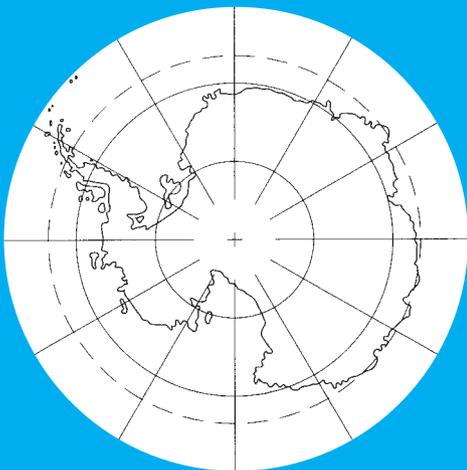


Polarforschung



83. Jahrgang • Nr. 1 • 2013

ISSN (print) 0032-2490

ISSN (online) 2190-1090

POLARFORSCHUNG

herausgegeben vom
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
und der
Deutschen Gesellschaft für Polarforschung e. V.

published by the
Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Sciences
and the
German Society of Polar Research

POLARFORSCHUNG – published by the DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR POLARFORSCHUNG (DGP) and the ALFRED WEGENER INSTITUTE FOR POLAR AND MARINE RESEARCH (AWI) – is a peer-reviewed, multidisciplinary research journal that publishes the results of scientific research related to the Arctic and Antarctic realm, as well as to mountain regions associated with polar climate. The POLARFORSCHUNG editors welcome original papers and scientific review articles from all disciplines of natural as well as from social and historical sciences dealing with polar and subpolar regions. Manuscripts may be submitted in English (preferred) or German. In addition POLARFORSCHUNG publishes Notes (mostly in German), which include book reviews, general commentaries, reports as well as communications broadly associated with DGP issues.

Inhalt / Contents

Bölter, M., Hempel, G., Piepenburg, D. & Spindler, M.: Das Institut für Polarökologie der Christian-Albrechts-Universität und die Polarforschung in Kiel	1–15
<i>The Institute for Polar Ecology at the Christian-Albrechts-University Kiel and polar science in Kiel</i>	
Piepenburg, D., Werner, I. & Hagen, W.: Biologie der Polarmeere: Dreißig Jahre biologische Meeresforschungen am Institut für Polarökologie (IPÖ) in Kiel	17–33
<i>Biology of the polar seas: thirty years of biological marine research at the Institute for Polar Ecology (IPOE) at Kiel</i>	
Schroeter, B., Bölter, M. & Kappen, L.: Terrestrische Habitate in Arktis und Antarktis – Botanische, mikrobiologische und bodenkundliche Forschungen am Institut für Polarökologie (IPÖ)	35–45
<i>Terrestrial habitats of the Arctic and Antarctic – botanical, microbiological and pedological research at the Institute for Polar Ecology (IPOE)</i>	

Cover illustration: Rest during a student excursion on the fjell west of Longyearbyen, Svalbard, August 10, 2008. The great excursions of the IPOE were main part of Institute's education, they took us to Greenland, the White Sea and Svalbard. This picture was taken at the last great excursion to Svalbard under Michael Spindler and Wolfgang Bilger.

Umschlagbild: Rast während einer Studentenexkursion auf dem Fjell westlich Longyearbyen, Spitzbergen, im 10. August 2008. Die großen Exkursionen des IPÖ waren über lange Zeit wichtige Veranstaltungen im Rahmen der Lehre; sie führten nach Grönland, ans Weiße Meer und nach Spitzbergen. Dieses Bild stammt von der letzten großen Exkursion nach Spitzbergen unter Leitung von Michael Spindler und Wolfgang Bilger.

Copyright 2013 by Deutsche Gesellschaft für Polarforschung. – Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe, der Herstellung von Mikrofilmen und der Übersetzung, bleiben vorbehalten. – Satz und Druck: Müller Ditzgen AG, Bremerhaven. Erscheinungsort: Bremerhaven.

Das Institut für Polarökologie der Christian-Albrechts-Universität und die Polarforschung in Kiel

von Manfred Bölter¹, Gotthilf Hempel², Dieter Piepenburg^{1,3} und Michael Spindler⁴

Zusammenfassung: Über drei Jahrzehnte (1982–2013) lang war das Institut für Polarökologie (IPÖ) der Christian-Albrechts-Universität (CAU) zu Kiel ein wichtiger Teil der Geschichte der Polarforschung in Deutschland und in Kiel. Seit dem frühen 20. Jahrhundert sind Kiel und seine Universität ein Zentrum für die deutsche Polarforschung. 1901 begann hier die Erste Deutsche Antarktisexpedition mit dem in Kiel gebauten Forschungsschiff „Gauss“ unter Erich von Drygalski, 1926 gründete Max Grotewahl in Kiel das „Archiv für Polarforschung“. Seit dem *Polar Front Survey* im Internationalen Geophysikalischen Jahr 1958/59 arbeiteten unter Leitung von Günther Dietrich Ozeanographen des Kieler Instituts für Meereskunde (IfM) in den nordischen Meeren. Ab 1975 entstand am IfM schrittweise eine Arbeitsgruppe Antarktisforschung: Junge Fischereibiologen und Planktologen beteiligten sich an den ressourcenorientierten Expeditionen der Bundesforschungsanstalt für Fischerei und wenig später an dem Großprojekt BIOMASS im Scotiameer des Südlichen Ozeans.

Nachdem die Bemühungen, das neue deutsche Polarinstitut in Kiel anzuschließen, 1979 gescheitert waren, gründeten 1982 das Land Schleswig-Holstein und die CAU das IPÖ, mit der Aufgabe, biologische Untersuchungen in den polaren marinen und terrestrischen Lebensräumen beider Hemisphären durchzuführen. Neben den Wissenschaftlern und Technikern des Instituts waren Gastforscher und vor allem über fünfzig Doktoranden und zahlreiche Diplomanden an diesen Arbeiten beteiligt. Meist handelte es sich um nationale und internationale Gemeinschaftsprojekte – vor allem mit dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven (AWI) und mit den Geowissenschaftlern des GEOMAR Kiel. Die marin-ökologischen Arbeiten hatten zunächst ihren Schwerpunkt in Studien am Zooplankton und Benthos des Weddellmeeres und benachbarter Gewässer; später traten Forschungsarbeiten in den Schelfgebieten und Küstenregionen der Arktis in den Vordergrund. Sehr ertragreich waren auch die Arbeiten an den Meereis-Biota verschiedener Seegebiete. Die terrestrische Forschung konzentrierte sich auf die Ökophysiologie polarer Flechten und auf die Untersuchung von Böden und ihrer Mikrobiologie in den Polargebieten beider Hemisphären.

Im Anschluss an ein Übersichtsreferat werden in zwei gesonderten Aufsätzen (PIEPENBURG et al. 2013, SCHROETER et al. 2013) dreißig Jahre Forschungsarbeit des IPÖ in der marinen und terrestrischen Ökologie im Überblick summarisch dargestellt und anschließend in Beiträgen zur Ökologie des Zooplanktons in den Polarmeeren, der Biologie des Meereises sowie zur Botanik und Bodenkunde der Polargebiete eingehender behandelt.

Mit einem umfangreichen Lehrprogramm und zahlreichen Doktoranden wurde das IPÖ für drei Jahrzehnte zur wichtigsten akademischen „Brutstätte“ für Polarökologen in Deutschland. Listen der wissenschaftlichen Monographien und ein Verzeichnis der Lehrveranstaltungen zeigen die Breite der Aktivitäten des IPÖ in Forschung und Lehre. Trotz dieser erfolgreichen Arbeit in Forschung und Lehre beschloss die CAU im Rahmen ihrer umfassenden Strukturreform das IPÖ Ende 2013 zu schließen. Damit ist der vorliegende Beitrag zugleich ein Nachruf auf eine wichtige Einrichtung der deutschen Polarforschung.

Abstract: This article provides an account of the Institute for Polar Ecology (IPÖ) of Kiel University (CAU). For three decades (1982–2013) the IPÖ was an important part of the history of polar research in Kiel. However, already in the early 20th century, when geologists, geographers and marine scientists started to organize and participate in expeditions to both the Arctic and Antarctic Max Grotewahl founded here the „Archiv für Polarforschung“ (a

kind of a German Polar Research institution) in 1926. After World War II, the „Institut für Meereskunde“ (IfM) Kiel conducted oceanographic studies in the Nordic Seas starting with the *Polar Front Survey* of the International Geophysical Year 1958/59. In the mid-1970s, the participation of young fishery biologists and planktologists from Kiel in resource-oriented surveys in the Scotia Sea of the Southern Ocean and in the international BIOMASS project resulted in the formation of an active working group of Antarctic research at the IfM.

After the efforts to locate the new national German Polar Research Institute in Kiel had failed in 1979, the local and regional authorities founded the IPÖ as an institute of Kiel University in 1982. Since then, the scientists and technicians of the institute, as well as several guest researchers and numerous Ph.D. and M.Sc. students, conducted a wide range of studies in polar marine and terrestrial ecology in both the Arctic and the Antarctic. Most work was embedded in national and international research projects. IPÖ scientists cooperated particularly closely with colleagues from the Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Research (AWI) in Bremerhaven and the GEOMAR in Kiel. At the beginning in the early 1980s, the IPÖ's marine research activities concentrated on field studies on the zooplankton and benthos of the Southern Ocean, mostly of the Weddell Sea and neighbouring waters. Later, after the early 1990s, the focus shifted to the shelves and coastal regions of the Arctic Ocean. Studies in sea-ice biota of both hemispheres were generally high on the institute's agenda. The terrestrial research work of IPÖ scientists primarily consisted of investigations of the ecophysiology of polar lichens and the microbiology of polar soils.

Here, we provide a comprehensive account of the institute's three-decade long history in scientific research and academic teaching. In two separate articles (PIEPENBURG et al. 2013 and SCHROETER et al. 2013) general overviews of the marine and terrestrial research activities, as well as more detailed reviews of the research on marine plankton ecology, sea-ice biology, and terrestrial plant and soil ecology.

For three decades, the IPÖ with its broad teaching and research programme was the most important „nursery“ for a generation of young polar ecologists in Germany and beyond. The long lists of scientific articles and monographs, lectures, seminars, and public-outreach activities showcase its successful work. However, in spite of its internationally acclaimed record in research and teaching the IPÖ has been closed in 2013 in the course of a university-wide structural reform of the CAU. Therefore, our article is also an obituary for an important scientific institution of Germany's polar research.

DIE FRÜHE GESCHICHTE DER POLARFORSCHUNG IN KIEL

Die Geschichte der deutschen Polarforschung reicht bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurück (KRAUSE 1992). Erste Reisen in die Nordpolargebiete mit wissenschaftlichen Zielen fanden von Bremen ausgehend statt. Carl Koldevey befuhr 1868 mit der „Grönland“ die Gewässer um Grönland und Spitzbergen (VENZKE 1988). Kiel erreicht für die Polarforschung erst mit der Nordpolarexpedition 1869/70 eine Erwähnung. Dieser Expedition – auch von Bremen aus koordiniert – bewilligte der Magistrat der Stadt Kiel auf Antrag des Komitees der Expedition am 27. Mai 1870 einen Zuschuss von 100 Talern.

Der Bau des Polarforschungsschiffs „Gauss“ brachte Kiel weitere Bedeutung; es wurde nach langer Vorbereitung von der Kieler Howaldtwerft gebaut. Es war im Mai 1900 auf

¹ Institut für Ökosystemforschung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstr. 75, 24118 Kiel.

² Eidergrund 5, 24113 Molfsee.

³ Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz, c/o Institut für Ökosystemforschung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstr. 75, 24118 Kiel.

⁴ Füssener Weg 6, 24146 Kiel.



Abb. 1: Die "Gauss" 1901 am Ausrüstungskai der Howaldtswerke (HDW) in Kiel-Diedrichsdorf beim Errichten der Masten zu Beginn der Ausrüstung (oben) und nach Fertigstellung des Schiffes (unten); Fotos: Stadtarchiv Kiel.

Fig. 1: The "Gauss" 1901 in front of the shipyard Howaldtswerke (HDW) in Kiel; photos: Stadtarchiv Kiel.

Kiel gelegt worden und wurde am 2. April 1901 vom Stapel gelassen (DRYGALSKI 1904). Während des Sommers 1901 wurde die Ausrüstung in kürzester Zeit vorgenommen (Abb. 1). Das Schiff war vorgesehen für 27 Besatzungsmitglieder und fünf Forscher.

Das noch in der Ausrüstung befindliche Schiff war „... im Sommer 1901 ein wahrer Wallfahrtsort gewesen, an dem die verschiedenartigsten Richtungen des Deutschen Reichs und des Auslandes bis nach Amerika her sich zusammenfanden“ (DRYGALSKI 1904). Das Interesse der Universität drückte sich in einer Abschiedsfeier im Hotel Bellevue aus. Es wurde in einem ausführlichen Artikel in den „Kieler Neueste Nachrichten“ vom 13. August 1901 darüber berichtet (Abb. 2).

Unter den Expeditionsteilnehmern war auch der Kieler Zoologe Ernst Vanhöffen, der schon 1898 an der Tiefsee-Expedition der „Valdivia“ in den Atlantik und antarktische Gewässer teilgenommen hatte. Nach wissenschaftlich erfolgreicher Reise mit Besuch der Kerguelen und Überwinterung vor der ostantarktischen Küste war die „Gauss“ am 23. November 1903 zurück in Kiel. Die ersten Ergebnisse dieser Expedition sind veröffentlicht in der Reihe „Deutsche Südpolar-Expedition 1901–1903“, herausgegeben von DRYGALSKI (1906). Die weitere Bearbeitung und Veröffentlichung des umfangreichen Probenmaterials zog sich über mehrere Jahrzehnte hin.

Die Erwartungen des Kaisers an die Expedition hinsichtlich einer Exploration des antarktischen Kontinents wurden aber nicht erfüllt. So lehnte er die Verlängerung der Expedition um ein weiteres Jahr und eine weitere Überwinterung ab. Das deutsche Interesse an der Erforschung der Polargebiete erlosch. Die „Gauss“ wurde nach Kanada verkauft und fuhr dort als „Arctic“ für Forschungsarbeiten in der Arktis. In erster Linie aber war sie zur Sicherung kanadischer Gebietsansprüche auf vier Expeditionen von 1904–1911 eingesetzt worden (INTEMANN 2011).

Ludwig Mecking führte am Institut für Geographie der Universität Kiel Forschungen in der Arktis durch. Er war 1904–1909 Assistent am „Bureau der deutschen Südpolarexpedition“ in Berlin, wo auch 1905 seine Dissertation entstand (Mecking 1909). Von 1913–1920 war er Professor für Geographie in Kiel (KORTUM & PAFFEN 1979), gleichzeitig hatte er ein Lehramt an der Kieler Marineakademie inne. Den Lehrstuhl an der Universität hatte sein Vorgänger, Prof. Otto Krümmel, zu einer meereskundlichen Forschungsstätte ausgebaut. 1920 folgte Mecking einem Ruf an die Universität Münster von wo er 1935 nach Hamburg ging.

Mecking war Mitglied der „Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere“ sowie der „Wissenschaftlichen Kommission für die internationale Meeresforschung“ (VOLBEHR & WEYL 1956). Das Arbeitsgebiet Meckings bezog sich auf meeresnahe bzw. vom Meer beeinflusste Landräume, besonders in den Polargebieten. Er lieferte Beiträge zur Meteorologie, sowie über das Meereis und die Eisdrift vor Grönland, in der kanadischen Arktis und der Antarktis. Die Luftzirkulationen der südlichen Hemisphäre wurde von ihm anhand von Daten der „Gauss“-Expedition (1901–1903) bearbeitet (MEINARDUS 1939, CREUTZBERG 1949). Eine umfassende erste Länderkunde zu den Polarge-



Abb. 2: Ausschnitt aus einem Zeitungsartikel der „Kieler Neueste Nachrichten“ vom 13. August 1901.

Fig. 2: Excerpt of a newspaper article published in “Kieler Neueste Nachrichten” from August 13, 1901.

bieten veröffentlichte er 1925 (MECKING 1925), die später auch als englische Ausgabe erschien (NORDENSKJÖLD & MECKING 1928). Von weiteren geographischen Unternehmungen in die Arktis zeugen auch die Publikationen des Kieler Geologen Karl Gripp über Grönland (GRIPP & TODTMANN 1926) und Spitzbergen (GRIPP 1929).

Kieler meereskundliche Untersuchungen in den nordischen Meeren gehen in das Jahr 1913 zurück, als die Hydrographie des Barentsmeers im Hinblick auf die dortigen Fischbestände erforscht wurde (RUPPIN 1919). REMANE (1932) veröffentlichte eine Monographie der Rotatorien, Gastrotrichen, Kinorhynchen und Archiannelida der Arktis. Von SCHULZ & WULFF (1929) gibt es Daten über hydrographische Untersuchungen während einer Fischereireise in das Barentsmeer. Diese frühen ozeanographischen Forschungen wurden durchgeführt vom „Laboratorium für Internationale Meeresforschung“ in Kiel. Zwar konnten dabei nur wenige biologische Beobachtungen gemacht werden, umso mehr wurden detaillierte Aufzeichnungen von Temperatur und Salzgehalt dokumentiert.

Max Grotewahl organisierte 1925 eine Expedition nach Spitzbergen, die mit finanzieller Unterstützung des Kieler Magistrats durchgeführt wurde. In einem Brief an den Oberbürgermeister der Stadt Kiel von dieser Expedition vom 31. August 1925 berichtet er, dass ein Pass zwischen zwei Gletschern als „Kieler Pass“ benannt wurde (Nord-West Spitzbergen, 79°36' N, 11°53' O, 400 m ü. NN). Grotewahl gründete 1926, hervorgehend aus dem Expeditionsbüro, unter schwierigen finanziellen Bedingungen ein „Archiv für Polarforschung in Kiel“. Dieses sollte der Literatur- und Kartensammlung, weiteren Expeditionsvorbereitungen, Ausrüstungserprobung und den internationalen Beziehungen dienen. In mehreren Vorträgen warb er für eine deutsche Polarforschung und führte darin als wichtige Gründe Hoheitsansprüche, Siedlung, Bodenschätze, Fischerei, Luftverkehr und Wissenschaft an.

Zur Förderung des Archivs für Polarforschung und seiner Aufgaben wurde dann am 8. November 1927 die „Vereinigung zur Förderung des Archivs für Polarforschung in Kiel“ gegründet und am 8. Februar 1928 in das Vereinsregister beim Amtsgericht Kiel eingetragen (Stadtarchiv Kiel, 33445-63, -79). Ab 1931 gab die Fördervereinigung unter dem Vorsitz von M. Grotewahl die Zeitschrift „Polarforschung – Mitteilungen für die Vereinigung zur Förderung des Archivs für Polarforschung Kiel, e.V.“ heraus, einem zunächst schmalen Mitteilungsblattes von sechs bis acht kleinformatigen Seiten Umfang.

Nach dem Tod Grotewahls 1958 bot K. Tiedemann das Archiv der Stadt Kiel zum Kauf an (Stadtarchiv Kiel, Dok 33445, Brf. v. 30. 9. 1958). Die Stadt sah sich aus finanziellen Gründen nicht in der Lage, dem nachzukommen, sondern bat darum es der Universitätsbibliothek anzubieten, „da die Stadt äußerst daran interessiert ist, dass die Bücher in Kiel verbleiben“. Sei dies nicht möglich, soll er doch Sorge dafür tragen, das die Bibliothek in Deutschland bleibt (Stadtarchiv Kiel, Dok 33445, Brf. v. 14. 10. 1958). Dieses Archiv war ein Vorläufer des „Archivs für deutsche Polarforschung“ (AdP), das 2011 vom Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven gegründet wurde (SALEWSKI 2011)

DIE POLARFORSCHUNG IN KIEL SEIT DEM ZWEITEN WELTKRIEG

Der Aufbau der deutschen Polarforschung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ist von FLEISCHMANN (2005) ausführlich abgehandelt worden. Während er in seinem Buch das Alfred-Wegener-Institut in den Vordergrund stellte, liegt im Folgenden das Augenmerk vor allem auf der Entwicklung in Kiel und dem Institut für Polarökologie.

In Kiel beging man mit einer Feierlichkeit (Erste Internationale Polartagung) vom 18.–20. Juni 1951 den 25. Jubiläumstag des „Archivs für Polarforschung“. Dennoch ruhte nach dem Zweiten Weltkrieg die deutsche Polarforschung weitgehend für mehr als ein Jahrzehnt. Bei den Großmächten bestand dagegen durch den Kalten Krieg eine politische Motivation zur Wiederbelebung der Arktisforschung: Das Nordpolarmeer war für die Westmächte und die UdSSR zum großen, streng gehüteten militärischen Glacis geworden, das von ihnen intensiv erforscht wurde. Die meisten Ergebnisse waren aber der internationalen Forschergemeinschaft nicht zugänglich.

Die westdeutsche Meeresforschung – durchgeführt durch das Deutsche Hydrographische Institut (DHI, heute BSH) in Hamburg und dem Kieler Institut für Meereskunde (IfM) – engagierte sich aber seit 1955 in der Erforschung der Hydrographie des ost- und westgrönländischen Schelfs (KRAUSS 1958) und der arktischen Polarfront in der Grönlandsee. Im Auftrag des Internationalen Rates für Meeresforschung (ICES) plante und koordinierte Günther Dietrich den *International Polar Front Survey* als Beitrag zum Internationalen Geophysikalischen Jahr (IGY) 1958/59. Die westdeutschen Forschungsschiffe „Anton Dohrn“ und „Gauss“ nahmen mit jeweils zwei Expeditionen daran teil. Die Ergebnisse fasste Dietrich in einem großen Hydrographischen Atlas zusammen (DIETRICH 1969). Im Jahr 1959 verließ Dietrich das DHI und wurde Direktor des Instituts für Meereskunde in Kiel. Hier entwi-

ckelte er ein großes Programm zur Erforschung der Austauschprozesse zwischen dem Nordpolarmeer und dem Nordatlantik südlich des Grönland-Island-Färöer-Shetland-Rückens. Quasi-synoptische dreidimensionale Aufnahmen des „Overflow“ über die Island-Färöer-Schwelle setzten die wohlkoordinierte Beteiligung mehrerer Forschungsschiffe verschiedener Nationen voraus.

An das Institut für Meereskunde hatte Dietrich mehrere junge physikalische Ozeanographen (u. a. Wolfgang Krauß, Gerold Siedler, Gunther Krause) geholt, aber auch die Meereschemie unter Klaus Grasshoff und Planktologen unter Johannes Krey gestärkt. An diesen primär physikalisch-ozeanographischen Programmen beteiligten sich zunehmend auch Biologen und Meereschemiker. Daneben wurden – finanziert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten – 1961–1972 intensive „Fischerei-hydrographische Untersuchungen im Nordatlantik“ am IfM durchgeführt. Das Projekt arbeitete dazu in Meeresgebieten um Island, bei der Bäreninsel, vor Ostgrönland und in der Barentssee. Dietrich (1970) und Meincke (1972) fassten in weiteren hydrographischen Arbeiten über den Nordatlantik wesentliche Daten der Kieler Meereskunde zu diesem Seegebiet zusammen. So wurde das Institut für Meereskunde Kiel in den 1960er Jahren zu einem Zentrum der Erforschung der subpolaren Gewässer des Nordatlantiks. Nach dem frühen Tod von Dietrich 1972 wurde diese Tradition nur in Teilaspekten fortgesetzt.

Auch im terrestrischen Bereich begann mit dem Internationalen Geophysikalischen Jahr (IPY) 1958/59 für die deutsche Arktisforschung eine Phase geowissenschaftlicher Arbeiten auf Grönland insbesondere im Rahmen von internationalen Programmen, z. B. der „Expédition Glaciologique Internationale au Groenland“ (EGIG I). Es folgten glaziologisch-geographische Unternehmungen in Spitzbergen, sowohl seitens westdeutscher als auch ostdeutscher Wissenschaftler (BÜDEL 1960, 1961, PILLEWIZER 1963, 1964, 1967, WAGNER 1965). Kieler Wissenschaftler waren an diesen Unternehmungen kaum beteiligt. Wolf Herre aus dem Kieler Institut für Haustierkunde publizierte Ergebnisse seiner Rentierforschungen auf Spitzbergen (HERRE 1956). München und Münster waren dagegen deutsche Zentren geophysikalischer und geodätischer Polar- und Gletscherforschung

UNTERSUCHUNGEN IN DER ANTARKTIS – DER POLITISCHE RAHMEN

In den Anfängen des Kalten Krieges lockten die antarktischen Schelfeise als bombensichere Unterstände für Atom-U-Boote und die Eiskalotte des Kontinents als Testfeld für Nuklearexperimente und nukleare Endlager. Die USA und die Sowjetunion unternahmen mit hohem Einsatz an Personal und Logistik umfangreiche Expeditionen und richteten mehrere große Überwinterungsstationen ein. Die marine Antarktisforschung, an der sich vor allem Briten, Norweger, Japaner, die USA und die Sowjetunion, aber auch einzelne westdeutsche Biologen beteiligten, bestand größtenteils aus Begleituntersuchungen zum Walfang. Eine Öffnung zu internationaler Zusammenarbeit brachte das Internationale Geophysikalische Jahr 1957/58. Der darauf folgende Antarktisvertrag resultierte in einem Moratorium für militärische Aktivitäten.

Die Bundesregierung trat dem Vertrag aus rechtlichen Gründen bis in die 1970er Jahre nicht bei. Dann aber wollte sie nicht mehr abseits stehen bei der Weiterentwicklung des völkerrechtlichen Status des Antarktischen Kontinents und des Südlichen Ozeans. Im Institut für Internationales Recht der Universität Kiel beschäftigte man sich intensiv mit diesen Fragen. Später organisierte Rüdiger Wolfrum 1983 und 1985 in Kiel wichtige internationale Symposien zu Rechtsgrundlagen der Antarktis-Nutzung und -Forschung (WOLFRUM & BOCKSLAFF 1984, WOLFRUM 1986).

Nur wenige westdeutsche Wissenschaftler hatten in den ersten drei Nachkriegsjahrzehnten an ausländischen Antarktisexpeditionen teilgenommen, während Wissenschaftler der DDR schon früh geschätzte Partner auf sowjetischen Antarktisexpeditionen geworden waren. In der Bundesrepublik begann erst um 1975 eine Phase intensiver Antarktisforschung. Sie war wissenschaftlich motiviert und wurde von der Bundesregierung aber auch aus wirtschaftlichen Gründen vorangetrieben.

Das neue Interesse von Politik und Wirtschaft an der Antarktisforschung ging u.a. zurück auf das Gutachten des Club of Rome (MEADOWS et al. 1972) zu den begrenzten Ressourcen von Erdöl und Erdgas, sowie von Metallen und Grundnahrungsmitteln. Hinzu kam die Nationalisierung der Schelfmeere im Rahmen des neuen Seerechts, was die deutsche Hochseefischerei von ihren nordatlantischen Fanggründen vertrieb. Die Antarktis und das Südpolarmeer erschienen als unerschlossene, allgemein zugängliche Schatzkammern.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und die Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi) suchten daraufhin ab 1975/76 im Scotiameer und im Weddellmeer nach lebenden und mineralischen Ressourcen für die westdeutsche Wirtschaft. Darüber hinaus begann die BGR gemeinsam mit Geologen aus deutschen Universitäten ihr Antarktisprogramm GANOVEX zur geologischen Erforschung von Nord-Victorialand am Eingang des Rossmeeres.

Für die Aufnahme in die Konsultativrunde des Antarktisvertrags bedurfte es eines dauerhaften nationalen Engagements in der Antarktisforschung, etwa durch den ganzjährigen Betrieb eines Observatoriums. Diese Forderung löste in der Bundesrepublik eine Kettenreaktion aus, bei der einzelne Wissenschaftler, Ministerialbeamte und Parlamentarier als Katalysatoren wirkten. Geophysiker und Glaziologen empfahlen eine Antarktisstation auf dem Schelfeis des Weddellmeeres fernab von den bequemer erreichbaren Stationen anderer Nationen. Bau und Betrieb einer solchen Station erforderten ein eisbrechendes Versorgungsschiff, das – um die Wünsche der reinen und angewandten Meeresforscher zu erfüllen – auch ein veritables Forschungsschiff sein sollte.

Schließlich brauchte man ein nationales Polarinstitut, um die Antarktisstation und das Schiff zu betreuen und um die in den Universitäten aufblühende deutsche Polarforschung logistisch zu unterstützen; denn Wissenschaftsrat und Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) sahen den Schwerpunkt der westdeutschen Polarforschung bei den Universitäten. Mit dem Bau der Georg-von-Neumayer-Station und dem FS „Polarstern“ sowie der Gründung des Alfred-Wegener-Instituts für Polarforschung (AWI) wurden diese Forderungen erfüllt. Trotz einer Favorisierung Kiels durch die wissenschaft-

lichen Gremien und ausländische Gutachter wurde das Institut durch die Politik bestimmt in Bremerhaven eingerichtet. Zum Trost für Schleswig-Holstein wurde das Schiff aber in Rendsburg und Kiel gebaut. Mit Überwinterungsstation, Institut und Schiff erwarb die Bundesrepublik die „Eintrittskarte“ in die Konsultativrunde des Antarktisvertrags, den „Klub der Antarktisstaaten“ und wurde dank der Gastfreundschaft auf der „Polarstern“ hochgeschätztes Mitglied der internationalen Gemeinschaft der Polarforscher im Scientific Committee of Antarctic Research (SCAR).

DIE NEUE ROLLE DER KIELER MEERESFORSCHUNG IN DER ANTARKTIS

Neben der politischen und wirtschaftlichen Motivation für eine Wiederaufnahme der Antarktisforschung in Deutschland gab es drängende Fragen der Grundlagenforschung: Glaziologen, Geophysiker und Geodäten interessierten sich in diesem Zusammenhang für die Dynamik des Antarktischen Eisschildes, Geologen suchten nach antarktischen Anschlussstellen an die übrigen Teile des Urkontinents Gondwana. Kälte- und Trockenresistenz der terrestrischen Flora und Fauna der Antarktis beschäftigte Physiologen und Ökologen. In Kiel standen meereskundliche Problem im Vordergrund.

In der Anfangsphase der Klima-Modellierung war der Austausch zwischen Atmosphäre, Kryosphäre und Ozean – und damit auch der Südliche Ozean – in den Fokus meteorologischer und ozeanographischer Forschung in den Vordergrund gerückt. Die biologische Ozeanographie hatte sich seit der Indienstellung der „Meteor“ 1964 dem offenen Ozean zugewandt, besonders der Frage nach der Produktivität der verschiedenen Teile des Weltmeeres. In diesem Kontext faszinierten die vermeintlich kurze Nahrungskette Kieselalgen – Krill – Wale und das antarktische Paradoxon: niedrige Produktion bei hoher Nährstoffkonzentration. Ein reiches Potential an gut ausgebildeten Nachwuchskräften aus dem Institut für Meereskunde suchte nach neuen Betätigungsfeldern und begünstigte so den Aufbau einer marinen Polarforschung.

Im „Zweiten Gesamtprogramm für die Meeresforschung in der Bundesrepublik“ für 1971–1975 standen bei den Fischereiwissenschaften bereits der antarktische Wassergürtel als größtes geschlossenes Produktionsgebiet der Meere im Blick. Es ging um die Nutzung von Fisch- und Krillbeständen in internationaler Kooperation und die Planung von Expeditionen. Die Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi) führte 1975/76 und 1977/78 Expeditionen mit dem Fischereiforschungsschiff „Walther Herwig“ und einem kommerziellen Fang- und Fabrikschiff große Expeditionen ins das Scotiameer und die Gewässer der Antarktischen Halbinsel zur Abschätzung der Krill- und Fischbestände und ihrer potentiellen kommerziellen Nutzung durch.

In der Saison 1981/82 folgte eine weitere Fangreise der „Walther Herwig“ in das gleiche Seegebiet. Leiter des Forschungsprogramms war Dietrich Sahrhage von der BFAFi in Hamburg. Seine Planungen sahen ein intensives biologisches Begleitprogramm vor, für das die fischereibiologische Abteilung des Instituts für Meereskunde unter Leitung von Gotthilf Hempel das nötige Personal für die Gewinnung

und Aufarbeitung der Fangproben bereitstellte, die Arbeitsgruppe Antarktisforschung. Ein weiterer Meilenstein war die deutsch-britische Expedition mit der „John Biscoe“ 1982. Diese anwendungsorientierten Expeditionen lieferten damit auch wichtige Beiträge der ozeanographischen und biologischen Grundlagenforschung zwischen 1975 und 1982 und bildeten einen wesentlichen Bestandteil der Kieler Meeresforschung.

Das große internationale Programm BIOMASS (Biological Investigations of Marine Antarctic Systems and Stocks) zur Ergründung der biologischen Ressourcen der Antarktis führte auch in der Kieler Meeresforschung zu neuen Beteiligungen an der Antarktisforschung. Mehrere Kieler Wissenschaftler unter Federführung von G. Hempel beteiligten sich daran und engagierten sich in den Kommissionen SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research) und SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research) (HEMPEL 1982). An beiden großen Expeditionen dieses Programmes FIBEX (First International BIOMASS Experiment) 1980/81 und SIBEX (Second International BIOMASS Experiment) 1983-85 nahmen zahlreiche Kieler Wissenschaftler teil, an letzterem auch Wissenschaftler des IPÖ an Bord der „Polarstern“. An der FIBEX-Expedition von „Walther Herwig“ und „Meteor“ 1980/81 war neben dem IfM auch der damalige Sonderforschungsbereich (SFB) 95 der Universität Kiel aktiv beteiligt (ANONYMUS 1981, GERLACH 1981, HEMPEL et al. 1982, KLAGES 1982).

DIE GRÜNDUNG DES INSTITUTS FÜR POLARÖKOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT KIEL

In Kiel hatte man sich 1979 große, sachlich gut begründete Hoffnungen auf das Polarinstitut gemacht, dem man ein fruchtbares wissenschaftliches Umfeld bieten wollte. Als der Standortwettbewerb für das deutsche Polarinstitut schließlich zugunsten von Bremerhaven entschieden worden war, beschloss man in Kiel, trotzdem weiterhin Polarforschung schwerpunktmäßig zu betreiben. Landesregierung und Universitätsspitze hatten sich bei der Bewerbung auf den Ausbau der marinen Polarforschung, insbesondere im Bereich der Biologie verständigt und beträchtliche Landesmittel dafür vorgesehen. Die Fokussierung auf die Ökologie der Polargebiete unter Einbeziehung der am IfM existierenden Gruppe von Polarbiologen sollte dem Kieler Engagement und der Universität ein Alleinstellungsmerkmal innerhalb der deutschen Polarforschung geben. Aus diesen Überlegungen heraus wurde 1982 das Institut für Polarökologie (IPÖ) der Christian-Albrechts-Universität (CAU) zu Kiel gegründet.

Der Haushalt des IPÖ wurde aus einer gesonderten Titelgruppe des Finanzministeriums bestritten. Ursprünglich waren darin drei Lehrstühle vorgesehen, je einer für marine und terrestrische Biologie sowie für Biochemie und Physiologie der Organismen. In einem Schreiben der CAU an das Ministerium vom Januar 1980 ging die Planung von zwei Lehrstühlen und zwei weiteren Professuren (C3) aus. Bereits im Juli 1980 definierte eine Kommission aus Vertretern verschiedener Disziplinen die Aufgaben des zu gründenden Instituts in der Denkschrift der Kieler Universität zur Ansiedlung des Polarinstituts: „*Erforschung der Ökosysteme von Arktis und Antarktis, Ökophysiologie der Organismen, ergänzende Lehre*

im biologischen Aufbau- und Ergänzungsstudium“. Diesem Vorschlag hatten die Sektionen Biologie und Meereskunde der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät zugestimmt. Der Senat der CAU begrüßte die Initiative zur Gründung des IPÖ und sah damit eine Bündelung Kieler Polarforschungsaktivitäten gewährleistet. Die Polarökologie sollte ein integraler Bestandteil der Erforschung der Polargebiete an der CAU werden.

1981 umfasste die Kieler Arbeitsgruppe Antarktisforschung 18 Mitarbeiter, vor allem aus dem IfM, wo sich (s. o.) eine leistungsfähige marine Polarbiologie etabliert hatte. Eine Bestandsaufnahme aller zumindest partiell an Polarforschung interessierten Mitglieder der CAU erbrachte um 1980 eine Zahl von 40–60 Personen aus Themenfeldern der Biologie, Physik, Geowissenschaften und Jura. Die Polarforschung war also an der Universität Kiel breit vertreten. Mit der Gründung des IPÖ sollte diese Entwicklung konsolidiert werden. Innerhalb der Universität wurden die Kooperationen mit dem IfM Kiel und den anderen biologischen Instituten hervorgehoben. Interdisziplinäre Kontakte bestanden außerdem mit den Geowissenschaften, dem Institut für Angewandte Physik und weiteren gemeinsamen Einrichtungen der CAU.

Das IPÖ, so wurde in den Gründungspapieren festgestellt, füge sich in das Arbeitsprogramm der Bundesregierung ein. In Übereinstimmung mit dem von Wissenschaftsrat, DFG und Bundesregierung entwickelten Konzept für die deutsche Polarforschung sollte das Institut eine der Säulen deutscher Polarforschung werden, neben dem Alfred-Wegener-Institut (AWI), den Bundesforschungsanstalten BFAFi und BGR, und den Einrichtungen der Hochschule. Die Zusammenarbeit zwischen diesen Institutionen sollte vertraglich vereinbart werden. Kiel sollte in diesem Rahmen am Schwerpunkt Ökologie teilhaben. Die Gründung des IPÖ an der CAU Kiel wurde als komplementäre Maßnahme zum Aufbau einer entsprechenden Arbeitsgruppe am AWI gesehen. Die finanzielle Förderung der Polarforschung sollte vor allem im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Antarktisforschung“ der DFG und mit Hilfe weiterer Zuwendungen durch das DFG-Normalverfahren und Mittel des BMFT (heute BMBF) erfolgen.

Am 10. Dezember 1980 berief die Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der CAU die Professoren Adelson, Dierssen, Hempel und Wünnenberg in eine Gründungskommission für das Institut für Polarökologie. Sie sollten vor allem die Berufungen der Hochschullehrer betreiben. Am 14. Januar 1981 verankerte die Fakultät das Institut in ihrer Satzung. Nach sechs Wochen widerrief die Fakultät ihren Beschluss. Erst ein Jahr später wurde schließlich die Satzung des Instituts im Nachrichtenblatt des Kieler Kultusministeriums veröffentlicht. Für den September 1981 war der Umzug der Arbeitsgruppe in die Räume des Physikzentrums vorgesehen. Das erste internationale Großprojekt war die Teilnahme an der Antarktisexpedition mit dem britischen Forschungsschiff „John Biscoe“.

Anlässlich der 20-Jahrfeier des IPÖ am 9. November 2012 fasste Hempel (2003) in den „Mitteilungen zur Kieler Polarforschung“ die Gründungsgeschichte des Instituts zusammen; daraus einige Auszüge:

„*Die Gründung des IPÖ war die trotzige Antwort auf die aus wissenschaftlicher und ökonomischer Sicht unsinnige*

Entscheidung der Bundesregierung, das Polarinstitut nicht in Kiel, sondern in Bremerhaven anzusiedeln. Bereits am 6. Januar 1980, vier Wochen nach dem Standortbeschluss vom 9. Dezember 1979, legte ich der Universität eine Denkschrift zur „Institutionalisierung der Polarökologie in Kiel“ vor. Darin empfahl ich die Gründung des IPÖ. Seit 1975 interessierten sich die Bundesforschungsanstalten für Geowissenschaften und Rohstoffe und für Fischerei für die Ressourcen der Antarktis. Sie versicherten sich dabei der wissenschaftlichen Unterstützung befreundeter Universitätsinstitute. Der BMFT finanzierte die Teilnahme einer großen Gruppe von Kieler Meeresbiologen an den Krill- und Fischexpeditionen der BFA für Fischerei in den Südsommern 1975/76 und 1977/78.

Meine Denkschrift traf in Kiel auf offene Ohren. Der Zorn über die Standortentscheidung für das Polarinstitut setzte in der Landesregierung und der Universitätsspitze Kräfte frei, die etwas von dem realisieren wollten, was man sich hier von einem Kieler AWI erhofft hatte: Die Zusammenführung der vielfältigen, hier entstandenen Polaraktivitäten in einem leistungsfähigen Institut.

Die politischen Voraussetzungen für die Gründung des IPÖ waren Anfang 1980 günstig. Das Land Schleswig-Holstein hatte eine beträchtliche Morgengabe für das AWI eingeplant. Dieses Geld – oder wenigstens einen Teil davon – wollten wir in der Kieler Polarforschung dauerhaft anlegen und damit Projektmittel der DFG und des BMFT anlocken.

Vorübergehend überlegte man, die Polarökologie innerhalb des Instituts für Meereskunde als elfte Abteilung anzusiedeln. Aber das traf auf persönliche, wissenschaftliche und finanzielle Widerstände. Die beste Lösung schien daher ein selbständiges Institut der Universität mit einem eigenen Haushaltstitel.

Am 20. Juni 1980 teilte der Kultusminister dem Präsidium der Universität mit, dass er erhebliche zusätzliche Mittel einschließlich 14 Planstellen zweckgebunden für das Forschungsgebiet Polarökologie innerhalb der Universität zur Verfügung stellen wolle. Das Präsidium bat daraufhin die Fakultät um Prüfung und Ausgestaltung des Vorschlages für ein Institut für Polarökologie im Rahmen der Math.-Nat.-Fakultät. Diese setzte eine Kommission ein, die zwei wissenschaftliche Schwerpunkte empfahl: Erforschung der Ökosysteme in Arktis und Antarktis sowie Ökophysiologie von Polarorganismen.

Vier Arbeitsgruppen sollten eingerichtet werden: Analyse von Ökosystemen, Populationsdynamik, Autökologie, Ökophysiologie, jeweils besetzt mit einem Hochschullehrer und zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern, wobei der Kontinuität langfristiger Forschungsvorhaben in Polargebieten durch die Einrichtung von Funktionsstellen Rechnung getragen werden sollte. Zwei Ingenieure und sechs technische und administrative Mitarbeiter wurden gefordert, also insgesamt 20 Planstellen, wobei man davon ausging, dass eine größere Anzahl von Drittmittel-Wissenschaftlern und -Technikern am Institut tätig sein würde ... Das Institut sollte zum Aufbau- und Ergänzungsstudium der Fakultät beitragen, aber keinen eigenen Studiengang Polarökologie anbieten.“

DIE ENTWICKLUNG DES INSTITUTS FÜR POLARÖKOLOGIE 1982–2013

Nach der Gründung des IPÖ begann eine sehr rege Phase von polaren Forschungsaktivitäten, an denen viele Bereiche der

Universität – Geowissenschaftler neben Biologen und Juristen – beteiligt waren. Das Institut sollte alle Aktivitäten der CAU in Polargebieten bündeln und als Forum nach außen dienen.

Die Forschung am IPÖ fokussierte sich in der ersten Zeit auf die Arbeitsgruppen Marine und Terrestrische Biologie der Antarktis. Ausschreibungen für weitere Professuren wurden aber eingeleitet. Die Professoren Hempel und Kappen wurden im März 1984 zu Direktoren des Instituts bestellt. Für die Fachrichtungen Marine Biologie und Botanisch-Terrestrische Ökologie wurden ausführliche Forschungskonzepte erstellt. Außerdem befassten sich die Lehrenden des IPÖ mit der Einrichtung eines Studienganges „Polarökologie“, der eine Spezialisierung für das Biologie-Hauptstudium nach dem Vordiplom vorsah.

Professor G. Høpner Petersen vom Zoologischen Museum Kopenhagen wurde 1986–1988 als Gastprofessor zur Lehrstuhlvertretung für die vakante Professur nach einem Beschluss des Konvents der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät vom 27.11.1985 berufen. Nachfolgend (1.4.–31.12.1988) vertrat Prof. C. Hopkins vom Norwegian College of Fishery Science/University of Tromsø diese Stelle.

In den Kieler Nachrichten vom 18. Dezember 1987 ist unter der Überschrift „Polarforscher besiegeln Zusammenarbeit“ zu lesen, dass ein Kooperationsvertrag zwischen der CAU und AWI Bremerhaven zur wissenschaftlichen und logistischen Kooperation geschlossen wurde. Ebenfalls in diesem Jahr fand in Kiel ein erster „Polartag“ statt, auf dem Forschungsergebnisse der ersten „Polarstern“-Expeditionen vorgestellt und diskutiert wurden. Diese Veranstaltungen reihten sich weiterhin in jährlichem Wechsel mit dem AWI in Kiel und Bremerhaven.

Weil die expandierenden Arbeitsgruppen größeren Platzbedarf anmeldeten, beschäftigte sich die Institutsleitung 1986 intensiv mit der Konzeption eines Neubaus im „Ökozentrum/Ökologikum“, der für die Jahre 1987/1989 geplant war. Allerdings ergab sich dann 1987, dass dieses Vorhaben einer längeren Prüfung bedurfte in deren Verlauf es letztlich eingestellt wurde. Dadurch wurde eine Neukonzeption für die Deckung des Raumbedarfes nötig, die eine Weiterentwicklung des Instituts sicherstellen sollte. Dies geschah auch mit dem Hinweis, dass die Polarforschung eine Besonderheit der CAU sei, mit der sie sich im Wettbewerb der Universitäten ausweisen könne.

Weiterhin wurde eine mögliche Kooperation mit dem Ökologiezentrum in Betracht genommen. Es wurde aktiv ein „Zentrum für Ökologie und Polarforschung“ geplant, in dem sich die ökologische Forschung und Lehre der CAU konzentrieren sollte. Ausgangspunkt war 1988 ein Gutachten des Wissenschaftsrates zur Situation des Bereichs Ökologie in Kiel. In diese Diskussion waren auch die Kooperationen mit dem AWI und dem Institut für Meereskunde Kiel einbezogen, da eine kooperative Form der Polarforschung vom Wissenschaftsrat 1979 ausdrücklich empfohlen worden war. Damals gab es bereits konkrete Ansätze zu Forschungen zum Themenkreis „Global Change in den Polargebieten“.

Das Institut baute schnell eine enge und fruchtbare, arbeitsteilige Kooperation mit dem AWI auf. Bald waren die Kieler

Meeresforscher, besonders Biologen aus dem IPÖ, die stärkste auswärtige Nutzergruppe auf der „Polarstern“. Es war die Zeit der Bestandsaufnahmen der Fauna des Weddellmeeres und seines Ökosystems. Das IPÖ mit seinem regelmäßigen Zyklus polarökologischer Lehrveranstaltungen war eine Brutstätte, aus der das AWI seinen biologischen Nachwuchs bezog.

K. Lochte, heutige Direktorin des AWI, schrieb dazu in ihrem Grußwort zum 30-jährigen Institutsjubiläum am 9. November 2012:

„Das AWI und das IPÖ sind Geschwister, die zusammen aufgewachsen sind und sich gegenseitig geholfen haben. Kollegen und Kolleginnen des IPÖ waren und sind immer willkommene Gäste auf den Schiffen und in den Polarstationen, insbesondere auf Spitzbergen. Eine große Leistung des IPÖ und insbesondere von Michael Spindler war die hervorragende Ausbildung von Studenten und Doktoranden in Polarökologie. Viele junge AWI-Wissenschaftler im Fachbereich Biologie kamen in den letzten 30 Jahren aus dem IPÖ und umgekehrt sind Wissenschaftler aus dem AWI ins IPÖ gegangen, so wie z.B. Michael Spindler und Rolf Gradinger. Dieser Austausch hat immer wieder bewirkt, dass die Themen beider Institute miteinander in Verbindung standen und sich gegenseitig befruchteten.“

1988 trat innerhalb der CAU die Diskussion um den Hochschulentwicklungsplan in den Vordergrund. Umschichtungen innerhalb der Universität sollten zu einer Verbesserung der finanziellen Situation führen. Die Einrichtungen wurden zur Herausarbeitung von Schwerpunkten in entsprechenden Selbstdarstellungen aufgefordert. Grundlage hierfür waren Empfehlungen des Wissenschaftsrates, die eine Förderung des Wettbewerbs zwischen den Hochschulen zum Ziel hatten. Das IPÖ meldete hieraufhin, mit dem Verweis auf die Empfehlung des Wissenschaftsrats, seinen erweiterten Platzbedarf wegen des wachsenden Personalbestandes durch Drittmittelinwerbungen sowie aufgrund der allgemeinen positiven Entwicklung der Polarforschung in Deutschland an.

Überraschend verlor das IPÖ 1989 die direkte Finanzierung aus dem Landeshaushalt und wurde in den Grundhaushalt der CAU eingegliedert. Dies führte zu einer merklichen Kürzung der Mittel und man musste sehr kurzfristig neue Dispositionen einleiten, insbesondere vor dem Hintergrund noch bestehender Verbindlichkeiten. Das Ministerium verwies in einem Schreiben dazu auf die anstehenden Struktur- und Entwicklungspläne der CAU, die ihr anhaltendes Interesse an der Polarökologie bekundete und im Struktur- und Entwicklungsplan ausdrücklich auf diese Besonderheit der Kieler Universität hinwies.

Ende des Jahres 1989 wurde die noch vakante Professur für Polarökologie ausgeschrieben. Den Ruf auf die Professur am Institut nahm 1991 Michael Spindler vom AWI Bremerhaven an. In den folgenden Jahren bestimmte er federführend als Direktor des IPÖ die Geschehnisse des Instituts, vor allem nach der Emeritierung von G. Hempel (1994) und der Pensionierung von L. Kappen (2000). Er wurde Nachfolger von G. Hempel als Sprecher des polar orientierten DFG-Schwerpunktprogramms, das sich jetzt „Antarktisforschung mit vergleichenden Untersuchungen in arktischen Eisgebieten“ nannte.

1991/92 erfolgte der Umzug des Instituts auf das Gelände

des Seefischmarktes, nachdem das Vorhaben, die ökologischen Bereiche der CAU auch örtlich zusammenzufassen, nicht realisiert werden konnte. Dieser Umzug war mit einer deutlichen räumlichen Erweiterung und entscheidenden Verbesserungen der logistischen und wissenschaftlichen Infrastruktur verbunden. Der Umzug bot die Voraussetzung für die verstärkte Einwerbung von Drittmitteln und, damit verbunden, für den personellen Ausbau und die thematische Verbreiterung der Forschungsthemen.

Der Ausbau der Drittmittelforschung am Institut war verknüpft mit einer noch stärkeren Einbindung der meisten Arbeiten des IPÖ in übergeordnete interdisziplinäre, nationale und internationale große Forschungsprojekte, wie zum Beispiel dem SFB 313 „Veränderungen der Umwelt – Der nördliche Nordatlantik“. Neben dem AWI wurde das GEOMAR Kiel zum wichtigsten Kooperationspartner in vielen Forschungsprojekten vor allem im Rahmen der BMBF-geförderten Verbundvorhaben „Global Change – Ökologie grönländischer und sibirischer Schelfgebiete“ und „System Laptev Sea“, dem DFG-geförderten Kieler Exzellenzcluster „The Future Ocean“ und dem Langfristprojekt „Frühwarnsysteme für globale Umweltveränderungen und ihre historische Dokumentation in natürlichen Klimaarchiven“ der Mainzer Akademie der Wissenschaften und der Literatur. Besonders intensiv war die langjährige und bis heute andauernde Zusammenarbeit mit den geowissenschaftlichen Arbeitsgruppen von J. Thiede und H. Kassens. Diese transdisziplinären Kooperationen waren für die ökologischen Forschungen des IPÖ befruchtend und erschlossen thematisch und geographisch neue Arbeitsgebiete der marinen und terrestrischen Polarforschung.

Aus Drittmittelprojekten wurden in der Zeit des Bestehens des IPÖ fast 50 Stellen für Doktoranden eingeworben, darunter von der DFG 18, der EU 7, des BMBF 16 sowie weitere Stellen aus anderen Projekten. Aus dem Institutshaushalt konnten 25 Promotionsvorhaben finanziert werden. Im Bereich des technischen Personals waren 11 Personen aus Institutsmitteln beschäftigt und drei aus Drittmittelprojekten. Insgesamt waren seit 1982 am IPÖ 87 Personen in unterschiedlicher vertragsweise beschäftigt.

Initiativen des IPÖ im Jahr 2000 und danach und eine Reihe positiver Bewertungen zu Studium und Lehre sowie zu Publikationen und Forschungsarbeiten am Institut konnten aber letztlich nicht verhindern, dass in den weiteren Strukturplänen der CAU die Schließung des IPÖ vorgesehen wurde, spätestens mit dem Ausscheiden von Prof. Spindler aus dem aktiven Dienst 2009. Bis zu seiner Schließung im November 2013 hat das IPÖ zwar seinen Status als Institut der Universität erhalten, es ist aber personell und räumlich unter eine kritische Größe geschrumpft. Die kommissarische Leitung wurde Prof. M. Bölter übertragen.

VERÖFFENTLICHUNGEN DES INSTITUTS FÜR POLARÖKOLOGIE

Das umfangreiche Verzeichnis unseres Berichtes an wissenschaftlichen Ergebnissen der Polarforschung ist nach verschiedenen Gesichtspunkten untergliedert. Im Laufe von drei Jahrzehnten betreuten die Dozenten des Instituts im Rahmen ihrer Lehrtätigkeit an der Kieler Universität aber auch zahl-

reiche Diplomarbeiten und einzelne Doktorarbeiten, die sich nicht mit polarökologischen Themen befassten, sie waren ein integraler Bestandteil des IPÖ sind jedoch in den folgenden Verzeichnissen nicht berücksichtigt.

In zusammenfassender Weise wurde über Fortschritte und Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeiten des IPÖ regelmäßig in den Forschungsberichten der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen-Fakultät der CAU berichtet (Hempel & Kappen 1985, 1987, 1990, Hempel et al. 1992, Hempel & Spindler 1995, Spindler 1997, 2000).

Wissenschaftlich besonders hervorzuheben sind die sechs Habilitationsschriften (Tab. 1) die im IPÖ entstanden sind und in denen Forschungsergebnisse wissenschaftlicher Teilgebiete der Polarforschung im größeren Zusammenhang dargestellt sind.

Tabelle 1

<i>Bölter, M.</i> (1993): Vergleichende Untersuchungen zur mikrobiellen Aktivität in Böden und an Kryptogamen aus der kontinentalen und maritimen Antarktis.- Habilschrift, Math.-Nat. Fakultät, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 201 S.
<i>Gradinger, R. R.</i> (1998): Environmental controls of Arctic pack ice algal composition and development – a synopsis. Part A and B.- Habilschrift, Math.-Nat. Fakultät, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 82 S.
<i>Hagen, W.</i> (1996): The role of lipids in the ecology of polar plankton and nekton – a synopsis.- Habilschrift, Math.-Nat. Fakultät Christian-Albrechts-Universität Kiel, 124 S.
<i>Hubold, G.</i> (1991): Zur Ökologie der Fische im Weddellmeer.- Habilschrift, Math.-Nat. Fakultät, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 157 S.
<i>Piepenburg, D.</i> (1997): Brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) in benthic ecosystems of Arctic seas.- Habilschrift, Math.-Nat. Fakultät, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 91 S.
<i>Werner, I.</i> (2005): Seasonal dynamics, cryo-pelagic interactions, and metabolic rates of Arctic and Baltic pack-ice and under-ice fauna.- Habilschrift, Math.-Nat. Fakultät, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 73 S.

Tab. 1: Habilitationsschriften von Mitarbeitern des Instituts für Polarökologie.

Tab. 1: Habilitation treatises of members of the Institute for Polar Ecology.

In der überwiegenden Mehrzahl fußen die wissenschaftlichen Publikationen des IPÖ auf den Arbeiten von Diplomanden (Tab. 2), Doktoranden (Tab. 3) und Nachwuchswissenschaftlern, denn der Stab an fest angestellten Wissenschaftlern am IPÖ war immer klein. Die meisten Diplomarbeiten und Dissertationen wurden schnell in extenso in der Reihe „Berichte zur Polarforschung/Reports of Polar Research“ des AWI veröffentlicht. Anschließend gingen die wichtigsten Ergebnisse, die meist gemeinsam mit anderen Wissenschaftlern erarbeitet worden waren, in rezensierte Publikationen in internationale Fachzeitschriften ein. Damit haben sie wesentlich zum hohen Bekanntheitsgrad und guten Ruf des Instituts in der nationalen und internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft der Polarforscher beigetragen.

Tabelle 2

<i>Auel, H.</i> (1995): Die horizontale und vertikale Verbreitung des Mesozooplanktons im europäischen Sektor des Nordpolarmeeres: Übersicht und Daten.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–76.
<i>Basedow, S.</i> (2002): Advection of zooplankton in an Arctic fjord (Kongsfjorden, Svalbard).- IPÖ, Univ. Kiel, 1–55.
<i>Bluhm, B.</i> (1997): Zur Ökologie der regulären Seeigel im nördlichen Barentsmeer.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–77.
<i>Buschbom, J.</i> (1995): Differenzierung von epilithischen subarktischen Flechtengemeinschaften nach ihren mikroklimatischen Bedingungen.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–100.
<i>Dickmann, M.</i> (2002): Hartsubstratbesiedlung in einem Rinnensystem der tiefen Grönlandsee.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–49.
<i>Dorrien, C. F. von</i> (1989): Ichthyoplankton in Abhängigkeit von Hydrographie und Zooplankton im Weddellmeer.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–67.
<i>Falk, K.</i> (1990): Photosyntheseleistung ausgewählter Flechten der Antarktis und spanischer Hochgebirgsstandorte – ein Vergleich.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–118.
<i>Fehling, J.</i> (2000): Sympagische Protistengemeinschaften im arktischen Packeis der Framstraßenregion.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–86.
<i>Friedrich, A.</i> (1992): Zum Lipidgehalt hochantarktischer Fische.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–80.
<i>Gradinger, R. R.</i> (1986): Die Phytoplanktonverteilung in der Framstraße zwischen Grönland und Spitzbergen.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–94.
<i>Gryczan, A.</i> (1999): Zur Ökologie arktischer Gorgonocephaliden (<i>Gorgonocephalus arcticus</i> , <i>G. eucnemis</i> ; Echinodermata: Ophiuroidea).- IPÖ, Univ. Kiel, 1–66.
<i>Hagen, W.</i> (1983): Untersuchungen zur Verbreitung und Ökologie antarktischer Chaetognathen.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–107.
<i>Hanssen, H.</i> (1993): Zur Verteilung der oberflächennahen Zooplanktons im europäischen Nordpolarmeer.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–97.
<i>Hardt, M.</i> (2002): Abundanzen, Diversitäten und Besiedlungsmuster benthischer Peracarida (Crustacea, Malacostraca) der Expedition ARK XI-2 (79N) vor Nordost-Grönland.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–109.
<i>Härtling, S.</i> (1991): Die Aktivität von Verdauungsenzymen bei <i>Pleurogramma antarcticum</i> .- IPÖ, Univ. Kiel, 1–69.
<i>Karas, P.</i> (2003)*: Zur Nahrungsökologie von <i>Munida subrugosa</i> (Decapoda: Anomura: Galatheidae) in den Gewässern der Magellanregion, Südchile.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–99.
<i>Keller, R.</i> (1982): Untersuchungen am Ichthyoplankton der Weddell-See, insbesondere an <i>Pleurogramma antarcticum</i> (Boul. 1902).- IPÖ, Univ. Kiel, 1–85.
<i>Kiess, N.</i> (2004)*: Sichtbarkeit auftauchender mariner Warmblüter in Abhängigkeit von exogenen Faktoren.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–120.
<i>Knickmeier, K.</i> (1989): Bestimmung der Fressrate arktischer Copepoden mittels Magenfluoreszenz-Methode.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–82.
<i>Kotzerka, J.</i> (2002)*: Räumlich-zeitliche Aktivitätsmuster der Dominikanermöwe (<i>Larus dominicanus</i>) in Nordchile.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–66.
<i>Kramer, M.</i> (2007): Studies on the sympagic meiofauna in the pack ice of the Weddell Sea (Antarctica) in winter.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–128.
<i>Krapp, R. H.</i> (2002): Ecological studies on echinoderms in Svalbard waters.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–55.
<i>Krey, A.</i> (2004): Contaminants in polar bears (<i>Ursus maritimus</i>).- IPÖ, Univ. Kiel 1–67.
<i>Kunzmann, A.</i> (1986): Kiemenmorphometrie von zwei antarktischen Fischarten: <i>Pleurogramma antarcticum</i> und <i>Notothenia gibberifrons</i> .- IPÖ, Univ. Kiel, 1–84.
<i>Kurbjeweit, F.</i> (1989): Untersuchungen zur Lage und Struktur von Sensillen bei calanoiden Copepoden (<i>Calanus glaziales</i> , <i>Pareuchaeta norvegica</i> , <i>Metridia longa</i>).- IPÖ, Univ. Kiel, 1–125.
<i>Kühl, S.</i> (1984): Populationsgenetische Untersuchungen am Krill (<i>Euphausia superba</i>).- IPÖ, Univ. Kiel, 1–57.

Linse, K. (1996): Die Verbreitung epibenthischer Mollusken im chilenischen Beagle-Kanal.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–104.

Lischka, S. (1997): Zur Verteilung und Ökologie des arktischen Mesozooplanktons auf dem Laptewmeerschelf.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–79.

Ludynia, K. (2003)*: Ernährungsökologie der Dominikanermöwe (*Larus dominicanus*) im Auftriebsgebiet des Humboldt-Stroms.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–81.

Marquardt, M. (2010): Studies on sympagic meiofauna in fast and pack ice in the southeastern Beaufort Sea (Canadian Arctic).- IPÖ, Univ. Kiel, 1–80.

Mayer, M. (1995): Epibenthische Besiedlungsmuster am nordostgrönländischen Kontinentalrand.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–61.

Meiners, K. (1999): Zur Dynamik des mikrobiellen Nahrungsnetzes im arktischen Meereis.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–86.

Metz, C. (1993): Verbreitung von Cyclopoida (Copepoda, Crustacea) im Weddellmeer.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–81.

Mock, T. (1998): Ökologische Untersuchungen zur Frühjahrsentwicklung arktischer Meereisalgengemeinschaften.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–87.

Mumm, N. (1987): Zur Ernährungsökologie des Krills (*Euphausia superba*) im Winter – Untersuchungen anhand der Verdauungsenzyme Amylase und Trypsin.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–74.

Obermüller, B. (1999): Charakterisierung arktischer Mesozooplanktongemeinschaften während einer Winter-/Frühjahrs-Übergangsperiode.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–112.

Obstfeld, H. (1991): Zooplankton-Verteilung in der südlichen Drake-Passage.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–62.

Pescheck, F. (2006): UV-Schutzmechanismen mariner Grünalgen.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–56.

Piatkowski, U. (1982): Beiträge zur Verbreitung des Makrozooplanktons in der Scotia Sea und ihrer angrenzenden Gebiete.- Institut für Meereskunde, Univ. Kiel, 1–149.

Porzelt, M. (2001)*: Einfluss von "cold seeps" auf benthische Besiedlungsmuster am "Hydrate Ridge", Cascadia-Subduktionsstelle, Nordost Pazifik.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–47.

Redwanz, K. (2002): Untersuchungen zur Wachstumsrhythmik antarktischer Bryozoen.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–48.

Reinke, M. (1982): Ökophysiologische und populationsdynamische Untersuchungen an *Salpa thompsoni* FOXTON.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–45.

Richling, I. (1998): Auswertung der Molluskenfauna des Expeditionsmaterials von Transdrift 1 und ARK IX/4 (1993) aus dem Laptewmeer.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–109.

Schmid, M. K. (1990): Zur Zonierung der Bodenfauna im Diskofjord (Westgrönland).- IPÖ, Univ. Kiel, 1–62.

Schulz, B. (1999): Bodenmikrobiologische Untersuchungen an einem Low-Center-Polygon im Lena-Delta.- IPÖ und Inst. Pflanzenernährung & Bodenkunde, Univ. Kiel, 1–59.

Schulz, F. (1993): Beiträge zur Floristik und Ökologie von Bryophyten auf Livingston Island, Süd-Shetland Inseln, Antarktis.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–128.

Schünemann, H. (2001): Die Metazoengemeinschaften des arktischen Packeises.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–53.

Seiler, D. (1995): Jahreszeitliches Vorkommen von Crustacea aus Sinkstoff-fallenproben in drei Tiefenhorizonten der Grönlandsee.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–61.

Seuthe, L. (2005): The role of mesozooplankton on the vertical export of biogenic matter on an Arctic shelf.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–63.

Soethe, N. (2000): Mikrobiologische Prozesse während des Frühjahrs in einigen subpolaren Grünland- und Waldböden Nordnorwegens.- Inst. Pflanzenernährung und Bodenkunde & IPÖ, Univ. Kiel, 1–96.

Sommerfeldt, A. D. (1997)*: Untersuchungen über das Phänomen der Chimärenbildung bei *Diplosoma listerianum* (Tunicata, Urochordata).- IPÖ, Univ. Kiel, 1–103.

Sonnabend, P. (1991): Mikroklimatische Differenzierung der Ansiedlung von Flechten.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–120.

Sswat, M. (2012): Impact of bottom trawling on epibenthic communities north of Svalbard (Arctic).- IPÖ, Univ. Kiel, 1–96.

Steffens, M. (2001): Makrobenthische Verbreitungsmuster im Laptewmeer in Beziehung zu Umweltbedingungen.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–76.

Stübing, D. (1998): Zur Nahrungsökologie ausgewählter Benthostiere des arktischen Nordatlantik.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–82.

Stiefke, L. (1994) Zum Nahrungsspektrum von *Arctogadus glacialis* auf dem Nordost-Grönländischen Schelf.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–82.

Thor Straten, M. (2003)*: Nahrungsaufnahme und Verdauung bei Spheniscus Pinguinen.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–95.

Tuschling, K. (1996): Die neritischen Phytoplanktongemeinschaften des Laptewmeeres.- Inst. f. Pflanzenwissenschaften, Univ. Göttingen, 1–87.

Vogedes, D. (2003): Spatial dynamics of zooplankton in an Arctic fjord.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–34.

Vofß, J. (1982): Respiration von *Euphausia superba* Dana und *Meganycitiphanes norvegica* (M.Sars) in Abhängigkeit von Größe und Temperatur.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–87.

Waldenmaier, C. (2001): Einfluss von hydrothermale Austritt auf Besiedlungsmuster des Epibenthos am Hook-Ridge, Bransfield-Straße, Antarktische Halbinsel.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–43.

Wöhrmann, A. (1988): Jahreszeitliche Unterschiede in der Ernährung antarktischer Fische.- IPÖ, Univ. Kiel, 1–111.

Zimmermann, C. (1993): Beiträge zur Fischfauna des Lasarewmeeres (Antarktis).- IPÖ, Univ. Kiel, 1–97.

Tab. 2: Diplomarbeiten und entsprechende Examensarbeiten, die am Institut für Polarökologie (IPÖ) und kooperierenden Instituten angefertigt wurden. Aufgeführt sind nur Arbeiten mit polarökologischem Bezug.

Tab.: 2: Diploma theses and other exam theses performed at the Institute for Polar Ecology. Only those with direct connections to the polar environment are mentioned here.

Tabelle 3

Auel, H. (1999): The ecology of Arctic deep-sea copepods (Euchaetidae and Aetideidae). Aspects of their distribution, trophodynamics and effect on the carbon flux.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–246.

Boysen-Ennen, E. (1986): Zur Verbreitung von Gemeinschaften des Meso- und Makrozooplanktons im sommerlichen Oberflächenwasser der Weddellsee (Antarktis).- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–172.

Carstens, M. (2001): Zur Ökologie von Schmelzwassertümpeln auf arktischem Meereis – Charakteristika, saisonale Dynamik und Vergleich mit anderen aquatischen Lebensräumen polarer Regionen.- Diss., IPÖ Univ. Kiel, 1–298.

Diel, S. (1989): Zur Lebensgeschichte dominanter Copepodenarten (*Calanus finmarchicus*, *C. glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in der Framstraße.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–140.

Dorrien, C. F. von (1993): Zur Ökologie und Respiration einiger arktischer Bodenfische.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–101.

Ekau, W. (1987): Ökomorphologie nototheniidischer Fische aus dem Weddellmeer, Antarktis.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–131.

Fredersdorf, J. (2009) ***: Interactive abiotic stress effects on Arctic marine macroalgae.- Physiological responses of adult sporophytes.- Diss., FB Biologie/Chemie, Univ. Bremen, 1–164.

Friedrich, C. (1997): Ökologische Untersuchungen zur Fauna des arktischen Meereises.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–174.

Gutt, J. (1987): Zur Verbreitung und Ökologie der Seegurken (Holothuroidea, Echinodermata) in der Weddellsee (Antarktis).- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–175.

Hagen, W. (1988): Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–169.

<i>Hanssen, H.</i> (1996): Das Mesozooplankton im Laptevmeer und östlichen Nansen-Becken: Verteilung und Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–137.	<i>Pütz, K.</i> (1993)**: Untersuchungen zur Ernährungsökologie von Kaiserpinguinen (<i>Aptenodytes forsteri</i>) und Königspinguinen (<i>Aptenodytes patagonicus</i>).- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–123.
<i>Juterzenka, K. von</i> (1994): Untersuchungen zur Bedeutung von Schlangensterne (Echinodermata: Ophiuroidea) in Schelf- und Kontinentalhanggebieten des europäischen Nordmeeres.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, Ber. SFB 313, Univ Kiel 57: 1–99.	<i>Rautenberger, R.</i> (2008)***: Physiological reactions of marine macrophytes along abiotic stress gradients.- Diss. Univ. Bremen, 1–175.
<i>Kellermann, A.</i> (1986): Zur Biologie der Jugendstadien der Notothenioidei (Pisces) an der Antarktischen Halbinsel.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel.	<i>Reinke, M.</i> (1986): Zur Nahrungsphysiologie der Tunikaten <i>Salpa thompsoni</i> (Antarktis) und <i>Salpa fusiformis</i> (Mittelmeer).- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–152.
<i>Kiko, R.</i> (2009): Ecophysiology of Antarctic sea-ice meiofauna.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–116.	<i>Renjaan, E. A.</i> (2003)*: The role of hydrodynamic regimes and water properties on transports, retentions, and settlements of mollusc larvae at a lagoon and its adjacent open shore in Kai Islands, Indonesia.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–87.
<i>Knickmeier, K.</i> (1996)*: Zur Larvenökologie des Loco <i>Concholepas concholepas</i> (Gastropoda, Muricidae) an der chilenischen Felsküste.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–81.	<i>Richter, C.</i> (1994): Regional and seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–101.
<i>Kramer, M.</i> (2010): The role of sympagic meiofauna in Arctic and Antarctic sea-ice food webs.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–157.	<i>Sahling, H.</i> (2001)*: The influence of hydrogen sulfide on the benthic community structure at cold seeps and interactions between the cold seep and deep sea ecosystems: three case studies.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–85.
<i>Krembs, C.</i> (1999): The influence of the three-dimensional structure of sea-ice on the distribution and activity of the Arctic sea-ice communities.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–246.	<i>Schipperges, B.</i> (1994): Intraspecific variations in the ecophysiology of Arctic to temperate populations of the lichen <i>Cetraria nivalis</i> .- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–179.
<i>Kuhn, D.</i> (1997)**: Genese, Ökologie und Soziologie einer Bodengesellschaft in einem Periglazialgebiet der King-George-Insel (West-Antarktis).- Diss., Inst. Pflanzenern. Bodenkd., Univ. Kiel, Schriftenr. Inst. Pflanzenern. Bodenkd. 40: 1–173.	<i>Schmid, M. K.</i> (1994): Zur Verbreitung und Respiration ökologisch wichtiger Bodentiere in den Gewässern um Svalbard (Arktis).- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–92.
<i>Kunzmann, A.</i> (1991): Blood Physiology and Ecology Consequences in Weddell Sea Fishes.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–79.	<i>Schmidt, N.</i> (1999): Microbial properties and habitats of permafrost soils on Taimyr Peninsula, Central Siberia.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–189.
<i>Khouw, A. S.</i> (2003)*: Ecological studies on the tropical limpet <i>Cellana testudinaria</i> (L. 1758): Influence of environmental factors on the rocky shore benthos of the Big Kai Island, Southeast Mollucas, Indonesia.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–132.	<i>Schnack, K.</i> (1998): Besiedlungsmuster der benthischen Makrofauna auf dem ostgrönländischen Kontinentalhang.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–110.
<i>Lischka, S.</i> (2006): Life-history traits of the copepods <i>Pseudocalanus minutus</i> (Calanoida) and <i>Oithona similis</i> (Cyclopoida) in the Arctic Kongsfjorden (Svalbard) with particular emphasis on seasonality.- Diss. Univ. Bremen, 1–91.	<i>Schroeter, B.</i> (1991): Untersuchungen zu Primärproduktion und Wasserhaushalt von Flechten der maritimen Antarktis unter besonderer Berücksichtigung von <i>Usnea antarctica</i> Du Rietz.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–148.
<i>Lohmeyer, U. P.</i> (1987)*: Bestandskundliche Untersuchungen der Bodenfische des östlichen Indischen Ozeans im vorgelagerten Schelf der Inseln Sumatra, Java und Bali.- Diss. Institut für Polarökologie, Universität Kiel, 1–129.	<i>Schulz, F.</i> (2000): Zur Struktur und Interaktion der Kryptogamenvegetation in der maritimen Antarktis.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–139.
<i>Lorenz, A.</i> (2005): Variability of benthic Foraminifera north and south of the Denmark Strait.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–149.	<i>Schwarzbach, W.</i> (1987)**: Die Fischfauna des östlichen und westlichen Weddellmeeres: Geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–137.
<i>Marschall, H.-P.</i> (1985)**: Untersuchungen zur Funktionsmorphologie und Nahrungsaufnahme der Larven des Antarktischen Krills, <i>Euphausia suberba</i> Dana.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–99.	<i>Schünemann, H.</i> (2004): Studies on the Arctic pack-ice habitat and sympagic meiofauna: seasonal and regional variabilities.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–95.
<i>Mayer, M.</i> (2000): Zur Ökologie der Benthos-Foraminiferen der Potter Cove (King George Island, Antarktis).- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, Ber. Polarforsch. 353: 1–85.	<i>Seiler, D.</i> (1998): Struktur und Kohlenstoffbedarf des Makrobenthos am Kontinentalhang Ostgrönlands.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–87.
<i>Meiners, K.</i> (2002): Sea-ice communities: structure and composition in Baltic, Antarctic and Arctic seas.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–64.	<i>Sommern, M.</i> (1998): Patterns and controls of CO ₂ fluxes in wet Tundra types of the Taimyr Peninsula, Siberia: the contribution of soils and mosses.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–189.
<i>Metz, C.</i> (1996)**: Lebensstrategien dominanter antarktischer Oithonidae (Cyclopoida, Copepoda) und Oncaeidae (Poecilostomatoida, Copepoda) im Bellingshausenmeer.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–122.	<i>Tuschling, K.</i> (2000): Zur Ökologie des Phytoplanktons im arktischen Laptevmeer – ein jahreszeitlicher Vergleich.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, Ber. Polarforsch. 347: 1–144.
<i>Mumm, N.</i> (1990): Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeere.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–216.	<i>Voß, J.</i> (1987): Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis).- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–145.
<i>Müller-Lupp, W.</i> (2001): Gefrier- und Tauprozesse im sibirischen Permafrost – Untersuchungsmethoden und ökologische Bedeutung.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–133.	<i>Weissenberger, J.</i> (1992)**: Die Lebensbedingungen in den Solekanalchen des antarktischen Meereises.- Diss. Univ. Bremen / Univ. Kiel, 1–166.
<i>Piatkowski, U.</i> (1986): Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischem Makroplankton.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–197.	<i>Werner, I.</i> (1997): Ecological studies on the Arctic under-ice habitat: colonization and processes at the ice-water interface.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, Ber. SFB 313, Univ Kiel 70: 1–167.
<i>Piepenburg, D.</i> (1988): Zur Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–152.	<i>Winkler, J. B.</i> (2000): Die Rolle der Schneebedeckung für die Kryptogamenvegetation in der Antarktis.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–112.
<i>Puturu, L.</i> (2004)*: Ecological studies of intertidal dog whelks (Gastropoda: Nassariidae) off Northern Minahasa, Sulawesi, Indonesia.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–85.	<i>Wöhrmann, A. P. A.</i> (1992): Gefrierschutz bei Fischen der Polarmeere.- Diss., IPÖ, Univ. Kiel, 1–106.
	<i>Zimmermann, C.</i> (1996): Zur Ökologie arktischer und antarktischer Fische: Aktivität, Sinnesleistungen und Verhalten.- Diss. Institut für Polarökologie, Universität Kiel, 1–115.

Tab. 3: Am IPÖ angefertigte Dissertationen (* = Dissertationen die am IPÖ abgeschlossen wurden, aber keinen polarökologischen Bezug haben; ** = Dissertationen mit polarökologischem Bezug von Wissenschaftlern, die am IPÖ in Kiel promoviert wurden, aber größtenteils an anderen Instituten gearbeitet haben; *** = am IPÖ angefertigte Dissertation, Promotionsverfahren an einer anderen Universität durchgeführt).

Tab. 3: PhD theses performed at the Institute for Polar Ecology (IPÖ) (*= Theses performed at IPÖ, but not directly related to polar environments; **= theses which work was mainly performed at other institutes; ***= theses which work was performed at IPÖ but degree was given by an other University).

Neben der Durchführung originärer Forschungsarbeiten haben sich Wissenschaftler des IPÖ auch in der Herausgabe wissenschaftlicher und populärwissenschaftlicher Veröffentlichungen engagiert. Seit der Frühphase des IPÖ war die Herausgabe der internationalen, im Springer-Verlag erscheinenden Fachzeitschrift „Polar Biology“ am Institut angesiedelt, bis 2008 herausgegeben von G. & I. Hempel, danach von D. Piepenburg.

Das Institut gab ab 1986 die „Mitteilungen zur Kieler Polarforschung“ (MKP) heraus. Sie enthalten zusammenfassende Berichte über Forschungsplanungen und Forschungsergebnisse Kieler Wissenschaftler. Die Berichtshefte erschienen einmal jährlich. L. Kappen war bis zu seiner Pensionierung der erste Herausgeber der MKP, im Jahr 2000 übernahm M. Bölter die Schriftleitung. Eine Auswertung der Inhalte der insgesamt 23 MKP-Ausgaben zeigt die Breite der Kieler Polarforschung, auch außerhalb des IPÖ; 2009 wurde die Herausgabe mit dem Heft 23 eingestellt.

Angeregt durch Vorträge und die Kolloquien im IPÖ veröffentlichten I. & G. Hempel den Sammelband „Biologie der Polarmeere“, der 1994 bei Gustav Fischer (Jena) erschien. In über vierzig Aufsätzen schildern darin insbesondere die jüngeren Meeresbiologen des AWI und des IPÖ ihre Arbeiten und Forschungsergebnisse. Im Folgeband „Biological Studies in Polar Oceans“ von 2009 wurde der Fortschritt deutlich, den die biologische Meeresforschung in Deutschland inzwischen genommen hatte. Die Zusammenarbeit zwischen den Wissenschaftlern der beiden Institute hatte an diesem Fortschritt großen Anteil, aber auch der rege internationale Austausch, der auf den „Polarstern“-Expeditionen stattfindet.

Veröffentlichungen im weiteren Sinne waren die zahlreichen populärwissenschaftlichen Vorträge vor unterschiedlichen Gremien und Gesellschaften. Insbesondere engagierten sich die Dozenten des IPÖ mit vielen Vorträgen bei der Schleswig-Holsteinischen Universitätsgesellschaft. Darüber hinaus gaben sie ihr Wissen über die Vorgänge des Klimawandels und seiner Folgen auf zahlreichen öffentlichen Veranstaltungen und Diskussionen weiter. Dies führte zu einer breiten Kenntnis der Arbeiten zur Polarforschung an der CAU in der Bevölkerung.

DAS IPÖ ALS ZENTRUM POLARÖKOLOGISCHER LEHRE

Wie in jedem deutschen Universitätsinstitut nahm auch im IPÖ die akademische Lehre einen großen Raum im Arbeitsprogramm des Instituts ein. Das breite Spektrum der Ökologie der marinen und terrestrischen Lebensräume in Arktis und Antarktis wurde von den Professoren und Dozenten in regelmäßigen Vorlesungszyklen dargestellt und in Seminaren und Kolloquien vertieft. Der praktischen Anschauung dienten Exkursionen in arktische Gebiete und zu verschiedenen in- und ausländischen Institutionen. Auch wurde den Studenten Gelegenheiten zur Teilnahme an Forschungsfahrten in die Polarmeere geboten. Dieses umfassende polarökologische Lehrprogramm des IPÖ war in Deutschland einzigartig. Es bestand einerseits aus Vorlesungen im herkömmlichen Stil und andererseits aus Vorlesungen mit integrierten Übungen sowie Praktika, Seminaren und Exkursionen; eine Übersicht über das Gesamtprogramm geben die Tabellen 4 bis 8.

Zwar gab es an der CAU keinen selbständigen Studiengang „Polarökologie“, es war aber möglich, sich im Rahmen eines Studiums der Biologie, der Biologischen Meereskunde oder der Geographie auf polarökologische Themen zu spezialisieren. Auf diese Weise ergaben sich zahlreiche transdisziplinäre Kooperationen mit anderen Fächern der Fakultät und zahlreiche fakultätsübergreifende Themen und Abschlussarbeiten. Die Lehrveranstaltungen waren daher in erster Linie für fortgeschrittene Studenten in den Diplomstudiengängen oder im Masterstudium ausgerichtet.

Die von Institutsmitarbeitern angebotenen Veranstaltungen in der Lehre fanden sowohl im Biozentrum der CAU, hier vor allem polarökologische Vorlesungen, im Institut für Meereskunde und GEOMAR (Beteiligung an den meereskundlichen Großpraktika) als auch in den eigenen Laborräumen auf dem Seefischmarkt (Praktika und Übungen zur Bestimmung polarer Evertibraten) statt. Das IPÖ veranstaltete als Mittler polarer Forschung in jedem Semester polarökologische Kolloquien und hat dazu über die Jahre mehr als 100 Vortragende aus dem In- und Ausland eingeladen.

Exkursionen (Tab. 4) boten den Studierenden direkte Einblicke in polarökologische Methoden und eröffneten die Möglichkeit, Organismen der Polargebiete in ihrem Lebensraum zu beobachten und zu untersuchen.

Tabelle 4: Exkursionen	
Bilger, Bischof, Bölter, Roleda, Spindler (1994, 2005, 2008)	Marine und terrestrische polarökologische Exkursion nach Spitzbergen
Bölter, Burkhard (2010)	Excursion field methods in physical geography and geoinformatics (Northern Finland)
Bölter, Burkhard (2011)	Masterstudiengang: Landscape System Analysis
Hempel, Hubold (1989)	Polarökologische Exkursion
Hempel, Spindler (1992)	Marine polarökologische Exkursion nach Tromsø
Kappen, Gradinger, Piepenburg, Spindler (1999)	Marine und terrestrische polarökologische Exkursion in die russische Arktis (Kola Halbinsel)
Petersen, Hubold, Kappen, Piepenburg (1987)	Marine und terrestrische polarökologische Exkursion nach Grönland
Piepenburg, Hagen, Spindler, Werner (1997, 2003–2005)	Marine Warmblüter der Polarmeere
Roweck, Spindler, Werner (2002)	Marine und terrestrische polarökologische Exkursion nach Grönland
Spindler (1992–2008)	Tagesexkursion zum AWI Bremerhaven
Spindler (1998–2006)	Exkursion zu zoologischen Gärten und Dellfinarien mit dem Schwerpunkt Marine Warmblüter der Polarmeere

Tab. 4: Vom Institut für Polarökologie veranstaltete Studenten-Exkursionen.

Tab. 4: Field courses carried out by the IPÖ

Die erste Polarökologische Exkursion 1987 fand unter G. Høpner Petersen statt, der den vakanten Lehrstuhl am IPÖ vertrat. Er führte eine Gruppe von 13 deutschen und drei dänischen Studenten über Kopenhagen für zwei Wochen nach Grönland auf die Disko-Insel an die dortige grönländisch-dänische Arktische Station. In Gruppenarbeit wurde die arkti-

sche marine und terrestrische Fauna und Flora erforscht und in einem umfangreichen Exkursionsbericht dargestellt.

Frisch ans IPÖ berufen, wollte M. Spindler 1991 dem guten Vorbild folgen, aber die finanziellen Aufwendungen für die Teilnehmer erwiesen sich diesmal als zu hoch. Nach längeren Verhandlungen mit der Universitätsspitze fand man jedoch zu einer pragmatischen Lösung. Das IPÖ verzichtete auf die jährlich zustehenden Exkursionsmittel und erhielt als Ausgleich alle drei Jahre einen größeren finanziellen Beitrag. So konnte schließlich 1996 eine zweite Polarökologische Exkursion, diesmal nach Spitzbergen, stattfinden. Unter der Leitung von L. Kappen und C. Eschenbach (Botanik) sowie von M. Spindler und R. Gradinger (Zoologie, Meereskunde) begaben sich 16 Studierende für zwei Wochen an das norwegische UNIS (The University Centre in Svalbard) in Longyearbyen. Hier wurden wie bei den folgenden Exkursionen in Kleingruppen einzelne Forschungsprojekte an Land und im Meer durchgeführt.

Im dreijährigen Rhythmus folgten dann – wieder unter der Doppelführung Kappen/Spindler – weitere Exkursionen auf die russische Kola Halbinsel nach Dalnie Zelentsy, der Feldstation des Murmansk Marine Biological Institute (MMBI, 1999) und erneut an die Arktische Station auf der grönländischen Disko-Insel (2002). Bei den Exkursionen nach Ny Alesund auf Spitzbergen 2005 und 2008 übernahmen dann M. Spindler, W. Bilger, der Nachfolger von L. Kappen auf dem botanischen Lehrstuhl der Universität Kiel, sowie M. Bölter die Leitung. Je nach Unterkunftsmöglichkeiten schwankte die Teilnehmerzahl zwischen 15 und 21.

Neben den großen Polarökologischen Exkursionen führten wir weitere Exkursionsreihen durch. In den Sommersemestern 1998, 2000, 2003 und 2006 erfolgten einwöchige Warmblüterexkursionen zu deutschen und niederländischen Zoologischen Gärten, die polare Tiere in ihrem Bestand halten. Diese Veranstaltung wurde beim ersten Mal vom IPÖ aus veranstaltet, woran M. Spindler, W. Hagen und H. Auel beteiligt waren. Nach der Rufannahme nach Bremen durch W. Hagen wurden die nachfolgenden Exkursionen dieser Reihe jeweils gemeinsam für Kieler und Bremer Studierende ausgeschrieben und paritätisch durchgeführt.

Schließlich sind die Winterexkursionen nach Tvärminne am Finnischen Meerbusen 1997, 1999, 2001 und 2003 zu nennen, die unter der abwechselnden Leitung von R. Gradinger, M. Spindler und I. Werner stattfanden. Bei diesen Veranstaltungen sollten die Studierenden Techniken zur Untersuchung des Meereises und seiner Flora und Fauna erlernen. Dazu war das Meereis vor der dortigen Station ein idealer Übungsplatz. Initiiert wurde diese Veranstaltungsreihe durch unsere ehemalige finnische Gastwissenschaftlerin J. Ikävalko. Dieser Kurs war auch für finnische Studierende ausgeschrieben und wurde jedes Mal durch mehrere Teilnehmer genutzt.

Die Lehre am IPÖ wurde fand in einer Vielzahl verschiedener Seminare, Vorlesungen mit Übungen (Tab. 5), Praktika (Tab. 6) und Vorlesungen (Tab. 7) statt, die sich auf Inhalte polarökologischer Themen fokussierten. Die Seminare wurde mit den Studenten derart gestaltet, dass neueste Publikationen zur Ökologie der Polargebiete bearbeitet, vorgestellt und diskutiert wurden. Übungen innerhalb der Vorlesungen bein-

halten Demonstrationen von bentischen und planktischen Organismen, die die Studenten selbst für Zwecke der Bestimmung präparierten. Ebenso gehörten hierhin Aufbereitungen von Bodenproben für Beobachtungen von Verteilungen organischer Materials und Organismen. In den Praktika wurden quantitative Analysen der Wasser- oder Bodenproben vorgenommen hinsichtlich der Gehalte an organischer und anorganischer Substanz aber auch intensive Beobachtungen der Proben mittels moderner mikroskopischer Verfahren zur Bestimmung von mikrobieller Biomasse.

Tabelle 5: Vorlesungen und Seminare mit Übungen	
Bischof (2004)	Methoden der Makroalgenphysiologie
Bölter (2003–2008)	Mikroskopie von Bodenorganismen
Bölter, Piepenburg, Werner (2010–2013)	Advanced Course in Polar Ecology (Master-Modul)
Bölter, Piepenburg, Werner (2011–2013)	Einführung in die Polarbiologie (Bachelor-Modul)
Gradinger (1999)	Protisten der Ostsee
Gradinger, Hempel, Hubold, Piepenburg, Spindler (1990–2001)	Ausgewählte Kapitel der marinen Polarökologie
Hopkins (1988)	Boreal and arctic marine ecosystems – life cycles, productivity and food-chain adaptations
Hubold (1985)	Das pelagische System der Antarktis

Tab. 5: Vorlesungen und Seminare verbunden mit praktischen Übungen.

Tab. 5: Lectures and seminars combined with practical exercises

Tabelle 6: Praktika	
Bischof (2004, 2005)	Ökologie und Physiologie der Makroalgen
Bischof (2007)	Methoden der Makroalgenforschung
Bischof, Wahl, Zimmer (2005, 2006)	Ökologie der Hartbodengemeinschaft Helgolands
Bölter (1991–1997)	Methoden der Bodenökologie
Bölter, Bischof, Spindler (2006–2008)	Polarökologische Übungen
Bölter, Duttmann, Marx (2011, 2012)	Masterstudiengang: Landschaft-ökologisches/bodenmikrobiologisches Gelände- und Laborpraktikum
Bölter, Irmeler (2003–2004)	Bodenmikrobiologische und bodenzoologische Übungen
Bölter, Kappen, Meyer (1986–1990)	Datenverarbeitungstechniken in der Ökologie
Gradinger, Spindler, Werner (1997, 1998, 2002, 2004, 2005, 2007)	Übungen zur Ökologie des Meereises mit Seminar
Spindler (2001)	Ökologie des Meereises
Bölter, Kappen (1989–2000)	Basisveranstaltung: Ökologie der Pflanzen
Bölter, Lösch, Kappen (1985–1999)	Ökophysiologisches Praktikum für Biologen
Petersen (1986)	Laborkurs Feldsammlung, Sortierung, Identifikation und Literaturarbeit in arktischer Zoologie

Tab. 6: Liste der am IPÖ veranstalteten Praktika.

Tab. 6: List of practical courses held by the IPOE.

Tabelle 7: Vorlesungen	
Beyer (2000–2002)	Böden der Polarregionen
Beyer (2001)	Angewandte Bodenkunde und Bodenmechanik
Beyer (2001)	Bodenökosysteme und Bodenlandschaften
Beyer (2002)	Internationale Bodenkunde und Bodenklassifikation
Bischof (2003–2005)	Einführung in die Biologie der Makroalgen
Bischof (2004, 2005, 2008)	Ökophysiologie mariner Makroalgen II: Umwelteinflüsse, Morphologie, Gefährdung
Bölter (1999–2013)	Bodenmikrobiologie
Bölter, Hagen, Hempel, Hubold, Kappen, Piepenburg, Spindler, Werner (1991–2013)	Einführung in die Polarökologie
Bölter, Hagen, Hubold, Spindler, Piepenburg (1992, 2000–2009)	Marine Lebensräume
Bölter, Irmeler (2001–2012)	Ecology of Soils: Spezielle Bodenökologie
Gradinger (1997–2000)	Auswirkungen globaler Umweltveränderungen in der Arktis
Gradinger (1999–2000)	Einsatz der Satellitenfernerkundung in der biologischen Meereskunde
Gradinger (1999)	Vernetzung mariner Lebensräume am Beispiel der Polarmeere
Gradinger (1999)	Winterökologie der Ostsee
Gradinger, Hempel, Piepenburg, Spindler, Werner (1992–2010)	Marine Warmblüter der Polarmeere
Hagen (1997, 1998)	Saisonal geprägte pelagische Systeme
Hagen (1998)	Die Rolle der Lipide in marinen Ökosystemen
Hagen (1998)	Pelagische Ökosysteme hoher Breiten
Hagen, Hubold (1997)	Lebenszyklen dominanter Meerestiere
Hagen, Hubold, Piatkowski (1998–1999)	Biologie, Nutzung und Management ausgewählter pelagischer Meeresorganismen
Hubold (1986)	Die Fische der Polargebiete
Hubold (1986)	Ökologie des arktischen Flachwassers
Hubold (1987–1989)	Pelagische Systeme der Antarktis
Hubold (1993)	Plankton und Nekton der Polarmeere
Hubold (1994–1996)	Biologie und Lebenszyklen pelagischer Organismen der Polarmeere
Petersen (1986–1987)	Die Struktur und Funktion einiger arktischer aquatischer Ökosysteme
Piepenburg, Spindler (1996–2009)	Benthos der Polarmeere
Piepenburg, Spindler (2003–2010)	Meeresbodenfauna in arktischen und antarktischen Meeren
Piepenburg, Spindler, Werner (2002–2003)	Marine Polarökologie: Vorlesung und Demonstration
Spindler (1992–2002, 2006–2008)	Einführung in die Meereslebensgemeinschaften der Polargebiete
Spindler (1993–1998)	Forschungsgeschichte der Polargebiete
Spindler (1994–2008)	Biologie planktischer Foraminiferen
Spindler (1999–2007)	Polarforschung gestern, heute und morgen
Werner (2007, 2009)	Umweltgefahren in Polarregionen

Tab. 7: Vorlesungen der Dozenten des IPÖ.

Tab. 7: Lectures given by the docents of the IPÖ.

EPILOG

Das IPÖ war mehr als dreißig Jahre lang ein wichtiges Element der deutschen Polarforschung, erst schwerpunktmäßig in der Antarktis und später – im Zeichen von Glasnost – vor allem in der Arktis. Reich sind die wissenschaftlichen und menschlichen Früchte: die Creme der deutschen Polarökologie hat ihre wichtigsten Wurzeln in Kiel. Prächtige Sprösslinge vom Kieler Baum der polaren Erkenntnis finden sich weltweit. Manche unserer Diplomanden und Doktoranden haben Berufe fernab der Polarforschung ergriffen. Sie haben aber am IPÖ ökologisch-wissenschaftlich denken und arbeiten gelernt.

Die große Zahl der Publikationen in wissenschaftlichen und populärwissenschaftlichen Zeitschriften und Büchern sowie der Vorträge im In- und Ausland auf wissenschaftlichen Konferenzen oder auch im Rahmen der Universitätsgesellschaft haben die Kieler Polarforschung weit bekannt gemacht. Dass gerade dieser Bereich der Forschung und Lehre in einer Zeit des – in den Polargebieten besonders einschneidenden – Wandels klimatischer Bedingungen und damit verbunden vieler soziologischer und politischer Fragestellungen eingestellt wird, ist zu bedauern, aber als Entscheidung der Christian-Albrechts-Universität zur Kenntnis zu nehmen.

Am Ende klingt das oben mit einem kurzen Auszug zitierte Grußwort von Karin Lochte in seinem weiteren Verlauf fast wie ein Nachruf:

„Die große wissenschaftliche Stärke des IPÖ ist die Erforschung der Meereis-Lebensgemeinschaft und der Beitrag dieses ungewöhnlichen Lebensraumes zur Produktivität des polaren Ozeans. Als Nahrungsgrundlage für viele Konsumenten hat die Meereis-Lebensgemeinschaft eine zentrale Rolle im polaren Ökosystem. Durch die jetzt schon beobachteten und sicherlich auch weitergehenden Verluste in der Meereisbedeckung – insbesondere im arktischen Ozean – sind sehr große Veränderungen des polaren marinen Ökosystems zu erwarten. Wir wissen aber nicht wie, in welcher Richtung und mit welcher Geschwindigkeit diese ökologischen Veränderungen stattfinden werden. Wie werden dadurch Biodiversität und Produktivität des Ozeans beeinflusst? Wie weit wandert der Bestand kommerzieller Fische weiter nach Norden? Wie werden sich die biogeochemischen Stoffflüsse, besonders der Kohlenstofffluss, wandeln? Verlieren wir Arten, die neue physiologische oder biochemische Eigenschaften tragen? Während wir die Entwicklung physikalischer Prozesse in der polaren Umwelt zunehmend genauer vorhersagen können, ist dies bei Zukunftsprognosen für biologische Prozesse keinesfalls möglich. Daher bleiben viele Fragen zum zukünftigen polaren Ökosystem ungelöst. Ich sehe auch nicht, dass wir in dieser Richtung rasche Fortschritte machen werden. Die Forschungen des IPÖ haben gerade in Bezug auf die biologischen Prozesse bei der Verknüpfung von Meereis und Ozean Hervorragendes geleistet und grundlegende wissenschaftliche Fortschritte erzielt, die wir jetzt und in Zukunft dringend brauchen werden. Wenn jetzt die Forschungen des IPÖ aufgrund der Entwicklungen in der Kieler Universität wegfallen, dann ist das für uns ein ganz großer Verlust, der nicht leicht aufgefangen werden kann. Noch ein zweiter Punkt kommt dazu. Nur im IPÖ wurde eine ausschließlich und konsequent polar ausgerichtete Ausbildung in Deutschland durchgeführt. An anderen Universitäten gab es hin und wieder und in eingeschränktem Maße polare Ausbildungsrichtungen. Aber für die

Biologie gab es nur das IPÖ. Auch das wird jetzt wegfallen und stellt ein großes Problem für die Nachwuchsausbildung in diesem Fach dar.“

Mit der Veröffentlichung der Satzung zur Änderung der Satzung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel vom 11. Juli 2013 (§1, Abs. 5) im Nachrichtenblatt des Ministerium für Bildung und Wissenschaft des Landes Schleswig-Holstein, Hochschule, Ausgabe Nr. 06/2013, Kiel 23. August 2013, wurde das Institut für Polarökologie aus der Liste der Einrichtungen der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der CAU Kiel gestrichen.

DANKSAGUNG

Alle wissenschaftliche Arbeit des IPÖ wäre nicht möglich gewesen, ohne die interne und externe logistische Unterstützung durch verschiedenste Kooperationspartner des In- und Auslandes. Die administrative Leitung des Instituts lag in den Händen des Sekretariats, das durch Christel Strauss, Andrea Arndt und Jutta Seegert Förderanträge, Abrechnungen und alle Bürotätigkeiten sorgfältigst erledigte. Andreas Kühn und Frank-Peter Rapp waren die Ingenieure und Techniker unserer vielseitigen Arbeitsrichtungen mit zumeist selbst entworfenem und gebautem Gerät. Werner Dzomla, Rolf Hammer, Gisela Janssen, Annette Scheltz und Alice Schneider sorgten sich die Labor-, Foto- und Zeichenarbeiten an Land oder zur See, Michael Bartz um die Infrastruktur der Rechner und Datenverarbeitung. Für die Auffindung und Bereitstellung historischer Dokumente zur Geschichte der Kieler Polarforschung danken wir dem Stadtarchiv Kiel und dem Landesarchiv in Schleswig.

Literatur

Anonymus (1981): F.S. „Meteor“-Reise 56/4 (ANT 11) 5. Februar bis 10. März 1981.- Fahrtbericht und Berichte der Arbeitsgruppen, Kiel, März 1981, 1–63.

Büdel, J. (1960): Gletscherfragen; Aus dem Arbeitsprogramm der Deutschen Spitzbergen-Expedition 1959/60.- Die Umschau in Wissenschaft und Technik 60: 225–228.

Büdel, J. (1961): Die Abtragungsvorgänge auf Spitzbergen im Umkreis der Barentsinsel.- Deutscher Geographentag Köln, Tagungsbericht und wiss. Abhandl., Franz Steiner Verlag, Wiesbaden: 337–375.

Creutzberg, N. (1949): Zum 70. Geburtstag Ludwig Meckings.- Festschrift zum 70. Geburtstag des ord. Professors Dr. Ludwig Mecking, Walter Dorn Verlag, Bremen.

Dietrich, G. (1969): Atlas of the Hydrography of the Northern North Atlantic Ocean.- ICES, Copenhagen, 1–140.

Dietrich, G. (1970): Zur Hydrographie des Nordatlantischen Ozeans während des Internationalen Geophysikalischen Jahres 1957/58.- Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch. 21: 399–402.

Drygalski, E. v. (1904): Zum Kontinent des eisigen Südens.- Verlag Georg Reimer, Berlin.

Drygalski, E. v. (1906): Deutsche Südpolar-Expedition 1901–1903.- Verlag von Georg Reimer, Berlin.

Gerlach, S. (1981): Forschungsschiff „Meteor“ Fahrt Nr. 56/3 (ANT 11) - Antarktis-Expedition.- Fahrtbericht, 1–40.

Gripp, K. (1929): Glaciologische und Geologische Ergebnisse der Hamburgischen Spitzbergen Expedition 1927.- Abh. Naturwiss. Verein Hamburg 22: 159–245.

Gripp, K. & Todtmann, E. (1926): Die Endmoräne des Green Bay Gletschers in Spitzbergen, eine Studie zum Verständnis norddeutscher Diluvial-Gebilde.- Mitt. Geogr. Ges. Hamburg 37: 45–75.

Hempel, G. (1982): Antarktis-Expedition 1981 der Bundesrepublik Deutschland mit FFS „Walter Herwig“. Einleitung, Aufgaben der Expedition, Organisation sowie nationale und internationale Zusammenarbeit.- Arch. Fischwiss. 33 (Beih. 1): 5–15.

Hempel, G. (2003): 20 Jahre Institut für Polarökologie – ein Beitrag zur Polytopie der deutschen Polarforschung.- Mitt. Kieler Polarforsch. 19: 6–13.

Hempel, G. & Kappen, L. (1985): Forschungsbericht der Math.-Nat. Fakultät, Institut für Polarökologie.- Christiana Albertina 20: 288–295.

Hempel, G. & Kappen, L. (1987): Forschungsbericht der Math.-Nat. Fakultät, Institut für Polarökologie.- Christiana Albertina 25:3 28–338.

Hempel, G. & Kappen, L. (1990): Forschungsbericht der Math.-Nat. Fakultät, Institut für Polarökologie.- Christiana Albertina 30: 306–317.

Hempel, G., Kappen, L. & Spindler, M. (1992): Forschungsbericht der Math.-Nat. Fakultät, Institut für Polarökologie.- Christiana Albertina 35: 350–362.

Hempel, G., Kock, K.-H. & Stein, M. (1982): Antarktis-Expedition 1981 der Bundesrepublik Deutschland mit FFS „Walter Herwig“. Fahrtverlauf.- Arch. Fischwiss. 33 (Beih. 1): 17–25.

Hempel, G. & Spindler, M. (1995): Forschungsbericht der Math.-Nat. Fakultät, Institut für Polarökologie.- Christiana Albertina 40: 397–409.

Herre, W. (1956): Rentiere.- A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt: 1–51.

Intemann, K. (2011): Joseph-Elzéar Bernier. Ein vergessener Kapitän, Expeditionsreisender und Polarforscher.- Der Albatross 56 (1): 20–33.

Klages, N. (1982): Deutsche Antarktis-Expedition 1980/1981 mit FS „Meteor“: First Internat. Biomass Experiment (FIBEX), Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzfüge.- Ber. Polarforsch. 2: 1–29.

Kortum G. & Paffen, K. (1979): Das Geographische Institut und die Meeres- und Küstenforschung in Kiel.- In: K. Paffen & R. Stewig R. (eds), Die Geographie an der Christian-Albrechts-Universität 1879–1979. Festschrift aus Anlaß der Einrichtung des ersten Lehrstuhles für Geographie am 12. Juli 1879 an der Universität Kiel.- Kieler Geogr. Schriften 50: 71–131.

Krause, R. A. (1992): Die Gründungsphase der deutschen Polarforschung 1865–1875.- Ber. Polarforsch. 114: 1–375.

Krauß, W. (1958): Die hydrographischen Untersuchungen mit „Anton Dohrn“ auf dem ost- und westgrönländischen Schelf im September-Oktober 1955.- Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch. 15 (2): 77–104.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens, W. W. III (1972): The limits of growth.- Universe Books.

Mecking, L. (1909): Das Eis des Meeres.- Sammlung Meereskunde III, H. 11, Berlin.

Mecking, L. (1925): Die Polarländer.- In: H. v. Meyer (ed), Siever's Allgemeine Länderkunde.- Bibliogr. Institut Leipzig.

Meinardus, W. (1939): Ludwig Mecking zum 60. Geburtstag am 3. Mai 1939.- Petermanns Geogr. Mitteil. 5: 137–141.

Meincke, J. (1972): The hydrographic section along the Iceland-Faroe Ridge carried out by R. V. „Anton Dohrn“ in 1959–1971.- Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch. 22: 372–384.

Nodenskjöld, O. & Mecking, L. (1928): The Polar Regions: a regional geography.- AmGS, Spec. Publ. Nr. 8, Neuyork, 93–341.

Pillewizer, W. (1963): The German Spitzbergen-Expedition in 1962.- US Dept. Commerce Office of Techn. Serv., Joint Publ. Res. Serv., Washington D.C., 1–6.

Pillewizer, W. (1964): Bewegungsstudien an einem arktischen Gletscher.- Polarforschung 34: 247–253.

Pillewizer, W. (1967): Die wissenschaftlichen Ergebnisse der deutschen Spitzbergenexpedition 1964–65.- Akad. Wiss. Berlin, Geodät. geophys. Veröffentl., Bd. 3: 1–138.

Remane, A. (1932): Die Rotatorien, Gastrotrichen, Kinorhynchen und Archannelida der Arktis.- In: F. Römer & F. Schaudinn (eds), Fauna arctica, Gustav Fischer, Jena.

Ruppig, E. (1919): Untersuchungsfahrt des Reichsforschungsdampfers „Poseidon“ in das Barentsmeer im Juni und Juli 1913. Die Hydrographie des Barentsmeeres im Sommer 1913.- Komm. Unters. Dt. Meere und Biol. Anst. Helgoland, Bd. XIII, Abt. Helgoland, Heft 1.

Salewski, C. R. (2012): Das Archiv für deutsche Polarforschung: Gedächtnis und Wissensressource für die Polarforschung auf archivrechtlichen und archivwissenschaftlichen Grundlagen.- Polarforschung 81: 136–141.

Schulz, B. & Wulff, A. (1929): Hydrographie des Oberflächenplanktons des westlichen Barentsmeeres im Sommer 1927.- Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch. NF 4 (5): 235–372.

Spindler, M. (1997): Forschungsbericht der Math.-Nat. Fakultät: 18. Institut für Polarökologie.- Christiana Albertina 45: 337–346.

Spindler, M. (2000): Forschungsbericht der Math.-Nat. Fakultät: 13. Institut für Polarökologie.- Christiana Albertina 51: 326–334.

Venzke, J.-F. (1988): Vor 120 Jahren: Die erste deutsche Nordpolar-Expedition.- Polarforschung 58: 47–51.

Volbeh, F. & Weyl, R. (1956): Professoren und Dozenten der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel 1665–1954.- Ferdinand Hirt, Kiel.

Wagner, G. (1965): Klimatologische Beobachtungen in Südostspitzbergen, 1960.- Steiner, 1–69.

Wolfrum, R. & Bockslaff, K. (eds) (1984): Antarctic Challenge – Conflicting Interests, Cooperation, Environmental Protection, Economic Development. Proceedings of an Interdisciplinary Symposium, June 22nd–24th, 1983.- Veröff. Inst. Internat. Recht Univ. Kiel, 88: 1–253.

Wolfrum, R. (ed) (1986): Antarctic Challenge II – Conflicting Interests, Cooperation, Environmental Protection, Economic Development. Proceedings of an Interdisciplinary Symposium, September 17th–21st, 1985.- Veröff. Inst. Internat. Recht Univ. Kiel, 95: 1–465.

Biologie der Polarmeere: Dreißig Jahre biologische Meeresforschung am Institut für Polarökologie (IPÖ) in Kiel

von Dieter Piepenburg¹, Iris Werner² und Wilhelm Hagen³

Zusammenfassung: Meeresbiologische Untersuchungen in den Polarmeeren waren ein wichtiger Bestandteil im Forschungsprogramm des Instituts für Polarökologie (IPÖ) der Christian-Albrechts-Universität (CAU) zu Kiel. Die Arbeiten hatten zunächst – in den 1980er Jahren – ihren Schwerpunkt in Studien am Zooplankton und Benthos des Weddellmeeres und benachbarter Gewässer. Später – mit den frühen 1990er Jahren – traten Forschungsarbeiten in den Schelfgebieten und Küstenregionen der Arktis in den Vordergrund. Als neuer Schwerpunkt kam die ökologische Meereisforschung dazu, u.a. in verschiedenen Seegebieten der Arktis.

Dreißig Jahre meeresbiologische Forschungsarbeit des IPÖ seit 1982 werden in diesem Beitrag im Überblick summarisch dargestellt und anschließend in zwei Beiträgen zur Biologie des arktischen Meereises und der Ökologie des antarktischen Zooplanktons und Nektons eingehender behandelt. Im Pelagial des Südlichen Ozeans konzentrierten sich die Untersuchungen zunächst auf Biodiversitäts- und Gemeinschaftsanalysen. Funktionelle Fragen zu Lebensstrategien und Anpassungsmechanismen an die extremen Umweltbedingungen traten zunehmend in den Fokus der Forschungsaktivitäten.

Abstract: Marine biological studies in polar seas were an important component in the research agenda of the Institute for Polar Ecology (IPÖ) of Kiel University (CAU). At the beginning in the early 1980s, the IPÖ's marine research activities concentrated on field studies on the zooplankton and benthos of the Southern Ocean, mostly of the Weddell Sea and adjacent waters. Later, after the early 1990s, the focus shifted to the shelves and coastal regions of the Arctic Ocean. Ecological sea-ice research emerged at this time as a new topic on the institute's agenda, mainly conducted in several areas of the Arctic Ocean.

Here, we provide a comprehensive account of the institute's three-decade long history in marine biological research since 1982. Our article features a general overview of the marine research activities, as well as two more detailed reviews of the research on Arctic sea-ice biology and the ecology of Antarctic zooplankton and nekton. Investigations in the pelagic realm of the Southern Ocean concentrated first on biodiversity and community analyses. Research activities increasingly focussed on functional questions with regard to life strategies and adaptive mechanisms to cope with the extreme environment.

EINLEITUNG

Innerhalb des Forschungsprogramms des Instituts für Polarökologie (IPÖ) der Christian-Albrechts-Universität (CAU) zu Kiel waren meeresbiologische Untersuchungen in den Polarmeeren seit der Institutsgründung 1982 immer ein wichtiger Bestandteil. Für die meeresbiologischen Forschungen waren Expeditionen in die arktischen und antarktischen Meere eine wesentliche Voraussetzung. Sie fanden entweder in internationaler Zusammenarbeit auf Schiffen verschiedener Nationen oder – in besonderem Maß

– auf dem deutschen Polarforschungsschiff, der „Polarstern“, statt. Ausgehend von einer Bestandsaufnahme des antarktischen Benthos, der Fische und des Zooplanktons führten die Arbeiten weiter zu grundlegenden physiologischen Beschreibungen der Lebensweisen von Organismen der Polarmeere.

Im vorliegenden Beitrag wird zunächst eine generelle Übersicht über die meeresbiologischen Forschungsarbeiten des Instituts präsentiert. Die folgenden Beiträge zur Biologie des arktischen Meereises und des antarktischen Pelagials liefern dann ausführlichere Einblicke in zwei Teilgebiete des marinen Forschungsprogramms des IPÖ.

DIE DREI PHASEN MEERESBIOLOGISCHER FORSCHUNG AM INSTITUT FÜR POLARÖKOLOGIE

Die Frühe Phase – Krill und Fische im Weddellmeer

Die „jugendlichen Sturm- und Drangjahre“ des IPÖ waren geprägt von einer klaren Fokussierung der Forschungsaktivitäten auf Feldstudien in der Antarktis (HEMPEL & KAPPEN 1985, 1987, 1990). Diese Zeit ist charakterisiert durch die zentrale, das Institutsprofil prägende Rolle der Diplom- und Examensarbeiten sowie in besonderem Maße der Dissertationen. Diese frühe Phase wurde mit der ersten Habilitationsschrift der IPÖ-Geschichte mit einer zusammenfassenden Darstellung zur Ökologie der Fische im Weddellmeer (HUBOLD 1991) abgeschlossen.

Der von G. Hempel geleitete meeresbiologische Arbeitsbereich konzentrierte sich zunächst auf die Gewinnung und Auswertung der Proben und Daten, die auf den Expeditionen der Forschungsschiffe „John Biscoe“, „Walter Herwig“ und „Meteor“ und den ersten „Polarstern“-Expeditionen in die Antarktis (Abb. 1–3), vor allem in das zuvor kaum erforschte Weddellmeer, gesammelt wurden. Mitglieder des IPÖ sowie weitere Kieler Meereskundler waren aber auch an der ersten Arktisexpedition der „Polarstern“ im Sommer 1983 im Rahmen des internationalen Programms MIZEX (Marginal Ice Zone Experiment) beteiligt.

Die Expeditionen in die Antarktis fanden überwiegend im Rahmen des BIOMASS-Programms (Biological Investigations on Marine Antarctic Systems and Stocks) statt (HEMPEL 1981). Sie untersuchten z. B. in der Bransfieldstraße in den Jahren 1976–1983 auf den FIBEX- (First International BIOMASS Experiment) und SIBEX-Expeditionen (Second International BIOMASS Experiment) in einem breiten Forschungsansatz die biologischen Randbedingungen für die

¹ Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz c/o Institut für Ökosystemforschung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstraße 75, 24118 Kiel.

² Gleichstellungsbeauftragte der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstraße 40–60, 24098 Kiel.

³ Marine Zoology, FB2 Biologie / Chemie, Universität Bremen, Leobener Straße NW2, 28359 Bremen.



Abb. 1: Forschungsschiff „John Biscoe“ des British Antarctic Survey in den Jahren 1956–1991 (Foto: U. Piatkowski).

Fig. 1: Supply and research vessel “John Biscoe” operated by the British Antarctic Survey between 1956 and 1991 (Photo: U. Piatkowski).



Abb 2: Forschungsschiff „Meteor“ in der Bransfield Straße, Antarktis 1980 (Foto: M. Bölter).

Fig. 2: RV “Meteor” in the Bransfield Strait, Antarctic 1980 (Photo: M. Bölter).



Abb 3: Das Eis brechende Forschungsschiff “Polarstern” in Punta Arenas, Chile (Foto: M. Bölter).

Fig. 3: RV “Polarstern” in Punta Arenas, Chile (Photo: M. Bölter).

Primär- und Sekundärproduktion in der Antarktis (BÖLTER & DAWSON 1982, DAWSON et al. 1985, LIEBEZEIT & BÖLTER 1986, 1991, BÖLTER 1987, BÖLTER et al. 1988). In diesen internationalen Programmen wurden Datensammlungen angelegt, die auch vom IPÖ aus bearbeitet wurden (KLAGES 1982, PIATKOWSKI & KLAGES 1983). Im Mittelpunkt dieser Reisen aber standen die Erkundungen zum Bestand des Krills (HEMPEL & HEMPEL 1977, HEMPEL & MARSCHOFF 1980) sowie antarktischer Fische und ihrer Jugendstadien (KELLERMANN & KOCK 1984) im Scotiameer und im nördlichen Weddellmeer.

Die meisten darauf folgenden Forschungsprojekte am IPÖ bezogen sich auf die Ökologie des antarktischen Pelagials. I. Hempel und E. Boysen-Ennen untersuchten die Verbreitung von Gemeinschaften des Mesozooplanktons, einschließlich der Krillbrut des Weddellmeeres (BOYSEN-ENNEN 1986). Weitere Forschungsthemen waren die Zusammensetzung und Verbreitung des Makrozooplanktons (KELLER 1983, PIATKOWSKI 1987) und speziell die Verbreitung und Ökologie antarktischer Pfeilwürmer (HAGEN 1983), später die Lipidbiochemie antarktischer Zooplanktonorganismen (HAGEN 1988). Die Jugendstadien antarktischer Fische wurden ebenfalls untersucht (KELLERMANN 1986), wie auch die Funktionsmorphologie und Nahrungsaufnahme der Larven des Antarktischen Krills (MARSCHALL 1985) sowie die vertikale Verteilung der Krillbrut (I. HEMPEL 1982). Außerdem wurden vergleichende ökophysiologische Studien an antarktischen und mediterranen Salpen durchgeführt (REINKE 1986, 1987). Eine weitere Arbeitsgruppe beschäftigte sich mit der Taxonomie und Populationsgenetik antarktischer Zooplankter und Fische sowie mit der Problematik hoher Fluoridmengen in der Nahrungskette (SCHNEPPENHEIM 1980).

Die Biologie und Ökologie antarktischer Fische stand im Fokus einer größeren Arbeitsgruppe. Schließlich konnten die gewonnenen Erkenntnisse in einer Habilitationsschrift zur Ökologie der Fische im Weddellmeer synoptisch zusammengefasst werden (HUBOLD 1991). Außerdem wurde in dieser Zeit über die Ökomorphologie nototheniider Fische (EKAU 1987), die Kiemenmorphologie sowie die Blutphysiologie antarktischer Fische (KUNZMANN 1986, 1991) gearbeitet. Weitere Themen waren die Ernährung antarktischer Fische (WÖHRMANN 1988) und die Zusammensetzung der Fischfauna im östlichen und südlichen Weddellmeer (SCHWARZBACH 1987).

Nicht alle am IPÖ durchgeführten Arbeiten hatten einen polarökologischen Bezug. Als Beispiel sei aus dieser Zeit die Dissertation von U. Lohmeyer zur Bestandskunde von Bodenfischen des östlichen Indischen Ozeans erwähnt (LOHMEYER 1987).

Neben den pelagischen und fischkundlichen Studien wurde auch das antarktische Benthos frühzeitig im Forschungsprogramm des IPÖ berücksichtigt, darunter die Makrozoobenthosgemeinschaften des Weddellmeeres (VOSS 1987), die Verbreitung und physiologische Ökologie antarktischer Seegurken (GUTT 1987), und die Verbreitung und Biologie benthischer Tintenfische.

Obwohl in der frühen Phase der Institutsgeschichte die meisten Forschungsaktivitäten auf die Antarktis gerichtet waren, gab es auch erste Arbeiten in der Arktis. In dieser Zeit entstanden Dissertationen über die Entwicklungsbiologie arktischer

Copepoden bzw. Zooplanktongemeinschaften des zentralarktischen Nansenbeckens (DIEL 1989, MUMM 1990) sowie über die Zusammensetzung der Bodenfauna in der arktischen Framstraße (PIEPENBURG 1988).

Die Mittlere Phase – kryo-pelago-benthische Kopplung

In den 1990-er Jahren erfolgte – dank der politischen Öffnung der Arktis für die internationale Forschung – eine deutliche Hinwendung der Forschungsaktivitäten des IPÖs zu Arbeiten im Nordpolarmeer, die auch eine Teilnahme an Expeditionen mit russischen Forschungsschiffen beinhalteten. Allerdings wurden auch die Arbeiten in der Antarktis fortgesetzt (HEMPEL et al. 1992, HEMPEL & SPINDLER 1995, SPINDLER 1997, 2000).

Die Berufung von M. Spindler 1991 auf die Professur für Polarökologie war mit dem zügigen Aufbau einer Arbeitsgruppe für die Erforschung der Ökologie und Physiologie der Lebensgemeinschaften des Meereises verbunden, die von ihm und seinem Mitarbeiter R. Gradinger (1992–2000) geleitet wurde. Neben J. Ikävalko als Postdoktorandin umfasste diese Arbeitsgruppe mehrere Doktorandinnen und Doktoranden, die im Laufe der Jahre ihre Dissertationen über verschiedene meereisökologische Themen abschlossen: Strukturen der Solekanälchen des antarktischen Meereises (WEISSENBARGER 1992), Fauna des arktischen Meereises (FRIEDRICH 1997), arktisches Untereis-Habitat (WERNER 1997), Einfluss der dreidimensionalen Mikrostruktur auf die im Meereis vorkommenden Lebensgemeinschaften (KREMBBS 1999), Ökologie von Schmelzwassertümpeln auf arktischem Meereis (CARSTENS 2001) und Meereisgemeinschaften der Ostsee, Arktis und Antarktis (MEINERS 2002). In seiner Habilitationsschrift liefert GRADINGER (1998) eine Synopse der Umwelteinflüsse auf arktische Meereisalgen.

Die in der frühen Institutsphase begonnenen Untersuchungen des Planktons der Polarmeere wurden unter der Leitung von W. Hagen fortgesetzt und erweitert. In diese Phase fallen der Abschluss der Untersuchungen über die Rolle der Lipide im Plankton und Nekton der Polarmeere (HAGEN 1996) sowie Arbeiten über die raumzeitliche Verteilung des Mesozooplanktons der Grönlandsee (RICHTER 1994), das Mesozooplankton im Laptewmeer und östlichen Nansen-Becken (HANSEN 1996), die Lebensstrategien dominanter antarktischer Copepoden (METZ 1996), die saisonale Ökologie des Phytoplanktons im Laptewmeer (TUSCHLING 2000) und die Ökologie arktischer Tiefsee-Copepoden (AUDEL 1999). In der Subantarktis wurde über die Larvenökologie einer Schneckenart an der chilenischen Felsküste gearbeitet (KNICKMEIER 1996).

Ein weiterer Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten dieser Jahre war die Untersuchung der Bodenfauna polarer Meere mit deutlichem regionalen Schwerpunkt auf hocharktischen Regionen. Diese Arbeiten waren integriert in die übergeordneten Forschungsprojekte des Sonderforschungsbereichs (SFB) 313 (Veränderungen der Umwelt – Der nördliche Nordatlantik) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und das russisch-deutsche Verbundvorhaben „System Laptev Sea“.

Ergebnisse zu den Benthosarbeiten wurden präsentiert in einer Habilitationsschrift über die Ökologie von arktischen Schlangensterne (PIEPENBURG 1997). A. Brandt beschäf-

tigte sich nach ihrer Promotion vor allem mit der Taxonomie, Biogeographie und Ökologie arktischer Isopoden. Mehrere Untersuchungen wurden zu verschiedenen benthologischen Themen durchgeführt, so zur Bedeutung von Schlangenternen im Europäischen Nordmeer (v. JUTERZENKA 1994) und zur Verbreitung und Respiration ökologisch wichtiger Bodentiere in den Gewässern um Svalbard (SCHMID 1994). Im Rahmen des SFB 313 ging es um Besiedlungsmuster (SCHNACK 1998) bzw. Struktur und Kohlenstoffbedarf des Makrobenthos (SEILER 1998) am ostgrönländischen Kontinentalhang. Im Rahmen des Projektes „System Laptev Sea“ wurden makrobenthische Verbreitungsmuster am Kontinentalhang bzw. auf dem Schelf des Laptewmeeres aufgenommen (STEFFENS 2001). Neben der regionalen Fokussierung auf die Arktis wurden in kleinerem Maßstab weiterhin experimentelle Studien in der Antarktis durchgeführt, zum Beispiel über die Ökologie von Benthos-Foraminiferen in der Potter Cove auf King George Island (MAYER 2000).

Auch nach der Berufung von G. Hubold an die damalige Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi) wurde Anfang der 1990er Jahre die Forschung über die Fische der Polarmeere fortgesetzt. Dissertationen über den Gefrierschutz bei Fischen der Polarmeere (WÖHRMANN 1992), die Ökologie und Respiration arktischer Bodenfische (v. DORRIEN 1993) und die Aktivität, Sinnesleistung und Verhalten arktischer und antarktischer Fische (ZIMMERMANN 1996) wurden abgeschlossen. Ein weiteres Beispiel für fischökologische Untersuchungen in dieser Phase ist eine Arbeit zur Nahrungsökologie von Polardorschen (SÜFKE 1994).

Auch angewandte Forschungsaspekte wurden am IPÖ bearbeitet. 1999 wurde im Auftrag des Umweltbundesamts (UBA) eine umfassende Studie zur Ökosystemforschung in der Antarktis erstellt (CARSTENS et al. 1999). Diese Studie beschäftigte sich mit den Auswirkungen unterschiedlicher menschlicher Aktivitäten auf die Meeresumwelt und seine Bewohner, im Lichte des Gesetzes zur Ausführung des Umweltschutzprotokolls zum Antarktis-Vertrag (AUG). Betrachtet wurden die Auswirkungen wissenschaftlicher Tätigkeiten mit ihrer Logistik und die steigende Touristik in der Antarktis und ihren Randgebieten.

Die Späte Phase – Erwärmung und Versauerung

Die Pensionierung von L. Kappen (2000) und der Weggang von R. Gradinger (2000) nach Alaska einerseits und andererseits die Einstellung von I. Werner (2001) als Mitarbeiterin von M. Spindler sowie die Berufung von K. Bischof (2003) als Juniorprofessor waren deutliche personelle Veränderungen und damit der Beginn einer neuen Phase in der Entwicklung des IPÖ. Nach der Berufung von W. Hagen an die Universität Bremen (1998) hatten sich die Zooplankton-Arbeiten am IPÖ auf eine Untersuchung zur Lebensgeschichte dominanter arktischer Copepoden (LISCHKA 2006) reduziert.

Thematisch waren die marin-ökologischen Forschungsarbeiten allgemein gekennzeichnet durch die Untersuchung von ökologischen Effekten der Ozeanerwärmung und -versauerung sowie der Zunahme der UV-Einstrahlung (GRADINGER 1995). In der von K. Bischof geleiteten „Junior Research Group Polar Algae“ wurden diese Stresseffekte auf arktische Makroalgen

untersucht. Beispiele für diese Arbeiten sind die Dissertationen von Jana Fredersdorf (FREDERSDORF 2009) und Ralf Rautenberger (RAUTENBERGER 2009), die am IPÖ begonnen, aber nach dem Ruf von K. Bischof (2006) an die Universität Bremen dort fertig gestellt worden sind. M. Roleda führte diese Forschungsarbeiten am IPÖ bis 2008 weiter.

Die in der mittleren Phase begonnenen Untersuchungen zur Ökologie des Meereises wurden fortgesetzt. Die Arbeiten konzentrierten sich regional weiterhin auf arktische Meeresgebiete, zum Beispiel im Rahmen des internationalen IPY-Projekts *Circumpolar Flaw Lead Study*. Aber es wurden auch Felduntersuchungen in der Antarktis durchgeführt, zum Beispiel im Rahmen der von M. Spindler geleiteten internationalen ISPOL (Ice Station POLarstern)-Studie 2004/2005. Die Befunde zur saisonalen Dynamik, kryo-pelagischen Kopplung und zum Energieumsatz der Packeis- und Unter-eis-Fauna wurden in einer Habilitationsschrift zusammengefasst (WERNER 2005). Die in dieser Phase abgeschlossenen meereisökologischen Doktorarbeiten behandelten Themen wie die saisonale und regionale Variabilität (SCHÜNEMANN 2004) und Ökophysiologie (KIKO 2009) der Meereis-Meiofauna sowie die Rolle der sympagischen Meiofauna in arktischen und antarktischen Nahrungsnetzen (KRAMER 2010). Regionale Verbreitungsmuster benthischer Foraminiferen in der Dänemarkstraße waren ein weiteres Arbeitsgebiet zu dieser Zeit (LORENZ 2005).

Die wissenschaftlichen Forschungsaktivitäten zur Untersuchung der polaren marinen Bodenfauna sind in der späten Phase geprägt durch die Einbettung in übergeordnete Großforschungsprojekte, wie zum Beispiel das erd- und umweltwissenschaftliche Langfrist-Vorhaben „Frühwarnsysteme für globale Umweltveränderungen und ihre historische Dokumentation in natürlichen Klimaarchiven“ der Mainzer Akademie der Wissenschaften und der Literatur (seit 2002), das Kieler Exzellenzcluster *Future Ocean* (2006–11) und die *Circumpolar Flaw Lead Study*, die im Rahmen des Internationalen Polarjahres 2007/2008 von Bord des kanadischen Forschungseisbrechers *Amundsen* durchgeführt wurde. Diese Expedition legte den Grundstein für eine intensive Zusammenarbeit mit kanadischen Partnern, die bis heute andauert. In diesem Rahmen entstand eine Arbeit über die Funktion benthischer *coldspot*- und *hotspot*-Ökosysteme in der kanadischen Arktis (LINK 2012). Außerdem betreuten M. Spindler und D. Piepenburg am IPÖ weiterhin im Rahmen der Kooperation mit ausländischen Partnerinstituten Doktorarbeiten zu nicht-polaren Themen, z. B. über die Ökologie indonesischer Felswattschnecken (KHOUW 2003, PUTURUHU 2004) und über pelagische Molluskenlarven in indonesischen Gewässern (RENJAAN 2003).

DIE KRYO-PELAGISCHE LEBENSGEMEINSCHAFT – ARKTISCHES MEEREIS ALS LEBENSRAUM

Die Meereisforschung am IPÖ begann 1991 mit der Berufung von M. Spindler als Direktor des Instituts. Er kam vom Alfred-Wegener-Institut (AWI) in Bremerhaven, wo er bereits seit Mitte der 1980er Jahre über Foraminiferen und Ciliaten im Meereis des Südlichen Ozeans und, seit Anfang der 1990er Jahre, gemeinsam mit R. Gradinger auch über die Lebensgemeinschaften im arktischen Meereis geforscht hatte (GRADINGER et al. 1991, 1992). Daran schlossen sich in der

Folge systematische Vergleiche des Lebensraums Meereis in beiden Polargebieten an (SPINDLER 1994).

Die erste Meereis-Arbeitsgruppe am IPÖ umfasste neben M. Spindler und R. Gradinger im wesentlichen die vier Promovierenden C. Friedrich (Ökologie der sympagischen Meiofauna), M. Carstens (Ökologie der Schmelztümpel), I. Werner (Unter-eisfauna und kryo-pelagische Kopplung) und C. Krembs (Struktur und Besiedlung des Salzlaugenkanalsystems), die zwei Diplomanden T. Mock (Primärproduktion der Eisalgen) und K. Meiners (Mikrobielles Nahrungsnetz im Meereis) sowie Gastwissenschaftler/innen aus China und Finnland. Das Probenmaterial wurde während zehn „Polarstern“-Expeditionen zwischen 1991 und 1997 gewonnen. Experimente mit lebenden, sympagischen Organismen erfolgten an Bord „Polarstern“, im IPÖ-Labor und in den Eistanks der Hamburger Schiffbauversuchsanstalt (HSVA).

Die während der Expeditionen gemessenen abiotischen Parameter wie Temperatur, Salzgehalt, Licht und Nährstoffe sowie die biotischen Parameter wie Zusammensetzung, Abundanzen und Biomassen von Bakterien, Eisalgen, heterotrophen Protisten, Ciliaten und Metazoen (Abb. 4) sowie partikulärer organischer Kohlenstoff (POC) und partikulärer organischer Stickstoff (PON) im Packeis zeigen sehr ausgeprägte saisonale Schwankungen und, mit Ausnahme der mikrobiologischen Parameter (MEINERS 1999), steile vertikale Gradienten. An der Oberseite des Eises, wo die stärksten Temperatur- und Salzgehaltsschwankungen auftreten ($T = -22 - 0 \text{ } ^\circ\text{C}$, $S = 0 - 200$, GRADINGER 1998, SCHÜNEMANN 2004), dominieren oft Flagellaten (Abb. 4D), während an der Unterseite des Eises mit konstanteren Umweltbedingungen meist Diatomeen (Abb. 4A, 4E) vorherrschen.

Diese Feldbeobachtung wurde durch Experimente zur Salzgehaltstoleranz verschiedener Eisalgentaxa bestätigt und erklärt (GRADINGER 1998). Die meisten Organismen haben auf Grund der hier nur moderat schwankenden abiotischen Faktoren und der besseren Nährstoffversorgung durch die darunter liegende Wassersäule ein ausgeprägtes Maximum ihrer Biomasseverteilung in den untersten Zentimetern des Eises. Hier werden trotz der geringen Lichtverfügbarkeit auch die höchsten Primärproduktionsraten gemessen (MOCK 1998). Als Anpassung an starken Lichtmangel im arktischen Packeis zeigen die Eisalgen eine ausgeprägte Schattenadaptation in der biomassespezifischen Produktionsrate und auch in der photosynthetischen Effizienz (GRADINGER 1998). Während der langen Dunkelphase des arktischen Winters bilden nur wenige Eisalgenarten Dauersporen aus, häufiger kommen Reservestoffe und Mixotrophie als Überwinterungsstrategien vor (ZHANG et al. 1998).

Beim Vergleich mit früheren Untersuchungen am Festeis der amerikanischen Arktis stellte sich heraus, dass sich in den unterschiedlichen Eistypen sowohl die Zusammensetzung (z. B. mehr Flagellaten im Packeis) als auch die Biomasse der Eisalgen (stets niedriger im Packeis auf Grund geringerer Nährstoffkonzentrationen) unterschieden (GRADINGER 1998). Eine Lebensstudie an verschiedenen Flagellatentaxa aus dem arktischen Packeis ergab eine im Vergleich zur Wassersäule doppelt so hohe Diversität an Arten, Formen, Bewegungsarten, Nahrungstypen und Reproduktionsarten (IKÄVALKO & GRADINGER 1997). Vier neue Arten von Ciliaten wurden im arktischen Meereis gefunden und beschrieben (AGATHA et al. 1993).

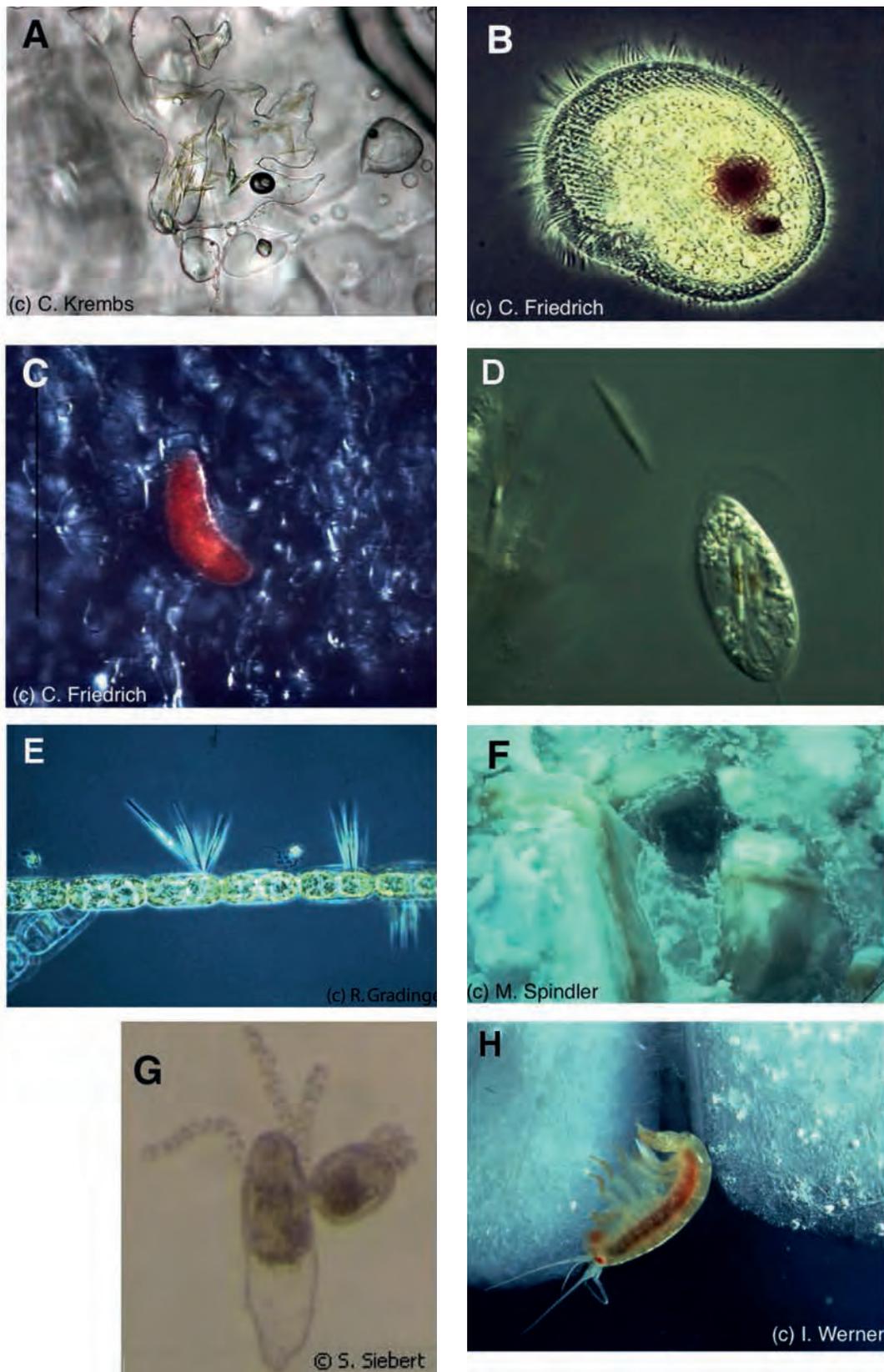


Abb. 4: Organismen im arktischen Meereis in sehr unterschiedlicher Vergrößerung. A = Diatomeen (Kieselalgen) im Salzlaugenkanalsystem; B = Ciliat (Wimpertierchen); C = Strudelwurm (Bildbreite ca. 2 mm); D = Flagellat (heterotrophes Geißeltierchen); E = *Melosira arctica* (kettenbildende Diatomee); F = durch Eisalgen bräunlich gefärbtes Meereis; G = Nesseltierart *Sympagohydra tuuli* (Cnidaria); H = Sympagischer Amphipode (Flohkrebs) *Onisimus glacialis* an der Meereis-Unterseite (Größe ca. 2 cm).

Fig. 4: Organisms inhabiting the Arctic sea ice. A = Diatoms in the brine-channel system; B = Ciliophoran protist; C = Flatworm (turbellarian species) (width of figure about 2 mm); D = Heterotrophic flagellate protist; E = chain-forming diatom *Melosira arctica*; F = brownish sea ice coloured by ice algae; G = cnidarian *Sympagohydra tuuli*, H = Sympagic amphipod *Onisimus glacialis* at the underside of Arctic sea ice (size approx. 2 cm). Note different scales are used in the images.

Die innere Oberfläche des Salzlaugenkanalsystems (Abb. 4A) variiert mit Temperatur und Eistextur, sie beeinflusst die Transportprozesse in der Lauge und die Besiedlungsmuster der Organismen. Ungefähr die Hälfte der Kanäle kann so eng ($<41 \mu\text{m}$) sein, dass sie für Grazer und Räuber nicht passierbar sind, so dass sich dahinter hohe Akkumulationen von Protisten bilden können (KREMBS 1999). Ein erstes, einfaches Nahrungsnetzmodell auf der Basis von allometrischen Funktionen deutet auf eine hohe Bedeutung mikrobieller Prozesse im Meereis hin (GRADINGER 1998, MEINERS 1999) und schließt Wegfraß als kontrollierenden Faktor für die Eisalgen zumindest im Sommer aus. Experimentell ermittelte Ingestionsraten von Bakterien durch heterotrophe Pico- und Nanoflagellaten im arktischen Meereis liegen dagegen in der gleichen Größenordnung wie in pelagischen Systemen der Polarmeere (MEINERS 1999).

Die erste systematische Untersuchung der Meiofauna im arktischen Packeis ergab eine Zusammensetzung aus Ciliaten (Abb. 4B), Nematoden, Rotatorien, acoelen Turbellarien (Abb. 4C) und Copepoden (FRIEDRICH 1997). Anders als im küstennahen Festeis fehlen hier Larven von benthischen Organismen. Entsprechend der vertikalen Verteilung von Biomasse und Produktion der Eisalgen sind auch bei der sympagischen Meiofauna die höchsten Abundanzen und Biomassen meistens in den unteren Schichten des arktischen Packeis zu finden (Abb. 5). Die experimentell untersuchten Organismen waren gut an die extremen Bedingungen in ihrem Lebensraum angepasst. Meereis-Ciliaten zeigen bei 0°C noch deutliches Wachstum (*Euplotes* sp.) und tolerieren einen weiten Salinitätsbereich von 5–95 (*Diophrys* sp.). Meereis-turbellarien haben eine Salzgehaltstoleranz von 5–65, Meereisnematoden (*Theristus melnikovi*) von 5–100, beide Gruppen überleben niedrige Temperaturen bis zu -6°C sowie einen zweitägigen Einschluss in festes Eis (FRIEDRICH 1997). Rotatorien und Turbellarien zeigen die größte körperliche Flexibilität bei der Überwindung von sehr engen Salzlaugenkanälen im Eis, sympagische Turbellarien reduzieren im Experiment ihren

Körperdurchmesser mit steigendem Salzgehalt um bis zu 70 % (KREMBS 1999). Diese unterschiedlichen Anpassungen tragen zur Separation unterschiedlicher ökologischer Nischen im Eis bei.

Die Oberseite des arktischen Meereises war bis zu diesem Zeitpunkt so gut wie nicht untersucht. Rotgefärbter Schnee auf dem Eis konnte als Lebensraum der Schneeealge *Chlamydomonas nivalis* identifiziert werden (GRADINGER & NÜRNBERG 1996). Die für die Arktis charakteristischen Schmelzwassertümpel, die im Sommer bis zu 70 % der Eisoberfläche bedecken können, wurden als flache, kalte, nährstoff- und biomassearme, meist limnische (seltener brackige) Lebensräume mit hoher Lichtexposition und extremer zeitlicher Variabilität aller Faktoren beschrieben (CARSTENS 2001). Vergleichbare Umweltbedingungen herrschen nur in Gletschereistümpeln, nicht aber im unmittelbar benachbarten Meereis oder Meerwasser.

Die in den Schmelztümpeln gefundene rein mikrobielle Lebensgemeinschaft besteht aus Bakterien, Pilzen und Protisten. Es handelt sich dabei meist um Schneeorganismen oder limnische Taxa. Diatomeen traten nur in den seltenen brackigen Tümpeln auf, in denen der Salzgehalt durch Kontakt mit dem Meerwasser angestiegen war. Bakterien, Algen und Protozoen zeigten deutliche Anstiege in Abundanz und Biomasse über den Sommer. Heterotrophe Dinoflagellaten und haptoride Ciliaten stellen bereits die höchste trophische Ebene innerhalb des mikrobiellen Nahrungsnetzes der Schmelztümpel dar (CARSTENS 2001).

Die Grenzschicht zwischen der Unterseite des Meereises und der darunter liegenden Wassersäule ist ein spezieller Lebensraum mit charakteristischen Umweltbedingungen und einer spezifischen Flora und Fauna (WERNER 1997). Die Morphologie der Eisunterseite kann sehr komplex ausgebildet sein (WERNER & LINDEMANN 1997), sie variiert nach Eistyp, Region und Jahreszeit und beeinflusst die Besiedlung durch Organismen. Während der Schmelzperiode bildet sich im

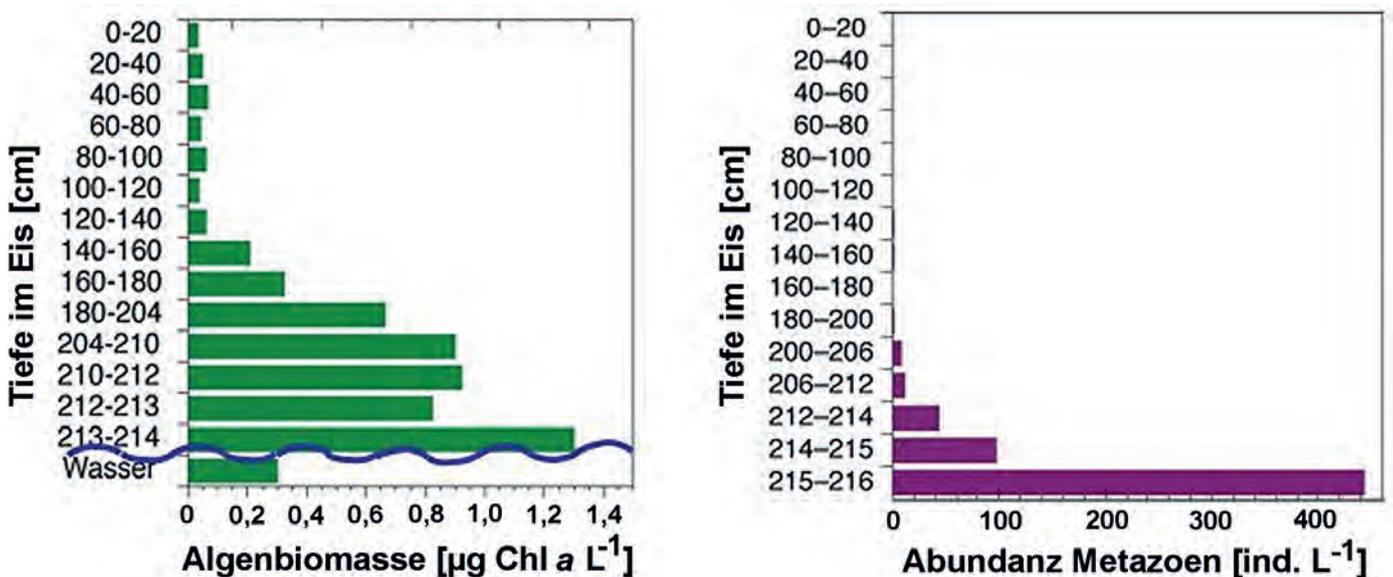


Abb. 5: Vertikalverteilung von Algenbiomasse (links) und Abundanzen vielzelliger Organismen (Metazoen, rechts) im arktischen Meereis im Sommer (WERNER et al. 2002).

Fig. 5: Vertical distribution of algal biomass (left) and metazoan abundance (right) in Arctic sea ice in summer (WERNER et al. 2002).

Schmelzwasser direkt unter dem Eis eine Pyknokline, die für stenohaline Organismen eine effektive Barriere darstellt. In einem solchen Untereisstümpel konnte erstmals und einmalig eine Prasinophyceeblüte beschrieben werden (GRADINGER 1998).

Im Regelfall aber ist die Algenbiomasse in den untersten Zentimetern des Meereises um eine oder zwei Größenordnungen höher konzentriert als in der Wasserschicht darunter (WERNER 1997). Die hohe Biomasse, die das Eis bräunlich einfärben kann (Abb. 4F), lockt zwei Gruppen von Konsumenten in diesen Lebensraum. Die Eisunterseite selbst wird zirkumpolar von gammariden Amphipoden besiedelt (Abb. 4H), vier autochthone Arten kommen regelmäßig und z. T. in hohen Abundanzen von bis zu 800 Ind. m⁻² vor (WERNER 1997), allerdings zeigt sich hier eine starke räumliche Fleckhaftigkeit (*patchiness*). Vor allem das Alter und die Herkunft des Eises können einen Einfluss auf die Besiedlung mit Amphipoden haben. Erste Experimente zur Nahrungsökologie ergaben, dass alle vier Arten spezifische Nahrungspräferenzen (von rein herbivor bis omnivor-carnivor) haben und dass der Fraßdruck der Amphipoden auf die Eisalgenbiomasse in der untersten Eisschicht mit 1–3 % Tag⁻¹ im Sommer nicht sehr hoch ist (WERNER 1997).

Durch die Produktion von Kotpillen, die in die Wassersäule abgegeben werden und die wegen ihrer Größe und hohen Dichte rasch absinken, tragen die Fressaktivitäten der Untereisamphipoden signifikant zum Kohlenstofffluss zwischen Eis und Pelagial bei (WERNER 2000). Neben den Untereisamphipoden wird das Untereishabitat von der Sub-Eisfauna besiedelt, die sich aus sympagischen (z. B. harpacticoide Copepoden) und pelagischen (z. B. cyclopoide und calanoide Copepoden) Arten zusammensetzt. Diese Arten nutzen schon früh in der Saison das Untereishabitat als reichhaltigen Nahrungsgrund sowie als Kinderstube für ihre Jugendstadien, die hier in z. T. sehr hohen Dichten vorkommen. Hier finden vielfältige und komplexe Prozesse statt. Diese kryo-pelagischen Kopplungen verbinden die Lebensräume Meereis und Pelagial miteinander.

Zum Ende dieser ersten Phase der Meereisforschung am IPÖ wurden noch zwei Diplomarbeiten fertig gestellt, die auf Material der „Polarstern“-Expedition im Sommer 1999 basierten. Die eine Studie erweitert die Datenbasis über die Metazoengemeinschaften des arktischen Packeises im Herbst (SCHÜNEMANN 2001), die andere beschreibt die Protistengemeinschaften im arktischen Packeise im Herbst, mit Schwerpunkt auf schwer zu bestimmende Dauerstadien (FEHLING 2000).

In den ersten Jahren der Meereisforschung am IPÖ wurden diverse neue Geräte und Methoden für die Feldforschung und die experimentellen Ansätze entwickelt und erprobt. So wurde in unserer Arbeitsgruppe nicht nur die Probennahme von ganzen Eiskernen Standard, sondern auch die Auftaumethode der Eisproben in filtriertem Seewasser. Vor allem letzteres führte zur Erfassung von höherer Diversität und Abundanz, vor allem von Flagellatentaxa im Vergleich zu früheren Arbeiten (GRADINGER 1998). Ein neues Inkubationssystem (Abb. 6) lieferte erstmalig *in situ* Primärproduktionsmessungen über die gesamte Eisdicke mit guter vertikaler Auflösung (MOCK 1998). Auch zur Erforschung der schwer

zugänglichen Eisunterseite wurden einige neue Geräte entwickelt und getestet, z. B. ein Untereisnetz und ein Endoskop (JUTERZENKA et al. 1996) sowie ein Untereisinkubationsschirm und eine Untereisströmungssonde (KREMBBS 1999). Als effektive und gut handhabbare Standardtechniken bewährten sich über viele Jahre und Vergleichsstudien das Untereisvideo-system und die Untereispumpe (WERNER 1997). Die Probenahme auf dem Meereis war trotz technischer Innovationen häufig eine Herausforderung, stets aber Teamwork (Abb. 7).

Mit dem Weggang von R. Gradinger nach Fairbanks, Alaska, im Jahr 2000 ging auch die IPÖ Meereisgruppe in eine neue Phase. Nachfolgerin von R. Gradinger wurde I. Werner, zunächst als Postdoktorandin, dann als Habilitandin. Nach ihrer Habilitation über Saisonalität, kryopelagische Interaktionen und metabolische Raten der arktischen und baltischen Eis- und Untereisfauna (WERNER 2005) war sie als Privatdozentin am Institut tätig. In dieser zweiten Phase der IPÖ Meereisforschung erweiterten sich die Forschungsthemen in Richtung experimentelle Nahrungsökologie, physiologische und molekularbiologische Anpassungen sowie Umweltaspekte.

Die Arktis aber blieb weiterhin der Schwerpunkt, in dem neue Gebiete wie die kanadische Arktis und das ökologisch hochgradig interessante Meereis der Ostsee hinzukamen. Auch die Antarktis wurde in mehreren Forschungsprojekten der Eisgruppe einbezogen. Die IPÖ-Meereis-Arbeitsgruppe bestand jetzt neben M. Spindler und I. Werner im wesentlichen

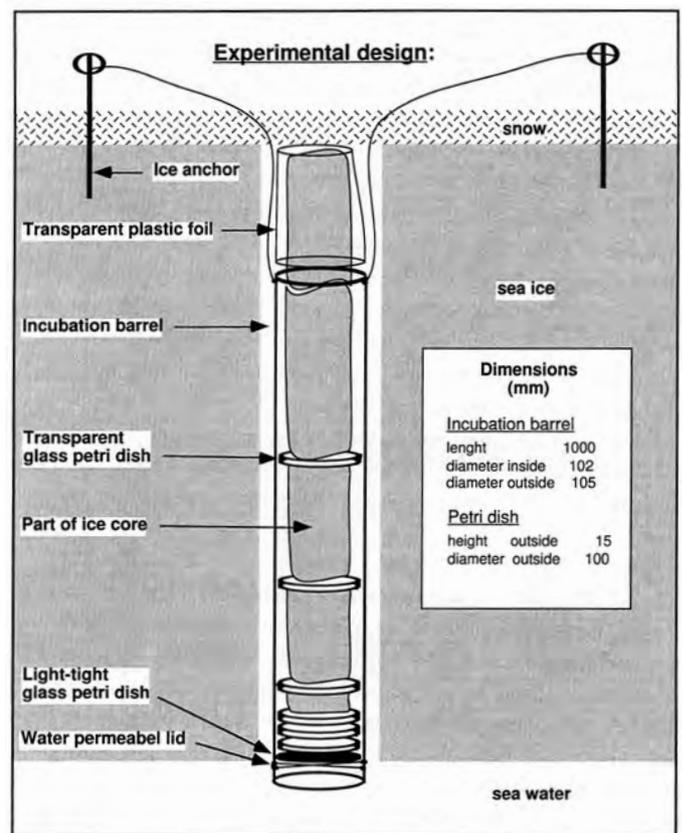


Abb. 6: System zur *in situ* Inkubationsmessung der Primärproduktion im arktischen Meereis (GRADINGER 1998).

Fig. 6: System for *in situ* incubation measurements of primary production in Arctic sea ice (GRADINGER 1998).



Abb. 7: Probenahme auf einer arktischen Meer-eis-scholle (Foto: IPÖ).

Fig. 7: Sampling on an Arctic sea-ice floe (Photo: IPOE).

aus den sechs Promovierenden mit ihren Arbeitsbereichen: K. Meiners (Struktur und Zusammensetzung der Meereisgemeinschaften der Ostsee, Antarktis und Arktis), H. Schünemann (Saisonale und regionale Variabilitäten der arktischen sympagischen Meiofauna), R. Krapp (Untereisfauna und UV-Strahlung), M. Steffens (Fleckenhaftigkeit im Meereis), R. Kiko (Ökophysiologie der antarktischen Meereis-meiofauna) und, zunächst als Diplomandin, dann als Doktorandin, M. Kramer (Rolle der sympagischen Meiofauna im Nahrungsnetz des arktischen und antarktischen Meereises). Dazu kamen als weitere Diplomandinnen M. Fuhrmann (Bedeutung von Chromatophoren des arktischen Untereisamphipoden *Apherusa glacialis*) und M. Marquardt (sympagische Meiofauna in Fest- und Packeis der kanadischen Arktis) sowie die Masterstudentinnen aus St. Petersburg (Russland) O. Probozhenskaya (Meiofauna in einjährigem arktischen Meereis) und A. Moshkina (Meiofauna in mehrjährigem arktischen Meereis). Hinzu traten weiterhin Gastwissenschaftler/innen aus China und Finnland.

Das Arbeitsmaterial dieser Phase wurde aus der Arktis auf sechs „Polarstern“-Expeditionen in den Jahren 1997–2003 in die Norwegische See, die Grönlandsee, in die Framstraße sowie ins arktische Becken zum Yermak Plateau und Gakkel-Rücken gewonnen. Während des Internationalen Polarjahres war das IPÖ an den CFL-Abschnitten 7–8 des

kanadischen Forschungsschiffes „Amundsen“ beteiligt. Dazu kamen zahlreiche Sammelreisen nach Spitzbergen. Weiterhin wurden verstärkt Experimente mit lebenden sympagischen Organismen an Bord der Schiffe, im IPÖ und in den Laboratorien des AWI und der Universität UNIS auf Spitzbergen durchgeführt.

Saisonalität im arktischen Meereis und die Anpassungsstrategien der sympagischen Flora und Fauna blieben große Forschungsthemen. Die Teilnahme an einer der höchst seltenen Winterexpeditionen in die Arktis ergab die Möglichkeit, die saisonalen Datensätze endlich um Beobachtungen und Messungen aus dem späten Winter (März/April 2003) zu ergänzen. Die Umweltbedingungen im Meereis erreichten damals die extremsten von uns gemessenen Werte mit Temperaturen von $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ und korrespondierenden Solesalinitäten von >200 und Solevolumnia von $<5\%$ (SCHÜNEMANN 2004) in den oberen Eisschichten. Die sympagischen Algen zeigen zu dieser Jahreszeit zwar keine verringerte Diversität, wohl aber liegen die Abundanzen und Biomassen um eine Größenordnung niedriger als im Sommer (WERNER et al. 2007) und der Chl *a*-Gehalt bleibt unter $1\text{ }\mu\text{g l}^{-1}$ (Abb. 8).

Anorganische Nährstoffe sind im winterlichen Meereis im Vergleich zur Wassersäule angereichert, als limitierende Faktoren für den Beginn der Frühjahrsblüte der Eisalgen

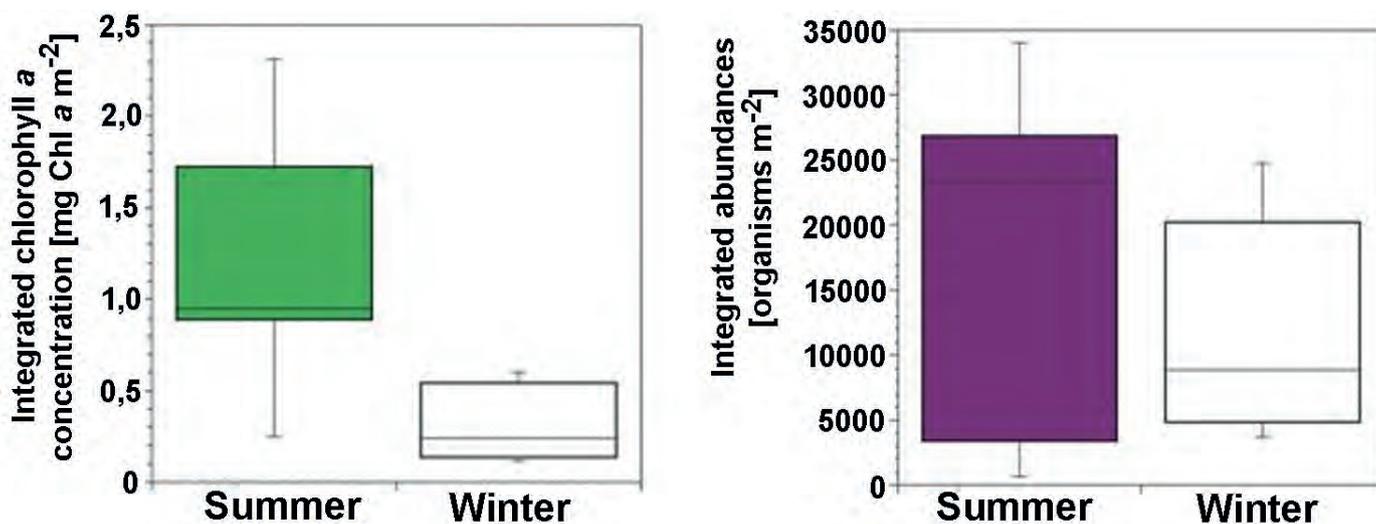


Abb. 8: Saisonale Unterschiede zwischen Sommer und Winter in Algenbiomasse (links) und Abundanzen von Metazoen (rechts) im arktischen Meereis, integriert über die gesamte Schollendicke (SCHÜNEMANN & WERNER 2005).

Fig. 8: Seasonal differences between summer and winter in algal biomass (left) and metazoan abundance (right) in Arctic sea ice, integrated over the entire floe thickness (SCHÜNEMANN & WERNER 2005).

werden daher im unteren Bereich des Eises das Licht, im oberen Teil des Eises die noch sehr niedrigen Temperaturen und hohen Salzgehalte angenommen. Bei der sympagischen Meiofauna (Metazoen) fällt der Vergleich zwischen Winter und Sommer genau umgekehrt aus: Hier sind die Abundanzen in beiden Jahreszeiten ähnlich (Abb. 8), dagegen unterscheiden sich die Zusammensetzung und Diversität signifikant. Trotz der vergleichsweise moderaten Temperatur- und Salzgehaltswerte im unteren Teil des Eises fehlen auch in der sonst durch sympagische Meiofauna besiedelten Schicht mit Ausnahme der Nauplien, die 93 % aller Individuen stellen, so gut wie alle anderen Metazoen-Taxa (SCHÜNEMANN & WERNER 2005). Wo und wie die übrige sympagische Meiofauna überwintert, bleibt daher weitgehend ungeklärt.

An der Eisunterseite und in der obersten Wasserschicht direkt unter dem Eis sind neben der Saisonalität des Lichts, und damit einhergehend der Primärproduktion und der Nahrungsverfügbarkeit, die sommerliche Ausbildung einer ausgestüften Schmelzwasserschicht der stärkste saisonale Faktor, der auf die Fauna einwirkt (WERNER 2005). Die autochthonen Untereisamphipoden besiedeln die Eisunterseite das ganze Jahr über, nur bei der rein herbivoren Art *Apherusa glacialis* ist die Abundanz im Winter vermindert. Alle vier Arten zeigen saisonal unterschiedliche Nahrungspräferenzen. Als Überwinterungsstrategien gibt es Kombinationen von Lipidspeicherung und Veränderungen im Nahrungsspektrum, aber keine Reduktionen des ohnehin niedrigen Stoffwechsels (WERNER & AUER 2005).

Als Anpassung an die zeitweise niedrigen Salzgehalte im Untereishabitat konnte hyperosmotische Regulation als Anpassung an sehr niedrige Temperaturen und gegen das Gefrieren ein niedriger Unterkühlungspunkt bei *A. glacialis* festgestellt werden (KIKO et al. 2009). Die Abundanzen der pelagischen calanoiden und cyclopoiden Copepoden im Untereiswasser, der oberen Grenzschicht der Wassersäule, sinken im Sommer. Dies ist ein Indiz dafür, dass die Schmelzwasserschicht eine effektive Barriere für stenohaline Arten darstellt. Im Gegensatz dazu finden sich während dieser Zeit besonders viele harpacticoiden und cyclopoide Copepoden und andere sympagische Arten in dieser Wasserschicht; sie werden vermutlich mit dem Schmelzwasser aus dem Eis gespült oder verlassen dieses aktiv, um im Untereiswasser zu fressen (WERNER 2006).

Weitere kryopelagische Kopplungsprozesse an der arktischen Eis-Wasser-Grenzschicht wurden durch Feldbeobachtungen und Laborexperimente beschrieben und z. T. quantifiziert: Partikel- und Kohlenstofffluss vom Meereis ins Pelagial und Benthos, Fressaktivitäten der Untereisamphipoden sowie pelagischer Arten an der Eisunterseite, Wanderungen von pelagischen und benthischen Arten zur Eisunterseite zum Fressen oder zur Fortpflanzung sowie aufsteigende Eier und Larven, möglicherweise von mehr Arten als bislang angenommen (MARQUARDT 2010). Sie alle sorgen für einen komplexen und dynamischen Austausch von Partikeln, Biomasse und Energie zwischen den beiden Lebensräumen und den unterschiedlichen Nahrungsnetzen (WERNER 2005).

Verschiedene Fragestellungen der Nahrungsökologie durchziehen viele der Arbeiten am arktischen Meereis. Die Basis des Nahrungsnetzes im Eis stellt eine mikrobielle Gemeinschaft aus Bakterien und einzelligen Protisten dar. Insbeson-

dere sympagische Diatomeen liefern mit der Produktion und Sekretion von transparenten exopolymeren Partikeln (TEP) eine zusätzliche und konzentrierte Kohlenstoffressource für Bakterien und heterotrophe Protozoen im Eis (MEINERS 2002).

Biochemische Analysen von stabilen Isotopen und Markerlipiden und Experimente zur Erfassung der Nahrungsquelle und Selektivität sowie zur Bestimmung von Ingestionsraten mit diversen Taxa der sympagischen Meiofauna zeigten, dass die Nahrungsnetze im Meereis komplexer und die meisten Organismen sehr viel weniger herbivor sind als früher angenommen (KRAMER 2010). So fressen fast alle arktischen sympagischen Metazoen Ciliaten. Einige Arten, z. B. der Cnidarier *Sympagohydra tuuli* (Abb. 4G) und einige harpacticoiden Copepoden, ernähren sich sogar räuberisch von anderen Metazoen im Eis. Nur wenige Arten, z. B. die harpacticoiden Copepoden *Halectinosoma* spp., sind vorwiegend herbivor, können ihre Nahrung aber auch durch Ciliaten ergänzen.

Mit diesen Erkenntnissen und der Entdeckung neuer Taxa im arktischen Meereis (BLUHM et al. 2007, SIEBERT et al. 2009) hat unser Bild vom Nahrungsnetz neue Ebenen und Verbindungen bekommen (KRAMER 2010, Abb. 9). Auch unter den arktischen Untereisamphipoden ist nur *Apherusa glacialis* überwiegend herbivor, alle anderen Arten sind omnivor-carnivor. Die größte Art *Gammarus wilkitzkii* ernährt sich nicht nur von anderen sympagischen Metazoen, sondern frisst auch große pelagische Copepoden aus der Untereisgrenzschicht (WERNER et al. 2002). Der Fraßdruck auf die Eisalgenbestände ist auch nach den experimentellen Daten niedrig, der Prädationsdruck der sympagischen Meiofauna z. B. auf Ciliaten oder Nauplien im Eis kann dagegen sehr hoch sein (KRAMER 2010).

Durch die langjährige und enge Kooperation mit Meereisbiolog/innen in Finnland ergab sich ab dem Jahr 2000 die Möglichkeit, Untersuchungen am Meereis der nördlichen Ostsee durchzuführen, das wegen des niedrigen Salzgehaltes und der extremen Saisonalität einen interessanten Sonderfall des arktischen Meereises darstellt. Die Probenahme erfolgte auf einer Expedition mit dem finnischen Forschungsschiff „Aranda“ (2000) und auf Ausfahrten mit dem schwedischen Forschungseisbrecher „Oden“ (2002). Die Arbeiten auf See wurden ergänzt durch diverse Forschungsprojekte von Land aus, die meisten von der finnischen Forschungsstation Tvärminne (2000, 2002, 2004), aber auch von der schwedischen Station Umeå (2004) aus. Wie im Meereis des Nordpolarmeeres (KREMBES 1999) sind auch im Meereis der Ostsee die meisten biologischen Parameter höchst fleckhaft verteilt und von abiotischen Parametern, z. B. der Eisdicke, beeinflusst (STEFFENS et al. 2006).

Bereits im starken Eiswinter 1996 hatten Studenten des IPÖ das Meereis in der Strander Bucht bei Kiel untersucht und das Vorkommen und die zeitliche Entwicklung von Bakterien im Eis beschrieben (MOCK et al. 1997). Das Meereis der nördlichen Ostsee ist ähnlich wie in den Polarregionen ein komplexes Ökosystem, besiedelt von Bakterien, den auch hier dominanten Diatomeen, diversen foto- und heterotrophen (IKÄVALKO 1997) Flagellaten, Ciliaten und wenigen Metazoen-Taxa (MEINERS 2002, WERNER 2005). Die Metazoen im Eis gehören sämtlich dem Zooplankton an und setzen sich zusammen aus Vertretern mehrerer Arten der Rotatoriangattungen *Synchaeta* und *Keratella* sowie aus

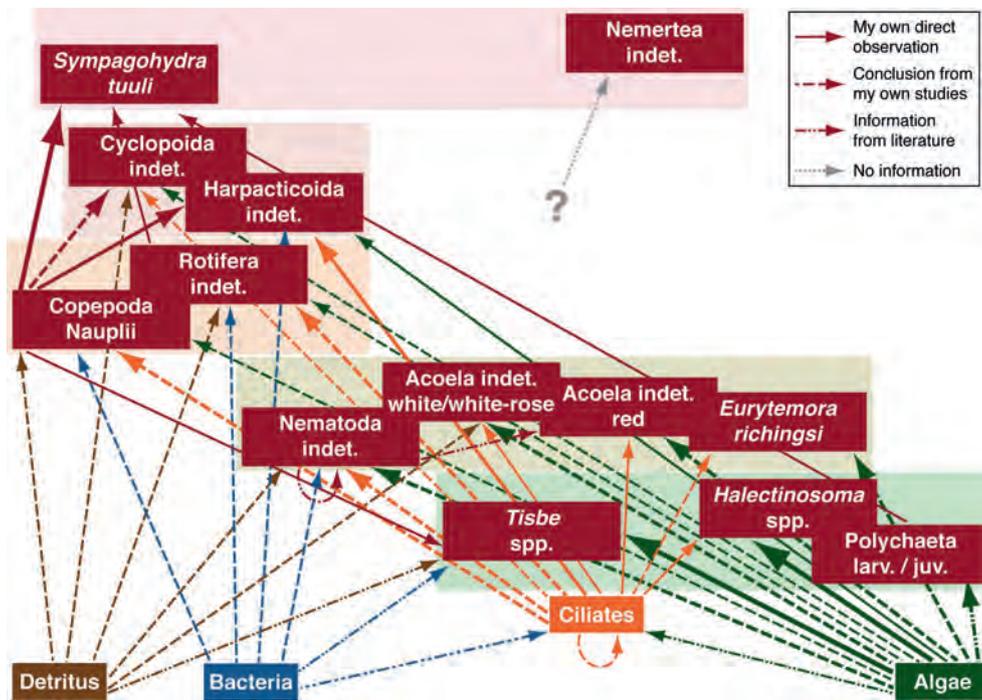


Abb. 9: Nahrungsnetz im arktischen Meereis (KRAMER 2010).

Fig. 9: Food web in Arctic sea ice (KRAMER 2010).

Nauplien und Copepoditen calanoider Copepoden, insbesondere *Acartia bifilosa* (WERNER 2005). Für die Rotatorien wird angenommen, dass sie den Lebensraum im Eis und die hier konzentrierte Nahrung in Form von Bakterien, Einzellern und Detritus im Winter aktiv nutzen. Außerdem wurden Dauereier von Rotatorien im Ostseeeis gefunden, was möglicherweise auf eine weitere Überwinterungsstrategie hinweist.

Das Untereishabitat der Ostsee ist im Frühjahr stark durch Schmelzprozesse beeinflusst, und auch hier finden diverse Austauschprozesse zwischen Meereis und Pelagial statt. Die calanoide Copepodenart *A. bifilosa* überwintert teilweise direkt unter dem Eis und zeigt dort auch Reproduktion, Wachstum und Entwicklung. Biochemische Analysen an Markerlipiden ergaben, dass Nauplien und Copepodite sich einerseits im Winter omnivor-carnivor ernähren und andererseits auf Speicherlipide als Reservestoffe zurückgreifen, ganz ähnlich wie viele polare Arten auch (WERNER & AUDEL 2004).

Der Lebensraum Meereis ist im globalen Klimawandel schon heute verschiedenartigen Veränderungen ausgesetzt. Einige Untersuchungen der IPÖ-Meereisgruppe haben Fragestellungen aus diesem Themenkreis aufgegriffen, z. B. zum Einfluss erhöhter UV-Strahlung auf das mikrobielle Nahrungsnetz in arktischen Schmelzwassertümpeln (WICKHAM & CARSTENS 1998) oder auf die arktischen Untereisamphipoden *Apherusa glacialis* (FUHRMANN et al. 2010) und *Gammarus wilkitzkii* (KRAPP et al. 2009).

Die mikrobielle Gemeinschaft in den ohnehin stark licht-exponierten Schmelzwassertümpeln scheint so gut an die hohen Strahlungsintensitäten, auch im UV-Bereich, angepasst zu sein, dass experimentell kein negativer Effekt von UV-B Strahlung festgestellt werden konnte (WICKHAM & CARSTENS 1998). Der Untereisamphipode *A. glacialis* besitzt Chromatophoren, die einen physiologischen Farbwechsel auslösen. Sie haben auch eine photoprotektive Funktion, wahrscheinlich als Schutz vor schädlicher UV-Strahlung (FUHRMANN et al.

2010). Erhöhte UV-Strahlung kann einen Anstieg von Sauerstoffradikalen im Wasser auslösen. Der arktische Untereisamphipode *G. wilkitzkii*, reagiert darauf mit Veränderungen in der antioxidativen Kapazität, also der Fähigkeit, sich gegen die physiologisch aggressiven Sauerstoffradikale zur Wehr zu setzen (KRAPP et al. 2009). Beide Prozesse können als Anpassungsstrategien der Amphipoden gegen die vor allem an Schollenrändern hohe UV-Exposition im arktischen Sommer angesehen werden.

Der durch den Klimawandel bedingte Rückgang des arktischen Meereises begleitete die 20 Jahre der IPÖ-Meereisforschung unübersehbar im Feld und wurde dementsprechend auch Teil der Forschungsfragen und Hypothesen. Das Verschwinden des arktischen Meereises stellt den Verlust eines einzigartigen Lebensraumes mit einer hochangepassten, spezifischen Flora und Fauna dar und beeinflusst über die dann veränderten oder verschwundenen Kopplungsprozesse auch das angrenzende Pelagial, z. B. durch verstärkten Schmelzwassereintrag, veränderte Produktionsregime, Artenverschiebungen und Veränderungen der Nahrungsnetze (GRADINGER 1998, WERNER 2005, KRAMER 2010). Schon mit der Verschiebung vom ehemals vorherrschendem mehrjährigen Eis zu mehr saisonalem oder einjährigem Eis geht eine Abnahme von Diversität und Abundanz der sympagischen Meiofauna (MOSHKINA 2004, PREOBRAZHENSKAYA 2004, Abb. 10) und der arktischen Untereisamphipoden (WERNER & GRADINGER 2002) einher.

Als bereits sehr sichtbare Konsequenz des Klimawandels kann das vermehrte Auftreten von brackigen und salinen Schmelzwassertümpeln auf dem arktischen Meereis angesehen werden. Anders als noch 1993/1994 (CARSTENS 2001) wurden im Jahr 2007 auch diverse sympagische Metazoentaxa in den Schmelzwassertümpeln gefunden. Durch das verbreitete Durchschmelzen hat sich der Lebensraum der Schmelzwassertümpel von einem isolierten Süßwasserhabitat zu einem marinen Lebensraum mit enger Kopplung an das Eis und das Pelagial entwickelt (KRAMER & KIKO 2011).

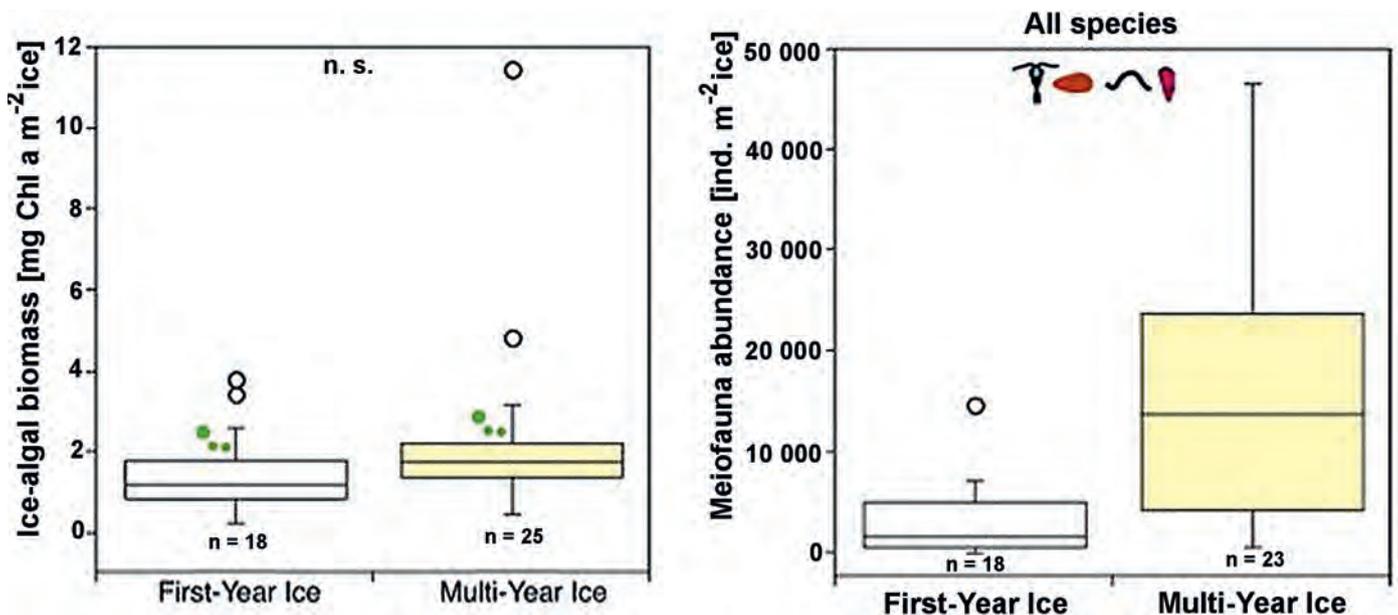


Abb. 10: Unterschiede zwischen einjährigem und mehrjährigem arktischen Meereis in Algenbiomasse (links) und Abundanzen von Metazoen (rechts), integriert über die gesamte Schollendicke (MOSHKINA 2004, PREOBRAZHENSAYA 2004, verändert).

Fig. 10: Differences between Arctic first-year and multi-year sea ice in algal biomass (left) and metazoan abundance (right), integrated over the entire floe thickness (MOSHKINA 2004, PREOBRAZHENSAYA 2004, modified).

An dieser eigentlich höchst spannenden Stelle endet die Meereisforschung am IPÖ nach nur 20 Jahren durch die Schließung des Instituts. Die letzte, mit mehreren Preisen ausgezeichnete Doktorarbeit von M. Kramer wurde 2010 fertiggestellt (KRAMER 2010). Sehr beachtlich ist die Zahl der in Kiel hervorragend ausgebildeten Meereisforscherinnen und -forscher, die heute in aller Welt forschen und lehren. Die Beteiligung der IPÖ-Arbeitsgruppe Meereis an großen Verbundprojekten (SFB 313, System Laptevsee) und zahlreichen Einzelprojekten (DFG, EU) sowie an exzellenten, in nationalen und internationalen sowie fast immer interdisziplinären Kooperationen führte zu reichen Forschungsergebnissen und zahlreichen Publikationen. Aus Sicht der Meereisforschung, die zu Zeiten des Klimawandels stetig an Bedeutung gewinnt und international an vielen Stellen ausgebaut wird, ist daher die Schließung des IPÖ unverständlich.

DREISSIG JAHRE FORSCHUNG IM ANTARKTISCHEN PELAGIAL

Bei der Vorstellung der Forschungsarbeiten aus drei Dekaden Forschung des IPÖ soll hier die Freiwasserzone, das Pelagial, des Südpolarmeeress im Vordergrund stehen.

Das IPÖ war schon während seiner Gründung im Februar 1982 bei der deutsch-britischen „John-Biscoe“-Expedition (Südgeorgien-Expedition, Offshore Biological Programme) zur Antarktischen Halbinsel voll beteiligt – mit G. Hempel als Fahrtleiter sowie G. Janssen, A. Kellermann, R. Schneppenheim und U. Piatkowski. Die Fluoranreicherung im Krill war Gegenstand der Arbeiten von A. Keck (IfM Kiel), Ein weiteres Thema war die Nahrungsökologie der Chaetognathen, Pfeilwürmer, die ihre Beute mit dem Gift Tetrodotoxin lähmen können (HAGEN 1985). Als Nebenprodukt dieser Expedition konnten drei für die Wissenschaft neue Chaetognathen-Arten beschreiben werden (KAPP & HAGEN 1985, HAGEN & KAPP 1986).



Abb. 11: Aussetzen des „Rectangular Midwater Trawl“ (RMT 8) auf FS „Polarstern“ 1983 zum Fang von Makrozooplankton und Mikronekton (Foto: U. Piatkowski).

Fig. 11: Rectangular Midwater Trawl “RMT 8“ on board RV “Polarstern“ in 1983 (Photo: U. Piatkowski).

Mit Indienststellung der „Polarstern“ wurde das Weddellmeer ab 1983 das wichtigste antarktische Untersuchungsgebiet für die Meeresbiologen des IPÖ. Die Eisbrecherklasse des Schiffes erlaubte auch Winterexpeditionen in die Polarmeere und damit die umfassende saisonale Erforschung der (Über-) Lebensstrategien von Schlüsselorganismen in einem hochantarktischen Ökosystem. Auf den „Polarstern“-Expeditionen konnte eine breite Palette verschieden großer Planktonnetze eingesetzt werden, vom vertikal sammelnden engmaschigen Multinetz und dem Bongo-Netz für Schräg- und Horizontalhols bis hin zum großen Rectangular Midwater Trawl (RMT 8) mit einer Fläche von 8 m² und einer Maschenweite von 4,5 mm zum Fang von Makrozooplankton und Mikronekton (Abb. 11). Adulte Fische wurden mit einem pelagischen Schleppnetz sogar bei geschlossener Meeresdecke gefangen.

Das IPÖ war bereits bei der ersten großen Antarktis-Expedition der „Polarstern“ Anfang 1983 unter Leitung von G. Hempel mit mehreren Doktoranden vertreten. Das Meso- bzw. das Makrozooplankton wurde intensiv erforscht und Gemeinschaftsanalysen durchgeführt (BOYSEN-ENNEN 1986, PIATKOWSKI 1987). Die Analyse dieser Datensätze wurde

durch multivariate Statistikverfahren abgesichert und damit Stationen mit großer Ähnlichkeit identifiziert und drei charakteristischen Gemeinschaften zugeordnet. Die Auswertung ergab für das Weddellmeer drei typische Zooplankton-Gemeinschaften im Epipelagial (0–300 m): Neben einer südlichen und einer nordöstlichen Schelfgemeinschaft kennzeichnete eine ozeanische Zooplanktongemeinschaft das zentrale Weddellmeer.

Die südliche Gemeinschaft ist insbesondere durch die Dominanz von Larven des Eiskrills *Euphausia crystallorophias* charakterisiert, die auf dem südlichen Schelf den Antarktischen Krill *E. superba* ersetzt. Die herbivoren Ruderfußkrebse (Copepoden) sind in der südlichen Gemeinschaft mit geringen Häufigkeiten vertreten (12,5 %), während sie mit drei Viertel der Abundanzen die nordöstliche Zooplanktongemeinschaft deutlich dominieren. In der ozeanischen Gemeinschaft gehen sie auf ein Drittel zurück. Neben herbivoren Ruderfußkrebsen prägen auch omnivore Copepoden-Arten die ozeanische Gemeinschaft (Abb. 12). Diese Abundanzdaten wurden später in Biomassedaten übertragen, um auch in Bezug auf das Nahrungsnetz und den Energiefluss vergleich-

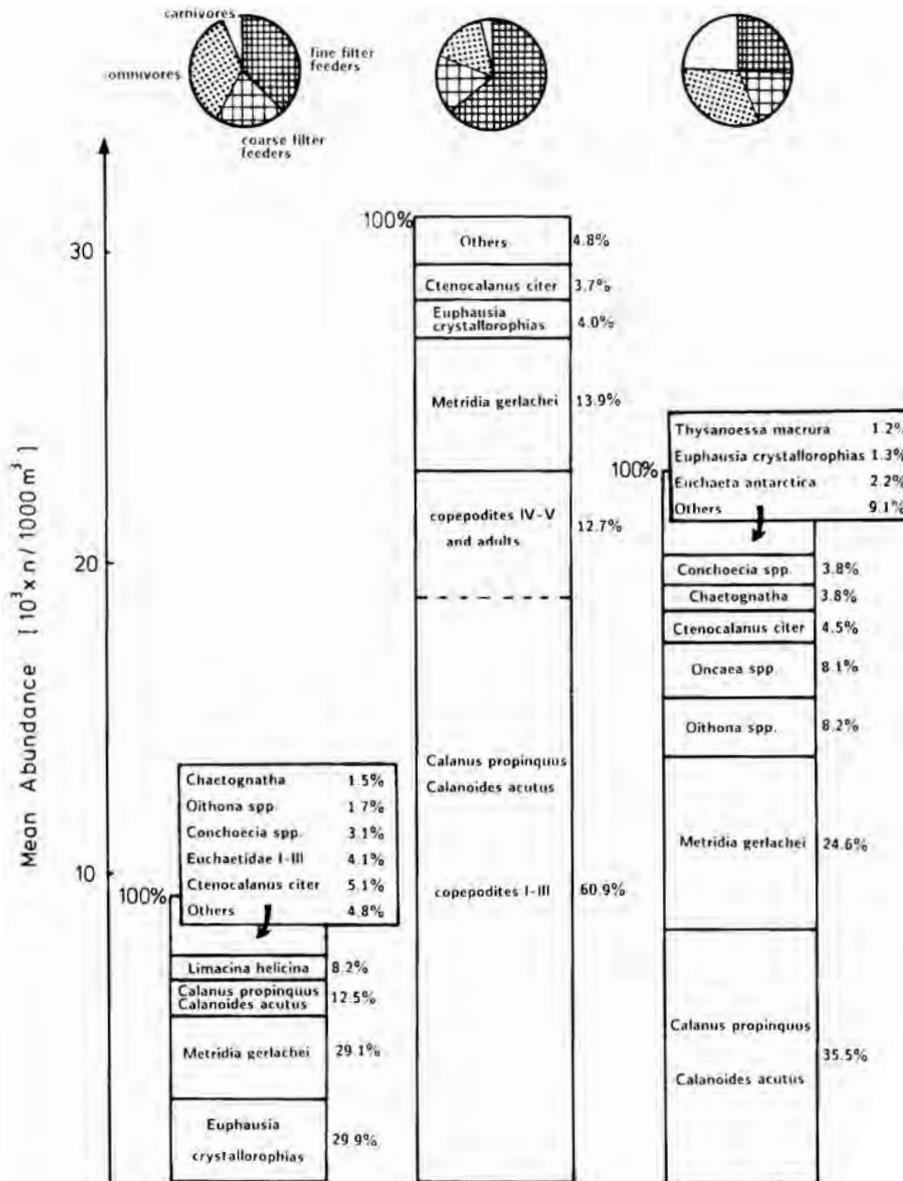


Abb. 12: Faunistische Zusammensetzung von Zooplanktongemeinschaften (mit trophischen Präferenzen) im Weddellmeer (nach BOYSEN-ENNEN & PIATKOWSKI 1988).

Fig. 12: Faunal composition of zooplankton communities (with trophic preferences) in the Weddell Sea (after BOYSEN-ENNEN & PIATKOWSKI 1988).

bare Zahlen zu gewinnen und das System Weddellmeer mit seinen verschiedenen Planktongemeinschaften in Struktur und Funktion besser zu verstehen (BOYSEN-ENNEN et al. 1991). Die RMT-Fangvolumina von Proben der „John Biscoe“ und der „Polarstern“ zeigen klar, dass die Makroplanktonfänge an der Antarktischen Halbinsel deutlich ergiebiger waren als im hochantarktischen Weddellmeer (PIATKOWSKI 1987, BOYSEN-ENNEN & PIATKOWSKI 1988).

Während der „Polarstern“-Expedition 1983 (SIBEX – Second International BIOMASS Expedition) zu den Südlichen Shetland-Inseln wurde der IPÖ-Doktorand M. Reinke mit seiner Ausrüstung auf der polnischen Forschungsstation „Arctowski“ auf King George Island abgesetzt, um dort erstmals die Ernährungs- und Bewegungsphysiologie antarktischer Salpen zu untersuchen, z. B. ihr Pumpvolumen und Vortriebskräfte (REINKE 1986). 1985 folgte die große „Polarstern“-Sommerexpedition ins Weddellmeer und im Südwinter 1986 die erste Winterreise der „Polarstern“ ins Weddellmeer. Der früh verstorbene N. Mumm untersuchte als IPÖ-Diplomand auf dieser Expedition im Hochwinter anhand von Messungen der Enzymaktivitäten einen Teilaspekt der Überwinterungsstrategien des Antarktischen Krills im Weddellmeer (MUMM 1987).

Im Spätwinter/Frühjahr 1986 war das IPÖ wieder auf „Polarstern“ vertreten, u. a. mit F.-P. Rapp, der sich sehr um das über Kabel ferngesteuerte Unterwasservehikel UWE (Under Water Equipment, Abb. 13) bei den Beobachtungen an der Eisunterseite kümmerte und die Freilanduntersuchungen zur Ernährungsweise von Krilllarven technisch unterstützte (MARSCHALL 1985). Dies war auch das Forschungsobjekt von I. Hempel, ihr gelang es, Marrs Hypothese vom Aufstieg der Krill-Nauplien (*developmental ascent*) aus ca. 2000 m Tiefe anhand von Stufenfängen quantitativ zu bestätigen (I. HEMPEL & G. HEMPEL 1986, Abb. 14).

Während im Spätwinter in der Wassersäule mit Netzen vergeblich nach Krill gesucht wurde, konnten mit dem Unterwasservehikel UWE erstaunliche Entdeckungen gemacht werden: Der Antarktische Krill versteckt sich im Winter im zerklüfteten Meereis vor seinen Fressfeinden und ernährt sich von den dort reichlich vorhandenen Eisalgen. Er wechselt also jahreszeitlich von einer pelagischen Lebensweise als Phytoplankton filtrierendes Schwarmtier zu einer pseudobenthischen, solitären Lebensweise an der Unterseite und in Klüften des Packeises. Dort kratzt er mit seinen Vorderbeinen, den Thoracopoden, sessile Diatomeen (Eisalgen) von der Eisunterseite ab (MARSCHALL 1988).

Die Teilnahme an drei „Polarstern“-Expeditionen im Spätwinter/Frühjahr 1986, Sommer 1985 und Herbst 1992 (M. Spindler als Fahrtleiter) ermöglichte erstmals Probennahmen für stoffwechselphysiologische Untersuchungen am Krill zu verschiedenen Jahreszeiten. Damit konnte nachgewiesen werden, dass der Antarktische Krill zum Herbst große Energiereserven aufbaut, von denen er im Winter zehren und so bei reduziertem Stoffwechsel (Quieszenz) 4–5 Monate fasten kann (Abb. 15; HAGEN et al. 1996). Er speichert diese Fettdepots (Lipide) auf sehr ungewöhnliche Weise in Form von Lecithin (Phosphatidylcholin). Diese Art der Speicherung finden wir im Weltmeer nur beim Krill und anderen Euphausiaceen der Polarmeere.



Abb. 13: Aussetzen eines über Kabel ferngesteuerten Unterwasser-Vehikels (SPRINT 101), genannt UWE auf FS „Polarstern“ 1986 (Foto: W. Hagen).

Fig. 13: Deploying a tethered remotely operated vehicle (SPRINT 101, nick name UWE "underwater equipment") on board RV "Polarstern" in 1986 (Photo: W. Hagen).



Abb. 14: Auf dem Achterdeck von FS „Polarstern“ im Weddellmeer im Februar 1985; Biologen – G. Hempel (links) und I. Hempel (rechts) – sammeln Organismen aus einem Schleppnetzfang (Foto: G. Hubold).

Fig. 14: Biologists – G. Hempel (left) and I. Hempel (right) – collect organisms from a trawl catch spread out on the aft deck of RV "Polarstern" in the Weddell Sea in February 1985 (Photo: G. Hubold).

Insgesamt konnten bei wichtigen Zooplanktonarten im Weddellmeer drei grundlegend verschiedene Lebensstrategien charakterisiert werden: Räuberische Arten zeigen auch im Winter ein „business as usual“, da sie von der ausgeprägten Saisonalität der Primärproduktion nicht betroffen sind (sie folgen vielleicht ihren Beutetieren in größere Tiefen). Das andere Extrem repräsentiert die dominante herbivore Copepodenart *Calanoides acutus*, die zum Überwintern „mit vollen Öltanks“, gefüllt mit Wachsesteren (Lipide), in große Tiefen abwandert und ihren Stoffwechsel auf unter 10 % der normalen Aktivität reduziert (Diapause). Die dritte Strategie ist durch starke Flexibilität gekennzeichnet: omnivore Arten, wie z. B. der Copepode *Calanus propinquus* und der Krill *Euphausia superba*, bleiben auch im Winter aktiv und speichern u. a. Triacylglycerine (keine Wachsester) als Energie-reserve (Abb. 15; HAGEN 1999).

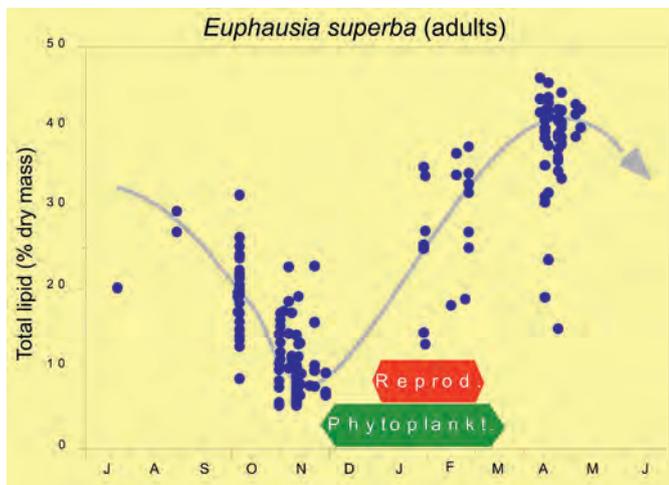


Abb. 15: Saisonale Lipidanreicherung beim Antarktischen Krill *Euphausia superba* (HAGEN et al. 1996).

Fig. 15: Seasonal lipid enrichment in the Antarctic krill *Euphausia superba* (HAGEN et al. 1996).

Die Entschlüsselung der Lebensgeschichte des Antarktischen Silberfisches *Pleuragramma antarcticum* im Weddellmeer war ökologisch von besonderer Bedeutung (HUBOLD 1984, 1985). Es handelt sich hierbei um die einzige Schwarm bildende Art unter den antarktischen Eisfischen (Nototheniidae). Diese zu den Barschen (Perciformes) gehörende Schlüsselart ähnelt nicht nur im Körperbau einem Hering (Clupeiformes), sondern nimmt als Planktonfresser auch eine ähnliche Position im Nahrungsnetz ein. Die Auswertung der Planktonfänge der „Polarsirkel“-Expeditionen – sie erreichten damals im Weddellmeer sogar den sonst eisbedeckten Fuß der Antarktischen Halbinsel – ergab ungewöhnlich hohe Konzentrationen von *Pleuragramma*-Larven im südlichsten Weddellmeer, in der Vahselbucht und der Gould Bay, wo von der „John Biscoe“ viele *Pleuragramma*-Larven nahe der Antarktischen Halbinsel gefangen wurden (KELLER 1983, KELLERMANN 1986).

Schließlich offenbarte sich die folgende Lebensgeschichte: *Pleuragramma* laicht in Bodennähe über dem schmalen antarktischen Schelf, die Larven schlüpfen im frühen Frühjahr (Oktober) und die ersten Dottersacklarven tauchen Anfang November über dem Schelfhang in Tiefen unterhalb von 500 m auf. Die Larven steigen innerhalb weniger Tage zur Oberfläche auf (>50 m) und wachsen dort trotz sehr niedriger Temperaturen erstaunlich schnell (mit Wachstumsraten wie Heringslarven in der Ostsee). Sie leben hier räumlich getrennt von den größeren Artgenossen, sodass Kannibalismus vermieden wird. Im Verlauf des Sommers verdriften die Larven mit dem Küstenstrom in Richtung südliches Weddellmeer (Filchnergraben), ihrem Aufwuchsgebiet, wo sie sehr hohe Konzentrationen erreichen. Ein weiterer Teil der Population gelangt mit einer abzweigenden Strömung zur Antarktischen Halbinsel, wo sich die jungen Silberfische hauptsächlich von Krill ernähren (KELLERMANN 1987). Die juvenilen *Pleuragramma* entwickeln sich über mehrere Jahre im Bereich der Ostwinddrift, sie wandern mit zunehmendem Alter in größere Tiefen und kehren zurück in die südlichen Schelfgebiete. Der Kreis schließt sich, wenn die Adulten zum Ablachen wieder in Richtung nordöstlichen Schelf ziehen (Abb. 16). *Pleuragramma* ist im hochantarktischen Weddellmeer eine wichtige Nahrungs-

quelle für marine Warmblüter wie Zahnwale, Robben und Kaiserpinguine. HUBOLD (1991) schätzte die Biomasse von *Pleuragramma* im Weddellmeer auf 500.000 t.

Dass der Antarktische Silberfisch nicht nur in seinem Lebenszyklus, sondern auch durch physiologische Besonderheiten optimal an die extremen Umweltbedingungen der Hochantarktis angepasst ist, zeigten weitere ökophysiologisch ausgerichtete Diplom- und Doktorarbeiten am IPÖ. Lipiduntersuchungen belegen, dass *P. antarcticum* – wie auch *Aethotaxis mitopteryx* – als voll pelagischer Fisch das Fehlen einer Auftrieb verleihenden Schwimmblase durch erhebliche Fetteinlagerungen kompensiert (FRIEDRICH & HAGEN 1994). Bodenlebende Fischarten brauchen keine Auftriebshilfe und zeigen entsprechend niedrigere Lipidgehalte.

Auch hinsichtlich der Gefrierschutzproteine ergaben sich bei *Pleuragramma* wichtige neue Erkenntnisse: In enger Kooperation mit der Fa. Boehringer/Ingelheim wurde die Existenz einer bisher unbekannt und besonders effektiven PAGP-Gefrierschutzsubstanz nachgewiesen (PAGP: *Pleuragramma* antifreeze glycoprotein (Abb. 17, WÖHRMANN 1995). Da energieaufwendig, wird dieser Stoff nach Bedarf synthetisiert; hohe Konzentrationen treten dort auf, wo bei Anwesenheit von Eiskristallen ein Gefrieren der Fische droht. Besondere blutphysiologische Anpassungen bei *Pleuragramma* wurden in Kooperation mit G. di Prisco (Inst. f. Proteinbiochemie, Neapel) beschrieben (WÖHRMANN et al. 1997).

Jahrelang wurde unter Physiologen und Ökologen – auch am IPÖ – die Frage „Metabolic Cold Adaptation (MCA): Fakt oder Artefakt?“ kontrovers diskutiert. Hinter dem MCA-Konzept verbirgt sich die Hypothese von WOHLSCHELAG (1960), dass hoch angepasste polare/antarktische Fische – im Gegensatz zu eingewanderten Arten – einen erhöhten Ruhestoffwechsel entwickelt haben und so auch bei -1,8 °C ihre Leistungsfähigkeit aufrecht erhalten können. Dieser energetische Aufwand soll vor allem auf Kosten der Wachstumsgeschwindigkeit gehen. Mit einem optimierten Messverfahren konnte im IPÖ nachgewiesen werden, dass die Variabilität der Respirationswerte bei zuverlässiger Methodik deutlich geringer als bisher postuliert ausfällt und die Werte stark von der Aktivität der Fischart abhängen (DORRIEN 1993, ZIMMERMANN 1997).

HUBOLD (1991) hat dazu ein modifiziertes MCA-Konzept vorgeschlagen, das die Lebensweise der Fische berücksichtigt. Aktive Arten und träge, aber polar angepasste Arten zeigen einen höheren Ruhestoffwechsel als träge, nicht speziell polar angepasste Arten. Die MCA-Untersuchungen wurden auch auf arktische Fische ausgeweitet (DORRIEN 1993, ZIMMERMANN 1996). Mit diesen Arbeiten hat das IPÖ erheblich zur Klärung und Differenzierung dieser Thematik beigetragen.

DANKSAGUNG

Die Arbeiten in der marinen Arbeitsgruppe wurden aktiv begleitet von den technischen Mitarbeitern des Instituts wie auch verschiedenen Arbeitsgruppen während der Expeditionen auf den Forschungsschiffen und Stationen. Ihnen gilt unser Dank für alle Hilfestellungen unter den teils schwierigen Bedingungen. Ganz besonders danken wir Gisela Janssen, Annette Scheltz, Alice Schneider, Werner Dzomla und Frank-Peter Rapp.

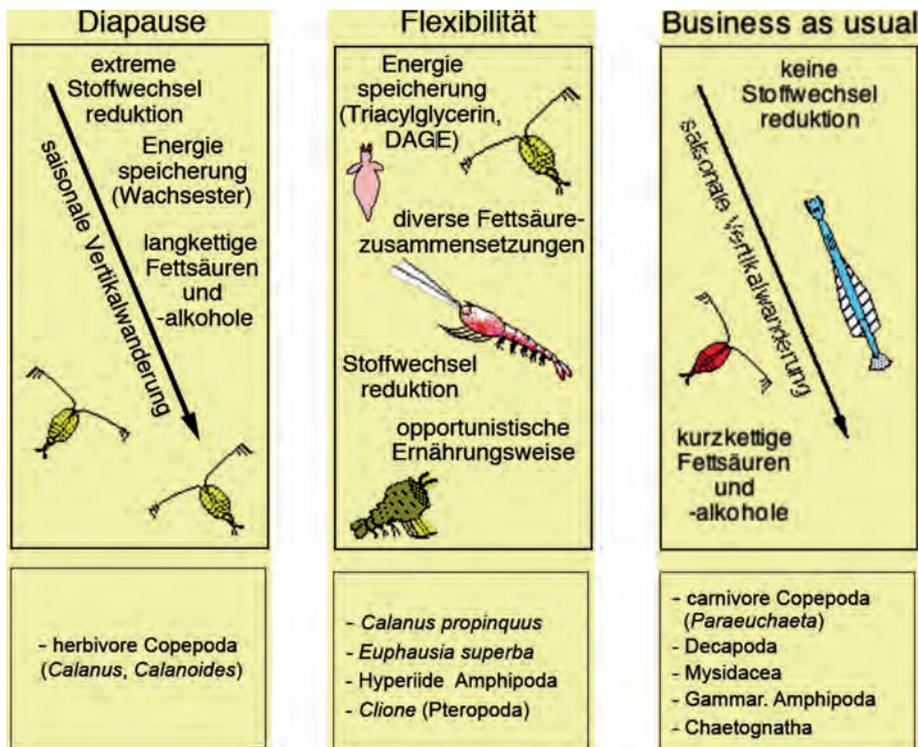


Abb. 16: Schematische Darstellung verschiedener Lebensstrategien des antarktischen Zooplanktons (HAGEN 2002).

Fig. 16: Schematic presentation of different life strategies of Antarctic zooplankton (HAGEN 2002).

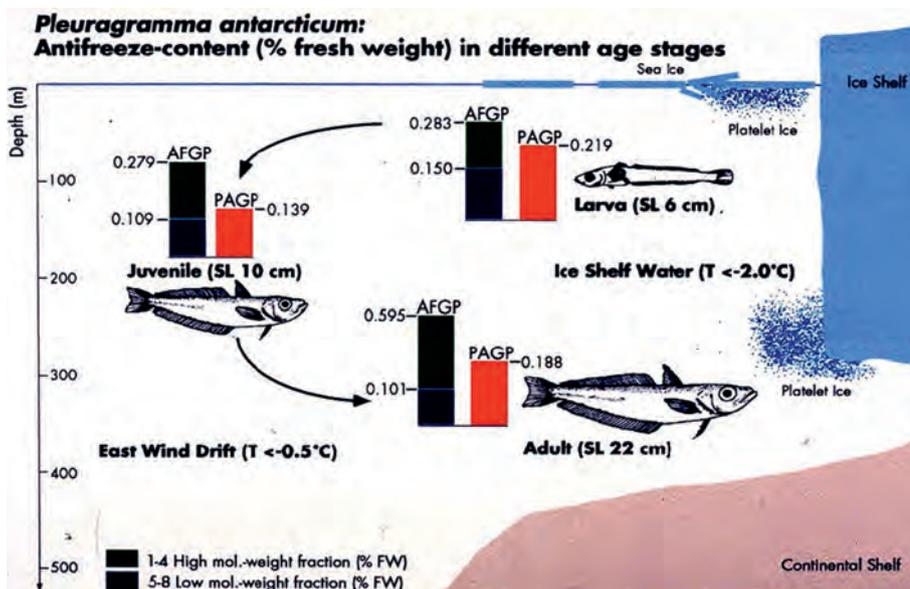


Abb. 17: Konzentrationen von Gefrierschutz-Glykoproteinen in verschiedenen Entwicklungsstadien des Antarktischen Silberfisches *Pleuragramma antarcticum* (WÖHRMANN 1997).

Fig. 17: Freeze-protection protein contents in different developmental stages of the Antarctic silverfish *Pleuragramma antarcticum* (WÖHRMANN 1997).

Literatur

Agatha, S., Spindler, M. & Wilbert, N. (1993): Ciliated Protozoa (Ciliophora) from Arctic Sea Ice.- Acta Protozool. 32: 261–268.

Auel, H. (1999): The ecology of Arctic deep-sea copepods (Euchaetidae and Aetideidae). Aspects of their distribution, trophodynamics and effect on the carbon flux.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–246.

Bluhm, B., Gradinger, R. & Piraino, S. (2007): First record of sympagic hydroids (Hydrozoa, Cnidaria) in Arctic coastal fast ice.- Polar Biol. 30: 1557–1563.

Bölter, M. (1987): Microbiological, planktonic and chemical characteristics and their validity for separation of water masses in the Bransfield Strait, Antarctica.- In: A. I. L. PAYNE, J. A. GULLAND & K. H. BRINK (eds), The Benguela and comparable ecosystems. S. Afr. J. Mar. Sci. 5: 133–143.

Bölter, M., Bodungen, B.v., Liebezeit, G. & Meyer, M. (1988): The pelagic ecosystem of the Bransfield Strait, Antarctica: an analysis of microbiological, planktonological and chemical characteristics by multivariate analyses.- In: D. SAHRHAGE (ed), Antarctic ocean and resources variability. Springer-Verlag, 160–166.

Bölter, M. & Dawson, R. (1982): Heterotrophic utilisation of biochemical compounds in Antarctic waters.- Neth. J. Sea Res. 16: 315–332.

Boysen-Ennen, E. (1986): Zur Verbreitung von Gemeinschaften des Meso- und Makrozooplanktons im sommerlichen Oberflächenwasser der Weddellsee (Antarktis).- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–172.

Boysen-Ennen, E. & Piatkowski, U. (1988): Meso- and macrozooplankton communities in the Weddell Sea, Antarctica.- Polar Biol. 9: 17–35.

Boysen-Ennen, E., Hagen, W., Hubold, G. & Piatkowski, U. (1991): Zooplankton biomass in the ice-covered Weddell Sea, Antarctica.- Mar. Biol. 111: 227–235.

Carstens, M. (2001): Zur Ökologie von Schmelzwassertümpeln auf arktischem Meereis – Charakteristika, saisonale Dynamik und Vergleich mit anderen aquatischen Lebensräumen polarer Regionen.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–298.

Carstens, M., Süfke, L., Borkowitz, B., Juterzenka, K. v., Hanssen, H., Zimmermann, C., Böhrer, T. & Spindler, M. (1999): Nutzung der Erkenntnisse der marinen Ökosystemforschung für die Antarktis-Umweltschutzaufgaben.- Forschungsber. 29625507–UBA-FB 99–113, Umweltbundesamt Berlin, 1–559.

- Dawson, R., Schramm, W. & Bölter, M. (1985): Factors influencing the production and decomposition of organic matter in Admiralty Bay, King George Island.- In: W. R. SIEGFRIED, P. R. CONDY & R. M. LAWS (eds), Antarctic nutrient cycles and food webs. Springer, Berlin, 109–114.
- Diel, S. (1989): Zur Lebensgeschichte dominanter Copepodenarten (*Calanus finmarchicus*, *C. glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in der Framstraße.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–140.
- Dorrien, v. C. F. (1993): Ökologie und Respiration ausgewählter arktischer Bodenfischarten.- Rep. Polar Res. 125: 1–104.
- Ekau, W. (1987): Ökomorphologie nototheniider Fische aus dem Weddellmeer, Antarktis.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–131.
- Fehling, J. (2000): Sympagische Protistengemeinschaften im arktischen Packeis der Framstraßenregion.- Dipl.-Arbeit, Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–86.
- Fredersdorf, J. (2009): Interactive abiotic stress effects on Arctic marine macroalgae – Physiological responses of adult sporophytes.- Diss. Univ. Bremen, 1–164.
- Friedrich, C. (1997): Ökologische Untersuchungen zur Fauna des arktischen Meereises.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–174.
- Friedrich, C. & Hagen, W. (1994): Lipid contents of five species of notothenioid fish from high-Antarctic waters and ecological implications.- Polar Biol. 14: 359–369.
- Fuhrmann, M., Nygård, H., Krapp, R., Berge, J. & Werner, I. (2010): The adaptive significance of chromatophores in the Arctic under-ice amphipod *Apherusa glacialis*.- Polar Biol. 34: 823–832.
- Gradinger, R. (1995): Climate change and biological oceanography in the Arctic Ocean.- Phil. Trans. R. Soc. London A352: 277–286.
- Gradinger, R. (1998): Environmental controls of Arctic pack ice algal composition and development - a Synopsis. Part A and B.- Habil.-Schrift, Univ. Kiel, 1–82.
- Gradinger, R. & Nürnberg, D. (1996): Snow algal communities on Arctic pack ice floes dominated by *Chlamydomonas nivalis*.- Polar Biol. 9: 35–43.
- Gradinger, R., Spindler, M. & Henschel, D. (1991): Development of Arctic sea-ice organisms under graded snow cover.- Polar Res. 10: 298–308.
- Gradinger, R., Spindler, M. & Weissenberger, J. (1992): On the structure and development of Arctic pack ice communities in Fram Strait: A multivariate approach.- Polar Biol. 12: 727–733.
- Gutt, J. (1987): Zur Verbreitung und Ökologie der Seegurken (*Holothuroidea*, *Echinodermata*) in der Weddell See (Antarktis).- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–175.
- Hagen, W. (1983): Untersuchungen zur Verbreitung und Ökologie antarktischer Chaetognathen.- Dipl.-Arbeit Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–107.
- Hagen, W. (1985): On distribution and population structure of Antarctic Chaetognatha.- Meeresforsch. (Rep. Mar. Res.) 30: 280–291.
- Hagen, W. (1988): Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–169.
- Hagen, W. (1996): The role of lipids in the ecology of polar plankton and nekton - a synopsis.- Habil.-Schrift, Univ. Kiel, 1–124.
- Hagen, W. (1999): Reproductive strategies and energetic adaptations of polar zooplankton.- Intern. J. Invertebr. Reprod. Developm. 36: 25–34.
- Hagen, W. & Kapp, H. (1986): *Heterokrohnia longicaudata*, a new species of Chaetognatha from Antarctic waters.- Polar Biol. 5: 181–183.
- Hagen, W., Van Vleet, E.S. & Kattner, G. (1996): Seasonal lipid storage as overwintering strategy of Antarctic krill.- Mar. Ecol. Prog. Ser. 134: 85–89.
- Hanssen, H. (1996): Das Mesozooplankton im Laptewmeer und östlichen Nansen-Becken: Verteilung und Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–137.
- Hempel, G. (1981): BIOMASS - Internationale Erforschung der antarktischen Lebensgemeinschaft.- Umschau 81(13): 401–405.
- Hempel, I. (1982): Zur Verbreitung der Brut von *Euphausia superba* in der mittleren Scotia See während FIBEX 1981.- Arch. Fischwiss. 33 (Beih. I): 89–95.
- Hempel, I. & Hempel, G. (1977): Larval krill (*Euphausia superba*) in the plankton and neuston samples of the German Antarctic Expedition 1975/76.- Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch. 26: 206–216.
- Hempel, I. & Hempel, G. (1986): Field observations on the developmental ascent of larval *Euphausia superba* (Crustacea).- Polar Biol. 6: 121–126.
- Hempel, G. & Kappen, L. (1985): Forschungsbericht der Math.-Nat. Fakultät, Institut für Polarökologie.- Christiana Albertina 20: 288–295.
- Hempel, G. & Kappen, L. (1987): Forschungsbericht der Math.-Nat. Fakultät, Institut für Polarökologie.- Christiana Albertina 25:3 28–338.
- Hempel, G. & Kappen, L. (1990): Forschungsbericht der Math.-Nat. Fakultät, Institut für Polarökologie.- Christiana Albertina 30: 306–317.
- Hempel, G., Kappen, L. & Spindler, M. (1992): Forschungsbericht der Math.-Nat. Fakultät, Institut für Polarökologie.- Christiana Albertina 35: 350–362.
- Hempel, I. & Marschoff, E. (1980): Euphausiid larvae in the Atlantic sector of the Southern Ocean.- Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch. 28: 32–47.
- Hempel, G. & Spindler, M. (1995): Forschungsbericht der Math.-Nat. Fakultät, Institut für Polarökologie.- Christiana Albertina 40: 397–409.
- Hubold, G. (1984): Spatial distribution of *Pleuragramma antarcticum* (Pisces: Nototheniidae) near the Filchner- and Larsen ice shelves (Weddell Sea / Antarctica).- Polar Biol. 3: 231–236.
- Hubold, G. (1985): The early life-history of the high-Antarctic silverfish *Pleuragramma antarcticum*.- In: W. R. SIEGFRIED, P. R. CONDY & R. M. LAWS (eds), Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs. Springer, Berlin, 445–451.
- Hubold, G. (1991): Zur Ökologie der Fische im Weddellmeer.- Habilitations-Schrift, Univ. Kiel, 1–157. und Rep. Polar Res. 103: 1–157.
- Ikävalko, J. (1997): Studies of nanoflagellate communities in the sea ice of the Baltic and the Greenland Sea.- Walter and André de Nottbeck Foundation Sci. Rep. 14: 1–24.
- Ikävalko, J. & Gradinger, R. (1997): Flagellates and heliozoans in the Greenland Sea ice studied alive using light microscopy.- Polar Biol. 17: 473–481.
- Juterzenka, K. v. (1994): Untersuchungen zur Bedeutung von Schlangensterne (Echinodermata: Ophiuroidea) in Schelf- und Kontinentalhanggebieten des europäischen Nordmeeres.- Ber. Sonderforschungsber. 313, Univ. Kiel 57, 1–99.
- Juterzenka, K. v., Knickmeier, K., Gradinger, R., Hanssen, H., Borries, J. v., Richter, C. & Spindler, M. (1996): Subice net and video endoscope as tools in polar ecology.- Oceanology Int. 96 Conf. Proc. 3: 87–94.
- Kapp, H. & Hagen, W. (1985): Two new species of Heterokrohnia (Chaetognatha) from Antarctic waters.- Polar Biol. 4: 53–59.
- Keller, R. (1983): Contributions to early life history of *Pleuragramma antarcticum* Boul. 1902 (Pisces, Nototheniidae) in the Weddell Sea.- Meeresforsch. (Rep. Mar. Res.) 30: 10–24.
- Kellermann, A. (1986): Zur Biologie der Jugendstadien der Notothenioidei (Pisces) an der Antarktischen Halbinsel.- Rep. Polar Res. 31: 1–149.
- Kellermann, A. (1987): Food and feeding ecology of postlarval and juvenile *Pleuragramma antarcticum* (Pisces, Notothenioidei) in the seasonal pack-ice zone off Antarctic Peninsula.- Polar Biol. 7: 307–315.
- Kellermann, A. & Kock, K.-H. (1984): Postlarval and juvenile Notothenioids (Pisces, Perciformes) in the Southern Scotia Sea and Northern Weddell Sea during FIBEX 1981.- Meeresforsch. 30: 82–93.
- Khouw, A. S. (2003): Ecological studies on the tropical limpet *Cellana testudinaria* (L. 1758): Influence of environmental factors on the rocky shore benthos of the Big Kai Island, Southeast Mollucas, Indonesia.- Diss. Inst. Polarökol. Universität Kiel, 1–132.
- Kiko, R. (2009): Ecophysiology of Antarctic sea-ice meiofauna.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–116.
- Kiko, R., Werner, I. & Wittmann, A. (2009): Osmotic and ionic regulation in response to salinity variations and cold resistance in the Arctic under-ice amphipod *Apherusa glacialis*.- Polar Biol. 32: 393–398.
- Klages, N. (1982): Deutsche Antarktis-Expedition 1980/1981 mit FS „Meteor“: First International Biomass Experiment (FIBEX); Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzefänge.- Ber. Polarforsch. 2: 1–29.
- Knickmeier, K. (1996): Zur Larvenökologie des Loco *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae) an der chilenischen Felsküste.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–81.
- Kramer, M. (2010): The role of sympagic meiofauna in Arctic and Antarctic sea-ice food webs.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–157.
- Kramer, M. & Kiko, R. (2011): Brackish meltponds on Arctic sea ice – a new habitat for marine metazoans.- Polar Biol. 140: 603–608.
- Krapp, R. H., Bassinet, T., Berge, J., Pampanin, D.M. & Camus, L. (2009): Antioxidant responses in the polar marine amphipod *Gammarus wilkitzkii* to natural and experimentally increased UV levels.- Aquat. Toxicol. 94: 1–7.
- Krembs, C. (1999): The influence of the three-dimensional structure of sea ice on the distribution and activity of the Arctic sea-ice communities.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–246.
- Kunzmann, A. (1986): Kiemenmorphometrie von zwei antarktischen Fischarten: *Pleuragramma antarcticum* und *Notothenia gibberifrons*.- Dipl.-Arbeit Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–84.
- Kunzmann, A. (1991): Blood Physiology and Ecology Consequences in Weddell Sea Fishes.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–79.
- Liebezeit, G. & Bölter, M. (1986): Distribution of particulate amino acids in the Bransfield Strait.- Polar Biol. 5: 199–206.
- Liebezeit, G. & Bölter, M. (1991): Water extractable carbohydrates in particulate matter of the Bransfield Strait.- Mar. Chem. 33: 389–398.
- Link, H. (2012): Studying the functioning of benthic hotspot and coldspot ecosystems in the Canadian Arctic.- PhD thesis, Univ. du Québec à Rimouski, Rimouski, 1–171.
- Lischka, S. (2006): Life-history traits of the copepods *Pseudocalanus minutus* (Calanoida) and *Oithona similis* (Cyclopoida) in the Arctic Kongsefjorden (Svalbard) with particular emphasis on seasonality.- Diss. Univ. Bremen, 1–91.
- Lohmeyer, U. P. (1987): Bestandskundliche Untersuchungen der Bodenfische des östlichen Indischen Ozeans im vorgelagerten Schelf der Inseln Sumatra, Java und Bali.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–129.

- Lorenz, A. (2005): Variability of benthic Foraminifera north and south of the Denmark Strait.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–149.
- Marquardt, M. (2010): Studies on sympagic meiofauna in fast and pack ice in the southeastern Beaufort Sea (Canadian Arctic).- Dipl.-Arbeit Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–80.
- Marschall, H.-P. (1985): Untersuchungen zur Funktionsmorphologie und Nahrungsaufnahme der Larven des Antarktischen Krills, *Euphausia superba* Dana.- Rep. Polar Res. 23: 1–97.
- Marschall, H.-P. (1988): The overwintering strategy of Antarctic krill under the pack-ice of the Weddell Sea.- Polar Biol. 9: 129–135.
- Mayer, M. (2000): Zur Ökologie der Benthos-Foraminiferen der Potter Cove (King George Island, Antarktis).- Ber. Polarforsch. 353: 1–85.
- Meiners, K. (1999): Zur Dynamik des mikrobiellen Nahrungsnetzes im arktischen Meereis.- Dipl.-Arbeit Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–86.
- Meiners, K. (2002): Sea-ice communities: structure and composition in Baltic, Antarctic and Arctic seas.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–64.
- Metz, C. (1996): Lebensstrategien dominanter antarktischer Oithonidae (Cyclopoida, Copepoda) und Oncaeidae (Poecilostomatoida, Copepoda) im Bellingshausenmeer.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–122.
- Mock, T. (1998): Ökologische Untersuchungen zur Frühjahrsentwicklung arktischer Meeresalgengemeinschaften.- Dipl.-Arbeit Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–87.
- Mock, T., Meiners, K. M. & Giesenhausen, H. C. (1997): Bacteria in sea ice and underlying brackish water at 54°26'50"N (Baltic Sea, Kiel Bight).- Mar. Ecol. Progr. Ser. 158: 23–40.
- Moshkina, A. (2004): Sympagic meiofauna in Arctic multi-year pack ice.- M.Sc. thesis, Univ. Bremen, 1–44.
- Mumm, N. (1987): Zur Ernährungsökologie des Krills (*Euphausia superba*) im Winter – Untersuchungen anhand der Verdauungsenzyme Amylase und Trypsin.- Dipl.-Arbeit Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–74.
- Mumm, N. (1990): Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeere.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–216.
- Piatkowski, U. (1987): Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischen Makroplankton.- Rep. Polar Res. 34: 1–150.
- Piatkowski, U. & Klages, N. (1983): German Antarctic expedition 1980/81 with FRV „Walther Herwig“ and RV „Meteor“: First International BIOMASS Experiment (FIBEX): data of micronekton and zooplankton hauls.- Ber. Polarforsch. 15: 1–58.
- Piepenburg, D. (1988): Zur Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–152.
- Piepenburg, D. (1997): Brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) in benthic ecosystems of Arctic seas.- Habil.-Schrift Univ. Kiel, 1–91.
- Preobrazhenskaya, O. (2004): Studies of the sympagic meiofauna in Arctic first-year pack ice.- MSc Thesis, St. Petersburg State University, 1–36.
- Puturu, L. (2004): Ecological studies of intertidal dog whelks (Gastropoda: Nassariidae) off Northern Minahasa, Sulawesi, Indonesia.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–85.
- Rautenberger, R. (2008): Physiological reactions of marine macrophytes along abiotic stress gradients.- Diss. Univ. Bremen, 1–175.
- Reinke, M. (1986): Zur Nahrungsphysiologie der Tunikaten *Salpa thompsoni* (Antarktis) und *Salpa fusiformis* (Mittelmeer).- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–152.
- Reinke, M. (1987): Zur Nahrungs- und Bewegungsphysiologie von *Salpa thompsoni* und *Salpa fusiformis*.- Rep. Polar Res. 36: 1–89.
- Renjaan, E. A. (2003): The role of hydrodynamic regimes and water properties on transports, retentions, and settlements of mollusc larvae at a lagoon and its adjacent open shore in Kai Islands, Indonesia.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–87.
- Richter, C. (1994): Regional and seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–101.
- Schmid, M. K. (1994): Zur Verbreitung und Respiration ökologisch wichtiger Bodentiere in den Gewässern um Svalbard (Arktis).- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–92.
- Schnack, K. (1998): Besiedlungsmuster der benthischen Makrofauna auf dem ostgrönländischen Kontinentalhang.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–110.
- Schneppenheim, R. (1980): Concentration of fluoride in Antarctic animals.- Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch. 28: 179–182.
- Schünemann, H. (2001): Die Metazoengemeinschaften des arktischen Packeises.- Dipl.-Arbeit Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–53.
- Schünemann, H. (2004): Studies on the Arctic pack-ice habitat and sympagic meiofauna: seasonal and regional variabilities.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–95.
- Schünemann, H. & Werner, I. (2005): Seasonal variations in the distribution patterns of sympagic metazoans in Arctic pack ice.- Mar. Biol. 146 (6): 1091–1102.
- Schwarzbach, W. (1987): Die Fischfauna des östlichen und westlichen Weddellmeeres: Geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–137.
- Seiler, D. (1998): Struktur und Kohlenstoffbedarf des Makrobenthos am Kontinentalhang Ostgrönlands.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–87.
- Siebert, S., Anton-Erxleben, F., Kiko, R. & Kramer, M. (2009): *Sympagohydra tuuli* (Cnidaria, Hydrozoa): first report from sea ice of the central Arctic Ocean and insights into histology, reproduction and locomotion.- Mar. Biol. 156: 541–554.
- Spindler, M. (1994): Notes on the biology of sea ice in the Arctic and Antarctic.- Polar Biol. 14: 319–324.
- Spindler, M. (1997): Forschungsbericht Math.-Nat. Fak. Inst. Polarökol.- Christiana Albertina 45: 337–346.
- Spindler, M. (2000): Forschungsbericht Math.-Nat. Fak. Inst. Polarökol.- Christiana Albertina 51: 326–334.
- Steffens, M. (2001): Makrobenthische Verbreitungsmuster im Laptevmeer in Beziehung zu Umweltbedingungen.- Dipl.-Arbeit Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–76.
- Steffens, M., Granskog, M. A., Kaartokallio, H., Kuosa, H., Papadimitriou, S. & Thomas, D. N. (2006): Spatial variation of biogeochemical properties of landfast sea ice in the Gulf of Bothnia, Baltic Sea.- Ann. Glaciol. 44: 80–87.
- Süfke, L. (1994): Zum Nahrungsspektrum von *Arctogadus glacialis* auf dem Nordost-Grönländischen Schelf.- Dipl.-Arbeit Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–82.
- Tuschling, K. (2000): Zur Ökologie des Phytoplanktons im arktischen Laptevmeer – ein jahreszeitlicher Vergleich.- Ber. Polarforsch. 347: 1–144.
- Voß, J. (1987): Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis).- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–145.
- Weissenberger, J. (1992): Die Lebensbedingungen in den Solekanälchen des antarktischen Meereises.- Diss. Univ. Bremen und Kiel, 1–166.
- Werner, I. (1997): Ecological studies on the Arctic under-ice habitat: colonization and processes at the ice-water interface.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel / Ber. Sonderforschungsbereich 313, Univ. Kiel 70: 1–167.
- Werner, I. (2000): Faecal pellet production by Arctic under-ice amphipods – transfer of organic matter through the ice/water interface.- Hydrobiologia 426: 89–96.
- Werner, I. (2005): Seasonal dynamics, cryo-pelagic interactions, and metabolic rates of Arctic and Baltic pack-ice and under-ice fauna.- Habil.-Schrift Univ. Kiel, 1–73.
- Werner, I. (2006): Seasonal dynamics of sub-ice fauna below pack ice in the Arctic (Fram Strait).- Deep-Sea Res. I 53: 294–309.
- Werner, I. & Auel, H. (2004): Environmental conditions and overwintering strategies of planktonic metazoans in and below coastal fast ice in the Gulf of Finland (Baltic Sea).- Sarsia 89: 102–106.
- Werner, I. & Auel, H. (2005): Seasonal variability in abundance, respiration and lipid composition of Arctic under-ice amphipods.- Mar. Ecol. Progr. Ser. 292: 251–262.
- Werner, I. & Gradinger, R. (2002): Under-ice amphipods in the Greenland Sea and Fram Strait (Arctic): environmental controls and seasonal patterns below the pack ice.- Mar. Biol. 140: 317–326.
- Werner, I., Ikävalko, J. & Schünemann, H. (2007): Sea-ice algae in Arctic pack ice during late winter.- Polar Biol. 30: 1473–1504.
- Werner, I. & Lindemann, F. (1997): Video observations of the underside of arctic sea ice – features and morphology on medium and small scales.- Polar Res. 16: 27–36.
- Werner, I., Meiners, K. & Schünemann, H. (2002): Copepods in Arctic pack ice and the underlying water column: living conditions and exchange processes. In: V. SQUIRE & P. LANGHORNE (eds), Ice in the environment. Proceedings of the 16th IAHR international symposium on ice. Dunedin, New Zealand, 2nd–6th December 2002, 30–40.
- Wickham, S. & Carstens, M. (1998): Effects of ultraviolet-B radiation on two arctic microbial food webs.- Aquat. Microb. Ecol. 16: 163–171.
- Wohlschlag, D. E. (1960): Metabolism of an Antarctic fish and the phenomenon of cold adaptation.- Ecol. 41: 287–292.
- Wöhrmann, A. P. A. (1988): Jahreszeitliche Unterschiede in der Ernährung antarktischer Fische.- Dipl.-Arbeit Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–111.
- Wöhrmann, A. P. A. (1992): Gefrierschutz bei Fischen der Polarmeere.- Diss. Inst. Polarökol. Univ. Kiel, 1–106.
- Wöhrmann, A. P. A. (1995): Antifreeze glycopeptides of the high-Antarctic silverfish *Pleuragramma antarcticum* (Notothenioidei).- Comp. Biochem. Physiol. 111: 121–129.
- Wöhrmann, A. P. A., Hagen, W. & Kunzmann, A. (1997): Adaptations of the Antarctic silverfish *Pleuragramma antarcticum* (Pisces: Nototheniidae) to pelagic life in high-Antarctic waters.- Mar. Ecol. Progr. Ser. 151: 205–218.
- Zhang, Q., Gradinger, R. & Spindler, M. (1998): Dark survival of marine microalgae in the High Arctic (Greenland Sea).- Polarforschung 65: 111–116.
- Zimmermann, C. (1996): Zur Ökologie arktischer und antarktischer Fische: Aktivität, Sinnesleistungen und Verhalten.- Rep. Polar Res. 231: 1–137.

Terrestrische Habitate in Arktis und Antarktis

Botanische, mikrobiologische und bodenkundliche Forschungen am Institut für Polarökologie (IPÖ)

von Burkhard Schroeter¹, Manfred Bölter² und Ludger Kappen³

Zusammenfassung: Bereits mit der Einrichtung des Instituts wurde unter der Leitung von L. Kappen die terrestrisch-biologische Forschung in den Polargebieten begonnen. Erste Untersuchungsgebiete lagen sowohl in der maritimen als auch der kontinentalen Antarktis. Die Forschungen konzentrierten sich auf die Verbreitung, Ökologie und Physiologie von Flechten und Moosen. Ergänzend kamen Untersuchungen zur Bodenkunde und der mikrobiellen Aktivität der Böden hinzu. Die Erfassung der Umwelteinflüsse auf die Produktion der Flechten wurde so weit vorangetrieben, dass mit Hilfe von Datenübertragungen ganzjährige Aufzeichnungen der ökologischen Parameter an einem Standort in der maritimen Antarktis (Livingston Island) verfolgt werden konnten. In der Arktis (Kanada und Sibirien) konnten später botanisch-mikrobiologische Untersuchungen, Stoffumsätze und Bodenentwicklungen in Tundren näher beschreiben. Im Rahmen eines EU-Projekts in Nord-Skandinavien wurden in die naturwissenschaftlichen Betrachtungen auch Umweltveränderungen im Hinblick auf Landnutzung und soziologische Fragestellungen einbezogen.

Abstract: Terrestrial-biological research at the IPÖ started with its foundation when field research under L. Kappen was performed in the maritime and continental Antarctic. These projects focussed on the physiology, ecology and distribution of lichens and mosses. Research strands on soil activity and soil microbial activity were then complemented. Measurements of environmental control variables on photosynthesis were refined to a degree that data transfer allowed year-round data monitoring of ecological parameters at a research site (Livingston Island) in the maritime Antarctic. Research in Arctic environments (Canada and Siberia) described botany and soil related microbiology in order to analyse nutrient fluxes and soil developments in these tundra environments. An international EU-Programme in northern Scandinavia fused natural sciences with environmental changes in perspective of soil management and sociological aspects.

EINLEITUNG

Der terrestrische Arbeitsbereich am Institut für Polarökologie der Universität Kiel umfasste eine botanische und eine mikrobiologische Arbeitsgruppe. Die ersten Projekte der terrestrischen Arbeitsgruppe fokussierten sich auf Vorkommen, Verbreitung und Ökophysiologie von Flechten und Moosen ab 1984 in der maritimen Antarktis auf King George Island und ab 1985 in der kontinentalen Antarktis in Wilkes Land. Neben Bestandsaufnahmen der Vegetation standen hierbei Untersuchungen zu den mikroklimatischen Lebensbedingungen und der Photosyntheseleistung von Flechten im Freiland (KAPPEN et al. 1986, 1987, 1988, 1990) im Mittelpunkt der Arbeiten.

In Zusammenarbeit mit spezialisierten Firmen und dem Institut für Angewandte Physik an der CAU wurden Messgeräte speziell für den Einsatz in der Antarktis neu entwickelt (SCHROETER et al. 1991). Diese Geräte wurden ab 1987 von B. Schroeter auf King-George-Island und später auf Livingston Island sowie in Granite Harbour, Süd-Victoria-Land, eingesetzt. Diese Arbeiten involvierten L. Kappen und B. Schroeter und in diesem Rahmen entstanden Diplomarbeiten und Dissertationen über Primärproduktion und Wasserhaushalt von Flechten der maritimen Antarktis (SCHROETER 1991, KAPPEN & SCHROETER 2002) sowie über die Photosyntheseleistung ausgewählter Flechten der Antarktis und spanischer Hochgebirgsstandorte (FALK 1990). Gleichzeitig liefen Modellierungen der Primärproduktion und Analysen antarktischer Pflanzengemeinschaften (BÖLTER et al. 1989, KAPPEN et al. 1988, 1991).

Zur Ökophysiologie der weit verbreiteten Flechtenart *Cetraria nivalis* wurden vergleichende Untersuchungen an arktischen und temperierten Populationen durchgeführt (SCHIPPERGES 1994). Struktur und Interaktion der Kryptogamenvegetation in der maritimen Antarktis und eine Analyse zur Rolle der Schneebedeckung für die Kryptogamenvegetation waren Themenfelder in der Antarktis (SCHULZ 2000, WINKLER 2000). Einen Schwerpunkt der Arbeiten bildete die ganzjährige Datenerfassung der abiotischen Faktoren und der davon abhängigen Photosyntheseleistung von Flechten in der Antarktis. Diese Arbeiten wurden 1991 begonnen. Der gewonnene langjährige Datensatz kann eine wichtige Grundlage für die Abschätzung der Folgen von Klimaveränderungen auf die terrestrischen Lebensräume in der Antarktis bilden. Die Arbeiten wurden in den folgenden Jahren zusammen mit weiteren Mitarbeitern und ausländischen Kollegen, wie E. I. Friedman, USA, T. G. A. Green, Neuseeland, H. Kanda, Japan, A. Olech, Polen, J. Redon, Chile, L. G. Sancho, Spanien, R. I. L. Smith, UK, R. D. Seppelt, Australien und R. Türk, Österreich, durchgeführt.

Eine Erweiterung stellte in den folgenden Jahren die Bodenmikrobiologie mit Untersuchungen zur mikrobiellen Aktivität in Böden und an Kryptogamen aus der kontinentalen und maritimen Antarktis (BÖLTER 1993a) dar, woraus eine eigene Arbeitsgruppe entstand. Forschungen zur Mikrobiologie und Biochemie antarktischer Böden wurden neue Schwerpunkte (BÖLTER 1989, 1990a, b). Bodenkundliche Arbeiten kamen hinzu, sie bildeten den Ausgangspunkt für vielseitige weitere Untersuchungen antarktischer und arktischer Böden und ihrer Mikrobiologie. Diese intensive Kooperation mit den Kollegen aus dem Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der

¹ Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik IPN, an der Universität Kiel, Olshausenstraße 62, D-24118 Kiel.

² Institut für Ökosystemforschung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstraße 75, D-24118 Kiel.

³ Neue Straße 14, D-37586 Dassel.

Universität Kiel erweiterte die bodenkundlichen Forschungen zur Bodengenese als auch zum Verhalten organischer Substanz (BEYER et al. 1997a, b, BLUME et al. 1996, 1997, KUHN 1997).

Die Kohlenstoffdioxidflüsse in der sibirischen Tundra (Sommerkorn 1998) waren Thema in einem BMBF-Verbundprojekt, ebenso wie die Mikrobiologie von sibirischen Permafrostböden (SCHMIDT 1999), die ökologische Rolle von Gefrier- und Tauprozessen im sibirischen Permafrost (MÜLLER-LUPP 2001) und die diesem Prozess folgende mikrobielle Aktivität (SCHULZ 1999, SOETHE 2000). Daneben ist die Teilnahme von M. Bölker an der Schwedisch-Kanadischen Arktisexpedition TNW99 (DANELL & ANGERBJÖRN 1999) zu nennen.

Eine umfassende Zusammenstellung der Ergebnisse der bodenkundlichen und bodenbiologischen Arbeiten in der Antarktis wurde in Kooperationen mit Kollegen aus Polen, Neuseeland, Australien und Japan in Angriff genommen. Die bodenkundlichen Untersuchungen (Prof. Blume, PD Beyer) ergaben neue Erkenntnisse zur Taxonomie und Genese der antarktischen Böden sowie Darstellungen der Boden- und Pflanzengesellschaften und ihrer Funktionen in Bereichen der kontinentalen und maritimen Antarktis bei den Stationen Casey (Australien), Syowa (Japan) und Arctowski (Polen) (BEYER & BÖLTER 2002).

Die terrestrisch-mikrobiellen Arbeiten am IPÖ wurden seit 1996 dann mit dem Schwerpunkt arktischer Böden weitergeführt. Die Mitarbeit (M. Bölker) in dem EU-Gremium ARTERI zur Koordinierung europäischer Forschungsaktivitäten mündete in dem EU-Projekt RENMAN (Koordination B. Forbes, Rovaniemi). Eine Kieler Gruppe aus Bodenkundlern (Prof. Dr. Horn), Ökologen (Prof. Dr. Müller) und Medizinern (PD Dr. Höller) unter Koordination des IPÖ war hieran aktiv beteiligt. Es war ein Projekt zu Landnutzungsänderungen, ökologischen und soziologischen Veränderungen in Nordskandinavien (Forbes et al. 2006). In Kiel entstanden in diesem Projekt drei Dissertationen (BURKHARD 2004, KEMPER 2004, PETH 2004).

LEBEN UNTER EXTREMBEDINGUNGEN

Biodiversität in terrestrischen Lebensräumen der Antarktis

Die eisfreien terrestrischen Lebensräume in der Antarktis werden von relativ wenigen Organismengruppen besiedelt. Als photosynthetisch aktive Organismen kommen vor allem Kryptogamen wie Flechten, Moose, Lebermoose und Algen und darüber hinaus auch Cyanobakterien vor. Daneben finden sich in der Antarktis auch zwei natürlich vorkommende Blütenpflanzen: Die antarktische Perlwurz *Colobanthus quitensis* und die antarktische Schmiele *Deschampsia antarctica*. Ihr Verbreitungsgebiet ist auf die maritime Antarktis begrenzt und erstreckt sich von den South Orkney Islands bis zu den Terra Firma Islands an der süd-westlichen Antarktischen Halbinsel bis ca. 68° 42' S. Hier kommen sie – oft vergesellschaftet in größeren Kolonien – vor allem in Meeresnähe vor.

Als Primärproduzenten sind jedoch Flechten, Moose und Lebermoose von weitaus größerer Bedeutung (Abb. 1). In der maritimen Antarktis finden sich ausgedehnte Flechtenheiden (*Himantormia lugubris*-*Usnea aurantiaco-atra*-Gesellschaft),

die eine substanzielle Biomasse von bis zu 2000 g Trockengewicht pro m² aufbauen und eine Ausdehnung von mehreren hundert Quadratmetern erreichen können (KAPPEN 1993). Insgesamt konnten für die Antarktis mehr als 380 Flechtenarten, mindestens 106 Moosarten sowie 11 Lebermoosarten nachgewiesen werden (OVSTEDAL & SMITH 2001, OCHYRA et al. 2008). Die überwiegende Zahl der Arten findet sich in der maritimen Antarktis (>350 Flechtenarten, >87 Moosarten, 11 Lebermoose), während für die im Sommer eisfreien terrestrischen Lebensräume in der kontinentalen Antarktis 88 Flechtenarten, 28 Moosarten und nur eine Lebermoosart nachgewiesen werden konnten (OVSTEDAL & SMITH 2001, OCHYRA et al. 2008).

Zwei vernachlässigte Probleme sind bei den Angaben zu Vegetation und insbesondere zu Artenzahlen zum einen die oft nur lückenhafte Beprobung der terrestrischen Lebensräume und zum anderen die häufig unzureichende taxonomische Aufar-

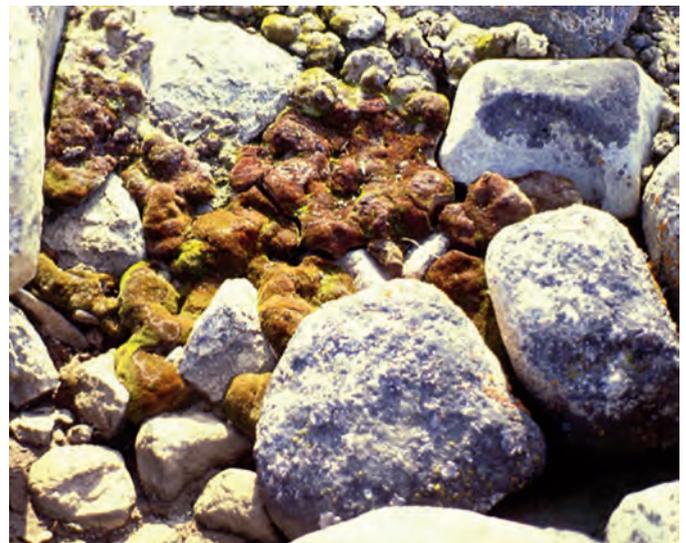


Abb. 1: *Usnea aurantiaco-atra* (oben) auf Livingston Island, maritime Antarktis und *Ceratodon purpureus* (unten) in Granite Harbour, kontinentale Antarktis. (Fotos: B. Schroeter).

Fig. 1: *Usnea aurantiaco-atra* (top) at Livingston Island, maritime Antarctic and *Ceratodon purpureus* (bottom) at Granite Harbour, continental Antarctic. (Photos: B. Schroeter).

beitung der Aufsammlungen. Die Taxonomie ist besonders bei Flechten oftmals schwierig und erfordert Spezialisten.

Exemplarisch soll hier von je einem Standort in der maritimen und der kontinentalen Antarktis berichtet werden, die über viele Jahre das Ziel botanisch-ökophysio-logischer Expeditionen der Kieler Arbeitsgruppen waren.

In der maritimen Antarktis ergab sich durch eine langjährige Kooperation mit der Universidad Complutense, Madrid, Spanien, die Möglichkeit, die spanische Antarktisstation „Juan Carlos I.“ auf Livingston Island, South Shetland Islands, über fast zwei Jahrzehnte regelmäßig im Rahmen von botanischen Sommerexpeditionen zu besuchen. Die spanische Antarktisstation liegt in einem ca. 3 km² großen eisfreien Gebiet an der South Bay von Livingston Island (62° 40' S, 60° 23' W). Sie wird nur im Sommer genutzt.

Seit Gründung der Station gegen Ende der 1980er Jahre wurde dieses botanisch reichhaltige Gebiet durch eine Reihe von Experten besucht und beprobt. So konnten insgesamt 110 Flechtenarten und 42 Moosarten sowie 8 Lebermoosarten in einer zusammenfassenden Publikation durch die Kieler und die spanische Arbeitsgruppe dokumentiert werden (SANCHO et al. 1999). Darüber hinaus erhöhte sich aufgrund von weiteren Forschungen in den folgenden drei Jahren die Zahl der nachgewiesenen Flechtenarten um mehr als 50 % auf 187 Arten (Abb. 2, siehe SOECHTING et al. 2004).

Ein ähnliches Bild ergibt sich auch für den eisfreien Küstenstreifen Botany Bay in Granite Harbour, Southern Victoria Land in der kontinentalen Antarktis (162° 32' E, 77° 00' S) (Abb. 2). Die ersten systematischen Bestandsaufnahmen zu Artenvielfalt und Vegetation sowie experimentelle Untersuchungen zu Ökologie und Ökophysiologie von Flechten und Moosen begannen 1992 mit der Teilnahme von B. Schroeter an einer multinationalen Expedition der Waikato University, Hamilton, Neuseeland. In den folgenden Jahren konnten Kieler Wissenschaftler an insgesamt sieben Expeditionen nach Botany Bay teilnehmen (SCHROETER 1993, KAPPEN & SCHROETER 1995). Im Januar 2008 wurden nach 16 Jahren die Untersuchungen zur Biodiversität an diesem Standort abgeschlossen (SEPPELT et al. 2010). Insgesamt wurden neun Moosarten und eine Lebermoosart sowie 29 Flechtenarten nachgewiesen und in fünf Flechten- sowie zwei Moos-dominierten Gesellschaften zusammengefasst (SEPPELT et al. 1995, 1996, 2010). Aufgrund dieser Arbeiten wurde die für diesen Breitengrad einzigartige biologische Vielfalt des Gebietes inzwischen als „Antarctic Specially Protected Area 154“ unter Schutz gestellt.

Die botanisch-ökologischen Untersuchungen in Granite Harbour fußen auf historischen Berichten über dieses Gebiet im Rahmen der British-Antarctic-Expedition 1910–13 von R. F. Scott, in denen G. Taylor außerordentlich reiche Vorkommen von Flechten und Moosen in Botany Bay beschreibt (TAYLOR 1913, 1916). Spuren dieser frühen Expedition wie z. B. „Granite House“ finden sich dort noch heute. Sie führten insbesondere durch den Fund eines Originalbriefes der „Western Geological Party“ von G. Taylor vom Januar 1912 und anderer Relikte (SCHROETER et al. 1993) zur Eintragung von Granite House als „Historic Site and Monument 67“.

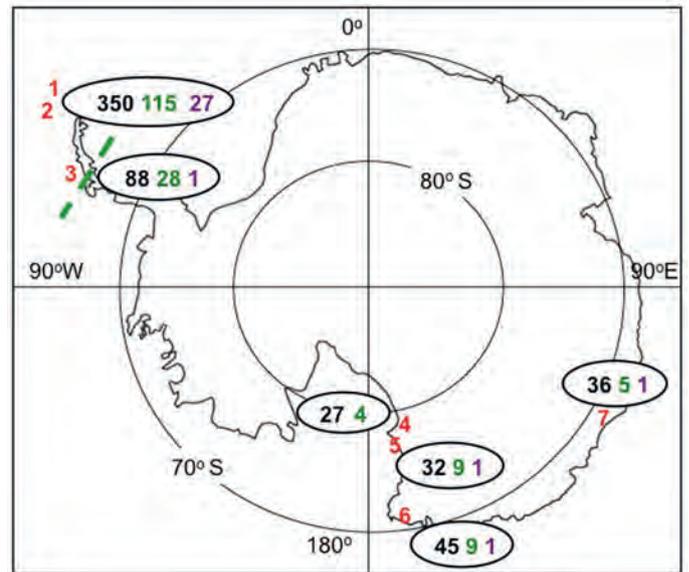


Abb. 2: Artenzahlen für verschiedene gut untersuchte Gebiete in der Antarktis. Die gestrichelte grüne Linie zeigt die südliche Verbreitungsgrenze der beiden nativen Höheren Pflanzen bei ca. 68° S an. Die schwarze Zahl gibt die Artenzahl der für ein Gebiet nachgewiesenen Flechten an, die grüne Zahl die der Moosarten und die violette Zahl die der Lebermoosarten. In allen hier mit Artenzahlen versehenen Gebieten waren Kieler Polarökologen an der Erfassung der Biodiversität beteiligt: 1 = King George Island, 2 = Livingston Island, 3 = Leonie Island, 4 = Dry Valleys, 5 = Granite Harbour, 6 = North Victoria Land, 7 = Wilkes Land.

Fig. 2: Numbers of plant species for different well studied areas of Antarctica. The green dashed line shows the growth boundary of the two higher plants at ca. 68° S. The black numbers indicate the total species numbers of lichens, the green refer to mosses and the pink to liverworts. At all sites scientists from Kiel University were involved in the survey: 1 = King George Island, 2 = Livingston Island, 3 = Leonie Island, 4 = Dry Valleys, 5 = Granite Harbour, 6 = North Victoria Land, 7 = Wilkes Land.

Adaptation von Flechten und Moosen in antarktischen Lebensräumen

Für ein vertieftes Verständnis der Verbreitung und Biodiversität von Organismen insbesondere unter extremen Lebensbedingungen ist die Frage nach der Angepasstheit der Organismen an die abiotischen Faktoren von besonderer Bedeutung. In der Antarktis sind dies niedrige Temperaturen, starke Sonneneinstrahlung und insbesondere eine limitierte Verfügbarkeit von Wasser in resorbierbarer Form (KAPPEN 1988, 1989). Flechten sind für ihre Temperaturresistenz bekannt, die es ihnen erlaubt, als poikilohydre Organismen in ausgetrocknetem – und in einigen Fällen auch in befeuchtetem – Zustand Temperaturen von flüssigen Stickstoff (-196 °C) lebend zu überdauern (KAPPEN 1973). Die Wasserverfügbarkeit am Standort ist in der Regel für die photosynthetische Stoffproduktion entscheidend. Untersuchungen an antarktischen Flechten wie *Umbilicaria aprina* konnten zeigen, dass sich trockene Thalli aus Schnee mit ausreichend Feuchtigkeit aufsättigen können, um metabolisch aktiv zu werden (SCHROETER & SCHEIDEGGER 1995). Die Wasseraufnahme aus gefrorenem Wasser bei Minustemperaturen konnte hierbei in einer Laborstudie mit Hilfe von kombinierten Messungen des CO₂-Gaswechsels und Tieftemperatur-Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop nachgewiesen werden (Abb. 3).

Dieses Phänomen wurde durch Freilandmessungen des CO₂-Gaswechsels (SCHROETER et al. 1994) bestätigt (Abb. 4).

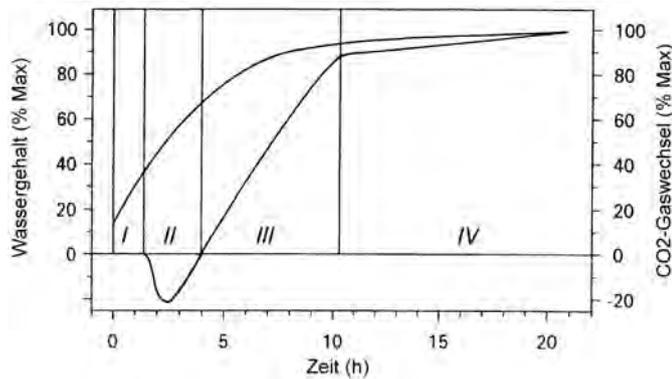


Abb. 3: Aktivierung der Photosynthese von *Umbilicaria aprina* nach Austrocknung durch Aufnahme von Wasser bzw. Wasserdampf bei Minustemperaturen. Trockene Flechtenthalli wurden bei $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ und einer Einstrahlung von $200\text{ }\mu\text{mol Photonen m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ für 20 Stunden mit Schnee behäufelt in einer Gaswechsellammer exponiert. In dieser Zeit wurde der CO_2 -Gaswechsel kontinuierlich registriert und der Wassergehalt in regelmäßigen Zeitabständen ermittelt. Die römischen Ziffern bezeichnen vier Phasen der Reaktivierung des Flechtenstoffwechsels. I = Die lufttrockenen Flechtenthalli nehmen Wasser auf, es ist jedoch keine CO_2 -Gaswechselaktivität nachweisbar. II = Während einer weitergehenden Wasseraufnahme der Thalli ist zuerst Atmung und ab dem negativen Scheitelpunkt der Kurve zunehmend photosynthetische CO_2 -Fixierung messbar. III = Während sich die Zunahme des Wassergehalts langsam abschwächt, wird der Kompensationspunkt des CO_2 -Gaswechsels überschritten, eine zunehmende Nettophotosyntheserate ist messbar. IV = In einer Plateauphase wird langsam das Maximum des Thalluswassergehalts wie auch der Nettophotosyntheserate erreicht. Am Ende des Experiments wurden die Proben mit einem Tieftemperatur-Rasterelektronenmikroskop untersucht. Abb. A und B zeigen die erfolgreiche Wasseraufnahme der Pilz- und Algenzellen anhand von wassergefüllten Pilzhyphen und turgeszenten Algenzellen (Maßstab $10\text{ }\mu\text{m}$; verändert nach SCHROETER & SCHEIDEGGER 1995).

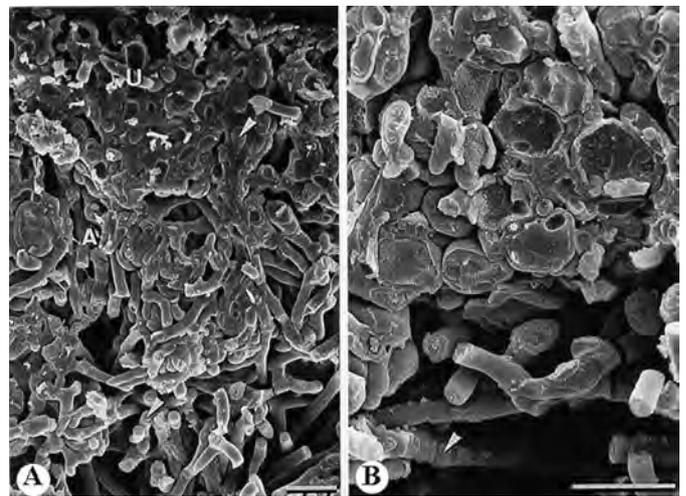


Fig. 3: Activation of photosynthesis of *Umbilicaria aprina* after drying and rewetting by snow/water vapour (resp.) at temperature $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dry thalli were wetted by snow at $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ and radiation of $200\text{ }\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ for 20 hrs and incubated in a gas exchange chamber. The CO_2 -gas exchange was monitored continuously, the water content in regular time intervals. Roman numbers indicate four phases of recovery. I = Dry thalli take up water, but no gas exchange is detectable. II = After further rewetting respiration starts and later photo-synthesis. III = During further water saturation the compensation point of gas exchange is passed and increasing net-photosynthesis becomes visible. IV = A plateau phase is described at maximum thallus water content and net-photosynthesis. At the end of the experiment the thalli were inspected by low-temperature-scanning microscopy. A and B show fungi and algae cells after water uptake at subzero temperatures by water-filled hyphae and turgescient algae cells (scale bar $10\text{ }\mu\text{m}$; after SCHROETER & SCHEIDEGGER 1995).

In der kontinentalen Antarktis konnte das Phänomen einer Wasseraufnahme aus gefrorenem Wasser unter einer durchgehenden Schneedecke *in situ* gezeigt werden (Abb. 5) (PANNEWITZ et al. 2003).

Hierbei wurden speziell entwickelte Freilandmethoden zur Erfassung der Aktivität der Photosysteme anhand von Messungen der Chlorophyll *a* Fluoreszenz eingesetzt (SCHLENSOG & SCHROETER 2001). Die ökologische Bedeutung einer Wasseraufnahme aus Schnee und der damit verbundenen Reaktivierung der metabolischen und photosynthetischen Prozesse liegt in der Erschließung einer Feuchtigkeitsquelle zu einer Jahreszeit, in der bereits genügend Licht für Photosyntheseaktivität vorhanden ist, Minustemperaturen jedoch das Auftreten von flüssigem Wasser verhindern (Abb. 5). Da insbesondere in der kontinentalen Antarktis flüssiges Wasser nur sehr sporadisch und kurzfristig auftritt, sind die nachweisbaren Wachstumsraten der untersuchten Krustenflechten erwartungsgemäß äußerst gering (GREEN et al. 2007, SANCHO et al. 2007).

Neben niedrigen Temperaturen und eingeschränkter Wasserverfügbarkeit sind die starke Einstrahlung während der Sommermonate sowie lang andauernde Dunkelheit während des Polarwinters Kennzeichen der terrestrischen Lebensräume in der Antarktis. Starke Einstrahlung führt häufig zu Photoinhibition und Photodestruktion. Antarktische Flechten und auch Moose erweisen sich aber als sehr gut angepasst: Als poikilohydre Organismen überdauern sie Zeiträume starker Einstrahlung häufig in einem ausgetrocknetem, inaktivem Zustand. Eine Reflexion starker Einstrahlung z. B. durch tote luftgefüllte Zellen im Cortex der Flechten oder durch Glas-

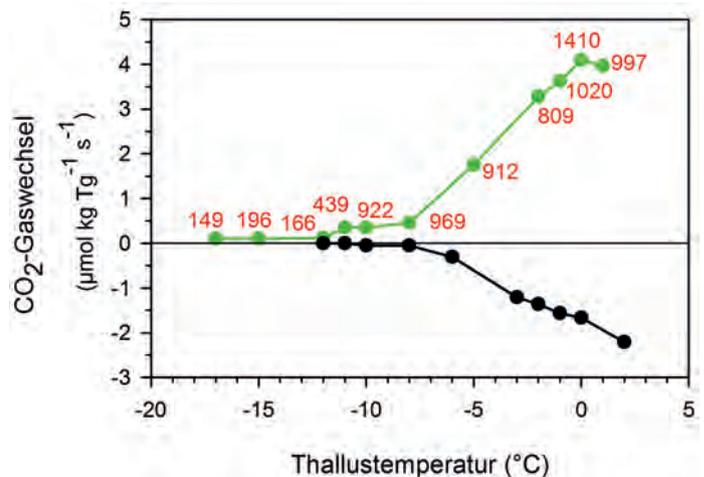


Abb. 4: Freilandmessungen zur Photosynthese und Dunkelatmung von *Umbilicaria aprina* in Granite Harbour. Die schwarze Kurve zeigt die maximalen Raten der Dunkelatmung in Abhängigkeit von der Thallustemperatur, die Dunkelatmung ist bei Temperaturen unterhalb von $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ nicht mehr nachweisbar. Die grüne Kurve zeigt die für die jeweiligen Temperaturen maximal erreichten Nettophotosyntheseraten, die roten Zahlen geben die Lichtbedingungen in $\mu\text{mol Photonen m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ an (nach SCHROETER et al. 1994).

Fig. 4: Field measurements of photosynthesis and dark respiration of *Umbilicaria aprina* at Granite Harbour. The black line shows maximum rates of dark respiration related to thallus temperature, dark respiration is not detected below $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. The green line shows maximal net photosynthesis according to temperature, red numbers indicate light conditions in $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ (after SCHROETER et al. 1994).

haare bei Moosen bewirkt ebenso wie eine schwarz-braune Pigmentierung z. B. durch Melanin auch im feuchten Zustand, dass die Einstrahlung, die schließlich die Photobionten im

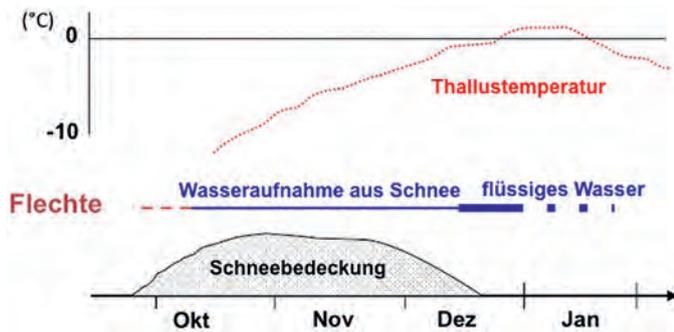


Abb. 5: Saisonale Änderung der Wasserverfügbarkeit für Krustenflechten in Granite Harbour (Antarktis).

Fig. 5: Seasonal change of water availability for crustose lichens at Granite Harbour (Antarctica).

Thallus erreicht, stark abgeschwächt ist. Da sich somit die Photobionten vieler Flechtenarten gewissermaßen in einem Schwachlichtlebensraum befinden, wird eine Schädigung der Photosysteme durch Lichtstress effektiv vermieden. Wie wirkungsvoll die Schutzfunktion des Cortex gegenüber starker Einstrahlung ist, zeigen Untersuchungen an *Umbilicaria aprina* in der kontinentalen Antarktis (KAPPEN et al. 1998). *Umbilicaria aprina* wurde dabei an einem Freilandstandort in der kontinentalen Antarktis nach ca. 5 Monaten Dunkelheit im antarktischen Winter unter einer Schneedecke ausgegraben und unmittelbar starker natürlicher Einstrahlung ausgesetzt, ohne dass eine erkennbare Beeinträchtigung oder Schädigung der Photosyntheseleistung sichtbar wurde.

Generell zeigen Flechten und Moose sowohl in der maritimen als auch in der kontinentalen Antarktis eine große Anpassbarkeit an die Starklichtbedingungen einschließlich UV-Strahlung, wie eine Reihe von Untersuchungen der Kieler Arbeitsgruppe zeigen konnte (SCHLENSOG et al. 1997, SCHROETER & SCHLENSOG 1999, LUD et al. 2003, GREEN et al. 2000, 2005, SCHLENSOG et al. 2004a, b, SCHROETER et al. 2012).

Langzeitmessungen zur Primärproduktion: Prognosen für die Auswirkung der globalen Erwärmung

Neben der Anpassbarkeit von Flechten und Moosen an die abiotischen Faktoren in den antarktischen Lebensräumen ist die Abhängigkeit der Jahresprimärproduktion von den diurnalen wie auch saisonal stark schwankenden abiotischen Faktoren von besonderem Interesse. Die Einwirkung der verschiedenen abiotischen Faktoren auf die Bildung von organisch gebundenem Kohlenstoff bei antarktischen Flechten und Moosen fasst Abb. 6 schematisch zusammen.

Als poikilohydre Organismen sind Flechten maßgeblich von der Wasserverfügbarkeit am Standort abhängig. Während sich die Abhängigkeit der Photosyntheseleistung von Licht und Temperatur mit Hilfe von Messungen des CO_2 -Gaswechsels modellieren lässt und sich die Parameter Licht und Temperatur mit handelsüblicher Sensorik erfassen lassen (s. SCHROETER 1991), wäre die ganzjährige Registrierung der Zeiträume metabolischer Aktivität, in denen ausreichend Feuchtigkeit zur Verfügung steht, sehr aufwändig.



Abb. 6: Abiotische Wirkungsfaktoren für die Kohlenstoffbilanz antarktisch-terrestrischer Systeme. Schwarze Pfeile zeigen positive, weiße Pfeile negative Effekte auf die Bildung von organisch gebundenen Kohlenstoff (nach SCHROETER 1997).

Fig. 6: Abiotic factors of the C-balance in Antarctic terrestrial ecosystems. Black arrows indicate positive, white arrows negative effects on the production of organic carbon (after SCHROETER 1997).

Erst die Entwicklung von automatischen Messsystemen zur Erfassung der Chlorophyll *a* Fluoreszenz von Photosystem II (SCHROETER et al. 1991) und die kontinuierliche Weiterentwicklung dieser Techniken (SCHROETER et al. 2000, SCHLENSOG & SCHROETER 2001) erlaubt es inzwischen, Langzeitmessungen zur metabolischen Aktivität an Freilandstandorten auch unter klimatischen Extrembedingungen automatisch durchzuführen (SCHROETER & SCHULZ 1995).

Inzwischen liegen aus Langzeitmessungen an der Strauchflechte *Usnea aurantiaco-atra* auf Livingston Island (Abb. 7) Licht- und Temperaturdaten sowie die Registrierung der metabolischen Aktivität für mehr als 14 Jahre sowie dreijährige parallele Messungen an der Nabelflechte *Umbilicaria aprina* in Granite Harbour vor. Die Auswertung dieser Daten, die noch andauert, zeigt die großen interannuellen Unterschiede in den abiotischen Faktoren und ihre Auswirkungen auf die Jahreskohlenstoffbilanz der Flechten.

Aus diesen Daten lassen sich erste Prognosen für mögliche Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Jahreskohlenstoffbilanz der Flechten ableiten (SCHROETER et al. 2010, 2011, GREEN et al. 2011). Auch wenn die untersuchten Flechtenarten durchweg im physiologisch suboptimalen (zu niedrigem) Temperaturbereich aktiv sind, muss sich eine Klimaerwärmung nicht nur förderlich auf die Jahreskohlenstoffbilanz auswirken. Vor allem wärmere Winter bzw. anhaltende Schneebedeckung können bei den vorherrschenden limitierenden Lichtbedingungen zu substantiellen Verlusten von organisch gebundenem Kohlenstoff durch Atmung führen.

Entscheidend für den Erfolg der Kohlenstofffixierung sind daher die Lichtverhältnisse und die Wasserverfügbarkeit in den Frühjahrsmonaten. Daraus ergibt sich, dass in den antarktischen terrestrischen Ökosystemen lokale und auch regionale Änderungen der Feuchtigkeitsverhältnisse zu Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung führen werden. Für Flechten kann ein Anstieg der Umgebungstemperaturen zu einer zunehmend negativen Kohlenstoffbilanz führen. Höhere Pflanzen und Moose werden bei einer Temperaturerhöhung hingegen einen Konkurrenzvorteil gegenüber den langsam wachsenden Flechten erlangen.

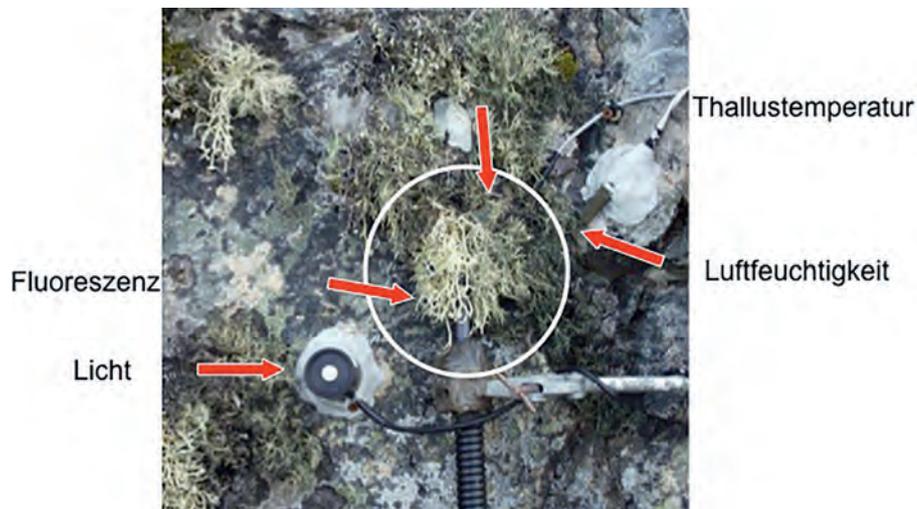


Abb. 7: Messaufbau der Langzeitmessstation auf Livingston Island, South Shetland Islands. Im Zentrum steht ein Thallus der Strauchflechte *Usnea aurantiaco-atra*. Die Messstation ist seit 1992 in Betrieb (Foto B. Schroeter).

Fig. 7: Installation for long-time registration at Livingston Island, South Shetland Islands for a thallus of the lichen *Usnea aurantiaco-atra*. This record of thallus temperature, humidity, light and fluorescence works since 1992 (Photo: B. Schroeter).

BÖDEN IN POLARGEBIETEN

Polare Böden stehen seit einigen Jahren im Fokus der Forschung wegen ihrer Bedeutung zur Freisetzung von CO₂ und CH₄. Ihre Produktion stammt aus bodenmikrobiellen Prozessen, die von den Bedingungen des physikalischen und bodenchemischen Umfeldes gesteuert werden. Eine erhöhte Primärproduktion, verstärkte Verwitterungsprozesse, verlängerte Auftauphasen sowie größere Auftautiefen ergeben neue Aspekte für die bodenbiologischen Prozesse. Die hierzu am Institut für Polarökologie durchgeführten Arbeiten fanden in breiter Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern statt, sie weiteten sich auch auf Zusammenhänge von Soziologie und Umweltmanagements in Nordskandinavien aus (BÖLTER 1996c, FORBES et al. 2006).

Böden und Bodenbiologie in der Antarktis

In der maritimen Antarktis begannen die bodenökologischen Arbeiten mit Aufhalten auf der polnischen Station Henryk Arctowski 1984/85 auf King George Island. In den folgenden Jahren, ab 1985/86, wurden bodenkundliche und bodenbiologische Untersuchungen auch auf den antarktischen Kontinent, in der australischen Station Casey durchgeführt. Einflüsse von Witterung und Biologie auf bodenbildende Prozesse und Bodendiversität standen im Vordergrund. Dabei galt es, die polaren Böden mit ihren Besonderheiten als Lebensraum für Mikroorganismen, Pflanzen und Tiere zu beschreiben und die biologischen Prozesse anhand von Aktivitätsparametern und Untersuchungen der Gemeinschaften zu charakterisieren. Zusammenfassende Darstellungen der Ergebnisse finden sich bei BEYER et al. (2000), BEYER & BÖLTER (2002) sowie BÖLTER & KANDELER (2004).

Bodenkundlich unterschieden sich die Habitate der maritimen und kontinentalen Antarktis außerordentlich (BLUME & BÖLTER 1993a, b, BÖLTER et al. 1994, 1995b, BLUME et al. 1997). Eine große Zahl von Bodenarten konnte identifiziert werden, insbesondere war die Beschreibung von Podsolen für die Antarktis ein Novum. Bisher hatte man diesen Bodentyp für die Antarktis ausgeschlossen wegen des Fehlens einer sauren Streu, sowie den Huminstoffen und damit verbundenen Verlagerung von

Fe- und Al-Oxiden bzw. -Hydroxiden (Abb. 8). Die Podsolisierung der Böden in der Antarktis konnte auf Akkumulationen und Transport organischen Materials von Vogelkolonien als auch von Moos- und Flechtenpolstern zurückgeführt werden.

Die organische Substanz in den Böden der Antarktis und ihre Rolle bei der Bodengenese, insbesondere der Podsolisierung, sowie als Substrat für biologische Prozesse stand in den folgenden Jahren im Mittelpunkt der Untersuchungen auf den Stationen „Casey“ und „Arctowski“ (BEYER et al. 1995a,b, 1997a, 2001, 2004a,b, BLUME et al. 1996). Kleinskaligen Beschreibungen an den Standorten „Casey“ und „Arctowski“ folgten landschafts- und geoökologischen Ausweitungen (BEYER et al. 1998a, b, BEYER & BÖLTER 1999). Aufgrund dieser Untersuchungen konnten die Bodengesellschaften und pedogenen Prozesse und Zonierungen der Antarktis neu erfasst werden (GORYACHKIN et al. 2004, BEYER et al. 2000).

Angaben über Zahl und Biomasse der Mikroorganismen, deren Gemeinschaften und Verteilungen sowie deren Aktivität waren Grundlagen für Standortsbeschreibungen (BÖLTER 1990a, 1995, 1996a, 1997). Diese Messgrößen für die antarktischen Böden können in direktem Zusammenhang mit dem Gehalt organischen Material gesehen werden und sie variieren daher mit dessen Gesamtgehalt und Verfügbarkeit (BÖLTER 1992a, b, BÖLTER et al. 1999, 2000, BEYER et al. 2000a). Exsudate von Moosen und anderen Pflanzen sind eine bedeutende Quelle leicht verfügbarer organischer Substanz in Form von Monosacchariden und damit Grundlage für reichliches Vorkommen von Mikroorganismen (BÖLTER 1993a, b, MELICK et al. 1994).

Insofern können lokal hohe Gehalte von gelösten Zuckern in Verbindung mit Bodentemperaturen von über 30°C bei direkter Sonneneinstrahlung zu hohen Werten der Bodenrespiration und des Wachstums von Mikroorganismen führen, die denen temperierter Böden durchaus ähneln (Abb. 9). Die erhöhte Bodenrespiration wie auch die Gesamtaktivität sind auf die oberen Zentimeter der Böden beschränkt, also im unmittelbaren Einfluss von Nährstoffzufuhr und Temperaturwirkung (BÖLTER 1994, 1995, 1997).

Dies spiegelt sich auch in hohen Aktivitäten der Enzyme wider, die den Umsatz organischer Substanz regeln (TSCHERKO et al.



Abb. 8: Skeleti-gelic Podsol unter Kryptogamen an einem Standort einer ehemaligen Pinguinkolonie in der kontinentalen Antarktis im Umfeld der australischen Station Casey (Foto: H.-P. Blume).

Fig. 8: Skeleti-gelic Podsol under cryptogamic vegetation of a former penguin colony at Casey Station, continental Antarctic (Photo: H.-P. Blume).

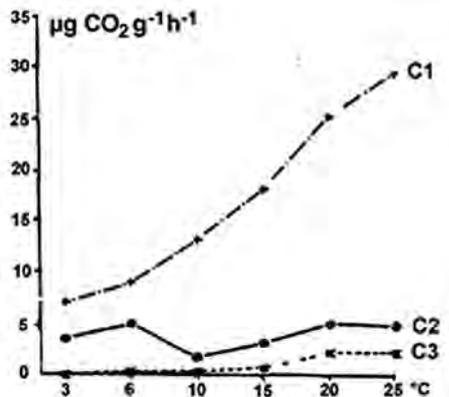


Abb. 9: Bodenrespirationen von drei unterschiedlichen Bodenproben (0–2 cm) der kontinentalen Antarktis (Casey Station). C1 = dichte Vegetationsdecke mit Moosen, C2 = spärlicher Oberflächenbewuchs mit Algen / Cyanobakterien, C3 = kein Bewuchs auf der Oberfläche (nach BÖLTER 1993).

Fig. 9: Soil respiration of three different soil types (each 0–2 cm) from continental Antarctica, Casey Station area. C1 = dense vegetation cover with mosses, C2 = sporadic soil cover of some algae and cyanobacteria, C3 = barren soil, no visible plant organisms (after BÖLTER 1993).

2003). Daraus folgt, dass sich kleinskalige Systeme bilden, die in der maritimen Antarktis besonders eng verbunden sind mit den Wurzelsystemen von *D. antarctica* und *C. quitensis*. Das gilt auch für die Häufigkeiten von Collembolen und Nematoden (BÖLTER et al. 1997). Weitere und übergreifende Untersuchungen zu den Mikroorganismen, deren Physiologie und Abundanzen in polaren Böden sowie dem Besiedlungsgeschehen in antarktischen Biotopen sind in anderen Arbeiten zu finden (HUGHES et al. 2006, MATALONI et al. 2010, BÖLTER 2004, 2011).

Böden und Bodenbiologie in der Arktis

In der Arktis wurden ab Mitte der 1990er Jahre Böden, Bodenorganismen und Vegetation zu wichtigen Themen. Die Projekte hatten zum Ziel, die Veränderlichkeit der dortigen

Systeme im Hinblick auf den Rückgang des Permafrostes (sibirische und kanadische Arktis) sowie den Nutzungswandel der Landschaften (Nord-Skandinavien) zu erfassen.

In Russland waren Standorte auf der Taimyr-Halbinsel, auf Severnaya Zemlya und im Lena-Delta Expeditionsziele in Zusammenarbeit mit der Forschungsstelle Potsdam des Alfred Wegener Instituts sowie dem Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg. Auch in der sibirischen Arktis bildeten sowohl die Wechselwirkungen von Boden und Vegetation in Tundra- und Kaltwüstenhabitaten Untersuchungsschwerpunkte als auch die physikalischen Prozesse im Verlauf von Auftauen und Gefrieren (BÖLTER 1996b, BÖLTER et al. 2002, 2003, SOMMERKORN et al. 1999a, b, SCHMIDT & BÖLTER 2002, MÜLLER-LUPP & BÖLTER 2003, BÖLTER et al. 2006).

Die Frage nach der Diversität von Böden, Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen war Ausgangspunkt einer international durchgeführten Expedition in den Archipel Nordkanadas (Tundra Nordwest 1999), ausgerichtet vom Svensk Polarforskingsekretariat. Auf dieser Expedition wurden von Seiten des IPÖ Böden und Bodenmikroorganismen untersucht (ERIKSEN et al. 2003, BÖLTER 2003, BÖLTER et al. 2003). Ein Ansatz, diese Böden einem qualitativen Schema zuzuordnen und mit denen der Antarktis zu vergleichen, wurde dann wiederum gemeinsam mit dem Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Kieler Universität vorgenommen und präsentiert (BLUME & BÖLTER 2004, BÖLTER & BLUME 2006).

Mensch und Umwelt in Nord-Skandinavien: Ein mehrjähriges, von der EU gefördertes Projekt (RENMAN) beschäftigte sich zwischen 2002 und 2005 mit der sich verändernden Landnutzung in Nord-Skandinavien. Vom IPÖ aus wurden die Teilprojekte der Universität Kiel (IPÖ, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Ökologiezentrum) koordiniert. Gegenstand dieser umfassenden Studie waren biologische und soziologische Fragestellungen vor der Hintergrund der Entwicklung eines Konzeptes zur Rentierwirtschaft (FORBES et al. 2006). Dies sollte dem samischen Parlament als Grundlage für Entscheidungen hinsichtlich der künftigen Entwicklung ihres Lebensraums im Norden Norwegens, Schwedens und Finnlands dienen. Vom IPÖ wurden die bodenmikrobiologischen Aspekte untersucht mit Blick auf den Beweidungsstatus der Flächen und deren Vegetation. Als wesentlicher Faktor zeigte sich die Bodenbedeckung. Sie kontrolliert die mikrobiellen Aktivitätsparameter, z. B. Bodenrespiration, über Nährstoffzufuhr, Bodentemperatur und -feuchte.

In den Jahren der Feld- und Laboruntersuchungen haben sich lange Listen von Daten verschiedenster Qualität akkumuliert. Dazu gehören sowohl quantitative Daten zu den verschiedenen Standorten und Proben als auch qualitative Daten der Standortsbeschreibungen mit zugeordneten Bildern von Landschaften, Probenorten und Bodenprofilen. Diese Daten zu kombinieren und allgemein zugänglich zu machen, ist seit langem Gegenstand der terrestrischen Arbeitsgruppe (BÖLTER et al. 1987, BÖLTER 1996d), und auch derzeitiger Arbeiten (FLEISCHER et al. 2012). So wird angestrebt, einen Metafile als Grundlage für ein Datenarchiv zu erstellen, das dann über einen allgemein zugänglichen Server verfügbar sein wird.

RESUMÉ TERRESTRISCHER FORSCHUNGEN AM IPÖ

Böden, Pflanzen, Bodentiere und Mikroorganismen beeinflussen sich gegenseitig in allen Biotopen der Erde, jedoch sind sie unter den extremen Klima- und Lichtbedingungen der Polargebiete auf eine besonders enge Verbindung angewiesen. Die polaren Habitate sind sehr divers, und diese Diversität zeigt sich auf engem Raum. Eine wohl etablierte Anpassung an die ökologischen Spannweiten ist Grundbedingung für das Überleben, sowohl hinsichtlich der Gemeinschaften als auch im Individuellen: Pflanzen und ihre Wurzeln sind Träger organischer Substanz, die Abbauprozesse und ihre Organismen greifen unmittelbar in die Bodenstruktur und Bodenentwicklung ein (BÖLTER & BLUME 2002, KAPPEN & SCHROETER 2002).

Diese grundlegenden Zusammenhänge der primären Besiedlung und Bodenentwicklung (JENNY 1984) wurden anhand der Ergebnisse für die polaren Böden weiter entschlüsselt. Der Faktor Zeit spielt hier eine bedeutendere Rolle als in temperierten Gebieten, doch zeigen sich analoge Wege zur Struktur- und Bodenentwicklung. Dass sich auch in den Polargebieten der anthropogene Effekt deutlich heraushebt und besonders prominent auswirkt, zeigte STONEHOUSE (1999). Das Einwirken politischer Entscheidungen in den polaren Gebieten ist zwar in den arktischen Bereichen durch Landnutzungsveränderungen, Erschließungen von Bodenschätzen, damit verbundene notwendige Verkehrswege u. a. deutlicher feststellbar, jedoch bleiben langfristig auch die antarktischen Habitate nicht von Veränderungen unberührt.

Um die Biodiversität der photosynthetisch aktiven Organismen als einen Indikator für die Auswirkungen von Klimaveränderungen nutzen zu können, ist es notwendig, die Wirkungsmechanismen zu kennen, die die gegenwärtige Verbreitung der terrestrischen Vegetation in Antarktis und Arktis kontrollieren. Die Erkenntnisse über Verbreitung der antarktischen wie auch der arktischen terrestrischen Organismen und ihrer ökophysiologischen Reaktionsbreite, die innerhalb der letzten 30 Jahren gewonnen wurden, erlauben es nun, einige Rückschlüsse auf den potentiellen Einfluss einer Klimaveränderung auf die Landökosysteme der Antarktis zu ziehen. Beispielsweise konnten GREEN et al. (2011) für die terrestrische Vegetation in der Antarktis zwei unterschiedliche, geografisch getrennte Reaktionszonen aufzeigen, die im Süden von den kleinräumigen Temperatur-, Wasser- und Einstrahlungsverhältnissen bestimmt wird, im nördlicheren Bereich dagegen eng an die großräumigen klimatischen Verhältnisse gekoppelt ist. Als Prediktor kann in der nördlichen Zone die mittlere Jahrestemperatur dienen: Pro 1 Kelvin kann man von einer Zunahme der Artenvielfalt um ca. 10 % ausgehen. Unter dem Einfluss einer globalen Temperaturerhöhung wird sich die Grenze zwischen den beiden Zonen nach Süden verschieben und sich so die an die großräumigen klimatischen Verhältnisse gekoppelte nördliche Zone ausdehnen. Innerhalb einer weiter nach Süden verschobenen „microenvironmental zone“ wird jedoch die Biodiversität weiterhin durch die abiotischen Faktoren in kleinen räumlichen Einheiten geprägt bleiben.

Die bodenkundlichen und bodenbiologischen Ergebnisse zeigen deutliche Reaktionen auf Veränderungen der Ökosysteme. Die Komplexität der Wirkungsspektren zwischen Umweltveränderungen, Bodenentwicklung und Bodenbio-

logie ist insbesondere in den Übergangsbereichen der Vegetationszonen sehr ausgeprägt. Ihre Modellierung jedoch wird durch die lokalen Aspekte der Landschaften erschwert, da die Skalierungen der Messgrößen über weite lokale und zeitliche Bereiche zu machen sind. Dies gilt für Habitate der Antarktis (BEYER et al. 1998a, b, BLUME et al. 2002) wie für solche der Arktis (BÖLTER & MÖLLER 2006) und auch für biologische als auch nichtbiologische Eigenschaften der Standorte. Anpassungen von biochemischen Eigenschaften konnten als Grundmerkmale der mikrobiologischen Gemeinschaften und mit weiten ökologischen Bereichen beschrieben werden.

DANKSAGUNG

Allen Mitarbeitern des IPÖ, insbesondere Werner Dzumla, Frank-Peter Rapp und Anette Scheltz sei für die stete Bereitschaft gedankt, sich an den Expeditionen, ihren Vor- oder Nachbereitungen sowie den Darstellungen der Ergebnisse zu beteiligen. Darüber hinaus danken wir allen Kolleginnen und Kollegen auf den verschiedenen Forschungsstationen für ihre Unterstützung bei den Feldarbeiten. Ein besonderer Dank geht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft für eine langjährige Förderung unserer Forschungsarbeiten.

Literatur

- Beyer, L. & Bölker, M. (1999): Formation, ecology, and geography of cryosols of an ice-free oasis in coastal east Antarctica near Casey Station (Wilkes Land).- Austral. J. Soil Res. 37: 209–244.
- Beyer, L., Blume, H.-P. & Bölker, M. (1995b): Soil organic matter in spodosols of Continental Antarctica (Wilkes Land, Casey Station) as revealed by wet chemistry and CPMAS ¹³C-NMR.- Agronomy Abstracts, 1995 Annual Meetings, Amer. Soc. Agron. Crop. Sci. Soc., S. 269.
- Beyer, L., Blume, H.-P., Knicker, H. & Bölker, M. (1997a): Soil organic matter of suggested spodic horizons in relic orthonogenic soils of coastal continental Antarctica (Wilkes Land, Casey Station) and spodic horizons in soils of Germany.- Soil Sci. 162: 518–527.
- Beyer, L., Blume, H.-P. & Bölker, M. (1995a): Die organische Bodensubstanz in Bh-Horizonten von Podsolen Norddeutschlands und früheren Pinguinkolonien der Küstenregion in der kontinentalen Antarktis.- Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 76: 737–740.
- Beyer, L. & Bölker, M. (ed.) (2002): Geocology of Antarctic Ice-free Coastal Landscapes.- Springer, Heidelberg, Ecol. Stud. 154: 1–427.
- Beyer, L., Bölker, M. & Seppelt, R. D. (2000): Nutrient and thermal regime, microbial biomass, and vegetation of Antarctic soils in the Windmill Islands region of East Antarctica (Wilkes Land).- Arct. Antarct. Alp. Res. 32: 30–39.
- Beyer, L., Knicker, H., Blume, H.-P., Bölker, M., Voigt, B. & Schneider, D. (1997b): Soil organic matter of suggested spodic horizons in relic orthonogenic soils of coastal continental Antarctica (Casey Station, Wilkes Land) in comparison with that of spodic soil horizons in Germany.- Soil Sci. 162: 518–527.
- Beyer, L., Pingank, K., Bölker, M., Schneider, D. & Blume, H.-P. (1998a): Variation of carbon and nitrogen storage in soils of coastal continental Antarctica (Wilkes Land).- Eurasian Soil Sci 31: 551–554.
- Beyer, L., Pingank, K., Bölker, M. & Seppelt, R. (2004a): Soil organic matter in cold soils of coastal eastern Antarctica (Casey Station, Wilkes Land).- In: J. M. Kimble (ed), Cryosols, Springer, Berlin, 509–524.
- Beyer, L., Pingank, K., Bölker, M. & Seppelt, R. (1998b): Small-distance variation of carbon and nitrogen storage in different Antarctic mineral cryosols near Casey Station.- Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 161: 211–220.
- Beyer, L., White, D. M. & Bölker, M. (2001): Soil organic matter composition, transformation, and microbial colonization of Gelic Podzols in the coastal region of East Antarctica.- Austral. J. Soil Res. 39: 543–563.
- Beyer, L., White, D. M., Pingank, K. & Bölker, M. (2004b): Composition and transformation of soil organic matter in cryosols and gelic histosols in coastal eastern Antarctica (Casey Station, Wilkes Land).- In: J.M. Kimble (ed), Cryosols, Springer, Berlin, 525–556.
- Blume, H.-P. & Bölker, M. (1993a): Podsole, Leptosole und Regosole der Antarktis.- Mitteil. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 72: 843–846.
- Blume, H.-P. & Bölker, M. (1993b): Soils of Casey Station (Wilkes Land, Antarctica).- In: D. Gilichinski (ed), Joint Russian-American Seminar on

- Cryopedology and Global Change, Proceed., Pushchino, 96–104.
- Blume, H.-P., Beyer, L., Bölter, M., Erlenkeuser, H., Kalk, E., Kneesch, S., Pfisterer, U. & Schneider, D. (1997): Pedogenic zonation of the Southern circum-polar region.- *Adv. Geocool.* 30: 69–90.
- Blume, H.-P. & Bölter, M. (2004): Antarctic and Arctic soils as habitats for organisms.- In: M. Jozwiak & A. Kowalkowski (ed), *Regional Monitoring of Natural Environment*. Kielce Sci. Soc. Monitoring Station 5: 95–102.
- Blume, H.-P., Kuhn, D. & Bölter, M. (2002): Soils and soilscapes.- In: L. Beyer & M. Bölter (eds), *Geocology of Antarctic ice-free coastal Landscapes*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, *Ecol. Stud.* 154: 91–113.
- Blume, H.-P., Schneider, D. & Bölter, M. (1996): Organic matter accumulation in and podzolisation of Antarctic soils.- *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd.* 159: 411–412.
- Bölter, M. (1989): Microbial activity in soils from Antarctica (Casey Station, Wilkes Land).- *Polar Biol.* 2: 146–153.
- Bölter, M. (1990a): Microbial ecology of soils from Wilkes Land, Antarctica. I. The bacterial population and its activity in relation to dissolved organic matter.- *Polar Biol.* 3: 104–119.
- Bölter, M. (1990b): Microbial ecology of soils from Wilkes Land, Antarctica. II. Patterns of microbial activity and related organic and inorganic matter.- *Polar Biol.* 3: 120–132.
- Bölter, M. (1992a): Environmental conditions and microbiological properties from soils and lichens from Antarctica (Casey Station, Wilkes Land).- *Polar Biol.* 11: 591–599.
- Bölter, M. (1992b): Organic matter and its availability to microorganisms in Antarctic soils.- In: D. Gilichinski (ed), *Proc. Int. Conf. on Cryopedology*, Pushchino, Pushchino Research Center, 189–199.
- Bölter, M. (1993): Vergleichende Untersuchungen zur mikrobiellen Aktivität in Böden und an Kryptogamen aus der kontinentalen und maritimen Antarktis.- *Habil.Schrift, Univ. Kiel*, 1–201.
- Bölter, M. (1993a): Effects of carbohydrates and leucine on growth of bacteria from Antarctic soils (Casey Station, Wilkes Land).- *Polar Biol.* 13: 297–306.
- Bölter, M. (1993b): Microbial biomass in soils and on plants of King George Island (Arctowski Station, Maritime Antarctic).- *XX Polar Symp., Lublin*, S. 133 (Abstr.).
- Bölter, M. (1994): Microcalorimetry and CO₂-evolution of soils and lichens from Antarctica.- *Polar Biol.* 7: 210–222.
- Bölter, M. (1995): Distributions of bacterial numbers and biomass in soils and on plants from King George Island (Arctowski Station, Maritime Antarctica).- *Polar Biol.* 15: 115–124.
- Bölter, M. (1996a): Analysis of soil microbial communities (autotrophs and heterotrophs) from King George Island (Arctowski Station).- *Polar Biol.* 9: 283–298.
- Bölter, M. (1996b): Soil microbiology.- In: D. Yu. Bolshiyarov & H. Hubberten (ed) *Russian-German cooperation: The expedition TAIMYR 1995*.- *Ber. Polarforsch.* 211: 72–79.
- Bölter, M. (1996c): Consequences of global warming on soil processes in arctic regions.- *Polarforschung* 66: 1–10.
- Bölter, M. (1996d): A data base for Arctic and Antarctic non-marine algae (Abstract).- In: M. Olech (ed), *Proc. Internat. Workshop Antarctic Research on Taxonomy and Ecology of Algae*, Cracow, Poland, 4–5.
- Bölter, M. (1997): Microbial communities in soils and on plants from King George Island (Arctowski Station, Maritime Antarctica).- In: B. Battaglia, G. Valencia & D. Walton (ed.), *Antarctic communities*. Cambridge University Press, Cambridge, 162–169.
- Bölter, M. (2003): Microbiological communities and properties of Arctic soils: Results of the Tundra Northwest Expedition 1999 (Nunavut and Northwest Territories, Canada).- *Polarforschung* 73: 103–110.
- Bölter, M. (2004): Ecophysiology of psychrophilic and psychrotolerant microorganisms. In: S. Shivaji (ed): *Microbes from cold habitats: biodiversity, biotechnology and cold adaptation*.- *Cell. Molecul. Biol.* 50: 563–573.
- Bölter, M. (2011): Soil development and soil biology at King George Island (Maritime Antarctic).- *Pol. Polar Res.* 32: 105–116.
- Bölter, M. & Blume, H.-P. (2002): Soils as habitats for microorganisms.- In: L. Beyer & M. Bölter (eds), *Geocology of Antarctic ice-free coastal Landscapes*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, *Ecol. Stud.* 154: 285–302.
- Bölter, M. & Blume, H.-P. (2006): Ecological characteristics and ratings for soils of Arctic Canada.- *Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Iss.* 59: 63–78.
- Bölter, M., Blume, H.-P. & Kappen, L. (1995b): Bodenbiologische Untersuchungen in der maritimen und kontinentalen Antarktis (King George Island and Windmill Islands. Teil 1. Umweltparameter und anorganische Nährstoffe.- *Polarforschung* 65: 41–61.
- Bölter, M., Blume, H.-P. & Kuhn, D. (1999): Soils and their microbiological properties from a transect from Cape Horn to the Antarctic Peninsula.- *Polar Biosci.* 12: 54–67.
- Bölter, M., Blume, H.-P. & Wetzel, H. (2003): Properties, formation and ecology of Arctic soils: results from the Tundra Northwest Expedition 1999 (Nunavut and Northwest Territories, Canada).- *Polarforschung* 73: 89–101.
- Bölter, M., Blume, H.-P., Schneider, D. & Beyer, L. (1997): Soil properties and distributions of invertebrates and bacteria from King George island (Arctowski Station), Maritime Antarctic.- *Polar Biol.* 18: 295–304.
- Bölter, M., Blume, H. P. & Erlenkeuser, H. (1994): Pedological, isotopic, and microbiological properties of Antarctic soils.- *Polarforschung* 64: 1–7.
- Bölter, M. & Kandeler, E. (2004): Microorganisms and microbial processes in Antarctic soils.- In: J.M. Kimble (ed.) *Cryosols*. Springer, Berlin, 557–572.
- Bölter, M., Kappen, L. & Meyer, M. (1989): The influence of microclimatic conditions on potential photosynthesis of *Usnea sphacelata* - a model.- *Ecol. Res.* 4: 297–307.
- Bölter, M., Legendre, P., Leeuw, J. de, Park, R., Schwinghamer, P., Stevens, S. E. & Troussellier, M. (1987): Numerical ecology: developments for microbial ecology. (Chairman Summary).- In: P. Legendre & L. Legendre (eds), *Developments in numerical ecology*. NATO ASI Series, G 14, Springer-Verlag, 469–484.
- Bölter, M. & Möller, R. (2006): Changing microbial ecology with changes in grazing and its management.- In: B.C. Forbes, M. Bölter, L. Müller-Wille, J. Hukkinen, F. Müller, N. Gunsley, Y. Konstantinov (eds), *Reindeer management in northernmost Europe*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, *Ecol. Studi.* 184: 265–295.
- Bölter, M., Möller, M. & Müller-Lupp, W. (2002): CO₂-release from permafrost soils in relation to temperature changes. - In: R. O. Rasmussen & N. E. Koroleva (eds.) *Social and environmental impacts in the North*, Kluwer Acad. Publ. Dordrecht, 7–24.
- Bölter, M., Möller, R., Müller-Lupp, W. & Soethe, N. (2006): Dynamics of CO₂ evolution of Arctic soils from Northern Siberia and Scandinavia.- In: R. Hatano & G. Guggenberger (eds.), *Symptom of Environmental Change in Siberian Permafrost Region*, Proc. Internat. Symp JSPS Core to Core Program between Hokkaido University and Martin Luther University Halle-Wittenberg, 29–20 Nov 2005, Sapporo, Japan. Hokkaido Univ. Press, Sapporo, Japan, 193–206.
- Bölter, M., Müller-Lupp, W., Takata, K., Yabuki, H. & Möller, R. (2003): Potential CO₂-production in aerobic conditions from a Siberian tundra environment.- *Polar Biosci* 16: 70–85.
- Bölter, M., Seppelt, R.D., Beyer, L. & Pingpank, K. (2000): Studies on floristic diversity, soil organic matter, and soil microbes from the Windmill Islands, East Antarctica.- *Bibl. Lichenol.* 75: 421–432.
- Burkhard, B. (2004): Ecological Assessment of the Reindeer Husbandry System in Northern Finland.- *Diss. Inst. Ökosystemforsch. Univ. Kiel*.
- Danell, K. & Angerbjörn, A. (1999): Tundra Northwest 1999.- In: E. Grönlund (ed), *Polarforschungssekret., Årsbok*, Stockholm, 53–196.
- Eriksen, B., Bölter, M., Breen, K., Henry, G., Lévesque E., Mattson, J.-E., Parker, C. L. & Rayback, S. (2003): Environment and site descriptions of an ecological baseline study in the Canadian Arctic: The Tundra Northwest Expedition 1999 (Nunavut and Northwest Territories, Canada).- *Polarforschung* 73: 77–88.
- Falk, K. (1990): Photosyntheseleistung ausgewählter Flechten der Antarktis und spanischer Hochgebirgsstandorte – ein Vergleich.- *Dipl.-Arbeit IPÖ Univ. Kiel*, 1–118.
- Fleischer, D., Bölter, M. & Möller, R. (2012): Implementation of initial data populations of environmental data and creating a primary working database.- *Polar Sci.* 6: 97–103.
- Forbes, B. C., Bölter, M., Müller-Wille, L., Hukkinen, J., Müller, F., Gunsley, N. & Konstantinov, Y. (ed) (2006): *Reindeer management in northernmost Europe*.- *Ecol. Stud.* 184, Springer-Verlag, Heidelberg, 1–397.
- Goryachkin, S. V., Blume, H. P., Beyer, L., Campbell, I., Claridge, G., Bockheim, J. G., Karavaeva, N. A., Targulian, V. & Tarnocai, C. (2004): Similarities and differences in Arctic and Antarctic soil zones.- In: J.M. Kimble (ed.), *Cryosols*, Springer, Berlin, 49–70.
- Green, T. G. A., Kulle, D., Pannewitz, S., Sancho, L. G. & Schroeter, B. (2005): UV-A protection in mosses growing in continental Antarctica.- *Polar Biol.* 28: 822–827.
- Green, T. G. A., Sancho, L. G., Pintado, A. & Schroeter, B. (2011): Functional and spatial pressures on terrestrial vegetation in Antarctica forced by global warming.- *Polar Biol.* 34: 1643–1656.
- Green, T. G. A., Schroeter, B. & Sancho, L. G. (2007): Plant life in Antarctica.- In: F.I. Pugnaire & F. Valladares (eds), *Handbook of Functional Plant Ecology*, CRC Press, Boca Raton London New York, 389–434.
- Green, T. G. A.; Schroeter, B. & Seppelt, R. D. (2000): Effects of temperature, light and ambient UV on the photosynthesis of the moss *Bryum argenteum* Hedw. in continental Antarctica.- In: W. Davison, C. Howard-Williams & P. Broady (eds), *Antarctic ecosystems: models for wider ecological understanding*, The Caxton Press, Christchurch NZ, 165–170.
- Hughes, K. A., Ott, S., Bölter, M. & Convey, P. (2006): Colonization processes.- In: D.M. Bergström, P. Convey, & H.L. Huiskes (eds), *Trends in Antarctic terrestrial and limnetic ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin, 33–54.
- Jenny, H. (1984): *Factors of soil formation*.- Dover Publ., New York, 1–281.
- Kappen, L. (1973): Response to extreme environments.- In: V. Ahmadjian & M. Hale (eds), *The Lichens*. Acad. Press New York, London, 311–380.

- Kappen, L. (1988): Ecophysiological relationships in different climatic regions.- In: M. Galun (ed), Handbook of Lichenology II, CRC-Press, Boca Raton, 37–100.
- Kappen, L. (1989): Field measurements of carbon dioxide exchange of the Antarctic lichen *Usnea sphacelata* in the frozen state.- *Antarctic Sci.* 1: 31–34.
- Kappen, L. (1993): Lichens in the Antarctic region.- In: E.I. Friedmann (ed), *Antarctic Microbiology*, Wiley, New York, 433–490.
- Kappen, L., Bölter, M. & Kühn, A. (1987): Photosynthetic activity at natural habitats in the maritime Antarctic.- *Bibl. Lichenol.* 25: 297–312.
- Kappen, L., Breuer, M. & Bölter, M. (1991): Ecological and physiological investigations in continental antarctic cryptogams. 3. Photosynthetic production of *Usnea sphacelata*: Diurnal courses, models, and the effect of photoinhibition.- *Polar Biol.* 11: 393–401.
- Kappen, L., Meyer, M. & Bölter, M. (1988): Photosynthetic production of *Ramalina terebrata*, a maritime Antarctic lichen.- *Polarforschung* 58: 181–188.
- Kappen, L., Meyer, M. & Bölter, M. (1990): Ecological and physiological investigations in continental Antarctic cryptogams. I. Vegetation patterns and its relation to snow cover on a hill near Casey Station, Wilkes Land.- *Flora* 184: 209–220.
- Kappen, L. & Schroeter, B. (1995): Eine maßgeschneiderte Expedition in die Antarktis.- *Mitt. Kieler Polarforsch.* 11: 15–16.
- Kappen, L. & Schroeter, B. (2002): Plants and lichens in the Antarctic, their way of living and their relevance to soil formation.- In: L. Beyer & M. Bölter (eds), *Geoecology of Antarctic ice-free coastal Landscapes*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, Ecol. Stud. 154: 327–373.
- Kappen, L., Schroeter, B., Green, T. G. A. & Seppelt, R. D. (1998): Chlorophyll a fluorescence and CO₂ exchange of *Umbilicaria aprina* under extreme light stress in the cold.- *Oecologia* 113: 325–331.
- Kappen, L., Bölter, M. & Kühn, A. (1986): Field measurements of net photosynthesis of lichens in the Antarctic.- *Polar Biol.* 5: 255–258.
- Kemper, N. (2004): Untersuchungen zum Vorkommen ausgewählter Zooanthropose-Erreger bei Rentieren unter dem Aspekt der aktuellen Situation der finnischen Rentierwirtschaft.- *Diss. Tierärztl. Hochschule Hannover*, 1–163.
- Kuhn, D. (1997): Genese, Ökologie und Soziologie einer Bodengesellschaft in einem Periglazialgebiet der King-George-Insel (West-Antarktis).- *Schriftenreihe Inst. Pflanzenern. Boodenknd.* 40: 1–173.
- Lud, D., Schlenso, M., Schroeter, B. & Huiskes, A. H. L. (2003): The influence of UV-B radiation on light dependent photosynthetic performance in *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske in Antarctica.- *Polar Biol.* 26: 225–232.
- Mataloni, G., Garraza, G. G., Bölter, M., Convey, P. & Fermani, P. (2010): What shapes edaphic communities in mineral and ornithogenic soils of Cierva Point, Antarctic Peninsula.- *Polar Sci.* 4: 405–419.
- Melick, D. J., Bölter, M. & Möller, R. (1994): Rates of soluble carbohydrate utilization in soils from the Windmill Islands Oasis, Wilkes Land, continental Antarctica.- *Polar Biol.* 14: 59–64.
- Müller-Lupp, W. (2001): Gefrier- und Tauprozesse im sibirischen Permafrost – Untersuchungsmethoden und ökologische Bedeutung.- *Diss. IPÖ Univ. Kiel*, 1–133.
- Müller-Lupp, W. & Bölter, M. (2003): Effects of soil freezing on physical and microbiological properties of permafrost affected soils.- In: M. Philips, S. M. Springman & L. Arenson (eds), *Permafrost – Proc. of the 8th Internat. Conf. On Permafrost*, Zürich, 21–25 July 2003, ICOP 2003 Permafrost [2], Swets & Zeitlinger, Lisse, 801–805.
- Ochyra, R., Lewis Smith, R. I. & Bednarek-Ochyra, H. (2008): *Illustrated Moss Flora of Antarctica*.- Cambridge University Press, Cambridge, 1–685.
- Ovstedal, D. O. & Lewis Smith, R. I. (2001): *Lichens of Antarctica and South Georgia. A guide to their identification and ecology*.- Cambridge University Press, Cambridge, 1–474.
- Pannewitz, S., Schlenso, M., Green, T. G. A., Sancho, L. G. & Schroeter, B. (2003): Are lichens active under snow in continental Antarctica?.- *Oecologia* 135: 30–38.
- Peth, S. (2004): Bodenphysikalische Untersuchungen zur Trittbelastung von Böden bei der Rentierweidwirtschaft an borealen Wald- und subarktisch-alpinen Tundrenstandorten – Auswirkungen auf thermische, hydraulische und mechanische Bodeneigenschaften.- *Schriftenr. Inst. Bodenkunde, Univ. Kiel*, Bd. 64.
- Sancho, L. G., Schulz, F., Schroeter, B. & Kappen, L. (1999): Bryophyte and lichen flora of South Bay (Livingston Island: South Shetland Islands, Antarctica).- *Nova Hedwigia* 68: 301–337.
- Sancho, L. G., Green, T. G. A. & Pintado, A. (2007): Slowest to fastest: Extreme range in lichen growth rates supports their use as an indicator of climate change in Antarctica.- *Flora* 202: 667–673.
- Schipperges, B. (1994): Intraspecific variations in the ecophysiology of Arctic to temperate populations of the lichen *Cetraria nivalis*.- *Diss. IPÖ Univ. Kiel*, 1–179.
- Schlenso, M. & Schroeter, B. (2001): A new method for the accurate in situ monitoring of chlorophyll a fluorescence in lichens.- *Lichenologist* 33: 443–452.
- Schlenso, M., Pannewitz, S., Green, T. G. A. & Schroeter, B. (2004b): Metabolic recovery of continental Antarctic cryptogams after winter.- *Polar Biol.* 27: 399–408.
- Schlenso, M., Schroeter, B., Pannewitz, S. & Green, T. G. A. (2004a): Adaptation of mosses and lichens to irradiance stress in maritime and continental antarctic habitats.- In: A. H. L. Huiskes, W. W. C. Gieskes, J. Rozema, R. M. L. Schorno, S. M. van der Vies & W. J. Wolff (eds), *Antarctic Biology in a Global Context*. Backhuys Publ. Leiden, 161–166.
- Schlenso, M., Schroeter, B., Sancho, L. G., Pintado, A. & Kappen, L. (1997): Effect of strong irradiance on photosynthetic performance of the melt-water dependent cyanobacterial lichen *Leptogium puberulum* (Collema-ceae) Hue from the maritime Antarctic.- *Bibl. Lichenol.* 67: 235–246.
- Schmidt, N. (1999): Microbial properties and habitats of permafrost soils on Taimyr Peninsula, Central Siberia.- *Diss. Univ. Kiel*, 1–189.
- Schmidt, N. & Bölter, M. (2002): Fungal and bacterial biomass in tundra soils along an arctic transect from Taimyr Peninsula, central Siberia.- *Polar Biol.* 25: 871–877.
- Schroeter, B. (1991): Untersuchungen zu Primärproduktion und Wasserhaushalt von Flechten der maritimen Antarktis unter besonderer Berücksichtigung von *Usnea antarctica* Du Rietz.- *Diss. Univ. Kiel*, 1–148.
- Schroeter, B. (1993): Auf den Spuren von Robert Scott's Terra Nova Expedition – Botanische Untersuchungen in Botany Bay, Granite Harbour, Süd Victoria Land, kontinentale Antarktis.- *Mitt. Kieler Polarforsch.* 8: 28–31.
- Schroeter, B. (1997): Grundlagen der Stoffproduktion von Kryptogamen unter besonderer Berücksichtigung der Flechten – eine Synopse.- *Habil.Schrift Univ. Kiel*, 1–117.
- Schroeter, B., Green, T. G. A., Kappen, L. & Seppelt, R. D. (1994): Carbon dioxide exchange at subzero temperatures. Field measurements on *Umbilicaria aprina* in continental Antarctica.- *Cryptogamic Bot.* 4: 233–241.
- Schroeter, B., Green, T. G. A., Kulle, D., Pannewitz, S., Schlenso, M. & Sancho, L. G. (2012): The moss *Bryum argenteum* var. *muticum* Brid. Is well adapted to cope with high light in continental Antarctica.- *Antarct. Sci.* 24: 281–291.
- Schroeter, B., Green, T. G. A., Pannewitz, S., Schlenso, M. & Sancho, L. G. (2010): Fourteen degrees of latitude and a continent apart: comparison of lichen activity over two years at continental and maritime Antarctic sites.- *Antarct. Sci.* 22: 681–690.
- Schroeter, B., Green, T. G. A., Pannewitz, S., Schlenso, M. & Sancho, L. G. (2011): Summer variability, winter dormancy: lichen activity over 3 years at Botany Bay, 77° S latitude, continental Antarctica.- *Polar Biol.* 34: 13–22.
- Schroeter, B., Green, T. G. A. & Seppelt, R. D. (1993): The history of Granite House and the western geological party of Scott's Terra Nova expedition.- *Polar Rec.* 29: 219–224.
- Schroeter, B., Kappen, L. & Moldaenke, C. (1991): Continuous in situ recording of the photosynthetic activity of Antarctic lichens – established methods and a new approach.- *Lichenologist* 23: 253–265.
- Schroeter, B., Kappen, L. & Sancho, L. G. (2000): Seasonal variation in the carbon balance of lichens in the maritime Antarctic: Long-term measurements of photosynthetic activity in *Usnea aurantiaco-atra*.- In: W. Davison, C. Howard-Williams & P. Broady (ed) *Antarctic ecosystems: models for higher ecological understanding*. The Caxton Press, Christchurch, NZ, 258–262.
- Schroeter, B. & Scheidegger, C. (1995): Water relations in lichens at subzero temperatures: Structural changes and carbon dioxide exchange in the lichen *Umbilicaria aprina* from continental Antarctica.- *New Phytol.* 131: 273–285.
- Schroeter, B. & Schlenso, M. (1999): Über die Auswirkungen von Starklicht auf die Photosynthese von Flechten und Moosen in der Antarktis.- *Mitt. Kieler Polarforsch.* 15: 14–18.
- Schroeter, B. & Schulz, F. (1995): Untersuchungen zur Jahresprimärproduktion von Flechten in der maritimen Antarktis.- *Ber. Polarforsch.* 155: 36–38.
- Schulz, B. (1999): Bodenmikrobiologische Untersuchungen an einem Low-Center-Polygon im Lena-Delta.- *Dipl.-Arbeit IPÖ & Inst. Pflanzenernähr. Bodenknd., Univ. Kiel*, 1–59.
- Schulz, F. (2000): Zur Struktur und Interaktion der Kryptogamenvegetation in der maritimen Antarktis.- *Diss. IPÖ Univ. Kiel*, 1–139.
- Seppelt, R. D., Green, T. G. A. & Schroeter, B. (1995): Lichens and mosses from the Kar Plateau, southern Victoria Land, Antarctica.- *New Zeal. J. Bot.* 33: 203–220.
- Seppelt, R. D., Green, T. G. A. & Schroeter, B. (1996): Additions and corrections to the lichen flora of the Kar Plateau, southern Victoria Land, Antarctica.- *New Zeal. J. Bot.* 34: 329–331.
- Seppelt, R. D., Türk, R., Green, T. G. A., Moser, G., Pannewitz, S., Sancho, L. G. & Schroeter, B. (2010): Lichen and moss communities of Botany Bay, Granite Harbour, Ross Sea, Antarctica.- *Antarct. Sci.* 22: 691–702.
- Soechting, U., Ovstedal, D. G. & Sancho, L. G. (2004): The lichens of Hurd Peninsula, Livingston Island, South Shetlands, Antarctica.- *Bibl. Lichenol.* 88: 607–658.

- Soethe, N.* (2000): Mikrobiologische Prozesse während des Frühjahrs in einigen subpolaren Grünland- und Waldböden Nordnorwegens.- Dipl.-Arbeit Inst. Pflanzenernähr. Bodenkd. / IPÖ Univ. Kiel, 1–96.
- Sommerkorn, M.* (1998): Patterns and controls of CO₂ fluxes in wet Tundra types of the Taimyr Peninsula, Siberia: the contribution of soils and mosses.- Diss. IPÖ Univ. Kiel, 1–189.
- Sommerkorn, M., Bölder, M. & Kappen, L.* (1999b): Carbon dioxide fluxes of soils and mosses in wet tundra of Taimyr Peninsula, Siberia: controlling factors and contribution to net system fluxes.- *Polar Res.* 18: 253–260.
- Sommerkorn, M., Gundelwein, A., Pfeiffer, E.-M. & Bölder, M.* (1999a). Carbon dioxide and methane emissions at Arctic tundra sites in North Siberia.- In: H. Kassens, H.A. Bauch, I. Dmitrenko, H. Eicken, H.-W. Hubberten, M. Melles, J. Thiede & L. Timokhov (eds), *Land-Ocean systems in the Siberian Arctic: Dynamics and history.* Springer-Verlag, Berlin, 342–352.
- Stonehouse, B.* (1999): Biological processes in cold regions.- *Polar Rec.* 35: 5–10.
- Taylor, G.* (1913): The western journeys. In: L. Huxley (ed), *Scott's last expedition.* Smith, Elder & Co, London, 182–291.
- Taylor, G.* (1916): *With Scott: the silver lining.*- Dodd. Mead & Co., New York, 1–464.
- Tscherko, D., Bölder, M., Beyer, L., Chen, J., Elster, J., Kandeler, E., Kuhn, D. & Blume, H.-P.* (2003): Biomass and enzyme activity of two soils transects at King George Island, Maritime Antarctic.- *Arct. Antarct. Alp. Res.* 35: 34–47.
- Winkler, J. B.* (2000): Die Rolle der Schneebedeckung für die Kryptogamenvegetation in der Antarktis.- Diss. IPÖ Univ. Kiel, 1–134.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR POLARFORSCHUNG E. V.

Konten: Postbank Hannover, BLZ 250.100.30, Konto-Nr. 1494.306 – Deutsche Bank Hamburg, BLZ 200.700.24, Konto-Nr. 5703459.00

Bank transfer from abroad: Postbank Hannover, IBAN DE15 25010030.0001.4943.06 BIC PBNKDEFF

Deutsche Bank Hamburg, IBAN DE 34 2007.0024.0570.3459.00 BIC DEUTDE33HAN

Vorstand <i>Board of Directors</i>	Eva-Maria Pfeiffer, Hamburg, 1. Vorsitzende, <i>Chair</i> Heidmarie Kassens, Vorsitzende des Wiss. Beirats, <i>Chair of the Scientific Advisory Board</i> Ralf Tiedemann, Bremerhaven, Geschäftsführer, <i>General Secretary</i> Mirko Scheinert, Dresden, Schatzmeister, <i>Treasurer</i>		
Erweiterter Vorstand <i>Extended Board of Directors</i>	Eva-Maria Pfeiffer, Hamburg, 1. Vorsitzende, <i>Chair</i> Heidmarie Kassens, Kiel, Vorsitzende des Wiss. Beirats, <i>Chair of the Scientific Advisory Board</i> Detlef Damaske, Hannover, stellv. Vorsitzender des Wiss. Beirats, <i>Vice Chair of the Scientific Advisory Board</i> Ralf Tiedemann, Bremerhaven, Geschäftsführer, <i>General Secretary</i> Dieter K. Fütterer, Bremerhaven, Schriftleiter, <i>Executive Editor</i>		Angelika Brandt, Hamburg, 2. Vorsitzende, <i>Vice Chair</i> Mirko Scheinert, Dresden, Schatzmeister, <i>Treasurer</i> Michael Spindler, Kiel, Schriftleiter, <i>Executive Editor</i>
Wissenschaftlicher Beirat <i>Scientific Advisory Board</i>	Detlef Damaske, Hannover Günther Heinemann, Trier Enn Kaup, Tallin Birgit Sattler, Innsbruck	Dieter K. Fütterer, Bremerhaven Monika Huch, Adelheidsdorf Cornelia Lüdecke, München Jörn Thiede, Kiel / St. Petersburg	Eberhard Fahrback, Bremerhaven (†) Heidmarie Kassens, Kiel Hans-Ulrich Peter, Jena
Geschäftsstelle / <i>Office</i>	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Postfach 12 01 61, D-27515 Bremerhaven		
Mitgliedschaft <i>Membership</i>	Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt € 30.00 für ordentliche Mitglieder, € 12.50 für Studenten, € 60.00 für korporative Mitglieder. Beitrittserklärungen sind an die Geschäftsstelle zu richten. Die Mitgliedschaft umfasst den Bezug der Zeitschrift <i>Polarforschung</i> . <i>Membership is by calendar year. Dues are: € 30.00 full members, € 12.50 student members, € 60.00 corporate members. Membership forms can be obtained from the website at www.dgp-ev.de. Members receive the journal Polarforschung. Single copies of Polarforschung may be purchased for € 20.00 each.</i>		

POLARFORSCHUNG

Organ der DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR POLARFORSCHUNG E. V.

Journal of the German Society of Polar Research

Schriftleiter / <i>Editors</i>	Dieter K. Fütterer, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Postfach 12 01 61, D-27515 Bremerhaven Michael Spindler, Institut für Polarökologie, Universität Kiel, Wischhofstraße. 1-3, Gebäude 12, D-24148 Kiel		
Redaktionsausschuss <i>Editorial Board</i>	Manfred Bölder, Kiel Reinhard Dietrich, Dresden Rolf Gradinger, Fairbanks Heidmarie Kassens, Kiel Heinz Miller, Bremerhaven Franz Tessensohn, Hannover	Horst Bornemann, Bremerhaven Hajo Eicken, Fairbanks Monika Huch, Adelheidsdorf Enn Kaup, Tallin Hans-Ulrich Peter, Jena Rainer Sieger, Bremerhaven	Jörn Thiede, Kopenhagen / Kiel Detlef Damaske, Hannover Joachim Jacobs, Bergen Cornelia Lüdecke, München Helmut Rott, Innsbruck Dietmar Wagenbach, Heidelberg

Mitteilungen für die Autoren: Die Zeitschrift POLARFORSCHUNG, herausgegeben von der DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR POLARFORSCHUNG E.V. (DGP) und dem ALFRED-WEGENER-INSTITUT FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG (AWI) dient der Publikation von Originalbeiträgen aus allen Bereichen der Polar- und Gletscherforschung in Arktis und Antarktis wie in alpinen Regionen mit polarem Klima. Manuskripte können in englischer (bevorzugt) und deutscher Sprache eingereicht werden und sind zu richten an: Deutsche Gesellschaft für Polarforschung, Schriftleitung Polarforschung, c/o Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Postfach 12 01 61, D-27515 Bremerhaven, E-mail: <Dieter.Fuetterer@awi.de>. Eingesandte Manuskripte werden Fachvertretern zur Begutachtung vorgelegt und gelten erst nach ausdrücklicher Bestätigung durch die Schriftleitung als zur Veröffentlichung angenommen. Für detaillierte Angaben zur Manuskripterstellung siehe die Web-Seite der DGP: <<http://www.dgp-ev.de>>

Erscheinungsweise: POLARFORSCHUNG erscheint ab Jahrgang 2011, Band 81 mit jährlich zwei Heften

Open access: Alle Artikel sind in elektronischer Form im Internet verfügbar <<http://www.polarforschung.de>>. POLARFORSCHUNG ist im Directory of Open Access Journals (DOAJ) <<http://www.doaj.org>> geführt.

Bezugsbedingungen: Für Mitglieder der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung e.V. (DGP) ist der Bezugspreis für die Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten. Für Nichtmitglieder beträgt der Bezugspreis eines Heftes € 20,00; Bezug über den Buchhandel oder über die Geschäftsstelle.

Information for contributors: POLARFORSCHUNG – published by the DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR POLARFORSCHUNG (DGP) and the ALFRED-WEGENER-INSTITUT FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG (AWI) – is a peer-reviewed, multidisciplinary research journal that publishes the results of scientific research related to the Arctic and Antarctic realm, as well as to mountain regions associated with polar climate. The POLARFORSCHUNG editors welcome original papers and scientific review articles from all disciplines of natural as well as from social and historical sciences dealing with polar and subpolar regions. Manuscripts may be submitted in English (preferred) or German. In addition POLARFORSCHUNG publishes Notes (mostly in German), which include book reviews, general commentaries, reports as well as communications broadly associated with DGP issues. Manuscripts and all related correspondence should be sent to: Deutsche Gesellschaft für Polarforschung e.V., Editorial Office POLARFORSCHUNG, c/o Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, PO Box 12 01 61, D-27515 Bremerhaven, e-mail <Dieter.Fuetterer@awi.de>. Manuscripts can be considered as definitely accepted only after written confirmation from the Editor. – For a detailed guidance of authors please visit the DGP web page at: <<http://www.dgp-ev.de>>

Publication: POLARFORSCHUNG will be published effective of volume 81, 2011 two times a year.

Open access: PDF versions of all POLARFORSCHUNG articles are freely available from <<http://www.polarforschung.de>>. POLARFORSCHUNG is listed in the Directory of Open Access Journals (DOAJ) <<http://www.doaj.org>>

Subscription rates: For members of the German Society for Polar Research (DGP), subscription to POLARFORSCHUNG is included in the membership dues. For non-Members the price for a single issue is € 20,00.

