

Research Highlights 2008

Beispiele aus unserer Forschung 2008

Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Inhalt | Contents

Zu dieser Broschüre	4	<i>About this brochure</i>	Leben auf dem Mars? Methan-bildende Mikroorganismen aus sibirischen Permafrostböden als Studienobjekte Dirk Wagner und Daria Morozova	34	<i>Life on Mars? Methane-forming microorganisms from Siberian permafrost soils as study objects</i>
Das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI)	6	<i>The Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI)</i>	Seeelefanten helfen Südozeanmodellierern Ralph Timmermann	38	<i>Elephant Seals help validate Finite Element Ice-Ocean Model</i>
Standorte	6	<i>Sites</i>	Neuigkeiten in der Krillforschung: Licht kontrolliert Lebensfunktionen des Krills Mathias Teschke, Bettina Meyer, Carsten Pape, Susanne Spahic	42	<i>News in Krill research: Light controls life functions of krill</i>
Stationen	8	<i>Research stations</i>	Wie wird man 400 Jahre alt? Altersvorsorge der Islandmuschel (<i>Arctica islandica</i>) Doris Abele, Eva Philipp, Julia Strahl, Thomas Brey	48	<i>Living 400 years – what is the secret of the ocean quahog (Arctica islandica)?</i>
Forschungsschiffe	10	<i>Research vessels</i>	Langzeitforschung auf Helgoland und Sylt: Ein Finger am Puls der Nordsee Justus E.E. van Beusekom, Maarten Boersma, Karsten Reise and Karen H. Wiltshire	52	<i>Long-Term Ecological Research at Helgoland and Sylt: Keeping a Finger at the Pulse of the North Sea</i>
Forschungsflugzeuge	12	<i>Research aircrafts</i>	Zum Nordpol auf einer Eisscholle – Teilnahme an der Driftstation NP-35 Klaus Dethlhoff, Jürgen Graeser, Marion Maturilli, et al.	56	<i>On an ice flow to the North Pole – driftstation NP-35</i>
Rinnen im Meereis: Heizung für die Atmosphäre? Christof Lüpkes, Vladimir Gryanik, Anna Barbara Herold, Gerit Birnbaum, Ulrike Wacker, Jörg Hartmann	14	<i>Leads in Sea Ice: Heating the Atmosphere?</i>	In großer Tiefe und auf der Höhe der Zeit – Die Forschungsjahre 2006 und 2007	62	<i>In Great Depth and up to Date – Research in 2006 and 2007</i>
Die polaren Ozeane vor dem Hintergrund der Klimaänderung – Ein Vergleich Eberhard Fahrbach, Christian Haas und Ursula Schauer	18	<i>The Polar Oceans in the context of climate change – commons and contrasts</i>	Mehr Informationen	66	<i>More information</i>
Wissenschaftliches Rechnen und Ozeanographie für das Krisenmanagement: Der Beitrag des Alfred-Wegener-Instituts zum Deutsch-Indonesischen Tsunami-Frühwarnsystem Jörn Behrens, Wolfgang Hiller, Jens Schröter	22	<i>Scientific computing and oceanography for hazard management: The contribution of the Alfred Wegener Institute to the German-Indonesian Tsunami Early Warning System</i>			
Klimaarchiv Eis – Das European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA) Hubertus Fischer, Frank Wilhelms, Sepp Kipfstuhl, Hans Oerter, Hanno Meyer, Peter Köhler, Rainer Gersonde & Heinz Miller	26	<i>Climate archive in ice – the European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA)</i>			
Schwarzschiefer vom Nordpol entschlüsseln Klimageschichte: Der Arktische Ozean war vor 45 Millionen Jahren so warm wie die Ostsee heute Ruediger Stein, Petra Weller, Bettina Boucsein und Jens Matthiessen	30	<i>Black shales near the North Pole decipher climate history: The Arctic Ocean at 45 Ma was as warm as the Baltic Sea</i>			

Zu dieser Broschüre

Das Alfred-Wegener-Institut führt mit seinem Forschungsprogramm Arbeiten in zahlreichen naturwissenschaftlichen Disziplinen der Polar- und Meeresforschung durch. Die anspruchsvollen wissenschaftlichen Vorhaben werden durch eine aufwändige Logistik unterstützt, die das AWI für die deutsche und die internationale Polar- und Meeresforschung zur Verfügung stellt.

Diese Broschüre gibt einen Überblick über die wissenschaftliche Infrastruktur des Alfred-Wegener-Instituts und wichtige Forschungsarbeiten in den Jahren 2006/2007. Einige ausgewählte Beiträge stellen in knapper Form typische Projekte vor, die das wissenschaftliche Profil des AWI charakterisieren. Die Auswahl erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Interessierte Leser können einen Einblick erhalten, welche Fragen die Polar- und Meeresforschung in der heutigen Zeit bewegen, welche Motive und Anreize zu den Forschungsthemen geführt haben oder welche Beiträge zur modernen Umweltforschung sie leisten kann.

Forschung in den Polargebieten und den Meeren erfolgt häufig unter extremen Bedingungen. Sie stellt hohe Anforderungen an Menschen und Material. Aber sie belohnt auch mit unvergesslichen Eindrücken und immer wieder neuen Erkenntnissen. Vor allem gibt sie wichtige Impulse für drängende Fragen unserer Zeit. Denn Forschungseinrichtungen wie das AWI tragen mit ihren Arbeiten wesentlich zur vorsorgen-

About this brochure

With its different research programmes the Alfred Wegener Institute (AWI) performs scientific work in numerous disciplines in the fields of polar and marine research. These ambitious scientific projects are supported by a complex logistical service, which the AWI offers for German as well as for international polar and marine research.

This brochure will give you an overview of the scientific infrastructure of the Alfred Wegener Institute and of important research programmes in 2006/2007. In a few selected articles some typical projects are briefly described in order to characterize the scientific profile of the AWI. This selection is not meant to be exhaustive, but it offers interested readers some insight into the different questions and problems currently occupying polar and marine research, what motives and impulses helped to formulate the topics of research, and what it can contribute to modern environmental research.

Research in polar regions as well as in the oceans is frequently done under extreme conditions. It demands much of humans and of the materials involved, but, as a reward it offers unforgettable impressions and an abundance of new insights. First and foremost it produces important impulses for the fundamental questions of our time. With their work, research institutions like the AWI make an important contribution to providing scientific evaluation of possible changes of the environment. Against this



den wissenschaftlichen Bewertung möglicher Umweltveränderungen bei. Auch vor diesem Hintergrund wünschen wir allen Lesern viel Vergnügen mit den hier geschilderten Beispielen unserer Arbeit.

setting we would like to wish all our readers enjoyment of selected examples of our work.



**Institution im Bereich Küstenforschung –
Die Wattenmeerstation Sylt**
*Institution for coastal research –
Wadden Sea Station Sylt*



**Forschen auf Deutschlands Hochseeinsel –
Die Biologische Anstalt Helgoland**
*Research on Germany's High Sea Island –
Biological Institute Helgoland*



**Zentrale des Alfred-Wegener-Instituts –
Das Hauptgebäude in Bremerhaven**
*Headquarter of the Alfred-Wegener-Institute –
the main building in Bremerhaven*



**Traditionsgebäude mit Charme –
Der Ungers-Bau in Bremerhaven**
*Charming traditional building –
the "Ungers" building in Bremerhaven*



**Polarforschung auf dem Telegrafenberg –
Die Forschungsstelle Potsdam**
*Polar research on the historic "Telegrafenberg" –
the Potsdam Research Unit*



AWI 
Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
in der Helmholtz-Gemeinschaft

 **HELMHOLTZ**
| GEMEINSCHAFT



**Deutsch-Französische
Forschungsbasis (AWIPEV)**

Gemeinsame Forschungsstation des
AWI und des französischen Polar-
Instituts Paul Emile Victor in Ny-
Ålesund auf Spitzbergen

*Joint research station of
the AWI and the French
polar institute Paul
Emile Victor in Ny-Ale-
sund, Spitsbergen
(Svalbard)*



Satellit



Dallmann-Labor

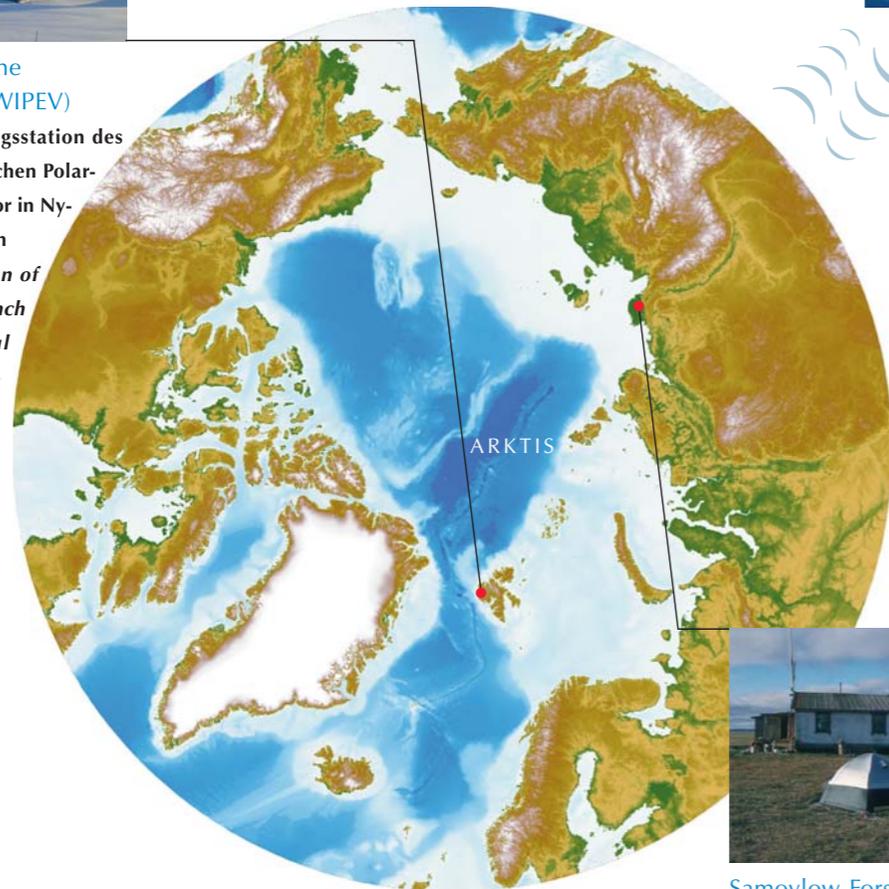
Im Januar 1994 vom AWI und dem In-
stituto Antártico Argentino (IAA)
eröffnete Forschungsstation an der
argentinischen Station Jubany
auf King George Island

*Research station at the
Argentine station Ju-
bany on King George
Island, which was
opened by the AWI
and the Instituto
Antártico Argentino
(IAA) in January 1994*

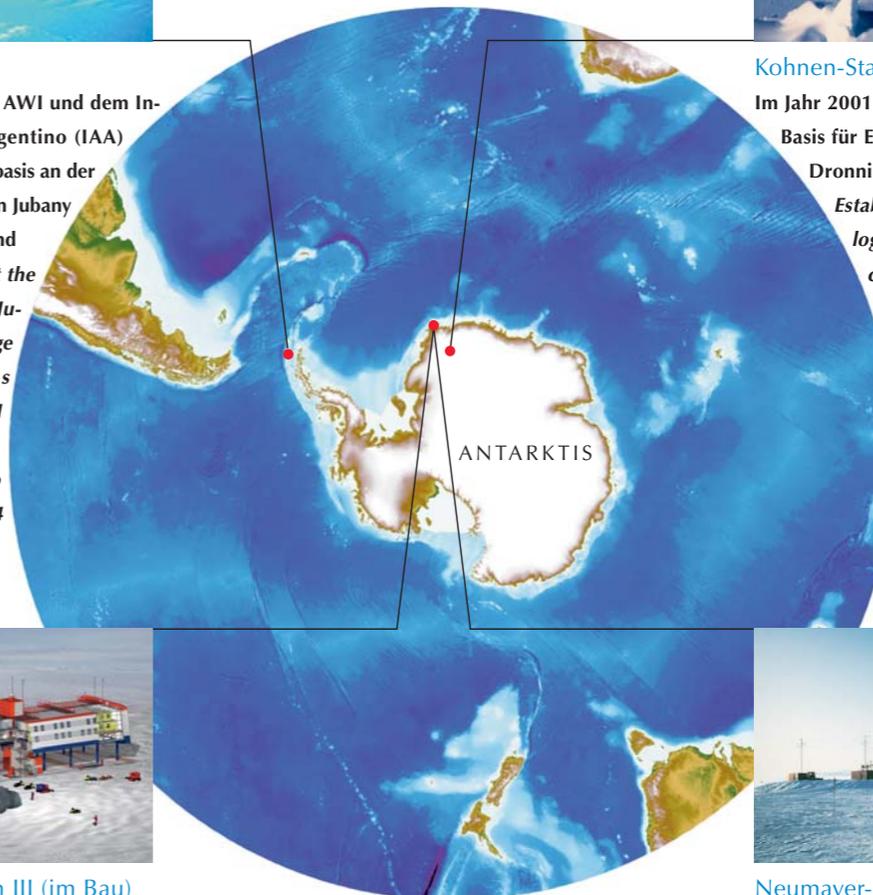


Kohnen-Station

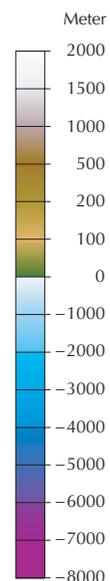
Im Jahr 2001 als logistische
Basis für Eiskernbohrungen im
Dronning-Maud-Land errichtet
*Established in 2001 as a
logistical base for ice
core drillings in Dronning
Maud Land*



ARKTIS



ANTARKTIS



Topographische Daten:

Topographic data:

ETOPO2v2 Global Gridded 2-minute Database

<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>,

rendered with: The Generic Mapping Tools

<http://gmt.soest.hawaii.edu> (Graphic: C. Schäfer-Neth)



Samoylov-Forschungsstation

Forschungsstation an der südlichen
Küste der Insel Samoylov inmitten des
Lena-Deltas nahe der Laptevsee

*Research station on the southern
coast of Samoylov island in the middle
of the Lena delta near the Laptev Sea*



Neumayer-Station III (im Bau)

Befindet sich derzeit im Bau und
soll die heutige Neumayer-Sta-
tion ab 2009 ersetzen

*Currently under construction and
planned to replace the present
Neumayer Station from 2009*



Neumayer-Station

Als Nachfolgerin der ersten deutschen
Antarktisstation Georg-von-Neumayer
seit 1992 in Betrieb und ganzjährig besetzt

*Operated since 1992 as the succes-
sor to the first German Antarctic
station Georg von Neumayer and
manned the whole year round*



Polarstern

Als weltweit bekanntes Flaggschiff der deutschen Polarforschung seit über 25 Jahren im Einsatz – das Eis brechende Forschungsschiff ‚Polarstern‘

Operating for more than 25 years as the world famous “flag ship” of German polar research – the ice breaking research vessel ‘Polarstern’



Heincke

Vielseitiger und geräuscharmer Spezialist für meereskundliche Expeditionen in eisfreien Gewässern – das Forschungsschiff ‚Heincke‘

Multifunctional and low-noise specialist for marine expeditions in ice free waters – the research vessel ‘Heincke’



Uthörn

Regelmäßig auf Forschungsfahrt in der Deutschen Bucht unterwegs – der Forschungskutter ‚Uthörn‘

Regularly on research tours in the German Bight – the research cutter ‘Uthörn’



Mya

Kann bei Niedrigwasser trocken gesetzt werden und ist speziell für Forschungsfahrten im Wattenmeer ausgelegt – der Forschungskatamaran ‚Mya‘

Constructed to beach at low tide and specially built for expeditions in the intertidal zone – the research catamaran ‘Mya’



Aade

Kleines Motorboot für die Probenahme und Beschaffung von Untersuchungsmaterial rund um Helgoland – das Forschungsboot ‚Aade‘

Small motor boat for sampling and gathering scientific material around Helgoland – the research boat ‘Aade’



Diker

Speziell an die Bedürfnisse der Forschungstaucherguppe angepasst und für Taucheinsätze rund um Helgoland ausgerüstet – das Forschungsboot ‚Diker‘

Specially adapted to the needs of scientific divers and equipped for diving operations around Helgoland – the research boat ‘Diker’



Polar 5

Im Oktober 2007 wurde das neue Forschungsflugzeug ‚Polar 5‘ in Dienst gestellt. Die Basler BT-67 (Basler Turbo Conversion LLC) basiert auf einem modifizierten Rumpf der Douglas DC-3, die als „Rosinenbomber“ in die Geschichte eingegangen ist. Die Basler BT-67 wurde speziell für den Einsatz in der Polarforschung konzipiert, hat eine Reichweite von circa 2900 Kilometern und kann auch in Höhen über 3800 Metern auf dem antarktischen Plateau starten. Ihr maximales Startgewicht beträgt rund dreizehn Tonnen. Die wissenschaftlichen Geräte an Bord ermöglichen Messungen der Eisdicke, der Bodentopographie und atmosphärischer Parameter.

In October 2007, the new research aircraft 'Polar 5' was put into service. The Basler BT-67 (Basler Turbo Conversion LLC) is based on a modified body of the Douglas DC-3, which became famous as the "raisin bomber". The Basler BT-67 was specially designed for operation in polar research. It has a range of about 2900 km and is able to take off at altitudes of more than 3800 meter on the Antarctic plateau. Its maximum starting weight amounts to about 13 tonnes. It is equipped with scientific devices for measuring the ice sheet, earth topography and atmospheric parameters.



Polar 2

Seit 1983 besitzt das Alfred-Wegener-Institut das Forschungsflugzeug ‚Polar 2‘. Die zweimotorige Maschine ist eine Sonderversion des Mehrzweckflugzeuges Dornier 228/101. Die Maschine ist mit erweiterter flugtechnischer Ausrüstung, verstärkten Generatoren, Zusatztanks, Enteisungsanlagen an Propellern und Tragflächen sowie einer verbesserten Isolierung des Innenraums auf den polaren Einsatz vorbereitet. Sie verfügt über moderne Navigationssysteme, das maximale Abfluggewicht liegt bei rund 6,4 Tonnen.

Since 1983 the AWI has been in possession of the research aircraft 'Polar 2'. The twin-engined aircraft is a special version of the multipurpose aircraft Dornier 228/101. The aircraft is equipped for polar use with additional technical equipment, reinforced generators, additional tanks, defrosting devices on the propellers and wings and improved insulation of the passenger compartment. It has modern navigational systems and the maximum starting weight amounts to around 6.4 tonnes.

Rinnen im Meereis: Heizung für die Atmosphäre?

Christof Lüpkes, Vladimir Gryanik, Anna Barbara Herold, Gerit Birnbaum, Ulrike Wacker, Jörg Hartmann

Das Polarmeer ist auch im Winter niemals vollständig mit Packeis bedeckt, denn die durch ungleichmäßige Meeres- und Luftströmungen angetriebene Eisdrift reißt immer wieder Risse und Rinnen in die Eisdecke. In der zentralen Arktis wird der Anteil des offenen oder nur mit sehr dünnem Eis bedeckten Wassers im Winter jedoch nur auf wenige Prozent geschätzt. Genaue Angaben sind bisher nicht möglich, weil die typischen Rinnen nur zwischen einigen Metern und einigen Kilometern breit sind und somit von den routinemäßig verwendeten Satellitensensoren nicht erkannt werden. Aktuelle Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass diese Rinnen einen großen Einfluss auf die Temperatur in der Arktis haben und somit bei Klimamodellen detailliert berücksichtigt werden müssen.

Vor allem im Winter kann sich über den Rinnen infolge des großen Temperaturunterschiedes zwischen Wasseroberfläche und darüber hinwegströmender Luft kräftige Konvektion entwickeln. Die über einer Rinne erwärmte Luft steigt ähnlich wie eine Rauchfahne auf und vermischt sich mit der umgebenden Luft. Messungen, die mit dem Turbulenzmast an Bord von ‚Polarstern‘ über verschiedenen Rinnen durchgeführt wurden, belegen, dass sich diese Konvektion auch noch entwickelt, wenn das Eis bis zu 15 Zentimeter dick ist. Meist behindert eine in 100 bis 300 Metern Höhe liegende relativ warme Luftmasse (Inversion) das weitere Aufsteigen.

Leads in Sea Ice: Heating the Atmosphere?

Christof Lüpkes, Vladimir Gryanik, Anna Barbara Herold, Gerit Birnbaum, Ulrike Wacker, Jörg Hartmann

The sea ice coverage of the polar oceans is always less than 100 percent, even during winter. Due to irregular forcing of sea ice drift by ocean currents and atmospheric flow, cracks and ice-free channels (leads) are often generated in the ice pack. During winter open water areas or areas with very thin ice are estimated to cover only a few percent of the surface of the central Arctic Ocean. At present, it is not possible to obtain more detailed values, because leads are typically only a few meters to several kilometres wide and therefore too small for routine satellite observations. Recent investigations by scientists from the Alfred Wegener Institute have shown, however, that leads might have a strong impact on atmospheric temperatures in the Arctic. Processes caused by leads should therefore be taken into account by climate models in detail.

Strong convection develops over leads, especially during winter. This is due to the large temperature differences between the water surface and the air advected across the leads. Air, heated over a lead, rises like a smoke plume and mixes with the surrounding air. Turbulence measurements over several leads carried out from a mast on the bow of the research vessel ‚Polarstern‘ confirm that this convection continues to develop over ice of up to 15 centimetres thickness. Often, a relatively warm air mass, which is present at 100 to 300 meter height (inversion), prevents the air from rising further (Fig. 1).

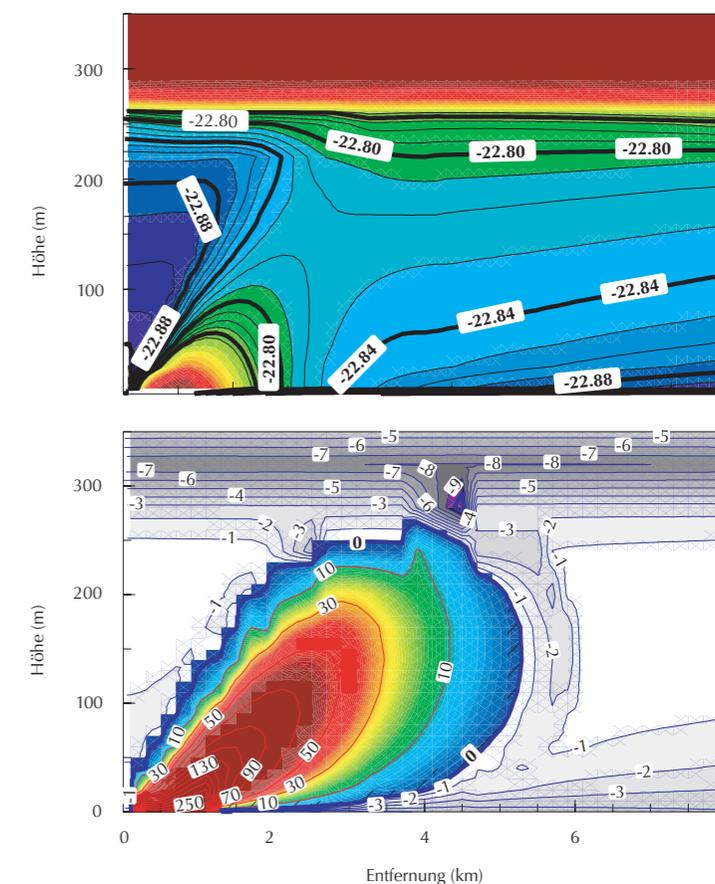


Abb. 1: Modellerte potentielle Temperatur in Grad Celsius (oben) und Wärmeflüsse in Watt pro Quadratmeter (unten) über einer Eisrinne, die von links nach rechts quer vom Wind überströmt wird. Die 1 Kilometer breite Rinne liegt am linken Rand der Abbildung (0 bis 1 Kilometer Entfernung).

Fig. 1: Modelled potential temperature in degrees Celsius (top) and heat fluxes in Watts per square meter (bottom) over a lead. The lead direction is orthogonal to the wind, which flows from left to right. The lead of 1 kilometre width is at the left margin of the figure (0 to 1 kilometres distance).

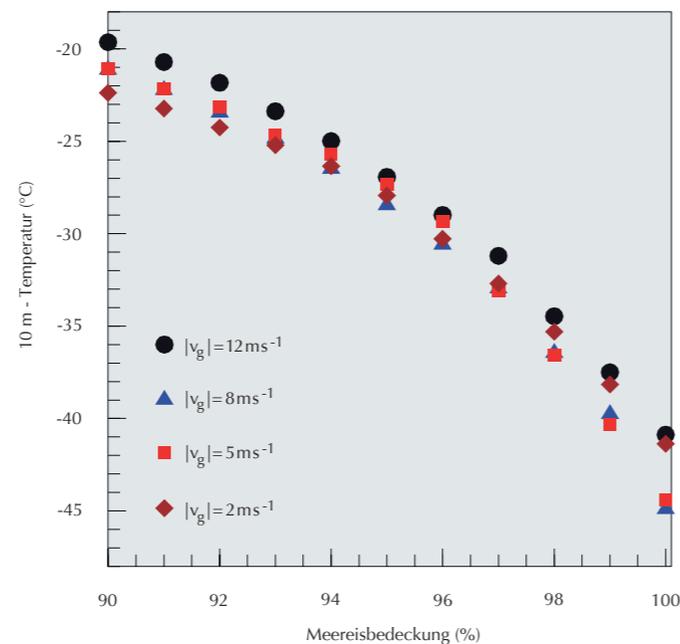


Abb. 2: Modellierte Lufttemperatur in 10 Metern Höhe als Funktion der vorgegebenen Eisbedeckung und des Höhenwindes (V_g) nach 2 Tagen Simulationszeit.

Fig. 2: Modelled air temperature at 10 metres height as a function of the prescribed sea ice coverage and wind speed at high altitudes (V_g) after two days simulation time.

Abbildung 1 zeigt Lufttemperaturen und Wärme-flüsse über einer einen Kilometer breiten Eisrinne, die von Wissenschaftlern des Alfred-Wegener-Instituts mit dem Hamburger Modell METRAS simuliert wurden.

Ferner wurde untersucht, wie sich eine nur kleine Änderung des Rinnenanteils in der zentralen Arktis auf die Temperatur einer über dem Meereis driftenden Luftmasse auswirken könnte. Hierzu wurde METRAS gekoppelt mit einem Meereismodell betrieben. Mit dem Modell lässt sich die Änderung der Lufttemperatur infolge des Eintrags von Wärme in die Atmosphäre durch Rinnen und infolge Abkühlung durch Ausstrahlung in Abhängigkeit vom Eisbedeckungsgrad simulieren.

Um den maximal möglichen Einfluss von Rinnen zu berechnen, wurde das Modell mit für bewölkten Himmel typischen, d.h. relativ hohen Lufttemperaturen über dem Eis gestartet und dann die Situation nach Auflösung der Wolkendecke simuliert. In Abbildung 2 sind die nach zwei Tagen erreichten Temperaturen als Funktion der Eisbedeckung und der Windgeschwindigkeit dargestellt. Es ist bemerkenswert, dass eine Änderung des Rinnenanteils um nur ein Prozent die oberflächennahe Lufttemperatur nach zwei Tagen um bis zu vier Grad ändern kann. Es zeigte sich außerdem, dass ein Teil der aus den Rinnen emittierten Wärme vom Eis aufgenommen wird.

Offensichtlich ist es für Klimasimulationen wichtig, die Eisbedeckung präzise zu kennen, entweder mittels zuverlässiger Meereismodellierung oder - zumindest für zurückliegende Episoden und zur Bestimmung des Anfangszustandes - durch Nutzung von Satellitenbildern, deren Genauigkeit aber erheblich verbessert werden muss.

Scientists at the Alfred Wegener Institute have studied, how a small change in the lead fraction in the central Arctic could affect the temperature of an air mass drifting over sea ice. For this purpose, a simplified version of the atmospheric model METRAS, developed at the University of Hamburg, was coupled with a sea ice model. With this model, the change in air temperature due to the transport of heat emanating from leads into the atmosphere and due to radiative cooling can be simulated as a function of the sea ice coverage. To estimate the maximum possible impact of leads the model was initialized with relatively high air temperatures, typical of cloudy conditions. The situation after complete retreat of clouds was then simulated. In Figure 2, near-surface air temperatures are shown as a function of the sea ice fraction and forcing wind speed. It is remarkable that with high sea ice coverage, a change in the sea ice fraction by only one percent can modify the air temperature by up to 4 K. Furthermore, it was shown that a fraction of the heat emanated from leads also warms the sea ice.

Obviously, a precise knowledge of the lead fraction is important for climate simulations, either from a reliable modelling of sea ice or - at least for past years and for the determination of the initial model stage - from satellite images, whose accuracy must be considerably improved.

Die polaren Ozeane vor dem Hintergrund der Klimaänderung – Ein Vergleich

Eberhard Fahrbach, Christian Haas und Ursula Schauer

Wegen ihrer Bedeutung für das globale Klimasystem stehen die polaren Ozeane verstärkt im Mittelpunkt internationaler Forschung. Dabei zeigen sich in Arktis und Antarktis deutlich unterschiedliche Entwicklungen. So ist der atmosphärische Temperaturanstieg in der Arktis etwa doppelt so stark wie der Anstieg im globalen Mittel. Mit mehr als zehn Prozent pro Dekade hat zudem die Sommerausdehnung des Meereises in den letzten Jahrzehnten dramatisch abgenommen und 2007 ein absolutes Minimum erreicht. Über Veränderungen der Meereisdicke ist zwar weniger bekannt, ‚Polarstern‘-Expeditionen im Nordpolarmeer haben zwischen 1991 und 2007 jedoch eine Eisdickenabnahme von 2,5 Meter auf unter 1,0 Meter gezeigt. In der Antarktis dagegen ist keine einheitliche Tendenz zu erkennen. Während an der Antarktischen Halbinsel mit 2,5 °C in 50 Jahren der weltweit höchste Anstieg atmosphärischer Temperatur gemessen wurde, kühlt die Ostantarktis weiter ab. Ausdehnung und Dicke des Meereises zeigen – mit Ausnahme der Antarktischen Halbinsel – ebenfalls keinen umfassenden Trend, sondern scheinen dekadischen Fluktuationen zu folgen.

Die unterschiedliche Entwicklung ist durch gegensätzliche geographische Gegebenheiten bedingt, die sowohl die atmosphärische als auch die ozeanische Zirkulation beeinflussen. In der Arktis ist ein polarer Ozean von Kontinenten umgeben und vom Weltmeer weitgehend isoliert. Mit der Framstraße als

The Polar Oceans in the context of climate change – commons and contrasts

Eberhard Fahrbach, Christian Haas und Ursula Schauer

Due to their role as a significant component of the global climate system, the Polar Oceans are increasingly in the focus of international research activities. However, the Arctic and Antarctic are clearly distinct in their developments. The Arctic shows an increase of the atmospheric temperature, which is about twice as high as the global average. The summer sea ice cover decreased by 10 percent per decade during the past decades and reached an absolute minimum in 2007. Changes of sea ice thickness are less well known. Observations obtained from 'Polarstern' revealed a decrease of ice thickness in the Eurasian Basin of the Arctic Ocean from 2.5 meters to less than 1.0 meters in the time period from 1991 to 2007. In contrast, in the Antarctic no clear trend can be seen. Whereas observations at the Antarctic Peninsula displayed the globally highest increase in temperature of 2.5 °C over 50 years, the East Antarctic is still cooling. The sea ice extent does not show any trend with the exception of the Antarctic Peninsula and decadal fluctuations dominate.

The differences in the changes are largely due to the different geographic settings, which affect the atmospheric and oceanic circulations. In the Arctic a Polar Ocean is surrounded by continents limiting the exchanges with the global ocean. Including Fram Strait as the only deep water connection the



Abb. 3: Vorbereitung einer Strömungsmesserverankerung zur Auslegung in der Framstraße an Bord der ‚Polarstern‘

Fig. 3: Preparation of a current meter mooring for deployment in Fram Strait on board of 'Polarstern' (Photo: A. Beszczyńska-Möller)

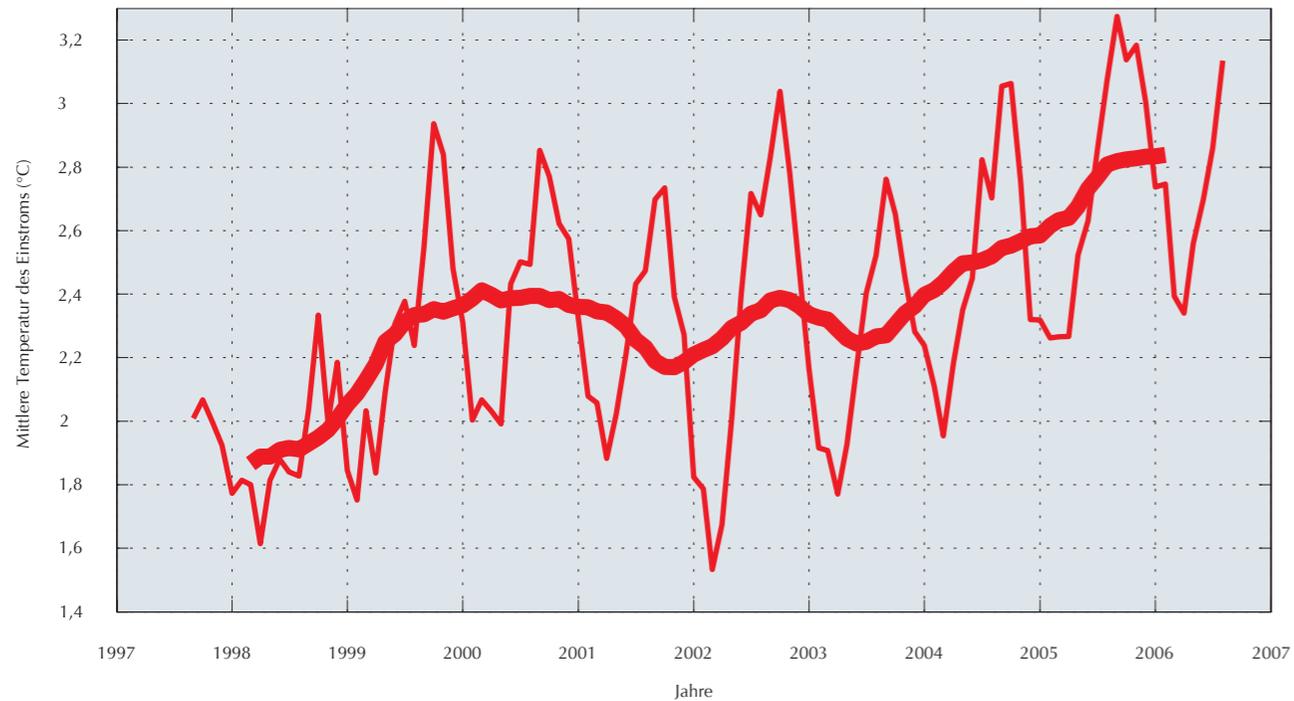


Abb. 4: Zeitreihe der Temperatur des Wassers, das in der Framstraße in den Arktischen Ozean strömt. Seit dem Beginn der Messungen ist eine deutliche Erwärmung zu beobachten.

Fig. 4: Time series of the water of Atlantic origin, which flows through Fram Strait into the Arctic Ocean. A clear temperature increase is observed since the start of the observations.

einzigster Tiefwasserverbindung erfolgt der Austausch nur durch wenige, verhältnismäßig enge Verbindungen. Von 1997 bis 2006 durchgeführte Messungen in der Framstraße (Abb. 3) belegen eine zwar durch Schwankungen überlagerte, aber dennoch eindeutige Temperaturzunahme der Wassermassen atlantischen Ursprungs (Abb. 4). Die Ausbreitung dieser Wärme im Arktischen Ozean lässt sich auf verschiedenen Zirkulationspfaden verfolgen. Eine konzentrierte Süßwasserschicht, gebildet durch erhebliche Mengen an Flusswasser, das von den umliegenden Kontinenten in den Arktischen Ozean eingetragen wird, isoliert die Oberfläche jedoch vom warmen Tiefenwasser atlantischen Ursprungs. Veränderungen in der Meereisbedeckung werden daher durch die Veränderung der atmosphärischen Verhältnisse dominiert.

In der Antarktis dagegen wird ein mit einem mächtigen Eisschild bedeckter Kontinent vom Südlichen Ozean umschlossen, der zum Weltmeer offen ist und in intensivem Austausch steht. Durch Konvektion und Vermischung - verstärkt durch die Aufquellbewegung in der Antarktischen Divergenz - kann warmes, zirkumpolares Tiefenwasser oberflächennahe Schichten erreichen und die Meereisbildung beeinflussen. Messungen im Weddellmeer zeigten, dass sich das zirkumpolare Tiefenwasser bis in die Mitte der neunziger Jahre erwärmte, sich seither aber abkühlt und nun wieder die Temperaturen von 1984 erreicht hat. Dies verdeutlicht für die Antarktis die bestimmende Rolle dekadischer Fluktuationen.

Um die weitere Entwicklung des Klimawandels in Arktis und Antarktis adäquat verfolgen zu können, ist eine langfristige Überwachung durch polare Komponenten des „Global Ocean Observation System (GOOS)“ notwendig.

exchanges occur through a few relatively narrow openings. Measurements in Fram Strait from 1997 to 2006 (Fig. 3) evidence a clear increase, however with fluctuations superimposed, of the temperature of the water masses of Atlantic origin (Fig. 4). The spreading of the warm water through the Arctic Ocean can be identified along different paths. A concentrated fresh water layer forms by significant amounts of river water from the surrounding continents. This insulates the cold surface waters from the underlying warm water of Atlantic origin. Changes in the sea ice cover are thus dominated by atmospheric forcing.

In the Antarctic, in contrast, a continent covered by huge ice masses is surrounded by the circumpolar Southern Ocean, which is open to the global ocean and subject to intense exchanges. By convection and mixing - enforced by upwelling in the Antarctic Divergence - warm Circumpolar Deep Water reaches near surface layers and has a strong influence on the sea ice formation. Observations in the Weddell Sea indicate that the temperature of the Circumpolar Deep Water increased until the mid nineties, but decreased since then. In between it has reached temperatures, which have been observed in the mid eighties. Obviously decadal fluctuations dominate.

To diagnose the further development of climate change in the Arctic and Antarctic in sufficient accuracy long term observations are needed as a polar component of the „Global Ocean Observation System (GOOS)“.

Wissenschaftliches Rechnen und Ozeanographie für das Krisenmanagement: Der Beitrag des Alfred-Wegener-Instituts zum Deutsch-Indonesischen Tsunami-Frühwarnsystem

Jörn Behrens, Wolfgang Hiller, Jens Schröter

Der Mega-Tsunami am 26. Dezember 2004 hat der Welt vor Augen geführt, wie verletzlich moderne Gesellschaften gegenüber Naturkatastrophen sind (Abb. 5). Ein Großteil der Weltbevölkerung lebt in küstennahen Gebieten. Die Besiedlungsdichte hat in den vergangenen Jahrzehnten erheblich zugenommen. Der Meeresspiegelanstieg, Starkwindereignisse und nicht zuletzt Tsunamis gefährden diese Gebiete.

Als Teil der Wiederaufbauhilfe hat die Bundesregierung 2005 beschlossen, etwa 45 Millionen Euro für die Entwicklung und den Aufbau eines Tsunami-Frühwarnsystems für den Indischen Ozean einzusetzen. Das Alfred-Wegener-Institut erfüllt zwei Arbeitspakete in diesem Projekt: Die Entwicklung hocheffizienter und kostengünstiger Bodendruck-Sensoren zur Erfassung des Wasserstandes im tiefen Ozean sowie die Entwicklung eines Simulationssystems zur schnellen Erfassung der Gesamtsituation auf Grundlage weniger verfügbarer Messwerte.

Die Entwicklung des Simulationssystems stellt ein exzellentes Beispiel für die interdisziplinäre Zusammenarbeit und die Leistungsfähigkeit der Modellierung am Alfred-Wegener-Institut dar. Innerhalb von nur 18 Monaten wurde eine neuartige Simulations-

Scientific computing and oceanography for hazard management: The contribution of the Alfred Wegener Institute to the German-Indonesian Tsunami Early Warning System

Jörn Behrens, Wolfgang Hiller, Jens Schröter

The mega tsunami on December 26, 2004 revealed the vulnerability of modern societies to natural hazards (Fig. 5). A large proportion of the world population lives close to the coasts, while population and settlement density increased dramatically. Sea level elevation, extreme weather events and also tsunamis threaten these areas.

The federal government of Germany decided in 2005 to dedicate 45 Mio. Euros of the recreation funds for a tsunami early warning system for the Indian Ocean in Jakarta/Indonesia. Scientists from the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research take responsibility for two work packages within this project: The development of highly efficient and cost-effective bottom pressure sensors for determining the sea level elevation in deep ocean, and the development of a simulation system for rapid assessment of the hazard situation on the base of few available measurements.

The development of the simulation system represents an excellent example of interdisciplinary work and performance within the modelling groups at the Alfred Wegener Institute. Within only 18 months from starting the tsunami modelling working group an innovative simulation software has been developed:

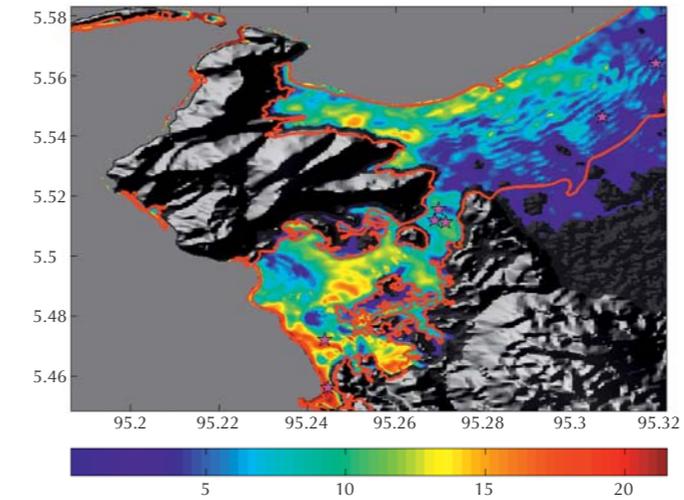


Abb. 5. Überflutungskarte für den „Weihnachts-Tsunami“ 2004 in Banda Aceh. Die rote Linie markiert die Grenze des Überflutungsgebietes aus Satellitenmessungen. Die Sterne entsprechen Feldmessungen, die vom Modell realitätsnah dargestellt werden. Das farbige Gebiet markiert die Überflutungstiefe aus dem Modell TsunAWI.

Fig. 5: Inundation map for the 2004 Boxing Day Tsunami in Banda Aceh. The red line indicates the boundary of the inundation area from satellite observations. Stars represent positions of field survey measurements, which can be reproduced by the model. The colored area represents flow depth from the model TsunAWI.

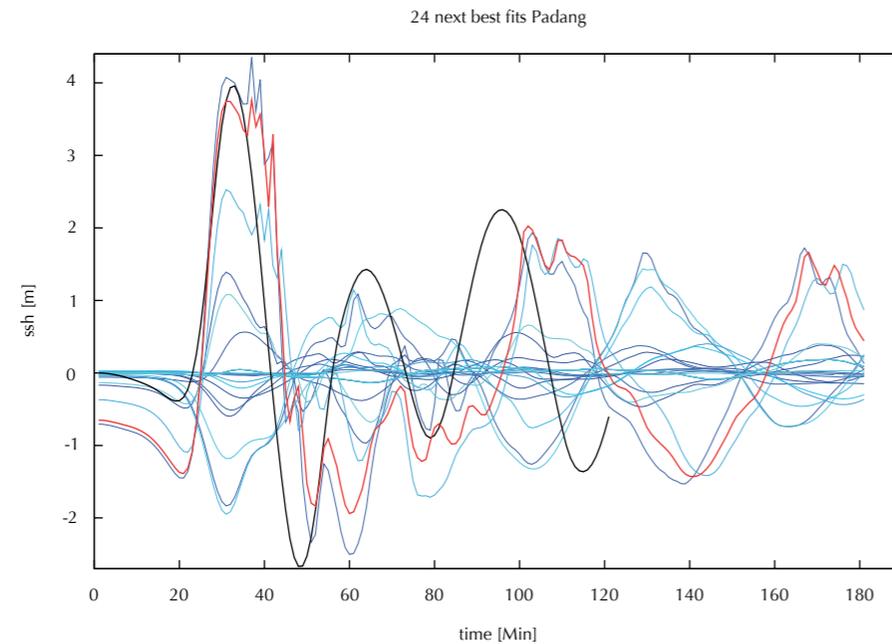


Abb. 6: Pegelverlauf verschiedener Szenarien (blau), des als Lagebeschreibung ausgewählten Szenarios (rot) und des „realen“ Tsunami-Ereignisses (schwarz). Der erste (höchste) Wellenberg wird sehr gut repräsentiert.

Fig. 6: Tide gauge time series of several scenarios (blue), of the scenario selected as most probable hazard situation (red), and the „true“ tsunami event (black). The first (highest) wave is well represented.

software erstellt. Das Tsunami-Modell TsunAWI baut auf langjährige Vorarbeiten mit Ozeanmodellen und unstrukturierten Gittern auf und kann im Küstenbereich hochgenaue Simulationsergebnisse liefern.

Tsunami-Szenarien, welche mit TsunAWI berechnet wurden, bilden die Grundlage für eine schnelle Situationsanalyse. Im Ernstfall liefern echtzeitfähige und hoch-verfügbare Software-Dienste sofort eine Auswahl von Szenarien zu den gegebenen Messdaten (Abb. 6). Eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe aus Mathematikern, Physikern, Ozeanographen und Informatikern erstellt diese Dienste. Begleitend werden Analysen durchgeführt, um die Unsicherheiten in den Daten und in der Modellierung im Entscheidungsprozess berücksichtigen zu können.

Am Alfred-Wegener-Institut entsteht damit eine zentrale Komponente des weltweit ersten Frühwarnsystems speziell für küstennahe Tsunamis. Die simultane Auswertung verschiedenartiger Sensoren erlaubt eine zuverlässige Aussage über die Gefährdungslage bei einem solchen Tsunami-Ereignis. Diese Methodik kann künftig auch auf andere Gefährdungssituationen erweitert werden. So ist denkbar, ein ähnliches System für die Beobachtung und Bewertung von Klimaveränderungen und deren Folgen aufzubauen.

the tsunami model TsunAWI builds on the long-term expertise in unstructured grid ocean modelling and will be capable to deliver precise simulation results in coastal areas.

Tsunami scenarios computed with TsunAWI, form the basis of a rapid situation assessment in early warning. In case of emergency the high-availability real-time software services immediately select scenarios matching incoming measurements (Fig. 6). These services are developed in the interdisciplinary working group composed of mathematicians, physicists, oceanographers and computer scientists. Analysis is performed in order to account for uncertainty in data and modelling for the decision process.

The Alfred Wegener Institute develops a crucial component of the world's first tsunami early warning system that relies on simultaneous evaluation of multiple measurements. This allows for rapid and reliable hazard assessment in near field tsunami warning. In future this technology may be utilized in other geo-hazard situations. A similar monitoring system could be employed for climate change impact assessment.

Klimaarchiv Eis – das European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA)

Hubertus Fischer, Frank Wilhelms,
Sepp Kipfstuhl, Hans Oerter, Hanno Meyer,
Peter Köhler, Rainer Gersonde & Heinz Miller

Das durch die EU geförderte Forschungsprojekt EPICA (und das Folgeprojekt EPICA-MIS) ist eine Kooperation von zwölf Institutionen aus zehn europäischen Ländern mit dem Ziel, Klimazeitreihen aus Eiskernen der Antarktis zu gewinnen und diese mit marinen Sedimenten und mit Klima- und Eisschildmodellen zu verknüpfen. Der herausragende Erfolg dieses Projekts wird eindrücklich durch die Verleihung des Descartes Prize for Transnational Research der Europäischen Union illustriert. Im Rahmen von EPICA wurden zwei tiefe Eiskernbohrungen in der Ostantarktis nieder gebracht. Die erste Bohrung wurde im Indischen Ozean Sektor an Dome C (EDC: 75°06'S, 123°24'O) durchgeführt. Die zweite Bohrung wurde 2006 vom Alfred-Wegener-Institut in Dronning Maud Land (EDML: 75°00'S, 0°04'O) erfolgreich zu Ende gebracht. Dieser Eiskern repräsentiert das erste, hoch aufgelöste antarktische Gegenstück zum grönländischen NorthGRIP (North Greenland Ice Core Project) Eiskern, der ebenfalls mit AWI Beteiligung untersucht wurde.

Durch Messung hoch aufgelöster Methan-Zeitreihen am EDML- und NGRIP-Eiskern war es möglich, die beiden Eiskerne auf eine gemeinsame Zeitachse zu stellen. Die so synchronisierten bipolaren Eiskerne zeigten erstmals, dass jedes Antarktische Isotopenmaximum (AIM) mit einer schnellen Klimaschwankung

Climate archive in ice - the European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA)

Hubertus Fischer, Frank Wilhelms,
Sepp Kipfstuhl, Hans Oerter, Hanno Meyer,
Peter Köhler, Rainer Gersonde & Heinz Miller

The EU research project EPICA (and its follow-up EPICA-MIS) is a joint effort of twelve institutions from ten European nations that set out to obtain the ultimate ice core records in Antarctica integrating marine sediment records as well as climate and ice sheet models. The extraordinary success of this project is impressively illustrated by being awarded the Descartes prize of the European Union for Transnational Research. To achieve the EPICA goals two deep ice cores were drilled in East Antarctica. The first in the Indian Ocean sector at Dome C (EDC: 75°06'S, 123°24'E), the second one drilled by AWI in Dronning Maud Land (EDML: 75°00'S, 0°04'E) was completed in 2006 and represents the first high-resolution counterpart to the Greenland NGRIP (North Greenland Ice Core Project) ice core, where AWI also contributed to the drilling and scientific investigations.

Using high resolution CH₄ records from the EDML and NGRIP ice core, it was possible to put both ice cores on a common time scale. The synchronised bipolar ice cores show for the first time that each Antarctic Isotope Maximum (AIM) in Figure 7 is connected to a rapid glacial climate variation in Greenland, the so called Dansgaard/Oeschger (DO) events. In this bipolar seesaw pattern Antarctica is warming when Greenland is cold with longer cold

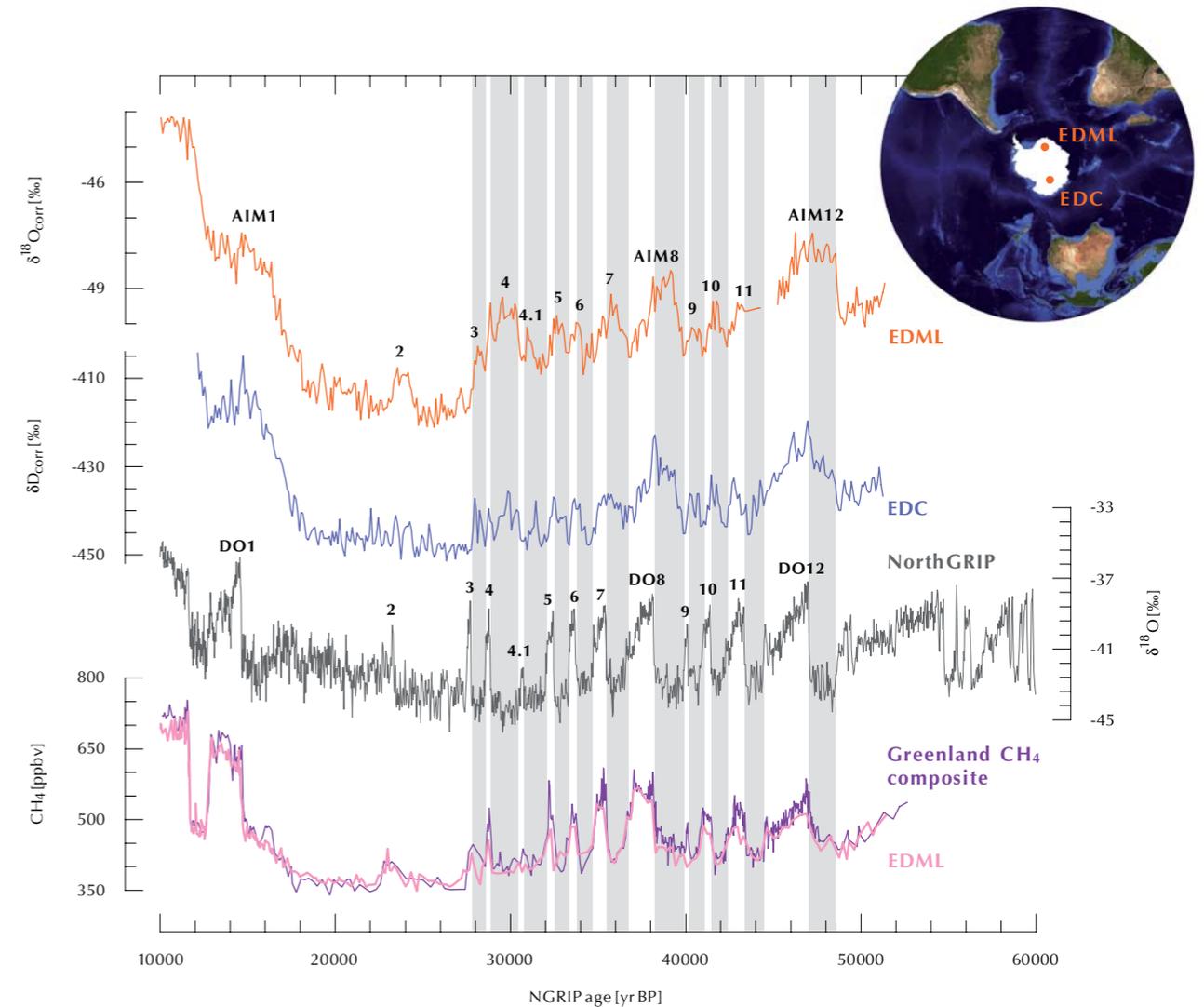


Abb. 7: Zeitreihen der Isotopentemperatur ($\delta^{18}\text{O}$, δD) antarktischer (EDML, EDC) und grönländischer (NGRIP) Eiskerne nach ihrer Synchronisation mithilfe der Methankonzentrationen im EDML und grönländischen Eiskernen. Jedes Antarktische Isotopen Maximum (AIM) ist mit einem Dansgaard-Oeschger (DO) Ereignis in Grönland verbunden.

Fig. 7: Isotope temperature ($\delta^{18}\text{O}$, δD) records of Antarctic (EDML, EDC) and Greenland (NGRIP) ice cores after synchronization of the EDML and Greenland methane records. Each Antarctic Isotope Maximum (AIM) is connected to a Dansgaard-Oeschger (DO) event in Greenland.



in Grönland, den so genannten Dansgaard/Oeschger (DO) Ereignissen verknüpft ist (Abb. 7). In dieser bipolaren Schaukel erwärmt sich die Antarktis immer dann, wenn es in Grönland kalt ist. Die Erwärmung in der Antarktis fällt desto stärker aus, je länger die Kälteperiode in Grönland anhält. Dies kann durch Änderungen der Umwälzrate des Atlantischen Ozeans erklärt werden, die den Export warmen Wassers aus dem Südozean in den Nordatlantik verändert. Vergleichbare Klimavariabilität wird im EDC Eiskern auch in älteren Eiszeiten gefunden. DO-Ereignisse und die bipolare Schaukel sind somit typische Charakteristika des eiszeitlichen Klimas.

periods in Greenland also connected to stronger warming in the South. This can be explained by parallel changes in the strength of the Atlantic meridional overturning circulation varying the heat export from the Southern Ocean into the North Atlantic. Similar millennial climate variability is also observed in the EDC record for older glacials, showing that DO events and the bipolar seesaw are a typical feature of glacial climate.

The mineral dust and iron deposition in the EDML and EDC ice cores revealed glacial/interglacial changes as well as in parallel to the AIM with one order of magnitude higher fluxes during cold periods. Using the extremely high covariance in dust deposition between the two records, we could show that those variations essentially reflect changes in the strength of the glacial Patagonian dust source,

Die Mineralstaub- und Eisendeposition in den EDML- und EDC-Eiskernen zeigen sowohl glazial/interglaziale als auch Veränderungen parallel zu den AIM, mit um eine Größenordnung höheren Flüssen in Kaltzeiten. Die extrem hohe zeitliche Kovarianz der Staubdeposition in beiden Eiskernen zeigt, dass dies im wesentlichen Änderungen der patagonischen Staubquelle widerspiegelt, während der Staubtransport und somit die Windgeschwindigkeit sich nur wenig verändert hat. Die Identifikation von Meereisbildung als wichtige Quelle für Meersalzaerosol erlaubte vollständig neue Einsichten in dessen biogeochemischen Kreislauf. Die Zunahme von Meereis kann den Anstieg des Meersalzflusses im Glazial in unseren Eiskernen erklären, wobei der stärkste Anstieg in der Weddellmeer im EDML-Kern und in marinen Sedimenten zu beobachten ist.

Im Rahmen von EPICA wurden die EDC-Zeitreihen der antarktischen Temperatur, der Treibhausgase, atmosphärischer Aerosolkonzentrationen und vieler anderer Parameter bis auf etwa 800.000 Jahre ungestörter Klimageschichte erweitert. Das ist doppelt soviel wie in jedem anderen Eiskern zuvor. Es zeigte sich, dass die Warmzeiten vor 450.000 Jahren kühler waren und geringere Treibhausgaskonzentrationen aufwiesen als heute. Mithilfe unseres Kohlenstoffmodells BICYCLE konnten die wichtigsten Prozesse, die für die CO₂-Änderungen verantwortlich sind, identifiziert werden. Die Durchmischung des Südozeans und dessen Eisendüngung durch Staubeintrag, als auch Änderungen der Karbonatsedimentation im tiefen Ozean stellen die wichtigsten Faktoren im globalen CO₂-Haushalt dar.

while the change in dust transport, hence wind speed, was rather limited. A completely new insight into the biogeochemical cycle of sea salt aerosol was gained by the recognition that sea ice formation may act as an important sea salt aerosol source. Accordingly, the increase in sea ice can readily explain the increase in glacial sea salt deposition in our ice cores with the largest sea ice coverage in the Weddell Sea supported by the EDML ice core as well as by marine sediment records.

Within EPICA the EDC record of Antarctic temperature, greenhouse gases, atmospheric aerosol species and many other parameters has recently been extended to ~800,000 years of undisturbed climate history, i.e. about twice as much as any other ice core record before. This showed that interglacials prior to 450,000 years before present were cooler and exhibited lower CO₂ concentrations than thereafter. Using our carbon cycle model BICYCLE we were able to identify the main processes being responsible for the CO₂ change. Accordingly, Southern Ocean mixing, iron fertilization of its biogenic productivity by eolian dust as well as carbonate sedimentation in the deep ocean represent the prime factors for the global carbon budget.



Schwarzschiefer vom Nordpol entschlüsseln Klimageschichte: Der Arktische Ozean war vor 45 Millionen Jahren so warm wie die Ostsee heute

Ruediger Stein, Petra Weller, Bettina Boucsein und
Jens Matthiessen

Aufgrund der permanenten Meereisbedeckung ist der zentrale Arktische Ozean nur unter großen Schwierigkeiten von wenigen Forschungsschiffen wie beispielsweise der ‚Polarstern‘ zu erreichen. Informationen über die Klimaentwicklung der Nordpolarregion sind daher sehr lückenhaft und beschränken sich hauptsächlich auf den Zeitabschnitt der letzten etwa einer Million Jahre vor Heute (Ma). Mit der im Rahmen des internationalen Bohrprogramms IODP (Integrated Ocean Drilling Program) im Jahr 2004 durchgeführten Bohrkampagne auf dem Lomonosow-Rücken (ACEX - Arctic Ocean Coring Expedition) ist es erstmals gelungen, eine wissenschaftliche Bohrung im eisbedeckten zentralen Arktischen Ozean durchzuführen.

Bei der ACEX-Bohrung konnte ein etwa 430 Meter mächtiger Sedimentkern gewonnen werden, der Zeitabschnitte der letzten 80 Ma repräsentiert. Obwohl die zeitliche Abfolge wegen zweier großer Schichtlücken (56-79 Ma und 18.2-44.4 Ma) nicht vollständig ist, sind die wissenschaftlichen Ergebnisse von unschätzbarem Wert und haben neue wichtige und zum Teil unerwartete Erkenntnisse für die langzeitliche Klimaentwicklung des frühen Arktischen Ozeans und deren Korrelation mit der globalen Klimageschichte geliefert.

Der untere Kernabschnitt (etwa 200-405 Meter Kerntiefe; 56-44.4 Ma) besteht aus dunklen Sedi-

Black shales near the North Pole decipher climate history: The Arctic Ocean at 45 Ma* was as warm as the Baltic Sea

Ruediger Stein, Petra Weller, Bettina Boucsein, and
Jens Matthiessen

Although it is generally accepted that the Arctic Ocean is a very sensitive and important region for global climate change, this region is one of the few major physiographic provinces on Earth where the short- and long-term geological history is still poorly known. Our ignorance is due to the major technological/logistical problems in operating within the permanently ice-covered Arctic region. Prior to 2004, the geological sampling in the central Arctic Ocean was restricted to obtaining near-surface sediments, i.e., only the upper 15 m could be sampled by means of gravity and piston coring. Thus, most studies were mainly restricted to the Quaternary time interval, that means the last about one million years before present (Ma).

With the successful completion of the Arctic Coring Expedition (ACEX) under the framework of the Integrated Ocean Drilling Program (IODP) in 2004, a new era in Arctic research has begun. For the first time, a scientific drilling in the permanently ice-covered Arctic Ocean was carried out, penetrating about 430 meters of Quaternary, Neogene, Paleogene and Campanian sediment on the crest of Lomonosov Ridge close to the North Pole (Fig. 1). Despite two major hiatuses spanning the time intervals of 56-79 Ma and 18.2-44.4 Ma, the first results of stu-

**age in million years before present*

mentabfolgen („Schwarzschiefer“), die sich durch sehr hohe Gehalte an organischem Kohlenstoff auszeichnen. Die Zusammensetzung des organischen Materials, die mit Hilfe von organisch-geochemischen („Biomarker-Analysen“) und mikroskopischen Untersuchungen detailliert bestimmt wurde, deutet auf extrem sauerstoffarme („anoxische“) Paläoumweltbedingungen während dieser Zeit hin, die mit denen im heutigen Schwarzen Meer zu vergleichen sind. Mit Hilfe bestimmter Biomarker, die von Kalkalgen synthetisiert werden, war es weiterhin möglich, die Oberflächenwassertemperaturen im zentralen Arktischen Ozean zwischen circa 50 und 44.4 Ma erstmals zu bestimmen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Arktische Ozean während dieser Zeit erheblich wärmer war, als aufgrund von Klimamodellen angenommen wurde. Es wurden Temperaturen zwischen 10 und 25 °C erreicht. Erst vor etwa 46.3 Ma und zeitgleich mit den ersten Hinweisen auf Meereis fielen die Temperaturen unter 15 °C. Unter der Annahme, dass diese Temperaturen die Sommertemperaturen widerspiegeln, können damit Bedingungen angenommen werden, die denen der heutigen Ostsee entsprechen (Meereisbildung im Winter, circa 15-17 °C Wassertemperatur im Sommer).

Diese sehr hohen Oberflächenwassertemperaturen würden bedeuten, dass der Pol-Äquator-Temperaturgradient deutlich niedriger war als bisher angenommen, was einen entscheidenden Einfluss auf die atmosphärische und ozeanische Zirkulation gehabt haben und somit bei zukünftigen Klimamodellierungen berücksichtigt werden muss. Weitere Bohrungen sind notwendig und auch geplant, um die Klimaentwicklung der Arktis und deren Bedeutung im globalen Klimasystem während der letzten 100 Ma genauer zu entschlüsseln.

dies on this unique core material were outstanding and yielded new insights into the long-term climate history of the early Arctic Ocean and its correlation with the global climate evolution.

The lower half of the ACEX sequence (200-405 m depth; 56-44.4 Ma) consists of very dark gray biosiliceous ooze and mudstones (“black shales“), which are distinctly enriched in organic carbon (Fig. 1). The composition of the organic matter determined by biomarker analysis and microscopy indicates an oxygen-depleted, euxinic environment similar to that of the modern Black Sea. Using specific biomarkers synthesized by calcareous algae, sea-surface temperatures (SSTs) could be estimated for the time interval between 50 and 44.4 Ma for the first time. The calculated SSTs vary between 10 and 25 °C, reaching values, which are significantly higher than those estimated from climate models. Near 46.3 Ma and contemporaneously with the onset of sea ice, SSTs dropped down to values of <15 °C. Assuming that the calculated SSTs represent summer temperatures, this may suggest a situation similar to that observed in the modern Baltic Sea where summer SSTs of >15 °C and winter SSTs <1 °C with sea-ice formation are typical.

These high SST values would imply that during these times the pole-equator SST gradient influencing atmospheric and oceanic circulation, was much lower than proposed from climate modelling. This new finding has to be considered in future modelling approaches. Additional scientific drilling are urgently needed and also planned in order to decipher the long-term Arctic Ocean climate history and its global significance over the last 100 Ma in more detail.

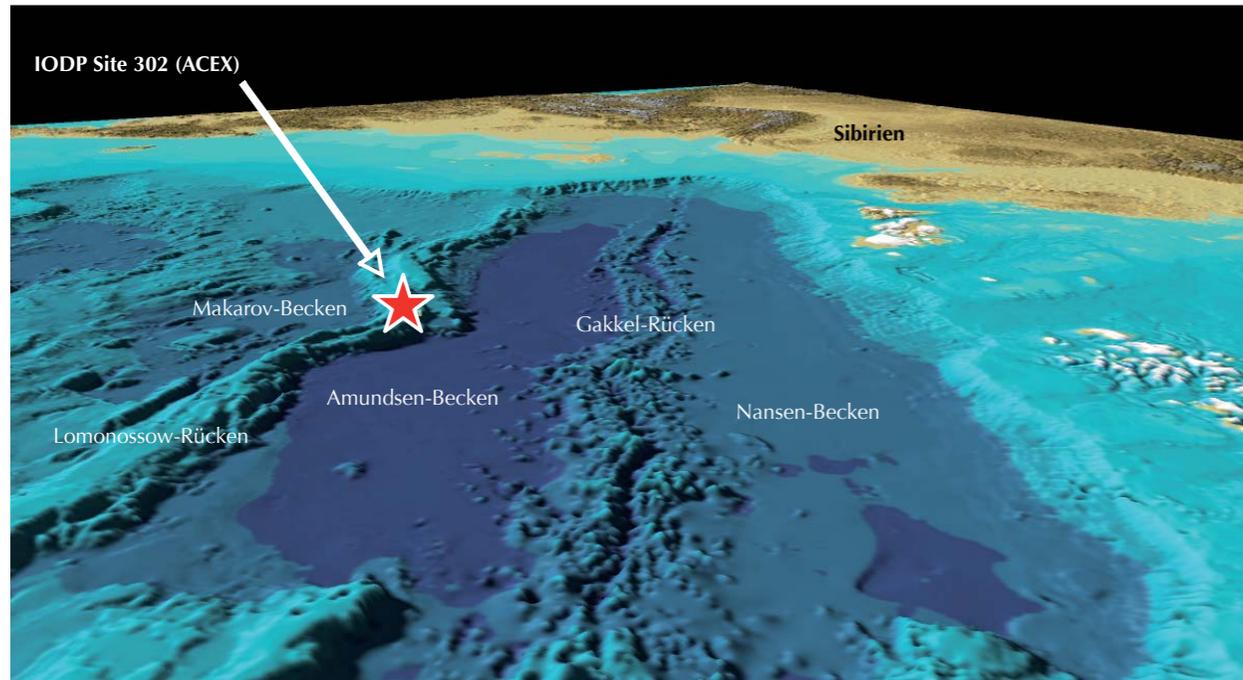
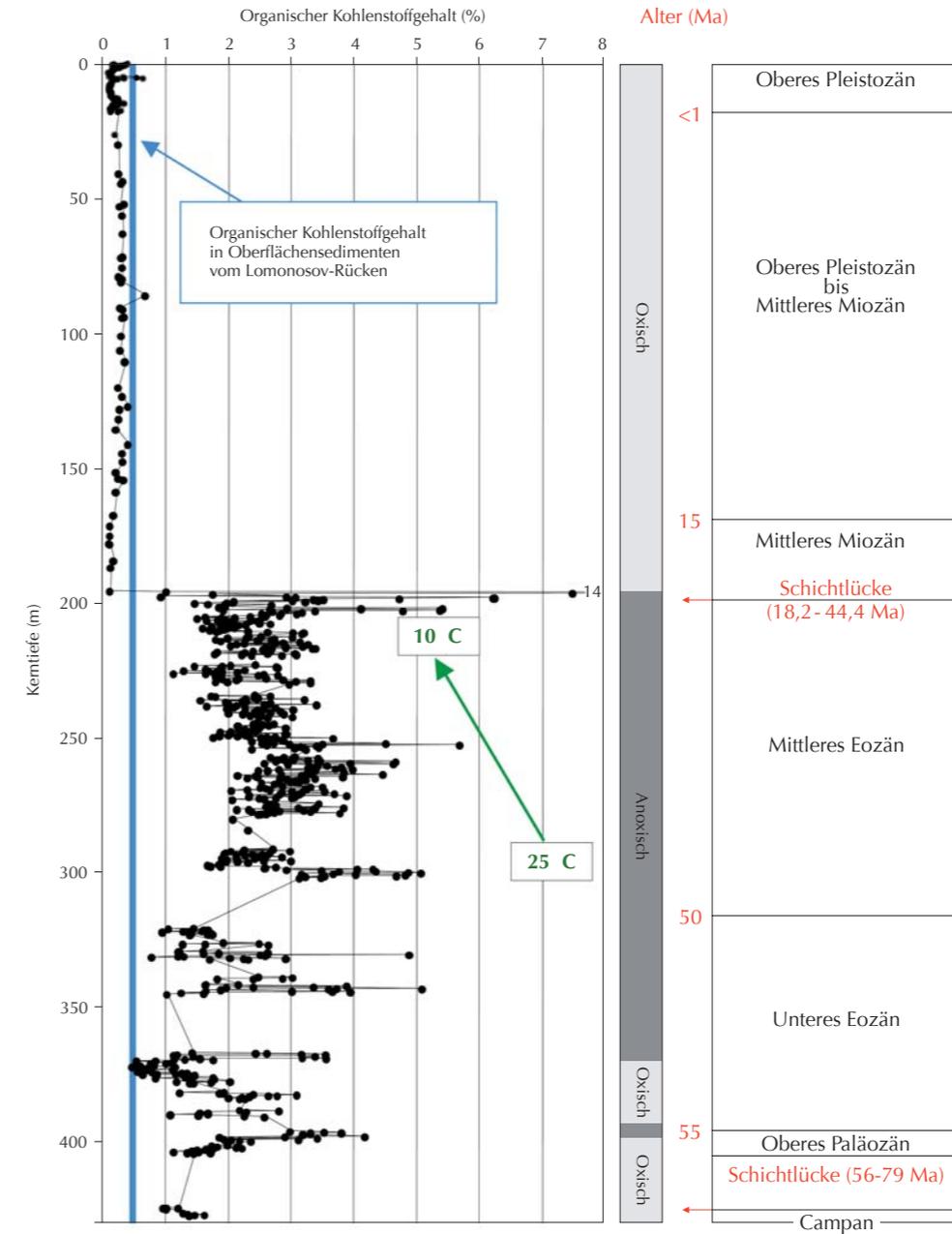


Abb. 8: Der organische Kohlenstoffgehalt in Sedimenten der ACEX-Bohrung, aufgetragen gegen die Kerntiefe. Der untere Kernabschnitt (tiefer als 198 Meter) zeichnet sich durch sehr hohe Kohlenstoffgehalte aus, die deutlich höher sind als die in quartären Sedimenten vom Lomonossow-Rücken bestimmten Werte, die 0,5 Prozent nicht überschreiten. Die angegebenen Temperaturen sind Oberflächenwassertemperaturen, die mittels spezifischer Biomarker bestimmt wurden. Die Unterscheidung zwischen oxischen und anoxischen Bedingungen in der Wassersäule basiert auf organisch-geochemischen Parametern. In rot Alter in Millionen Jahren vor Heute (Ma).

Fig. 8: Organic carbon content of the ACEX sedimentary sequence, plotted versus core depth. The lower part of the record (deeper than 198 m) is characterized by very high organic carbon values, significantly higher than those determined in Quaternary sediments from Lomonosov Ridge (<0.5%). Given temperature values are sea-surface temperatures determined from specific biomarkers (alkenones). The distinction between oxic and anoxic environment of the water column is based on organic-geochemical proxies. Numbers in red indicate age in million years before present (Ma).



Leben auf dem Mars? Methan-bildende Mikroorganismen aus sibirischen Permafrostböden als Studienobjekte

Dirk Wagner und Daria Morozova

Die Frage, ob das Leben auf der Erde einzigartig ist oder sich auch auf anderen Planeten entwickelt haben könnte, beschäftigt die Menschen seit jeher. In unserem Sonnensystem ähnelt der Mars unserem Planeten am meisten. Klimamodelle zeigen, dass auf dem frühen Mars vor etwa 3,8 Milliarden Jahren ähnliche Umweltbedingungen herrschten wie auf der frühen Erde. Dort hatte sich zu dieser Zeit bereits einfaches Leben in Form von Mikroorganismen entwickelt. Deshalb vermutet man, dass sich auch auf dem frühen Mars ebenfalls Leben entwickelt haben könnte. Im Gegensatz dazu sind die Umweltbedingungen auf dem heutigen Mars extrem. Sie sind geprägt durch große Temperaturschwankungen, extreme Trockenheit und intensive UV-Strahlung. Organismen, die sich dort möglicherweise unter moderaten Bedingungen entwickelt haben, müssen sich an die extremen Umweltbedingungen auf dem heutigen Mars angepasst haben oder sie sind wieder ausgestorben.

Seit die Raumsonde Mars Express der Europäischen Weltraumbehörde (ESA) Wasser und Spuren von Methan auf unserem Nachbarplaneten nachgewiesen hat, wird die Suche nach Lebensspuren auf dem Mars wieder intensiviert. Wasser ist eine wichtige Voraussetzung für Leben, während Methan auf der Erde von spezialisierten Mikroorganismen, den so genannten methanogenen Archaeen gebildet wird. Sie gehörten zu den ersten Organismen auf der Erde und

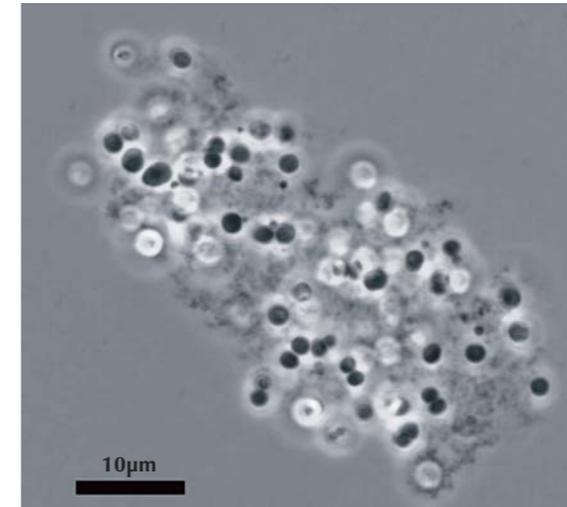
Life on Mars? Methane-forming microorganisms from Siberian permafrost soils as study objects

Dirk Wagner and Daria Morozova

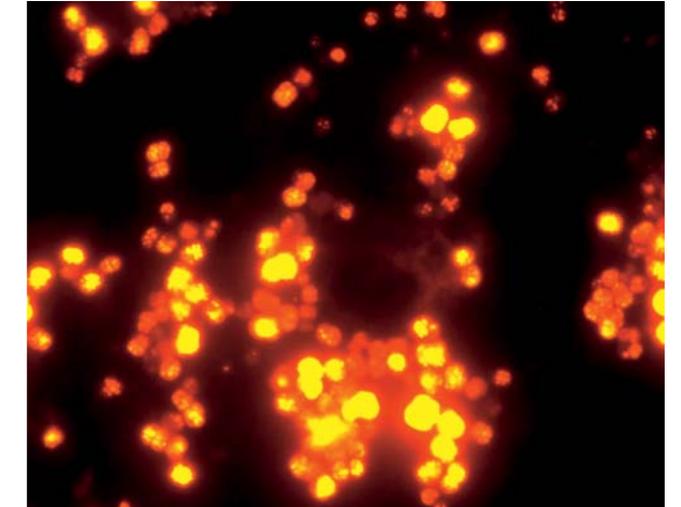
The question of whether life is unique to Earth or present on other planets has always engaged a very large audience. In our solar system, the most similar planet to Earth is Mars. Climate models have shown that about 3.8 billion years ago the environmental conditions on Mars were similar to that on early Earth. At this time, elementary life in the form of microorganisms had already started to develop on Earth. It is thus assumed that life could also have developed on early Mars. Presently, however, the environmental conditions on Mars are characterized by larger temperature fluctuations, extreme dryness and intensive UV radiation. Organisms must either have adapted to the extreme environmental conditions on present Mars or have become extinct.

Since the Mars Express spacecraft of the European Space Agency (ESA) tangibly demonstrated that water and traces of methane are present on our neighboring planet, the search for life on Mars has intensified. Water is indeed a prerequisite for life and methane on Earth is generated by specialized microorganisms - the so-called methanogenic archaea. Those were among the first organisms on Earth and are now living in permafrost, which is ubiquitous on Mars.

Methane-forming microorganisms were isolated from Siberian permafrost soils and their survivability



(9A)



(9B)

Abb. 9: Lichtmikroskopische Aufnahmen des Methan-bildenden Mikroorganismus *Methanosarcina SMA-21*, der aus Permafrostböden des sibirischen Lenadeltas stammt; (A) Phasenkontrastaufnahme einer Bakterienkolonie im Labor; (B) fluoreszenzmikroskopischer Nachweis der selben Mikroorganismen im Permafrostboden.

Fig. 9: Light microscope images of the methane-producing microorganism *Methanosarcina SMA-21*, which originates from Siberian permafrost soils of the Lena Delta; (A) phase contrast image of a bacterial colony under laboratory conditions, (B) fluorescence microscopical verification of the same microorganisms within permafrost soils.

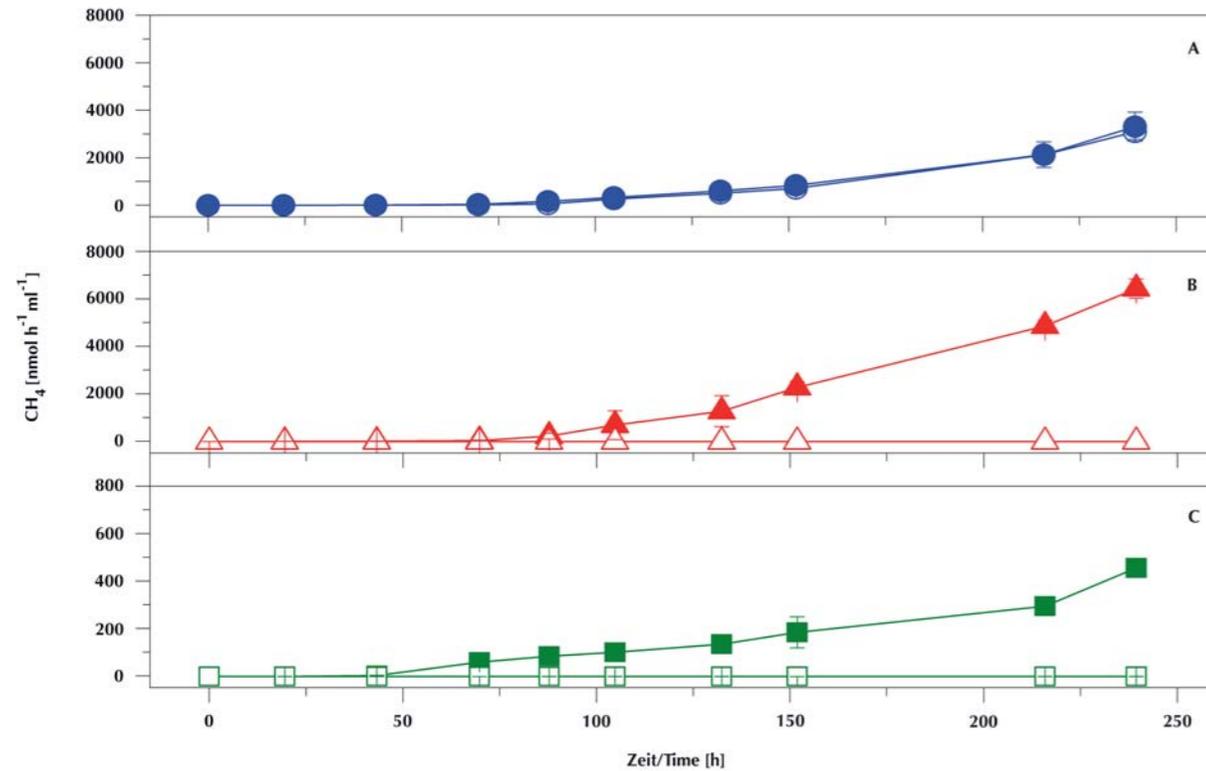


Abb. 10: Methanbildung verschiedener methanogener Archaeen vor (ausgefülltes Symbol) und nach (offenes Symbol) dreiwöchiger Exposition unter simulierten Marsbedingungen – (A) Permafrostorganismus *Methanosarcina SMA-21* (Kreise), (B) Vergleichsorganismus *Methanosarcina barkeri* (Dreiecke) und (C) Vergleichsorganismus *Methanogenium frigidum* (Quadrate).

Fig. 10: Methane production of different methanogenic archaea before (filled symbols) and after (open symbols) three-week exposure under simulated Martian conditions - (A) permafrost organism *Methanosarcina SMA-21* (circles), (B) reference organisms *Methanosarcina barkeri* (triangles) and (C) *Methanogenium frigidum* (squares).

leben heutzutage unter anderem in Dauerfrostböden, die es auch auf dem Mars gibt.

Methan-bildende Mikroorganismen wurden aus sibirischen Dauerfrostböden isoliert und hinsichtlich ihrer Überlebensfähigkeit unter extremen Umweltbedingungen untersucht. Als besonders widerstandsfähig hat sich der Organismus *Methanosarcina SMA-21* erwiesen (Abb. 9). Er kann extrem niedrige Temperaturen bis minus 79 °C und lange Gefrierperioden bis zu zwei Jahren nahezu unbeschadet überleben. Ebenso trotz er hohen Salzgehalten, langen Hungerperioden bis zu drei Monaten und kann Austrocknung bis zu 25 Tagen ertragen. Methan-bildende Vergleichsorganismen aus dauerfrostfreien Habitaten hingegen sind sehr sensitiv und sterben teilweise während der Stressexperimente ab.

In einer dreiwöchigen Simulation wurden die Mikroorganismen den heutigen Klimabedingungen auf dem Mars ausgesetzt. Die Temperatur schwankte im Tagesverlauf zwischen minus 75 °C und plus 20 °C und die verfügbare Menge an nutzbarem Wasser variierte zwischen extrem trocken und feucht. *Methanosarcina SMA-21* überlebte problemlos und zeigte vor und nach dem Experiment eine ähnlich hohe Methanbildung. Die Vergleichsorganismen waren nicht mehr in der Lage nach der Simulation Methan zu produzieren (Abb. 10). Methanogene Archaeen aus Permafrosthabitaten sind also sehr gut an diese extremen Umweltbedingungen angepasst und würden sogar unter Marsbedingungen überleben. Daher sind diese Organismen geeignete Studienobjekte für weitere Untersuchungen zu möglichem Leben auf dem Mars. Das Projekt „Planetenerwicklung und Leben“, das von der Helmholtz-Gemeinschaft gefördert wird, geht diesen Fragen nach.

was studied under extreme environmental conditions. The organism *Methanosarcina SMA-21* was proven to be particularly resistant (Figure 9). It can survive extremely low temperatures down to minus 79 °C and long freezing periods of up to 2 years with little harm. It is also resistant to high salt concentrations, long periods of starvation (up to three months) and can endure desiccation up to 25 days. Methane-forming reference organisms from non-permafrost habitats, however, are very sensitive and died during these stress experiments.

In a three-week simulation, the microorganisms were exposed to present climatic conditions on Mars. The daily temperature amplitude fluctuated between minus 75 °C and plus 20 °C, and the amount of available water varied between extremely dry and humid. *Methanosarcina SMA-21* survived without any difficulty and showed a similarly high methane production before and after the experiment. The reference organisms, on the other hand, were no longer able to produce methane after the simulation (Figure 10). Methanogenic archaea from Siberian permafrost environments are well adapted to these extreme environmental conditions, and could even survive under Martian conditions. Therefore, these organisms are suitable models for further investigations of possible life on Mars. The project “Planetary Evolution and Life” funded by the Helmholtz Association will keep tracking these questions over the next 5 years.

Seeelefanten helfen Südozeanmodellierern

Ralph Timmermann

Austauschprozesse zwischen Meereis, Ozean und Atmosphäre in hohen Breiten beeinflussen das globale Klima. Beim Gefrieren von Meerwasser wird nur ein kleiner Teil des gelösten Salzes im Eis eingeschlossen, der Rest verbleibt im Ozean und erhöht die Dichte des Wassers unter dem Eis. Meereisbildung auf den Kontinentalschelfen des Südpolarmeeres kontrolliert so die Bildung von Tiefen- und Bodenwasser und leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Antrieb der globalen thermohalinen Zirkulation. Trotz ihrer Bedeutung für das globale Klimasystem sind die Nettogefriereraten für den größten Teil des saisonal eisbedeckten Ozeans unbekannt. Modelle sollen helfen, diese Lücke in unserem Wissen zu schließen.

Das Finite Elemente Meereis-Ozeanmodell FESOM, das als Teil des Community Ocean Model-Projektes (COM) entwickelt wurde, ist zu einem vollwertigen Forschungswerkzeug herangewachsen. Es enthält ein neu implementiertes, dynamisch-thermodynamisches Meereismodell und wird in regionalen und globalen Konfigurationen betrieben. In Simulationen über mehrere Dekaden werden die Meereisdecke (Abb. 11) und Ozeanzirkulation realistisch beschrieben.

Im Rahmen einer internationalen Kooperation konnten Temperatur- und Salzgehaltsprofile genutzt werden, die von Seeelefanten mit miniaturisierten Instrumenten während des Winters 2004 gewonnen wurden. Meereis-Bildungsraten wurden aus dem Anstieg des Salzgehalts in der oberflächennahen Wassersäule abgeschätzt

Elephant Seals help validate Finite Element Ice-Ocean Model

Ralph Timmermann

Processes in high latitudes influence global climate due to the interaction between sea ice, ocean, and atmosphere. When sea water freezes, most of the salt remains in the ocean and increases the density of the water underneath the ice. Sea ice formation on the continental shelves of the Southern Ocean thus controls the formation of deep and bottom waters that drive the global thermohaline circulation. Despite their importance to the global climate system, net freezing rates have not been quantified for most of the seasonally ice-covered region – a tribute to the low accessibility of the drifting ice pack during winter. Models can help to overcome this gap in our knowledge.

The Finite Element Sea Ice-Ocean Model (FESOM), developed as part of the Community Ocean Model (COM) project, has evolved into a state-of-the-art research tool. It contains a newly implemented dynamic-thermodynamic sea-ice model and has been configured in global and regional domains. Simulations over several decades yield realistic ice coverage (Fig. 11) and hydrography.

Through an international cooperation, temperature and salinity profiles from Elephant Seals that had been equipped with data loggers during winter 2004 became available. Sea ice formation rates were estimated from the salinity increase in the near-surface water column and compared to FESOM simulations. Peak freezing rates were found to occur in late April and early May and reach up to 4 cm/d

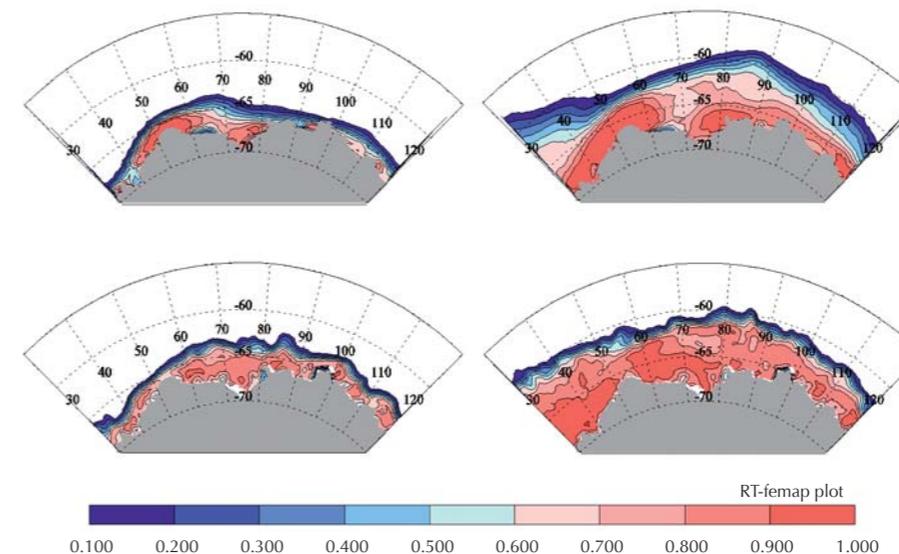


Abb. 11: Monatsmittel der Eiskonzentration in der Ostantarktis in einer FESOM-Simulation (oben) und aus Satellitendaten (unten) für Mai und Juli 2004.

Fig. 11: Monthly mean ice concentrations in the East Antarctic from the FESOM simulation (top) and from satellite data (bottom) for May and July 2004.

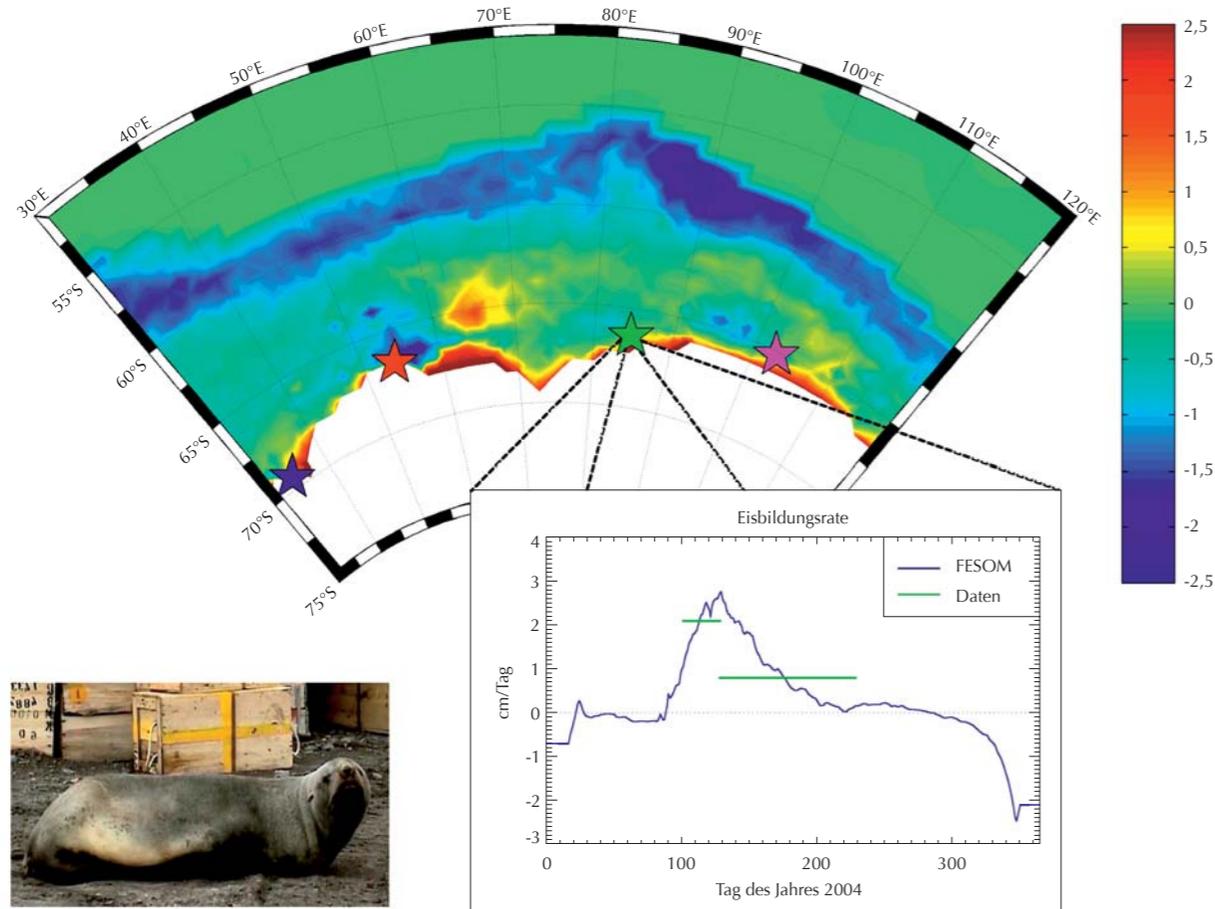


Abb. 12: FESOM Nettogefrierdaten in der Ostantarktis. Die Karte zeigt simulierte Jahresmittel; die Zeitreihe den simulierten Jahresgang an einer Position bei 84° Ost (in blau) und die Abschätzungen aus Robbendaten für diese Position. Die farbigen Sterne zeigen Positionen an, für die Robbendaten zur Validierung verfügbar waren.

Fig. 12: FESOM net growth rates for 2004: Map of annual means and time series from simulation and repeated seal profiles at 84°E. Colored stars indicate the positions for which seal data were available for validation.

und mit FESOM-Simulationen verglichen. Die höchsten Gefrierdaten, bis zu vier Zentimeter pro Tag, werden Ende April / Anfang Mai erreicht. Mit kompakter werdender Eisdicke nehmen die Gefrierdaten ab; typische Werte im Juni / Juli liegen bei ein Zentimeter pro Tag. Der Gefrierprozess stoppt Ende August, wenn die Eisdicke ihre größte Ausdehnung erreicht. Die Übereinstimmung zwischen modellierten und beobachteten Nettogefrierdaten ist bemerkenswert gut (Abb. 12). Da die Seeelefanten nur Daten für das Winterhalbjahr geliefert haben, wird das Modell benutzt, um flächendeckende Abschätzungen für den gesamten Jahresgang zu erhalten. Die höchsten Nettogefrierdaten mit mehr als zwei Meter Neueis pro Jahr liegen direkt entlang der Küstenlinie. Ein weiteres Band, mit Gefrierdaten zwischen 0,5 und 1,5 Metern pro Jahr, liegt weiter nördlich im offenen Ozean. Wind und Meeresströmungen sorgen für den Transport des Meereises aus seinen Quellregionen. Nach einem mehr oder weniger langen Weg durch das Südpolarmeer schmilzt es in einem Streifen entlang der antarktischen Polarfront (Abb. 12). Meereis schmilzt aber auch lokal an Orten, wo die Küstenlinie die Eisdrift blockiert. Andererseits liegen hinter solchen Hindernissen die Gebiete mit der höchsten Eisproduktion. Die Nettogefrierdaten in solchen „Eisfabriken“ liegen in ähnlicher Höhe wie die an offenen Wasserflächen vor den Schelfeiskanten des Weddellmeeres. Auch die Ostantarktis kann also zur Bildung von Tiefen- und Bodenwasser in der Antarktis beitragen.

with a maximum directly at the coast. While the ice cover becomes more compact, sea ice formation declines to about 1 cm/d in June/July, and virtually stops by the end of August, when the maximum ice extent is reached. Modeled and observed freezing rates agree remarkably well.

Since the seal data provide estimates only for the winter season, the model has been used to quantify sea-ice growth rates for a complete annual cycle. Maximum annual mean net growth rates exceed 2 m/yr and are found directly at the coast. Another band with freezing rates of 0.5 to 1.5 m/yr is found further offshore. Close to the Polar Front, we find a distinguished belt of sea ice melting with typical rates of 1.5 to 2.5 m/yr (Fig. 12). Melting also occurs locally where the ice drift that follows the Antarctic Coastal Current to the west is blocked by the coastline. Downstream from such obstacles, on the other hand, freezing rates are particularly high. Of the four seal positions, the maximum annual mean net growth rate, 2.5 m/yr, is found at 34°E. This is comparable to the open water areas along the Weddell Sea ice shelves and enables the East Antarctic to contribute to the formation of Antarctic deep and bottom waters.

Neuigkeiten in der Krillforschung: Licht kontrolliert Lebensfunktionen des Krills

Mathias Teschke, Bettina Meyer, Carsten Pape,
Susanne Spahic

Mit geschätzten 100 bis 500 Millionen Tonnen Biomasse spielt der antarktische Krill (*Euphausia superba*) (Abb. 13) eine zentrale Rolle im Nahrungsnetz des Südozeans, zum einen als Konsument des pflanzlichen Planktons, zum anderen als Beute von Fischen, Pinguinen, Robben und Walen. Im Verlauf der letzten 30 Jahre ist im Südwest-Atlantik jedoch eine bis zu vierfache Abnahme des Krillbestandes festgestellt worden, die mit dem Anstieg der Wassertemperatur und der Abnahme des Meereises einherging.

Vor diesem Hintergrund liegt das Hauptinteresse der Arbeitsgruppe „Antarktischer Krill“ im Alfred-Wegener-Institut darin, die Populationsschwankungen von *Euphausia superba* zu verstehen, Faktoren zu untersuchen, die den Überlebenserfolg der Nachwuchsgeneration bestimmen und die Auswirkungen von Umweltveränderungen im Zuge globaler Erwärmung zu analysieren. Denn aufgrund seiner Schlüsselstellung im marinen antarktischen Nahrungsnetz haben Bestandschwankungen des Krills einen erheblichen Einfluss auf das gesamte Ökosystem im Südozean.

News in Krill research: Light controls life functions of krill

Mathias Teschke, Bettina Meyer, Carsten Pape,
Susanne Spahic

The Antarctic krill (*Euphausia superba*, Fig. 13) plays a central role in the food web of the Southern Ocean, where it comprises an approximate biomass of 100 to 500 million tonnes. Krill is a major consumer of phytoplankton and prey for a wide range of fish, penguins, seals and whales. A fourfold decline in average abundance of krill was determined in the South West Atlantic sector, over a period of the last 30 years, which is accompanied by an increase in water temperature and decrease in sea ice cover.

Therefore, the main focus of the working group “Antarctic krill” at the Alfred Wegener Institute is to broaden our overall understanding of the population dynamics and recruitment success of krill in the Southern Ocean and its sensitivity to environmental variations caused by global warming. Due to its key role in the marine Antarctic ecosystem, variability in krill abundance, caused by different scenarios of climate change, will have a strong influence on the entire marine ecosystem in the Southern Ocean.

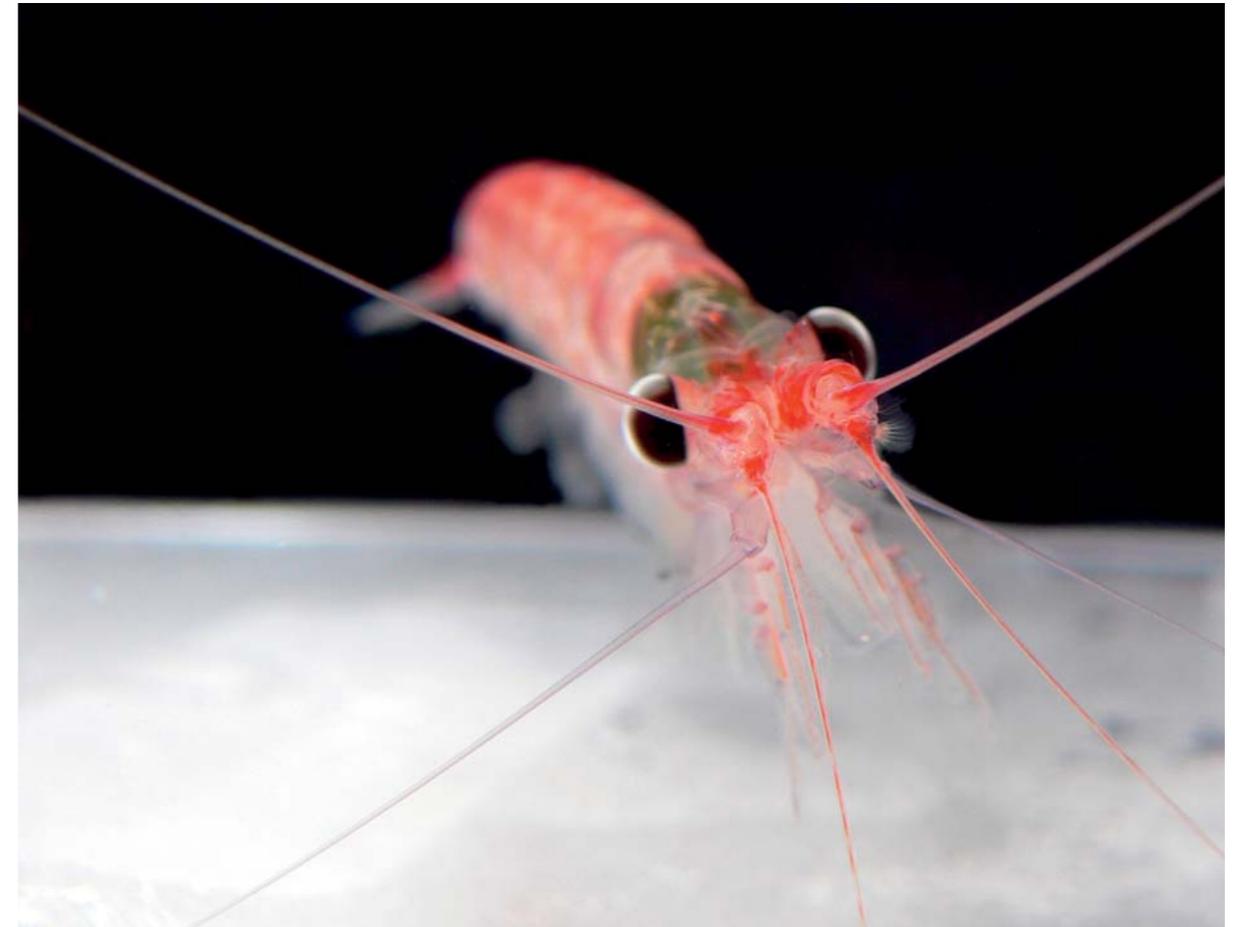


Abb. 13. Antarktischer Krill, *Euphausia superba*
Fig. 13. Antarctic krill, *Euphausia superba*
(Photo: C. Pape)

Bei der Erschließung des saisonal variablen Lebensraumes „Südozean“ hat Krill im Verlauf der Evolution einen komplexen Lebenszyklus entwickelt (Abb. 14). Die physiologischen Anpassungen an seine Umwelt und die sie formenden Kräfte sind daher wichtige Schlüssel zum Verständnis der Krillbiologie. Die Mechanismen, die die jahreszeitliche Entwicklung der Tierart mit dem saisonalen Verlauf der Umweltfaktoren synchronisieren, sind bisher jedoch wenig verstanden.

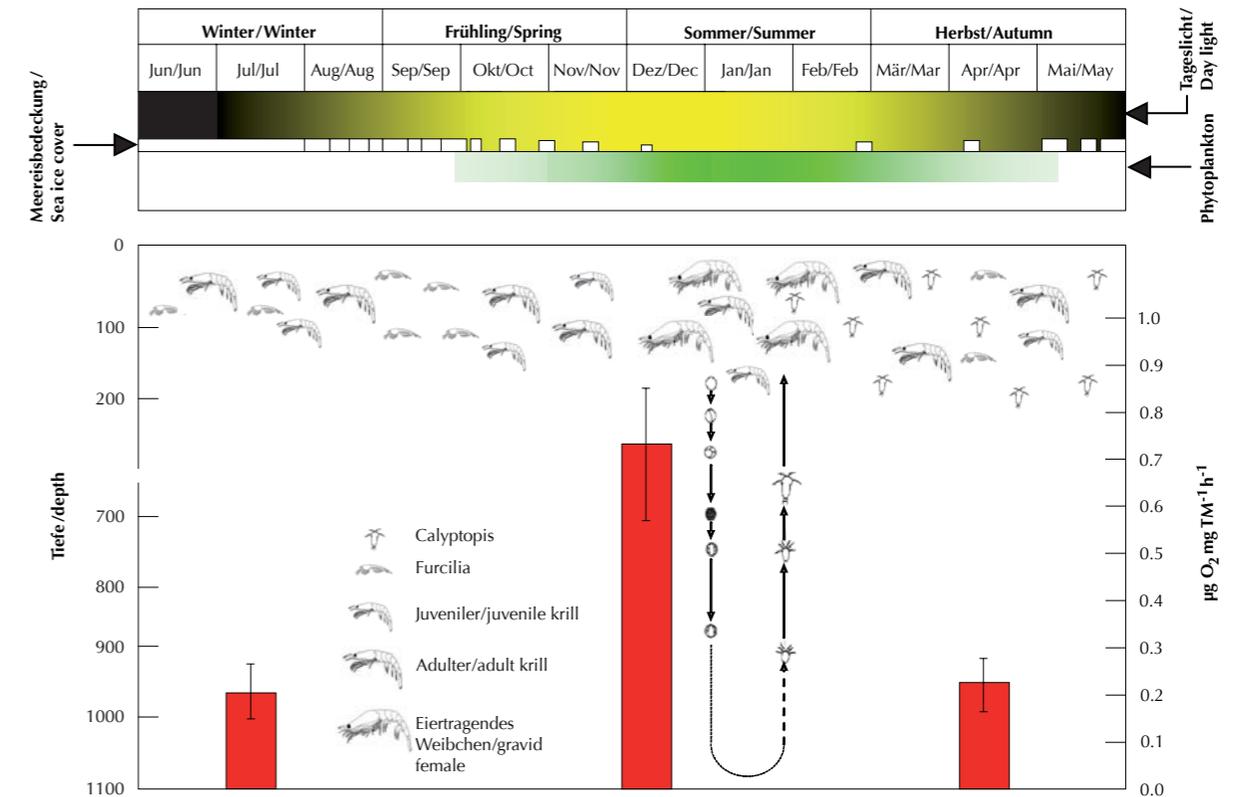
Auf der Grundlage von Laborexperimenten konnte erstmals der Einfluss verschiedener simulierter Lichtregime des Südozeans auf die Fraß- und Stoffwechselaktivität und auf die Geschlechtsreifeentwicklung

Abb. 14. Saisonale Zyklen der Stoffwechselaktivität und der Reproduktion des antarktischen Krills im saisonalen Verlauf des Futters (grün), der Eisbedeckung (weiß) und des Lichts (gelb). Abstufungen der grünen Farbe symbolisieren unterschiedliche Phytoplanktonkonzentrationen in der Wassersäule und der gelben Farbe unterschiedliche Lichtverhältnisse im Jahresverlauf. Die Balken zeigen die Sauerstoffaufnahme (O_2) pro mg Trockenmasse (TM) und Stunde (h) von Krill aus verschiedenen Jahreszeiten in der Lazarewsee.

Krill has evolved a successful and complex life cycle adapted to exploit the highly seasonal environment of the Southern Ocean (Fig. 14). The physiological adaptations of krill to its environment and the driving forces that determine these are an important key to understanding krill biology. However, up to now the mechanisms causing synchronization between the seasonal development of krill and the seasonal cycles of environmental features are poorly known.

The strong influence of the seasonal Antarctic light regime on feeding and metabolism of krill as well as on its maturation process was demonstrated for the first time on the basis of laboratory experi-

Fig. 14. Seasonal cycle of metabolic activity and reproduction of Antarctic krill during the seasonal dynamics of food availability (green), sea ice cover (white) and light (yellow). Graduations in colours symbolise differences in phytoplankton concentration in the water column (green) and different light conditions (yellow) during the year. The vertical bars show the oxygen uptake rates (O_2) of krill per mg dry mass (TM) and hour (h) during different seasons in the Lazarev Sea.



von *Euphausia superba* gezeigt werden. So stiegen die Filtrationsraten der Tiere unter den Lichtbedingungen des antarktischen Sommers deutlich stärker an als unter Frühjahrs- und Herbstbedingungen; bei andauernder Dunkelheit wie im antarktischen Winter blieben sie konstant niedrig (Abb. 15). Diese Ergebnisse verdeutlichen die besondere Rolle der jahreszeitlichen Lichtverhältnisse im Südozean als einem Umweltfaktor, der die Physiologie von Krill entscheidend beeinflusst. Sie lassen den Schluss zu, dass Krill Kontrollmechanismen entwickelt haben muss, die es ihm ermöglichen, die saisonale Variation der Lichtbedingungen zu antizipieren und somit den zeitlichen Verlauf der Saison zu bestimmen. Diese Fähigkeit wiederum versetzt ihn in die Lage, seine Physiologie an die ausgeprägten saisonalen Unterschiede in den Umweltbedingungen anzupassen.

Im Rahmen zukünftiger Untersuchungen werden nun der Einfluss der Photoperiode auf die saisonale Entwicklung des Krills sowie die molekularen Mechanismen von Tages- und/oder Jahresrhythmen im Mittelpunkt stehen. Diese Untersuchungen werden auch grundlegende Erkenntnisse für das Verständnis saisonaler Entwicklungszyklen anderer Organismen des Südozeans liefern.

ments. The rise in filtration rates was clearly higher under simulated light conditions of the Antarctic summer compared to those of autumn or spring; in permanent darkness filtration rates remained constantly low (Fig. 15). These results emphasize the role of the Southern Oceans light regime as an essential cue governing the seasonal cycle of krill physiology, and provide evidence that krill has evolved control mechanisms to perceive seasonal variations in light conditions and thereby to anticipate the succession of seasons. This enables krill to regulate its physiology in response to changing environmental conditions.

Further investigation will focus on the effect of photoperiod on the seasonal development of Antarctic krill and the molecular mechanisms for generation of circadian and/or circannual rhythms in krill. These investigations will have an important impact on the understanding of seasonal development cycles of other organisms in the Southern Ocean.

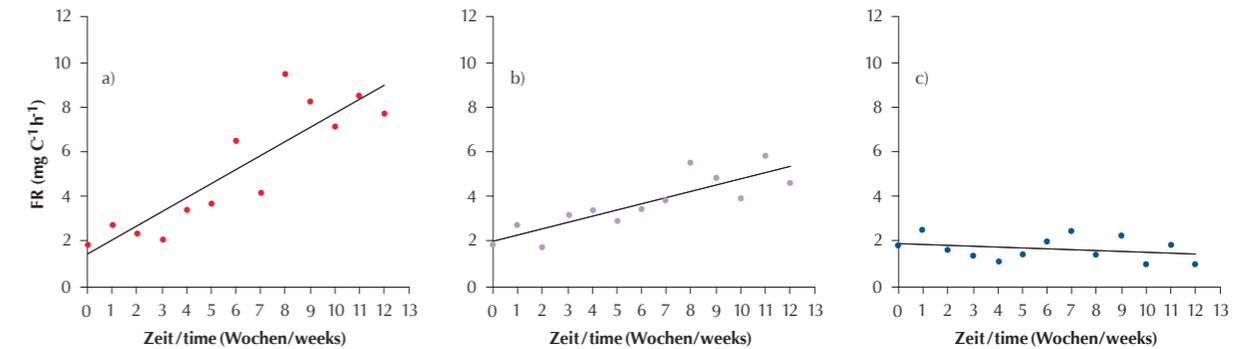


Abb. 15. Filtrationsrate (FR) pro mg Körperkohlenstoff (C) und Stunde (h) von antarktischem Krill unter verschiedenen Lichtbedingungen über eine Dauer von 12 Wochen: a) Dauerlicht (Sommer), b) 12 Stunden Licht und 12 Stunden Dunkelheit (Herbst/Frühling) und c) Dauerdunkel (Winter). Alle experimentellen Gruppen erhielten die gleiche Futtermenge. Die Datenpunkte repräsentieren das Mittel aus drei parallelen Messungen.

Fig. 15. Filtration rate of Antarctic krill during different light conditions over a period of 12 weeks: a) Continuous light (summer), b) 12 hour light and 12 h darkness (autumn/spring) and c) Continuous darkness (winter). All experimental groups received the same amount of food. The data points represent mean values of three parallel measurements.

Wie wird man 400 Jahre alt? Altersvorsorge der Islandmuschel

Doris Abele, Eva Philipp, Julia Strahl, Thomas Brey

Die Islandmuschel *Arctica islandica* gehört zu den langlebigsten Tieren, die wir kennen. Mehr als einhundert Jahre alte Individuen findet man regelmäßig, auch in der Nordsee. Den Rekord hält eine Muschel von Island mit über 400 Jahren. Diese außerordentliche Langlebigkeit macht *A. islandica* zu einem Modellorganismus, an dem wir die ökophysiologischen Mechanismen des (Nicht-)Alterns untersuchen. Das ist umso wichtiger, als die Muschelschale ein ausgezeichnetes Bioarchiv darstellt, sie enthält Informationen über die Umweltbedingungen während der langen Lebenszeit von *A. islandica* (Abb. 16).

Was also ist das Geheimnis von *A. islandica*, wie stellt sie es an, so ungewöhnlich alt zu werden? Altern ist eine Folge des Stoffwechsels selbst: Ein Abfallprodukt der Zellatmung sind Sauerstoffradikale, Moleküle mit freien, sehr reaktionsfreudigen Elektronen, die Zellbestandteile schädigen und so den zellulären Alterungsprozess beschleunigen. Prinzipiell hat ein Organismus zwei Möglichkeiten, die Schädigung seiner Zellen zu verringern: er kann die Entstehung und Ausbreitung der Sauerstoffradikale vermindern, oder er kann ihre Schadenswirkung minimieren.

Die Stoffwechselrate wechselwarmer Tiere hängt von der Umgebungstemperatur ab, je kälter umso niedriger, und umso "langsamer" lebt das Tier. Das gilt auch für *A. islandica*, und entsprechend finden wir die sehr alten Individuen nur in den kalten Gewässern um Island und nicht in der wärmeren Nordsee. Aber die Islandmuschel kann mehr: Sie kann ihren Stoffwechsel willkürlich extrem reduzieren. Die Muschel

Living 400 years – what is the secret of the ocean quahog (*Arctica islandica*)?

Doris Abele, Eva Philipp, Julia Strahl, Thomas Brey

*The Icelandic ocean quahog *Arctica islandica* is among the longest lived of all known animals species. Bivalves aged over 100 years a regularly found also in the North Sea. The age record is currently held by a 400 year old individual from Iceland. Given its extraordinary longevity, *A. islandica* represents an interesting model to study cellular mechanisms of "non-ageing". This is of even greater importance because the shells represent valuable bioarchives of the environmental conditions the animal experience over their long life (Fig. 1).*

So, what is the secret of this bivalve? How does it manage to reach such venerable age? Ageing is partly the direct consequence of cellular respiration, which continuously produces a low quantity of reactive oxygen species (ROS), molecules with highly reactive unpaired electrons. These attack the cells' complex molecular structures, leaving damage and driving cellular ageing. Organisms mitigate the resulting damage in two different ways: by reducing ROS propagation and by repairing the damage done.

*Marine invertebrate metabolic rates are tuned by temperature and are generally lower in cold environments. This indeed holds true for *A. islandica* such that the oldest animals are found in the cold waters around Island. But the ocean quahog can do even better in voluntarily suppressing its metabolic rates. To do so, the bivalve burrows into the sedi-*

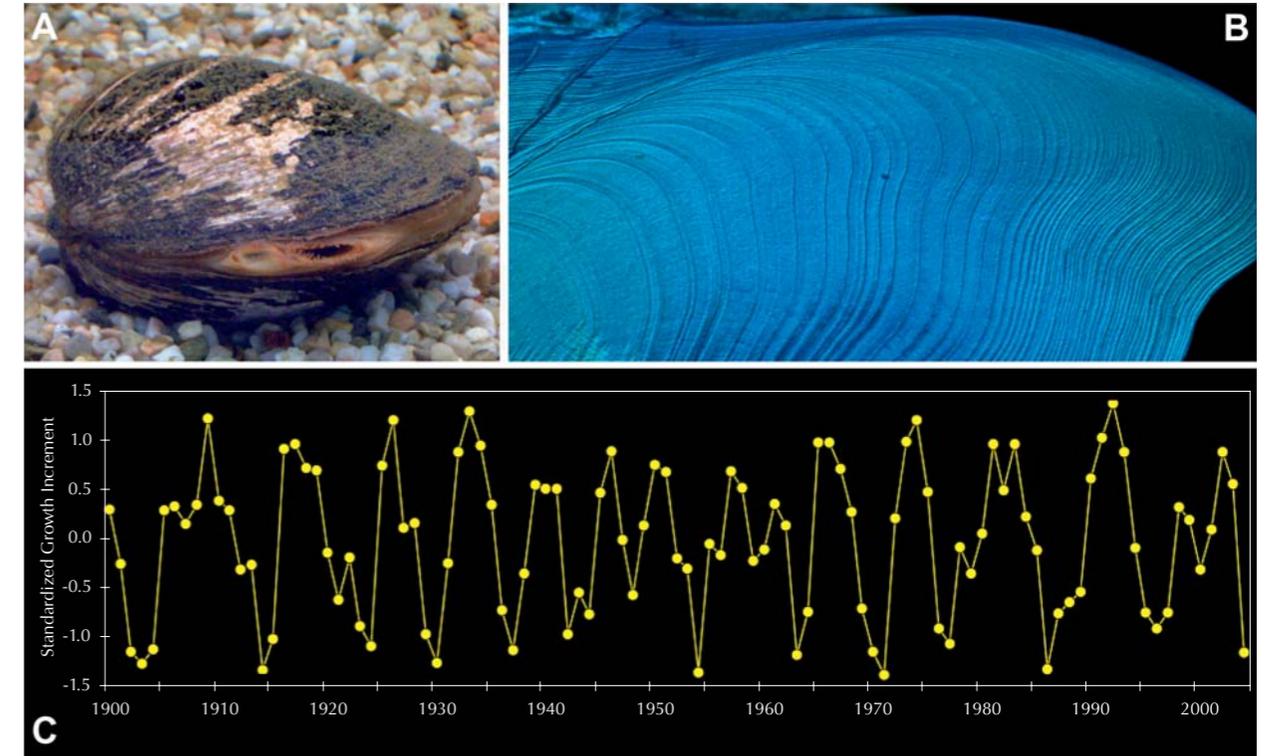


Abb. 16: (A) Die Islandmuschel *Arctica islandica*. (B) Elektronenmikroskopische Aufnahme der Wachstumsringe. (C) Jährlicher Größenzuwachs in einem über 100 Jahre alten Tier von 1900 bis 2005.

Fig. 16: (A) The ocean quahog *Arctica islandica*. (B) Picture of the growth rings in electron microscope. (C) Yearly growth on an animal older than 100 years from 1900 to 2005.

gräbt sich spontan ins Sediment ein, erniedrigt dabei den Sauerstoffgehalt in ihrem Atemwasser, und senkt Herz- und Stoffwechselrate auf weniger als 10 Prozent des Normalwerts. Dieses bisher unerklärliche Verhalten reduziert die Menge der pro Zeit entstehenden freien Radikale und verringert den Sauerstoffstress. Bei Erwärmung von 10 auf 15 °C ändert sich das Verhalten der Tiere, sie graben sich nicht länger ein. Was das für die zelluläre Alterung bedeutet wird gerade untersucht.

Neben einer geringen Bildungsrate freier Radikale besitzt *A. islandica* ein sehr effektives System molekularer Antioxidantien. Das sind sowohl biokatalytische Enzyme als auch chemische Substanzen wie das Tripeptid Glutathion, welche Sauerstoffradikale unschädlich machen. Die Islandmuschel besitzt etwa vier bis zehn Mal mehr entgiftende Enzyme und zwei bis zehn Mal mehr Glutathion als andere Muscheln. Selbst in den Geweben sehr alter Tiere finden wir nur halb so viele oxidativ geschädigte Proteine wie in anderen Mollusken mit geringerer Lebenserwartung. Anders als Muscheln, Frösche oder Mäuse mit kurzer Lebenserwartung, hält die Islandmuschel die Intensität des antioxidativen Schutzes nach einer frühen Wachstumsphase die mit dem Einsetzen der Geschlechtsreife nach etwa 33 Jahren beendet ist, über die Lebenszeit der erwachsenen Tiere konstant (Abb. 17).

Noch ist weder klar, wie diese Mechanismen im Einzelnen gesteuert werden, noch ob sie das ganze Geheimnis der Islandmuschel darstellen. Die langlebige *A. islandica* wird uns dabei helfen, den Einfluss von Umweltfaktoren, speziell von Sauerstoff und Temperatur, auf die zelluläre Alterung besser zu verstehen. So kommen wir dem Verständnis der Stoffwechselregulation bei kalt-angepassten Tieren näher und lernen vielleicht auch etwas über die Alterung unserer eigenen Zellen.

ment exposing itself to hypoxia and thereby reducing metabolic rate and heart beat frequency to as low as ten percent of the normal surface rates. This currently unexplained behaviour reduces ROS formation and therewith oxidative stress. We find that experimental warming from 10 to 15 °C stops the animals from burrowing. Currently research is directed to what this means for cellular ageing.

Moreover, A. islandica possesses a remarkable antioxidant system of biocatalytic enzymes as well as chemical antioxidants like glutathione, to minimize oxidative stress. The quahog contains four to ten times more antioxidant enzymes and twice to ten times as much glutathione when compared to other bivalves. In our study the oldest animals had suffered half as much protein damage as bivalves with much shorter life expectancy. In contrast to shorter lived bivalves, mice or frog, the Icelandic ocean quahog conserves the high antioxidant protection over at least 200 years lifespan (Fig. 17).

It is presently still unclear what mechanisms control the reduction of metabolic rate and whether or not this is the only secret of the ocean quahog. This long lived Icelandic mud clam will help us to unravel the effects of environmental factors like oxygen and temperature on cellular ageing. It will tell us more about the mechanisms of metabolic down regulation in cold adapted animals and, perhaps, also help us to better understand how our own cells react to variable oxygen levels.

Abb. 17: Alterungsmodell der Islandmuschel *Arctica islandica*: dargestellt ist nur die Zeit zwischen 4 und 120 Jahren (gesamter Untersuchungszeitraum 4 -192 Jahre). Schwarze Linie – Wachstumsrate des Tieres (Weichkörper). Graue Linie – Schalengröße mit zunehmendem Alter. Rote Linie - Aktivität der Antioxidantien in Körpergeweben der Muschel.

Der grau unterlegte Bereich kennzeichnet die frühe Phase mit hoher Wachstumsrate des Weichkörpers bis zur Geschlechtsreife (33 Jahre). Während dieser Zeit nehmen Aktivität (Enzyme) und Konzentration (Glutathion) der Antioxidantien sehr schnell ab. Danach bleiben die Werte bis an das von uns untersuchte Alterslimit von fast 200 Jahren auf einem konstanten Niveau, welches bis zu zehnfach höher liegt als in Muscheln mit kürzerer Lebenserwartung.

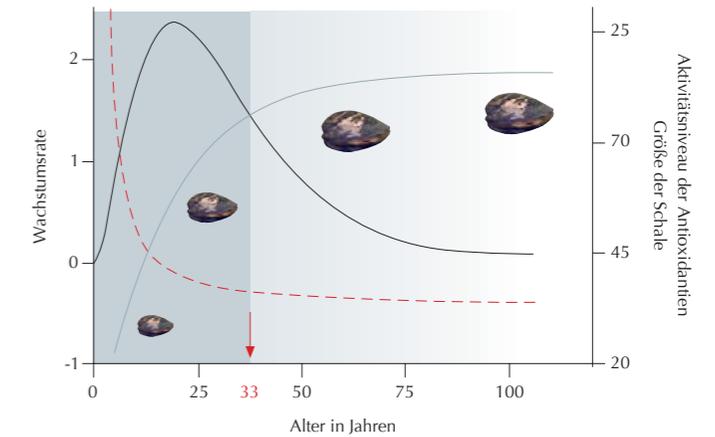


Fig. 17: Life history model for the ocean quahog, *Arctica islandica* from Iceland: modelled period from 4 to 120 years whereas the complete investigation covered a range from 4 to 192 years.

Black line – animal body growth rate (Weichkörper) over age. Grey line – shell size over age. Red line – activity of metabolic enzymes and antioxidants in bivalve gill and mantle tissue

The grey area marks the early phase with high growth rate of the soft body until the time of complete sexual maturity (33 years) is reached. Within this period the activity of antioxidant and metabolic enzymes and the concentration of glutathione fall rapidly. In mature animals (> 33y) all parameters remain on constant levels up to the end of the investigated age range of nearly 200 years. All parameters were higher in mature *Arctica islandica* than in bivalves with shorter lifespans.

Langzeitforschung auf Helgoland und Sylt: Ein Finger am Puls der Nordsee

Justus E.E. van Beusekom, Maarten Boersma, Karsten Reise and Karen H. Wiltshire

Das Weltklima ändert sich rasant. Stürme, höhere Temperaturen und der Meeresspiegelanstieg werden die Ökosysteme und die Infrastruktur an den Küsten verändern. Der globale Handel und Aquakulturen werden die Situation durch unbeabsichtigte Einschleppung fremder Arten noch verschärfen. Basierend auf der langen Forschungsgeschichte der Biologischen Anstalt Helgoland und der Wattenmeerstation Sylt können Änderungen im Küstenökosystem dokumentiert und in Bezug zu veränderten Umweltbedingungen gesetzt werden. In Anbetracht der großen Dynamik von Küstensystemen sind Vorhersagen schwer, aber begründete Zukunftsszenarien durchaus möglich.

Seit 1962 werden auf der Reede der Insel Helgoland werktäglich Wasserproben genommen, eine der längsten marinen Untersuchungsreihen weltweit. Die Daten dokumentieren die Erwärmung der Nordsee von etwa 1,5 °C während der letzten 45 Jahre. Sommertemperaturen übersteigen häufiger 20 °C und liegen damit deutlich über den seit 1873 gemessenen Werten. Im Sylter Wattenmeer gibt es einen ähnlichen Temperaturanstieg. Dort profitieren vor allem eingewanderte Arten – viele davon schon seit langem in der Nordsee beheimatet – vom wärmeren Wasser. Insbesondere die Zahl der filtrierenden Organismen, wie zum Beispiel die Japanische Auster oder die Amerikanische Pantoffelschnecke, nimmt deutlich zu. Die wärmeren Wintertemperaturen begünstigen die Aktivität dieser und weiterer tierischer Kleinstorganismen,

Long-Term Ecological Research at Helgoland and Sylt: Keeping a Finger at the Pulse of the North Sea

Justus E.E. van Beusekom, Maarten Boersma, Karsten Reise and Karen H. Wiltshire

Our global climate is changing at an unprecedented rate. Storms, higher temperatures and sea level rise will probably have a large impact on coastal infrastructure and coastal ecosystems. Global transportation and mariculture aggravate this situation by unintentional introduction of species that are new to the area. Given the dynamic nature of coastal ecosystems, the prediction with regard to their future state is difficult. The long research tradition of the Biologische Anstalt Helgoland (founded in 1892) and the Wadden Sea Station on Sylt (1924) provides a unique view on the coastal change in the German Bight and adjacent Wadden Sea.

Water temperature data of the Helgoland Roads time series –one of the longest marine time series world-wide- document a warming trend of about 1.5 °C during the past 45 years. Summer temperatures often exceeding 20 °C during the past decade are above average for the records since 1873. During the past two decades a similar warming trend was observed around Sylt where particularly invaders have profited from a warmer Wadden Sea even though many of them have been present for several more decades. The invaded species strengthen the filter feeding guild and higher temperatures during winter and spring keep the activity of these organisms (like the Pacific Oyster) and zooplankton at a high level thereby suppressing spring phytoplankton blooms.

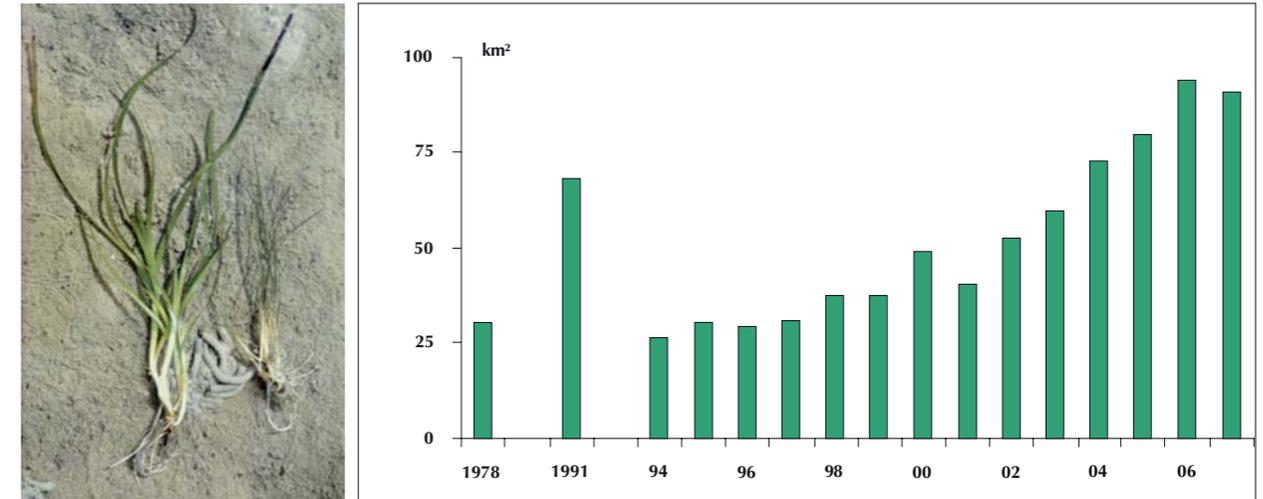


Abb. 18: Zunahme von Seegras im nördlichen Wattenmeer nach einer Dezimierung durch Krankheit in den 1930er Jahren und eine Abnahme durch schlechte Wasserqualität seit den 1950er Jahren. Seegras ist ein Qualitäts-Indikator von Küstenökosystemen. Das Foto in der Grafik zeigt das große Seegras (*Zostera marina*) und das kleine Seegras (*Z. noltii*). Letztere Art dominiert heute im Wattenmeer. Die Zunahme in 1991 war auf eine plötzliche Ausbreitung des großen Seegrases (*Z. marina*) zurückzuführen.

Fig 18. Recent increase of seagrass in the northern Wadden Sea after decimation by diseases during the 1930's and decreases due to low water quality since the 1950's. Seagrass is a quality indicator of coastal ecosystems. The picture in the graph shows the large eelgrass *Zostera marina* and the small eelgrass *Zostera noltii*. The latter dominates in the Wadden Sea. The high 1991 values were due to a unique spread of *Zostera marina*.

(Photo and Graphic: K. Reise)



Abb. 19. Die Rippenqualle *Mnemiopsis leidyi* ist in die Deutsche Bucht und in das Wattenmeer eingeschleppt worden. Eine wärmere Nordsee wird die Verbreitung dieser Art verstärken. Die Qualle lebt von kleinen Copepoden (Ruderfußkrebse) und wird möglicherweise erfolgreich mit Fischlarven und Fischen um diese Nahrungsquelle konkurrieren.

Fig. 19. The ctenophore *Mnemiopsis leidyi* has invaded the German Bight and the Wadden Sea. This organism will take advantage of an increasingly warmer North Sea. It preys on small copepods and possibly it will compete successfully for food with fish larvae and fish. (Photo: A. Malzahn).

dem Zooplankton, was wiederum direkte Auswirkungen auf die Entwicklung der Frühjahrsblüten von Algen hat.

Die Rippenqualle *Mnemiopsis leidyi* wurde 2006 erstmals bei Helgoland beobachtet, auf Sylt nur ein Jahr später. Die Qualle ist ursprünglich an der amerikanischen Ostküste beheimatet und wurde in den 1980er Jahren vermutlich im Ballastwasser von Schiffen in das Schwarze Meer eingeschleppt. Da sich die Qualle auch von Fischlarven ernährt, sind die Fischbestände mit einem Massenaufreten der Quallen im Schwarzen Meer deutlich zurückgegangen. Ein ähnliches Szenario wird auch in der Nordsee und im Wattenmeer erwartet. Weil *Mnemiopsis* bei höheren Temperaturen besser wächst, wird der globale Klimawandel die Ausbreitung dieser neuen Art verstärken.

Während des letzten Jahrhunderts nahm der Nährstoffeintrag durch Flüsse in die Nordsee stark zu und erreichte ein Maximum während der 1980er Jahre. Derzeit gehen diese Einträge aber wieder zurück: Nährstoffkonzentrationen sinken und die Biomasse des pflanzlichen Planktons geht zurück. Dieser Rückgang an Nährstoffen hat wahrscheinlich auch dazu beigetragen, dass sich das Seegras – ein Qualitätsindikator des Wattenmeeres – im nördlichen Wattenmeer wieder ausbreitet.

Der Meeresspiegelanstieg wird in der Zukunft ein wichtiges Thema für die Entwicklung des Wattenmeeres sein. Durch den Anstieg der Temperatur, des Meeresspiegels sowie einer Vielzahl eingeschleppter Arten, wird erwartet, dass das Wattenmeer niemals zu seinem ursprünglichen, vor-industriellen Zustand zurückkehren wird.

In 2006, the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* (Fig. 2) was observed for the first time near Helgoland, in 2007 near Sylt. This gelatinous zooplankton is originally from the American east coast. It was introduced in the Black Sea by ballast water and had a devastating effect on the pelagic ecosystem of all the seas in the Ponto-Caspian region. We do not know yet, how this species will change the regional pelagic food web and how global change will change its population dynamics. Other studies indicate that warmer water will stimulate this organism. As it preys on small copepods that are otherwise eaten by fish larvae and fish, we expect that *Mnemiopsis* will have a profound effect on the pelagic food web in the German Bight and Wadden Sea with yet unknown repercussions for local fish dynamics.

During the past century, riverine nutrient loads increased, reached a maximum during the 1980's and now we see first signs of a de-eutrophication: Nutrient concentrations decrease, nutrient limitation increases and leads to low phytoplankton biomass during summer. The de-eutrophication probably supported the recent increase in the northern Wadden Sea of seagrass – a quality indicator of a healthy ecosystem.

Sea level rise will be an important issue for the future development of the Wadden Sea and higher water levels in the Wadden Sea probably contributed to the loss of muddy habitats in parts of the Wadden Sea. Given the accelerated temperature and sea level rise, and given the multitude of new introduced species we believe that despite cleaner rivers the Wadden Sea ecosystem will never again return to its previous, pre-industrial state.

Zum Nordpol auf einer Eisscholle – Teilnahme an der Driftstation NP-35

Klaus Dethloff, Jürgen Graeser, Marion Maturilli, Annette Rinke, Markus Rex, Peter von der Gathen, Roland Neuber, Dörthe Handorf, Ralph Lehmann, Siegrid Debatin, Holger Deckelmann, Moritz Mielke

Der Klimawandel in der Arktis hat globale Auswirkungen auf Ökosystem und Gesellschaft. Die Region des Arktischen Ozeans nördlich von 82° N ist noch immer ein weißer Fleck im Beobachtungsnetzwerk atmosphärischer Messungen. Im Rahmen des Internationalen Polarjahres 2007/2008 initiierte die an der Forschungsstelle Potsdam angesiedelte Sektion „Atmosphärische Zirkulationen“ ein Forschungsprojekt, um diese Lücke zu schließen. Die enge Zusammenarbeit mit dem russischen Arctic and Antarctic Research Institute (AARI) in St. Petersburg ermöglichte die Teilnahme an der 35. russischen Nordpol-Driftstation (NP-35) mit eigenen Experimenten.

Die Auswahl einer geeigneten Scholle basierte auf der langzeitlichen Beobachtung des Eises per Satellit und wurde von Bord des Forschungsschiffes aus mit dem Hubschrauber überprüft. Im Laufe des Winters driftete die Eisscholle im arktischen Ozean von ihrer anfänglichen Position bei 81° N und 103° O, nördlich von Severnaya Zemlya im Arktischen Ozean nach Norden (Abb. 1). Seit Ende September 2007 ist Jürgen Graeser, Techniker am Alfred-Wegener-Institut, als erster deutscher Überwinterer Teil des 21-

On an ice flow to the North Pole – driftstation NP-35

Klaus Dethloff, Jürgen Graeser, Marion Maturilli, Annette Rinke, Markus Rex, Peter von der Gathen, Roland Neuber, Dörthe Handorf, Ralph Lehmann, Siegrid Debatin, Holger Deckelmann, Moritz Mielke

Arctic Climate change has a global impact on ecosystems and societies of the Arctic Ocean. The region north of 82° is still a blank spot in the observational network of atmospheric measurements. As part of the International Polar Year 2007/2008 the section for Atmospheric Circulations at the Research Unit Potsdam initiated a research project to fill this gap. Close cooperation with the Arctic and Antarctic Research Institute (AARI) in St. Petersburg made it possible to participate in the 35th Russian North Pole Ice Drifting Station (NP-35) with our own experiments.

A suitable ice floe was chosen based on many years experience, satellite data and was monitored from the research ship by helicopter. NP-35 drifted during the winter from its initial position of 81° N and 103° E, north of Severnaya Zemlya in the Arctic ocean (Fig. 1). Since the end of September 2007, the AWI technician Jürgen Graeser has been the first German member of the 21-strong overwintering team on the roughly three by five kilometre large ice floe. During the drifting period, several

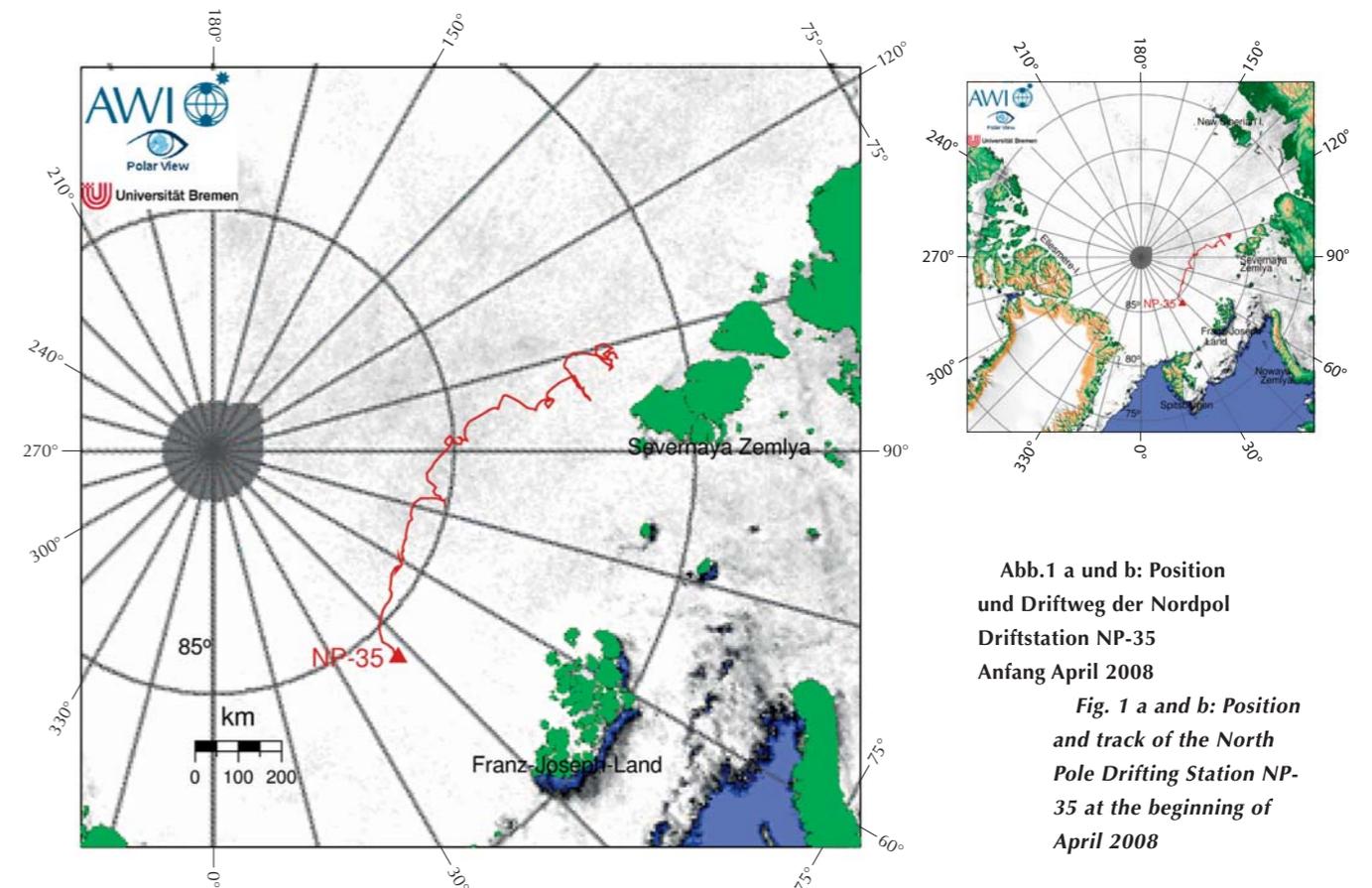


Abb.1 a und b: Position
und Driftweg der Nordpol
Driftstation NP-35
Anfang April 2008

Fig. 1 a and b: Position
and track of the North
Pole Drifting Station NP-
35 at the beginning of
April 2008

köpfigen NP-35 Teams auf einer drei mal fünf Kilometer großen Eisscholle. Während der Drift werden an der Station verschiedene Messungen durchgeführt, die Aufschluss über den Klimawandel geben sollen. Die russischen Kollegen untersuchen die obere Meeresschicht, das Meereis und die Schneebedeckung. Außerdem messen sie meteorologische Größen wie Temperatur, Feuchte, Wind und Luftdruck am Boden und bei Ballonaufstiegen. Die Erfahrungen der russischen Wissenschaftler mit regelmäßigen Driftstationen reichen zurück bis ins Jahr 1952.

Der Techniker Jürgen Graeser führt Messungen mit Hilfe eines Fesselballon-Systems und Ozonsondierungen durch, um Informationen aus verschiedenen Höhen der Atmosphäre zu erfassen. Ein Höhenbereich ist die planetare Grenzschicht (in Englisch: planetary boundary layer, kurz PBL). Diese unterste Schicht der Atmosphäre reicht in der Arktis je nach Jahreszeit bis etwa 800 Meter Höhe, ihre stabile Schichtung unterdrückt Vertikalbewegungen der Luft. Um zeitliche Änderungen der PBL zu erfassen und meteorologische Profile über mehrere Stunden hinweg aufzunehmen, werden bei den Fesselballonmessungen mehrere Sonden im Seil montiert (Abb. 2).

measurements are made at the station. The Russian scientists operate the standard meteorological observations such as temperature, humidity wind and pressure, on the ground as well as using balloons. They also focus on upper ocean observations, sea-ice thickness measurements and snow cover. Their expertise in regular drifting stations in the Arctic ocean goes back to 1952.

The AWI technician Jürgen Graeser performs tethered balloon measurements and ozone probes to provide information about different levels of the atmosphere. One level is the planetary boundary layer (PBL), the lowest layer of the atmosphere, which ranges in the Arctic up to 800 metres high depending on the season. Its stable stratification suppresses vertical air movements. In order to record temperal changes in the PBL and to record the meteorological profile beyond several hours several probes are attached to the tethered ballon measurement cable.

Data interpretation is supported by model simulations using the regional climate model HIRHAM. With this model the scientists from Potsdam generate pressure, temperature, and wind fields to identify depressing and storm tracks. Special emphasis is put on the connection between cyclogenesis and different surface conditions (e.g. sea ice cover).

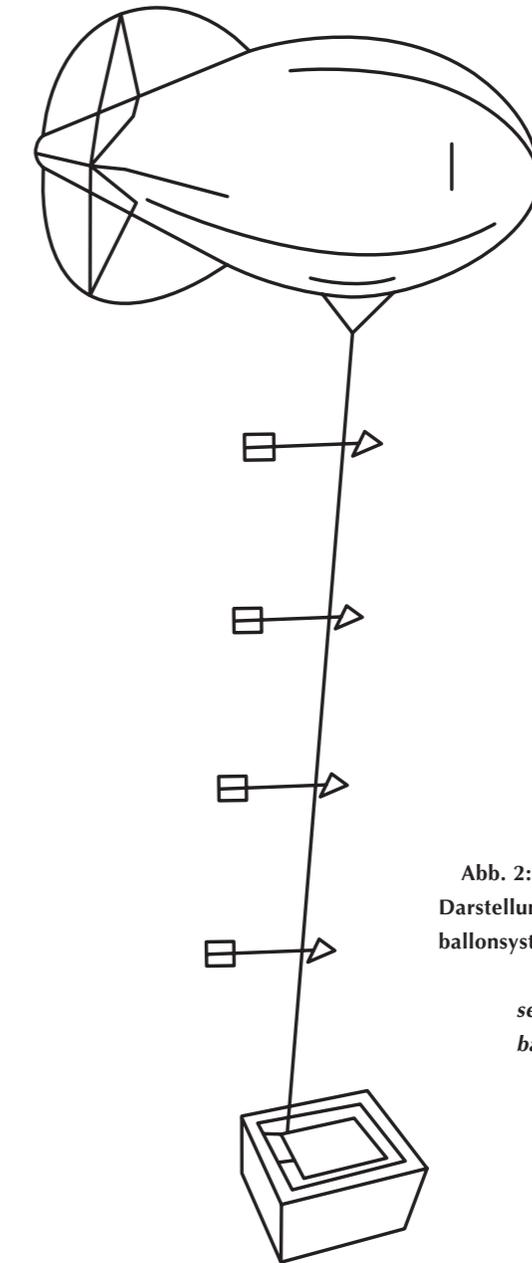
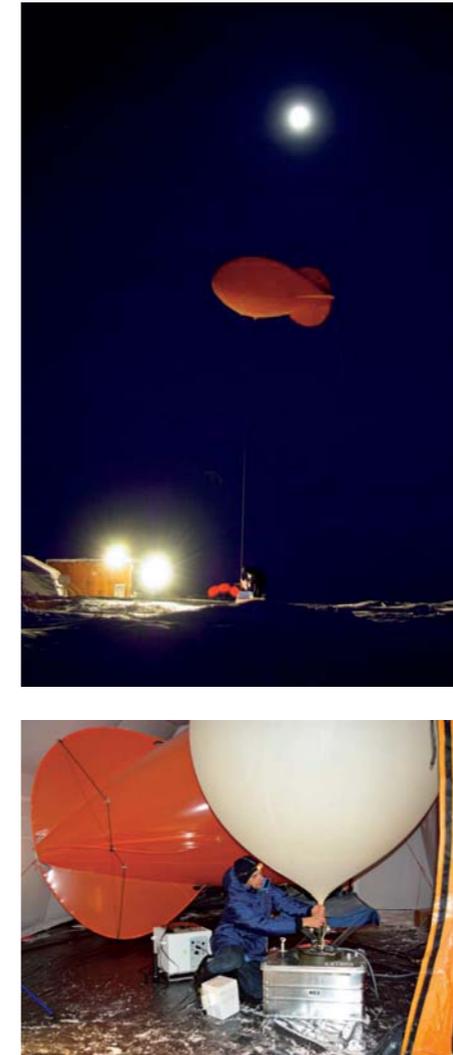
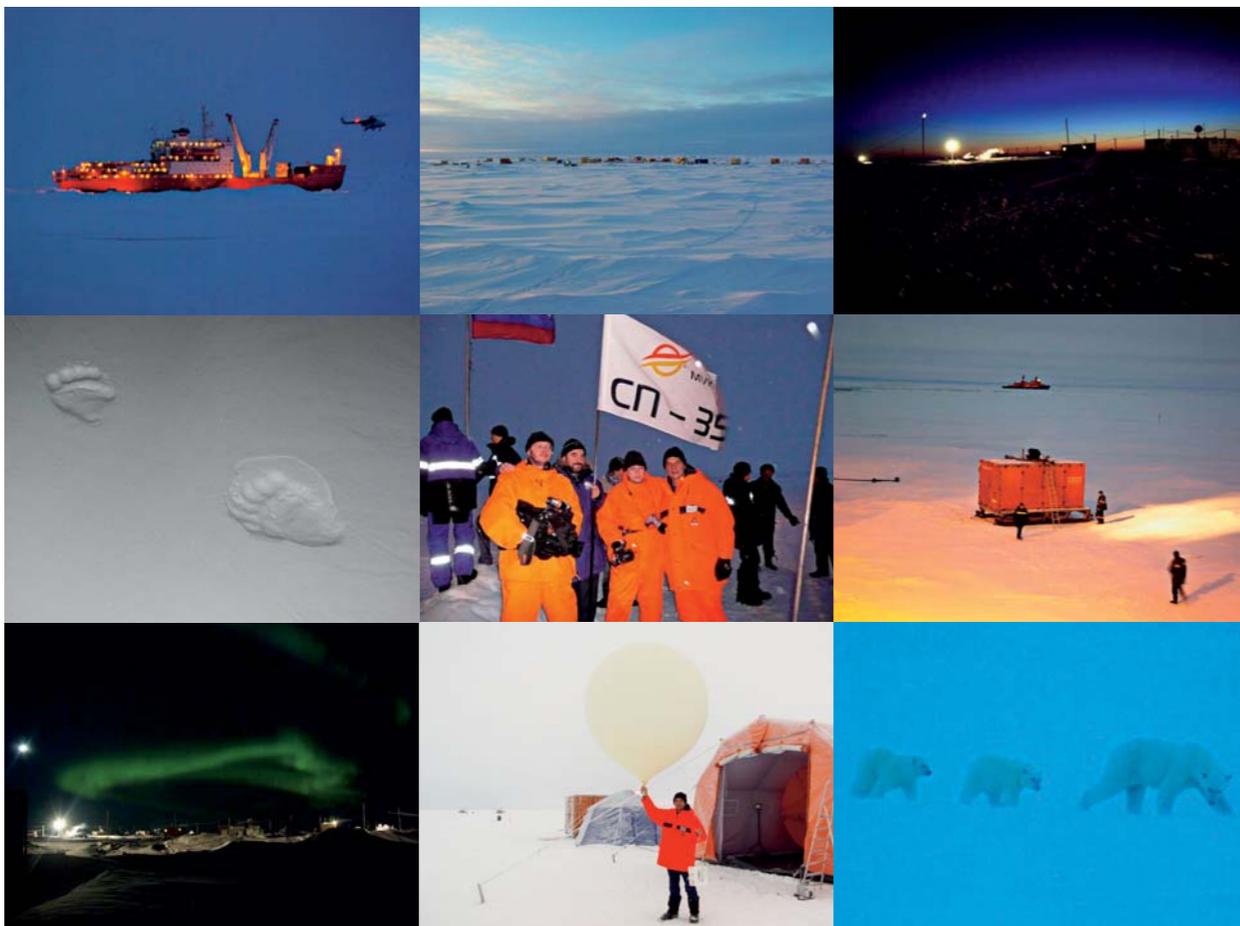


Abb. 2: Schematische Darstellung des Fesselballonsystems

Fig. 2: Schematic presentation of the tethered balloon system



Die Interpretation der Messungen wird durch Simulationen mit dem regionalen Klimamodell HIRHAM unterstützt. Die Potsdamer Wissenschaftler erzeugen mit dem Modell hochaufgelöste Druck-, Temperatur- und Windfelder, in denen sie Tiefdruckgebiete (Zyklonen) und ihre Zugbahn identifizieren. Der Zusammenhang von Zyklonenentwicklung und unterschiedlichen Oberflächenbedingungen (z.B. Meereisbedeckung) ist Schwerpunkt dieser Untersuchungen.

Darüber hinaus führt Jürgen Graeser Ozonsondierungen durch, mit denen die Ozonschicht in der Stratosphäre bis in eine Höhe von circa dreißig Kilometern erfasst wird. Die Teilnahme an der Driftexpedition ermöglicht erstmals systematisch Ozonsondierungen in der zentralen Arktis. Mit Hilfe dieser Sondierungen wollen die Wissenschaftler die dynamischen Prozesse und den Ozontransport während der Bildungsphase des arktischen Polarwirbels studieren. Die Messungen sollen dazu beitragen, den chemischen Ozonabbau in der arktischen Stratosphäre zu quantifizieren. Die zentrale Arktis stellt eine Schlüsselstelle für die Variabilität des arktischen Ozons dar. Die Messungen während der Eisschollendrift werden die Lücke in den hochaufgelösten, globalen Karten der Ozonschicht schließen.

Furthermore, Jürgen Graeser carries out ozone probes to record the ozone layer in the stratosphere up to a height of about thirty kilometres. Participating in the drifting station makes systematic ozone measurements in the central Arctic possible for the first time. These probes allow the study of dynamic processes and ozone transport processes during the formation of the Arctic polar vortex, and contribute to the quantification of chemical ozone loss in the Arctic stratosphere. The central Arctic is a key region for the variability of Arctic ozone. The observations of NP-35 will close the gaps in the highly dispersed global maps of the ozone layer.



In großer Tiefe und auf der Höhe der Zeit – Die Forschungsjahre 2006 und 2007

Das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft (AWI) liefert wichtige Beiträge zur Klimaforschung, wobei die Rolle der Polargebiete im globalen Klimasystem und die Rückkopplung der globalen Änderungen auf die Polargebiete im Zentrum der Forschung stehen. Das Jahr 2007 sah die geringste Ausdehnung von Meereis im Sommer in der Arktis, die noch weit unterhalb der Prognosen aus Modellen lag. Solche Veränderungen können zyklischer Natur sein, und es kann sich in den nächsten Jahren wieder eine neue Ausdehnung der Eisbedeckung einstellen. Jedoch kann es auch ein sich selbst verstärkender Trend sein, der massive Veränderungen in der Arktis ankündigen könnte. Sowohl das Klimasystem als auch die ozeanischen Strömungen werden maßgeblich durch diese polaren Prozesse bestimmt. Auch Veränderungen im Ökosystem werden schon jetzt beobachtet. Ob und wie sich die Biodiversität durch den Klimawandel und durch direkten menschlichen Einfluss ändert, ist ein weiteres Ziel der Forschungen des Alfred-Wegener-Instituts. Es ist daher eine große Aufgabe, diese Entwicklungen gemeinsam mit internationalen Partnerinstituten durch genaue Beobachtungen, durch Untersuchung der beteiligten Prozesse und durch Weiterentwicklung der Klima- und Ökosystem-Modelle zu verfolgen und ihre Auswirkungen zu analysieren. Dies gilt für die Arktis und die Antarktis gleichermaßen.

In Great Depth and up to Date – Research in 2006 and 2007

The Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research in the Helmholtz Association (AWI) contributes significantly to climate research, focusing on the role of the polar regions in the global climate system and the impact of global changes on the polar regions. 2007 saw the smallest expansion of Arctic sea ice in summer and still far below the model predictions. Such changes can be of a cyclical nature, and maybe the ice cover will extend again within the next few years. However, it might also be a self-reinforcing trend that announces massive changes in the Arctic. The climate system as well as the oceanic currents are significantly determined by these polar processes. Changes in the ecosystem have already been observed as well. If and how biodiversity is modified by climate change and by direct human impact is another target of research at AWI. Therefore, it is an important task for the Alfred Wegener Institute to track these developments and to analyse their impacts, together with international partner institutes, with the aid of exact observations, examination of the processes involved, and further development of climate and ecosystem models. This holds true for the Arctic as well as for the Antarctic.

2006 and 2007 provided widely noticed research results, e.g. from the EPICA project (European Project for Ice Coring in Antarctica) or from the cores of the Arctic Coring Expedition (ACEX). EPICA showed, among other things, that the Dansgaard-Öschger cycles of the northern hemisphere have equivalents in the Arctic. The phase relations between climate

Die Jahre 2006 und 2007 lieferten weit beachtete Forschungsergebnisse, z.B. aus dem EPICA Projekt (European Project for Ice Coring in Antarctica) oder von den Kernen der Arctic Coring Expedition (ACEX). EPICA zeigte unter anderem, dass die Dansgaard-Oeschger-Zyklen der Nordhalbkugel auch in der Arktis eine Entsprechung finden. Die Phasenbeziehungen zwischen den Klimaveränderungen in der Nord- und Südhemisphäre sind ein Schlüssel, um die Klimadynamik der Erde besser zu verstehen. ACEX lieferte die ersten Bohrkern von Lomonosow-Rücken, die die Rekonstruktion der präglazialen Umweltbedingungen im zentralen Arktischen Ozean ermöglichen. Eine Bilanz aus zwölf Eisendüngungs-experimenten wurde gezogen und die mögliche Einwirkung der durch Eisen stimulierten Algenblüten auf den atmosphärischen Kohlendioxid-Haushalt evaluiert. Dies dient als Basis für ein gemeinsames weiteres Experiment mit indischen Kollegen im Jahr 2009.

Wissenschaftler des AWI waren maßgeblich am IPCC-Report (Intergovernmental Panel on Climate Change) des UN-Klimarates beteiligt, insbesondere am Kapitel zu den Veränderungen in Eis, Schnee und Permafrost. Die gute Vermittlung von Forschungsergebnissen an die Öffentlichkeit wurde mit dem Communicator-Preis des Stifterverbandes 2007 an die Arbeitsgruppe Glaziologie belohnt. Ein weiteres Highlight war die Bewilligung des Exzellenzclusters „The Ocean in the Earth System“ an das Forschungszentrum MARUM der Universität Bremen, an dem das Alfred-Wegener-Institut beteiligt ist. Dies setzt für die Forschungskooperation zwischen den meereskundlich arbeitenden Institutionen in der Region neue Schwerpunkte.

changes in the northern and southern hemispheres are a key to a better understanding of the Earth's climate dynamics. ACEX provided the first cores from the Lomonosov Ridge that allow the reconstruction of preglacial environmental conditions in the central Arctic Ocean. A balance was made based on twelve iron fertilisation experiments, and the possible impact of iron-stimulated algal bloom on the atmospheric CO₂ budget was evaluated. This will be the basis for another experiment together with Indian colleagues in 2009.

AWI scientists made significant contributions to the IPCC Report (Intergovernmental Panel on Climate Change) of the UN Climate Council, especially to the chapter on changes in ice, snow, and permafrost. The Working Group on Glaciology at the AWI communicated the results of their research to the general public in such an excellent way that they were awarded the Communicator Award of the Sponsors' Association 2007. Another highlight was the grant of Excellence Cluster sponsors' status "The Ocean in the Earth System" to the MARUM Research Centre of the University of Bremen, in which the Alfred Wegener Institute is involved. This emphasises new key aspects for research cooperation between the oceanographic institutions in the region.

The first phase of the programme-oriented research of the Helmholtz Centres ends in 2008. Therefore, 2007 was intensively used for developing the new programme called "Polar Regions and Coasts in a Changing Earth System – PACES". Like the first programme MARCOPOLI, it will be jointly supported by the AWI and by the GKSS.

Die erste Phase der programmorientierten Forschung der Helmholtz-Zentren geht im Jahr 2008 zu Ende. Daher wurde das Jahr 2007 intensiv genutzt, um das neue Programm unter dem Namen „Polar Regions and Coasts in a Changing Earth System – PACES“ zu entwickeln. Es wird, wie das erste Programm MARCO-POLI, gemeinsam vom AWI und der GKSS getragen.

Vor 25 Jahren lief der Forschungseisbrecher ‚Polarstern‘ vom Stapel und wurde am 9. Dezember 1982 vom damaligen Forschungsminister Prof. Heinz Riesenhuber in Dienst gestellt. Der 25. „Geburtstag“ des Forschungsschiffes wurde am 28. November 2007 mit einer feierlichen Veranstaltung im Museum für Naturkunde in Berlin begangen, an der Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel teilnahm. Sie telefonierte direkt mit der ‚Polarstern‘, die gerade unter der Leitung von Prof. Ulrich Bathmann zu einer neuen Expedition in die Antarktis aufbrach. In den 25 Jahren des Einsatzes hat das Schiff mehr als 1,25 Millionen Seemeilen zurückgelegt, das entspricht etwa 58 Erdumrundungen. Die erste Expedition ging in die Antarktis, da sich Deutschland als Konsultativstaat im Rahmen des Antarktisvertrages zu Forschung in der Antarktis verpflichtet. ‚Polarstern‘ ist in beiden Polarregionen nicht nur für die Mitarbeiter des AWI im Einsatz, sondern für viele Teilnehmer aus anderen Forschungseinrichtungen, aus den Universitäten in Deutschland und aus anderen Ländern.

Der Aufbau der Neumayer-Station III wurde im Herbst 2007 mit der Verschiffung der Bauteile in die Antarktis begonnen. Der Bau wird sich über zwei Sommerperioden erstrecken und es ist geplant, die neue Station im Februar/März 2009 in Betrieb zu nehmen. Die jetzige Neumayer-Station, die 17 Jahre lang als antarktische Forschungsstation hervorragend

25 years ago the research icebreaker ‘Polarstern’ was launched and put into service by the former Research Minister, Prof. Heinz Riesenhuber on 9 December, 1982. The 25th “birthday” of the research vessel was celebrated at the Museum für Naturkunde in Berlin on 28 November 2007. Chancellor Dr Angela Merkel participated in the festivities and made a direct phone call to the ‘Polarstern’. The vessel was just on its way to another Antarctic expedition under the direction of Prof. Ulrich Bathmann. During 25 years of use the vessel has covered more than 1.25 million nautical miles, which is equivalent to about 58 circumnavigations of the globe. The first expedition was to the Antarctic, because Germany is signatory state to the Antarctic Treaty on research in the Antarctic. In both polar regions, ‘Polarstern’ is not only used by AWI members but also by many participants from other research institutions, from German universities, and from other countries.

The construction of the station Neumayer III started with the shipping of its parts into the Antarctic in autumn 2007. Construction will take 2 seasons, and it is planned to put the new station into service in February/March 2009. The current Neumayer Station, which has given excellent service as an Antarctic research station for 17 years, will then be disassembled. Another new acquisition is the polar aircraft ‘Polar 5’, a Basler BT-67 with a wider range and better equipment for meteorology, glaciology, geophysics, air chemistry, and coastal research. This new aircraft, granted by the BMBF as a replacement for the ‘Polar 4’, which crashed in 2005, can reach all sites in the Arctic and in the Antarctic and opens new possibilities for research.

gedient hat, wird dann abgebaut werden. Als neue Errungenschaft ist auch das Polarflugzeug ‚Polar 5‘ zu nennen, eine Basler BT-67 mit größerer Reichweite und Ausstattung für Meteorologie, Glaziologie, Geophysik, Luftchemie und Küstenforschung. Durch dieses neue Flugzeug, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung als Ersatz für die 2005 beschädigte ‚Polar 4‘ bewilligt wurde, können alle Punkte in der Arktis und Antarktis erreicht werden und es eröffnet neue Forschungsmöglichkeiten.

Um die wachsenden Herausforderungen an die Forschung, und hier besonders an die Klimaforschung, in Zukunft meistern zu können, ist die Ausbildung und Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ein zentrales Anliegen. Zurzeit forschen sechs Nachwuchsgruppen am Alfred-Wegener-Institut und bereichern die Themenpalette des Instituts durch hervorragende, innovative Forschung. Für Doktoranden gibt es mehrere Programme zur Graduiertenförderung, die gemeinsam mit der Universität Bremen, der Jacobs Universität und dem Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie betrieben werden. Dies ermöglicht den Doktoranden des AWI, eine breite Palette von fachlichen Kursen und von „Soft Skill“ Trainingsprogrammen zu nutzen und dadurch eine gute Grundlage für interdisziplinäre Forschung und für ihre zukünftige Karriere zu erwerben. Wir möchten dadurch für hoch motivierte und gut ausgebildete Wissenschaftler die besten Chancen zur Bewältigung zukünftiger Forschungsaufgaben bieten.

To be able to master the growing challenges of future research, especially of climate research, the education and promotion of young scientists is a central concern. Presently, there are six young scientist groups working at the Alfred Wegener Institute, enhancing the institute's range of topics with excellent, innovative research. Furthermore, there are several postgraduate programmes in cooperation with the University of Bremen, the Jacobs University, and the Max Planck Institute for Marine Microbiology. This enables doctoral students of the AWI to take part in a wide range of technical courses and soft skill training programmes and to form a good basis for interdisciplinary research and their future careers. Thereby, we want to offer the best chances for highly motivated and well-trained scientists to master future research tasks.

Mehr Informationen

Das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) gibt einen ‚Zweijahresbericht‘ heraus, in dem es über wissenschaftliche Projekte berichtet.

Ferner erscheinen die ‚Berichte zur Polar- und Meeresforschung‘ mit wissenschaftlichen Ergebnissen der Expeditionen und Forschungsarbeiten. Die ‚Polarstern Abstracts‘ enthalten Zusammenfassungen aller Veröffentlichungen, die auf ‚Polarstern‘-Expeditionen zurückgehen. Mitarbeiter des AWI sind Herausgeber der Fachzeitschrift ‚Helgoland Marine Research‘ (früher Helgoländer Meeresuntersuchungen), die im Springer-Verlag erscheint.

Das AWI veröffentlicht, neben diesen wissenschaftlichen Publikationen, auch allgemeines Informationsmaterial. Aktuelle und umfassende Informationen können Sie zudem über das Internet erhalten: <http://www.awi.de>

More information

The Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI) publishes a ‘Report’ every two years with reports on scientific projects.

AWI also publishes ‘Reports on Polar and Marine Research’ containing scientific results obtained from expeditions and research work. ‘Polarstern Abstracts’ provides summaries of all publications resulting from ‘Polarstern’ expeditions. Staff at AWI are the editors of the ‘Helgoland Marine Research’ journal (formerly Helgoländer Meeresuntersuchungen), published by Springer-Verlag.

In addition to these scientific articles, AWI also publishes general information material. The AWI website on the Internet provides extensive and up-to-date information: <http://www.awi.de>



**Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
in der Helmholtz-Gemeinschaft
Am Handelshafen 12
D-27570 Bremerhaven**

**Telefon +49(0)471/48 31-0
Telefax +49(0)471/48 31-11 49
Telex 238695 polar d
E-Mail: info@awi.de
<http://www.awi.de>**

Bearbeitung der Texte:

**Dr. Ude Cieluch
Dr. Susanne Diederich
Dr. Angelika Dummermuth
Ralf Röchert
Jutta Voß-Diestelkamp**

Redaktion:

**Claudia Pichler
Margarete Pauls (verantwortlich)**

Copyright:

2008, Alfred-Wegener-Institut

Gestaltung:

**KLEMM Kommunikation | Design
Bremen**

Fotografie:

Umschlag, Seiten 5, 67, 69
Lilo Tadday

Druck:

BerlinDruck, Achim

