremerhaven TDM	BAH TDM	Potsdam TDM	gesamt TDM	Bremerhaven TDM	BAH TDM	Potsdam TDM	gesamt TDM
Betrieb								
Personal	35.246	6.597	3.383	45.226	38.624	6.029	3.819	48.472
Sachmittel	65.396	8.329	1.654	75.379	68.205	7.041	2.325	77.571
Investitionen								
Laufende Investitionen	14.785	1.262	1.564	17.611	13.058	2.148	1.349	16.555
Ausbau- investitionen	3.825	0	2.061	5.886	7.840	0		7.840
Einnahmen								
Erlöse u. Erträge	-830	-719	-58	-1.607	-681	-595	-33	-1.309
Gesamt								
Drittmittel	118.422	15.469	8.604	142.495	127.046	14.623	7.460	149.129
	17.068	581	2.104	19.753	20.614	587	1.862	23.063

Finanzplan 2000 / 2001





9. Veröffentlichungen, Patente | *Publications, patents*



Multinetz

Multi net

9.1 Veröffentlichungen des Instituts | *Publications of the Institute*

Berichte zur Polarforschung

- Heft 346/2000:** „Glazialmarine Sedimentationsentwicklung am westantarktischen Kontinentalrand im Amundsen- und Bellingshausenmeer – Hinweise auf Paläoumweltveränderungen während der quartären Klimazyklen“, von Claus-Dieter Hillenbrand
- Heft 347/2000:** „Zur Ökologie des Phytoplanktons im arktischen Laptevmeer – ein jahreszeitlicher Vergleich“, von Kirsten Tuschling
- Heft 348/2000:** „Untersuchungen zum Fettstoffwechsel des Südlichen See-Elefanten (*Mirounga leonina* L.) in der Antarktis“, von Sven Ramdohr
- Heft 349/2000:** „Licht- und Temperatureinfluß auf den enzymatischen Oxidationsschutz der antarktischen Eisdiatomee *Entomoneis kufferathii* Manguin“, von Raimund Schriek
- Heft 350/2000:** „Die Expedition ARKTIS XV/3 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1999“ hrsg. von Ursula Schauer
- Heft 351/2000:** „Dissolution kinetics of biogenic silica in marine environments“, by Dirk Rickert
- Heft 352/2000:** „Geometrie und Kinematik des tertiären Deckenbaus im West-Spitzbergen Falten- und Überschiebungsgürtel, Brøggerhalvøya, Svalbard“, von Kerstin Saalmann
- Heft 353/2000:** „Zur Ökologie der Benthos-Foraminiferen der Potter Cove (King George Island, Antarktis)“, von Michaela Mayer
- Heft 354/2000:** „Expeditions in Siberia in 1999“, ed. by Volker Rachold
- Heft 355/2000:** „Temperaturrekonstruktion im Tropischen Atlantik für das Letzte Glaziale Maximum: CLIMAP neu betrachtet“, von Carsten Porthun
- Heft 356/2000:** „Niederfrequente Variabilität großräumiger atmosphärischer Zirkulationsstrukturen in spektralen Modellen niederer Ordnung“, von Antje Weisheimer
- Heft 357/2000:** „Late Quaternary paleoclimatic reconstructions along the Eurasian continental margin“, by Hans Peter Kleiber
- Heft 358/2000:** „Holocene environmental history of East Greenland – evidence from lake sediments“, by Bernd Wagner
- Heft 359/2000:** „Scientific Cooperation in the Russian Arctic: Ecology of the White Sea with Emphasis on its Deep Basin“, ed. by Eike Rachor
- Heft 360/2000:** „Scientific Cruise Report of the Joint Russian-German Kara-Sea Expedition of RV ‚Akademik Boris Petrov‘ in 1999“, ed. by Ruediger Stein and Oleg Stepanets
- Heft 361/2000:** „Planktic foraminifer ecology and stable isotope geochemistry in the Arctic Ocean: implications from water column and sediment surface studies for quantitative reconstructions of oceanic parameters“, by Renate Volkmann
- Heft 362/2000:** „Eisbohrkernuntersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Variabilität von Temperatur und Niederschlagsrate im Spätholozän in Nordgrönland“, von Matthias Schwager
- Heft 363/2000:** „Benthische Peracarida (Crustacea, Malacostraca) des arktischen Mellemfjordes, West-Grönland“, von Anne-Nina Lörz
- Heft 364/2000:** „Die Expeditionen ANTARKTIS XVI/3-4 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1999“, hrsg. von Ulrich Bathmann, Victor Smetacek und Manfred Reinke
- Heft 365/2000:** „Organic carbon in Late Quaternary sediments: Responses to paleoenvironmental changes in the Laptev and Kara seas (Arctic Ocean)“, by Bettina Boucsein

- Heft 366/2000:** „Flugzeuggestützte Topographie- und Schweremessung: Meßsystem und Anwendung auf die Region Framstraße, Spitzbergen und Nordostgrönland“, von Tobias Boebel
- Heft 367/2000:** „Messung dielektrischer Eigenschaften polarer Eiskerne“, von Frank Wilhelms
- Heft 368/2000:** „The expedition ARKTIS-XV/2 of RV ‚Polarstern‘ in 1999“, ed. by Wilfried Jokat
- Heft 369/2000:** „Interpretation seismischer und gravimetrischer Daten des Weddellmeeres, Antarktis“, von Johannes Rogenhagen
- Heft 370/2000:** „Struktureigenschaften und Nahrungsbedarf der Zoobenthosgemeinschaften im Bereich des Lomonossowrückens im Arktischen Ozean“, von Hendrik Deubel
- Heft 371/2000:** „Die Rolle der Schneebedeckung für die Kryptogamen-Vegetation in der maritimen Antarktis (Potter-Halbinsel, King George Island)“, von Jana Barbo Winkler
- Heft 372/2000:** „Biodiversity of the Weddell Sea: macrozoobenthic (dimersal fish included) sampled during the expedition ANT XIII/3 (EASIZ) with RV ‚Polarstern‘“, ed. by Julian Gutt, Boris I. Sirenko, Wolf E. Arntz, Igor S. Smirnov, and Claude De Broyer
- Heft 373/2000:** „Benthische Foraminiferen im Boreas-Becken, Grönlandsee: Verbreitung und paläoozeanographische Rekonstruktion für die letzten 450.000 Jahre“, von Sabine Magnus
- Heft 374/2000:** „Scherwellendoppelbrechungsanalyse von Registrierungen der Stationen des seismologischen Netzwerkes an der Neumayer-Station, Antarktis: Seismische Anisotropie und die tektonische Entwicklung des Kontinentalrandes Queen Maud Lands“, von Christian Müller
- Heft 375/2000:** „Effects of enhanced UV-Radiation on photosynthesis of Arctic/cold-temperate macroalgae“, by Kai Bischof
- Heft 376/2000:** „Saisonalität und kurzperiodische Variabilität des Seesalz-Aerosols und des bodennahen Ozons in der Antarktis (Neumayer-Station) unter Berücksichtigung der Meereisbedeckung“, von Jörg Hofmann
- Ab dem Heft 377 erscheint die Reihe unter dem Namen: „Berichte zur Polar- und Meeresforschung“
- Heft 377/2000:** „Rekrutierungsmuster ausgewählter Wattfauna nach unterschiedlich strengen Wintern“, von Matthias Strasser
- Heft 378/2001:** „Der Transport von Wärme, Wasser und Salz in den Arktischen Ozean“, von Boris Cisewski
- Heft 379/2001:** „Analyse hydrographischer Schnitte mit Satellitenaltimetrie“, von Martin Losch
- Heft 380/2001:** „Die Expedition ANTARKTIS XVI/1-2 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1998/99“, hrsg. von Eberhard Fahrbach und Saad El Naggar
- Heft 381/2001:** „UV-Schutz- und Reparaturmechanismen bei antarktischen Diatomeen und Phaeocystis antarctica“, von Lieselotte Riegger
- Heft 382/2001:** „Age determination in polar Crustacea using the autofluorescent pigment lipofuscin“, by Bodil Bluhm
- Heft 383/2001:** „Zeitliche und räumliche Verteilung, Habitatspräferenzen und Populationsdynamik benthischer Copepoda Harpacticoida in der Potter Cove (King George Island, Antarktis)“, von Gritta Veit-Köhler
- Heft 384/2001:** „Beiträge aus geophysikalischen Messungen in Dronning Maud Land, Antarktis, zur Auffindung eines optimalen Bohrpunktes für eine Eiskerntiefbohrung“, von Daniel Steinhage
- Heft 385/2001:** „Actinium-227 als Tracer für Advektion und Mischung in der Tiefsee“, von Walter Geibert
- Heft 386/2001:** „Messung von optischen Eigenschaften troposphärischer Aerosole in der Arktis“, von Rolf Schumacher
- Heft 387/2001:** „Bestimmung des Ozonabbaus in der arktischen und subarktischen Stratosphäre“, von Astrid Schulz

- Heft 388/2001:** „Russian-German Cooperation SYSTEM LAPTEV SEA 2000: The expedition LENA 2000“, ed. by Volker Rachold and Mikhail N. Grigoriev
- Heft 389/2001:** „The expeditions ARKTIS XVI/1 and ARKTIS XVI/2 of the research vessel ‚Polarstern‘ in 2000“, ed. by Gunther Krause and Ursula Schauer
- Heft 390/2001:** „Late Quaternary climate variations recorded in North Atlantic deep-sea ostracodes“, by Claudia Didié
- Heft 391/2001:** „The polar and subpolar North Atlantic during the last five glacial-interglacial cycles“, by Jan P. Helmke
- Heft 392/2001:** „Geochemische Untersuchungen an hydrothermal beeinflussten Sedimenten der Bransfield Straße (Antarktis)“, von Anke Dählmann
- Heft 393/2001:** „The German-Russian Project on Siberian River Run-off (SIRRO): Scientific cruise report of the Kara-Sea Expedition ‚SIRRO 2000‘ of RV ‚Akademik Boris Petrov‘ and first results“, ed. by Ruediger Stein and Oleg Stepanets
- Heft 394/2001:** „Untersuchungen der Photooxidantien Wasserstoffperoxid, Methylhydroperoxid und Formaldehyd in der Troposphäre der Antarktis“, von Katja Riedel
- Heft 395/2001:** „Role of benthic cnidarians in energy transfer processes in the Southern Ocean marine ecosystem (Antarctica)“ by Covadonga Orejas Saco del Valle
- Heft 396/2001:** „Biogeochemistry of dissolved carbohydrates in the Arctic“, by Ralph Engbrodt
- Heft 397/2001:** „Seasonality of marine algae and grazers of an Antarctic rocky intertidal, with emphasis on the role of the limpet *Nacella coninna* Strebel (Gastropoda: Patellidae)“, by Dohong Kim
- Heft 398/2001:** „Polare Stratosphärenwolken und mesoskalige Dynamik am Polarwirbelrand“, von Marion Müller
- Heft 399/2001:** „North Atlantic deep water and Antarctic bottom water: their interaction and influence on modes of the global circulation“, by Holger Brix
- Heft 400/2001:** „The expeditions ANTARKTIS XVIII/1-2 of the research vessel ‚Polarstern‘ in 2000“, ed. by Victor Smetacek, Ulrich Bathmann, Saad El Nagggar
- Heft 401/2001:** „Variabilität von CH₂ (Formaldehyd) - untersucht mit Hilfe der solaren Absorptionsspektroskopie und Modellen“, von Torsten Albrecht
- Heft 402/2001:** „The expedition ANTARKTIS XVII/3 (EASIZ III) of RV ‚Polarstern‘ in 2000“, ed. by Wolf E. Arntz and Thomas Brey
- Heft 403/2001:** „Mikrohabitatansprüche benthischer Foraminiferen in Sedimenten des Südatlantiks“, von Stefanie Schumacher

Berichte aus dem Fachbereich Physik

Report 98 (Preprint, Februar 2000)

Partitioning , Reordering and Solving an Advection Diffusion Problem Formulated in Finite Elements – Comparism of a Parallel ILU-Preconditioned GMRES-Solver with a Parallel Static Pivoting Gaussian Eliminating Solver –
U. Dobrindt, S. Frickenhaus

Report 99 (Technical Report, 2000)

Coupling parallel atmosphere-and ocean-models in a metacomputing environment: Experience gained from the Gigabit Testbed West
S. Frickenhaus, W. Hiller

Report 100 (Technical Report, Juni 2000)

FEMSA - An Inverse Finite Element Model for the South Atlantic
U. Dobrindt

Report 101 (Technical Report, Juni 2000)

FENA – A Finite Element Model for the North Atlantic
G. Kivman, D. Nechaev, J. Schröter and U. Dobrindt

Report 102 (Technical Report, Juli 2000)

Data Report on Sea Ice Buoys and Automatic Weather Stations Operated by the Alfred Wegener Institute from 1997-1999
Hartmut H. Hellmer und Lutz Sellmann

Report 103 (Technical Report, Oktober 2000)

Vergleich der thermohalinen Zirkulation in zwei globalen ozeanischen Zirkulationsmodellen / The Ocean Model Intercomparison Project
Bernadette Fritzsich, Rüdiger Gerdes, Wolfgang Hiller, Mojib Latif, Stephanie Legutke, Ernst Maier-Reimer, Dirk Olbers und Frank Roeske

Report 104 (Preprint, März 2001)

Turbulence closure for the convective boundary layer through effects of coherent structures: A multi-scale mass-flux approach
Vladimir Gryanik, Jörg Hartmann

Filchner Ronne Ice Shelf Programme

Report No. 13 (2000), comp. by Hans Oerter: 77 pp.

Polarstern Abstracts

Heft 14/2000, Eds. J. Voß-Diestelkamp, W.E. Arntz: 224 pp.

Wissenschaftliches Referat:

Forschungs- und Entwicklungsprogramm 2001/2002

(2001): 160 pp.

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit:

Zweijahresbericht 1998/99 Report 1998/99

(2000): 236 pp.

Redaktion: M. Pauls

Beispiele aus unserer Forschung 2001

Research Highlights 2001

(2001): 72 pp.

Redaktion: M. Pauls

9.2 Veröffentlichungen der Mitarbeiter | *Publications by members staff*

2000 , begutachtet

- Aguilera, J., Gordillo, M., Karsten, U., Figueroa, F. L., Niell, F. X. (2000). Light quality effect on photosynthesis and efficiency of carbon assimilation in the red alga *Porphyra leucosticta*, *Journal of Plant Physiology* 157: 86-92
- Anger, K., Charmantier, G. (2000). Ontogeny of osmoregulation and salinity tolerance in a mangrove crab, *Sesarma curacaoense* (Decapoda: Grapsidae), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 251: 265-274
- Anger, K., Riesebeck, K., Püschel, C. (2000). Effects of salinity on larval and early juvenile growth of an extremely euryhaline crab species, *Armases miersii* (Decapoda: Grapsidae), *Hydrobiologia* 426: 159-166
- Armonies, W. (2000). A method for rapid abundance estimation of semiplanktonic meiofauna, *Helgoland Marine Research* 54: 213-223
- Armonies, W. (2000). On the spatial scale needed for benthos community monitoring in the coastal North Sea, *Journal of Sea Research* 43: 121-133
- Armonies, W., Reise, K. (2000). Faunal diversity across a sandy shore, *Marine Ecology Progress Series* 196: 49-57
- Asmus, H., Asmus, R. (eds.) (2000). ECSA-Workshop on Intertidal Seagrass Beds and Algal Mats: Organisms and Fluxes at the Ecosystem Level, *Helgoland Marine Research* 54(2/3): 53-158
- Asmus, H., Asmus, R. (2000). Material exchange and food web of seagrass beds in the Sylt-Rømø Bight: how significant are community changes at the ecosystem level? *Helgoland Marine Research* 54: 137-150
- Asmus, R. M., Sprung, M., Asmus, H. (2000). Nutrient fluxes in intertidal communities of a South European lagoon (Ria Formosa) – similarities and differences with a northern Wadden Sea bay (Sylt-Rømø Bay), *Hydrobiologia* 436: 217-235
- Bamber, J. L., Hardy, R. J., Huybrechts, P., Joughin, I. (2000). A comparison of balance velocities, measured velocities, and thermomechanically modelled velocities for the Greenland ice sheet, *Annals of Glaciology* 30: 211-216
- Barrows, T.T., Juggins, S., Deckker, P. De, Thiede, J., Martinez, J. I. (2000). Sea-surface temperatures of the southwest Pacific Ocean during the Last Glacial Maximum, *Paleoceanography* 15(1): 95-109
- Bartsch, I., Kühlenkamp, R. (2000). The marine macroalgae of Helgoland (North Sea): an annotated list of records between 1845 and 1999, *Helgoland Marine Research* 54: 160-189
- Bathmann, U., Priddle, J., Treguer, P., Lucas, M., Hall, J., Parslow, J. (2000). Plankton ecology and biogeochemistry in the Southern Ocean: A review of the Southern Ocean JGOFS, in: *The changing ocean carbon cycle : a midterm synthesis of the Joint Global Ocean Flux Study* (R. B. Hanson, H. W. Ducklow, J. G. Field, eds.), *International Geosphere-Biosphere Programme Book Series* 5: 300-337
- Bauch, D., Carstens, J., Wefer, G., Thiede, J. (2000). The imprint of anthropogenic CO₂ in the Arctic Ocean: evidence from planktic δ¹³C data from water-column and sediment surfaces, *Deep-Sea Res II* 47: 1791-1808
- Bauch, H. A., Erlenkeuser, H., Jung, S. J. A., Thiede, J. (2000). Surface and deep water changes in the sub-polar North Atlantic during Termination II and the

- last interglaciation, *Paleoceanography* 15(1): 76-84
- Bauer, K., Neben, S., Schreckenberger, B., Emmermann, R., Hinz, K., Fechner, N., Gohl, K., Schulze, A., Trumbull, R. B., Weber, K. (2000). Deep structure of the Namibia continental margin as derived from integrated geophysical studies, *Journal of Geophysical Research* 105/B11: 25829-25853
- Becker, E., Notholt, J. (2000). Intercomparison and validation of FTIR measurements with the sun, the moon and emission in the Arctic, *J Quant Spec Rad Transfer* 65: 779-786
- Becker, G., Müller, R., McKenna, D. S., Rex, M., Carslaw, K. S., Oelhaf, H. (2000). Ozone loss rates in the Arctic stratosphere in the winter 1994/95: Model simulations underestimate results of the Match analysis, *J Geophys Res* 105: 15175-15184
- Behrens, J., Dethloff, K., Hiller, W., Rinke, A. (2000). Evolution of small scale filaments in an adaptive advection model for idealized tracer transport, *Monthly Weather Review* 128: 2976-2982
- Bemis, B. E., Spero, H. J., Lea, D. W., Bijma, J. (2000). Temperature influence on the carbon isotopic composition of *Orbulina universa* and *Globigerina bulloides* (planktonic foraminifera), *Marine Micropaleontology* 38: 213-228
- Beyerle, G. (2000). Detection of stratospheric sulfuric acid aerosols with polarization lidar: theory, simulations and observations, *Applied Optics* 39(27): 4994-5000
- Biele, J., Beyerle, G., Baumgarten, G. (2000). Polarization lidar: Corrections of instrumental effects, *Optics Express* 7(12): 427-435
<http://www.opticsexpress.org/oearchive/source/26746.htm>
- Bischof, K., Kräbs, G., Hanelt, D., Wiencke, C. (2000). Photosynthetic characteristics and mycosporine-like amino acids under UV-radiation: a competitive advantage of *Mastocarpus stellatus* over *Chondrus crispus* at the Helgoland shoreline? *Helgoland Marine Research* 54: 47-52
- Bleeker, F.E., Hazen, L.G.M., Köhler, A., Noorden, C.J.F. van (2000). Direct comparison of the sensitivity of enzyme histochemical and immunohistochemical methods: cathepsin B expression in human colorectal mucosa, *Acta Histochemistry* 102: 247-257
- Bornemann, H., Kreyscher, M., Ramdohr, S., Martin, T., Carlini, A., Sellmann, L., Plötz, J. (2000). Southern elephant seal movements and Antarctic sea ice, *Antarctic Science* 12: 3-15
- Boucein, B., Fahl, K., Stein, R. (2000). Late Quaternary organic matter records from the Laptev Sea continental margin: Evidence for the variability of river discharge during the last 15000 years BP. *International Journal of Earth Sciences* 89: 578-591
- Boucein, B., Stein, R. (2000). Particulate organic matter in surface sediments of the Laptev Sea (Arctic Ocean): application of maceral analysis as organic-carbon-source indicator, *Marine Geology* 162: 573-586
- Bracher, A. U., Wiencke, C. (2000). Simulation of the effects of naturally enhanced UV-radiation on photosynthesis of Antarctic phytoplankton, *Marine Ecology Progress Series* 196: 127-141
- Bremec, C., Brey, T., Lasta, M., Valero, J., Lucifora, L. (2000). *Zygochlamys patagonica* beds on the Argentinian shelf. Part I: Energy flow through the scallop bed community, *Archive of Fishery and Marine Research* 48: 295-303
- Brouwer, P.E.M., Bischof, K., Hanelt, D., Kromkamp, J. (2000). Photosynthesis of two Arctic macroalgae under different ambient radiation levels and their sensitivity to enhanced UV radiation, *Polar Biology* 23: 257-264
- Bulnheim, H.-P. (2000). Warum produzieren zahlreiche marine Schnecken zwei verschiedene Typen von Spermien? *Biologie in unserer Zeit* 30: 105-110
- Buschbaum, C. (2000). Direct and indirect effects of *Littorina littorea* (L.) on barnacles growing on mussel beds in the Wadden Sea, *Hydrobiologia* 440: 119-128

- Bussmann, I., Kattner, G. (2000). Distribution of dissolved organic carbon in the central Arctic Ocean: the influence of physical and biological properties, *Journal of Marine Systems* 27: 209-219
- Chakraborty, B., Schenke, H.W., Kodagali, V., Hagen, R. (2000). Seabottom characterization using Multibeam Echosounder Angular Backscatter: An application of the Composite Roughness Theory, *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing* 38(5): 2419-2422
- Crame, J. A., Arntz, W. E., Thomson, M. R. (2000). A Late Jurassic belemnite dredged from the floor of the eastern Weddell Sea, *Antarct Sci*, Early Cretaceous 12: 177 f.
- Dereviagin, A. Y., Chizhov, A. B., Brezgunov, V. S., Simonov, E. F., Hubberten, H.-W. (2000). Snowy-firn ground ice in Taymyr, *Earth Cryosphere* 4(4): 15-21
- Dethleff, D., Rachold, V., Tintelnot, M., Antonow, M. (2000). Sea-ice transport of riverine particles from the Laptev Sea to Fram Strait based on clay mineral studies, *International Journal of Earth Sciences* 89: 496-502
- Diekmann, B., Kuhn, G., Rachold, V., Abelmann, A., Brathauer, U., Fütterer, D. K., Gersonde, R., Grobe, H. (2000). Terrigenous sediment supply in the Scotia Sea (Southern Ocean): response to Late Quaternary ice dynamics in Patagonia and on the Antarctic Peninsula, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 162: 357-387
- Dorn, W., Dethloff, K., Rinke, A., Botzet, M. (2000). Distinct circulation states of the Arctic atmosphere induced by natural climate variability, *J. Geophys. Res.* 105: 29659-29668
- Dowdeswell, J. A., Whittington, R. J., Jennings, A. E., Andrews, J. T., Mackensen, A., Marienfeld, P. (2000). An origin for laminated glacial marine sediments through sea-ice build-up and suppressed iceberg rafting, *Sedimentology* 47: 557-576
- Döscher, R., Beckmann, A. (2000). Effects of a bottom boundary layer parameterization in a coarse resolution model of the North-Atlantic Ocean, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 5: 698-707
- Edvardsen, B., Eikrem, W., Green, J. C., Andersen, R., Moon-van der Staay, S. Y., Medlin, L. K. (2000). Phylogenetic reconstructions of the Haptophyta inferred from 18S ribosomal DNA sequences and available morphological data, *Phycologia* 39: 19-35
- Eicken, H., Bock, C., Wittig, R., Miller, H., Pörtner, H.O. (2000). Magnetic resonance imaging of sea-ice pore fluids: methods and thermal evolution of pore microstructure, *Cold Regions Science and Technology* 31: 207-225
- Eicken, H., Kolatschek, J., Freitag, J., Lindemann, F., Kassens, H., Dmitrenko, I. (2000). A key source area and constraints on entrainment for basin-scale sediment transport by Arctic sea ice, *Geophysical Research Letters* 27(13): 1919-1922
- Falk-Petersen, S., Hagen, W., Kattner, G., Clarke, A., Sargent, J. (2000). Lipids, trophic relationships, and biodiversity in Arctic and Antarctic krill, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57 (Suppl. 3): 178-191
- Falkowski, P., Scholes, R.J., Boyle, E., Canadell, J., Canfield, D., Elser, J., Gruber, N., Hibbard, K., Högberg, P., Linder, S., Mackenzie, F.T., Moore III, B., Pedersen, T., Rosenthal, Y., Seitzinger, S., Smetacek, V., Steffen, W. (2000). The global carbon cycle: A test of our knowledge of earth as a system, *Science* 290: 291-296
- Fernández, M., Bock, C., Pörtner, H.O. (2000). The cost of being a caring mother: the ignored factor in the reproduction of marine invertebrates. *Ecology Letters* 3: 487-494
- Flores, J. A., Gersonde, R., Sierro, F. J. (2000). Pleistocene fluctuations of the Agulhas Current Retroflection based on the calcareous plankton record, *Marine Micropaleontology* 37: 1-22

- Flores, J.A., Gersonde, R., Sierro, F.J., Niebler, H.-S. (2000). Southern Ocean Pleistocene calcareous nannofossil events: Calibration with isotope and geomagnetic stratigraphies, *Marine Micropaleontology* 40: 377-402
- Fock, H.O. (2000). Analysis of community structure, in: ICES Zooplankton Methodology Manual (R. Harris, P. Wiebe, J. Lenz, H.R. Skjoldal, M. Huntley, eds.): 154-173
- Franklin, T.M., Lee, J.-S., Köhler, A., Chipman J.K. (2000). Analysis of mutations in the P53 tumor suppressor gene and Ki-and Ha-ras proto-oncogenes in hepatic tumours of European flounder (*Platichthys flesus* L.), *Mar. Envir. Res.* 50: 251-255
- Frederich, M., Wachter, B. De, Sartoris, F.J., Pörtner, H.O. (2000). Cold tolerance and the regulation of cardiac performance and haemolymph distribution in *Maja squinado* (Crustacea, Decapoda), *Physiol. Bioch. Zool.* 73: 406-415
- Frederich, M., Pörtner, H.O. (2000). Oxygen limitation of thermal tolerance defined by cardiac and ventilatory performance in the spider crab *Maja squinado*, *American Journal of Physiology* 279: R1531-R1538
- Frederich, M., Sartoris, F. J., Arntz, W., Pörtner, H. O. (2000). Haemolymph Mg²⁺ regulation in decapod crustaceans: physiological correlates and ecological consequences in polar areas, *Journal of experimental Biology* 203: 1383-1393
- Gerdes, R. (2000). Modelling the variability of exchanges between the Arctic Ocean and the Nordic Seas, in: *The Arctic Ocean freshwater budget* (L. E. Lewis, ed.), NATO ARW, Kluwer, Dordrecht: 533-547
- Gersonde, R., Deutsch, A. (2000). New field of impact research looks to the Ocean, *EOS* 81(20): 221-228
- Gersonde, R., Zielinski, U. (2000). The reconstruction of late Quaternary Antarctic sea ice distribution - The use of diatoms as a sea ice proxy, *Palaeogeography, -climatology, -ecology* 162: 263-286
- Gili, J.-M., Orejas, C., Ros, J., Lopez, P., Arntz, W. E. (2000). La vida en los fondos antárticos, *Investigación y Ciencia* 290: 64-74
- Gonzalez, H., Sobarzo, M., Figueroa, D., Nöthig, E.-M. (2000). Composition, biomass and potential grazing impact of the crustacean and pelagic tunicates in the northern Humboldt Current area off Chile: differences between El Niño and non- El Niño years, *Marine Ecology Progress Series* 195: 201-220
- Griffies, S.M., Boening, C., Bryan, F.O., Chassignet, E.P., Gerdes, R., Hasumi, H., Hirst, A., Treguier, A.-M., Webb, D. (2000). Developments in ocean climate modelling, *Ocean modelling* 2: 123-192
- Groben, R., Doucette, G.J., Kopp, M., Kodama, M., Amann, R., Medlin, L.K. (2000). 16S rRNA Targeted probes for the identification of bacterial strains isolated from cultures of the toxic dinoflagellate *Alexandrium tamarense*, *Microbial Ecology* 39: 186-196
- Gryanik, V.M., Doronina, T.N., Olbers, D.J., Warncke, T.H. (2000). The theory of three-dimensional hetons and vortex-dominated spreading in localized turbulent convection in a fast rotating stratified fluid, *Journal of Fluid Mechanics* 423: 71-125
- Gutt, J. (2000). Some „driving forces“ structuring communities of the sublittoral Antarctic macrobenthos, *Antarctic Science* 12(3): 297-313
- Günther, C.-P., Fedyakov, V.V. (2000). Seasonal changes in the bivalve larval plankton of the White Sea, *Senckenbergiana maritima* 30: 141-151
- Hagen, W., Kattner, G., Friedrich, C. (2000). The lipid compositions of high-Antarctic notothenioid fish species with different life strategies, *Polar Biology* 23: 785-791
- Hamm, C. E. (2000). Architecture, ecology and biogeochemistry of *Phaeocystis* colonies, *Journal of Sea Research* 43: 307-315
- Hazen, L.G.M., Bleeker, F.E., Lauritzen, B., Bahns, S., Song, J., Jonker, A., Driel, B.E.M. van, Lyon, H., Hansen, U., Köhler, A., Noorden, C.J.F. van (2000).

Comparative localisation of Cathepsin B protein and activity in colorectal cancer, *J. Histochem. Cytochem.* 48: 1421-1430

Hempel, L., Thyssen, F., Gundestrup, N., Clausen, H.B., Miller, H. (2000). A comparison of radio echo sounding data and electrical conductivity of the GRIP ice core, *J. Glaciol.* 46(154): 369-374

Hense, I., Bathmann, U. V., Timmermann, R. (2000). Plankton dynamics in frontal systems of the Southern Ocean, *Journal of Marine Systems* 27: 235-252

Hofmann, M., Wolf-Gladrow, D.A., Takahashi, T., Southerland, S.C., Six, K., Maier-Reimer, E. (2000). Stable carbon isotope distribution of particulate organic matter in the ocean: A model study, *Marine Chemistry* 72: 131-150

Holmlund, P., Gjerde, K., Gundestrup, N., Hansson, M., Isaksson, E., Karlöf, L., Nyman, M., Pettersson, R., Pinglot, F., Reijmer, C. H., Stenberg, M., Thomassen, M., Wal, R. S. W. van de, Veen, C. van der, Wilhelms, F., Winther, J.-G. (2000). Spatial gradients in snow layering and 10 m temperatures at two epica-dml pre-site-survey drill sites, *Annals of Glaciology* 30: 13-19

Hoppema, M., Fahrbach, E., Baar, H. J. W. de (2000). Surface layer balance of the southern Antarctic Circumpolar Current (prime meridian) used to derive carbon and silicate consumptions and annual air-sea exchange for CO₂ and oxygen, *Journal of Geophysical Research* 105/C5: 11359-11371

Hoppema, M., Goeyens, H., Fahrbach, E. (2000). Intense nutrient removal in the remote area off Larsen Ice Shelf (Weddell Sea), *Polar Biology* 23: 85-94

Hoppenrath, M. (2000). A new marine sand-dwelling *Prorocentrum* species, *P. clipeus* sp. nov. (Dinophyceae, Prorocentrales) from Helgoland, German Bight, North Sea, *European Journal of Phycology* 36: 29-33

Hoppenrath, M. (2000). Morphology and taxonomy of *Sinophysis* (Dinophyceae, Dinophysiales) including

two new marine sand-dwelling species from the North German Wadden Sea, *European Journal of Phycology* 35: 153-162

Hoppenrath, M. (2000). Morphology and taxonomy of six marine sand-dwelling *Amphidiniopsis* species (Dinophyceae, Peridinales) four of them new, from the German Bight, North Sea, *Phycologia* 39(6), 482-497

Hoppenrath, M. (2000). Morphology and taxonomy of the marine sand-dwelling genus *Thecadinium* (Dinophyceae), with the description of two new species from the North German Wadden Sea, *Phycologia* 39 (2): 96-108

Hoppenrath, M., Okolodkov, Y. B. (2000). *Amphidinium glabrum* sp. nov. (Dinophyceae) from the North German Wadden Sea and European Arctic sea ice: morphology, distribution and ecology, *European Journal of Phycology* 35: 61-67

Huybrechts, P., Steinhage, D., Wilhelms, F., Bamber, J. (2000). Balance velocities and measured properties of the Antarctic ice sheet from a new compilation of gridded data for modelling, *Annals of Glaciology* 30: 52-60

Immler, F., Beyerle, G., Ronge, T., Schrems, O. (2000). Lidar observations of cirrus clouds and tropospheric aerosols during INCA and LIMPIDO: First results, *Air Pollution Research Report* 74: „Aviation, aerosols, contrails and cirrus clouds (A2C3) (U. Schumann, G. Amanatidis, eds.), Proceedings of a European Workshop, Seeheim (Frankfurt), July 10-12, 2000“: 219-223

Jacobi, H.-W., Weller, R., Jones, A.E., Anderson, P.S., Schrems, O. (2000). Peroxyacetyl nitrate (PAN) concentrations in the Antarctic troposphere measured during the Photochemical Experiment at Neumayer (PEAN'99), *Atmospheric Environment* 34: 5235-5247

Janssens, I., Huybrechts, P. (2000). The treatment of meltwater retention in mass-balance parameterisa-

- tions of the Greenland ice sheet, *Annals of Glaciology* 31: 133-140
- Johnson, S. M., Beichert, P., Schrems, O., Nelander, B. (2000). Infrared microspectroscopy with a synchrotron light source, *Asian Chemistry Letters* 4(1/2): 45-55
- Jones, A. E., Weller, R., Wolff, E. W., Jacobi, H.-W. (2000). Speciation and rate of photochemical NO and NO₂ production in Antarctic snow, *Geophysical Research Letters* 27: 345-348
- Jonker, R., Groben, R., Tarran, G., Medlin, L., Wilkins, M., Garcia, L., Zabala, L., Boddy, L. (2000). Automated identification and characterisation of microbial populations using flow cytometry: the AIMS Project, *Scientia Marina* 64: 225-234
- Karlöf, L., Winther, J.-G., Isaksson, E., Kohler, I., Pinglot, J. F., Wilhelms, F., Hansson, M., Holmlund, P., Nyman, M., Pettersson, R., Stenberg, M., Thomassen, M. P. A., Veen, C. van der, Wal, R. S. W. van de (2000). A 1500 years record of accumulation at Amundsenisen Western Dronning Maud Land, Antarctica, derived from electrical and radioactive measurements on a 120 m ice core, *J. Geophys. Res.* 105/D10: 12,471-12,483
- Kattsov, V. M., Walsh, J. E., Rinke, A., Dethloff, K. (2000). Atmospheric climate models: simulation of the Arctic Ocean fresh water budget components, in: *The fresh water budget of the Arctic Ocean* (E.L Lewis, ed.): 209-247
- Kholodov, A.L., Gavrilov, A.V., Romanovskii, N.N., Hubberten, H.-W. (2000). Results of modeling of permafrost dynamics on the Arctic shelf and coastal lowlands in the Laptev Sea region during the last 400 Kyr., *Earth Cryosphere* 4(4): 32-40
- Kivman, G. A. (2000). Comments on „Probability for a period and its subperiods: Theoretical relations for forecasting“, *Monthly Weather Review* 57: 3011-3013
- Kleiber, H. P., Knies, J., Niessen, F. (2000). The Late Weichselian glaciation of the Franz Victoria Trough, northern Barents Sea: ice sheet extent and timing, *Marine Geology* 168: 25-44
- Knies, J., Müller, C., Nowaczyk, N., Stein, R., Vogt, C. (2000). A multiproxy approach to reconstruct the environmental changes along the Eurasian continental margin over the last 150.000 years, *Marine Geology* 163: 317-344
- Kowalke, J. (2000). Ecology and energetics of two Antarctic sponges, *J exp mar Biol Ecol* 247: 87-95
- Kreyscher, M., Harder, M., Lemke, P., Flato, G. M. (2000). Results of the Sea Ice Model Intercomparison Project: Evaluation of sea-ice rheology schemes for use in climate simulations, *Journal of Geophysical Research* 105: 11299-11320
- Kruse, I., Buhs, F. (2000). Preying at the edge of the sea: the nemertine *Tetrastemma melanocephalum* and its amphipod prey on high intertidal sandflats, *Hydrobiologia* 426: 43-55
- Kröncke, I., Vanreusel, A., Vincx, M., Wollenburg, J., Mackensen, A., Liebezeit, G., Behrends, B. (2000). Different benthic size-compartments and their relationship to sediment chemistry in the deep Eurasian Arctic Ocean, *Marine Ecology Progress Series* 199: 31-41
- Köhler, A., Lauritzen, B., Noorden, C.J.F. van (2000). Signal amplification in immuno-histochemistry at the lightmicroscopic level using biotinylated tyramide and nanogold-silver staining, *J. Histochem. Cytochem.* 48: 933-941
- Kühn, S., Lange, M., Medlin, L.K. (2000). Phylogenetic position of *Cryothecomonas* inferred from nuclear-encoded small subunit ribosomal RNA, *Protist* 151: 337-345
- Laternus, F., Giese, B., Wiencke, C., Adams, F.C. (2000). Low-molecular-weight organoiodine and organobromine compounds released by polar macroalgae - The influence of abiotic factors, *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* 368: 297-302
- Lavasaur, S., Rachold, V., Birk, V., Allegre, C. J. (2000).

- Osmium behaviour in estuaries: the Lena River example, *Earth and Planetary Science Letters* 177: 227-235
- Li, Q., Jacob, D. J., Bey, I., Yantosca, R. M., Zhao, Y., Kondo, Y., Notholt, J. (2000). Atmospheric Hydrogen Cyanide (HCN): biomass burning source, ocean sink? *Geophys Res Lett* 27(3): 357-360
- Lippert, H., Karsten, U., Wiencke, C. (2000). Leben im Eismeer - Tauchuntersuchungen zur Biologie arktischer Meerespflanzen und Meerestiere, *Biologie in unserer Zeit* 30: 35-44
- Lobbes, J. M., Fitznar, H. P., Kattner, G. (2000). Biogeochemical characteristics of dissolved and particulate organic matter in Russian rivers entering the Arctic Ocean, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64: 2973-2983
- Lüning, K., Wagner, A., Buchholz, C. (2000). Evidence for inhibitors of sporangium formation in *Laminaria digitata* (Phaeophyceae) during the season of rapid growth, *Journal of Phycology* 36: 1129-1134
- Mackensen, A., Schumacher, S., Radke, I., Schmidt, D.N. (2000). Microhabitat preferences and stable carbon isotopes of endobenthic foraminifera: clue to quantitative reconstruction of oceanic new production? *Marine Micropaleontology* 40(3): 233-258
- Matthiessen, J., Kunz-Pirrung, M., Mudie, P.J. (2000). Freshwater chlorophycean algae in Recent marine sediments of the Beaufort, Laptev and Kara Seas (Arctic Ocean) as indicators of river runoff, *International Journal of Earth Sciences* 89: 486-495
- Mayer, C., Reeh, N., Jung-Rothenhäusler, Huybrechts, P., Oerter, H. (2000). The subglacial cavity and implied dynamics under Nioghalvfjærdssjøen Glacier, NE-Greenland, *Geophysical Research Letters* 27(15): 2289-2292
- Mayer, C., Siegert, M. J. (2000). Numerical modelling of ice-sheet dynamics across the Vostok subglacial lake, central East Antarctica, *Journal of Glaciology* 46(153): 197-205
- Medlin, L. K., Lange, M., Edvardsen, B., Larsen, A. (2000). Cosmopolitan haptophyte flagellates and their genetic links, in: *The flagellates: unity, diversity and evolution* (B.S.C. Leadbeater, J.C. Green, eds.), Systematics Assn. Special Volume: 288-308
- Medlin, L.K., Kooistra, W.C.H.F., Schmid, A.-M.M. (2000). A review of the evolution of the diatoms - a total approach using molecules, morphology and geology, in: *The origin and early evolution of the diatoms: fossil, molecular and biogeographical approaches* (A. Witkowski, J. Sieminska, eds.), Polish Academy of Sciences, Krakow, Poland: 13-35
- Meyer, H., Schönicke, L., Wand, U., Hubberten, H.-W., Friedrichsen, H. (2000). Isotope studies of hydrogen and oxygen in ground ice – Experiences with the equilibration technique, *Isotopes in Environmental and Health Studies* 36: 133-149
- Mironov, D.V., Gryanik, V. M., Moeng, C. -H., Olbers, D. J., Warncke, T. H. (2000). Vertical turbulence structure and second-moment budgets in convection with rotation: A large-eddy simulation study, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 126: 477-515
- Mironov, D.V., Terzhevik, A.Yu. (2000). Spring convection in ice-covered fresh-water lakes. *Izvestija Rossijskoj Akademii Nauk. Fizika Atmosfery i Okeana* 36: 681-688 (in Russian), English translation: *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics* 36: 627-634
- Mokhov, I. I., Eliseev, A. V., Handorf, D., Petoukhov, V. K., Dethloff, K., Weisheimer, A., Khorostyanov, D. V. (2000). North Atlantic oscillation: Diagnose and simulation of decadal variations and its long-period evolution., *Izv., Atmos. Ocean Phys.* 36: 555-565
- Moon-van der Staay, S. Y., Staay, G. W. M. van der, Guillou, L., Claustre, H., Medlin, L. K., Vaulot, D. (2000). Abundance and diversity of prymnesiophytes in the picoplankton community from the equatorial Pacific Ocean inferred from 18S rDNA sequences, *Limnology and Oceanography* 45: 98-109

- Muyakshin, S., Klages, M. (2000). Deep-sea large food falls and their elastodynamic impacts: are these events detectable for scavenging crustaceans? In: Proceedings of the Fifth European Conference on Underwater Acoustics, ECUA 2000 (M.E. Zakharia, P. Chervet, P. Dubail, eds.), Lyon, France, Vol. 1: 509-514
- Müller, C., Jokat, W. (2000). Seismic evidence for volcanic activity at the Eastern Gakkel Ridge, *EOS Transactions* 81(24): 265,269
- Müller, C., Stein, R. (2000). Variability of fluvial sediment supply to the Laptev Sea continental margin during Late Weichselian to Holocene times: Implications from clay-mineral records, *International Journal of Earth Sciences* 89: 592-604
- Müller-Lupp, T., Bauch, H. A., Erlenkeuser, H., Hefter, J., Kassens, H., Thiede, J. (2000). Changes in the deposition of terrestrial organic matter on the Laptev Sea shelf during the Holocene: evidence from stable carbon isotopes, *International Journal of Earth Sciences* 89: 563-568
- Nacken, M., Reise, K. (2000). Effects of herbivorous birds on intertidal seagrass beds in the northern Wadden Sea, *Helgol Mar Res* 54: 87-94
- Niehoff, B. (2000). The effect of starvation on the reproductive potential of *Calanus finmarchicus*, *ICES J Mar Sci* 57: 1764-1772
- Niehoff, B. (2000). The reproduction of *Calanus finmarchicus* in the Norwegian Sea in spring, *Sarsia*, 85: 15-22
- Nitsche, F., Cunningham, A., Larter, R., Gohl, K. (2000). Geometry and development of glacial continental margin depositional systems in the Bellingshausen Sea, *Marine Geology* 162: 277-302
- Noorden, C.J.F. van, Jonges, T.G.N., Meade-Tollien, L.C., Smith, R.E., Köhler, A. (2000). In vivo inhibition of cystein proteinases delay the onset of growth of human pancreatic cancer explants, *British Journal of Cancer* 84: 931-936
- Notholt, J., Toon, G. C., Sen, B., Jones, N. B., Rinsland, C. P., Lehmann, R., Rex, M. (2000). Variations in the tropical uplift following the Pinatubo eruption studied by infrared solar absorption spectrometry, *Geophysical Research Letters* 27(17): 2609-2612
- Notholt, J., Toon, G., Rinsland, C. P., Pougatchev, N., Jones, N., Conners, B., Weller, R., Gautrois, M., Schrems, O. (2000). Latitudinal variations of trace gas concentrations measured by solar absorption spectroscopy during a ship cruise, *Journal of Geophysical Research* 105/D1: 1337-1349
- Oerter, H., Wilhelms, F., Jung-Rothenhäusler, F., Göktas, F., Müller, H., Graf, W., Sommer, S. (2000). Accumulation rates in Dronning Maud Land, Antarctica, as revealed by dielectric-profiling measurements of shallow firn cores, *Annals of Glaciology* 30: 27-34
- Olbers, D., Wolff, J.-O., Völker, Chr. (2000). Eddy fluxes and second-order moment balances for nonhomogeneous quasigeostrophic turbulence in wind-driven zonal flows, *Journal of Physical Oceanography* 30(7): 1645-1668
- Orejas, C., McGili, J., Alva, V., Arntz, W. E. (2000). Predatory impact of a benthic hydrozoan during an upwelling period in the Bay of Coliumo (Dichato, Chile), *Journal of Sea Research* 44: 209-220
- Owrid, G., Socal, G., Civitarese, G., Luchetta, A., Wiktor, J., Nöthig, E.-M., Andreassen, I., Schauer, U., Strass, V. (2000). Spatial variability of phytoplankton, nutrients and new production estimates in the waters around Svalbard, *Polar Research* 19(2): 155-171
- Pagès, F., Orejas, C. (2000). Medusae, siphonophores and ctenophores of the Magellan region, *Scientia Marina* 63(Suppl 1): 51-57
- Pahlow, M., Riebesell, U. (2000). Temporal trends in deep ocean Redfield ratios, *Science* 287: 831-833
- Pauer, F., Kipfstuhl, S., Kuhs, W. F., Shoji, H. (2000). Classification of air clathrates found in Polar ice sheets, *Polarforschung* 66(3): 31-38, 1996 (erschienen 2000)

- Payne, A.J., Huybrechts, P., Abe-Ouchi, A., Calov, R., Fastook, J.L., Greve, R., Marshall, S.J., Marsiat, I., Ritz, C., Tarasov, L., Thomassen, M.P.A. (2000). Results from the EISMINT model intercomparison: the effects of thermomechanical coupling, *Journal of Glaciology* 46(153): 227-238
- Premke, K., Arndt, H. (2000). Predation on heterotrophic flagellates by protists: Food selectivity determined using a live-staining technique, *Archiv für Hydrobiologie* 150: 17-28
- Pörtner, H.O., Bock, C. (2000). A contribution of acid-base regulation to metabolic depression in marine ectotherms, in: *Life in the cold*, (G. Heldmaier, M. Klingenspor, eds.), Springer-Verlag, Berlin: 443-458
- Pörtner, H.O., Bock, C., Reipschläger, A. (2000). Modulation of the cost of pHi regulation during metabolic depression: a ³¹P-NMR study in invertebrate (*Sipunculus nudus*) isolated muscle, *Journal of Experimental Biology* 203: 2417-2428
- Rachold, V., Grigoriev, M. N., Are, F. E., Solomon, S., Reimnitz, E., Kassens, H., Antonow, M. (2000). Coastal erosion vs riverine sediment discharge in the Arctic Shelf seas, *International Journal of Earth Sciences* 89: 450-460
- Rairoux, R., Schillinger, H., Niedermeyer, S., Rodriguez, M., Ronneberger, F., Sauerbrey, R., Stein, B., White, D., Wedekind, C., Wille, H., Wöste, L., Ziener, C. (2000). Remote sensing of the atmosphere using ultra-short laser pulses, *Applied Physics B* 71(4): 573-580
- Ramdohr, S., Bornemann, H., Plötz, J., Bester, M.N. (2000). Immobilization of southern elephant seals (*Mirounga leonina*), *Advances in Ethology, Supplements to Ethology* 35: 149
- Rathke, C., Armbruster, W., Fischer, J., Becker, E., Notholt, J. (2000). Comparison of stratus cloud properties derived from coincident airborne visible and ground-based infrared spectrometer measurements, *Geophysical Research Letters* 27(17): 2641-2644
- Reise, K. (2000). Intercoast on Sylt - Workshop on Ecological Comparisons of Sedimentary Shores, *Wadden Sea Newsletter* 1: 28-29
- Riedel, K., Weller, R., Schrems, O., König-Langlo, G. (2000). Variability of hydrogen peroxide and methylhydroperoxide in the Antarctic troposphere, *Atmospheric Environment* 34: 5225-5234
- Rinke, A., Dethloff, K. (2000). On the sensitivity of a regional Arctic climate model to initial and boundary conditions, *Climate Res* 14(2): 101-113
- Rinke, A., Lynch, A. H., Dethloff, K. (2000). Intercomparison of Arctic regional climate simulations: Case studies of January and June 1990, *J Geophys Res* 105: 29669-29683
- Rogenhagen, J., Jokat, W. (2000). The sedimentary structure in the western Weddell Sea, *Marine Geology* 168: 45-60
- Romanovskii, N.N., Hubberten, H.-W., Gavrillov, A.V., Tumskoy, V.E., Tipenko, G.S., Grigoriev, M.N., Siegert, C. (2000). Thermokarst and land-ocean interactions, Laptev Sea region, Russia, *Permafrost and Periglacial Processes* 11: 137-152
- Rudels, B., Meyer, R., Fahrbach, E., Ivanov, V., Osterhus, S., Quadfasel, D., Schauer, U., Tverberg, V., Woodgate, R. A. (2000). Water mass distribution in Fram Strait and over the Yermak Plateau in summer 1997, *Annales Geophysicae* 18: 687-705
- Rudels, B., Münch, R. D., Gunn, J., Schauer, U., Friedrich, H. J. (2000). Evolution of the Arctic Ocean boundary current north of the Siberian shelves, *J Mar Syst* 25: 77-99
- Saier, B. (2000). Age-dependent zonation of the periwinkle *Littorina littorea* (L.) in the Wadden Sea, *Helgoland Marine Research* 54: 224-229
- Salomon M., Buchholz F. (2000). Effects of temperature on the respiration rates and the kinetics of citrate synthase in two species of *Idotea* (Isopoda, Crustacea), *Comparative Biochemistry and Physiology* 125 B: 71-81

- Sanyal, A., Nugent, M., Reeder, R. J., Bijma, J. (2000). Seawater pH control on the boron isotopic composition of calcite: Evidence from inorganic precipitation experiments, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64(9): 1551-1555
- Schanz, A., Polte, P., Asmus, H., Asmus, R. (2000). Currents and turbulence as a top-down regulator in intertidal seagrass communities, *Biologia Marina Mediterranea* 7(2): 278-281
- Schirmeister, L., Siegert, C., Meyer, H., Derevyagin, A., Kienast, F., Andreev, A., Kunitsky, V., Tumskey, V., Grootes, P. (2000). Paleoenvironmental and paleoclimatic records from Permafrost deposits in the Arctic Region of Northern Siberia, in: *Proceedings of the International Conference on Past Global Changes (PAGES) GeoLinines*
- Schindwein, V., Jokat, W. (2000). Post collisional extension of the East Greenland Caledonides: geophysical perspective, *Geophysical Journal International* 140: 559-567
- Schlitzer, R. (2000). Applying the adjoint method for biogeochemical modeling: Export of particulate organic matter in the World Ocean, in: *Inverse methods in biogeochemical cycles* (P. Kasibhata, ed.), AGU Monograph 114: 107-124
- Schlitzer, R. (2000). Electronic atlas of WOCE hydrographic and tracer data now available, *EOS* 81(5): 45
- Schlitzer, R. (2000). eWOCE - Electronic Atlas of WOCE Data, WOCE Global Data, Version 2.0 CD-ROM, WOCE Intern. Project Office, WOCE Report No. 171/00, Southampton, UK
- Schlüter, M., Sauter, E. J. (2000). Biogenic silica cycle in surface sediments of the Greenland Sea, *Journal of Marine Systems* 23: 333-342
- Schmidt, E., Jokat, W. (2000). Multiple suppression on a polar shelf - a case study in the Weddell Sea, Antarctica, *First Break* 18(5): 186-192
- Schories, D., Anibal, J., Chapman, A., Herre, E., Isaksson, I., Lillebø, A. I., Pihl, L., Reise, K., Sprung, M., Thiel, M. (2000). Flagging greens: hydrobiid snails as substrata for the development of green algal mats (*Enteromorpha* spp.) on tidal flats of North Atlantic coasts, *Marine Ecology Progress Series* 199: 127-136
- Schoster, F., Behrends, M., Müller, C., Stein, R., Wahsner, M. (2000). Modern river discharge and pathways of supplied material in the Eurasian Arctic Ocean: Evidence from mineral assemblages and major and minor element distributions, *International Journal of Earth Sciences* 89: 486-495
- Schulz, A., Rex, M., Steger, J., Harris, N. R. P., Braathen, G. O., Reimer, E., Alfier, R., Beck, A., Alpers, M., Cisneros, J., Claude, H., Backer, H. De, Dier, H., Dorokhov, V., Fast, H., Godin, S., Hansen, G., Kanazawa, H., Kois, B., Kondo, Y., Kosmidis, E., Kyrö, E., Litynska, Z., Molyneux, M. J., Murphy, G., Nakane, H., Parrondo, C., Ravegnani, F., Varotsos, C., Vialle, C., Viatte, P., Yushkov, V., Zerefos, C., Gathen, P. von der (2000). Match observations in the Arctic winter 1996/97: High stratospheric ozone loss rates correlate with low temperatures deep inside the polar vortex, *Geophysical Research Letters* 27(2): 205-208
- Simon, N., Campbell, L., Ornlöfsson, E., Groben, R., Guillou, L., Lange, M., Medlin, L. K. (2000). Oligonucleotide probes for the identification of three algal groups by dot blot and fluorescent whole-cell hybridization, *Journal of Eukaryotic Microbiology* 47: 76-84
- Sinnhuber, B.-M., Chipperfield, M. P., Davies, J., Burrows, J. P., Eichmann, K.-U., Weber, M., Gathen, P. von der, Guirlet, M., Cahill, G. A., Lee, A. M., Pyle, J. A. (2000). Large loss of total ozone during the Arctic winter of 1999/2000, *Geophysical Research Letters* 27(21): 3473-3476
- Sokolova, I. M., Bock, C., Pörtner, H. O. (2000). Environmental anaerobiosis in White Sea *Littorina* spp. I. End product accumulation and energy status during fresh water exposure, *Journal of Comparative Physiology B* 170(2): 91 - 103

- Sokolova, I. M., Bock, C., Pörtner, H. O. (2000). Resistance to freshwater exposure in White Sea *Littorina* spp. II. Acid-base regulation, *Journal of Comparative Physiology B* 170(2): 105 - 115
- Soltwedel, T., Mokievsky, V., Schewe, I. (2000). Benthic activity and biomass on the Yermak Plateau and in adjacent deep-sea regions northwest of Svalbard, *Deep-Sea Res I* 47(9): 1761-1785
- Sommer, S., Appenzeller, C., Röthlisberger, R., Hutterli, M.A., Stauffer, B., Wagenbach, D., Oerter, H., Wilhelm, F., Miller, H., Mulvaney, R. (2000). Glacio-chemical study covering the past 2 kyr on three ice cores from Dronning Maud Land, Antarctica 1. Annually resolved accumulation rates, *Journal of Geophysical Research* 105/D24: 29,411-29,421
- Sommer, S., Wagenbach, D., Mulvaney, R., Fischer, H. (2000). Glacio-chemical study spanning the past 2 kyr on three ice cores from Dronning Maud Land, Antarctica 2. Seasonally resolved chemical records, *Journal of Geophysical Research* 105/D24: 29423-29433
- Stein, R. (2000). Circum Arctic river discharge and its geological record: An introduction, *International Journal of Earth Sciences* 89: 447-449
- Stein, R. (ed.) (2000). Circum Arctic river discharge and its geological record, *International Journal of Earth Sciences* 89(3): 447-616
- Stein, R., Fahl, K. (2000). Holocene accumulation of organic carbon at the Laptev Sea continental margin (Arctic Ocean): sources, pathways, and sinks, *Geo-Marine Letters* 20(1): 27-36
- Strasser, M. (2000). Recolonization patterns of benthic fauna in the intertidal Wadden Sea after the severe winter of 1995/96, *Wadden Sea News Letter* 1: 9-11
- Su, X., Baumann, K.-H., Thiede, J. (2000) Calcareous nanofossils from Leg 168: Biochronology and diagenesis, *Proc ODP, Sci Res* 168: 39-49
- Sukhotin, A., Pörtner, H.O. (2000). Age-dependence of metabolism in mussels *Mytilus edulis*(L.) from the White Sea., *Journal of experimental marine Biology and Ecology* 257: 53-72
- Sáez, A. G. (2000). High DNA sequence variability at the a1 Na/K-ATPase locus of *Artemia franciscana* (Brine shrimp): Polymorphism in a gene for salt-resistance in a salt resistant organism, *Molecular biology and evolution* 17(2): 235-249
- Thatje, S. (2000). *Notiax santarita*, a new species of the Callianassidae (Decapoda, Thalassinidea) from the Beagle Channel, southernmost America, *Crustaceana* 73(3): 289-299
- Thatje, S., Bacardit, R. (2000). Larval development of *Austropandalus grayi* (Cunningham, 1871) (Decapoda, Caridea, Pandalidae) from the southwestern Atlantic Ocean, *Crustaceana* 73(6): 609-628
- Thatje, S., Bacardit, R. (2000). Larval stages of *Chorismus tuberculatus* (Bate, 1888) (Decapoda: Caridea: Hippolytidae) from the southwestern Atlantic Ocean, *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 80: 465-471
- Thatje, S., Bacardit, R. (2000). Morphological variability in larval stages of *Nauticaris magellanica* (A Milne Edwards, 1891) (Decapoda: Caridea: Hippolytidae) from South American waters, *Bull. Mar. Sci.* 66(2): 375-398
- Thatje, S., Gerdes, D. (2000). *Upogebia australis*, a new species of the Upogebiidae (Custacea: Decapoda: Thalassinidea) from the Beagle Channel (Magellan Region), *Mitt. Mus. Nat.kd. Berlin, Zool. Reihe* 76(2): 231-236
- Thiede, J., Kassens, H., Timokhov, L. (2000). Laptev Sea System discussed at Russian-German Workshop, *EOS Transactions, American Geophysical Union*, 81(32): 361, 366-367
- Thompson, A.M., Doddridge, B.G., Witte, J.C., Hudson, R.D., Luke, W.T., Johnson, J.E., Johnson, B.J., Oltmans, S.J., Weller, R. (2000). A tropical Atlantic paradox: Shipboard and satellite views of a tropospheric ozone maximum and wave-one in January-February 1999, *Geophysical Research Letters* 27: 3317-3320

- Timmermann, R.** (2000). Wechselwirkungen zwischen Eis und Ozean im Weddellmeer - Studien mit einem gekoppelten Eis-Ozean-Modell des Südpolarmeeres. Elektronische Publikation http://elib.suub.uni-bremen.de/dissertations/physic/Timmermann_R2000/: 130pp.
- Tschischka, K., Abele, D., Pörtner, H. O.** (2000). Mitochondrial oxyconformity and cold adaption in the polychaete *Nereis pelagic* and the bivalve *Arctica islandica* from the Baltic and the White Sea, *J Exper Biol.* 203: 3355-3368
- Völker, C., Wolf-Gladrow, D.A.** (2000). Numerical models of iron uptake by phytoplankton cells, *J Plant Nutrition* 23: 1657-1665
- Walter, H. J., Hegner, E., Diekmann, B., Kuhn, G., Rutgers van der Loeff, M. M.** (2000). Provenance and transport of terrigenous sediment in the South Atlantic Ocean and their relations to glacial and interglacial cycles: Nd and Sr isotopic evidence, *Geochimica Cosmochimica Acta* 64: 3813-3827
- Walter, H.J., Rutgers van der Loeff, M. M., Höltzen, H., Bathmann, U.** (2000). Reduced scavenging of ^{230}Th in the Weddell Sea: Implications for paleoceanographic reconstructions in the South Atlantic, *Deep-Sea Research I* 47: 1369-1387
- Weller, R., Boddenberg, S., Gäb, S., Schrems, O., Gautrois, M.** (2000). Meridional distribution of hydroperoxides and formaldehyde in the marine boundary layer of the Atlantic (48°N - 35°S) measured during the ALBATROSS campaign, *Journal of Geophysical Research* 105: 14401-14412
- Wiencke, C., Gómez, I., Pakker, H., Flores-Moya, A., Altamirano, M., Hanelt, D., Bischof, K., Figueroa, F.L.** (2000). Impact of UV radiation on viability, photosynthesis characteristics and DNA on brown algal zoospores: Implications for depth zonation, *Marine Ecology Progress Series* 197: 217-229
- Winzer, K., Becker, W., Noorden, C.J.F. van, Köhler, A.** (2000). Short-time induction of oxidative stress in hepatocytes of the European flounder (*Platichthys flesus* L.), *Mar. Envir. Res.*, 50: 495-501
- Wolf-Gladrow, D.A.** (2000). Lattice-Gas Cellular Automata and Lattice Boltzmann Models - An Introduction, Springer, Berlin, *Lecture Notes in Mathematics* 1725: 308 pp.
- Zielinski, S., Pörtner, H. O.** (2000). Oxidative stress and antioxidative defense in cephalopods: a function of metabolic rate or age? *Comp. Biochem. Physiol.* 125B: 147-160
- 2001, begutachtet**
- Abele, D., Tesch, C., Wencke, P., Pörtner, H. O.** (2001). How does oxidative stress relate to thermal tolerance in the Antarctic bivalve *Yoldia eightsi*? *Antarctic Science* 13: 111-118
- Ahnert, A., Schriever, G.** (2001). Response of abyssal Copepoda Harpacticoida (Crustacea) and other meiobenthos to an artificial disturbance and its bearing on the future mining for polymetallic nodules, *Deep Sea Research II* 48: 3779-3794
- Allen, M., Raper, S., Mitchell, J** (2001). Uncertainty in the IPCC's Third Assessment Report, *Science* 293: 431-433
- Amon, R. M. W., Fitznar, H.-P., Benner, R.** (2001). Linkages among the bioreactivity, chemical composition and diagenetic state of marine dissolved organic matter, *Limnology and Oceanography* 46(2): 287-297
- Anger, K.** (2001). The Biology of Decapod Crustacean Larvae, *Crustacean Issues* 14: 1-420
- Antia, A.N., Koeve, W., Fischer, G., Blanz, T., Schulz-Bull, D., Scholten, J., Neuer, S., Kremling, K., Kuss, J., Peinert, R., Hebbeln, D., Bathmann, U., Conte, M., Fehner, U., Zeitzschel, B.** (2001). Basin-wide particulate carbon flux in the Atlantic Ocean: Regional export patterns and potential for atmospheric CO₂ sequestration, *Global Biogeochemical Cycles* 15(4): 845-862

- Archer, D., Anderson, R., Bathmann, U., et al. (2001). Ocean Biogeochemistry and Global Change, *IGBP Science* 2: 1-32
- Armonies, W. (2001). What an introduced species can tell us about the spatial extension of benthic populations, *Marine Ecology Progress Series* 209: 289-294
- Armonies, W., Herre, E., Sturm, M. (2001). Effects of the severe winter 1995/96 on the benthic macrofauna of the Wadden Sea and the coastal North Sea near the island of Sylt, *Helgoland Marine Research* 55: 170-175
- Arntz, W. E., Gili, J.-M. (2001). A case for tolerance in marine ecology: let us not put out the baby with the bathwater, *Sci. Mar.* 65 (Suppl. 2): 283-299
- Arntz, Wolf E. (2001). Das Janusgesicht des El Niño: Zur Wirkung rezenter „Katastrophen“ im Meer. In: *Katastrophe, Trauma oder Erneuerung?* (H.D. Becker, B. Domres, D. von Finck, Hrsg.) Tübingen: Attempto-Verlag: 77-98
- Assmann, M., Zea, S., Köck, M. (2001). Sventrin, a new bromopyrrole alkaloid from the Caribbean sponge *Agelas sventres*, *Journal of Natural Products* 64: 1593-1595
- Assmann, M., Soest, R. W. M. van, Köck, M. (2001). New antifeedant bromopyrrole alkaloid from the Caribbean sponge *Stylissa caribica*, *Journal of Natural Products* 64: 1345-1347
- Barnier, B., Reynaud, T., Beckmann, A., Böning, C., Molines, J.-M., Barnard, S., Jia, Y. (2001). On the seasonal variability and eddies in the North Brazil Current: insights from model intercomparison experiments, *Progress in Oceanography* 48: 195-230
- Bathmann, U.V., Bundy, M.H., Clarke, M.E., Cowles, T.J., Daly, K., Dam, H.G., Deksheniaks, M.M., Donaghay, P.L., Gibson, D.M., Gifford, D.J., Hansen, B.W., Hartline, D.K., Head, E.J.H., Hofmann, E.E., Hopcroft, R.R., Jahnke, R.A., Jonasdottir, S.H., Kiorboe, T., Kleppel, G.S., Klinck, J.M., Kremer, P.M., Landry, M.R., Lee, R.F., Lenz, P.H., Madin, L.P., Manahan, D.T., Mazzocchi, M.G., McGillicuddy, D.J., Miller, C.B., Nelson, J.R., Osborn, T.R., Paffenhöfer, G.-A., Pieper, R.E., Prusova, I., Roman, M.R., Schiel, S., Seim, H.E., Smith, S.L., Torres, J.J., Verity, P.G., Wakeham, S.G., Wishner, K.F. (2001). Future marine zooplankton research - a perspective, *Marine Ecology Progress Series* 222: 297-308
- Bauch, H.A., Struck, U., Thiede, J. (2001). Planktic and benthic foraminifera as indicators of past ocean changes in surface and deep waters of the Nordic Seas, in: *The northern North Atlantic: A changing environment* (P. Schäfer, W. Ritzrau, M. Schüter, J. Thiede, eds.), Springer, Berlin: 411-421
- Bauch, H.A., Kassens, H., Naidina, O.D., Kunz-Pirrung, M., Thiede, J. (2001) Composition and flux of Holocene sediments on the eastern Laptev Sea shelf, Arctic Siberia, *Quaternary Research* 55(3): 344-351
- Bauch, H.A., Erlenkeuser, H., Spielhagen, R.F., Struck, U., Matthiessen, J., Thiede, J., Heinemeier, J. (2001). A multiproxy reconstruction of the evolution of deep and surface waters in the subarctic Nordic seas over the last 30,000 yr., *Quat Sci Rev* 2: 659-678
- Bauch, H.A., Mueller-Lupp, T., Taldenkova, E., Spielhagen, R.F., Kassens, H., Grootes, P.M., Thiede, J., Heinemeier, J., Petryashov, V.V. (2001). Chronology of the Holocene transgression at the North Siberian margin, *Global Planet Change, special issue* 31(1-4): 125-139
- Beckmann, A. (2001). Process-oriented models in physical oceanography, in: *Models in Environmental Research* (H. von Storch, G. Flüser, eds.): 59-88
- Beckmann, A., Birnbaum, G. (2001). Cryosphere: Coupled Sea Ice - Ocean Models, in: *Encyclopedia of Ocean Sciences*, Academic Press: 560-570
- Beckmann, A., Timmermann, R. (2001). Circumpolar influences on the Weddell Sea: Indication of an Antarctic Circumpolar Coastal Wave, *Journal of Climate* 14: 3785-3792

- Bendt A., Hüller H., Helmke E., Schweder T. (2001). Characterization of a chitinase from the Antarctic psychrotrophic bacterium *Vibrio* sp. strain Fi 7, *Extremophiles* 5: 119-126
- Benitez-Nelson, C.R., Buesseler, K.O., Rutgers van der Loeff, M.M., Andrews, J., Ball, L., Crossin, G., Charette, M.A. (2001). Testing a new small-volume technique for determining thorium-234 in seawater, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 248(3): 795-799
- Beusekom, J. E. E. van, Fock, H., Jong, F. de, Diehl-Christiansen, S., Christiansen, B. (2001). Wadden Sea Specific Eutrophication Criteria, *Wadden Sea Ecosystem* 14: 1-115
- Beyerle, G., Deckelmann, H., Neuber, R., Rosen, J. M., Reimer, E., Schoeberl, M. R. (2001). Occurrence of solid particles in the winter polar stratosphere above the nitric acid trihydrate co-existence temperature inferred from ground-based polarization lidar observations at Ny-Ålesund, Spitsbergen, *Journal Geophysical Research* 106/D3: 2979-2992
- Beyerle, G., Gross, M. R., Haner, D. A., Kjome, N. T., McDermid, I. S., McGee, T. J., Rosen, J. M., Schäfer, H.-J., Schrems, O. (2001). A Lidar and Backscatter Sonde Measurement Campaign at Table Mountain during February-March 1997: Observations of Cirrus Clouds, *Journal of the Atmospheric Sciences* 58: 1275-1287
- Biele, J., Tsias, A., Luo, B.P., Carslaw, K. S., Neuber, R., Beyerle, G., Peter, Th. (2001). Non-equilibrium coexistence of solid and liquid particles in Arctic stratospheric clouds, *Journal of Geophysical Research* 106/ D19: 22991
- Bintanja, R., Lilienthal, H., Tüg, H. (2001). Observations of snowdrift over Antarctic snow and blue-ice surfaces, *Annals of Glaciology* 32: 168-174
- Bischof, K., Hanelt, D., Wiencke, C. (2001). UV-radiation and Arctic marine macroalgae, in: *UV-radiation and Arctic ecosystems* (D. Hessen, ed.), Ecological Studies Series 153, Springer, Heidelberg, Berlin, New York: 227-244
- Bluhm, B., Iken, K., Laudien, J., Lippert, H. (2001). German activity in cold water scientific diving, in: *Cold Water Diving for Science: Proceedings of the 21st Annual Scientific Diving Symposium* (S.C. Jewett, ed.), American Academy of Underwater Sciences, University of Alaska Sea Grant, AK-SG-01-06, Fairbanks: 1-4
- Bluhm, B.A., Brey, T. (2001). Age determination in the Antarctic shrimp *Notocrangon antarcticus* (Pfeffer, 1887) (Crustacea, Decapoda) using the autofluorescent pigment lipofuscin, *Marine Biology* 138: 247-257
- Bluhm, B.A., Brey, T., Klages, M. (2001). The autofluorescent age pigment lipofuscin: key to age, growth and productivity of the Antarctic amphipod *Waldeckia obesa* (Chevreux, 1905), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 258: 215-236
- Bluhm, B.A., Brey, T., Klages, M., Arntz, W.E. (2001). Occurrence of the autofluorescent pigment lipofuscin in polar crustaceans and its potential as age marker, *Polar Biology* 24: 642-649
- Bluhm, H. (2001). Re-establishment of an abyssal megabenthic community after experimental physical disturbance of the seafloor, *Deep Sea Research II* 48: 3841-3868
- Bock, C., Frederich, M., Wittig, R.M., Pörtner, H.O. (2001). Simultaneous observations of haemolymph flow and ventilation in marine spider crabs at different temperatures: a flow weighted MRI study, *Magnetic Resonance Imaging* 19: 1113-1124
- Bock, C., Sartoris, F.J., Wittig, R.M., Pörtner, H.O. (2001). Temperature dependent pH regulation in stenothermal Antarctic and eurythermal temperate eelpout (Zoarcidae): an in vivo NMR study, *Polar Biology* 24: 869-874
- Borowski, C. (2001). Physically disturbed deep-sea macrofauna in the Peru Basin, S.E. Pacific, revisited

seven years after the experimental impact, *Deep Sea Research II* 48: 3809-3839

- Bracher, A., Tilzer, M.M. (2001). Underwater light field and phytoplankton absorbance in different surface water masses of the Atlantic Sector of the Southern Ocean, *Polar Biology* 24: 687-696
- Brathauer, U., Abelmann, A., Gersonde, R., Niebler, H.-S., Fütterer, D.K. (2001). Calibration of *Cycladophora davisiana* events versus oxygen isotope stratigraphy in the subantarctic Atlantic ocean – A stratigraphic tool for carbonate-poor Quaternary sediments, *Marine Geology* 175: 167-181
- Brenner, M., Buck, B. H., Cordes, S., Dietrich, L., Jacob, U., Mintenbeck, K., Schröder, A., Brey, T., Knust, R., Arntz, W. (2001). The role of iceberg scours in niche separation within the Antarctic fish genus *Trematomus*, *Polar Biology* 24: 502-507
- Bruemmer, B., Mueller, G., Affeld, B., Gerdes, R., Karcher, M., Kauker, F. (2001). Cyclones over the Fram Strait: Impact on sea ice and variability, *Polar Research* 20(2): 147-152
- Buchner, T., Abele, D., Pörtner, H.O. (2001). Oxyconformity in the intertidal worm *Sipunculus nudus*: The mitochondrial background and energetic consequences, *Comparative Biochemistry and Physiology B* 129: 109-120
- Buesselberg, T., Mueller, C., Eckstaller, A. (2001). The Neumayer Array and its impact on seismological research in the Southern Atlantic and Antarctica, *Terra Antarctica Publication, Siena*, Vol. 8(2): 41 -48
- Buesseler, K.O., Benitez-Nelson, C., Rutgers van der Loeff, M.M., Andrews, J., Ball, L., Crossin, G., Charette, M.A. (2001). An intercomparison of small- and large-volume techniques for thorium-234 in seawater, *Marine Chemistry* 74: 15-28
- Buschbaum, C., Saier, B. (2001). Growth of the mussel *Mytilus edulis* L. in the Wadden Sea affected by tidal emergence and barnacle epibionts, *Journal of Sea Research* 45: 27-36
- CAPE Project Members, Miller, G., Hubberten, H.-W., Andreev, A.A. (2001). Holocene paleoclimate data from the Arctic: testing models of global climate change, *Quaternary Science Reviews* 20: 1275-1287
- Church, J.A., Gregory, J.M., Huybrechts, P., Kuhn, M., Lambeck, K., Nhuan, M.T., Qin, D., Woodworth, P.L. (2001). Changes in Sea Level. In: *Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, C.A. Johnson, eds.), Cambridge University Press, Cambridge, New York: 639-694
- Crawford, J.H., Davis, D.D., Chen, G., Buhr, M., Oltmans, S., Weller, R., Mauldin, L., Eisele, F., Shetter, R., Lefer, B., Arimoto, R., Hogan, A. (2001). Evidence for photochemical production of ozone at the South Pole surface, *Geophysical Research Letters* 28: 3641-3644
- Cremer, H., Melles, M., Wagner, B. (2001). Holocene climate changes reflected in a diatom succession from Basaltsø, East Greenland, *Canadian Journal of Botany* 79: 649-656
- Cremer, H., Wagner, B., Melles, M., Hubberten, H.-W. (2001). The postglacial environmental development of Raffles Sø, East Greenland: Inferences from a 10,000 year diatom record, *Journal of Paleolimnology* 26: 67-87
- Cuesta, J.A., Anger, K. (2001). Larval morphology of the sesarmid crab *Armases angustipes* Dana, 1852 (Decapoda, Brachyura, Grapsoidea), *Journal of Crustacean Biology* 21: 821-838
- Dethlefsen, V., Westernhagen, H. von, Tüg, H., Hansen, P.D., Dizer, H. (2001). Influence of solar ultraviolet-B on pelagic fish embryos: Osmolality, mortality and viable hatch, *Helgol. Mar. Res.* 55: 45-55
- Dethloff, K., Abegg, C., Rinke, A., Hebestadt, I., Romanov, V. (2001). Sensitivity of Arctic climate simula-

- tions to different boundary layer parameterizations in a regional climate model, *Tellus* 53A: 1-26
- Dittmar, Th., Fitznar, H.P., Kattner, G. (2001). Origin and biogeochemical cycling of organic nitrogen in the eastern Arctic Ocean as evident from D- and L-amino acids, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 65(22): 4103-4114
- Dring, M. J., Wagner, A., Franklin, L. A., Kühlenkamp, R., Lüning, K. (2001). Seasonal and diurnal variations in ultraviolet-B and ultraviolet-A irradiances at and below the sea surface at Helgoland (North Sea) over a 6-year period, *Helgoland Marine Research* 55: 3-11
- Eckert, C., Weinberg, E.V., Kienel, U., Oberhänsli, H. (2001). A new preparation method for qualitative and quantitative analysis of fossil sponge spicules by light microscopy, in: *Lake Baikal* (K. Minoura, ed.), Elsevier Science B.V., Amsterdam: 136-145
- Eilers, H., Pernthaler, J., Peplies, J., Glöckner, F.O., Gerds, G., Amann, R. (2001). Isolation of novel pelagic bacteria from the German Bight and their seasonal contributions to surface picoplankton, *Applied and Environmental Microbiology* 67: 5134-5142
- El Naggar, S., Gernandt, H., Spelten, N., Klaas, A. (2001). Personal ultraviolet-B dosimetry at Koldeewey-Station by using an electronic dosimeter ELUV-14, *Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue* 54: 429-436
- Eschbach, E., Reckermann, M., John, U., Medlin, L.K. (2001). A simple and highly efficient fixation method for *Chrysochromulina polylepis* (Prymnesiophytes) for analytical flow cytometry. *Cytometry* 44: 126-132
- Fahrbach, E., Meincke, J., Osterhus, S., Rohardt, G., Schauer, U., Tverberg, V., Verduin, J. (2001). Direct measurements of volume transports through Fram Strait, *Polar Research* 20(2): 217-224
- Fennel, K., Losch, M., Schröter, J., Wenzel, M. (2001). Testing a marine ecosystem model: Sensitivity analysis and parameter optimization, *Journal of Marine Systems* 28: 45-63
- Fieig, K., Gerdes, R. (2001). Sensitivity of the thermohaline circulation to modern and glacial surface boundary conditions, *Journal of Geophysical Research* 106/C4: 6853-6867
- Fischer, H. (2001). Imprint of large-scale atmospheric transport patterns on sea-salt records in northern Greenland ice cores, *Journal of Geophysical Research* 106/D20: 23977-23984
- Franklin, L. A., Kräbs, G., Kühlenkamp, R. (2001). Blue light controls the synthesis of mycosporine like amino acids in *Chondrus crispus* (Florideophyceae), *Journal of Phycology* 37: 257-270
- Fransson, A., Chierici, M., Anderson, L. G., Bussmann, I., Kattner, G., Jones, E. P., Swift, J. H. (2001). The importance of shelf processes for the modification of chemical constituents in the waters of the Eurasian Arctic Ocean: implications for carbon fluxes, *Continental Shelf Research* 21: 225-242
- Frederich, M., Sartoris, F.J., Pörtner, H.O. (2001). Distribution patterns of decapod crustaceans in polar areas: A result of magnesium regulation? *Polar Biology* 24: 719-723
- Gatti, S. (2001). Antarctic Sponges, in: *The Virtual Laboratory: The algorithmic beauty of seaweeds, sponges, and corals*: 160-162
- Gerdes, R., Biastoch, A., Redler, R. (2001). Salt balance of the Gulf Stream in a regional model: Implications for climate variability, *Climate Dynamics* 18(1/2): 17-27
- Gerdes, R., Karcher, M., Kauker, F., Koeberle, C. (2001). Prediction for the spreading of radio-active substances from the sunken submarine „Kursk“ in the Barents Sea, *EOS Transactions, American Geophysical Union*, 82(23): 253.256-257
- Gernandt, H., Neuber, R., Gathen, P. von der (2001). Recent contributions to long-term atmospheric stu-

- dies at Koldewey-Station., Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue 54: 49-63
- Gervais, F., Riebesell, U. (2001). Effect of phosphorus limitation on elemental composition and stable carbon isotope fractionation in a marine diatom growing under different CO₂ concentrations, *Limnology and Oceanography* 46: 497-504
- Gimenez, L., Anger, K. (2001). Relationships among egg size, embryonic development, and larval biomass in the estuarine crab *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 260: 241-257
- Gingele, F. X., Deckker, P. De, Hillenbrand, C.-D. (2001). Late Quaternary fluctuations of the Leeuwin Current and palaeoclimates on the adjacent landmasses - clay mineral evidence, *Australian Journal of Earth Sciences* 48(6): 867-874
- Gingele, F.X., Deckker, P. De, Hillenbrand, C.-D. (2001). Clay mineral distribution in surface sediments between Indonesia and NW Australia - source and transport by ocean currents, *Marine Geology* 179: 135-146
- Goerke, H., Weber, K. (2001). Species-specific elimination of polychlorinated biphenyls in estuarine animals and its impact on residue patterns, *Marine Environmental Research* 51(2): 131-149
- Gohl, K., Uenzelmann-Neben, G. (2001). The crustal role of the Agulhas Plateau, southwest Indian Ocean: evidence from seismic profiling, *Geophysical Journal International* 144: 632-646
- Golynsky, A.V., Masolov, V.N., Jokat, W. (2001). Magnetic anomaly map of the Weddell Sea Region: A new compilation based on Russian data, *Polarforschung* 67(3): 125-132
- Grosfeld, K., Schröder, M., Fahrbach, E., Gerdes, R., Mackensen, A. (2001). How iceberg calving and grounding changes the circulation and hydrography in the Filchner Ice Shelf/Ocean System, *Journal of Geophysical Research* 106/C5: 9039-9055
- Groß, C., Tüg, H., Schrems, O. (2001). Three years spectral resolved UV-measurements at Koldewey-Station (1997 - 1999), *Memoirs of National Institute of Polar Research, Special Issue* 54: 113-123
- Gutow, L., Franke, H.-D. (2001). On the current and possible future status of the neustonic isopod *Idotea metallica* Bosc in the North Sea: a laboratory study, *Journal of Sea Research* 45: 37-44
- Gutt, J. (2001). On the direct impact of ice on marine benthic communities, a review, *Polar Biology* 24: 553-564
- Gutt, J., Starmans, A. (2001). Quantification of iceberg impact and benthic recolonisation patterns in the Weddell Sea (Antarctica), *Polar Biology* 24: 615-619
- Guerin, J.-P., Kirchner, M., Cubizolles, F. (2001). Effects of Oxyrrhis marina (Dinoflagellata), bacteria and vitamine D2 on D of Tisbe holothuriae (Copepoda), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 261: 1-16
- Haas, C. (2001). The seasonal cycle of ERS scatterometer signatures over perennial Antarctic sea ice and associated surface ice properties and processes, *Annals of Glaciology* 33: 69-73
- Haas, C., Eicken, H. (2001). Interannual variability of summer sea ice thickness in the Siberian and central Arctic under different atmospheric circulation regimes, *Journal of Geophysical Research* 106/C3: 4449-4462
- Haeckel, M., Beusekom, J.E.E. van, Wiesner, M.G., König, I. (2001). The impact of the 1991 Mount Pinatubo tephra fallout on the geochemical environment of the deep-sea sediments in the South China Sea, *Earth and Planetary Science Letters* 193: 151-166
- Hagen, W., Kattner, G., Terbrüggen, A., Vleet, E.S. van (2001). Lipid metabolism of the Antarctic krill *Euphausia superba* and its ecological implications, *Marine Biology* 139: 95-104

- Halsband, C., Hirche, H. J. (2001). Reproductive cycles of dominant calanoid copepods in the North Sea, *Marine Ecology Progress Series* 209: 219-229
- Halsband-Lenk, C., Nival, S., Carlotti, F., Hirche, H.-J. (2001). Seasonal cycles of egg production of two planktonic copepods *Centropages typicus* and *Temora stylifera* in the northwestern Mediterranean Sea, *Journal of Plankton Research* 23(6): 597-609
- Hanelt, D., Tüg, H., Bischof, K., Groß, C., Lippert, H., Sawall, T., Wiencke, C. (2001). Light regime in an Arctic fjord: a study related to stratospheric ozone depletion as a basis for determination of UV effects on algal growth, *Marine Biology* 138: 649-658
- Harms, S., Fahrbach, E., Strass, V. (2001). Sea ice transports in the Weddell Sea. *Journal of Geophysical Research* 106/C5: 9057-9073
- Hass, C., Andruleit, H., Baumann, A., Baumann, K.-H., Kohly, A., Jensen, S., Matthiessen, J., Samtleben, C., Schäfer, P., Schröder-Ritzrau, A., Thiede, J. (2001). The potential of synoptic plankton analyses for paleoclimatic investigations: Five plankton groups from the Holocene Nordic Seas, in: *The northern North Atlantic: A changing environment* (P. Schäfer, W. Ritzrau, M. Schlüter, J. Thiede, eds.), Springer, Berlin: 291-318
- Heip, C., Duineveld, G., Flach, E., Graf, G., Helder, W., Herman, P. M. J., Lavaleye, M., Middelburg, J. J., Pfannkuche, O., Soetaert, K., Soltwedel, T., Stigter, H. de, Thomsen, L., Vanaverbeke, J., DeWilde, P. (2001). Benthic-pelagic coupling: The role of the benthic biota in sedimentary metabolism and sediment-water exchange processes in the Goban Spur area (NE Atlantic), *Deep-Sea Res II* 48: 3223-3243
- Hellmer, H. H., Beckmann, A. (2001). The Southern Ocean: A ventilation contributor with multiple sources, *Geophysical Research Letters* 28(15): 2927-2930
- Herborg, L.-M., Thomas, D.N., Kennedy, H., Haas, C., Dieckmann, G.S. (2001). Dissolved carbohydrates in Antarctic sea ice, *Antarctic Science* 13(2): 119-125
- Hillenbrand, C.-D., Ehrmann, W. (2001). Distribution of clay minerals in drift sediments on the continental rise west of the Antarctic Peninsula, ODP Leg 178, Sites 1095 and 1096, *Proc. ODP, Sci. Results* (P.F. Barker, A. Camerlenghi, G.D. Acton, A.T.S. Ramsay, eds.), Vol. 178: 1-29 [Online]. Available from World Wide Web: http://www-odp.tamu.edu/publications/178_SR/VOLUME/CHAPTERS/SR178_08.PDF
- Hillenbrand, C.-D., Fütterer, D.K. (2001). Neogene to Quaternary deposition of opal on the continental rise west of the Antarctic Peninsula, ODP Leg 178, Sites 1095, 1096, and 1101, *Proc. ODP, Sci. Results* (P.F. Barker, A. Camerlenghi, G.D. Acton, A.T.S. Ramsay, eds.), Vol. 178: 1-33 [Online]. Available from World Wide Web: http://www-odp.tamu.edu/publications/178_SR/VOLUME/CHAPTERS/SR178_23.PDF
- Hirche, H.-J., Brey, T., Niehoff, B. (2001). A high frequency time series at ocean weather station M (Norwegian Sea): population dynamics of *Calanus finmarchicus*, *Marine Ecology Progress Series* 219: 205-219
- Holtvoeth, J., Wagner, T., Horsfield, B., Schubert, C.J., Wand, U. (2001). Late-Quaternary supply of terrigenous organic matter to the Congo deep-sea fan (ODP site 1075): implications for equatorial African paleoclimate, *Geo-Marine Letters* 21: 23-33
- Hoppema, M., Klatt, O., Roether, W., Fahrbach, E., Bulsiewicz, K., Rodehacke, C., Rohardt, G. (2001). Prominent renewal of Weddell Sea Deep Water from a remote source, *Journal of Marine Research* 59(2): 257-279
- Hoyer, K., Karsten, U., Sawall, T., Wiencke, C. (2001). Photoprotective substances in Antarctic macroalgae and their variation with respect to depth distribution, different tissues and developmental stages, *Marine Ecology Progress Series* 221:117-129

- Huybrechts, P. (2001). Changes of the polar ice sheets, in: *Climate of the 21st century: changes and risks* (J. Lozan, H. Graßl, P. Hupfer, eds.), GEO Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg: 221-226
- Iken, K., Brey, T., Wand, U., Voigt, J., Junghans, P. (2001). Food web structure of the benthic community at the Porcupine Abyssal Plain (NE Atlantic): a stable isotope analysis, *Progress in Oceanography* 50: 383-405
- Jakobsen, O., Hoffmann-Wieck, G., Thiede, J. (2001). Neue Ergebnisse der geoarchäologischen Forschung in der westlichen Oldenburger-Graben-Niederung: Rekonstruktion der frühneolithischen Landschaft, in: *Zurück zur Steinzeitlandschaft* (R. Kelm, Hrsg.), Albersdorfer Forschungen zur Archäologie und Umweltgeschichte 2: 89-95
- Jansen, H., Wolf-Gladrow, D.A. (2001). Carbonate dissolution in copepod guts, *Marine Ecology Progress Series* 221: 199-207
- Jenkins, A., Hellmer, H. H., Holland, D. M. (2001). The role of meltwater advection in the formulation of conservative boundary conditions at an ice-ocean interface, *Journal of Physical Oceanography* 31(1): 285-296
- Jennings, A.E., Hagen, S., Hardardottir, J., Stein, R., Ogilvie, A.E.J. (2001). Oceanographic change and terrestrial human impacts in a post A.D. 1400 sediment record from the southwest Iceland shelf, *Climatic Change* 48: 83-100
- Jokat, W. (2001). The sediment distribution below the North Greenland continental margin and the adjacent Lena Trough, *Polarforschung* 68: 71-82
- Jones, A.E., Weller, R., Anderson, P.S., Jacobi, H.-W., Wolff, E.W., Schrems, O., Miller, H. (2001). Measurements of NO_x emissions from the Antarctic snowpack, *Geophysical Research Letters* 28: 1499-1502
- Karsten, U., Bischof, K., Wiencke, C. (2001). Photosynthetic performance of Arctic macroalgae after transplantation from deep to shallow waters. *Oecologia* 127: 11-20
- Kim, B.I., Verba, V. V., Poselov, V.A., Sorokin, M.Y., Jokat, W. (2001). New insights in composition and structure of the sedimentary cover on the Lomonosov Ridge, *Polarforschung* 68: 65-70
- Kipfstuhl, S., Pauer, F., Kuhs, W. F., Shoji, H. (2001). Air bubbles and clathrate hydrates in the transition zone of the NGRIP deep ice core, *Geophysical Research Letters* 28(4): 591-594
- Klages, M., Vopel, K., Bluhm, H., Brey, T., Soltwedel, T., Arntz, W.E. (2001). Deep-sea food falls: first observation of a natural event in the Arctic Ocean, *Polar Biology* 24(4): 292-295
- Kleiber, H. P., Niessen, F., Weiel, D. (2001). The Late Quaternary evolution of the western Laptev Sea continental margin - implications from sub-bottom profiling, *Global and Planetary Change* 31: 105-124
- Kuhlenkamp, R., Franklin, L. A., Lüning, K. (2001). Effect of solar ultraviolet radiation on growth in the marine macroalga *Dictyota dichotoma* (Phaeophyceae) at Helgoland and its ecological consequences, *Helgoland Marine Research* 55: 77-86
- Kunz-Pirrung, M. (2001). Dinoflagellate cyst assemblages in surface sediments of the Laptev Sea region (Arctic Ocean) and their relation to hydrographic conditions, *Journal of Quaternary Science* 16(7): 637-649
- Kunz-Pirrung, M., Matthiessen, J., Vernal, A. de (2001). Late Holocene dinoflagellate cysts as indicators for short-term climate variability in the eastern Laptev Sea (Arctic Ocean), *Journal of Quaternary Science* 16(7): 711-716
- Laabir, M., Buttino, I., Ianora, A., Kattner, G., Poulet, S.A., Romano, G., Carotenuto, Y., Miralto, A. (2001). Effect of specific dinoflagellate and diatom diets on gamete ultrastructure and fatty acid profiles of the copepod *Temora stylifera*, *Marine Biology* 138: 1241-1250
- Lacoste, A., Poulet, S.A., Cueff, A., Kattner, G., Ianora,

- A., Laabir, M. (2001). New evidence of the copepod maternal food effects on reproduction, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 259: 85-107
- Le Meur, E., Huybrechts, P. (2001). A model computation of the temporal changes of surface gravity and geoidal signal induced by the evolving Greenland ice sheet, *Geophysical Journal International* 145: 835-849
- Leibman, M.O., Lein, A.Y., Hubberten, H.-W., Vanshtein, B.G., Goncharov, G.N. (2001). Isotope-geochemical characteristics of tabular ground ice at Yugorsky peninsula and reconstruction of conditions for its formation, *Data of Glaciological Studies*, Moskau, 90: 30-39
- Lemke, P. (2001). Polynyas-open windows to the polar oceans, *Science* 292: 1670-1671
- Lippert, H., Iken, K., Rachor, E., Wiencke, C. (2001). Macrofauna associated with macroalgae in the Kongsfjord (Spitsbergen), *Polar Biology* 24: 512-522
- Luppi, T.A., Spivak, E.D., Anger, K. (2001). Experimental studies on predation and cannibalism of the settlers of *Chasmagnathus granulata* and *Cyrtograpsus angulatus* (Brachyura: Grapsidae), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 265: 29-48
- Lythe, M.B., Vaughan, D.G., BEDMAP, Consortium: Lambrecht, A., Miller, H., Nixdorf, U., Oerter, H., Steinhage, D., Huybrechts, P. et al. (2001). BEDMAP: a new ice thickness and subglacial topographic model of Antarctica, *Journal of Geophysical Research* 106/B6: 11,335-11,351
- Lüder, U. H., Knoetzel, J., Wiencke, C. (2001). Acclimation of photosynthesis and pigments to seasonally changing light conditions in the endemic Antarctic red alga *Palmaria decipiens*, *Polar Biology* 24: 598-603
- Lüder, U.H., Knoetzel, J., Wiencke, C. (2001). Two forms of phycobilisomes in the Antarctic red macroalga *Palmaria decipiens* (Palmariales, Florideophyceae), *Physiologia Plantarum* 112: 572-581
- Lüning, K. (2001). Circadian growth in *Porphyra umbilicalis* (Rhodophyta): spectral sensitivity of the circadian system, *Journal of Phycology* 37: 52-58
- Mackensen, A. (2001). Oxygen and carbon stable isotope tracers of Weddell Sea water masses: new data and some paleoceanographic implications, *Deep Sea Research I* 48(6): 1401-1422
- Mackensen, A., Rudolph, M., Kuhn, G. (2001). Late Pleistocene deep-water circulation in the subantarctic eastern Atlantic, *Global and Planetary Change* 30(3-4): 197-229
- Massom, R.A., Eicken, H., Haas, C., Jeffries, M.O., Drinkwater, M.R., Sturm, M., Worby, A.P., Wu, X., Lytle, V.I., Ushio, S., Morris, K., Reid, P.A., Warren, S., Allison, I. (2001). Snow on Antarctic sea ice, *Reviews of Geophysics* 39(3): 413-445
- Matthiessen, J., Baumann K.-H., Schröder-Ritzrau, A., Hass, C., Andruleit, H., Baumann, A., Jensen, S., Kohly, A., Pflaumann, U., Samtleben, C., Schäfer, P., Thiede, J. (2001). Distribution of calcareous, siliceous and organic-walled planktic microfossils in surface sediments of the Nordic Seas and their relation to surface-water masses, in: *The northern North Atlantic: A changing environment* (P. Schäfer, W. Ritzrau, M. Schlüter, J. Thiede, eds.), Springer-Verlag, Berlin: 105-127
- McLaughlin, P.A., Anger, K., Kaffenberger, A., Lovrich, G.A. (2001). Megalopal and early juvenile development in *Lithodes santolla* (Molina, 1782) (Decapoda: Anomura; Paguroidea: Lithodidae), with notes on zoealvariations, *Invertebrate Reproduction and Development* 40: 53-67
- Meredith, M., Heywood, K., Dennis, P., Goldson, L., White, R., Fahrback, E., Schauer, U., Østerhus, S. (2001). Freshwater fluxes through the western Fram Strait, *Geophysical Research Letters* 28: 1615-1618
- Mergaert, J., Verhelst, A., Cnockaert, M. A., Tan, T.-L., Swings, J. (2001). Characterization of facultative oligotrophic bacteria from polar seas by analysis of

- their fatty acids and 16S rDNA sequences, *Systematic and Applied Microbiology* 24: 98 - 107
- Mironov, D.V. (2001). Pressure-potential-temperature covariance in convection with rotation, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 127: 89-100
- Müller, C. (2001). Upper mantle seismic anisotropy beneath Antarctica and the Scotia Sea region, *Geophysical Journal International* 147: 105-12
- Müller, J., Kasbohm, J., Oberhänsli, H., Melles, M., Hubberten, H.-W. (2001). TEM analysis of smectite-illite mixed-layer minerals of BDP-96-1 - a preliminary report, in: *Lake Baikal: a mirror in time and space for understanding global change processes* (K. Minoura, ed.), Elsevier, Amsterdam: 90-100
- Müller, J., Oberhänsli, H., Melles, M., Schwab, M., Rachold, V., Hubberten, H.-W. (2001). Late Pliocene sedimentation in Lake Baikal: implications for climatic and tectonic change in SE Siberia, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 174: 305-326
- Müller, M., Neuber, R., Beyerle, G., Kyrö, E., Kivi, R., Wöste, L. (2001). Non-uniform PSC occurrence within the Arctic polar vortex, *Geophysical Research Letters* 28(22): 4175-4178
- Naveira Garabato, A.C., Allen, J.T., Leach, H., Strass, V.H., Pollard, R.T. (2001). Mesoscale subduction at the Antarctic Polar Front driven by baroclinic instability, *Journal of Physical Oceanography* 31: 2087-2107
- Neuber, R., Beyerle, G., Gathen, P. von der, Wahl, P., Dahl, A., Gross, M., McGee, Th., Klein, U., Steinbrecht, W. (2001). An intercomparison campaign of ozone and temperature measurements in the Arctic (NAOMI-98, Ny-Ålesund/Spitsbergen), *Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue* 54: 65-70
- Nowaczyk, N., Frederichs, T.W., Kassens, H., Nørgaard-Petersen, N., Spielhagen, R., Stein, R., Weiel, D. (2001). Sedimentation rates in the Makarov Basin, Central Arctic Ocean - A paleo- and rock magnetic approach, *Paleoceanography* 16: 368-389
- O Cofaigh, C., Dowdeswell, J. A., Grobe, H. (2001). Holocene glacial marine sedimentation, inner Scoresby Sund, East Greenland: the influence of fast-flowing ice-sheet outlet glaciers, *Marine Geology* 175: 103-129
- Olbers, D. (2001). A gallery of simple models from climate physics, in: *Stochastic Climate Models* (P. Imkeller, J. von Storch, eds.), *Progress in Probability* 49, Birkhäuser Verlag: 3-63
- Olbers, D., Ivchenko, V. O. (2001). On the meridional circulation and balance of momentum in the Southern Ocean of POP, *Ocean Dynamics* 52: 79-93
- Orejas, C., López-González, P. J., Arntz, W. E. (2001). Feeding strategies and diet composition of four Antarctic cnidarian species, *Polar Biol.* 24: 620-627
- Plötz, J., Bornemann, H., Knust, R., Schröder, A., Bester, M. (2001). Foraging behaviour of Weddell seals, and its ecological implications, *Polar Biology* 24: 901-909
- Prokoph, A., Villeneuve, M., Agterberg, F.P., Rachold, V. (2001). Geochronology and calibration of global Milankovitch cyclicity at the Cenomanian-Turonian boundary, *Geology* 29: 523-526
- Proshutinsky, A., Steele, M., Zhang, J., Holloway, G., Steiner, N., Hakkinen, S., Holland, D., Gerdes, R., Koeberle, C., Karcher, M., Johnson, M., Maslowski, W., Walczowski, W., Hibler, W., Wang, J. (2001). Multinational effort studies differences among Arctic Ocean models, *EOS Transactions, American Geophysical Union*, 82: 637, 643-644
- Pöhn, M., Vopel, K., Grünberger, E., Ott, J. (2001). Microclimate of the brown-alga *Feldmannia caespitula* interstitium under zero-flow conditions, *Marine Ecology Progress Series* 201: 285-290
- Pörtner, H.O. (2001). Climate change and temperature dependent biogeography: oxygen limitation of thermal tolerance in animals, *Naturwissenschaften* 88: 137-146

- Pörtner, H.O., Berdal, B., Blust, R., Brix, O., Colosimo, A., Wachter, B. De, Giuliani, A., Johansen, T., Fischer, T., Knust, R., Naevdal, G., Nedenes, A., Nyhammer, G., Sartoris, F.J., Serendero, I., Sira-bella, P., Thorkildsen, S., Zakhartsev, M. (2001).) Climate effects on growth performance, fecundity and recruitment in marine fish: developing a hypothesis for cause and effect relationships in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common eelpout (*Zoarces viviparus*), *Continental Shelf Research* 21: 1975-1997
- Quartino, M.L., Klöser, H., Schloss, I.R., Wiencke, C. (2001). Biomass and associations of benthic marine macroalgae from the inner Potter Cove (King George Island, Antarctica) related to depth and substrate, *Polar Biology* 24: 349-355
- Rae, R., Hanelt, D., Hawes, I. (2001). Sensitivity of fresh-water macrophytes to UV radiation: relationship to depth zonation in an oligotrophic New Zealand lake, *Marine Freshwater Research* 52: 1023-1032
- Rae, R., Hawes, I., Hanelt, D., Howard-Williams, C. (2001). Ultraviolet light: is it harming New Zealand's lakes? *NIWA Water & Atmosphere* 9(1): 10-12
- Ramdohr, S., Bornemann, H., Plötz, J., Bester, M.N. (2001). Immobilisation of free-ranging adult male southern elephant seals (*Mirounga leonina*) with Immobilon (etorphine/acepromazine) and ketamine, *South African Journal of Wildlife Research* 3/4:135-140
- Reinhardt, H., Kriews, M., Miller, H., Schrems, O., Lüdke, C., Hoffmann, E., Skole, E. (2001). Laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry: a new tool for trace element analysis in ice cores, *Fresenius Journal Analytical Chemistry* 370: 629-636
- Reise, K., Colijn, F. (2001). Transboundary Issues: Consequences for the Wadden Sea, In: *Science and Integrated Coastal Management* (B. v. Bodungen, R.K. Turner, eds.), Dahlem Workshop Report 85: 51-70
- Reise, K., Simon, M., Herre, E. (2001). Density-dependent recruitment after winter disturbance on tidal flats by the lugworm *Arenicola marina*, *Helgol. Mar. Res.* 55: 161-165
- Rintoul, S., Hughes, C., Olbers, D. (2001). The Antarctic Circumpolar Current System, in: *Ocean Circulation and Climate* (G. Siedler, J. Church, J. Gould, eds.), Academic Press, New York: 271-302
- Rotilland, G., Charmantier-Daures, M., Charmantier, G., Anger, K., Sardà, F. (2001). Effects of diet on *Nephrops norvegicus* (L.) larval and postlarval development, growth, and elemental composition, *Journal of Shellfish Research* 20: 347-352
- Rousseau, F., Burrowes, R., Peters, A.F., Kuhlenskamp, R., Reviers, B. de (2001). A comprehensive phylogeny of the Phaeophyceae based on nrDNA sequences resolves the earliest divergences, *Comptes rendus des séances de l'Academie des Sciences* 324: 305-319
- Rutgers van der Loeff, M.M. (2001). Ocean Process Tracers: Uranium-Thorium decay series in the water column, in: *Encyclopedia of Ocean Sciences* (J. Steele, S. Thorpe, K. Turekian, eds.), Academic Press: 3135-3145
- Sauter, E. J., Schlüter, M., Suess, E. (2001). Organic carbon flux and remineralization in surface sediments from the northern North Atlantic derived from pore-water oxygen microprofiles, *Deep Sea Research* 48: 529-553
- Schäfer, P., Thiede, J., Gerlach, S., Graf, G., Suess, E., Zeitschel, B. (2001). The environment of the northern North-Atlantic Ocean: Modern depositional processes and their historical documentation, in: *The Northern North Atlantic: A changing environment* (P. Schäfer, W. Ritzrau, M. Schlüter, J. Thiede, eds.), Springer, Berlin: 1-17
- Schäfer, P., Ritzrau, W., Schlüter, M., Thiede, J. (eds.) (2001). *The northern North Atlantic: A changing environment*, Springer, Berlin: 500 pp.

- Schewe, I. (2001). Small-sized benthic organisms of the Alpha Ridge, Central Arctic Ocean, *International Review of Hydrobiology* 86(3): 317-335
- Schmid, A.-M. M., Crawford, R. M. (2001). *Ellerbeckia arenaria* (Bacillariophyceae): formation of auxospores and initial cells, *European Journal of Phycology* 36: 307-320
- Schnack-Schiel, S.B., Thomas, D.N., Haas, C., Dieckmann, G.S., Alheit, R. (2001). On the occurrence of the copepods *Stephos Longipes* (Calanoida) and *Drescheriella Glacialis* (Harpacticoida) in summer sea ice in the Weddell Sea (Antarctica), *Antarctic Science* 13(2): 150-157
- Schodlok, M.P., Rodehacke, C.B., Hellmer, H.H., Beckmann, A. (2001). On the origin of the deep CFC maximum in the eastern Weddell Sea - numerical model results, *Geophysical Research Letters* 28: 2859-2862
- Schröder-Ritzrau, A., Andruleit, H., Jensen, S., Samtleben, C., Schäfer, P., Matthiessen, J., Hass, C., Kohly, A., Thiede, J. (2001). Distribution, export and alteration of fossilizable plankton in the Nordic Seas, in: *The Northern North Atlantic: A changing environment* (P. Schäfer, W. Ritzrau, M. Schlüter, J. Thiede, eds.), Springer, Berlin: 81-104
- Schumacher, R., Neuber, R., Herber, A., Rairoux, P., Schrems, O. (2001). Extinction profiles measured with a Raman Lidar in the Arctic troposphere, in: *Advances in Laser Remote Sensing - selected papers, presented at the 20th ILRC, Vichy, France 10 - 14th July 2000*, (A. Dabas, C. Loth, J. Pelon, eds.), Edition de l'École polytechnique: 229 - 232
- Seibold, A., Wichels, A., Schütt, C. (2001). Diversity of endocytic bacteria in the dinoflagellate *Noctiluca scintillans*, *Aquatic Microbial Ecology* 25: 229-235
- Skoog, A., Lara, R., Kattner, G. (2001). Spring-summer cycling of DOC, DON and inorganic N in a highly seasonal system encompassing the Northeast Water Polynya, 1993, *Deep Sea Research I* 48: 2613-2629
- Sloyan, B., Rintoul, S. (2001). Circulation, renewal, and modification of Antarctic mode and intermediate water, *J. Phys. Oceanogr.* 31: 1005-1030
- Sloyan, B., Schröter, J. (2001). Correlation of ocean mass and temperature fluxes among hydrographic sections in the southern oceans, *Geophysical Research Letters* 28(10): 2049-2052
- Sloyan, B.M., Rintoul, S.R. (2001). The Southern Ocean limb of the global deep overturning circulation, *J. Phys. Oceanogr.* 31: 143 - 173
- Smetacek, V. (2001). A watery arms race, *Nature* 411: 745
- Snow, J., Jokat, W., Hellebrand, E., Mühe, R. (2001). Magmatic and hydrothermal activity in Lena Trough, Arctic Ocean, *EOS Transactions* 82(17): 193,197,198
- Sokolov, E.P., Sokolova, I.M., Pörtner, H.O. (2001). Composition and relative abundance of microsatellite repeats in genome of *Littorina saxatilis*, *Journal of Molluscan Studies* 67: 499-501
- Sokolova, I.M., Pörtner, H.O. (2001). Adaptation to high shore life in *Littorina saxatilis* involves improved water conservation abilities and metabolic rate depression, *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 224: 181 - 176
- Sokolova, I.M., Pörtner, H.O. (2001). Temperature effects on key metabolic enzymes in *Littorina saxatilis* and *L. obtusata* from different latitudes and shore levels, *Marine Biology* 139: 113-126
- Soltwedel, T., Vopel, K. (2001). Bacterial abundance and biomass in response to organism-generated habitat heterogeneity in deep-sea sediments, *Marine Ecology Progress Series* 219: 291-298
- Sommer, U., Sommer, F., Santer, B., Jamieson, C., Boersma, M., Becker, C., Hansen, T. (2001). Complementary impact of copepods and cladocerans on phytoplankton, *Ecology Letters* 4: 545-550
- Sprung, M., Asmus, H., Asmus, R. (2001). Energy flow in benthic assemblages of tidal basins: Ria Formosa (Portugal) and Sylt-Rømø Bay (North Sea) compared,

- Ecological comparisons of sedimentary shores (K. Reise, ed.), Ecological Studies 151, Springer-Verlag, Berlin: 237-254
- Steele, M., Ermold, W., Holloway, G., Haekkinen, S., Holland, D., Karcher, M., Kauker, F., Maslowski, W., Steiner, N., Zhang, J. (2001). A drift in the Beaufort Gyre: A model intercomparison, *Geophysical Research Letters* 28(15): 2935-2838
- Storch, D., Abele, D., Pörtner, H.O. (2001). The effect of hydrogen peroxide on isolated body wall musculature of the lugworm *Arenicola marina* (L.) at different extracellular pH levels. *Comparative Biochemistry and Physiology* 128C: 391-399
- Storch, V., Bluhm, B.A., Arntz, W.E. (2001). Microscopic anatomy and ultrastructure of the digestive system of three Antarctic shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea), *Polar Biol.* 24: 604-614
- Strasser, M., Günther, C.-P. (2001). Larval supply of predator and prey: temporal mismatch between crabs and bivalves after a severe winter in the Wadden Sea, *Journal of Sea Research* 46: 57-67
- Strasser, M., Hertlein, A., Reise, K. (2001). Differential recruitment of bivalve species in the northern Wadden Sea after the severe winter of 1995/96 and of subsequent milder winters, *Helgoland Marine Research* 55: 182-189
- Strasser, M., Pieloth, U. (2001). Recolonization pattern of the polychaete *Lanice conchilega* on an intertidal sand flat following the severe winter of 1995/96, *Helgoland Marine Research* 55: 176-181
- Strasser, M., Reinwald, T., Reise, K. (2001). Differential effects of the severe winter of 1995/96 on the intertidal bivalves *Mytilus edulis*, *Cerastoderma edule* and *Mya arenaria* in the northern Wadden Sea, *Helgoland Marine Research* 55: 190-197
- Suortti, T., Karhu, J., Kivi, R., Kyrö, E., Rosen, J., Kjome, N., Larsen, N., Neuber, R., Khatatov, V., Rudakov, V., Yushkov, V., Nakane, H. (2001). Evolution of the Arctic stratospheric aerosol mixing ratio measured with balloon borne aerosol backscatter sondes for years 1988-2000, *Journal of Geophysical Research* 106: 20759-20766
- Takahashi, K., Cortese, G., Frost, G.M., Gerbaudo, S., Goodliffe, A.M., Ishikawa, N., Lackschewitz, K.S., Perembo, R.C.B., Resig, J.M., Siesser, W.G., Taylor, B., Testa, M. (2001). Summary of revised age assignments for ODP Leg 180, in: *Proceedings ODP, Scientific Results, 180* (P. Huchon, B. Taylor, A. Klaus, eds.), [Online]. Available from World Wide Web
- Tarazona, J., Arntz, W. E. (2001). The Peruvian coastal upwelling system, in: *Coastal marine ecosystems of Latin America* (U. Seeliger, B. Kjerfve, eds.), Berlin, Springer: 229-244
- Testa, M., Cortese, G., Gerbaudo, S., Andri, E. (2001). Quaternary radiolarians in the western Woodlark Basin, southwest Pacific (ODP Leg 180), in: *Proceedings ODP, Scientific Results 180* (P. Huchon, B. Taylor, A. Klaus, eds.), [Online]. Available from World Wide Web
- Thiede, J., Tiedemann, R. (2001). The alternative: Natural climate change - Do we have to expect a new glacial? In: *Climate of the 21st century: Changes and risks* (J.L. Lozán, H. Graßl, P. Hupfer, eds.), 2nd ed., GEO Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg: 190-195
- Thiede, J., Bauch, H.A., Hjort, C., Mangerud, J. (2001). The late Quaternary stratigraphy and environments of northern Eurasia and the adjacent Arctic seas - new contributions from QUEEN. *Global Planet Change, special issue* 31(1-4): VII-X
- Thiede, J., Schäfer, P., Ritzrau, W., Schlüter, M., Schröder-Ritzrau, A., Members of the SFB 313 (2001). Present and past oceanographic controls of sediment formation in the North Atlantic - Arctic Gateway, in: *The northern North Atlantic: A changing environment* (P. Schäfer, W. Ritzrau, M. Schlüter, J. Thiede, eds.), Springer, Berlin: 463-491
- Thiede, J., Bauch, H.A., Hjort, C., Mangerud, J. (eds.)

- (2001). The late Quaternary stratigraphy and environments of northern Eurasia and the adjacent Arctic seas - new contributions from QUEEN, Global Planet Change, special issue 31(1-4) Elsevier, Amsterdam, London, New York: 474 pp.
- Thiede J & internationale QUEEN Teams (2001). Der nordhemisphärische Eisschild im Letzten Glazialen Maximum. In: Klimawechsel vor dem Einfluß des Menschen (B. Parthier, ed.), Nova Acta Leopoldina NF 88, Nr. 331: 31-33
- Thiel, H. (2001). Use and protection of the deep sea - an introduction, Deep Sea Research II 48: 3427-3431
- Thiel, H., [Forschungsverbund Tiefsee-Umweltschutz](#) (2001). Evaluation of environmental consequences of polymetallic nodule mining based on the results of the TUSCH-Forschungsverbund, Deep Sea Research II 48: 3433-3452
- Thiel, H., Schriever, G., Ahnert, A., Bluhm, H., Borowski, C., Vopel, K. (2001). The large-scale environmental impact experiment DISCOL - Reflection and Foresight, Deep Sea Research II 48: 3869-3882
- Thomas, D.N., Kennedy, H., Kattner, G., Gerdes, G., Gough, C., Dieckmann, G.S. (2001). Biogeochemistry of platelet ice: its influence on particle flux under fast ice in the Weddell Sea, Antarctica, Polar Biology 24: 486-496
- Thoms, S., Pahlow, M., Wolf-Gladrow, D.A. (2001). Model of the carbon concentrating mechanism in chloroplasts of eukaryotic algae, Journal of Theoretical Biology 208: 295-313
- Timmermann, R., Beckmann, A., Hellmer, H.H. (2001). The role of sea ice in the fresh water budget of the Weddell Sea, Annals of Glaciology 33: 419-424
- Tseitlin, V. B., Mokievsky, V. O., Azovsky, A. I., Soltwedel, T. (2001). The study of meiobenthos size structure with the sieving method (case study of the Arctic Basin free-living nematodes), Oceanology (Okeanologiya, Moscow) 41(5): 712-717
- Vernal, A. de, Henry, M., Matthiessen, J., Mudie, P.J., Rochon, A., Boessenkool, K., Eynaud, F., Grøsfjeld, K., Guiot, J., Hamel, D., Harland, R., Head, M.J., Kunz-Pirrung, M., Levac, A., Loucheur, V., Peyron, O., Pospelova, V., Radi, T., Turon, J.-L., Voronina, E. (2001). Dinocyst assemblages as tracer of sea-surface conditions in the northern North Atlantic, Arctic and sub-Arctic seas: the „n = 677“ data base and derived transfer functions, Journal of Quaternary Science 16(7): 681-698
- Vopel, K., Pöhn, M., Sorgo, A., Ott, J. (2001). Ciliate-generated advective seawater transport supplies chemoautotrophic ectosymbionts, Marine Ecology Progress Series 210: 93-99
- Wacker, U., Seifert, A. (2001). Evolution of rain water profiles resulting from pure sedimentation: Spectral vs. parameterized description, Atmospheric Research 58: 19-39
- Walter, H. J., Geibert, W., Rutgers van der Loeff, M. M., Fischer, G., Bathmann, U. (2001). Shallow vs deep-water scavenging of ²³¹Pa and ²³⁰Th in radionuclide enriched waters of the Atlantic sector of the Southern Ocean, Deep-Sea Res I 48: 471-493
- Weigelt, E., Jokat, W. (2001). Peculiarities of roughness and thickness of oceanic crust in the Eurasian Basin, Arctic Ocean, Geophysical Journal International 145: 505-516
- Weisheimer, A., Handorf, D., Dethloff, K. (2001). On the structure and variability of atmospheric circulation regimes in coupled climate models, Atmospheric Science Letters doi:10.1006/asle.2001.0034
- Welsch, U., Ramdohr, S., Riedelsheimer, B., Hebel, R., Eisert, R., Plötz, J. (2001). Histophysiology of the eye of the deep diving Antarctic weddell seal, Leptonychotes weddellii, Journal of Morphology 248: 165-174
- Wenzel, M., Schröter, J., Olbers, D. (2001). The annual cycle of the global ocean circulation as determined by 4D VAR data assimilation, Progress in Oceanography 48: 73-119

- Wigley, T.M.L., Raper, S.C.B. (2001). Interpretation of high-projections for global-mean warming, *Science* 293: 451-454
- Williams, M.J.M., Grosfeld, K., Warner, R., Gerdes, R., Determann, J. (2001). Ocean circulation and ice-ocean interaction beneath the Amery Ice Shelf, Antarctica, *Journal of Geophysical Research* 106/C10: 22383-22399
- Winzer, K., Noorden, C.J.F. van, Köhler, A. (2001). Quantitative cytochemical analysis of glucose-6-phosphate dehydrogenase activity in living isolated hepatocytes of European flounder for rapid analysis of xenobiotic effects, *J. Histochem. Cytochem.* 49: 1025-1032
- Winzer, K., Winston, G.W., Becker, W., Noorden, C.J.F. van, Köhler, A. (2001). Sex-related responses to oxidative stress in primary cultured hepatocytes of European flounder (*Platichthys flesus* L.), *Aquatic Toxicology* 52: 143-155
- Wolf-Welling, T.C.W., Moerz, T., Hillenbrand, C.-D., Pudsey, C.J., Cowan, E.A. (2001). Bulk sediment parameters (CaCO₃, TOC, >63µm) of Sites 1095, 1096, 1101 and coarse fraction analysis of Site 1095 (ODP Leg 178, Western Antarctic Peninsula), in: *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results 178* (P.F. Barker, A. Camerlenghi, G.D. Acton, A.T.S. Ramsay, eds.): 1-19 [Online]. Available from World Wide Web: http://www-odp.tamu.edu/publications/178_SR/VOLUME CHAPTERS/SR178_15.PDF.
- Wollenburg, J.E., Kuhnt, W., Mackensen, A. (2001). Changes in Arctic Ocean paleoproductivity and hydrography during the last 145kyr: the benthic foraminiferal record, *Paleoceanography* 16(1): 65-77
- Yaremchuk, M., Bindoff, N. L., Schröter, J., Nechaev, D., Rintoul, S. (2001). On the zonal and meridional circulation and ocean transports between Tasmania and Antarctica, *Journal of Geophysical Research* 106: 2795-2814
- Yu, E.-F., Francois, R., Bacon, M.P., Honjo, S., Fleer, A.P., Manganini, S.J., Rutgers van der Loeff, M.M., Ittekkot, V. (2001). Trapping efficiency of bottom-tethered sediment traps estimated from the intercepted fluxes of ²³⁰Th and ²³¹Pa, *Deep Sea Research* 1 48: 865-889
- Zeebe, R. E., Wolf-Gladrow, D. A. (2001). CO₂ in Seawater: Equilibrium, kinetics, isotopes, Amsterdam, Elsevier Oceanography Book Series 65: 346 pp.
- Zeebe, R.E. (2001). Seawater pH and isotopic paleotemperatures of Cretaceous Oceans, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 170: 49-57
- Zeebe, R.E., Sanyal, A., Ortiz, J.D., Wolf-Gladrow, D.A. (2001). A theoretical study of the kinetics of the boric acid - borate equilibrium in seawater, *Marine Chemistry* 73(2): 113-124
- Zielinski, S., Sartoris, F.J., Pörtner, H.O. (2001). Temperature effects on haemocyanin oxygen binding in an Antarctic cephalopod, *Biological Bulletin* 200: 67-76
- Zondervan, I., Zeebe, R.E., Rost, B., Riebesell, U. (2001). Decreasing marine biogenic calcification: a negative feedback on rising atmospheric pCO₂, *Global Biogeochemical Cycles* 15(2): 507-516
- 2000, nicht begutachtet**
- Asmus, H. (2000). ECSA-Workshop: Community ecology of soft bottom mussel beds, *Wadden Sea Newsletter* 2: 35-37
- Asmus, R. (2000). Schaumberge am Strand: von Algen, Tangen und Seegräsern, in: *Pflanzen- und Tierwelt im Wattenmeer* (J. Newig, H. Theede, Hrsg.), Hamburg: Ellert & Richter: 44-55
- Beyerle, G., Biele, J., Neuber, R., Stebel, K. (2000). The lidar data set of polar stratospheric cloud observations at Koldewey-Station, Ny-Ålesund, Spitsbergen: An analysis of clouds spatial characteristics, in: *Atmospheric Ozone: Proceedings of the Quadrennial Ozone Symposium*, Sapporo, NASDA: 311-312
- Buchholz, F., Saborowski, R., Salomon, M. (2000).

- Metabolic activity in the Northern krill, *Meganyci-phanes norvegica*, in terms of climatic adaptation, *Zoology* 103, Supplement III (DZG 93.1): 80
- Fritsch, B., Gerdes, R., Hiller, W., Latif, M., Legutke, S., Maier-Reimer, E., Olbers, D., Roeske, F. (2000). Vergleich der thermohalinen Zirkulation in zwei globalen ozeanischen Zirkulationsmodellen – The Ocean Model Intercomparison Project, Abschlußbericht BMBF Projekt 01 LA 9862/8: 133 pp.
- Gathen, P. von der, Rex, M., Herrmann, P. (2000). Synoptic PSC existence temperatures above the Arctic from 1979 onwards, in: *Stratospheric ozone 1999: Proceedings of the fifth European Symposium, Air pollution research report 73*, 27. September - 1. October 1999, St. Jean de Luz, France, (N. R. P. Harris, M. Guirlet, G. T. Amanatidis, eds.), European Commission, Directorate-General for Research, Brussels: 79-82
- Georgiadis, T., Bonafè, U., Calzolari, F., Nardino, M., Orzini, A., Pirazzini, R., Ravegnani, F., Sozzi, R., Trivellone, G., Argentini, S., Hartmann, J., Lüpkes, C. (2000). Study of the Surface Energy Balance at Ny-Ålesund, Svalbard, Italian Research on Antarctic Atmosphere, 8th Workshop, Bologna, 20-22 October 1999: 163-174
- Gerdes, R. (2000). Evidence for MOC slowdown linked to Fram Strait ice flux in the VEINS model, Science Plan for ASOF – the Arctic-Subarctic Ocean Flux Array (B. Dickson, ed.)
- Gerdes, R., Köberle, C. (2000). Arctic sea ice volume variability from a hindcast simulation, in: Summary report of an ACSYS meeting on data and data management in support of sea-ice/ocean modelling, WCRP informal report no. 6/2000: 42-46
- Gutow, L., Franke, H.-D. (2000). *Idotea metallica* (Crustacea, Isopoda), an indicator of a warming trend in the North Sea, *Zoology*, 103 Suppl. 3 (DZG 93.1): 108
- Hamers, C., Franke, H.-D. (2000). Timing of reproduction in the spionid *Malacoceros fuliginosus* (Claparede, 1886) (Annelida, Polychaeta) from the intertidal of Helgoland, *Zoology*, 103 Suppl. 3 (DZG 93.1): 108
- Hubberten, H.-W., Romanovskii, N. N. (2000). Terrestrial and offshore permafrost evolution of the Laptev Sea region during the last Pleistocene-Holocene glacial-eustatic cycle, in: *Permafrost Response on Economic Development, Environmental Security and Natural Resources*. Proc. NATO-ARW, Novosibirsk, 1998 (R. Paepe, V. Melnikov, eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 43-60
- Jacobi, H.-W., Hutterli, M.A., Frey, M.M., Bales, R.C., Schrems, O. (2000). Are photochemical processes on the snow surface important for the exchange of H₂O₂ and HCHO between the atmosphere and snow? *Eos Transactions, American Geophysical Union*, 81: F169
- Karcher, M., Harms, I. (2000). Estimation of water and ice fluxes in the Arctic for an improved box structure of the NRPA box model (Transport Programme), Report to the Norwegian Radiation Protection Agency (NRPA): 37 pp.
- Lackschewitz, D., Reise, K. (2000). Verliert die Insel Sylt ihre natürliche Wattseite unter veränderten Klimabedingungen? In: *Ökosystemforschung und Ökosystem-Management*. (L. Kappen, G. Hörmann, Hrsg.), Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Parey, Berlin, 30: 245
- Lehmann, R. (2000). Chemical pathway analysis: An algorithm and its application to stratospheric chemistry, in: *Proceedings of the Quadrennial Ozone Symposium*, Sapporo, Japan: 519-520
- Lüpkes, C., Lopez, S. (2000). Entwicklung einer Parametrisierung für subskalige turbulente Flüsse in einem mikroskaligen Strömungs- und Transportmodell für die Hindernisschicht, Abschlussbericht zum BMBF Verbundvorhaben 07TFS10/LT1-B.3, Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven: 40 S.
- Mehl-Janussen, D., Eckert, C., Weinberg, E.V. (2000). Investigations on the endemic freshwater Porifera of Lake Baikal (Lubomirskiidae): Status and perspectives,

- Terra Nostra 9: 49-59
- Müller, C. (2000). Seismische Anisotropie in Antarktika, in: Deutsche Beiträge zu GPS-Kampagnen des Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) 1995-1998 (R. Dietrich, Hrsg.), Deutsche Geodätische Kommission, Vol. 310(B): 163 - 180
- Müller, C. (2000). Seismotektonik in den Bereichen der Antarktischen Halbinsel, des Scotia und Weddell Meeres, in: Deutsche Beiträge zu GPS-Kampagnen des Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) 1995-1998 (R. Dietrich, Hrsg.), Deutsche Geodätische Kommission, Vol. 310(B): 153 - 161
- Neuber, R., Beyerle, G., Gathen, P. von der, Wahl, P., Dahl, A., Gross, M., McGee, Th., Klein, U., Steinbrecht, W. (2000). An intercomparison campaign of ozone and temperature measurements in the Arctic (NAOMI-98, Ny-Ålesund/Spitsbergen), in: Stratospheric ozone 1999, Proceedings of the fifth European Symposium, Air pollution research report 73, 27. September - 1. October 1999, St. Jean de Luz, France (N. R. P. Harris, M. Guirlet, G. T. Amantidis, eds.), European Commission, Directorate-General for Research, Brussels: 715-718
- Nixdorf, U., Wilhelms, F., Eisen, O. (2000). Firnstrukturen aus Boden-EMR-Messungen in Dronning-Maud-Land, Antarktis, Rundtischgespräch zum Thema Radar: „Georadar - Erfahrungen und Perspektiven“, Freiberg 30. Sep. - 1. Okt. 2000, Mitteilungen Sonderband I/2000 (B. Forkmann, ed.), Deutsche Geophysikalische Gesellschaft: 67-73
- Nokin, M., Soltwedel, T., Klages, M. (2000). Deployment of the Deep-Sea ROV VICTOR 6000 from board the German Research Icebreaker 'Polarstern' in Polar Regions, Proceedings of the „Ocean 2000“ Conference, 11.-14. September 2000, Rhode Island, USA
- Pörtner, H. O. (2000). Understanding the effect of CO₂ on marine ectothermal animals: the contribution of ecological physiology, in: Symposium Proc New Energy and Industr Technol Developm Org of Japan (NEDO) and Tokyo Inst of Technol (TIT): 127-133
- Pörtner, H.O., Berdal, B., Blust, R., Brix, O., Colosimo, A., Wachter, B. De, Giuliani, A., Johansen, T., Fischer, T., Knust, R., Naevdal, G., Nedenes, A., Nyhammer, G., Sartoris, F.J., Serendero, I., Sirabella, P., Thorkildsen, S., Zakhartsev, M. (2000). Growth performance, fecundity and recruitment in marine fish: Understanding climate effects based on physiological and ecological studies in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common eelpout (*Zoarces viviparus*), in: Proceedings of the 4th European Conference on Marine Science and Technology, Hamburg (Germany) Vol. I, Marine processes, ecosystems and interactions: 190-196
- Reise, K. (2000). Grünalgen und Seegras im schleswig-holsteinischen Wattenmeer, Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (Hrsg.): Wattenmeermonitoring 1999, Schwerpunktthema: Der Mensch im Nationalpark. – Schriftenreihe des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, Tönning: 4-5
- Reise, K. (2000). Leben in Watt und Meer Nordfrieslands, Das große Nordfriesland-Buch (T. Steensen, Hrsg.), Ellert & Richter: 38-51
- Reise, K. (2000). Mehr Sand vor die Wattufer, Wattenmeer International 4: 11-12
- Reise, K. (2000). Seegraswiesen und Grünalgenmatten im schleswig-holsteinischen Wattenmeer: Verteilung und langfristige Bestandsänderungen, Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (Hrsg.): Wattenmeermonitoring 1998, Schriftenreihe des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, Tönning: 5-7
- Reise, K., Asmus, H. (2000). Origin of Ecological Wadden Sea Research around Sylt, Wadden Sea Newsletter 1: 31-32
- Saborowski, R. (2000). That difference strikes: digestive enzymes from Antarctic and Northern krill, Zoology 103, Supplement III (DZG 93.1): 93

- Saier, B., Buschbaum, C. (2000). Muschelbänke – Inseln der Vielfalt, Sylt-Magazin 2000: 46-47
- Salomon M., Buchholz F. (2000). The role of two different isoforms of pyruvate kinase in controlling glycolytic processes investigated in a pelagic crustacean, *Zoology* 103, Supplement III DZG: 93
- Schlitzer, R. (2000). eWOCE – An Interactive Electronic Atlas of WOCE Hydrographic, Nutrient and Tracer Data, WOCE Newsletter 38, Institute of Oceanographic Sciences, WOCE Int. Project Office, Southampton, UK: 36-38
- Schulz, A., Rex, M., Harris, N. R. P., Braathen, G. O., Kyrö, E., Reimer, E., Alfier, R., Kilbane-Dawe, I., Allaart, M., Alpers, M., Bojkov, B. R., Cisneros, J., Claude, H., Cuevas, E., Davies, J., Backer, H. De, Dier, H., Dorokhov, V., Fast, H., Johnson, B., Kois, B., Kosmidis, E., Litynska, Z., Mikkelsen, I. S., Molyneux, M., Murphy, G., Nakane, H., O'Connor, F., Parrondo, C., Skrivankova, P., Varotsos, C., Vialle, C., Viatte, P., Yushkov, V., Zerefos, C., Gathen, P. von der (2000). Ozone loss rates determined with Match: Arctic winters 1997/98 and 1998/99, in: Stratospheric ozone 1999, Proceedings of the fifth European Symposium, Air pollution research report 73, 27. September - 1. October 1999, St. Jean de Luz, France (N. R. P. Harris, M. Guirlet, G. T. Amanatidis, eds.), European Commission, Directorate-General for Research, Brussels: 448-451
- Schulz, A., Rex, M., Harris, N.R.P., Braathen, G.O., Kyrö, E., Reimer, E., Alfier, R., Chipperfield, M., Kilbane-Dawe, I., Eckermann, S., Allaart, M., Bojkov, B.R., Cisneros, J., Claude, H., Cuevas, E., Davies, J., Backer, H. De, Dier, H., Dorokhov, V., Fast, H., Johnson, B., Kois, B., Kondo, Y., Kosmidis, E., Litynska, Z., Mikkelsen, I.S., Molyneux, M.J., Murphy, G., Nakane, H., O'Connor, F., Parrondo, C., Skrivankova, P., Varotsos, C., Vialle, C., Viatte, P., Yushkov, V., Zerefos, C., Gathen, P. von der (2000). Chemical ozone loss rates in the Arctic stratosphere and their dependence on temperatures as determined with Match, in: Proceedings of the Quadrennial Ozone Symposium, Sapporo, Japan, 2000: 103-104
- Seibold, E., Thiede, J. (2000). Marine Geowissenschaften, Jahrbuch der Akademie der Wissenschaften Literatur Mainz 50: 187-190
- Softwedel, T. (2000). Victor "on the rocks": First deployment of the French ROV 'Victor 6000' from board the German Research Icebreaker RV 'Polarstern', *Deep-Sea Newsletter* 29: 11-12
- Softwedel, T., Klages, M., Nokin, M. (2000). French ROV 'Victor 6000' first deployment from 'Polarstern', *Sea Technology* 41(4): 51-53
- Wacker, U. (2000). Flüssigwasser - potentielle Temperatur, Proceedings zum Arbeitskreis Theoretische Meteorologie, 1.-5. Oktober 2000, Kloster Schöntal: 163-173
- Wiencke, C., Karsten, U. (2000). UV-Schutzverbindungen aus Makroalgen, *DGM-Mitteilungen* 4/00: 17-19
- 2001, nicht begutachtet**
- Arntz, W. E., Gerdes, D. (2001). Die Magellan-Antarktisch-Connection: Kontinentaldrift live, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 123-135
- Bathmann, U.V. (2001). Meeting of the Southern Ocean Synthesis Group, 1998, JGOFS Report Nr.32: 69 pp.
- Beckmann, A., Timmermann, R., Pereira, A. F., Mohn, C. (2001). Sea ice anomalies in the eastern Weddell Sea, *CLIVAR Exchanges* 6: 15-21
- Brey, T. (2001). Leben am antarktischen Meeresboden, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 116-117
- Buchholz, F. (2001). Der etwas andere Krill, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 221-225
- Budéus, G. (2001). Das Rätsel Grönlandsee, in: Eiskalte

- Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 259-261
- Buschbaum, C.** (2001). Consequences of living side by side: Costs and benefits between *Mytilus edulis* and barnacle epibionts, *ECSA Bulletin* 36: 19
- Buschbaum, C.** (2001). Nordsee und Ostsee – Zwei Schätze im Norden, *BUNDmagazin* 4/2001: 15-17
- Buschbaum, C., Saier, B.** (2001). Hausierer im Watt, *Sylt Magazin* 2001, evz-Verlag Kommunikation GmbH: 54-55
- Buschbaum, C., Ullrich, N., Thiel, M.** (2001). Mussel BABE - Mussel Byssal Attachment Behaviour Experiments, *ECSA Bulletin* 36: 31-34
- Dieckmann, G.** (2001). Das Eis im Meer ist voller Leben, in: *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 102-107
- Fahrbach, E., Beckmann, A.** (2001). Das Weddellmeer - Eiskaltes Fenster der Tiefsee zur Atmosphäre, in: *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 82-90
- Fischer, H., Kipfstul, J.** (2001). Eine Zeitreise durchs Eis, in: *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 310-320
- Franke, H.-D.** (2001). Der Helgoländer Felssockel - Artenvielfalt und ihre Veränderungen in einer marinen Oase, in: *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 214-220
- Frickenhaus, S., Redler, R., Post, P.** (2001). Parallel coupling of regional atmosphere and ocean models, in: *Developments in Teracomputing* (W. Zwiefelhofer, N. Kreitz, eds.), World Scientific Publishing, Singapore: 201-213
- Fütterer, D.K., Grobe, H.** (2001). Sedimente des Meeres - Bibliotheken der Umweltgeschichte, in: *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 167-175
- Gathen, P. von der, Rex, M.** (2001). Arktische Ozonverluste, in: *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 272-278
- Gerdes, R.** (2001). Strömungen und Wirbel: Der Wasserkreislauf im Nordpolarmeer in: *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 253-258
- Gutow, L.** (2001). Population dynamics of laboratory cultured *Idotea metallica* Bosc (Isopoda, Idoteidae), *Zoology* 104 (Suppl. IV): 16
- Gutt, J.** (2001). Sind Klimaschwankungen der Antriebsmotor? In: *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 118-122
- Haas, C.** (2001). Zu Fuß über das Meereis, in: *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 246-252
- Hartmann, J.** (2001). Sägezahn durch Wolken, in: *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 291-298
- Hellmer, H. H., Fahrbach, E.** (2001). Eisberge - Die Sirenen südpolarer Meere, in: *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 93-96
- Hölemann, J.A., Dmitrenko, I.A., Kassens, H., Wegner, C., Thiede, J., Timokhov, L.A.** (2001). Transport pathways and hydrographic conditions in the Laptev Sea, *Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 14: 93
- Hovland, M., Backman, J., Coakley, B., Collett, T., Darby, D., Foucher, J.P., Francis, T., Gelfgat, M., Gorshkovsky, A., Jokat, W., Kaminski, M., Kristoffer- sen, Y., Takahashi, K., Thiede, J., Wiley, C., Zachos, J.** (2001). The high-Arctic drilling challenge: Excerpts

from the final report of the Arctic's role in Global Change Program Planning Group (APPG), JOIDES Journal 27(1): 7-20

- Hubberten, H.-W. (2001). Zwischen Gletschern und Permafrost, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 321-330
- Jacobi, H.-W., Frey, M.M., Hutterli, M.A., Bales, R.C., Schrems, O. (2001). Simultaneous measurements of firn air concentrations of H₂O₂ and HCHO, Geophysical Research Abstracts 3, GRA3: 4865
- Jokat, W., Müller, C. (2001). Feuer und Eis in der Arktis, Spektrum der Wissenschaft Dossier „Die unruhige Erde“, Vol. 2: 77-79
- Kassens, H., Bauch, H., Dimitrenko, I., Drachev, S., Griukurov, G., Thiede, J., Tuschling, K. (2001). Transdrift VIII: Drilling in the Laptev Sea, The Nansen Icebreaker 12: 1, 8-9
- Klages, M., Soltwedel, T. (2001). High-Tech in der Tiefsee, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 305-309
- König-Langlo, G. (2001). Das meteorologische Observatorium oder Von der Geduld der wissenschaftlichen Langstreckenläufer, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 143-150
- Krause, R. (2001). Alfred Wegener – Grönland und die Idee der Kontinentaldrift bestimmen sein Leben, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 22-23
- Lange, G., Neuber, R. (2001). Die Koldewey-Station, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 265-271
- Lemke, P. (2001). Climate change in high latitudes, Contributions to Global Change Research, German National Committee on Global Change Research, Bonn: 40-44
- Mackensen, A. (2001). Foraminiferen – Das Gedächtnis der Erdgeschichte, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 176-179
- Mackensen, A., Schumacher, S., Radke, J., Schmidt, D.N. (2001). Erratum to “Microhabitat preferences and stable carbon isotopes of endobenthic foraminifera: clue to quantitative reconstruction of new production?” (Mar. Micropaleontol. 40 (2000) 233-258), Marine Micropaleontology 42: 101
- Melles, M. (2001). Der Bunker-Oase auf den Grund gegangen., in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 188-195
- Michael, P., Jokat, W., Snow, J., Devey, C., Langmuir, C., Dick, H. (2001). International Gakkel Ridge Icebreaker Cruise in Summer 2001, InterRidge News 10(1): 45-47
- Miller, H. (2001). Die Eiskappen, der Meeresspiegel und das Klima, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 24-29
- Oerter, H. (2001). Sternmarsch der Wissenschaften auf das Eisplateau. Die Erschließung des Bohrpunktes „Kohnen-Station“, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 198-211
- Olbers, D. (2001). Der Ozean als Wärmemaschine unseres Planeten, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 30-41
- Plötz, J., Bornemann, H., Ramdohr S. (2001). Warmblütler im Eis: Weddellrobben, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 136-142
- Pörtner, H.O., Knust, R., Sartoris, F.J. (2001). Meerestiere im Klimawechsel, Ursachen von Abwanderung und Hitzetod, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungs-

- reisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 60-71
- Rachor, E. (2001). Alarmierende Veränderungen in der Nordsee, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 226-231
- Reinhardt, T., Wacker, U. (2001). Bedeutung der Eisteilcheneigenschaften in Parametrisierungsmodellen der Wolkenmikrophysik, in: Proceedings DACH-Meteorologen-Tagung, Wien, 18.-21.9.2001. CD-ROM: 9 S.
- Reise, K. (2001). Beeriger Zuwanderer aus Nordamerika, Nationalpark Nachrichten 8-9/2001
- Reise, K. (2001). Die Chance der jungen Wattwürmer, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 232-238
- Rinke, A., Dethloff, K. (2001). Wolken, Wind und Sonnenschein – Die arktische Atmosphäre im Computer, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 299-304
- Rintoul, S. R., Church, J., Fahrbach, E., Garcia, M., Gordon, A., King, B., Morrow, R., Orsi, A. H., Speer, K. (2001). Monitoring and understanding Southern Ocean variability and its impact on climate: A strategy for sustained observations, in: Observing the ocean for climate in the 21st Century (C. Koblinsky, N. Smith, eds.), GODAE Project Office, Bureau of Meteorology, Melbourne, Australia.
- Rogenhagen, J., Jokat, W. (2001). Gondwana-Aufbruch: Aus dem Puzzle wird ein Bild, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 159-166
- Schenke, H.W. (2001). Karten und Bilder des Meeresbodens, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 97-99
- Schirmeister, L., Siegert, C. (2001). Schlammversunken, eiserprobt: An den Steilküsten der Laptevsee, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 331-339
- Schlitzer, R. (2001). eWOCE. ein elektronischer Datenatlas für den Weltozean, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 42-45
- Schütt, C., Gerds, G. (2001). Arzneien und Wirkstoffe aus dem Meer, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 239-243
- Seibold, E., Thiede, J. (2001) Marine Geowissenschaften, Akad Wiss Lit Mainz Jb 2000 51: 168-170
- Seifert, A., Wacker, U. (2001). Entwicklung von Niederschlagsprofilen unter der Wirkung der Sedimentation, in: Proceedings DACH-Meteorologen-Tagung, Wien, 18.-21.9.2001. CD-ROM: 7 S.
- Smetacek, V. (2001). Die „umherirrenden Algen“ der marinen Biosphäre, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 46-59
- Smetacek, V. (2001). The greening of a Southern Ocean eddy, Ocean Challenge 10(3): 21 - 26
- Strass, V.H., Bathmann, U.V. (2001). Wetter und Wolken im Ozean, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 108-115
- Thiede, J. (2001) The Aurora Borealis Project: A NAD dream, The Nansen Icebreaker 12: 4-5
- Thiede, J. (2001). Kalte Pole, warme Pole in der Erdgeschichte: Nichts bleibt wie es ist, in: Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 10-21
- Thiede, J. (2001) Partnerschaft in der Arktis, Helmholtzgemeinschaft Jahresheft 2001: 24-25
- Thiede, J. (2001) Plein succès pour la mission 'Amore' du navire allemand de recherche 'Polarstern' dans l'océan Arctique. Lettre < médias 65: 1 p.

- Thiede, J.** (2001). Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, in: Asien und Pazifik in Bremen und Bremerhaven. Eine Übersicht über Initiativen, Lehrangebote, Forschungseinrichtungen und Forschungsergebnisse (W. Wagner, R. Täuber, Hrsg.), Abera: 9-12
- Thiede, J.** (2001). Treibhausgase allein machen noch keine Warmzeit, *Der Rotarier*, Hamburg 2001(2): 38-43
- Thiede, J., Haas, C., Jokat, W., Mühe, R., Spielhagen, R., Snow, J.** (2001). Expedition zu den Vulkanen der Arktis, „forschung“ 2000(4): 14-19
- Timmermann, R., Beckmann, A., Hellmer, H.H.** (2001). Parameterization of deep convection in the Weddell Sea, *CLIVAR Exchanges* 6(4): 26-27
- Vihma, T., Hartmann, J., Lüpkes, C.** (2001). Observations and modelling of the atmospheric boundary layer of the Arctic marginal sea ice zone, in: *Progress in Arctic Ocean Research over the Past Decades*, 5-7 Nov. 2001, The Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm, Sweden
- Wacker, U.** (2001). Formulierung der Massenbilanz der feuchten Atmosphäre für verschiedene Referenzgeschwindigkeiten, in: *Proceed. DACH-Meteorologentagung*, Wien, 18.-21.9.2001, CD-ROM: 10 S.
- Wacker, U.** (2001). Einführung in die Behandlung von Wolken und Niederschlag in numerischen Prognosemodellen, *Proceed. LM-Nutzer Seminar 2000* (Langen, 26.-28.6.2000). Arbeitsergebnisse des GB Forschung und Entwicklung des DWD („Gelbe Reihe“) Nr. 66: 21pp.
- Wand, U.** (2001). Exotisch, belebt, im Eis versteckt: Der Untersee, in: *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld:183-187
- Weller, R.** (2001). Das Spurenstoff-Observatorium: auf der Suche nach „Rosetta“, in *Eiskalte Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol* (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 156-158
- Wiencke, C.** (2001). Makroalgen unter Eis, in : *Eiskalte*

Entdeckungen, Forschungsreisen zwischen Nord- und Südpol (G. Lange, Hrsg.), Delius Klasing, Bielefeld: 285-290

- Wolf-Welling, T.C.W., Stattegger, K., Thiede, J.** (2001). Cenozoic global cooling events. Terrigenous sedimentation in the Arctic and Antarctic environment (ODP Legs 104, 105, 151, 162 as well as 114 and 178). *Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 14: 94

Patentanmeldungen AWI 2000 und 2001

1. „Vorrichtung zur Herstellung von Nutzbauwerken in Dauerfrostgebieten“, H. Ahammer, AWI 01/0200DE
2. „Verankertes Tiefsee-Profil-Instrument, Auftriebsmodul“, K. Ohm, G. Budeus, R. Plugge, M. Damm, Az.:AWI 01/0500 DE
3. „Leitfähigkeitszellen-Spülung für Verankerungen“. G. Budeus, R. Plugge, Az. AWI 02/0500 DE
4. „Messvorrichtung zur Bestimmung des pH-Wertes einer biologischen Probenflüssigkeit“, T. Hirse, AWI 01/0900 DE
5. „Verfahren zum Testen von Substanzen mit lytischer Wirkung, Anordnung zur Durchführung und Anwendung des Verfahrens“, E. Eschbach, AWI



Anhang | Annex



... eine kleine Pause auf dem Meereis
...*short break on sea ice*

I. Personal | *Personnel*

Stand: 31. Dezember 2001

Anhang I / Annex I

Direktorium

Thiede, Prof. Dr. Jörn
Paulenz, Dr. Rainer
Bochert, Sanne
Burhop, Dörte
Knoblauch, Dr. Christian
Mahnkopf, Sigrid
Rainey, Sabine
Ruholl, Jan-Christoph

Presse- und Öffentlich- keitsarbeit

Elbing, Dr. Kerstin
Martin, Jacqueline
Müller-Werner, Dr. Claudia
Pauls, Margarete
Pichler-Dieckmann, Claudia
Ratering, Claudia
Voß-Diestelkamp, Jutta

Wissenschaftlicher Bereich

Klimasystem

Assmann, Karen
Baranski, Stanislawa
Beckmann, Dr. Aike
Birnbäum, Dr. Gerit
Bloem, Dirk
Bluszcz, Thaddäus
Boebel, Dr. Olaf
Borowski, Daniel
Brauch, Jennifer
Budéus, Dr. Gereon
Chiaventone, Birgit
Cisewski, Dr. Boris
Cohrs, Wolfgang

Damm, Michael
Danilov, Dr. Sergey
Fahrbach, Dr. Eberhard
Ferreira Pereira, Adriene
Freitag, Dr. Johannes
Fritzschn, Dr. Bernadette
Gerdes, Dr. Rüdiger
Gyldenfeldt, Anna von
Haas, Dr. Christian
Harig, Sven
Hartmann, Dr. Jörg
Hellmer, Dr. Hartmut
Herber, Dr. Andreas
Hoge, Ulrich
Immler, Dr. Franz
Ivtchenko, Vladimir
Karcher, Dr. Michael
Kauker, Dr. Frank
Kivman, Dr. Gennady A.
Köberle, Cornelia
König-Langlo, Dr. Gert
Lakaschn, Dr. Sönke
Lieser, Jan-Leonhard
Loose, Bernd
Lüpkes, Dr. Christof
Ohm, Klaus
Olbers, Prof. Dr. Dirk
Piel, Claudia
Plugge, Rainer
Reick, Dr. Christian
Reinhardt, Heiko
Reinhardt, Thorsten
Rohardt, Gerd
Ronski, Stephanie
Schauer, Dr. Ursula

Schmidt, Dr. Michael K.
Schrems, Prof. Dr. Otto
Schröder, Dr. Michael
Schröter, Dr. Jens
Schütt, Ekkehard
Schwake, Cornelia
Seufer, Verena
Sprengel, Dr. Claudia
Staneva, Dr. Joanna
Strass, Dr. Volker-H.
Timmermann, Ralph
Tüg, Dr. Helmut
Ullrich, Dr. Kerstin
Wacker, Dr. Ulrike
Weigelt-McGlone, Marietta
Wenzel, Dr. Manfred
Wischmeyer, André
Wisotzki, Andreas
Witte, Hannelore

Pelagische Ökosysteme

Allhusen, Erika
Amon, Dr. Rainer
Assmann, Michael
Assmy, Philipp
Bahr, Barbara
Bathmann, Prof. Dr. Ulrich
Benthien, Albert
Berninger, Dr. Ulrike -Gabriele
Beszteri, Bank
Bijma, Dr. Jelle
Böer, Marco
Borwik, Edith
Brinkmeyer, Robin Lynne
Crawford, Dr. Richard

David, Gabriele
Dieckmann, Dr. Gerhard
Dittmar, Dr. Thorsten
Drebing, Wolfgang
Dubischar, Dr. Corinna
Eller, Dr. Gundula
Engbrodt, Dr. Ralph
Engel, Dr. Anja
Garcia-Saez, Dr. Alberto
Gassmann, Dr. Günter
Gervais, Dr. Frank
Goerke, Dr. Helmut
Graeve, Dr. Martin
Groben, Dr. René
Hamm-Dubischar, Dr. Christian
Hartmann, Carmen
Helmke, Dr. Elisabeth
Henjes, Joachim
Hinz, Friedel
Hönisch, Bärbel
Hoffmann, Christel
John, Uwe
Jürgens, Jutta
Kattner, Dr. Gerhard
Kerkmann, Dr. Katja
Klein, Georgia
Köck, Dr. Matthias
Lichte, Ellen
Liebert, Ursula
Lorenzen, Christiane
Mädler, Annegret
Medlin, Dr. Linda
Mehl, Helga
Meyer, Dr. Bettina
Mock, Thomas

Moorthi, Stefanie
 Müller, Annegret
 Nöthig, Dr. Eva-Maria
 Passow, Dr. Uta
 Rost, Björn
 Reiser, Stefanie
 Reuter, Kristine
 Richter, Klaus-Uwe
 Riebesell, Dr. Ulf
 Riemann, Dr. Franz
 Schartau, Dr. Markus
 Schaumann, Dr. Karsten
 Scheer, Kerstin
 Schneider, Uta
 Schnibbe, Monika
 Schünke, Dr. Henning
 Schultes, Sabine
 Schwarz, Helga
 Smetacek, Prof. Dr. Victor
 Spahic, Susanne
 Steffens, Stefan
 Strieben, Sabine
 Stürcken-Rodewald, Martha
 Stumm, Karen
 Sündermann, Marika
 Tan, Dr. Tjhing-Lok
 Terbrüggen, Anja
 Thoms, Dr. Silke
 Tillmann, Dr. Urban
 Töbe, Kerstin
 Valentin, Dr. Klaus
 Völker, Dr. Christoph
 Weber, Dr. Kurt
 Wolf-Gladrow, Prof. Dr. Dieter
 Zanker, Heidi

Zeebe, Dr. Richard
 Zondervan, Dr. Ingrid

Benthische Ökosysteme
 Abele, Dr. Doris
 Alheit, Ruth
 Arntz, Prof. Dr. Wolf
 Babst, Ulrike
 Bahns, Sieglinde
 Bartsch, Dr. Inka
 Barwich, Elke
 Beude, Rafaela
 Beyer, Kerstin
 Bleyer, Andrea
 Bock, Dr. Christian
 Bock, Ute
 Brey, Dr. Thomas
 Brodte, Eva-Maria
 Brög, Katja
 Bröhl, Stefanie
 Burhop, Dörte
 Buschmann, Alexander
 Daniel, Claudia
 Deubel, Dr. Hendrik
 Dummermuth, Angelika
 Eckerle, Larissa
 Fetzer, Ingo
 Fischer, Lutz
 Fock, Dr. Heino
 Gerdes, Dr. Dieter
 Groß, Dr. Christian
 Gutt, Dr. Julian
 Hasemann, Christiane
 Heuers, Dr. Jens
 Hirche, Dr. Hans-Jürgen

Hirse, Timo
 Hoffmann, Christel
 Hoyer, Kirsten
 Jutzerzenka, Dr. Karen von
 Klages, Dr. Michael
 Klein, Boris
 Knust, Dr. Rainer
 Köhler-Günther, Dr. Angela
 Krüner, Günter
 Kuchta, Renate
 Langenbuch, Martina
 Lannig, Gisela
 Lauritzen, Bjarne
 Lippert, Heike
 Lucassen, Dr. Magnus
 Lüdeking, Alexander
 Mark, Felix
 Marquardt, Lucie
 Mintenbeck, Katja
 Mizdalski, Elke
 Nadalig, Dr. Thierry
 Nehmer, Petra
 Niehoff, Dr. Barbara
 Nixdorf, Oliver
 Obermüller, Birgit
 Pappert, Anja
 Plötz, Dr. Joachim
 Pörtner, Prof. Dr. Hans-Otto
 Postel, Dr. Ute
 Premke, Katrin
 Pusch, Christian
 Quéric, Nadia-Valérie
 Rachor, Dr. Eike
 Ramdohr, Dr. Sven
 Sablotny, Burkhard

Sartoris, Dr. Franz Josef
 Sauter, Dr. Eberhard
 Schewe, Ingo
 Schiel, Dr. Sigrid
 Schönfeld, Jutta
 Schoenwaelder, Dr. Monica
 Schröder, Alexander
 Schumacher, Regine
 Siebers, Prof. Dr. Dietrich
 Siebert, Evelin
 Soltwedel, Dr. Thomas
 Sommer, Dr. Angela
 Sperling, Dr. Klaus-Richard
 Steinmetz, Richard
 Storch, Daniela
 Suck, Inken
 Thatje, Sven
 Wahl, Dr. Ellen
 Wegner, Jan
 Westernhagen, Dr. Hein von
 Wiencke, Prof. Dr. Christian
 Wittig, Rolf-Marcus

Geosystem

Abelmann-Gersonde,
 Dr. Andrea
 Baumann, Ludmila
 Behrens, Melanie
 Beyer, Andreas
 Bianchi, Christina
 Birgel, Daniel
 Blancke, Katrin
 Boetius, Dr. Antje
 Brückner, Sylvia
 Burkhardt, Elke

Cordelair, Ruth	Kraus, Matthias	Schlüter, Prof. Dr. Michael	Otto-Schmidt-Labor
Cortese, Dr. Giuseppe	Kriews, Dr. Michael	Schmidt-Aursch, Mechita	Bauch, Dr. Henning
Damm, Dr. Ellen	Krocker, Ralf	Schmitz, Thomas	Hölemann, Dr. Jens Alfons
Didie, Dr. Claudia	Kuhn, Dr. Gerhard	Schneider, Birgit	Tschertkova, Elena
Dittmers, Klaus	Kunsch, Brunhilde	Schoster, Frank	Tuschling, Dr. Kirsten
Eagles, Dr. Graeme	Kunz-Pirrung, Dr. Martina	Seebeck, Michael	
Eckstaller, Dr. Alfons	Lambrecht, Dr. Astrid	Siggard-Andersen,	Allgemeiner Bereich
Eger, Reinhard	Langrock-Blume, Uwe	Marie-Louise	Verwaltung
Eisen, Olaf	Lensch, Norbert	Stein, Dr. Rüdiger	Audebert, Catherine
Fahl, Dr. Kirsten	Licari, Laetitia	Steinhage, Daniel	Bohling, Michaela
Fischer, Dr. Hubertus	Luttmer, Walter	Stölting, Ilsetraut	Brötje, Christian
Frenzel, Andreas	Mackensen, Dr. Andreas	Thomas, Maren	Davidis, Edith
Fröhlking, Rita	Martens, Hartmut	Twarloh, Birthe	Fröhlich, Kirsten
Fütterer, Prof. Dr. Dieter	Matthiesen, Dr. Jens	Uenzelmann-Neben,	Gerken, Birgit
Geibert, Walter	Meyer, Günter	Dr. Gabriele	Göcke, Elke
Gersonde, Dr. Rainer	Michels, Dr. Klaus	Ullrich, Dr. Kerstin	Groth, Iris
Göktas, Fidan	Mieding, Birgit	Usbeck, Dr. Regina	Gruberbauer-Kaschek, Monika
Gohl, Dr. Karsten	Miller, Prof. Dr. Heinrich	Valero-Delgado, Fernando	Hebold-Heitz, Winfried
Grobe, Dr. Hannes	Mües, Antje	Viehoff, Eva	Henkel, Silke
Hass, Dr. Christian	Niederjasper, Fred	Vöge, Ingrid	Herr, Nicole
Hatzky, Jörn	Niessen, Dr. Frank	Wang, Dr. Yun	Hornke, Rudolf
Hefter, Dr. Jens	Nixdorf, Dr. Uwe	Wanke, Renate	Janßen, Jürgen
Hillenbrand, Dr. Claus-Dieter	Oerter, Dr. Hans	Weigelt, Dr. Estella	Kalina, Marion
Hoffmann, Mathias	Pollak, Tanja	Weiler, Karin	Kappmeier, Angela
Hollmann, Beate	Rack, Dr. Wolfgang	Weller, Dr. Rolf	Karic-Fazlic, Vesna
Huybrechts, Dr. Philippe	Raper, Dr. Sarah	Weller, Petra	Kersten, Uwe
Jacobi, Dr. Hans-Werner	Rendle, Dr. Rebecca	Wiebe, Susanne	Kohnke, Christina
Jacot des Combes, Dr. Héléne	Rhodes, Helga	Wilhelms, Dr. Frank	Kottsieper, Anja
Jokat, Dr. Wilfried	Riedel, Katja	Wollenburg, Dr. Jutta	Krämer, Alexandra
Juckschat, Paul	Ritzmann, Oliver	Zweck, Dr. Christopher	Kück, Liane
Kadagies, Nicole	Ropenhagen, Dr. Johannes		Lehn, Sylvia
Kipfstuhl, Dr. Josef	Rutgers v. d. Loeff, Dr. Michael		Maas, Annette
Klenke, Dr. Martin	Salzer, Ulrike		Meinardus, Beate
Köhler, Dr. Peter	Schenke, Dr. Hans-Werner		Moldenhauer, Olaf
König, Matthias	Schlitzer, Dr. Reiner		Mühlstädt, Dorothee

Müller, Heino
 Müller, Renate
 Niess, Barbara
 Onken, Heike
 Ottmers, Hans-Jörg
 Paul, Sabine
 Plenge, Helmut
 Pley, Dieter
 Praß, Antje
 Ritsch, Elke
 Schenk, Renate
 Schmekel, Yvonne
 Schwarz, Berit
 Siegmund, Ralf
 Stern, Martina
 Wand, Dr. Ulrich
 Witt, Silke
 Wittke, Erich

Technische Dienste

Arens, Ulrich
 Böge, Richard
 Bütecke, Uwe
 Dunker, Erich
 Ferber, Thorsten
 Goebel, Ursula
 Littmann, Matthias
 Marold, Peter
 Müller, Norbert
 Müller, Ralf
 Pollnick, Lothar
 Rastedt, Günter
 Sibbrens, Reinhard
 Weidmann, Eva
 Zasowski, Bärbel

Informationszentrum (Rechenzentrum, Datenbanken, Bibliothek)

Brannemann, Marcel
 Cogan, Christopher
 Frickenhaus, Dr. Stephan
 Gerchow, Peter
 Gomez, Michael-John
 Hiller, Dr. Wolfgang
 Köhler, Dr. Lutz
 Kosinski, Jörg
 Krause-Babst, Hans
 Laetsch, Brigitte
 Leiding, Karin
 Liegmahl-Pieper, Dr. Herbert
 Lüdke, Antje
 Macario, Dr. Ana
 Makedanz, Siegfried
 Mudersbach, Helga
 Pfeiffenberger, Dr. Hans
 Rakowsky, Dr. Natalja
 Reinke, Dr. Manfred
 Sassen, Ina
 Schlüter, Jens-Michael
 Schröder, Horst
 Schulze, Dietmar
 Soll, Stephani
 Thiele, Frauke
 Weigelt-McGlone, Marietta
 Wübber, Dr. Chresten

Logistik

Ahammer, Heinz
 Drücker, Cord
 El Naggat, Dr. Saad El Dine

Gernandt, Dr. Hartwig
 Janneck, Jürgen
 Klages, Claudia
 Krause, Dr. Reinhard A.
 Kuhlmann-Treu, Beate
 Malitz, Gerhard
 Matz, Thomas
 Meyer, Mathias
 Nolting, Michael
 Stoof, Günter
 Wehrle, Günther
 Weippert, Ewald
 Weynand, Markus
 Witt, Ralf
 Wohltmann, Holger
 Worriescheck, Klaus
 Ziffer, Albert

Auszubildende

Böckmann, Thomas
 Buggel, Nadja
 Günster, Michael
 Harberts, Vivian
 Kuhn, Vitali
 Lelke, Michaela
 Max, Thomas
 Oeke, Christina
 Prusseit, Nadine
 Raab, Nicole
 Seggern, Beeke von
 Strohsal, Sabrina
 Trenke, Marcus

Überwinterner

Antarktis-Station Neumayer 2000-2002

Bergmann, Ulf
 Bittner, Dr. Werner
 Köhler, Isabel
 Lambrecht, Dr. Anja
 Metzsig, Robert

Überwinterner

Antarktis-Station Neumayer 2001-2003

Eli, Dr. Izabella
 Anschütz, Helgard
 Klaas, Andrew
 Rampfl, Michael
 Riedel, Sven

Arktisstation Spitzbergen

Krüger, Kay
 Kramer, Yvonne
 Pötschick, Holger
 Wolff, Mareile

Standort Potsdam

Andreev, Dr. Andrei
 Baschek, Heiko (Azubi)
 Bastian, Ute
 Buchholz, Martin (Azubi)
 Debatin, Siegrid
 Deckelmann, Holger
 Dethloff, Prof. Dr. Klaus
 Diekmann, Dr. Bernhard
 Dorn, Wolfgang
 Eckert, Carsten

Eggert, Uwe
 Erleben, Sabine
 Eulenburg, Antje
 Flemming, Christine
 Fortmann, Martin
 Fritzsche, Dr. Diedrich
 Gathen, Dr. Peter von der
 Gerding, Dr. Michael
 Gericke, Heiko
 Gräning, Sigrun
 Graeser, Jürgen
 Große, Guido
 Handorf, Dr. Dörthe
 Hebestadt, Ines
 Henschel, Helga
 Hermichen, Dr. Wolf-Dieter
 Hubberten,
 Prof. Dr. Hans-Wolfgang
 Hultsch, Nadja
 Kienast, Frank
 Kiewitt, Doreen
 Knappe, Andrea
 Kobabe, Svenja
 Kopsch, Conrad
 Krieg, Dr. Jürgen
 Kumke, Dr. Thomas
 Kutzbach, Lars
 Läuter, Matthias
 Lehmann, Dr. Ralph
 Leutert, Beate
 Litz, Christine
 Meyer, Hanno Martin
 Müller, Gerald
 Müller, Marion
 Neuber, Dr. Roland

Notholt, Dr. Justus
 Paschkin, Tina (Azubi)
 Pfeiffer, Dr. Eva-Maria
 Rachold, Dr. Volker
 Rex, Dr. Markus
 Rinke, Dr. Annette
 Ritter, Christoph
 Sass, Ingeborg
 Schirrmeister, Dr. Lutz
 Schneider, Waldemar
 Schönicke, Lutz
 Schütt, Dr. Rainer
 Schulz, Astrid
 Schwamborn, Georg
 Siegert, Dr. Christine
 Struschka, Birgit
 Treffeisen, Dr. Renate
 Wagner, Dr. Dirk
 Weinzierl, Christine
 Weisheimer, Dr. Antje
 Wille, Christian
 Zielke, Artur

Standort Helgoland

Alexander, Ulrich
 Alexander, Ute
 Anger, Dr. Klaus
 Block, Helgo
 Boersma, Dr. Maarten
 Böhmer, Kathrin
 Broders, Erika
 Buchholz, Prof. Dr. Friedrich
 Cieluch, Ude
 Denker, Helgo
 Döpke, Hilke

Franke, Dr. Heinz-Dieter
 Frier, Detlef
 Gerdts, Dr. Gunnar
 Goemann, Olaf
 Gutow, Lars
 Haack, Rolf
 Haas, Andrea
 Hanelt, Dr. Dieter
 Hennemann, Franz
 Holtmann, Jacob
 Hoppenrath, Dr. Mona
 Janisch, Silvia
 Janke, Michael
 Klings, Dieter
 Klings, Karl-Walter
 Kraft, Ursula
 Krüß, Margret
 Kuhlenkamp, Dr. Ralph
 Lorenzen, Werner
 Lührs, Hans-Carl
 Maike, Andreas
 Mangelsdorf, Peter
 Mehrtens, Folke
 Mohr, Hermann
 Nettelmann, Uwe
 Piorek, Johann
 Piorek, Regina
 Püschel, Cornelia
 Rauch, Brigitte
 Rauch, Nico
 Reichenberger, Kristina
 Saborowski, Dr. Reinhard
 Sahling, Gerrit
 Salomon, Markus
 Schilling, Udo

Schütt, Dr. Wolf-Christian
 Tönnies, Niels
 Voss, Robert
 Wagner, Andreas
 Wanke, Carsten
 Wichels, Dr. Antje
 Wiltshire, Dr. Karen
 Yasseri, Dr. Michael Said

Standort Sylt

Antrick, Christiane
 Armonies, Dr. Werner
 Asmus, Dr. Harald
 Asmus, Dr. Ragnhild
 Bardt, Gerda
 Beusekom, Dr. Justus van
 Buschbaum, Christian
 Diederich, Susanne
 Elvert, Peter
 Halliger, Hannelore
 Herre, Elisabeth
 Hüssel, Birgit
 Jacobsen, Dr. Sabine
 Kadel, Petra
 Kessenich, Kristin
 Kraack-Mumm, Petra
 Kruse, Niels
 Lünig, Prof. Dr. Klaus
 Lützen, Erk
 Magens, Reimer
 Martens, Dr. Peter
 Mumm, Cornelia
 Pang, Dr. Shaojun
 Pape, Carsten
 Polte, Patrick

Reise, Prof. Dr. Karsten
 Romanova, Tatyana
 Schomann, Hartmut
 Strasser, Dr. Matthias

HGF

Fleischmann, Dr. Klaus

Geschäftsstelle des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderun- gen (WBGU)

Cassel-Gintz, Dr. Martin
 Fuentes-Hutfilter, Dr. Ursula-
 Loose, Dr. Carsten
 Pahl, Thilo
 Oels, Dr. Angela
 Pilardeaux, Dr. Benno
 Schneider-Kremer, Martina
 Schulz-Baldes,
 Prof. Dr. Meinhard
 Weiß, Margot

Persönliche Assistenten der Beiratsmitglieder

Bäuerle, Tim

Beurlaubte Mitarbeiter/ innen

Bischof, Kai
 Boike, Dr. Julia
 Feuster, Astrid
 Halbe, Alexandra
 Janssen, Dietrich

Langreder, Christina
 Laude, Nicole
 Matthes, Ria
 Nixdorf, Heike
 Pahlow, Dr. Markus
 Reiter, Anne-Katrin
 Renckhoff, Ingrid
 Röben, Heike
 Schäfer, Dr. Angela
 Sommerfeld, Jaqueline
 Vopel, Dr. Kay
 Warnkroß, Marianne

II. Wissenschaftliche Veranstaltungen |

Scientific events

Anhang II / Annex II

04.04.2000	Institut für Atmosphärenphysik, GKSS Forschungszentrum, Geesthacht: „Welchen Gewinn erwarten wir von Lidar- und Wolkenradarmessungen im Weltraum?“ Alfred-Wegener-Institut Potsdam (Prof. Dr. Ehrhard Raschke)	06.06.2000	„Radimetric and lidar observation of cirrus clouds from Ny-Ålesund, Spitzbergen“ (Vincenzo Santacesaria vom IROE-CNR Florenz)
18.-20.04.2000	Planungstreffen zum Neuantrag des DFG-Schwerpunkts „Antarktisforschung“	02.-06.08.2000	ECSA-Workshop: Community ecology of soft bottom mussel beds (Dr. H. Asmus)
05.-06.05.2000	EPICA-Steering Committee in Cambridge, UK European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA) (Prof. Miller)	07.09.2000	Chemistry Department University of Cambridge; Atmo-Seminar (Emily Norton)
06.-07.05.2000	Sitzung Wiss. Beirat und Begutachtung der biologischen Fachbereiche, Helgoland	14.-15.10.2000	EPICA meeting of science subgroups, Bremerhaven (Prof. Miller)
09.05.2000	Die O ₃ /N ₂ O Beziehung als Indikator für chemischen Ozonverlust in der Stratosphäre: Beobachtungen in der Arktis während EASOE (1991-1992) und SOLVE/THESEO2000 (1999-2000) (Dr. R. Müller vom FZ Jülich im Atmo-Seminar)	16.10.2000	EPICA Executive Committee meeting in Bremerhaven (Prof. Miller)
14.-17.05.2000	ICES WGZE -Zooplankton Taxonomy Workshop; Copepoda, Calanoida, organized by H. Fock (AWI), funded by German Science Foundation (Fock 4850/41/00)	19.-20.10.2000	DFG Planungs- und Berichtskolloquium im Fachbereich Physik und Chemie des Ozeans, der Atmosphäre und der Kryosphäre im koordinierten Programm „Antarktisforschung“, Bremerhaven, organisiert (Dr. H. Oerter)
24.05.2000	European Ozone Research Coordinating Unit, Cambridge: „Attribution of observed ozone trends“ (Neil Harris)	13.-14.11.2000	Koldewey-Seminar
		14.-15.11.2000	Workshop „Trilaterales Monitoring im schleswig-holsteinischen Wattenmeer“ (Nationalparkamt Tönning, Dr. van Beusekom)
		11.-12.12.2000	Abschlusskolloquium zum BMBF-Verbundforschungsprojekt TEPS Toxizität und Ausbreitung toxischer Eukaryonten/Prokaryonten-Systeme (Dr. Elbrächter)
		14.-19.12.2000	Special Session „High resolution Plio-Pleistocene climatic variability in southern high latitudes“ bei AGU

	Herbsttagung, San Francisco Organisation, co-chairs: R. Gersonde, AWI, D. Hodell, Gainesville, Florida	28.-29.05.2001	Erster deutscher CryoSat- Nutzerworkshop in Bremerhaven (Dr. Ch. Haas)
19.12.2000	„In situ observation of aerosol particles during ASTAR 2000 campaign“. Im Rahmen des Atmo- Seminars; Hokkaido University (Dr. Sadamu Yamagata)	16.06.2001	Tag der offenen Tür ‚Polarstern‘, ‚Heincke‘, ‚Uthörn‘
07.-10.02.2001	Young scientists for modern re- search (Doktoranden der WMS Sylt)	21.-23.06.2001	Workshop der IMAGES Southern Ocean Working Group in Bremerhaven mit 14 Wissenschaft- lern aus 8 IMAGES Mitgliedsstaaten, (organisiert: Dr. Andreas Mackensen)
15.-18.02.2001	VIII. Wissenschaftliche Tagung der Sektion Phykologie in der Deut- schen Botanischen Gesellschaft auf Helgoland (Prof. Wiencke)	19.-20.07.2001	5th ASTAR Workshop (Arctic Study of Tropospheric Aerosol and Radiation) AWI , Bremerhaven (Sek- tion physikalische und chemische Prozesse in der Atmosphäre)
28.2.-05.03.2001	Intern. SIRRO (Siberian River Run-Off) Workshop at the AWI Bremerhaven	28.-29.07.2001	“Gas hydrates along continental margins“ Workshop at the AWI/ Bremerhaven
12.-13.03.2001	EPICA-Steering Committee in Paris, France (Prof. Miller)	20.-21.09.2001	Treffen des Ny-Ålesund Scientific Managers Committee (NySMAC)
20.03.2001	Meteorologisches Institut der Universität Hamburg „Dekadische Regimes im Nordatlantik“ (Christoph Raible)	22.-23.09.2001	Koldewey-Seminar
27.03.2001	Toxic algal events, with special emphasis on tropical regions – International Studies in Aquatic Tropical Ecology, Workshop (Dr. Elbrächter)	24.-29.09.2001	KIHZ Summerschool in Wilhelms- haven: Natürliche Klimavariationen in historischen Zeiten bis 10 000 Jahre vor heute; (Prof. Negendank, Potsdam, Dr. H. Fischer, AWI)
19.-20.04.2001	DFG-Kolloquium zur Vorbereitung der DFG-Denkschrift „Antarktisor- schung“, Bremerhaven (Dr. Ch. Haas)	26.-30.09.2001	The Metapopulation Concept in Coastal Waters (Dr. Strasser)
09.-11.05.2001	Atmo-Klausurtagung in Plau am See	02.10.2001	Workshop: Ice sheet models as part of Earth System Models Bremerhaven (R. Gerdes)
10.-11.05.2001	EPICA-Steering Committee in Bolo- gna, Italy (Prof. Miller)	09.10.2001	AWI Atmo-Seminar: „Greenland Ice Sheet Climatology: Applications of Greenland Climate Network data“ (Dr. Jason Box)

09.-10.2001	Workshop: Das Gemeinschaftsmodell für die Deutsche Klimaforschung. Bremerhaven, (Prof. D. Olbers)	ment after severe winters – was the winter of 1995/96 an exception to the role?“ (Dr. Strasser)
11.-12.10.2001	EPICA Executive Committee in Potsdam (Prof. Miller)	18.-20.12.1998 Abschlußworkshop zum BMBF-Vorhaben „Wirkung von UV-Strahlung auf marine Organismen – Teilprojekt: Makroalgen“ (Prof. Lüning)
13.-14.11.2001	Workshop „Trilaterales Monitoring im schleswig-holsteinischen Wattenmeer“ (Nationalparkamt Tönning, Prof. Reise)	11.10.1999 Nachträge 1999 Festakt „75 Jahre Wattenmeerstation Sylt“ (Prof. Reise)
26.-30.11.2001	Arctic Coastal Dynamics Workshop, Potsdam (Dr. Rachold)	12.-14.10.1999 Workshop „Intercoast on Sylt – Ecological Comparisons of Sandy Shores“ (Prof. Reise)
05.-07.12.2001	Workshop „Trends in Coastal Ecology: Forum for Exchange and Discussion“ (Doktoranden der WMS Sylt)	23.-25.10.1999 Doktoranden-Workshop „Benthic ecology of coastal waters“ (Doktoranden der WMS Sylt)
06.-07.12.2001	Halbjahrestreffen des Projekts „Wirkstoffe der Nordsee: Struktur, biologische Aktivität und Nutzung neuer Wirkstoffe aus wirbellosen Meerestieren der Nordsee und des Nordmeeres nahe Spitzbergen“ (Prof. Pörtner, Dr. Sartoris, Dr. Rachor, Dr. Köck, BASF AG, Prof. Lindel/Univ. München)	26.-28.10.1999 Workshop AWI/Common Wadden Sea Secretariat „Wadden Sea specific eutrophication criteria“ (Dr. van Beusekom)
18.-21.02.1998	Nachträge 1998 Workshop „Exotics of the North Sea Shore“ (Prof. Reise)	
07.-12.08.1998	ECSCA-Workshop „The Role of Intertidal Seagrass Beds – Organisms and Fluxes on Ecosystem level“ (Dr. H. Asmus, Dr. R. Asmus)	
10.-12.11.1998	Workshop „High bivalve recruit-	

III. Abgeschlossene Examensarbeiten | Completed Theses and Dissertations

Anhang III / Annex III

Diplomarbeiten des Fachbereichs Klimasystem

- Thorsten Ronge**
2000
Interhemisphärische Untersuchungen zur Klimawirksamkeit von Cirruswolken mit Hilfe eines mobilen Aerosol-Raman-Lidars. Hochschule Bremen (Internationaler Studiengang für Umwelttechnik)
- Thomas Adam**
2001
Characterisation of size-fractionated aerosol particles from the East Atlantic and Spitsbergen. Universität Regensburg
- Jong-Min Lee**
2001
Measurements of ionic aerosol composition and Persistent organic Pollutants (POPs) in air from a North Sea coastal area and from the North Sea. Certificate Thesis, Universität Bremen (Postgraduate Programme in Environmental Physics)

Doktorarbeiten des Fachbereichs Klimasystem

- Boris Cisevski**
2000
Der Transport von Wärme, Wasser und Salz in den Arktischen Ozean. Universität Bremen.
- Martin Losch**
2000
Analyse hydrographischer Schnitte mit Satellitenaltimetrie. Universität Bremen
- Rolf Schumacher**
2000
Klimawirksamkeit troposphärischer Aerosole in der Arktis. Universität Potsdam
- Ralph Timmermann**
2000
Wechselwirkungen zwischen Eis und Ozean im Weddellmeer: Studien mit einem gekoppelten Eis-

Torsten Albrecht
2001

Holger Brix
2001

Wolfgang Dorn
2001

Thomas Garbrecht
2001

Heiko Jansen
2001

Heiko Reinhardt
2001

Katja Riedel
2001

Ozeanmodell des Südpolarmeeres. Universität Bremen

Räumliche und zeitliche Variation troposphärischer Spurengase aus bodengebundenen FTIR - Messungen. Universität Potsdam

North Atlantic Deep Water and Antarctic Bottom Water: Their Interaction and Influence on Modes of the Global Ocean Circulation. Universität Bremen

Regionalisierung arktischer Klimaänderungen im Klimageschichte und der kleinen Eiszeit sowie von CO₂ Szenarien. Universität Potsdam

Impuls- und Wärmeaustausch zwischen der Atmosphäre und dem eisbedeckten Ozean. Universität Bremen

Modelling the marine carbonate pump and its implications on the atmospheric CO₂ concentration. Universität Bremen

Entwicklung und Anwendung eines Laserablations-ICP-MS-Verfahrens zur Multielementanalyse von atmosphärischen Einträgen in Eisbohrkernen. Universität Bremen

Untersuchung der Photooxidantien Wasserstoffperoxid, Methylhydroperoxid und Formaldehyd in der Troposphäre der Antarktis. Universität Bremen

- Astrid Schulz**
2001
Quantitative Bestimmung des Ozonabbaus und dessen Ursachen in der arktischen Stratosphäre mit Ozonsonden-, LIDAR-, und Trajektorien-Daten. Universität Potsdam
- Petra Wahl**
2001
Dynamische und stratosphärische Einflüsse auf das polare stratosphärische Ozonprofil.
Universität Potsdam

Habilitationen des Fachbereichs Klimasysteme

- Aike Beckmann**
2000
Dynamical processes at isolated seamounts.
Universität Oldenburg
- Christine Böckmann**
2001
Bestimmung atmosphärischer Aerosolparameter mit Hilfe von inversen Verfahren. Universität Potsdam

Diplomarbeiten des Fachbereichs Pelagische Ökosysteme

- Ude Cieluch**
2000
Ultrastrukturelle Untersuchungen zum Einfluß von Salinität auf die Entwicklung von Transportepithelien bei *Palaemonetes argentinus* (Crustacea, Dekapoda). Tierärztliche Hochschule Hannover
- C. Weidner**
2000
Ultrastruktureller Vergleich des Cuticularaufbaus der einzelnen Larvenstadien von *Carcinus maenas*, *Pinnotheres pisum* und *Sesarma curacaoense* (Crustacea, Decapoda, Brachyura).
Universität Heidelberg
- Corina Wyler**
2000
Nachweis und Isolation mariner Pilze und pilzähnlicher Protisten in

- Assoziation mit marinen Vertretern des Stammes Porifera.
Universität Zürich
- Susanne Hinck**
2001
Feld- und Laboruntersuchungen zur Besiedlung des Sestons (Aggregate) im Bereich des Elbe-Ästuars durch aquatische Pilze.
Universität Hamburg
- Georgia Klein**
2001
Benthic diatoms on an intertidal sandflat on the south coast of England. Universität Bremen
- Sascha Klöpffer**
2001
Dinophysis spp. Ehrenberg und DSP-Ereignisse in der Deutschen Bucht bei Helgoland.
Universität Bremen
- Daniel Rietdorf**
2001
Studien zur Taxonomie und Physiologie der Ascidien vor Helgoland (Nordsee). Universität Bremen

Doktorarbeiten des Fachbereichs Pelagische Ökosysteme

- Luis Giménez**
2000
El efecto de la salinidad y la biomasa inicial en el desarrollo larval del cangrejo estuarino *Chasmagnathus granulata* (Crustacea, Decapoda). Universidad Nacional Montevideo, Uruguay
- Markus Salomon**
2000
Einfluss der Ernährung und der Temperatur auf die Pyruvat-Kinase des Nordischen Krills, *Meganyctiphanes norvegica*.
Universität Hamburg
- Nicole Dijkman**
2001
The regulation of photosyntheses in diatoms under dynamic irradiance.
Universität Bremen

Corinna Dubischar
2001

Mesozooplankton an der Polarfront des Südlichen Ozeans: Artzusammensetzung, Verteilung und Rolle im Pelagial. Universität Bremen

Ralph Engbrodt
2001

Biogeochemistry of Dissolved Carbohydrates in the Arctic. Universität Bremen

Habilitationen des Fachbereichs Pelagische Ökosysteme

**Karen Helen
Wiltshire**
2000

Pigments in Particulate Matter: Their Use as a classification tool and versatility in applications in aquatic environments. Universität Hamburg

Maarten Boersma
2001

Phenotypic plasticity in Daphnia: food and predation as determining factors. Universität Kiel

Diplomarbeiten des Fachbereichs Benthische Ökosysteme

Monika Agatz
1998

Nachträge 1998/1999
Eutrophierungsfolgen im Wattenmeer: Veränderungen der benthischen Diatomeenflora durch Klärwasser im Königshafen von Sylt. Fachhochschule Bingen

Marion Link
1998

Untersuchungen zur Strömungsfälligkeit benthischer Invertebraten im Sylter Wattenmeer. Universität Bonn

Maret Nacken
1998

Einfluß der Sedimentverwühlungen von Ringelgänsen und Pfeifenten auf die Seegraswiesen und deren Makrofauna im Wattenmeer. Universität Bremen

**Miriam Rodríguez
Bester**
1998

Der Larvenfall der Plattmuschel *Macoma balthica* (L.) im Wattenmeer: Übergang zum Bodenleben nach aktiver Substratwahl oder passiver Ablagerung? Universität Tübingen

Anette Schürmann
1998

Bestand und Biomasse der Miesmuschel (*Mytilus edulis* L.) im Königshafen unter Berücksichtigung verschiedener Muschelbankstrukturen.

Cornelia Weigand
1998

Technische Hochschule Aachen
Seepocken im Wattenmeer
- Einfluß von Sediment- und Wasserbewegung auf Abundanz, Biomasse und Mortalität von *Semibalanus balanoides* (L.) auf eulitoralischen Miesmuschelbänken. Universität Bonn

Franziska Gutthann
1999

Bodennahe Stoffflüsse in der Gezeitenzone des Sylter Wattenmeeres. Universität Kiel

Nils Okun
1999

Einfluß der Sedimentation auf die Miesmuschel (*Mytilus edulis*). Universität Hamburg

Torsten Reinwald
1999

Populationsökologie von *Gammarus locusta* und *Chaetogammarus marinus* (Crustacea, Amphipoda) im Sylter Wattenmeer. Universität Göttingen

Silke Bitz
2000

2000/2001
Zostera noltii und *Zostera marina*
- räumliche Verteilung und jahreszeitliche Entwicklung im Sylt-Römø-Wattenmeer. Universität Freiburg

- Susanne Diederich**
2000
Verbreitung und Überlebensfähigkeit von eingeführten Pazifischen Austern *Crassostrea gigas* im Sylter Wattenmeer. Universität Göttingen
- Jennifer Dijkstra**
2000
Faunistische Analyse einer Flachwassergemeinschaft („Hilltop“) bei Kapp Norvegia (östliches Weddellmeer, Antarktis).
Universität Bremen
- Claudia Junghans**
2000
Verbreitung nächtlicher Schwimmaktivität benthischer Meiofauna.
Universität Göttingen
- Katja Juschka**
2000
Toxizität verschiedener *Alexandrium tamarense*- und *Alexandrium catenella*-Stämme auf *Artemia franciscana*-Larven.
Universität Berlin
- Jenny Kramer**
2000
Mobilität und Verteilung herbivorer Gastropoden in Seegraswiesen des Nordsylter Wattenmeeres.
Universität Kiel
- Gisela Lannig**
2000
Vergleichende Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit mitochondrialer Funktionszustände bei marinen Fischen. Universität Bremen
- Birte Matthiesen**
2000
Nahrungsökologie von *Macrorhamphosus scolopax* (Linnaeus, 1758) (Pisces) auf der Großen Meteorbank unter Berücksichtigung der Populationsstruktur.
Universität Hamburg
- Eva Philipp**
2000
Die Wirkung der UV-Strahlung auf marine Evertebraten aus dem Kongsfjord (Spitzbergen).
Universität Kiel
- Patrick Polte**
2000
Einfluß hydrodynamischer Exposition auf die Präferenz mobiler Epifauna für eulitorale Seegrashabitate im Sylter Wattenmeer.
Universität Oldenburg
- André Preisler**
2000
Untersuchungen zu Sporogenese Helgoländer Laminaria Arten.
Universität Bremen
- Christian Wild**
2000
Effekte von „marine snow“-Sedimentation auf Steinkorallen (Hexacorallia, Scleractinia) des Great Barrier Reef, Australien.
Universität Bremen
- Heike Zidowitz**
2000
Nahrungsuntersuchungen an *Zenopsis conchifer* (LOWE 1852) und *Antigonia capros* (LOWE 1843) der Großen Meteorbank.
Universität Hamburg
- Eva Brodte**
2001
Wachstum und Fruchtbarkeit der Aalmutterarten *Zoarces viviparus* (Linné) und *Pachycara brachycephalum* (Pappenheim) aus unterschiedlichen klimatischen Regionen. Universität Bremen
- Larissa Eckerle**
2001
Temperaturanpassung mitochondrialer Enzyme des Kabeljaus (*Gadus morhua*) im latitudinalen Gradienten. Universität Bremen
- Sonja Einsporn**
2001
Untersuchung der Expression und Aktivität der Multi-Xenobiotika Resistenz – und Biotransformationsgene in der Muschel *Mytilus edulis* unter veränderten Temperaturbedingungen und anthropogenem Stress. Universität Osnabrück

- Katja Heise**
2001
Vergleichende Untersuchungen an Mitochondrien aus Muscheln der Nordsee und der Antarktis unter Temperaturstress.
Universität Braunschweig
- Wolf Isbert**
2001
Untersuchungen an Fisch- und Dekapodenarten im Rahmen einer Langzeitstudie im Niedersächsischen Wattenmeer. Universität Bremen
- Ute Jacob**
2001
Ökologie der cidaroiden Seeigel des Weddellmeeres.
Universität Bremen
- Stefan Klee**
2001
Bedeutung von Miesmuschelbänken für *Carcinus maenas*.
Universität Marburg
- Katja Mintenbeck**
2001
Das Nahrungsnetz der demersalen Fischfauna in ungestörten und gestörten Gebieten auf dem Kontinentalshelf des östlichen Weddellmeeres. Universität Bremen
- Nikolaus Ritter**
2001
Untersuchungen zur räumlichen Verteilung und zum Energiebedarf ausgewählter megabenthischer Arten des Molloy Deep im Arktischen Ozean.
Freie Universität Berlin
- David Thielges**
2001
Die Amerikanische Pantoffelschnecke *Crepidula fornicata* (L.) im Sylter Wattenmeer.
Universität Marburg
- Nils Volkenborn**
2001
Beziehungen zwischen Wattwürmern (*Arenicola marina*, L.) und Seegras (*Zostera noltii*, Hornem.) in ufernahen Wattgebieten.
Universität Oldenburg

Doktorarbeiten des Fachbereichs Benthische Ökosysteme

- Nachträge 1998/1999
- Ute Wilhelmssen**
1998
Populationsgenetik und -ökologie von drei Littorina-Arten (Gastropoda) der Nord- und Ostseeküste.
Universität Hamburg
- Maike Lorenz**
1999
Circadiane und diurnale Wachstumsrhythmik der marinen Rotalgen *Porphyra umbilicalis* (L.) J. Agardh und *Palmaria palmata* (L.) O. Kuntze: Exogene und endogene Faktoren. Universität Hamburg
- Matthias Strasser**
1999
Rekrutierungsmuster ausgewählter Wattfauna nach unterschiedlich strengen Wintern.
Universität Hamburg
- Astrid Werner**
1999
Circadiane Wachstumsrhythmik bei der marinen Braunalge *Pterygophora californica*: Exogene und endogene Faktoren.
Universität Hamburg
- 2000/2001
- Kai Bischof**
2000
Effects of enhanced UV-radiation on photosynthesis of Arctic/cold-temperate macroalgae.
Universität Bremen
- Bodil A. Bluhm**
2000
Age determination in Antarctic Crustacea using the autofluorescent pigment lipofuscin.
Universität Bremen
- Susanne Hauswirth**
2000
In-vitro Kultivierung von vier digenen Trematoden des Nordsylter Wattenmeeres und deren Einfluß

- auf ihre Zwischenwirte.
Universität Berlin
- Mona Hoppenrath**
2000
Taxonomische und ökologische Untersuchungen von Flagellaten mariner Sande. Universität Hamburg
- Marcus Salomon**
2000
Einfluss der Ernährung und der Temperatur auf die Pyruvat-Kinase des Nordischen Krills, *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars, 1857). Universität Hamburg
- Bianca Weihnacht**
2000
Georadaranwendung im Permafrost zur Charakterisierung des Auftauvorganges. Universität Bremen
- Christian Buschbaum**
2001
Siedlungsmuster und Wechselbeziehungen von Seepocken (Cirripedia) auf Muschelbänken (*Mytilus edulis* L.) im Wattenmeer. Universität Hamburg
- Claudia Halsband-Lenk**
2001
Temperature impact on reproduction and development of congener marine copepods – a key to distribution patterns? Universität Oldenburg
- Covadonga Orejas**
2001
Role of benthic cnidarians in energy transfer processes in the Southern Ocean marine ecosystem (Antarctica). Universität Bremen
- Bettina Saier**
2001
Ecological comparison of intertidal and subtidal mussel beds (*Mytilus edulis* L.) in the Wadden Sea. Universität Hamburg
- Katja Winzer**
2001
Oxidative stress in the marine environment-prognostic tools for toxic injury in fish liver cells. Universität Amsterdam

Habilitationen des Fachbereichs Benthische Ökosysteme

- Julian Gutt**
2001
Makrobenthische Strukturen hochantarktischer Schelfgebiete als Ergebnis langfristiger Besiedlungsprozesse. Universität Oldenburg

Diplomarbeiten des Fachbereichs Geosystem

- Lars Kutzbach**
2000
Die Bedeutung der Vegetation und bodeneigener Parameter für die Methanflüsse in Permafrostböden. Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg
- Simone Tapernon**
2000
Bestimmung von oxalatlöslichem und dithionitlöslichem Eisen, Mangan und Aluminium am Beispiel nordsibirischer Paleoböden. Fachhochschule Osnabrück
- Iris Wilke**
2000
Stabile Isotope des gelösten anorganischen Kohlenstoffs (¹³CDIC) im westlichen Südatlantik. Universität Bremen
- Thomas Adam**
2001
Characterisation of size fractionated aerosol particles from the East Atlantic and Spitsbergen. Universität Regensburg
- Mareike Fälker**
2001
Paläozeanographie und Klimaentwicklung im südöstlichen Südatlantik seit dem mittleren Miozän: Hinweise aus sedimentologischen und tonmineralogischen Untersuchungen (ODP-Site 1088). Universität Trier

- Karsten Friedrich**
2001
Energie- und Wasserhaushalt eines Tundrenstandortes im Lena-Delta. Technische Universität Dresden, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Hydrologie und Meteorologie
- Guido Große**
2001
Geochronologie mit Infrarot Stimulierter Lumineszenz an spät-quartären Sedimenten der Laptevsee, nordsibirische Arktis – Bol'shoy Lyakhovsky, Neusibirische Inseln und Mamontovy Khayata, Bykovsky-Halbinsel. TU Bergakademie Freiberg
- Wolfram Geißler**
2001
Bearbeitung und Interpretation reflexionsseismischer Daten vor Nordspitzbergen. Universität Freiberg
- Thomas Hartmann**
2001
Untersuchungen zum Einfluss unterschiedlicher GPS-Verfahren (SPS, DGPS) auf die Genauigkeit von digitalen Geländemodellen als Fächersonarmessungen. FH Hamburg
- Christine Holz**
2001
Glazialmarine Sedimentationsprozesse am Kontinentalhang des westlichen Weddellmeeres. Universität Kiel
- Merijn Jacops**
2001
Analysis of High Resolution Bathymetric Data in the Eltanin Impact Area. Universität Delft
- Christoph Kierdorf**
2001
Organischer Kohlenstoffeintrag und Biomarker in Oberflächensedimenten vom ostgrönlandischen Kontinentalrand. Universität Köln
- Svenja Kobabe**
2001
Vergleichende Untersuchungen zu den Methanflüssen verschiedener arktischer Habitats des Lenadeltas/Laptevsee (Sibirien). Universität Hamburg
- Hartwig Schröder**
2001
Methan in der marinen Wassersäule der Laptev-See, Prozesse und Verteilung. Universität Erlangen
- Karin Weiler**
2001
Eignung eines Eiskerns aus der Sibirischen Arktis (Akademii Nauk-Eiskappe, Severnaya Zemlya) als atmosphärisches Aerosolarchiv. Johannes-Gutenberg Universität Mainz
- Doktorarbeiten des Fachbereichs Geosystem**
Nachträge 1997-1999
- Frank-Oliver Nitsche**
1997
Bellinghausen- und Amundsenmeer: Entwicklung eines Sedimentationsmodells. Universität Bremen
- Friedrich Jung-Rothenhäusler**
1997
Fernerkundungs- und GIS-Studien in Nordostgrönland. Universität Bremen
- Estella Weigelt**
1998
Krustenstruktur und Sedimentdecke des Eurasischen Beckens, Arktischer Ozean: Resultate aus seismischen und gravimetrischen Untersuchungen. Universität Bremen
- Tobias Boebe**
1999
Flugzeuggestützte Topographie- und Schweremessung: Meßsystem und Anwendung auf die Region Framstrasse, Spitzbergen und Nordostgrönland. Universität Bremen

- Daniel Steinhage** 1999 Beiträge aus geophysikalischen Messungen und eisdynamische Modellierung zur Auswahl eines Bohrpunktes in Dronning Maud Land, Antarktis. Universität Bremen
- Bettina Boucsein** 2000 Organic Carbon in Late Quaternary Sediments: Responses to Paleoenvironmental Changes in the Laptev and Kara Seas (Arctic Ocean). Universität Bremen
- Walter Geibert** 2000 ²³⁰Thorium und ²³¹Protactinium im atlantischen Sektor des Südozeans – steuernde Größen der Konzentration in der Wassersäule und im Sediment. Universität Bremen
- Hans-Peter Kleiber** 2000 Late Quaternary Paleoclimatic Reconstructions along the Eurasian Continental Margin. Universität Bremen
- Carsten Porthun** 2000 Temperaturrekonstruktionen im Tropischen Atlantik für das letzte Glaziale Maximum – CLIMAP neu betrachtet. Universität Bremen
- Alexandra Raab** 2000 Sedimente des Changeable-Sees, Oktoberrevolutionsinsel (Sewernaja Semlja) als Archive der Paläoumwelt Mittelsibiriens seit dem Frühweichsel. Universität Potsdam
- Johannes Rogenhagen** 2000 Interpretation seismischer und gravimetrischer Daten des Weddellmeeres Antarktis. Universität Bremen
- Renate Volkmann** 2000 Planktic Foraminifer Ecology and Stable Isotope Geochemistry in the Arctic Ocean: Implications from Water Column and Sediment Surface Studies for Quantitative Reconstructions of Oceanic Parameters. Universität Bremen
- Bernd Wagner** 2000 Holocene and environmental history of East Greenland – evidence from lake sediments. Universität Potsdam
- Frank Wilhelms** 2000 Messung dielektrischer Eigenschaften polarer Eiskerne. Universität Bremen
- Marina Golubeva** 2001 Anthropogene und natürliche Prozesse in den Seesedimenten der russischen Arktis, Norilsk-Gebiet und Taimyr-Halbinsel. Universität Potsdam
- Hanno Meyer** 2001 Late Quaternary climate history of Northern Siberia – evidence from ground ice. Universität Potsdam
- Johannes Müller** 2001 Late Pliocene environmental history of SE Siberia as inferred from Lake Baikal sediments. Universität Potsdam
- Anja P. Nimmergut** 2001 Radiolarine im Ochotskischen Meer – eine Aktauopläontologische Charakterisierung der Biozönose und Taphozönose. Universität Bremen
- Heiko Reinhardt** 2001 Entwicklung und Anwendung eines Laserablations-ICP-MS-Verfahrens zur Multielementanalyse von atmosphärischen Einträgen in Eisbohrkernen. Universität Bremen

Stefanie Schuhmacher
2001
Mikrohabitatansprüche benthischer Foraminiferen und der Einfluß auf Verbreitungsmuster und Gehäusechemie. Universität Bremen

Habilitationen des Fachbereichs Geosystem

Martin Melles
2000
Rekonstruktion der spätquartären Entwicklungsgeschichte polarer Küstenregionen mit Hilfe von Seesedimenten.
Universität Potsdam

Diplomarbeiten der Projektgruppe Kohlenstoffflüsse

Kai Schulz
2001
Einfluss von Zink auf die Kalzifizierung und stabile Kohlenstoffisotopen-Fraktionierung von *Emiliania huxleyi* (Coccolithophorales)
Universität Bremen

Doktorarbeiten der Projektgruppe Kohlenstoffflüsse

Heiko Jansen
2001
Modelling the Marine Carbonate Pump and its Implications on the Atmospheric CO₂ Concentration.
Universität Bremen

Ingrid Zondervan
2001
Influence of carbonate chemistry and other environmental factors on the chemical and isotopic composition of coccolithophores, with emphasis on calcification and photosynthetic carbon fixation.
Universität Bremen

Habilitationen der Projektgruppe Kohlenstoffflüsse

Uta Passow
2001
Transparent exopolymer particles (TEP) in aquatic environments.
Universität Kiel

Diplomarbeiten der Projektgruppe Solare UV-Strahlung

Gudrun Kräbs
2000
Wellenlängenabhängige Synthese von Mycosporin-ähnlichen Aminosäuren bei der Rotalge *Chondrus crispus* (Gigartinales).
Universität Bremen

Mark Hünken
2000
Erarbeitung einer Methode zur Bestimmung des Adenylate Energy Charge (AEC) in marinen Makroalgen. Universität Bremen

Tanja Michler
2000
Einfluss der UV-Strahlung auf das Wachstum und die Photosynthese polarer und kaltgemäßiger Makroalgen. Universität Oldenburg

Björn Brodherr
2001
Einfluss von UV-Strahlung auf Photosynthese und Wachstum von Makroalgen. Universität Bremen

**Stiftung Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
Columbusstraße
D-27568 Bremerhaven**

**Telefon +49(0)471/48 31-0
Telefax +49(0)471/48 31-11 49
Telex 238695 polar d
e-mail: awi-pr@awi-bremerhaven.de
<http://www.awi-bremerhaven.de>**

Bearbeitung der Texte:

**Dirk Hans
Margarete Pauls
Claudia Ratering
Dr. Ellen Wahl
Dr. Hein von Westernhagen**

Redaktion

**Margarete Pauls
Claudia Pichler**

ISSN 1618-3703

Druck:

**Goihl Druck GmbH
Stuhr**

Fotografie:

Umschlag und Kapitelseiten
Lilo Tadday

Gestaltung:

**Klemm Werbeagentur
Bremen**