

Tiefseeforschung an der Antarktischen Polarfront

Schwämme am Meeresboden im Südpolarmeer

von Dorte Janussen & Dieter Wolf-Gladrow

Die obere Wasserschicht des Südpolarmeers ist reich an Pflanzennährstoffen wie Nitrat und Phosphat, trotzdem ist die biologische Produktion in großen Teilen des Südozeans relativ gering, denn es mangelt am Spurennährstoff Eisen. Die Tiere am Meeresboden sind auf Nahrung in Form von organischen Partikeln angewiesen, die von oben in die Tiefe absinken. Welche Nahrung und wie viel davon steht den Tiefseeorganismen hier überhaupt zur Verfügung? Welche Tiere – insbesondere welche Schwämme – kommen mit diesen Bedingungen gut zurecht? Darüber sollte eine Polarstern-Expedition Aufschluss geben.

Mit vielen Forschungsfragen im Sinn und einer entsprechenden Ausrüstung an Bord starteten am 7. Januar 2012 zwei Forscherteams von Kapstadt aus mit dem Forschungsschiff „Polarstern“ in Richtung Südpolarmeer. Ein Forscherteam unter der Leitung von Kollegen des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung (AWI) in Bremerhaven sollte auf der Expedition ANT XXVIII/3 bei etwa 50 Grad südlicher Breite physikalische, chemische und biologische Prozesse untersuchen, die mit der sogenannten „biologischen Kohlenstoffpumpe“ in Zusammenhang stehen.

In der lichtdurchfluteten Ozeanoberflächenschicht nehmen Mikroalgen Nährstoffe und gelösten anorganischen Kohlenstoff (in Form von Kohlendioxid, CO_2 , oder als Hydrogencarbonat, HCO_3^-) auf, erzeugen auf dem Weg der Photosynthese organische Verbindungen wie Eiweiße, Fette und Kohlenhydrate und bilden damit die Basis des gesamten Nahrungsnetzes im offenen Ozean. Die Mikroalgen können einzeln oder in Form von Aggregaten absinken oder sie werden von Zooplankton gefressen. Das Zooplankton scheidet Kotballen aus, die ebenfalls absinken können. Die

absinkenden organischen Partikel (Mikroalgen, Kotballen, tote Tiere) werden zum großen Teil bereits in der Wassersäule wieder gefressen oder von Bakterien verarbeitet. Der organisch gebundene Kohlenstoff wird dabei wieder in anorganischen Kohlenstoff zurückverwandelt. In der Tiefe sammelt sich dieser Kohlenstoff an und seine Konzentration ist dort deutlich höher als an der Ozeanoberfläche. Da dieser Kohlenstofftransport gegen den Konzentrationsgradienten des im Wasser gelösten Kohlenstoffs erfolgt, spricht man von einer Pumpe.

Während der Expeditionen durchquerten wir sowohl Regionen, die vom Weltraum aus wie ozeanische Wüsten aussehen und in denen die Chlorophyllkonzentrationen auch nur sehr gering sind, als auch Gebiete mit hoher Produktion, die offensichtlich ausreichend mit Nährstoffen wie Eisen versorgt waren. Die Fänge mit treibenden Sedimentfallen zeigten, dass in diesen produktiven Gebieten ein beachtlicher Fluss organischer Partikel in tiefere Ozeanschichten stattfindet, d.h., die biologische Kohlenstoffpumpe hier aktiv ist.



Abb. 1
Mannschaft der „Polarstern“
beim Einholen des Agassiz-
Trawls, eines Grundschiep-
netzes. Es wurde vor allem
zum Fang großer Meeres-
organismen entwickelt.
Fotos, wenn nicht anders an-
gegeben, von Dorte Janussen.

▼
Abb. 2
Die CTD-Messsonde wird
an einem Draht bis in 4600m
Tiefe hinabgelassen.
Foto: Angelika Brandt



►
Abb. 3
Die Sinkstofffalle wird
an Deck gehievt.
Foto: Dieter Wolf-Gladrow



▼
Tabelle
Geräte zur Beprobung
des Meeresbodens

Das zweite Forschungsteam unter der Leitung von Professorin Dr. Angelika Brandt (Hamburg) untersuchte die Lebewesen am Meeresboden, der sich entlang der Polarfront meist bei etwa 4000m Tiefe befindet. Im Fokus standen drei Untersuchungsgebiete bei etwa 50 Grad Süd

zwischen 10 Grad Ost und 40 Grad West. Zum Einsatz kamen der Multicorer (MUC), der Epibenthos-Schlitten (EBS) und das Agassiz-Trawl (s. Tabelle), mit denen Sedimentproben ausgestochen und kleine und große Tiere vom Ozeanboden aufgesammelt werden.

Wissenschaftliche Bezeichnung	Kurzname	Funktion	Bemerkungen
Agassiz-Trawl	AGT	3,5m breites Trawl mit Schleppnetz (10mm Maschenweite) zum Einsammeln größerer Tiere vom Meeresboden	Ursprünglich ist der AGT-Kasten symmetrisch. Der auf SYSTCO II verwendete Trawl ist jedoch asymmetrisch, er liegt während des Fierens und Schleppens stabil und dreht sich nicht um.
Conductivity-Temperature-Depth recorder	CTD Rosette = Wasserschöpfer	Sensor zur Messung der Temperatur, Tiefe und Leitfähigkeit des Meerwassers	Wird zusammen mit einem Kranz (Rosette) von großen „Flaschen“ zur Entnahme von Wasserproben verwendet.
Epibenthos-Schlitten	EBS	Kasten mit ein oder zwei vorderen Öffnungen, die mit Netzen (500µm Maschenweite) verbunden sind	Die Öffnungen des EBS befinden sich unmittelbar, bzw. ca. 70cm über dem Meeresboden und sammeln die dort lebenden kleineren Tiere ein.
Großkastengreifer	GKG	Metallkasten von ca. 1m Seitenlänge zur Entnahme einer ungestörten Probe des Meeresbodens samt Organismen in situ	Der GKG wird häufig durch Trennwände in mehrere kleinere Oberflächenproben unterteilt.
Multicorer	MUC	Gerät mit einem Ring von Röhren, die in den Meeresboden gerammt werden, zur Gewinnung kurzer Sedimentkerne	

Benthos-Station bei 10 Grad Ost brachte karge Ausbeute

An den ersten beiden Benthos-Stationen bei etwa 52 Grad Süd, 10 Grad Ost und 4000m Tiefe machten wir nur relativ kleine Fänge, die sich aber nach genauerer Untersuchung und Sortierung der Tiere zu unserer Überraschung doch als ziemlich artenreich herausstellten. Vor allem Flohkrebse und die allgegenwärtigen Schlangensterne, aber auch Muscheln, Schnecken, Borstenwürmer und verschiedene Krebstiere waren zu finden. Die Ausbeute an Schwämmen war jedoch mager – wir fanden nur wenige winzige, dafür aber sehr interessante Exemplare.

Benthos-Station bei 12 Grad West: zahlreiche bislang unbekannte Raubschwämme

Wir waren ja nicht zum ersten Mal in diesen Breiten unterwegs. Bei der SYSTCO-I-Expedition im Winter 2007/2008 hatten wir in etwa gleicher geografischer Position keine bedeutenden Benthos-Fänge gemacht. Ähnlich war es auch dieses Mal. Phytoplanktonblüten treten hier zwar auf, die vom Satelliten abgeleiteten Chlorophyllkonzentrationen sind aber meist nicht sehr hoch. Dieses Jahr schien aber ungewöhnlich zu sein. Die Satellitenbilder, die wir täglich per E-Mail vom AWI zugeschickt bekamen, zeigten eine großskalige und sehr intensive Algenblüte in der Umgebung von 12 Grad West und 50 Grad Süd. Eine solche Blüte besteht überwiegend aus Kieselalgen, die Chlorophyll-

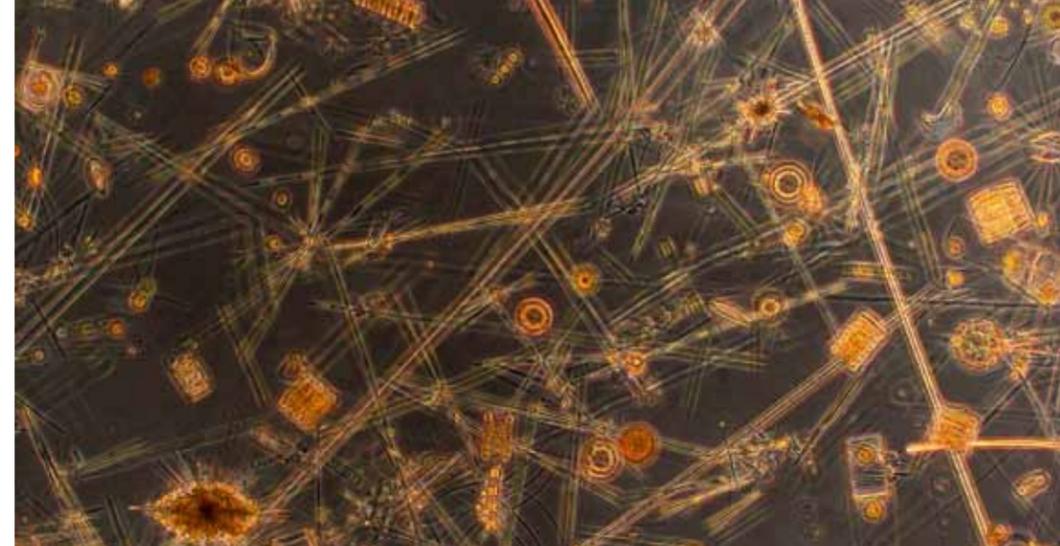
konzentrationen liegen deutlich über zwei Milligramm pro Kubikmeter Wasser und dies, obwohl hier nahe der Polarfront die Konzentrationen von Kieselsäure und gelöstem Eisen gering sind.

In der Tiefsee hingegen fristet die Bodenfauna vielerorts ein regelrechtes Hungerdasein. Unsere ersten Fänge waren entsprechend klein, aber doch recht vielfältig: Fische, Seegurken, Schlangensterne, Mollusken, Borstenwürmer, Seeanemonen und viele Foraminiferen, auch ein kleines Exemplar aus der Familie Raubschwämme (Cladorhizidae). Offensichtlich hatten wir den Schwamm gerade dabei erwischt, als er sich mehrere Krebstiere einverleibte (Abb. 10). Übrigens war mehr als die Hälfte der von uns im Südpolarmeer bisher gesammelten, zum Teil winzigen Raubschwammarten bislang unbekannt bzw. unbeschrieben.

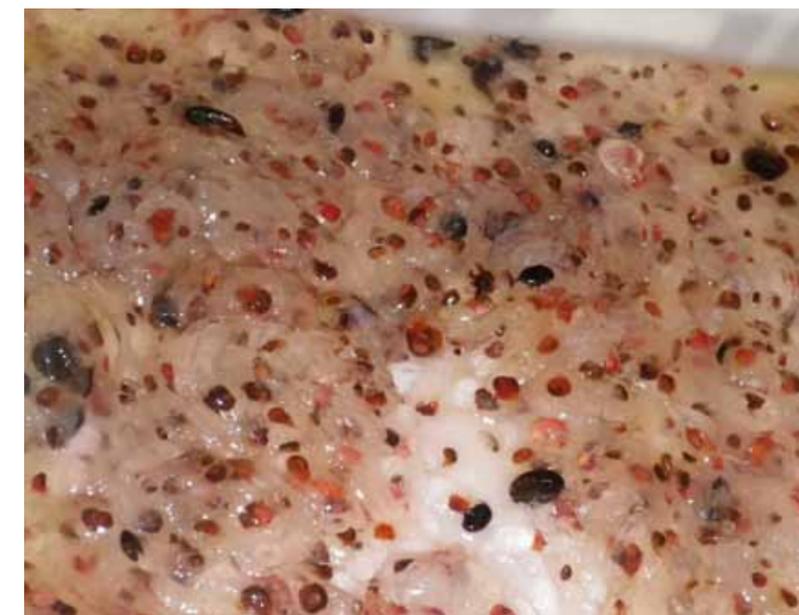
Nährstoffarme Tiefsee – nur Spezialisten kommen hier durch

In verschiedenen Wassertiefen setzten wir Sedimentfallen ein, mit denen wir über ein bis zwei Tage herabsinkendes Material sammelten. Die Fänge zeigen, wie viel von dem reichen Phytoplankton der Oberfläche tatsächlich in die Tiefe gelangt. Schon in nur 300m Tiefe sind sämtliche Algen vom Zooplankton, vor allem von Salpen und Flohkrebse, einfach aufgefressen. Was in größere Tiefen gelangt, sind lediglich die Kotballen dieser Tiere, die zudem noch zahlreichen, im Wasser lebenden Bakterien als Nahrung dienen. Viel Nahr-

►
Abb. 4
Der Epibenthos-Schlitten
kommt bei Sonnenaufgang
zurück an Deck.
Foto: Angelika Brandt



▲
Abb. 9
In der Planktonprobe aus dem Untersuchungsgebiet bei 51°S, 13°W finden sich u. a. *Pseudo-nitzschia*-Arten, *Fragilariopsis kerguelensis* und *Thalassiothrix antarctica*. Foto: C. Klaas



▲
Abb. 5-7
Teil der Ausbeute von Burdwood Bank: noch unsortierter Fang (oben links), mit dem Agassiz-Trawl aus gut 300 m Tiefe heraufgeholt. Er enthielt u. a. *Rossella antarctica* (oben rechts) und *Geodia* sp. (unten links).

Abb. 8
In mehr als 4000 m Tiefe gesammelt: ein stattliches Exemplar des Glasschwamms *Caulophacus discohexactinus*.

haftes bleibt da nicht mehr übrig. Dadurch erklären sich auch die geringen Fänge, die wir mit unseren Spezialgeräten, dem Epibenthos-Schlitten (EBS) und dem Agassiz-Trawl (AGT; s. Tabelle), in ca. 4000 m Tiefe machten.

Beim Sortieren und Bestimmen der Tiere konnten wir jedoch trotz der geringen Zahl gefangener Individuen überraschend viele unterschiedliche Arten bestimmen. Außerdem entdeckten wir ungewöhnliche parasitäre Beziehungen, z. B. eine Schneckenart, die sich vollständig durch die Haut von Seegurken bohrt und sich dann in der Seegurke von der Körperflüssigkeit ernährt. Unter den Schwämmen waren außer einigen Raubschwämmen auch kleine Glasschwämme zu finden. Alles in allem ist dies eine typische Tiefseefauna, wie wir sie aus dem Atlantik kennen. Mit den spektakulären Fängen großer Tiere, die wir während der ANDEEP-I-III- und SYSTCO-I-Expeditionen im antarktischen Weddellmeer gemacht haben (z. B. Brandt et al. 2007, Janussen 2007, Janussen & Tendal 2007, Linse et al. 2007), hat diese Fauna jedoch wenig gemein.

Glasschwamm *Caulophacus discohexactinus* erneut gefangen

Auch durch die Eddy-Station erhielten wir Benthos-Forscher interessante Ergebnisse. Hier brachten die AGT- und MUC-Einsätze (s. Tabelle) interessante, auch größere Tiere vom Meeresboden aus bis zu 4100 m Tiefe in unser Labor: zum Beispiel eine sieben Zentimeter große *Solenogastres*, Vertreterin einer ursprünglichen Gruppe mariner Mollusken, die in der Tiefsee meist sehr klein und recht selten sind. Außerdem gab es den ersten großen Glasschwamm der Expedition, *Caulophacus discohexactinus* (Janussen et al. 2004; Abb. 8). Die Art war bisher nur als einzelnes Fragment aus 1200 m Tiefe des Weddellmeers bekannt und so liefert uns der zweite Fund in 4100 m Tiefe an der Südpolarfront eine wichtige Information zur Verbreitung dieser Tiefseeart.

Die Tiefseestation in der dritten biogeografischen Provinz lag in einem Becken nördlich der Insel Südgeorgien. Diese Lokalität bei 51 Grad Süd und 39 Grad West ist als hochpro-

duktiv bekannt und durch hohe Chlorophyllkonzentrationen gekennzeichnet. Die Planktonfänge enthielten große Mengen der hier besonders häufigen Salpenart *Salpa thompsoni* (Abb. 11). In diesem Gebiet gelangen uns unsere bisher reichhaltigsten Fänge von Tiefseetieren. Der Benthos-Fang in 4150 m Tiefe weist auf eine typisch antarktische Fauna hin, ähnlich jener des tiefen Weddellmeers. Unter den Schwämmen fanden sich typische großwüchsige antarktische Arten der Hornkieselschwämme (Demospongiae) und Glasschwämme (Hexactinellida).

Benthos-Station auf dem patagonischen Schelf: ein Paradies für Schwämme

Die letzte Benthos-Station liegt im Bereich der Antarktischen Polarfront in nur 330 m Tiefe auf einem Plateau in der Nähe der Burdwood Bank. Dass hier Vertreter der antarktischen wie auch der südatlantischen Fauna vorkommen, war uns aus vorangegangenen Expeditionen bekannt: Das AGT-Netz war hier voll mit Tieren, die für den antarktischen

Schelf typisch sind, wie Glasschwämme der Art *Rossella antarctica* (Abb. 6). Andererseits enthielt der Fang auch solche Arten, die vor den Küsten Südchiles gefunden werden, z. B. verschiedene Demospongiae (Hornkieselschwämme), unter anderem die kugelförmige Gattung *Geodia* (Abb. 7).

Schlussfolgerungen

Die wesentlichen Erkenntnisse, die wir während der Expedition ANT XXVIII/3 gewonnen haben, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- 1) Das Südpolarmeer ist nicht durchgängig ein Niedrigproduktionsgebiet mit hohen Nährstoffkonzentrationen. Es gibt Regionen, wie etwa nördlich von Südgeorgien, mit intensiven Algenblüten.
- 2) Ereignisse von hoher Produktivität an der Meeresoberfläche gehen nicht zwangsläufig mit einer reichen Bodenfauna in der darunterliegenden Tiefsee einher, obwohl organische Substanz relativ schnell zum Meeresgrund absinken kann. Eine verhältnismäßig rei-

▲
Abb. 10/11
Der winzige Raubschwamm hat Copopoden (A) und Amphipoden (B) fest im Griff (links).
Foto: Katharina Jörger

Die Salpenart *Salpa thompsoni* (rechts).

Abb. 12
Die „Polarstern“ vor der
Küste Südgeorgiens.



Abb. 15
Großes Kino für die Fahrt-
teilnehmer. Buckelwal in der
Abendsonne.
Foto: Daniel Kersken



Abb. 13/14
Auch die Säugetierfauna –
hier Pelzrobben und
Königspinguine – profitiert
vom blühenden Algen-
wachstum im Meer vor
Südgeorgien.

che Tiefseefauna existiert allerdings nördlich von Südgeorgien (Abb. 9), wo es jedes Jahr intensive Phytoplanktonblüten gibt.
3) Die Benthos-Fauna auf dem patagonischen Schelf ist wesentlich besser als bisher angenommen mit Nahrung aus den darüberliegenden Wasserschichten versorgt und kann damit hohe Biomassen aufbauen. Die Artenzusammensetzung unterscheidet sich deutlich von der Tiefseefauna.

Wie geht es weiter?

Wir haben viel erreicht und kamen mit zahlreichen interessanten Daten und Proben zurück. Wir haben aber auch offene Fragen zurückgelassen. Angeregt durch die bereits auf der Fahrt und im Zuge der Untersuchung und Auswertung der Proben an Land gewonnenen Erkenntnisse haben einzelne FahrtteilnehmerInnen bereits begonnen, neue Pläne zu schmieden, um sich in den nächsten Jahren auf der Polarstern und anderen Forschungsschiffen den offenen Fragen zu widmen.

Derzeit läuft bei Senckenberg ein neues Forschungsprojekt an, dessen Fokus auf den ökologischen Auswirkungen der regionalen Erwärmung an der Antarktischen Halbinsel liegt, die in den Jahren 1995 und 2002 zum Kollaps der Larsen-AB-Eisschelfe führte. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen die Bedeutung dieser Ereignisse für die Diversität der bodenlebenden Fauna, insbesondere für die Schwämme. Als Referenz dienen andere antarktische Schelfgebiete, die weniger bzw. gar nicht von Einschmelzen betroffen sind. In diesem Zusammenhang sind auch Expeditionen in die Schelfregionen des Weddellmeers geplant.

Dank

Dank gilt Angelika Brandt (Universität Hamburg) und dem ANDEEP-SYSTCO-Team für die fruchtbare Zusammenarbeit in der Antarktis- und Tiefseeforschung (dieser Beitrag in *Natur – Forschung – Museum* ist ANDEEP-Publikation Nr. 168). Danke auch an das Team der Ozeanografen und

Die Autoren

Dr. Dorte Janussen leitet seit 2001 die Sektion Marine Evertabraten I am Senckenberg Forschungsinstitut in Frankfurt. 2004 wurde sie Privatdozentin am Fachbereich Biowissenschaften der Goethe-Universität. Ihr Forschungsinteresse gilt insbesondere der Taxonomie, Zoogeografie und Ökologie der Schwämme sowie der Tiefsee- und Polarforschung.



Prof. Dr. Dieter Wolf-Gladrow ist seit 1999 Professor für „Theoretische Marine Ökologie“ an der Universität Bremen. Er leitet die Sektion „Marine Biogeosciences“ am Alfred-Wegener-Institut – Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven. Sein Forschungsinteresse gilt den globalen Stoffkreisläufen, insbesondere der Rolle von Eisen für marine Organismen, und dem Karbonatsystem im Meerwasser.



Kontakt (korr. Autorin): Dr. Dorte Janussen, Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum, Senckenberganlage 25, D-60325 Frankfurt; dorte.janussen@senckenberg.de

Sedimentologen der ANT-XXVIII/3-Expedition für die gute Zusammenarbeit und den inspirierenden wissenschaftlichen Austausch. Dank gebührt ebenfalls Kapitän und Mannschaft der FS Polarstern. Christian Göcke (SGN) danken wir für die

kritische Durchsicht dieses Artikels. Ein weiteres Dankeschön richten wir an die Deutsche Forschungsgemeinschaft für die Förderung unserer Antarktisforschung (JA-1063/14-1,2).

Schriften

Brandt, A., Gooday, A., Brix, S., Brökeland, W., Cedhagen T., Choudhury, M., Cornelius, N., Danis, B., Mesel, I., De Diaz, R., Gillan, D., Hilbig, B., Howe, J., Janussen, D., Kaiser, S., Linse, K., Malyutina, M., Brandao, S., Pawlowski, J., Raupach, M. & Vanreusel, A. (2007): The Southern Ocean deep sea: first insights into biodiversity and biogeography. – *Nature*, 447: 307–311. Janussen, D., Tabachnick K.R. & Tendal O. S. (2004): Deep-sea Hexactinellida (Porifera) of the Weddell Sea. – *Deep-Sea Research*, II, 51 (14–16): 1857–1882. Janussen, D. (2007): Neue Schwämme aus der Antarktis. In: Jäger, P., Königshof, P., Dr. Veit-Köhler, G. & Wenzel, T. (Hrsg.): *Senckenberg 2005/2006: 22–23*. – Gesellschaft für Naturforschung Senckenberg, Frankfurt am Main. Janussen, D. & Tendal, O. S. (2007): Diversity and distribution of Porifera in the bathyal and abyssal Weddell Sea and adjacent areas. – *Deep-Sea Research*, II, 54 (16/17): 1864–1875. Linse, K., Brandt, A., Bohn, J., Danis, B., De Broyer, C., Ebbe, B., Heterier, V., Janussen, D., López González, P.J., Schüller, M., Schwabe, E. & Thomson, M.R.A. (2007): Macro- and megabenthic assemblages in the bathyal and abyssal Weddell Sea (Southern Ocean). – *Deep-Sea Research*, II, 54 (16/17): 1848–1863. The Expedition of the Research Vessel „Polarstern“ to the Antarctic in 2012 (ANT-XXVIII/3), edited by Dieter Wolf-Gladrow with contributions of the participants, *Reports on Polar and Marine Research – Berichte zur Polar- und Meeresforschung*, 661, 190 pp, 2013. <http://hdl.handle.net/10013/epic.41332>, ISSN 1866-3192.