

Die Expedition ANT-XXVIII/3

Wochenberichte

- [16. Januar 2012:](#) Von Kapstadt bis zur Subantarktischen Front
- [23. Januar 2012:](#) Entlang von 10° Ost nach Süden
- [30. Januar 2012:](#) Lebensvielfalt am Ozeanboden in 4000 m Tiefe
- [6. Februar 2012:](#) Inmitten einer großflächigen Kieselalgenblüte
- [13. Februar 2012:](#) CTD-CTD-MSS-CTD ...
- [20. Februar 2012:](#) Bleiben oder weiter fahren? Should we stay or should we go?
- [27. Februar 2012:](#) Südgeorgien
- [6. März 2012:](#) Phytoplanktonblüten und Tiefseefauna nordwestlich von Südgeorgien

Zusammenfassung und Fahrtverlauf

7. Januar 2012 - 11. März 2012, Kapstadt – Punta Arenas

Der Fahrtabschnitt ANT-XXVIII/3 beginnt am 7. Januar 2012 in Kapstadt und endet am 11. März 2012 in Punta Arenas (Chile). Während der Reise werden zwei Forschungsprojekte durchgeführt:

1. „Eddy Pump“, eine interdisziplinäre Untersuchung der physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse, die die Kohlenstoffpumpen im Südlichen Ozean und insbesondere in den zahlreich eingebetteten mesoskaligen Wirbeln antreiben.
2. SYSTCO II (SYSTEM COUpling in the deep Southern Ocean II), eine Untersuchung der (a) Diversität, Verteilung und Häufigkeit von benthischen Tiefseeorganismen und deren Beziehung zur biologischen Produktivität in und zum Export von organischem Material aus der euphotischen Zone, (b) Ökologie der Tiefseefauna und (c) der Erhaltung von DNS in der Wassersäule und in Tiefseesedimenten und das Potenzial von DNS zur Rekonstruktion der eukaryotischen Diversität heute und in der geologischen Vergangenheit.

Die beiden Forschungsprojekte ergänzen sich und daher werden Probennahmen an zahlreichen gemeinsamen Stationen entlang der Fahrtroute stattfinden. Einen Schwerpunkt werden detaillierte Untersuchungen in mehreren mesoskaligen Wirbeln darstellen, die so ausgewählt werden, dass sie verschiedene ozeanographische und biogeochemische/ biogeographische Regime abdecken, insbesondere:

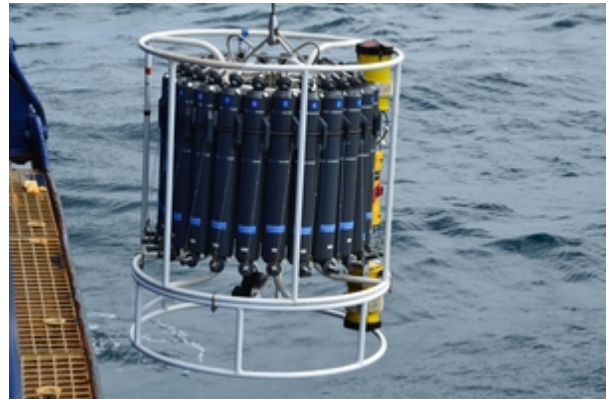
- (1) Die Region mit verstärkter kinetischer Wirbelenergie im Bereich südlich von 50°S bei etwa 30°O, verbunden mit einer südwärtigen Verlagerung der Polarfront am östlichen Ausläufer des Weddellwirbels, die entgegen der erwarteten Eisenzufuhr durch häufigen mesoskaligen Auftrieb vermutlich von der Kieselalge *Fragilariopsis kerguelensis* dominiert wird.
- (2) Den zentralen Antarktischen Zirkumpolarstrom entlang der Polarfront bei 0°O, der durch kurzlebige Phytoplanktonblüten mit wechselnder Dominanz von *Chaetoceros* und *F. kerguelensis* gekennzeichnet ist. Getrieben werden die Blüten vermutlich durch sporadische Eisenzufuhr durch mesoskalige Auftriebsereignisse in Bereichen mit geringer oder mäßiger kinetischer Wirbelenergie.
- (3) Die 'Chaetoceros-Provinz' im 'Kielwasser' von South Georgia und der Antarktischen Halbinsel, die von hohen langfristigen mittleren Chlorophyll-Konzentrationen an der Meeresoberfläche gekennzeichnet ist, vermutlich gefördert von lateraler Eisenzufuhr vom Schelf oder von schmelzenden Eisbergen freigesetztem Eisen. Unterwegs wird zwischen den Hauptuntersuchungsgebieten die übliche hydrographische und biogeochemische Stationsarbeit durchgeführt, insbesondere quer durch die Drake-Passage, die einen starken Süd-Nord Gradienten der kinetischen Wirbelenergie, aber einen insgesamt

sehr niedrigen Chlorophyllgehalt an der Meeresoberfläche aufweist.

ANT-XXVIII/3, Wochenbericht Nr. 1

7. Januar - 14. Januar 2012

Samstag, 7. Januar: Polarstern ist vor zwei Tagen aus der Antarktis zurückgekommen und liegt jetzt im Hafen von Kapstadt. Die Wissenschaftler der vergangenen Expedition haben das Schiff bereits verlassen und befinden sich auf der Rückreise oder sind vielleicht schon wieder zu Hause angekommen. Kapitän Pahl und seine Mannschaft erwarten uns gut vorbereitet für den bevorstehenden Fahrtabschnitt. Polarstern hat einen großen Teil unserer Ausrüstung bereits aus Bremerhaven mitgebracht. Weitere Messinstrumente werden in Kapstadt hinzugeladen. Auch die drei Kisten, die direkt von einer anderen Expedition im Pazifik kommen und lange im Zoll in Manila hängengeblieben waren, sind rechtzeitig angekommen und gut verstaut.



Die CTD-Messsonde wird an einem Draht bis in 4600 m Tiefe hinabgelassen. (© A. Brandt)

Im Laufe des Nachmittags gehen 50 Wissenschaftler aus 12 Ländern an Bord, um gemeinsam neun Wochen im Südlichen Ozean zu forschen: neben einigen Seniorwissenschaftlern, die schon mehrfach in diesem Meeresgebiet mit Polarstern unterwegs waren, sehr viele junge Kolleginnen und Kollegen, die zum Teil Daten für ihre Doktor- oder Masterarbeiten sammeln wollen, zum ersten Mal an einer längeren Seereise teilnehmen und noch gar nicht wissen, ob sie der Seekrankheit entgehen können. Jeder kennt einige der anderen Kollegen, aber keiner kennt alle anderen. Ein spannender Prozess des Kennenlernens beginnt: Das breite Spektrum an Wissen und Erfahrung wird helfen, unsere interdisziplinäre Forschung voranzubringen. Zu den 49 Namen der anderen Wissenschaftler kommen noch die der mehr als 40 Besatzungsmitglieder.

Um 18h verlässt Polarstern pünktlich den Hafen von Kapstadt. Bei relativ ruhiger See werfen wir letzte Blicke auf Land. Wolken wälzen sich über den über 1000 m hohen Tafelberg und fließen ein Stück nach unten, bevor sie sich in der Wärme auflösen. Wir werden viele Wochen kein Land mehr sehen und auch kein anderes Schiff treffen. Außerhalb des schützenden Hafens werden wir mit Böen bis zur Windstärke 8 begrüßt. Unser erster Wegpunkt liegt bei 44° Süd und 10° Ost, d.h. wir fahren in südwestliche Richtung.



Themisto gaudchaudii, etwa 20 mm groß (© E. Pakhomov)

Der Südliche Ozean (SO) umfasst das Meeresgebiet um den antarktischen Kontinent herum bis zu einer Breite von etwa 35 oder sogar 30° Süd. Er zeichnet sich durch eine ganz eigene Dynamik aus. Starke Westwinde treiben den Antarktischen Zirkumpolarstrom (ACC nach der englischen Bezeichnung Antarctic Circumpolar Current) an und führen gleichzeitig zum Aufquellen von nährstoffreichen Wassermassen im südlichen Teil des SO. Der ACC ist mit einem Transport von über 100 Millionen Kubikmetern Wasser pro Sekunde, oder wie Ozeanographen sagen, mit 100 Sverdrup, der stärkste Strom im Weltozean (zum Vergleich: alle Flüsse der Erde transportieren zusammen etwa 1 Sverdrup) und verbindet den Atlantik, den Indischen Ozean und den Pazifik. Der ACC besteht aus wenigen engen Strombändern, die immer wieder Mäander ausbilden und zur Erzeugung von Wirbeln führen, analog zu den Hochs und Tiefs der Atmosphäre, allerdings im Ozean mit Durchmessern von

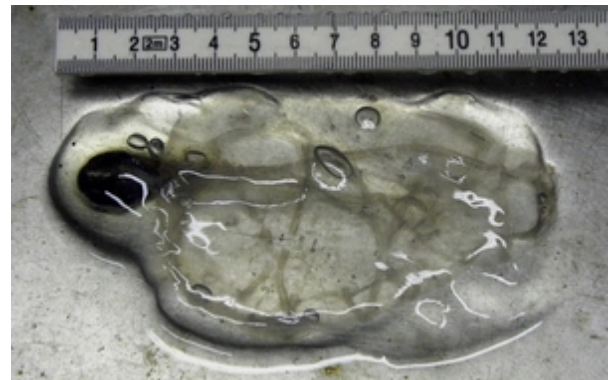
nur 10 bis 300 km.

Der Südliche Ozean spielt durch seine Verbindung der anderen drei großen Ozeane, durch die Bildung von Bodenwasser, die Einbringung von Nährstoffen in die oberflächennahen Schichten und natürlich durch seine Größe eine wesentliche Rolle für die globalen Kreisläufe von Elementen, einschließlich von Kohlenstoff und insbesondere von Kohlendioxid (CO_2), und damit für das Weltklima.

Das Team um Volker Strass untersucht auf der Expedition physikalische, chemische und biologische Prozesse in Wirbeln und an Fronten, die zum Austausch von Kohlendioxid (CO_2) zwischen Atmosphäre und Ozean beitragen und die zum Transport von Kohlenstoff aus dem oberflächennahen Ozean in tiefere Wasserschichten oder sogar bis zum Ozeanboden führen. Dazu muss eine Vielzahl von Parametern wie Temperatur, Salzgehalt, Nährstoff-, Sauerstoff- und Chlorophyllkonzentration u.a. in verschiedenen Wassertiefen gemessen werden. Der Fluss von partikulärem Material in die Tiefe wird mit treibenden Sinkstofffallen, mit Thoriummessungen und mit optischen Verfahren untersucht. Während der Expedition werden gleichartige Untersuchungen in verschiedenen biogeographischen Provinzen durchgeführt.

In einer Wassertiefe von z.T. deutlich über 4000 m leben Tiere, die das herabrieselnde partikuläre organische Material als Nahrungsquelle verwerten und durch vielerlei Wechselwirkungen untereinander ein komplexes Ökosystem bilden. Die Diversität und Ökologie dieser Tiefseelebewesen und der Zusammenhang mit der biologischen Produktion im oberflächennahen Ozean ist der Schwerpunkt der Untersuchung der Arbeitsgruppe um Angelika Brandt, die von Kollegen aus Belgien, Dänemark, der Schweiz und Chile unterstützt wird.

In den ersten Tagen nach Auslaufen und nach Verteilung der Labore beginnt das Auspacken der Mess- und Untersuchungsgeräte und des notwendigen Materials, vom Bleistift über die Filter mit 0,6 mm Porengröße oder den Kanistern, mit denen später Meerwasser vom Wassers schöpfer zu den Filtrationseinheiten transportiert werden wird, bis zu den Mikroskopen und komplexen Analyseaufbauten für die Messung von Spurenstoffen. Wir haben nur wenige Tage Zeit bis zur ersten Station.



Pegea confoederata (© E. Pakhomov)

Bei 44° Süd, 10° Ost wird am 11. Januar um 10h30 die CTD-Messsonde (Foto 1), deren Sensoren wesentliche Eigenschaften des Meerwassers bis zum Meeresboden ermitteln und deren Wassers schöpfer Proben aus der Tiefe an Deck bringen, an einem Draht bis auf 4600 m Tiefe hinabgelassen und mit gefüllten 22 Schöpfern von je 12 Litern wieder an Deck gebracht. Danach folgen die 'Go-Flo' Schöpfer unseres spanischen Eisenteams, der Lichtsensor des AWI, eine weitere CTD, die nur auf 500 m Tiefe gefahren wird, und die In-situ-Pumpen unserer spanischen Kolleginnen für die Messung von Radioisotopen. Während wir auf Station die verschiedenen Messgeräte mit Hilfe von Winden in die Wassersäule hinablassen, nähert sich uns eine Schule von ca. 20 Grindwalen. Sie werden bis zu 6 m lang, gehören zur Untergruppe der Zahnwale und ernähren sich vor allem von Tintenfischen. Die Wale werden begleitet von einem einzelnen kleinen, quäkenden Pinguin. Inzwischen ist es Nacht geworden, die ideale Zeit, um ein großes Netz (das sogenannte RMT) in wenigen hundert Metern Tiefe durchs Wasser zu schleppen: bei unruhiger See gehen Mannschaft und Wissenschaftler an die Grenzen des Möglichen, ohne dabei die Sicherheit zu gefährden. Sie werden durch einen reichen Fang belohnt, der von bis zu gut 20 mm langen Amphipoden mit dem Namen *Themisto gaudichaudii* (Foto 2) dominiert wird. Diese Amphipoden sind eine wichtige Nahrungsquelle für größere Tiere.

Ausgehend von 44° Süd führen wir auf 10° Ost einen Nord-Süd-Schnitt mit CTD-Stationen in regelmäßigen Abständen von 1/3 Breitengrad durch. Neben Temperatur und Salzgehalt bestimmen wir Sauerstoff- und Nährstoffkonzentrationen in verschiedenen Wassertiefen. Bei ganzzahligen Breitengraden werden diese Messungen ergänzt durch Bestimmungen des Lichtfeldes in den oberen 150 m der Wassersäule und durch Fänge mit dem Schleppnetz (RMT).

Inzwischen sind wir bei 48° Süd angekommen. Die Zooplanktonzusammensetzung, die wir mit Hilfe der RMT-Netzfänge bestimmt haben, ist typisch für die subantarktische Frontzone und besteht hauptsächlich aus Pfeilwürmern (Chaetognatha), Flohkrebse (Amphipoda), Krill (Euphausiacea) und Laternenfischen (Myctophidae). Überraschend war dagegen der Fund von

drei sehr großen Salpenarten auf der Station bei 46° Süd, 10° Ost, die etwa 2/3 der Biomasse des gesamten Fangs ausmachten. Die beiden tropischen bzw. subtropischen Salpenarten *Pegea confoederata* (Foto 3) und *Pegea socia* kommen normalerweise nicht südlich der Subtropischen Konvergenz bei 38 bis 42° Süd vor. Warum wir diese Arten jetzt so weit im Süden beobachten konnten bleibt zunächst ein Rätsel. Eine Erklärungsmöglichkeit wäre das Eindringen eines warmen Wirbels.

Der Schnitt bis 52° S wird uns durch unterschiedliche biogeographische Provinzen bis über die Polarfront hinaus bringen und uns helfen, einen geeigneten Ort für die erste 'vollständige' Station mit Untersuchungen in der Wassersäule und am Ozeanboden zu finden. Das Benthologenteam wartet sehnsüchtig auf erste Proben, muss sich aber noch wenige Tage gedulden, da wir aufgrund eines Sturmes und hohem Wellengang die Stationsarbeiten unterbrechen müssen.

Dieter Wolf-Gladrow

ANT-XXVIII/3, Wochenbericht Nr. 2

15. Januar - 21. Januar 2012

Sonntag, 15. Januar: Wir haben den gestrigen Sturm mit Böen bis zu Windstärke 11 ohne Probleme überstanden. Viele jüngere KollegenInnen waren mit mulmigen Gefühlen in den Samstag gegangen. Das Schiff hat trotz der bis zu 8 Meter hohen Wellen aber nur wenig gerollt. Durch die erste Sturmerfahrung haben jetzt auch die Neulinge endgültig Zutrauen zu *Polarstern* gewonnen. Obwohl der Wind bereits am späten Samstag nachließ, konnten wir wegen des länger anhaltenden hohen Seegangs erst in der Nacht zum Sonntag unser Stationsprogramm wieder aufnehmen.

Auf unserem Nord-Süd-Schnitt durchqueren wir auf sehr engem Raum gleich mehrere 'biogeographische Provinzen'. Was versteht man unter diesem Begriff und welche Provinzen sind in unserem Untersuchungsgebiet zu unterscheiden? Um die erste Frage zu beantworten, muss ich etwas weiter ausholen. Schon vor langer Zeit ist versucht worden, die Landbiosphäre zu klassifizieren. Der US-amerikanische Botaniker F.E. Clemens hat im Jahre 1916 den Begriff 'Biom' geprägt. Heute wird Biom als Kurzform von 'Bioformation', d.h. der Gesamtheit von Pflanzen, Tieren, Mikroorganismen einer Ökoregion oder Ökozone, gedeutet. Charakterisiert werden Biome auf Land durch die typische Vegetation; die Tiere und Mikroorganismen gehören einfach dazu. Beispiele für Biome sind tropischen Regenwälder, Savannen oder Tundragebiete. Die geographische Verteilung solcher Biome kann mit Hilfe weniger abiotischer Parameter wie geographischer Breite, Höhe, jährlicher Niederschlagsmenge und Bodenbeschaffenheit relativ gut 'vorhergesagt' werden und macht den Biombegriff damit so interessant für Klima- und Erdsystemmodellierer, die z.B. versuchen den globalen Kohlenstoffkreislauf in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft zu simulieren. Die Klassifizierung nur über die Vegetation und die Vorhersagbarkeit der Biomverteilung mit nur wenigen Parametern stößt natürlich auch an Grenzen. So wird der Einfluss der Organismen, sowohl der Megafauna als auch der Mikroorganismen, auf die Struktur der Biome noch unterschätzt; auch die Niederschlagsmengen hängen z.T. selbst von der Vegetation ab, besonders wenn Biome erhebliche Teile von Kontinenten bedecken.

Die Einteilung der Ozeane in ökologische Zonen und biogeochemische Provinzen erfolgte erst 1995 durch Alan Longhurst. Ein Grund für diese späte Klassifizierung im Meer war sicherlich der Mangel an Daten. Erst die Beobachtung der Ozeanfarbe von Satelliten aus, wie z.B. durch den Coastal Zone Color Sensor (CZCS) an Bord von Nimbus 7 zwischen 1978 und 1986, lieferte die Daten für die weltumspannenden Abschätzung der Chlorophyllkonzentration im Oberflächenwasser und deren zeitliche Veränderung im Laufe der Jahreszeiten. Zusammen mit anderen Größen wie der Deckschichttiefe oder den Konzentrationen von Nährstoffen (Nitrat, Phosphat) dienten diese Daten zur Einteilung des Oberflächenozeans in rund fünfzig biogeochemische Provinzen, die später auch als biogeographische oder Longhurst-Provinzen bezeichnet wurden. Im Südlichen Ozean sind das nach Longhurst (1998) drei zirkumpolare Gebiete (*Oceanus australis divis est in partes tres.*): 1. Die südliche subtropische Konvergenzprovinz, die im Norden durch die subtropischen Beckenwirbel begrenzt wird und nach Süden bis zum nördlichsten Stromband des Antarktischen Zirkumpolarstroms reicht (je nach geographischer Länge im Bereich 35°S-45°S). 2. Der Subantarktische Wasserring zwischen subantarktischer Konvergenz und Polarfront (40°S-55°S). 3. Die antarktische Provinz südlich der Polarfront (50°S-65°S). Diese drei Provinzen unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht: Temperatur, Salzgehalt, Nährstoffkonzentrationen, biologischer Produktion, Artenzusammensetzung und Menge des Planktons.

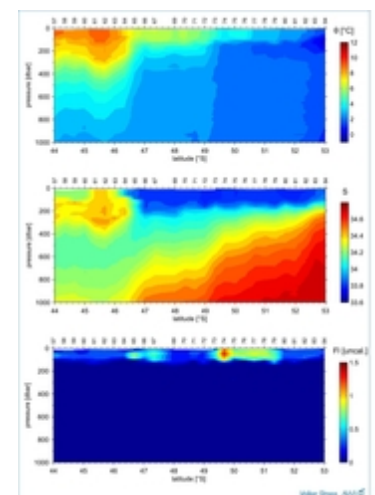


Abb. 1: Vertikalverteilung (1 dbar \approx 1 m) von Temperatur (oben), Salzgehalt (Mitte) und Fluoreszenz (als Maß für Chlorophyllkonzentration, unten) entlang von 10°O zwischen 44 und 53°S. (© V. Strass)

Auf unserem Schnitt entlang von 10°O beproben wir alle diese biogeographischen Provinzen. Ziel unseres wissenschaftlichen Programmes ist es, die Strukturierung des Ökosystems des Südozeans durch die physikalisch-ozeanographischen

Bedingungen in einem landfernen Abschnitt des Antarktischen Zirkumpolarstroms (ACC) zu untersuchen. Dazu werden sogenannten hydrographischen Stationen abgearbeitet, auf denen verschiedene Messgeräte zum Einsatz kommen. Neben der CTD mit dem Kranzwasserschöpfer sind das auch spezielle Schöpfer zur Probennahme von Spurenstoffen wie gelöstem Eisen, Lichtmessgeräte und diverse Planktonnetze. Durch Zusammensetzen der Messwerte von den einzelnen Stationen ergibt sich dann ein sogenannter Schnitt. Aus solch einem zweidimensionalen Bild lässt sich sehr schön ablesen, wie zwischen Meeresoberfläche und -boden über den ACC hinweg Temperatur und Salzgehalt (Abb. 1), das Chlorophyll, die Eindringtiefe des Sonnenlichtes, die Konzentrationen von Pflanzennährsalzen, Sauerstoff und Kohlendioxid, verschiedene durch menschliche Aktivitäten in die Atmosphäre entlassenen Spurengase, in Partikeln gebundener Kohlenstoff, das Phytoplankton und das Zooplankton sowie deren Artenzusammensetzungen sich verändern. Die stärksten Änderungen werden an sogenannten Fronten beobachtet, an denen unterschiedliche Wassermassen zusammentreffen. Die wesentlichsten Fronten im ACC sind – von Norden nach Süden fortschreitend - die Subantarktisfront, die Antarktische Polarfront und die Südliche Polarfront. Da sich an diesen Fronten mit Temperatur und Salzgehalt auch die Dichte ändert, sind sie mit starken Strömungen verbunden. Der Zirkumpolarstrom setzt sich deshalb aus verschiedenen separaten Strombädern zusammen, die jeweils etwa 50 km weit sind und 200 – 300 km auseinander liegen.



Abb. 2: Die Seegurke *Scotoplanes globosa* (Holothuroidea) wurde bereits während der Challenger-Expedition (1873-1876) entdeckt. (Foto: A. Brandt)

Nördlich der Subantarktisfront durchquerten wir eine subtropische Antizyklone (das ozeanische Pendant zu einem atmosphärischen Hochdruckgebiet), mit der subtropisches Zooplankton nach Süden verfrachtet worden war. Diese Strukturen sind im Ozean mit typischerweise 100 km Durchmesser aber deutlich kleiner als die in der Atmosphäre mit Ausdehnungen über 1000 km und werden als mesoskalische Wirbel oder - englisch - Eddies bezeichnet. Die höchste Phytoplanktonkonzentration und Seevögel in größten Scharen - vor allem Walvögel (*Pachyptila* aus der Familie der Sturmvögel (Procellariidae)) - beobachteten wir direkt an der Antarktischen Polarfront. Über die Südliche Polarfront hinweg nehmen die Nährsalzkonzentrationen noch einmal deutlich zu. Verursacht ist dies durch das Aufquellen von Tiefenwasser in der südlich angrenzenden antarktischen Divergenz. Trotz dieser hohen Nährsalzkonzentration an

der Oberfläche - die Nitratwerte hier sind weltweit die höchsten im offenen Ozean – waren die Phytoplanktonkonzentrationen sehr niedrig. Dieses bereits vor 80 Jahren erwähnte `antarktische Paradoxon` ist höchstwahrscheinlich verursacht durch Eisenmangel. Wären die Eisenkonzentration nicht so verschwindend gering, würde das pflanzliche Plankton sehr viel besser wachsen und mehr Kohlendioxid aufnehmen. Auch deswegen haben der Südozean und die in ihm ablaufenden physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse starken Einfluss auf das globale Klima.

Bei 52°S haben wir die Tierwelt am Ozeanboden in rund 4000 m Tiefe mit dem Multicorer (MUC, liebevoll der `kleine Muck` genannt), dem Epibenthos-Schlitten und dem Agassiz-Schleppnetz untersucht. Von Millimeter großen Kammerlingen (Foraminiferen) und räuberischen Schwämmen bis zu Dezimeter großen Seegurken (Abb. 2) und Fischen wird eine große Vielfalt von Organismen an Deck befördert. Diese Untersuchungen werden im Mittelpunkt des 3. Wochenberichtes stehen, da die Sortierarbeiten noch in vollem Gange sind.

Aus dem globalen Blickwinkel, basierend auf den 1995 verfügbaren Daten und der Berücksichtigung vor allem von physikalischen Parametern, mag die Aufteilung des Südlichen Ozeans in drei Provinzen damals angemessen gewesen sein. Eine alternative biogeographische Klassifizierung (Global Open Ocean and Deep Seabed (GOODS) biogeographic classification, Vierros et al., 2009) weist unter dem Aspekt der Erhaltung der Biodiversität nur 30 Provinzen für das Pelagial (Wassersäule im offenen Ozean) aus und kennt auch nur drei Provinzen im Südlichen Ozean. Zwei Jahrzehnte nach der ersten Einteilung durch Longhurst, mit wesentlich mehr Beobachtungen, u.a. auch durch zahlreiche Polarsternexpeditionen, muss diese grobe Einteilung aus Sicht der Biogeochemie verfeinert werden. So zeigen sowohl Zooplanktondaten als auch die Zusammensetzung von Oberflächensedimenten vom Ozeanboden in mehreren tausend Metern Tiefe, dass sich die biogeochemischen Prozesse in ein und derselben Longhurst-Provinz im westlichen Südatlantik - im Lee der Antarktischen Halbinsel und von Südgeorgien - deutlich von denen in unserem jetzigen Untersuchungsgebiet im östlichen Südatlantik unterscheiden. Es müssen also mehr als drei biogeographische Provinzen definiert werden – und wir machen uns auf, um die `neuen` Provinzen zu untersuchen: Auf nach Westen! Unsere nächste Station wird bei 52°S 8°W stattfinden.

ANT-XXVIII/3, Wochenbericht Nr. 3

22. Januar - 28. Januar 2012



Abb. 1: Sedimentoberfläche aus 4000 m Tiefe mit MUC an Deck befördert. (Foto: K. Jörger)

Sonntag, 22. Januar 2012. Bei 53°S, 10°O arbeiten wir weiter an der bereits Samstagmorgen begonnenen Station. Es kommen alle Instrumente zum Einsatz: CTD, Lichtsensor, Go-Flo, RM-Schleppnetz, Bongonetz, der kleine MUC, Epibenthoschlitten und das Agassiz-Schleppnetz. Wir beenden den 10°O-Schnitt, da wir wie erwartet bei 53°S auch die dritte der hier eng bei einander liegenden Fronten (siehe 2. Wochenbericht) überschritten haben und wenden uns nach Westen.

Satellitenaufnahmen der Ozeanfarbe deuten auf extrem geringe Chlorophyll- und damit Phytoplanktonkonzentrationen auf einer großen Fläche im Bereich zwischen dem Greenwich-Meridian (0°W) und 10°W im Breitenbereich von 55°S bis 48°S hin. Unser nächster Wegpunkt bei 52°S, 8°W liegt innerhalb dieses Gebietes. Wir möchten

herausfinden wie der auffallend starke Kontrast zu dem auf gleicher Breite chlorophyllreichen Gebiet westlich von 10°W erklärbar ist.

Doch zunächst ein Rückblick auf die benthologischen Arbeiten auf dem 10°O-Schnitt. Die Diversität und Ökologie der Meeresbodenorganismen steht in einem engen Kopplungszusammenhang mit der biologischen Produktion in der oberflächennahen Schicht der Ozeane. Die Benthosbiologen (Meeresbodenforscher) versuchen daher zu analysieren wie Organismen in der Tiefsee, z.B. in 4000 m Tiefe leben, was sie fressen, bzw. wie sie das sedimentierende partikuläre organische Material als Nahrungsquelle verwerten.

Um alle Größenklassen von Organismen zu beproben, werden von den Forschern unterschiedliche Geräte eingesetzt. Der kleine Multicorer (MUC) wird benötigt, um die kleinsten Organismen, die Meiofauna ≤ 1 mm, zu beproben, um biogeochemische Parameter zu messen und um eine möglichst ungestörte Oberfläche des Sedimentes (Abb. 1) und die an der Oberfläche lebenden Organismen zu erhalten. Dieses Greifersystem besteht aus 12 Probenahme-Zylindern mit einem Durchmesser von je 63 mm. Die Makrofauna (≥ 1 mm bis mehrere cm) wird mit dem Epibenthoschlitten (EBS, Abb. 2) effizient gefangen, ein Gerät, das über 2 Probennetze verfügt, welche an ihrem Ende einen Netzbecher von 300 μ m Maschenweite und ein Netz von 500 μ m Maschenweite tragen. Dies damit gefangene Tiermaterial ist von hervorragender Qualität für spätere systematische und evolutionsbiologische Untersuchungen und Vergleiche. Es dient den Wissenschaftlern aber auch gleichermaßen, um Organismen für genetische oder biochemische Untersuchungen zu ihrer Ernährungsbiologie zu isolieren und zu gefrieren oder in vorgekühltem Ethanol zu konservieren.



Abb. 2: Der Epibenthoschlitten kommt bei Sonnenaufgang an Deck zurück. (Foto: A. Brandt)

Das Agassiz-Trawl (AGT) ist eine große Dredge, mit der die Megafauna (Tiere von einer Größe, die man auf Unterwasserfotos erkennen kann) oder auch Steine für geologische Analysen gesammelt werden. Um mit dem AGT auch kleinere Organismen in der Tiefsee zu erbeuten, haben die Tiefseeforscher das grobe Netz mit einem feinmaschigen Innennetz von 500 μ m (alle an Bord nennen es die Unterhose) ausgekleidet und gelangen so nicht nur an die großen Tiere, sondern auch die kleinere Fraktion. Im Gegensatz zum MUC müssen bei den geschleppten Geräten die 1,5-fache Kabellänge zur Wassertiefe an Tiefseedraht ausgesteckt werden, das bedeutet, dass in 4000 m Tiefe das Gerät an 6000 m Kabel hinter dem Schiff auf dem Tiefseeboden hergeschleppt wird. Für die geschleppten Geräte verholen wir vor die Position, an der der MUC eingesetzt wurde, um über diese Position schleppen zu können und alle Geräte an mehr oder weniger der gleichen Stelle einzusetzen.



Abb. 3: Dieser kleine durchsichtige Spritzwurm (Sipunculida) aus dem Agassiztrawl misst ca. 5 cm. (Foto: A. Brandt)

Mit dem großen MUC erlebten wir mehrmals Misserfolge: Das Gerät kam leer oder maximal mit zwei gefüllten Zylindern zurück an Bord. Darauf setzten wir den kleinen MUC ein: Alle Rohre kamen gut mit Sediment gefüllt zurück. Die Anspannung löste sich durch ein Lächeln; Erleichterung machte sich breit. Nun funktionieren alle Geräte perfekt und wir bekommen einen wunderbaren Querschnitt durch die Vielfalt der Benthosorganismen (Abb. 3 und 4). In der Meiofauna besonders häufig sind die einzelligen Foraminiferen und ihre Verwandten Komokiacea, kleine verzweigt wachsende Organismen, die wie kleine „Pflanzenbüschel“ aussehen. Nematoda (Fadenwürmer) und Harpacticoida (Ruderfußkrebse) sind in den MUC-Proben die

dominanten mehrzelligen Taxa, hin und wieder ist auch einmal ein Polychaet (Meeresborstenwurm) oder ein Isopode (Meeresassel) zu finden. In den EBS-Proben dominieren klar die Polychaeten und peracariden Krebse (Ranzenkrebse), das sind Brutpflege betreibende Flohkrebse, Asseln oder Schlickkrebse, die ihren Namen von dem auf der Bauchseite befindlichen Brutbeutel, dem Marsupium, tragen. Weichtiere, wie Muscheln oder Schnecken sind oft in den EBS-Proben zu finden, waren aber auf dem ersten Schnitt bei 10°O relativ selten. Das Highlight in den EBS-Proben waren bisher zwei Raubschwämme der Familie Cladorhizidae, von denen einer gerade einen Ruderfußkreb und einen Flohkreb aufgespießt hatte. Im Gegensatz zu der an diesem Transekt vorkommenden reichhaltigeren Meiofauna, scheint die Makrofauna in der flüssigen, bodennahen Schicht, in der sich organisches Material angereichert hat, nicht gut leben zu können, denn drei Einsätze des EBS zeigen, dass die Makrofauna eher verarmt ist. Auch die Megafauna ist an allen drei Stationen sehr artenarm. Besonders auffällig sind vor allem verschiedene Arten großer Holothurien (Seegurken), u.a. *Scotoplanes globosa*, die „Seeschweine“, welche bereits während der *H.M.S. Challenger* Expedition bekannt wurden, Ophiuriden (Schlangensterne), eine gestielte Seefeder (Pennatularia), die sich von der im Weddellmeer häufigen *Umbellula*-Art unterscheidet und die bereits oben erwähnten Ranzenkrebse, die das AGT in seiner „Unterhose“ an Deck bringt.

Interessant ist auch, dass sich deutlich zeigt, wie Wassersäule und Meeresboden gekoppelt sind. Dort, wo die Planktologen reichhaltige Fänge mit ihrem RMT (Rectangular Midwater Trawl) erbeuten und die Netze voll von Salpen, Flohkrebsen und Medusen sind, dort finden wir eine sehr arme Meeresbodenfauna, den Benthosorganismen bleibt dort außer den Kotballen der Zooplankter nicht viel Nahrung übrig, denn die wird durch die Planktonorganismen bereits in der Wassersäule konsumiert. Dieses (Ent-)Kopplungsphänomen tritt besonders stark auf der Station bei 52°S und 8°O zutage. In den Netzen finden wir Unmengen Zooplankton - insbesondere Salpen -, am Boden eine „Wüste“ mit ein paar vereinzelt Bewohnern. Vom Weltall aus (Satellitenaufnahmen) sieht diese Region blau und arm an Phytoplankton aus, kein Wunder, denn dieses wurde von den unglaublichen Dichten an Salpen der Art *Salpa thompsoni* konsumiert. Die Station liegt ohne Zweifel in „Salpastan“. Die Benthosforscher hoffen nun auf die nächste Station bei 52°S, 12°W, dort zeigen die Satellitenbilder eine satte Planktonblüte. Bedeutet dies vielleicht, dass dort keine Salpen sind und den Meeresbodenorganismen der „Tisch reich gedeckt ist“? Wir sind sehr gespannt auf diese Station und auf die Ergebnisse, die der Geräteeinsatz durch die Wassersäule bis zum Boden ergeben wird.

Wir können unsere Stationsarbeiten bei 52°S, 8°W wie geplant kurz nach Mittag beenden. Am Freitagnachmittag verschlechtert sich das Wetter wie erwartet sehr schnell. Die Windstärke steigt auf 8 bis 9, in Spitzen sogar 10 Beaufort an. Der Seegang beträgt um 15h bereits gut 4 Meter und wird in wenigen Stunden auf über 6 Meter ansteigen. *Polarstern* stampft dem nächsten Wegpunkt bei 52°S, 12°W entgegen, ohne dabei all zu sehr zu rollen.

Dieter Wolf-Gladrow



Abb. 4: Zusammenstellung von Benthosorganismen, die mit MUC, EBS und AGT gesammelt werden. Zu sehen sind Komokiacea, Foraminifera, Porifera (Cladorhizidae), Nematoda, Isopoda, Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta und Holothuroidea. (Foto: A. Brandt)

ANT-XXVIII/3, Wochenbericht Nr. 4

29. Januar - 4. Februar 2012



Abb. 1: Ein Planktologe (Evgeny Pakhomov, links) diskutiert mit einem Benthologen (Tomas Cedhagen, rechts) über Salpen (Mitte; die Wanne enthält etwa 40 Liter Wasser voll mit Salpen, die mit nur einem Schleppnetz (RMT) gefangen wurden). (Foto: B. Hunt)

Kurz nachdem wir die Station bei 52°S, 8°W (‘Salpastan’) beendet hatten, verschlechterte sich das Wetter zusehends. Wir fuhren zum nächsten Wegpunkt bei 52°S, 9°W, um dort eine Sedimentfalle auszulegen, u.a. weil wir wissen wollten, wie viel und welche Art von Partikeln aus der Deckschicht heraus in tiefere Wasserschichten hinabrieseln. In erster Linie dachten wir dabei an Kotballen von Salpen (Abb. 1). Aber wie viele würden sie in dieser chlorophyllarmen Region produzieren und würden die Kotballen wirklich absinken oder schon in den oberen Wasserschichten von anderen Organismen weiterverarbeitet werden?

Bei 9°W angekommen, mussten wir alle Hoffnungen auf die Aussetzung der Sedimentfalle aufgeben. Wellengang und Wind machten das Ausbringen von Geräten auf dem Arbeitsdeck unmöglich. Hier waren sich Kapitän und Fahrleiter wieder einmal einig. Schweren Herzens entschloss ich mich, Salpastan adé zu sagen, wenn nicht für immer, so doch für diese Expedition, den geplanten Schnitt entlang 52°S aufzugeben und während des Sturms mit angemessener Geschwindigkeit direkt auf die Station bei 52°S, 12°W im Gebiet mit hohen Chlorophyllkonzentrationen zu zusteuern. So konnten wir die Zeit während des Sturms sinnvoll nutzen und bei besseren Wetterbedingungen

sofort mit einer Vergleichstation zu der Salpastan-Station beginnen.

Ich haderte immer noch mit meiner Entscheidung, als das Chlorophyllteam mit den neuesten Werten zu mir kam. Wir nehmen stündlich Wasserproben aus dem Brunnenschacht und messen die ‘Unterwegs’-Chlorophyllkonzentration. Die neuesten Werte zeigten, dass wir Glück im Unglück gehabt hatten: Die Chlorophyllkonzentrationen waren überraschenderweise bei 9°W bereits auf über 1,5 Milligramm pro Kubikmeter angestiegen (Abb. 2), d.h. wir hatten die Grenze zum chlorophyllreichen Gebiet schon überschritten und hätten aus den Sedimentfallendaten nichts mehr über Salpastan lernen können. Wie immer müssen wir die Karten der Ozeanfarbe, die aus Satellitenbeobachtungen abgeleitet sind, mit Vorsicht interpretieren: Das Bild basiert auf den Beobachtungen über eine Woche hinweg und enthält wegen der häufigen Bewölkung große Lücken.

Sonntag, 29. Januar 2012. Als ich morgens auf die Brücke komme, sind zwei Eisberge in Sichtweite. In nur 3 Meilen Abstand schwimmt ein Berg mit etwa 180 Meter Breite und 55 Meter Höhe über der Meeresoberfläche. Die ersten beiden Eisberge auf unserer Expedition stellen eine willkommene touristische Attraktion, vor allem für unsere jüngeren KollegenInnen, dar. Früh um 6h nehmen wir die Stationsarbeiten wieder auf. Neben CTD, Go-Flo, Licht- und Fluoreszenzsensor sowie Multinetz kommt die Mikrostruktursonde zum Einsatz, mit der wir die Mischungsprozesse (Turbulenz) in den oberen 300 Metern des Ozeans untersuchen. Das Fallenteam setzt zusammen mit dem Ersten Offizier, mehreren Matrosen und einer aus dem Benthosteams rekrutierten Assistentin die Sedimentfalle aus. Eigentlich ist eher die Mehrzahl angebracht, denn die Falle besteht aus 2 mal 4 oben offenen durchsichtigen Zylindern, die an einem Seil in 300 Meter bzw. 100 Meter Tiefe hinabgelassen werden (Abb. 3). Am oberen Seilende sorgen Auftriebskugeln dafür, dass Seil und Fallen schwimmen. Vervollständigt wird die Konstruktionen durch einen weiteren Auftriebskörper, der einen Sender trägt, der regelmäßig seine Position an einen

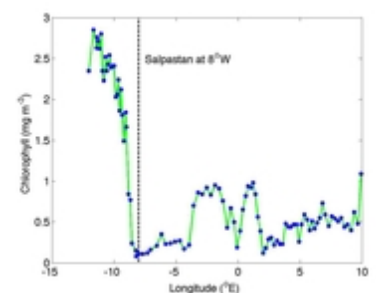


Abb. 2: Chlorophyllkonzentration auf dem Weg von 53°S, 10°E über Salpastan (52°S, 8°W) nach 52°S, 12°W (blaue Sternchen = Messwerte; die grüne Linie dient nur der Führung der Augen). (© D. Wolf-Gladrow)

Satelliten sendet, und ein Blinklicht, um Sender und Auftriebskörper nachts nicht zufällig zu überfahren und um die Falle nach ein oder zwei Tagen wieder zu finden. Der Satellit sendet alle 10 Minuten die Fallenposition zur *Polarstern*, so dass wir die Falle leicht wiederfinden können. Als uns ein Windenproblem zwingt die 'Wasserspiele' zu unterbrechen, nutzen wir die Zeit, um die beiden Eisberge in der Dunkelheit in sicherem Abstand (2 Kabel oder etwa 370 Meter, auf Anordnung des Kapitäns) zu umrunden. Die Umrundungen dienen in erster Linie wissenschaftlichen Untersuchungen, aber wir können so auch eindrucksvolle Blicke auf beide Eisberge im Scheinwerferlicht von *Polarstern* und bei leichtem Schneefall genießen. Wir suchen mit Hilfe des 'Fast Rate Repetition Fluorometers' (FRRF) nach Hinweisen auf Eiseneinträge durch abschmelzende Eisberge. Erhöhte Werte der Algenfluoreszenz (genauer F_v/F_m) bei Nacht würden auf bessere Eisenzufuhr für Kieselalgen hinweisen. Starke Schmelzraten sollten zu Veränderungen des Salzgehaltes und der Temperatur im Wasser nahe der Eisberge führen. Zudem fahren wir ein Bongonetz an einem der Eisberge. Die kontinuierlichen Temperatur- und Salzgehaltsmessungen geben keinen Hinweis auf ein starkes Abschmelzen der Eisberge, die F_v/F_m -Werte sind nicht ungewöhnlich hoch und auch der Fang des Bongonetzes lässt keine Auffälligkeiten erkennen. Dies ist in Übereinstimmung mit unseren Beobachtungen während des ganzen Tages: Beide Berge werfen nur wenig Eis in Form von bis zu einigen Metern großen Brocken ab (sogenannte 'growler'), die von Wind und Wellen getrieben sich schnell entfernen und in kurzer Zeit abschmelzen werden, ohne ein wirklich messbares Signal zu hinterlassen.

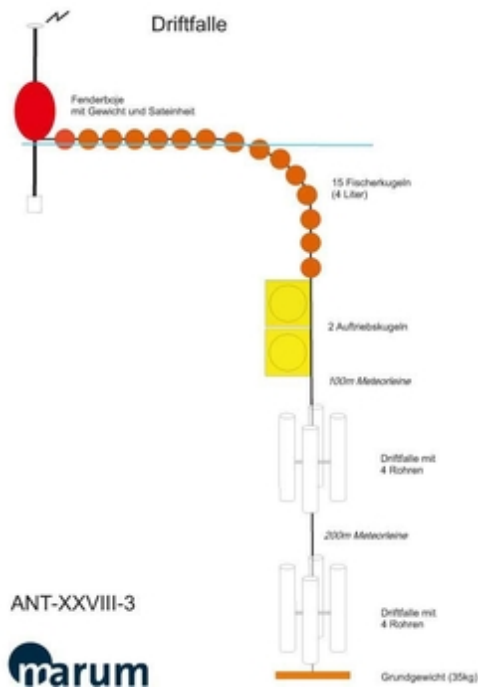


Abb. 3: Schema der Sedimentfalle mit 2 mal 4 Zylindern. (© M. Iversen)

Die Windenprobleme haben nicht nur dem Bordelektroniker und seine Kollegen Kopfschmerzen bereitet, sondern auch die Nerven insbesondere der Benthologen angespannt. Aber natürlich können wir uns auf das *Polarstern*-Team verlassen. Es wird eine Lösung gefunden, die Stationsarbeiten können weitergehen, die Gesichter hellen sich wieder auf. Spontane Umarmungen lassen die Sorgen der letzten Stunden erkennen und verfliegen. Die Station bei 52°S, 12°W im Gebiet mit hohen Chlorophyllwerten wird zur zweiten vollen Benthosstation ausgebaut. Die Analyse der zahlreichen Proben ist in vollem Gange. Daher werden wir über die Ergebnisse erst später berichten können.

Die Planktologen sind überrascht und fasziniert von der Phytoplanktonblüte, in der wir uns befinden. Nicht nur die hohen Chlorophyllkonzentrationen von bis zu 3,5 Milligramm pro Kubikmeter sondern vor allem die Phytoplanktonzusammensetzung (Abb. 4) ist ungewöhnlich. Die Blüte wird dominiert durch *Pseudo-nitzschia*-Arten: Sie sind die einzige Gruppe von Kieselalgen, die dafür bekannt sind, dass sie das Nervengift Domoinsäure ('domoic acid') produzieren können. Domoinsäure kann sich in der Nahrungskette, insbesondere in Muscheln, anreichern und zu z.T. tödlichen Vergiftungen bei Menschen und Tieren führen. 1987 erkrankten über 100 Menschen nach dem Verzehr von Muscheln von Prince Edward Island in Canada, 3 Patienten starben. Für die Domoinsäureproduktion wurde eine

Blüte der Art *Pseudo-nitzschia multiseriata* verantwortlich gemacht. Allerdings sind in der Kette von *Pseudo-nitzschia*-Blüten bis zu tödlichen Vergiftungen noch zahlreiche Fragen offen.

Welche Arten und Unterarten von *Pseudo-nitzschia* produzieren überhaupt Domoinsäure? Unter welchen Bedingungen und wie viel? Wie erfolgt die Anreicherung im Nahrungsnetz? Wie wird das Gift durch den Menschen aufgenommen? Diese faszinierende Substanz wird noch interessanter, wenn man der Vermutung folgt, dass Domoinsäure Eisen binden kann und dadurch evtl. die biologische Eisenverfügbarkeit erhöhen könnte. Die mögliche – wenn auch bisher nie beobachtete - Erzeugung von toxischen Algenblüten durch künstliche Eisendüngung von Gebieten mit hohen Nährstoffen wie z.B. dem Südpolarmeer wird von Kritikern als ein schwerwichtiges Argument gegen die Anwendung dieser Geoengineeringmethode benutzt. Wir sammeln Phytoplanktonproben zur Bestimmung der Domoinsäurekonzentration in einer natürlichen Algenblüte und sind gespannt darauf, wie viel von diesem Nervengift hier zu finden ist und, falls in größeren Mengen vorhanden, ob es Auswirkungen auf die Tiere in diesen Gewässern nach sich zieht.

Während der langen Benthosbeprobung sind die Ozeanographen und Planktologen immer nervöser geworden. Sie möchten die weitere Entwicklung der Blüte im Detail studieren und fragen sich, wie lange sie noch stabil sein wird. Die Position 52°S, 12°W ist wegen der hohen Strömungsgeschwindigkeit kein guter Ort für eine Zeitserienstation. Wir lassen uns von Karten der

Meeresoberflächenauslenkungsanomalien und den daraus abgeleiteten (geostrophischen) Meeresströmungsgeschwindigkeiten leiten und erkunden das `Quadrat` zwischen 50 und 52°S und 12 und 14°W, um ein Gebiet mit geringer Strömungsgeschwindigkeit, idealer Weise das Zentrum eines mesoskaligen Wirbels zu finden.

Unser wichtigstes Instrument dafür ist der im Schiffsrumpf eingebaute Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), mit dem wir die Strömungsgeschwindigkeiten in verschiedenen Schichten bis zu 300 Metern Tiefe bestimmen können. Daneben helfen Messungen von Temperatur, Salzgehalt und Chlorophyll die Grenzen einer Wirbelstruktur zu erkennen. Die Beobachtungen deuten auf ein Wirbelzentrum in der Nähe von 51°12'S, 12°40'W hin. Dort setzen wir am 3.2. eine Sedimentfalle aus, die sich in den nächsten 2 Tagen nur recht wenig bewegt und unseren physikalischen Ozeanographen recht zu geben scheint: Wir sind ganz nah eines Wirbelzentrums. Das Phytoplankton besitzt hier eine ganz ähnliche Zusammensetzung wie bei 52°S, 12°W und die Chlorophyllkonzentrationen um 2 Milligramm pro Kubikmeter sind sehr hoch und stabil. Wir werden jetzt einige Tage in diesem Gebiet bleiben, die Strömungsverhältnisse detaillierter untersuchen und insbesondere immer wieder die Kernstation bei 51°12'S, 12°40'W beproben. Wann wird die Blüte zusammenbrechen? Mit etwas Glück und Ausdauer werden wir es vor Ort erleben.

Dieter Wolf-Gladrow

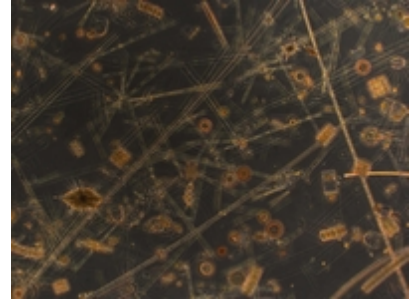


Abb. 4: Ein Blick auf die Planktonzusammensetzung im Untersuchungsgebiet bei 51°S, 13°W: u.a. *Pseudo-nitzschia*-Arten, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Thalassiothrix antarctica* (© C. Klaas)

ANT-XXVIII/3, Wochenbericht Nr. 5

5. Februar - 12. Februar 2012

Der Titel des 5. Wochenberichts ist der Geheimcode für einen Großteil unsere derzeitigen Arbeiten in der Region um 51°S, 13°W. Wir haben mit Hilfe von Satellitenbeobachtungen (Anomalien der Ozeanoberflächenhöhe) und dem im Schiffsrumpf eingebauten Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) einen nur recht schwach ausgebildeten mesoskaligen zyklonalen Wirbel gefunden, d.h. das Wasser bewegt sich von oben gesehen im Uhrzeigersinn um ein Zentrum bei etwa 51°12'S, 12°40'W. Unser Wirbel, den wir nach der englischen Bezeichnung 'Eddy' nennen, ist klein, aber fein: Bojen und Sinkstofffallen (oft auch Sedimentfallen genannt), die wir in der Nähe des Zentrums ausgesetzt haben, sind auch nach einigen Tagen nur sehr wenig verdriftet. Die Chlorophyllwerte liegen deutlich über 2 mg m^{-3} und erreichen im Zentrum fast 3 mg m^{-3} . Nach ausführlicher Beprobung der Zentralstation beginnen wir die Wassermassenverteilung und das Strömungsfeld in der Umgebung zu vermessen.



Abb. 1: Die Mikrostruktursonde geht zu Wasser. (© H. Prandke)

Zunächst werden auf jeweils zwei Stationen in nördlicher, östlicher, südlicher und westlicher Richtung in Abständen von etwa 12 Seemeilen CTD und Mikrostruktursonde (MSS, Abb. 1) eingesetzt, um die Hydrographie (Temperatur-, Salz- und Dichteschichtung, geostrophische Geschwindigkeit) und die Durchmischungsprozesse in den oberen 300 Metern zu erkunden, sowie Wasserproben aus verschiedenen Tiefen zur Bestimmung von Nährstoffen, Sauerstoff, gelöstem anorganischen Kohlenstoff, Thorium, Helium und aus anthropogener Produktion stammenden, über die Atmosphäre eingetragenen Spurengasen zu sammeln. Die Satellitenkarten und Unterwegschorophyllproben waren Grundlage unserer Fahrtplanung, aber erst die CTD-Proben lassen uns unter die Oberfläche blicken. Nach Abarbeitung des oben beschriebenen CTD-MSS-Kreuz erweitern wir das Kreuz zu einem Gitter mit 16 weiteren Stationen und fahren CTD-MSS-CTD-CTD-MSS-CTD-...

Alle 2 bis 3 Tage kehren wir allerdings zur Zentralstation zurück, nicht ohne vorher die Sinkstofffalle wieder aufzunehmen. An der Zentralstation setzen wir eine neue Falle aus und führen ein umfangreiches Beprobungsprogramm mit Hilfe von CTD, Lichtsensoren, Spezialschöpfer für den Spurennährstoff Eisen, sowie Netzen etc. durch.

Die frei driftenden Sinkstofffallen (Abb. 2 & 3) sind von entscheidender Bedeutung bei der Untersuchung von Exportprozessen in einem hochdynamischen System wie der starken Phytoplanktonblüte, die wir derzeit untersuchen. Konventionelle Sinkstofffallen sind sinnvoll für die Bestimmung des vertikalen Massenflusses und der chemischen Zusammensetzung des absinkenden Materials. Allerdings geben sie oft wenig Aufschluss über die Art der Partikel, die den Hauptteil des Vertikalfusses ausmachen. Ohne den Typ und die genaue Struktur der Partikel zu kennen, ist es unmöglich, die Ausgangsstruktur und die Umwandlungsprozesse während des Absinkens von einem Typ in den anderen (von Algen zu Algenflocken – sogenanntem Meeresschnee – oder zu Zooplanktonkotballen) zu verstehen und daraus die Prozesse zu rekonstruieren, die die biologische Kohlenstoffpumpe regulieren.



Abb. 2: Die Sinkstofffalle geht ins Wasser (© D. Wolf-Gladrow)

Ein Schwerpunkt der Expedition ANT-XXVIII/3 wird auf ein Verständnis der Exportmechanismen gelegt, insbesondere wie sich die Planktonzusammensetzung auf die Struktur und chemische Zusammensetzung von absinkenden Partikeln auswirkt.

Im Unterschied zu konventionellen Fallen benutzen wir hochviskose Gele am Boden einiger Fallenzylinder, um absinkende Partikel zu fangen und gleichzeitig ihre Struktur zu erhalten: Partikel sinken in die durchsichtigen Gele ein wie ein Brötchenkrümel in Honig. Bildverarbeitung unter hoher Vergrößerung liefert uns Informationen über die Zusammensetzung und das Größenspektrum der Partikel. Unterschiede zwischen den Zylindern, die bei 100 und 300 Metern im Wasser hingen, erlauben uns Rückschlüsse über Transformationsprozesse in der dazwischen liegenden Wasserschicht. Die Anwendung der Gel-Fallen hat uns hier bereits wertvolle Hinweise auf die Sedimentationsprozesse gegeben. Wir befinden uns offensichtlich in einem Gebiet, in dem das Phytoplankton sehr stark vom Zooplankton beweidet wird. Entsprechend sinkt nur wenig Algenmaterial direkt in die Tiefe.

Bei den allermeisten Partikeln, die die durchmischte Deckschicht (hier z.Z. etwa 100 Meter dick) verlassen, handelt es sich um Kotballen von Zooplankton. Kotballen (Abb. 4) von vier verschiedenen Tiergruppen waren am Export beteiligt: Salpen, Krill, Flohkrebse (Amphipoden) und Appendikularien. Allerdings werden wir den Beitrag der einzelnen Kotballentypen zum Gesamtexport erst nach eingehender Analyse am AWI benennen können.

Inzwischen sind wir zum vierten Mal an der Zentralstation. Bei den ersten drei Malen war das Chlorophyll in 20 Meter Tiefe kaum verändert, allerdings hatte die Gesamtmenge von Chlorophyll über die oberen 120 Meter von Mal zu Mal abgenommen. War dies ein erstes Anzeichen für das Ende der Blüte? Beim vierten Besuch hatte sich nun der Chlorophyllwert in 20 Meter Tiefe deutlich verringert. Ein weiteres Anzeichen für das Ende der Blüte? Das aus CTD-Wasserproben abgeleitete Vertikalprofil der Chlorophyllkonzentration lehrt uns eines besseren: Der Sturm der letzten beiden Tage hatte die oberen Wasserschichten mit darunterliegenden, chlorophyllärmeren Schicht vermischt. Wir müssen also noch weiter geduldig sein. Einige sonnige Tage während der Woche haben uns allerdings auch einen besseren Blick vom Satelliten aus auf die Ozeanfarbe beschert. Danach ist die großflächige Algenblüte in den letzten zwei Wochen schon arg zusammengeschrumpft und wir erwarten, dass auch unser Eddy von diesem Schwund nicht verschont bleiben wird. Wir möchten gern dabei sein, wenn dies passiert.

In dieser Woche ist einer unserer Kollegen zum ersten Mal Vater geworden. Wir hatten ihm und natürlich vor allem seiner Frau seit mehreren Tagen die Daumen gedrückt. Als er schließlich vom Funker zum Telefon gerufen wird, wissen alle Bescheid: Wir können ihm zu seinem Sohn gratulieren. Bevor er ihm die Windel wechseln darf, werden aber noch weitere vier Wochen vergehen.

Dieter Wolf-Gladrow



Abb. 3: Die Sinkstofffalle kommt zurück an Deck. (© D. Wolf-Gladrow)

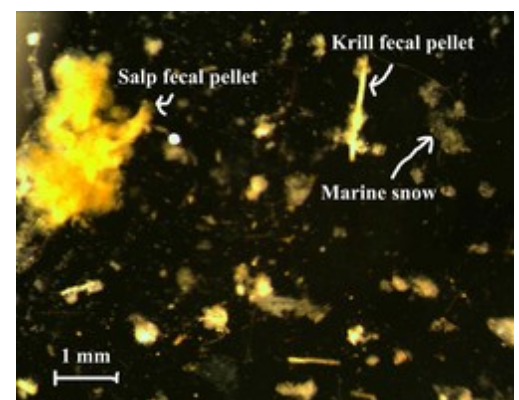


Abb. 4: Meeresschnee und Kotballen von Salpen und Krill in Gelfalle. (© M. Iversen)

ANT-XXVIII/3, Wochenbericht Nr. 6

13. Februar - 19. Februar 2012

Sonntag 19.2.2012: Montags, wenn ich den Wochenbericht ans AWI schicke, liegt immer eine lange Woche vor mir. Am Samstag ist dann wieder eine kurze Woche vergangen und ich überlege mir, über welche der wichtigsten Ereignisse ich in dem nächsten Wochenbericht berichten kann, ohne ihn zu lang werden zu lassen – diesmal dank der vielen Stationen und Geräteeinsätze keine leichte Aufgabe. In der zurückliegenden Woche haben wir unsere Forschungsarbeiten in der Region um 51°12'S, 12°40'W abgeschlossen. Die großräumige Algenblüte, die wir mit Hilfe von Satellitenkarten lange verfolgt hatten, hat sich nach Wochen der Stabilität nun sehr schnell verändert und wir konnten in einem Teilgebiet der Blüte die Entwicklung detailliert beobachten.

Die Stationsarbeiten mit CTDs und Netzen haben es uns ermöglicht, einen Blick unter die für Satelliten sichtbare Ozeanoberfläche zu werfen. Die Karten der vom Weltraum aus gewonnenen Ozeanfarbe geben nur Auskunft über die obersten wenigen Meter des Ozeans. In den letzten zwei Wochen haben wir die Zentralstation siebenmal beprobt und dabei deutliche Veränderungen in der Chlorophyllkonzentration und -verteilung festgestellt. Die Chlorophyllwerte in 20 m Wassertiefe (Abb. 1, blaue Sterne) sind in zwei Stufen abgefallen. Auch die über die oberen 120 m integrierten Chlorophyllmengen (Abb. 1, rote Rauten) nehmen mit der Zeit ab, allerdings nicht immer parallel zu den 20 m Werten. Erst die Chlorophyllprofile über die oberen 200 m der Wassersäule (Abb. 2) verraten mehr über die Prozesse, die für die Entwicklung der Algenblüte verantwortlich sind. Bei unserer ersten Beprobung der Zentralstation reichte die gut durchmischte Deckschicht bis mindestens 100 m Tiefe. Schon kurz danach erodierte diese Hochchlorophyllschicht (Werte über $1,8 \text{ mg m}^{-3}$) von unten her und entsprechend nahm das Integral über 120 m ab, während die 20 m Konzentrationen sich bis zum 9. Februar kaum veränderten (Abb. 1). Die Abnahme der 20 m Werte zwischen dem 9. und 12. Februar (Abb. 1) könnte dagegen allein durch die von einem längeren Sturm erzeugte tiefere Durchmischung erklärt werden; dafür spricht zumindest das nahezu unveränderte Integral über 120 m.

Erst nach dem 17. Februar nehmen dann 20 m Werte als auch das 120 m Integral deutlich ab, was wir erwartet hatten, da Satellitenbeobachtungen der Ozeanfarbe eine scharfe Grenze (Front) zwischen Niedrig- und Hochchlorophyllgebieten erkennen ließen, die sich aus nordwestlicher Richtung auf die Position der Zentralstation zu bewegt hatte. Wie in jeder der von uns besuchten biogeographischen Provinzen (vergleiche 2. Wochenbericht) hätten wir gern noch mehr Messungen in dieser Region durchgeführt und wir hatten uns gefragt, ob wir noch bleiben sollten oder weiterfahren ('Should we stay or should we go?' ist der leicht abgewandelte Titel eines Songs der britischen Punkband 'The Clash'). Der Durchzug der Chlorophyllfront war zumindest für mich ein unter den gegebenen Umständen (begrenzte Expeditionszeit) befriedigender Abschluss. Für die weitere Analyse der Blütenentwicklung müssen wir ein Puzzle aus Primärproduktions-, Nährstoff- und hydrographischen Daten zusammensetzen, wobei die beiden letztgenannten Datensätze auf das Einströmen von unterschiedlichen Wassermassen im Tiefenbereich von 150 bis 500 m hinweisen.

Die Algenbiomasse an einem Ort wie z.B. unserer Zentralstation kann sich durch verschiedene Prozesse verringern: 1. Einstrom von algenarmen Wassermassen, 2. Bildung von Algenaggregaten (die ab einer bestimmten Größe wegen ihres

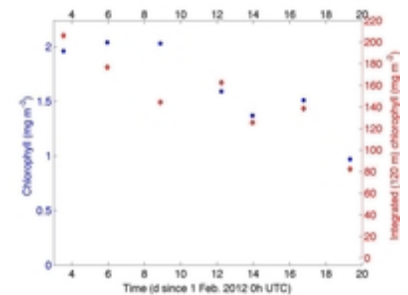


Abb. 1: Die Chlorophyllkonzentration in 20 m Tiefe (blaue Sternchen) und die Chlorophyllkonzentration integriert über die oberen 120 m der Wassersäule (rote Rauten) nehmen mit der Zeit ab. (© D. Wolf-Gladrow)

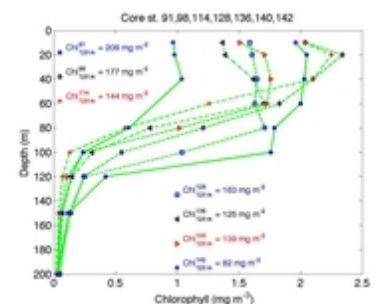


Abb. 2: Chlorophyllprofile auf den Zentralstationen 91, 98, 114, 128, 136, 140, 142 erzählen mehr als die Oberflächenwerte oder die Integrale vermuten lassen. (© D. Wolf-Gladrow)

Aussehens als Meeresschnee bezeichnet werden und in tiefere Wasserschichten und teilweise bis zum Ozeanboden absinken) und 3. Beweidung durch Zooplankton. Wir haben Hinweise darauf, dass alle drei Prozesse zur Abnahme der Chlorophyllkonzentration beigetragen haben. Den Anteil der ersten beiden Prozesse werden wir versuchen, insbesondere mit Hilfe der Strömungsdaten und den Proben aus 10 durchgehend erfolgreichen Einsätzen der treibenden Sinkstofffallen (vergleiche 5. Wochenbericht) abzuschätzen.



Abb. 3: Der Schleppnetzfang aus dem 'blauen' Wasser besteht überwiegend aus Flohkrebse (Themisto gaudichaudii; siehe auch Detailaufnahme Abb. 4). (© E. Pakhomov, B. Hunt)



Abb. 4: Der Schleppnetzfang aus dem 'blauen' Wasser besteht überwiegend aus Flohkrebse (Themisto gaudichaudii; vergleiche auch Übersichtsaufnahme Abb. 3). (© E. Pakhomov, B. Hunt)

Der 3. Prozess ist am schwierigsten zu untersuchen. Die anfängliche Zooplanktonverteilung bestand aus großen Mengen an Salpen (*Salpa thompsoni*), Krill (vor allem der Art *Euphausia triacantha*) und Flohkrebse der Art *Themisto gaudichaudii*. Es gab Hinweise darauf, dass die Anzahl der Salpen schnell enorm zunehmen könnte, da eine große Anzahl solitärer Salpen vorhanden war, die kurz davor standen, Ketten der Aggregatform von Salpen freizusetzen. Eine solitäre Salpe ist in der Lage, in kurzer Zeit bis zu 800 Salpenaggregate abzugeben, wenn die Bedingungen dafür günstig sind. Allerdings nahm im Laufe der Zeit sowohl das Fangvolumen als auch der Anteil der Salpen stetig ab. Gleichzeitig verdreifachte sich die Menge der Flohkrebse *Themisto gaudichaudii* (Abb. 3 & 4), die wahrscheinlich einen großen Einfluss auf die Populationsdynamik der Salpen hatten, da Flohkrebse Salpen fressen. Spätere Besuche der Zentralstation zeigten, dass die Krillpopulation aus einer Mischung von Arten der Subantarktischen Zone (*Euphausia vallentini*), der Polarfrontzone (*Euphausia triacantha*) und der antarktischen Zone (*Euphausia frigida* and *Euphausia superba*) bestand. Die Veränderungen im Zooplankton fielen zusammen mit dem Abfall der Chlorophyllkonzentration und der Annäherung der Niedrigchlorophyllfront aus nordwestlicher Richtung. Die Unterschiede zwischen 'grünen' und 'blauen' Wassermassen waren deutlich in zwei Schleppnetzfangen zu erkennen, die von Einsätzen in einem Abstand von nur 8 Seemeilen stammten: Während an der Zentralstation das Netz voller Algen zurückkam (Abb. 5 links) bestand der Fang 8 Seemeilen nördlich überwiegend aus Ruderfußkrebse und kleinem Krill und das Phytoplankton war völlig verschwunden (Abb. 5 rechts).

Wir beenden unsere Untersuchungen in dieser Region mit einer Benthosstation, die unter keinem guten Stern steht. Offensichtlich durch einen Materialfehler verlieren wir

den bisher so zuverlässig arbeitenden Epibenthoschlitten (vergleiche 3. Wochenbericht). Trotz der interessanten Beprobungen mit dem Multicorer und dem Agassiz-Schleppnetz sind die Benthologen entsetzt und traurig über den Verlust, der auch nicht durch vermehrten Einsatz anderer Instrumente ausgeglichen werden kann. Gerade hier an dieser Station scheint auch im Benthos eine andere Zusammensetzung der Organismen (vermehrt Filtrierer) auf den Nahrungseintrag aus den oberen Wasserschichten hinzuweisen.

Nach Beendigung unserer letzten kurzen Zentralstation brechen wir in Richtung South Georgia auf: Go west!

Dieter Wolf-Gladrow



Abb. 5: Schleppnetzfang im Gebiet mit hohem (links; Zentralstation bei 51°12'S, 12°40'W) und niedrigem (rechts; 8 Seemeilen nördlich der Zentralstation) Chlorophyllgehalt. (© E. Pakhomov, B. Hunt)

ANT-XXVIII/3, Wochenbericht Nr. 7

20. Februar - 26. Februar 2012

Nach Beendigung unserer Untersuchungen im Gebiet um 51°12'S, 12°40'W haben wir Kurs auf die Region um Südgeorgien genommen. Dies ist die dritte biogeographische Provinz, die wir besuchen wollen. Die 'Segelzeit' von 13°W bis 33°W auf 51 Grad südlicher Breite beträgt bei einer Geschwindigkeit von 10 Knoten (10 Seemeilen pro Stunde oder etwa 18 km/h) etwa 4 Tage – Zeit um Proben und Daten zu analysieren. Soviel Verseglung lässt einen nur kurzen Wochenbericht erwarten, aber manchmal gibt es einen besonderen Tag.

Bevor wir unsere Stationsarbeiten wieder aufnehmen, besuchen wir für einige Stunden Südgeorgien. Hier kommt vermutlich ein Großteil des Eisens her, das die Algenblüten insbesondere im Nordwesten der Insel befördert. Den letzten Ausschlag für den genauen Termin des Besuchs gibt die Auskunft von unserem Meteorologen an Bord, der jeden Abend eine Vorhersage für die Wetterbedingungen an den Folgetagen gibt. Am Dienstag besuche ich ihn schon morgens um 8h direkt nach dem Frühstück. Nach den Analysen vom Vortag sieht es gut aus für Donnerstag: Wind 5 bis 6 aus südwestlicher Richtung, morgens Sonne bei bis zu 4 Grad Celsius, mit Föhneffekt vielleicht sogar etwas mehr, nachmittags evtl. leichte Niederschläge. Ich werde aber auf dreiviertel Neun (8h45) vertröstet, wenn die neuesten Daten per Email eingetroffen sind. Um 9h ist die Entscheidung gefallen, ich bitte den Kapitän um eine geringe Kursänderung: Wir steuern jetzt direkt auf Grytviken, eine ehemalige Walfangstation auf Südgeorgien, zu; in zwei Tagen werden wir dort sein. Ich hatte bereits vor Beginn der Reise mit den britischen Behörden per Email Kontakt aufgenommen, um eine Besuchserlaubnis gebeten – und postwendend eine überaus freundliche Einladung bekommen. Jetzt nimmt Kapitän Pahl Kontakt mit den Amtspersonen vor Ort auf. Wir werden am Donnerstag die einzigen Besucher in Grytviken sein. Nur für uns wird das Museum und das Postamt geöffnet werden. Außerdem erhalten wir eine Einladung, die Forschungsstation (King Edward Point Research Station) unserer Kollegen vom British Antarctic Survey (BAS) zu besuchen. Für eine britische Fahrteilnehmerin ist es die Rückkehr an eine frühere Wirkungsstätte: Sie hat die BAS-Station im Rahmen ihrer Doktorarbeit mehrmals besucht. Kapitän Pahl erwidert mit einer ebenso freundlichen Einladung, *Polarstern* zu besuchen. In den zwei verbleibenden Nächten stellen wir unsere Uhren um jeweils eine Stunde zurück, um bei Ankunft auf der Insel auf der richtigen Lokalzeit (UTC minus 2 Stunden) zu sein. Auf dem weiteren Weg nach Chile müssen wir die Uhr dann um weitere 2 Stunden verstellen.

Am Donnerstag wache ich bereits gegen 5h auf, schaue aus dem Kabinfenster und sehe zum ersten Mal die schnee- und eisbedeckten Berge Südgeorgiens, die steil ins Meer abfallen. Ich stelle mir vor, wie Sir Ernest Shackleton 1916 mit der nur 7.5 m langen und 2 m breiten 'James Caird' (Abb. 1) von Elephant Island kommend nach 800 Meilen auf Südgeorgien zugefahren ist und sehnsüchtig nach einer geeigneten Landungsstelle gesucht hat. "We stood off shore again, tired almost to



Abb. 1: Nachbau der 'James Caird' in Originalgröße, South Georgia Museum, Grytviken (© F. Lejzerowicz)



Abb. 2: Morgendlicher Blick von Polarstern, die in der Cumberland East Bay vor Anker liegt, auf Grytviken, South Georgia. Die Gebäude der King Edward Point Research Station des British Antarctic Survey (BAS) sind im Vordergrund gut an den roten Dächern erkennbar. Die ehemalige Walfangstation, Kirche und Museum liegen dahinter auf der anderen Seite der King Edward Bucht. (© D. Wolf-Gladrow)

the point of apathy. Our water had long been finished. ... The pangs of thirst attacked us with redoubled intensity, and I felt that we must make a landing on the following day at almost any hazard." ("Wir lagen wieder vor Ufer, ermüdet bis zur Teilnahmslosigkeit. Unser Trinkwasser war schon lange ausgegangen. ... Die Durstattacken überfielen uns immer stärker, und mir war klar, dass wir am folgenden Tag ein Landmanöver unternehmen mussten, trotz des Risikos, koste es, was es wolle.") Nach der gefährlichen, aber erfolgreichen Landung in der King Haakon Bay am 10. Mai 1916 schmeckt das Wasser unvergleichlich gut: "A moment later we were down on our knees drinking the pure, ice-cold water in long draughts that put new life into us. It was a splendid moment." ("Keine Sekunde später waren wir auf unseren Knien und tranken das reine, eiskalte Wasser in großen Zügen, was uns mit neuem Leben erfüllte. Es war ein unbeschreiblich schöner Augenblick.") (englische Originalzitate aus: Shackleton, E., SOUTH – The Endurance Expedition, London, 1919; reprinted 1999).



Abb. 3: Dahinrostende Überreste der ehemaligen Walstation (1904 - 1966), Schiffswrack und Walwirbel. (© V. Strass)

Unsere Anlandung ist weniger spektakulär und viel komfortabler. Kurz vor 8h fällt der Anker in der King Edward Cove in etwa 25 m Wassertiefe. Wir genießen einen ersten Blick auf Grytviken (Abb. 2). Nach einem guten Frühstück ziehen wir uns warme Kleidung über, legen zur Sicherheit die Schwimmwesten an und steigen aus der Lotsenpforte über eine Strickleiter zu einem der vier Rettungsboote der *Polarstern* hinab. Am Ende der Leiter nehmen uns der 1. Offizier und ein Matrose in Empfang. Im Boot, das im Notfall für 50 Personen Platz bietet, fahren wir bequem mit nur 25 Personen an Land.

Der Name Grytviken stammt aus dem norwegischen: *gryte* ist der Kessel oder Topf (nach den 1902 hier gefundenen Kesseln, die in London produziert worden und vor Gründung der heutigen Siedlung für die Aufbereitung von Robbenöl benutzt worden sind) und *vik* ist die Bucht. Grytviken wurde 1904 von dem Norweger Carl Anton Larsen als Walfangstation für seine 'Argentische Fischerei Gesellschaft' gegründet. In der Hochzeit des Walfangs arbeiteten hier bis zu 300 Männer. Hier wurden über Jahrzehnte Tausende von Walen zerlegt, um Walöl und Korsettstangen zu produzieren. Das Schlachten wurde hier erst 1966 eingestellt, als die Walbestände extrem reduziert waren und die weitere Ausbeutung nicht mehr rentabel erschien. Heute wandern wir durch die dahinrostenden Überreste dieses Schlachtortes (Abb. 3). Im 20. Jahrhundert wurden weltweit mehr als 300 000 Blauwale erlegt. Der geschätzte Bestand von 220 000 Tieren im Jahre 1920 wurde dadurch auf 1000 bis 3000 Tiere in den 1960er Jahren reduziert. Die heutige Population von 10000 bis 20000 Individuen erreicht also weniger als 10% der ursprünglichen



Abb. 4: Pelzrobben (oben links), Königspinguine (oben rechts) und See-Elefanten (unten) in Grytviken (© A. Brandt & D. Wolf-Gladrow)

Bestände. Andere Walarten, wie z.B. der Finnwal, wurden ähnlich stark reduziert.

Grytviken ist die Hauptstadt des britischen Überseegebietes Südgeorgien und der Südlichen Sandwichinseln. Die Bevölkerung der Hauptstadt ist überschaubar: Zwei Marineoffiziere, ein Postangestellter, ein Museumswärter und deren Ehefrauen, sowie die etwa 15 Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker und ein Arzt der BAS-Station. Große Teile des Ortes sind von der Tierwelt zurück erobert worden: Pelzrobben, See-Elefanten und Königspinguine liegen bzw. stehen am Wegrand oder in den Überresten der Walfangstation (Abb. 4). Die Pelzrobben sind zum Teil recht angriffslustig. Wir halten deshalb Abstand und drehen ihnen möglichst nicht den Rücken zu. Die südlichen See-Elefanten, die größten Robben der Welt, sind auf einer Anzahl von Inseln um die Antarktis herum anzutreffen; etwa die Hälfte der 750000 Individuen lebt auf Südgeorgien.

Südgeorgien ist eng mit der Biographie des britischen Polarforschers irischer Abstammung Sir Ernest Henry Shackleton (1874 – 1922) verbunden. Shackleton erreichte auf seiner ersten von ihm geleiteten Antarktisexpedition im Jahre 1909 einem Abstand von nur 180 km zum Südpol. Für diese Leistung wurde er von König Edward VII. zum Ritter geschlagen. Berühmt wurde Shackleton durch die Endurance-Expedition (1914 – 1916), die das Ziel hatte, ausgehend von Südgeorgien mit der *Endurance* durch das Weddellmeer bis zur Vahsel-Bucht (77°49'S, 35°7'W) vorzudringen und dann den antarktischen Kontinent mit Schlittenhunden über den Südpol bis zum Rossmeer zu überqueren. Das Scheitern der Expedition - die

Endurance wurde im Weddellmeer vom Eis zerdrückt und sank - führte zu seinem größten Triumph: Es gelang ihm trotz der mehrfach nahezu aussichtslosen Situationen die gesamte Mannschaft zu retten.

Zu verdanken war dies u.a. seiner unglaublichen Energie, seinem persönlichen Einsatz und der Fähigkeit, seine Untergebenen immer wieder zu motivieren. Diese Eigenschaften machen ihn auch 100 Jahre später und weit über die Polarforschung hinaus zu einer vorbildlichen Persönlichkeit. Nach der Landung in der King Haakon Bay überquerte Shackleton mit Frank Worsley, dem Kapitän der *Endurance*, und mit dem 2. Offizier Tom Crean die Insel und erreichte am 20. Mai 1916 die Walfangstation Stromness nordwestlich von Grytviken. Ich denke an meinen Vater, der an diesem Tag geboren wurde, an seine Welt damals – in der Mitte des 1. Weltkriegs - und mein jetziges Leben inmitten eines internationalen Forschungsteams

...

Wir besuchen das Grab von Sir Ernest Shackleton (Abb. 5), der 1922 in Grytviken gestorben ist. Im November 2011 wurde daneben die Urne von Frank Wild, der `rechten Hand` von Shackleton, beigesetzt. Wir steigen den Hügel hinter dem Friedhof hinauf zu einem kleinen Stausee, der ein kleines Wasserkraftwerk speist. In den sonnigen Momenten genießen wir den Blick auf die King Edward Cove und *Polarstern* (Abb. 6). Uns bleibt genügend Zeit zu einem Besuch des Museums. Wir werden überaus freundlich begrüßt und sogar in die Küche zu Tee oder Kaffee und Kuchen eingeladen.

Am Nachmittag besuchen wir unsere BAS-Kollegen in der King Edward Point Research Station, die am Vormittag z.T. die Chance genutzt haben, *Polarstern* zu besuchen. Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten liegt auf der Fischerei in der 200 Meilenzone um Südgeorgien. Dazu gehört aber auch als Nahrungsgrundlage das Zooplankton. Gastforscher, die für ein oder zwei Jahre hier her kommen, beschäftigen sich z.B. mit der Entwicklung der Robben- und Pinguinpopulationen in Abhängigkeit von Krill- und Fischbeständen. Während der Besichtigung der Labore, der Büros, der Küche, der Funk- und der Krankenstation findet ein reger wissenschaftlicher Austausch statt – und einige unserer Expeditionsteilnehmer könnten sich gut vorstellen, hier selbst als Gastforscher zu arbeiten.

Um 18h haben sich alle Landgänger wieder im Bordbuch eingetragen. Der Anker wird gelichtet und *Polarstern* fährt weiter in unsere nächste Untersuchungsregion nordwestlich von Südgeorgien. Doch darüber werde ich erst in der nächsten Woche berichten.

Dieter Wolf-Gladrow



Abb. 5: Grab und Gedenkstein für Sir Ernest Shackleton (1874 - 1922); rechts davon mit frischem Blumenschmuck das Grab von Frank Wild (1873 - 1939), der `rechten Hand« von Shackleton während der *Endurance*-Expedition und der Kommandant der 22 Männer, die über 4 Monate auf Elephant Island auf ihre Rettung warten mussten. Die Beisetzung seiner Urne erfolgte erst mehr als 60 Jahre nach seinem Tod, wenige Monate vor unserem Besuch. (© D. Wolf-Gladrow)



Abb. 6: Blick auf *Polarstern*, die in der King Edward Cove vor Anker liegt. (D. Wolf-Gladrow)

ANT-XXVIII/3, Wochenbericht Nr. 8

27. Februar - 6. März 2012

Nach dem halbtägigen Besuch in Grytviken verlassen wir Südgeorgien und fahren in Richtung Nordwesten. Aus Satellitenbeobachtungen der letzten beiden Jahrzehnte wissen wir, dass hier im Südfürhling und -sommer sehr oft großräumige Algenblüten auftreten. Messungen vor Ort haben gezeigt, dass Chlorophyllkonzentration über 5 mg m^{-3} nicht ungewöhnlich sind. Wir sind allerdings nicht auf der Jagd nach neuen Rekordwerten, sondern wollen verstehen, warum es hier so oft zu großen Blüten kommt. Ein Grund dafür könnte der Eiseneintrag von Südgeorgien sein. Aber wie und in welchen Mengen kommt das Eisen ins Meerwasser? Dass das Gestein auf Südgeorgien viel Eisen enthält, ist auch ohne detaillierte chemische Analysen offensichtlich (Abb. 1). Allerdings ist Eisen unter oxischen Verhältnissen im Meerwasser nur sehr schwer löslich. Bei sehr geringen Sauerstoffkonzentrationen (anoxische Verhältnisse) bildet sich allerdings eine Form von Eisen (Fe^{2+}), die sehr gut löslich ist. Anoxische Verhältnisse können in der Wassersäule unterhalb von Hochproduktionsgebieten auftreten; dies ist allerdings im Südpolarmeer nicht der Fall. In Sedimenten ab einer gewissen Tiefe unterhalb der Sedimentoberfläche sind anoxische Verhältnisse aber die Regel. Entsprechend hoch sind die Fe^{2+} -Konzentrationen im Porenwasser. Wie das Eisen in die Wassersäule kommt – ob in Form von gelöstem Eisen oder gebunden an organische Liganden – ist bisher nicht abschließend geklärt. Aus Messungen in der Wassersäule ist bekannt, dass Schelfe um Kontinente oder Inseln bedeutende Quellen von bioverfügbarem Eisen sein können. Die Schelfe um Südgeorgien sind daher die 'Hauptverdächtigen' bei unserer Suche nach Eisenquellen. Die erste Station auf dem Weg nach Nordosten legen wir an den Schelfrand bei einer Wassertiefe von 1200 m. Wir erwarteten eine deutlich erhöhte Eisenkonzentration in tieferen Wasserschichten. Die Messungen zeigen dagegen ein Maximum in der Oberflächenschicht. Kommt das Eisen doch mit dem Staub, der von der Insel verweht wird, ins Wasser? Kurz vor Ende unserer Expedition haben wir allerdings keine Zeit mehr, um diese Spur weiter zu verfolgen.



Abb. 1: Stark eisenhaltiges Gestein in Grytviken, Südgeorgien (© D. Wolf-Gladrow)

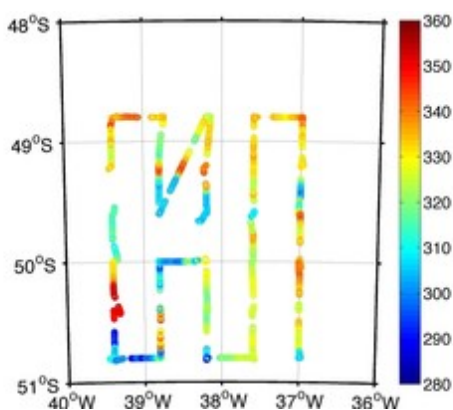


Abb. 2: Partialdruck von CO_2 im Oberflächenwasser, $p\text{CO}_2^{\text{Oze}}$ (in μatm): Alle Werte liegen deutlich unter dem CO_2 -Partialdruck in der Atmosphäre (knapp $400 \mu\text{atm}$) und folglich nimmt der Ozean hier CO_2 aus der Atmosphäre auf. (© J. Hauck, E. Jones)

Bevor die Eisenproben gemessen sind, haben wir schon die erste Station eines Gitters mit 24 Seemeilen Abstand erreicht und beginnen mit CTDs (bis 1500 m Tiefe) und – zu nächtllicher Stunde – mit Schleppnetzen (RMT; bis 300 m Tiefe), ein Gebiet um 50°S und 38°W detailliert zu untersuchen. Der Partialdruck von Kohlendioxid im Wasser, $p\text{CO}_2^{\text{Oze}}$ (Abb. 2), ist mit z.T. unter $300 \mu\text{atm}$ (Mikroatmosphären) weit unter dem entsprechenden Partialdruck in der Atmosphäre, der bei knapp $400 \mu\text{atm}$ liegt. Dieser enorme Unterschied lässt auf eine längere, starke Algenblüte schließen. Der für Kieselalgen wesentliche Nährstoff H_4SiO_4 (Kieselsäure) ist in der mit maximal 50 m Tiefe relativ flachen Deckschicht mit Werten unter 0.1 bis 1 mmol m^{-3} fast aufgezehrt. Da allerdings die Kieselsäurekonzentrationen in 100 m Tiefe schon deutlich höher sind, kann tiefere Durchmischung durch häufige Stürme immer wieder Nährstoffe nach oben mischen und so die Algenblüte weiter

befördern. Selbst wenn die Blüte bald zu Ende ginge, würde es mehrere Monate dauern, bis der Ozean wieder genug CO₂ aus der Atmosphäre aufgenommen hätte, um den Partialdruck in Atmosphäre und Ozean auszugleichen. Ob und wo es zu diesem Ausgleich der Partialdrücke kommt, können wir auf dieser Expedition nicht mehr untersuchen und daher stellt sich diesmal auch nicht mehr die Frage, ob wir bleiben oder weiter fahren (vergl. 6. Wochenbericht).

Allerdings bleibt genug Zeit für eine längere Station im Zentrum eines zyklonalen Wirbels. Am 1. März um 4h24 erreichen wir bei 49°36'S, 38°12'W den letzten Punkt unseres Stationsgitters und bringen die CTD-Messsonde aus. Um 5h hat die Sonde die maximale Tiefe von 1500 m erreicht und man weckt mich verabredungsgemäß. Einige Minuten später treffen sich die Seniorwissenschaftler des Eddy-Pump-Teams, um über die Position der Zentralstation zu entscheiden. Jetzt liegen alle Daten auf dem Tisch: Basierend auf unseren zahlreichen Messungen der letzten vier Tage und den Beobachtungsdaten von Satelliten, die wir täglich über das Internet beziehen, können wir das Wirbelzentrum gut lokalisieren. In nur wenigen Minuten haben wir eine Entscheidung getroffen: Die letzte Wassersäulenstation wird bei 49°40'S, 38°16'W stattfinden – nur 5 Seemeilen von hier. Ich gebe den neuen Wegpunkt an die Brücke durch. Sobald die CTD wieder an Bord ist, fahren wir weiter.

Auf der letzten Zentralstation verbringen wir 38 Stunden. Nach dem Aussetzen der treibenden Sinkstofffallen folgen Multinetz, MSS, CTD, RAMSES (Lichtsensor), Go-Flo, RMT (Schleppnetz), weitere CTDs, Netze und mehrere MSS, um den Tagesgang der Durchmischung zu studieren. Die Sinkstofffalle driftet mit nur 0.2 Knoten – ein Zeichen, dass die Wahl des Ortes gut getroffen worden ist und wir uns nahe am Wirbelzentrum befinden. Nach 24 Stunden holen wir die Sinkstofffalle plangemäß wieder an Bord. Wir schließen die Stationsarbeiten mit dem Trio CTD-MUC-MSS ab und fahren über Nacht zum nächsten Wegpunkt bei 50°48'S, 39°24'W, wo bei einer Wassertiefe von 4200 m die letzte Tiefseebenthosstation stattfinden soll.

In dem Gebiet um 50°S, 38°W haben wir zahlreiche Fänge mit dem Schleppnetz (RMT) durchgeführt, u.a. um zu schauen, ob hier vielleicht *Euphausia superba* (Antarktischer Krill) vorkommt. *Euphausia superba* dient als Nahrungsquelle für verschiedene Walarten, insbesondere den Blauwal, für Robben und Pinguine. Wir finden in der Tat in den Netzfängen neben Flohkrebse, Ruderfußkrebse, Salpen und anderen Tieren auch immer wieder Exemplare von *Euphausia superba*, allerdings sind die Mengen doch sehr gering.

Wir beginnen die Benthosstation am Samstag, dem 3. März, um 5h morgens mit der letzten CTD, die bis wenige Meter über den Meeresboden gefahren wird. Danach folgt das Agassiztrawl. Die Benthologen haben sehnsüchtig auf diesen Augenblick gewartet. In dieser biogeographischen Provinz erhoffen sie sich einen reichhaltigeren Fang. Sie werden nicht enttäuscht: Schon mit dem ersten Agassiztrawl werden mehr Tiere gefangen als mit allen bisher auf unserer Expedition eingesetzten Tiefseegeräten zusammen. Auch der zweite Einsatz des Agassiztrawls ist erfolgreich.



Abb. 3: Beprobung eines großen Steins aus dem ersten Agassiztrawl des Tages
(© A. Brandt)

Beide Fänge zeichnen sich durch einen hohen Anteil an sehr diversem Gestein aus, welches teilweise mit Eis von Gletschern auf Südgeorgien hierher transportiert worden ist (Schiefer, Granit), teilweise aber womöglich sogar aus weiter entfernten Regionen mit jetzt oder in der geologischen Vergangenheit aktiven Vulkanen (Lavagestein) stammt. Im ersten Agassiztrawl hat ein großer Stein (Abb. 3) den Eingang des Netzes so blockiert, dass die Benthologen im ersten Augenblick befürchteten, dass durch den Stein das Netz nahezu verschlossen gewesen und der Fang dadurch gering sein könnte. Das Öffnen des Netzes hat sie dann aber eines Besseren belehrt. Der Fang war der bisher reichhaltigste. Die Megafauna war in diesem Fang klar dominant, mit sehr hohen Dichten und auch hoher Diversität der Stachelhäuter (Echinodermata) in diesem Gebiet mit ca. 4100 m Wassertiefe. Am häufigsten waren die Seegurken (Holothuroidea, Abb. 4), die auch in der höchsten Biomasse vorlagen, gefolgt von Seesternen (Asteroidea) und Schlangensteinen (Ophiuroidea). Seeigel (Echinoidea) hingegen kamen hier selten vor. Seefedern (Pennatularia) aus der Gruppe der Nesseltiere (Cnidaria) zeugen neben den gefundenen Schwammarten davon, dass es hier ordentlich „Futter“ gibt und den Filtrierern unter den Tieren so viel geboten wird wie den Detritus- oder Sedimentfressern, die an dieser Station beträchtliche Größen aufweisen.

Das zweite Agassiztrawl in der Nacht (Abb. 5) war dann noch ergiebiger: Es enthielt ungefähr die doppelte Menge an Steinen, Tieren und Sediment. Das Beprobieren der Steine, das Sieben des Sedimentes, das Sortieren des Lebendmaterials für biochemische und genetische Analysen auf Eis, das Etikettieren, Fixieren, Säubern und Aufräumen zog sich über mehr als sechs Stunden bis in den frühen Morgen hinein.

Beiden Fängen gemeinsam ist, dass die Menge an kleinerer Makrofauna, die wir uns durch das bereits erwähnte Innennetz von 0,5 mm erhofft hatten, deutlich geringer ausfiel als wir erwartet hatten. Diese Fraktion wurde dominiert durch Weichtiere (Mollusca), vor allem Muscheln und Schnecken sowie Polychaeta und Ranzenkrebse (Peracarida). Die Meeresasseln (Isopoda) waren in diesen Agassiztrawl-Proben selten. Wir haben an dieser Station unsere „Lisa“ - den Epibenthoschlitten, den wir im zentralen Südatlantik verloren haben (vergl. 6. Wochenbericht) - sehr vermisst. Sie hätte uns die erhofften Makrofaunaorganismen möglicherweise beschafft. Manchmal läuft die Forschung eben anders als geplant.



Abb. 4: Eine Auswahl der Seegurken (Holothuroidea) aus 4100 m Wassertiefe (© A. Brandt)

Nach den Agassiztrawls benutzen wir den Multicorer (MUC), um Sedimentproben möglichst ungestört an Deck zu befördern. Aus diesen Proben werden kleinere Tiere gesammelt. Außerdem werden mit Hilfe von Mikrosensoren die Sauerstoffkonzentrationen in den oberen Zentimetern der Sedimentkerne gemessen. Aus diesen Daten lässt sich der über Monate und Jahre gemittelte Abbau von partikulärem organischen Kohlenstoff ableiten.

Eine arbeitsreiche Woche geht zu Ende. Nach der letzten CTD am Samstagmorgen beginnen die Eddy-PumperInnen mit dem Packen. Die Benthologen sind dagegen noch intensiv mit dem Sortieren und Konservieren der gefangenen Tiere beschäftigt. Am Montagmorgen setzen wir in 3800 m Wassertiefe eine Verankerung mit zwei

Sinkstofffallen 500 m bzw. 1500 m oberhalb des Ozeanbodens aus.

Dies ist bereits der letzte Wochenbericht von unserer Expedition ANT-XXVIII/3. Wir haben viel erreicht und kommen mit zahlreichen interessanten Daten und Proben zurück. Die weitere Untersuchung der Proben und Analyse der Daten an Land liegt noch vor uns. Wir haben aber auch offene Fragen zurückgelassen wie z.B. die nach der Entstehung und der weiteren Entwicklung von Salpaster (vergl. 4. Wochenbericht) oder die nach der Quelle des Eisens, das für die Phytoplanktonblüten nordwestlich von Südgeorgien wesentlich ist. Angeregt durch die bereits auf der Fahrt gewonnenen Erkenntnisse haben einzelne FahrteilnehmerInnen bereits begonnen, neue Pläne zu schmieden, um sich in den nächsten Jahren auf *Polarstern* und anderen Forschungsschiffen den offenen Fragen zu widmen – am liebsten natürlich auf *Polarstern*.

Ich möchte die Gelegenheit nutzen, um mich bei Kapitän Pahl und seiner Mannschaft für die ausgezeichnete Zusammenarbeit mit 'der Wissenschaft' zu bedanken; dies schließt auch unsere beiden Kollegen vom Deutschen Wetterdienst ein: Wir wurden stets kompetent beraten und der Einsatz an Deck und im Hintergrund war hervorragend – und das auch, wenn das eine oder andere Mal Stationspläne relativ kurzfristig geändert werden mussten. Nur so konnten wir die Schiffszeit optimal nutzen. Ich habe die stets herzliche Atmosphäre genossen.

Am Sonntag dem 11. März werden wir in Punta Arenas ankommen. Auch wenn wir hier an Bord immer gut versorgt worden sind, freuen wir uns doch nach mehr als zwei Monaten auf See auf frisches Obst und Gemüse - und vor allem auf die Heimkehr zu unseren Familien, Verwandten und Freunden.

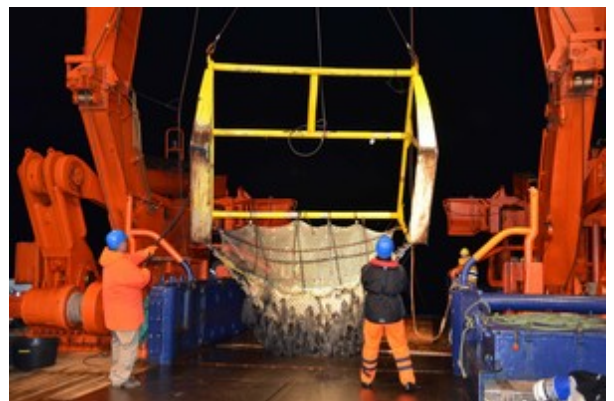


Abb. 5: Das Agassiztrawl kommt nachts an Deck. (© A. Brandt)

The Expedition ANT-XXVIII/3

Weekly Reports

- [16 January 2012:](#) From Cape Town to the Subantarctic Front
- [23 January 2012:](#) Southbound Along 10°E
- [30 January 2012:](#) Diversity of Life on the Ocean Floor at 4000 m Depth
- [6 February 2012:](#) In the Midst of a Diatom Bloom
- [13 February 2012:](#) CTD-CTD-MSS-CTD.....
- [20 February 2012:](#) Should we stay or should we go?
- [27 February 2012:](#) South Georgia
- [6 March 2012:](#) Phytoplankton Blooms and Deep Sea Fauna North West of South Georgia

Summary and Itinerary

7 January 2012 - 11 March 2012, Cape Town – Punta Arenas

The cruise leg ANT-XXVIII/3 starts in Cape Town on 7 January 2012 and ends in Punta Arenas on 11 March 2012. During the cruise two research projects will be carried out:

1. “Eddy pump“, an interdisciplinary study of the physical, chemical and biological processes driving the carbon pumps in the Southern Ocean, in particular within the numerous embedded mesoscale eddies.
2. SYSTCO II (SYSTEM COUpling in the deep Southern Ocean II), a study on a) diversity, distribution and abundance of deep-sea organisms in relation to surface water productivity and sedimentation of organic material to the seafloor; b) ecology of deep-sea fauna, and c) DNA preservation in the water column and the deep-sea sediments and its possible use to study the eukaryotes diversity in the present and the past.

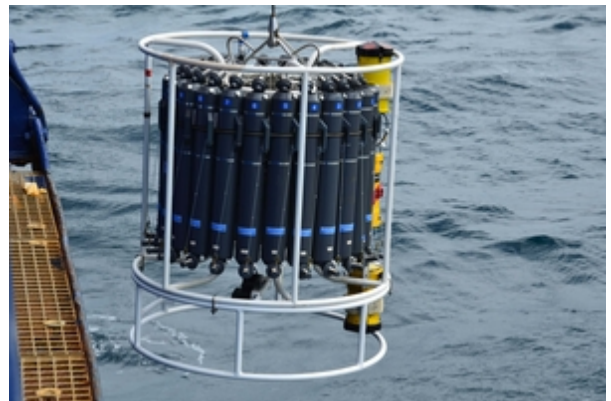
Both research projects complement each other and thus sampling will take place at numerous joint stations along the cruise track. A focus will be on studies in several mesoscale eddies, chosen to cover various oceanographic and biogeochemical/biogeographical regimes, especially:

- (1) The region with enhanced eddy kinetic energy in the area south of 50°S at approx. 30°E, associated with a southward veering of the Polar Front at the eastern extent of the Weddell Gyre, which despite presumed enhanced iron supply from upwelling is assumed to be dominated by the diatom *Fragilariopsis kerguelensis*.
- (2) The central Antarctic Circumpolar Current along the Polar Front at 0°E marked by transient phytoplankton blooms, presumably driven by pulses of iron supply through mesoscale upwelling events associated with a low to moderate level of eddy kinetic energy (EKE), and alternating between *Chaetoceros* and *F. kerguelensis* dominance.
- (3) The ‘*Chaetoceros* Province’ in the wake of South Georgia and the Antarctic Peninsula marked by high long-term mean sea surface chlorophyll concentration, presumably fostered by lateral advection of iron from the shelf or by iron released from melting icebergs). En route between the main investigation sites, conventional hydrographic and biogeochemical station work will be performed, in particular across Drake Passage which features a strong south-north gradient of EKE but overall very low sea surface chlorophyll.

ANT-XXVIII/3, Weekly Report No. 1

7 January - 14 January 2012

Saturday 7th January 2012: Polarstern returned from the Antarctic two days ago and is now lying in the harbour in Cape Town. The scientists from the previous expedition have already left the ship and are on their way home, perhaps even have arrived there already. Captain Pahl and his crew are well prepared and expecting us for the cruise leg about to begin. Polarstern has brought the majority of our equipment from Bremerhaven. Extra measuring devices are loaded in Cape Town. Even the three boxes which have come directly from another expedition in the Pacific and were delayed for a long while by the customs in Manila have arrived in time and are well stowed on board.



The CTD sonde is lowered on a wire to a depth of 4600 m. (© A. Brandt)

During the afternoon 50 scientists from 12 different countries come on board to research the Southern Ocean together for nine weeks. In addition to a number of senior scientists, who have been to this part of the ocean several times before with Polarstern, there are many young colleagues, some of whom are collecting data for their PhD and MSc projects, who are taking part for the first time in a long cruise and do not know whether or not they can avoid seasickness. Everybody knows some of the other colleagues, but nobody knows everybody. An exciting process of getting to know each other begins; the broad spectrum of knowledge and experience will help to bring our interdisciplinary research along. As well as the 49 names of the other scientists there are also 40 crewmembers to get to know.

On time at 6 o'clock in the evening Polarstern leaves Cape Town harbour. In a relatively calm sea we take our last glimpses of land. Clouds roll over the over 1000 m high Table Mountain and descend again before dissolving in the warmer air below. We won't be seeing land again, or any other ship, for many weeks. Outside the shelter of the harbour we are greeted with winds gusting to Force 8. Our first waypoint is at 44°S, 10°E so we head off in a southwestward direction.



Themisto gaudichaudii, ca. 20 mm long (© E. Pakhomov)

The Southern Ocean (SO) is that part of the ocean which surrounds the Antarctic Continent up to a latitude of perhaps 35 or even 30°S. It distinguishes itself by having a dynamics of its own. Strong west winds drive the Antarctic Circumpolar Current (ACC) and lead to an upwelling of nutrient-rich water masses in the southern part of the SO. The ACC is, with a transport of 100 million cubic metres of water per second, or as the oceanographers say 100 Sverdrups, the most massive current in the world's ocean (in comparison all the rivers of the Earth transport about 1 Sverdrup) and connects the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. The ACC consists of a number of narrow jets which keep on forming meanders which leads to the formation of eddies, just like the highs and lows of the atmosphere, though in the ocean they have diameters between 10 and 300 km.

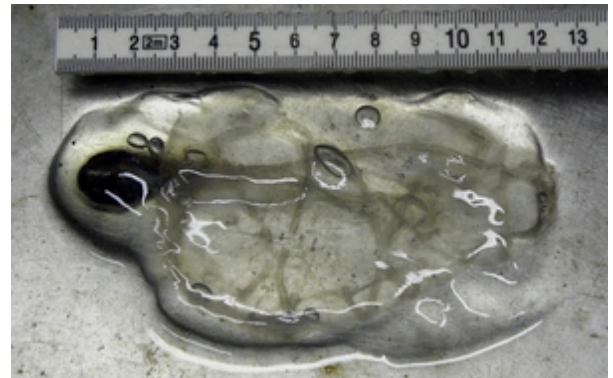
The Southern Ocean, through its connection of the other three major oceans, through the formation of bottom water, the upwelling of nutrients into the surface layer and naturally through its size, plays an important role in the global circulation of

chemical elements, including carbon, particularly carbon dioxide (CO₂), and therefore in the planetary climate system.

During the expedition the team led by Volker Strass is investigating physical, chemical and biological processes in eddies and at fronts which contribute to the exchange of CO₂ between the atmosphere and ocean and to the transport of carbon out of the surface layer into the deep ocean and even to the bottom. To do this a multitude of parameters such as temperature, salinity and the concentrations of nutrients, dissolved oxygen and chlorophyll have to be measured in a whole range of depths. The flux of particulate material to depth will be investigated using drifting sediment traps, with measurements of thorium and with optical techniques. During the expedition similar measurements will be made in various biogeographical provinces.

At depths of, in part, over 4000 m live animals which use the downward flux of organic matter as a source of nourishment. Through a variety of interactions with one another they form a complex ecosystem. The diversity and ecology of these deep sea creatures and their relationship to biological productivity at the surface is the focus of the investigation by the team led by Angelika Brandt, which is supported by colleagues from Belgium, Denmark, Switzerland and Chile.

In the first days after sailing and the allocation of the laboratories begins the unpacking of devices for measurement and analysis and all necessary material, ranging from pencils, through filters with a pore size of 0.6 µm and canisters, which will be used to transport seawater from the rosette sampler to the filtering equipment, to microscopes and complex constructions for the measurement of tracers. We have only a few days until the first station.



Pegea confoederata (© E. Pakhomov)

At 44°S, 10°E at 10:30 on the 11th January the CTD (Photo 1), whose sensors measure important properties of the seawater down to the bottom, and whose water bottles bring samples from depth on deck, is let down on a wire to 4600 m depth and returned on board with 22 bottles each of 12 litres filled with seawater. After that follow the “Go-Flo” bottles of our Spanish iron team, AWI's light sensor, another CTD cast to 500 m and the *in-situ* pumps of other Spanish colleagues for the collection of radio isotopes. While we are busy lowering instruments into the water with winches a school of about twenty pilot whales approaches the ship. These creatures grow to a length of 6 metres and belong to the toothed whales and feed on squid. The whales were accompanied by a single, small croaking penguin. In the meantime night has fallen, the ideal time to deploy a large net, the so-called RMT, and tow it at a depth of a few hundred metres below the surface; in a restless sea crew and scientists go to the limit of what safety will allow. They are rewarded by a rich catch, dominated by a species of amphipod, *Themisto gaudichaudii* (Photo 2), up to 20 mm long; these form an important food source for larger creatures.

Starting from 44°S we steamed south along the 10°E meridian making a north-south section of CTD stations with a regular spacing of 1/3 of a degree of latitude. Besides temperature and salinity we determine oxygen and nutrient concentrations at various depths in the water. Every full degree of latitude these measurements are enhanced with determinations of the light field in the upper 150 m of the water and with catches made using the towed RMT net.

In the meantime we have reached 48°S. The zooplankton assemblage determined with the RMT is typical for the Subantarctic Zone and consists principally of arrow worms (chaetognaths), amphipods, krill (euphausids) and lantern fish (myctophids). In contrast we were surprised to find three species of large salps at the station at 46°S, 10°E, which made up about 2/3 of the total biomass of the catch; the two tropical or subtropical species, *Pegea confoederata* (Photo 3) and *Pegea socia* are usually not found south of the Subtropical Convergence at a latitude of 38-42°S. Why we found these species so far south is a puzzle. One possible explanation might be the presence of an eddy of warmer water from the north.

The section down to 52°S will bring us through various biogeographical provinces across the Polar Front and help us to find a suitable site for the first 'complete' station with investigations in both the water column and on the bottom beneath. The benthological team is waiting with longing for the first samples, but will have to be patient for a few days more as we have had to take a break from the station work due to a storm with severe swell.

ANT-XXVIII/3, Weekly Report No. 2

15 January - 21 January 2012

Sunday 15th January: We survived yesterday's storm with gusts up to Force 11 without problem. A number of younger colleagues faced Saturday feeling queasy. Despite waves up to 8 metres the ship rolled rather little. Through experiencing this storm the newcomers have also gained confidence in *Polarstern*. Although the wind abated later on Saturday we were only able to resume our station work during the night as the swell was still running high.

Along our north-south section we cross within a short distance a number of biogeographical provinces. What does this concept mean and which provinces can be identified in our region of investigation? To answer the first question I need to take a detour. A long time ago attempts were made to classify the terrestrial biosphere. The American botanist, F. E. Clemens coined the expression "biome" in 1916. Today this is taken to be short for "bioformation" meaning the totality of plants, animals and microorganisms in an ecoregion or ecozone. Ashore biomes are characterised by their vegetation; the animals and microorganisms are incidental. Examples include the equatorial rain forest, savannah and tundra. The geographical distribution of such biomes can be reasonably well "predicted" by a few abiotic parameters such as latitude, altitude, annual rainfall and geology, which makes the biome concept so interesting for climate and earth system modellers trying to simulate the carbon cycle in the past, present and future. The classification using only vegetation and the predictability of biome distribution using just a few parameters has its limitations. Thus the influence of other organisms, both the megafauna and microorganisms on the structure of the biome has been underestimated; the amount of precipitation depends itself in part on the vegetation, particularly when biomes cover a significant part of continents.

The division of the oceans into ecological domains and biogeochemical provinces was only first attempted in 1995 by Alan Longhurst. One reason for this late classification in the ocean was certainly a lack of data. Only the observation of ocean colour from satellites – such as the Coastal Zone Color Sensor (CZCS) on Nimbus 7 from 1978 to 1986 – delivered the data for global estimates of chlorophyll concentration in surface waters and its variation throughout the seasons. Together with other quantities, such as mixed layer depth and nutrient (nitrate, phosphate) concentration, these data allowed the upper ocean to be divided into about 50 biogeochemical provinces, later also known as biogeographical or Longhurst provinces. In the Southern Ocean there are, according to Longhurst (1998) three circumpolar regions (*Oceanus australis divis est in partes tres.*): 1. The Southern Subtropical Convergence Province, limited to the north by the subtropical gyres and to the south by the northernmost current band of the Antarctic Circumpolar Current (ACC) (depending on the longitude 35-45°S). 2. The Subantarctic Ring between the Subantarctic Convergence and the Polar Front (40-55°S). 3. The Antarctic Province south of the Polar Front (50-65°S). These three provinces are distinguished from one another in many ways by temperature, salinity, nutrient concentration, biological productivity, assemblage of species and quantity of plankton.

Along our section down 10°E we are sampling in all these provinces. The aim of our scientific programme is to investigate the structuring of the ecosystem of the Southern Ocean by the physical oceanographic conditions in a region of the ACC far from land. To do this so-called hydrographic stations are worked at which various instruments are deployed. In addition to the CTD/rosette water sampler, there are special bottles for trace substances such as dissolved iron, light sensors and assorted plankton nets. By combining the values measured at the individual stations a section is created. From such a two-dimensional diagram it can be easily seen how parameters vary between the surface and sea floor across the ACC, including temperature and salinity (Fig.1), chlorophyll, light penetration, the concentration of nutrients,

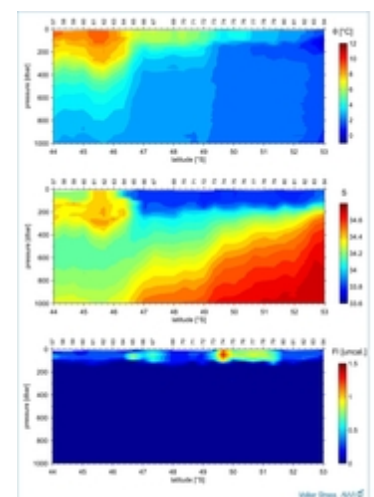


Fig. 1: Vertical distribution (1 dbar \approx 1 metre) of Temperature (top), Salinity (middle) and Fluorescence (as a measure of chlorophyll concentration) (bottom) along 10°E between 44 and 53°S. (© V. Strass)

dissolved oxygen, carbon dioxide, various anthropogenic trace gases, particulate organic carbon, phytoplankton and zooplankton. The most rapid changes are seen at so-called fronts at which different water masses meet. The most important fronts in the ACC are, from north to south, the Subantarctic Front, the Antarctic Polar Front and the Southern Polar Front. Since at these fronts, along with temperature and salinity, density also changes they are associated with strong currents. The ACC thus consists of a series of separate current bands, each about 50 km wide and about 200-300 km apart.



Fig. 2: The sea cucumber *Scotoplanes globosa* (Holothuroidea), also known as 'sea pig', was discovered during the Challenger Expedition (1873-1876). (Photo: A. Brandt)

North of the Subantarctic Front we crossed a subtropical anticyclone (the oceanic equivalent of an atmospheric high pressure region) in which subtropical zooplankton had been transported south. These structures, with a typical diameter of 100 km, are clearly smaller than those in the atmosphere, which have a size of over 1000 km, are called eddies. The highest phytoplankton concentration and sea birds in great numbers – above all Prions (*Pachyptila* from the petrel family Procellariidae) – were observed directly at the Antarctic Polar Front. Beyond the Southern Polar Front the nutrient concentrations increase significantly. This is due to the upwelling of Deep Water in the Antarctic Divergence to the south. Despite these high nutrient concentrations at the surface – the nitrate values are the highest open ocean values anywhere in the world – the phytoplankton concentrations were rather low. This “Antarctic Paradox” was mentioned 80 years ago and is almost certainly due to a lack of iron.

Were the iron concentrations not so vanishingly small, so the phytoplankton would grow better and be able to take up more carbon dioxide. For this reason the Southern Ocean and the physical, chemical and biological processes occurring there have a strong influence on the global climate.

At 52°S we investigated the creatures inhabiting the sea floor using the multicorer (MUC, or “Little Muck” to his friends), the epibenthic sledge and the Agassiz trawl net. From the millimetre-sized foraminifera and carnivorous sponges to large sea cucumbers (Fig. 2) and fish tens of centimetres long a great range of organisms are brought on board. These investigations will be the focus of the third weekly report as the sorting is still going on.

From the global perspective based on the data available in 1995 and taking principally the physical parameters into account the division of the Southern Ocean into three provinces may have seemed reasonable. An alternative biogeographical classification (Global Open Ocean and Deep Seabed (GOODS) Biogeographic Classification, Vierros et al., 2009) considering the conservation of biodiversity shows only 30 provinces for the pelagic (water column in the open ocean) regions and only three for the Southern Ocean. Two decades after the first division by Longhurst with significantly more observations, including those from numerous *Polarstern* expeditions, this coarse partitioning needs refining from the biogeochemical point of view. Both the zooplankton data as well as the constitution of the surface sediments from the sea floor in several thousand metres depth show that the biogeochemical processes within one and the same Longhurst province in the western Atlantic sector, in the lee of the Antarctic Peninsula and around South Georgia, are distinct from those in our current area of investigation. More than three biogeographical provinces need to be defined, and we are on the way to investigate these “new” provinces: Going West! Our next station will be at 52°S, 8°W.

Dieter Wolf-Gladrow

ANT-XXVIII/3, Weekly Report No. 3

22 January - 28 January 2012



Fig. 1: Sediment surface from 4000 m depth brought to the surface by the multicorer. (© K. Jörger)

Sunday, 22nd January 2012. At 53°S, 10°E we are working at the station which began on Saturday morning. All the equipment is being deployed: CTD, light sensor, Go-Flo Bottles, Rectangular Midwater Trawl (RMT), Bongo nets, the little multicorer, the epibenthic sledge and the Agassiz trawl. We finished the 10°E section here, since, as expected, we have crossed the third of the three closely spaced fronts to be found here, and turn towards the west. Satellite images of ocean colour indicate very low chlorophyll, hence phytoplankton concentration, between the Greenwich Meridian (0°) and 10°W in the latitude range 48-55°S. Our next waypoint at 52°S, 8°W is within this area. We want to find out what the explanation is for the contrast between this region and the chlorophyll-rich region west of 10°W at the same latitude.

However, first a look back at the benthic work along 10°E. The diversity and ecology of organisms on the sea floor is closely coupled to the biological production in the surface layer of the ocean. The benthic biologists, who study life on the sea floor, are trying to analyse how creatures at, say, 4000 m depth live, what they eat, or rather how they use the organic matter falling from above as a source of nutrition.

To investigate all sizes of organisms various different sampling devices are deployed. The little multicorer (MUC) is needed to sample the smallest organisms, the meiofauna ≤ 1 mm, to measure biogeochemical parameters, and to obtain an as far as possible undisturbed sediment surface (Fig. 1) and the organisms living there. This device consists of twelve core tubes each with a diameter of 63 mm. The macrofauna (≥ 1 mm up to several cm) is collected most efficiently with the epibenthic sledge (EBS, Fig. 2), a device which consists of two sampling nets which have at their ends a sampling beaker with a mesh size of 300 μ m and a net of mesh size 500 μ m. The animals caught with this method are of excellent quality for the investigation of their systematics, evolutionary biology and intercomparison. It is also useful for isolating animals for genetic or biochemical analysis and for freezing or conservation in pre-cooled alcohol.



Fig. 2: The epibenthic sledge returns on board at dawn. (Photo: A. Brandt)

The Agassiz trawl (AGT) is a drag net with which the megafauna (animals of a size recognisable on underwater photos) or stones for geological analysis can be collected. So that the AGT can also collect smaller organisms the scientists have fitted the coarse net with a finer 500 μ m mesh inner net (known colloquially as the "knickers"). In contrast to the MUC the towed devices require a cable length of one and a half times the water depth to be paid out, so that, for example in water of 4000 m depth the device is towed with a cable's length of 6000 m behind the ship on the sea floor. For the towed equipment the ship first steams away from the position at which the MUC was deployed and then turns and tows back across the target area so that the same position is sampled with all devices.

With the big multicorer we had a series of mishaps; it came back on board either empty or with only a couple of cores. As a consequence we tried the little multicorer and all the tubes returned well filled with sediment. Tense faces were replaced by smiling ones as a wave of relief spread. Now everything is working perfectly and we are getting a wonderful cross-section of the diversity of benthic organisms (Fig. 3 & 4). Particularly common in the meiofauna are the single celled foraminifera and their relatives the komokiatics, little branching organisms that resemble bundles of twigs.



Fig. 3: This small transparent peanut worm (Sipunculid) from the Agassiz Trawl is about 5 cm long. (Photo: A. Brandt)

Nematodes (thread worms) and harpacticoids (copepods) are the dominant metazoans, together with a few polychaets (bristle worms) and isopods, in the core samples. The EBS samples are dominated by polychaets and peracarid crustaceans, which are amphipods, isopods and mud shrimps. These peracarids all have brood pouch or marsupia. Soft-bodied creatures such as molluscs are often found in EBS samples but were rather rare in the 10°E section. The highlight of the EBS samples so far were two carnivorous sponges of the cladorhizid family, one of which had apparently just caught a copepod and an amphipod on its spines. In contrast to the diverse meiofauna on this section it seems that the macrofauna did not find favourable conditions in the fluid layer

enriched in organic matter near the bottom, as three deployments of the EBS showed rather small numbers of creatures. There was also low biodiversity amongst the megafauna. Particularly conspicuous are various species of holothurians (sea cucumbers) including *Scotoplanes globosa*, a “sea pig”, which has been known since the days of the *Challenger* Expedition, ophiurids (brittle stars), a stalked sea pen (*Pennatularia*), which differs from the *Umbellula* species common in the Weddell Sea and the already mentioned peracarids, which the AGT brings on board in its “knickers”.

It is interesting to see how clearly the water column and sea floor are coupled. There, where the planktologists make rich catches with the RMT and the nets are full of salps, amphipods and medusae, there is a depleted fauna on the sea floor; for the bottom living creatures there is little left to eat except the faecal pellets of the zooplankton, as the phytoplankton have already been devoured in the water column. This (un)coupling phenomenon was particularly strong at the station at 52°S, 8°W. In the nets there are huge quantities of zooplankton, especially salps, on the bottom a desert with just a few isolated inhabitants. From space (satellite images) this region looks blue and poor in phytoplankton and no wonder, since it is consumed by the massive population of salps of the species *Salpa thompsonii*. This station clearly is in “Salpastaan”. The benthologists are now looking forward to the next station at 52°S, 12°W; there the satellite images show a massive phytoplankton bloom. Perhaps this means that there are no salps there and that for the bottom dwellers the “table is amply furnished”? We are excited to find out what is going on there and the results that the various pieces of equipment will bring on board both from the water column and sea floor.

We were able to finish our station work at 52°S, 8°W as planned shortly after midday. On Friday afternoon as expected the weather deteriorated very quickly. The wind increased to Force 8 or 9, gusting to 10. The sea and swell had reached 4 m by 3 o'clock in the afternoon and will increase to over 6 m. *Polarstern* is pitching towards the next waypoint at 52°S, 12°W, though without much rolling.

Dieter Wolf-Gladrow



Fig. 4: Compilation of benthic organisms collected using the MUC, EBS and AGT. There are komokioids, foraminifera, porifera (cladiorhizid), nematodes, isopods, bivalves, gastropods, polychaets and holothurians. (Photo: A. Brandt)

ANT-XXVIII/3, Weekly Report No 4

29 January - 4 February 2012



Fig. 1: A planktologist (Evgeny Pakhomov, left) and a benthologist (Tomas Cedhagen, right) discuss about salps (middle; the bucket contains 40 litres seawater full of salps from a single haul using the RM trawl). (Photo: B. Hunt)

Shortly after we had left the station at 52°S, 8°W (“Salpastan”) the weather deteriorated markedly. We steamed to the next waypoint at 52°S, 9°W to deploy a sediment trap because we wanted to know how many and what sort of particles were sinking to depth out of the upper ocean there. We suspected it would be largely the faecal pellets of salps (Fig. 1). But, how many were being produced in this chlorophyll-poor region, and, would they really sediment out, or, were they being recycled by other organisms in the upper layers of the ocean?

On arrival at 9°W, however, we had to relinquish all hope of deploying the trap. Wind and waves made taking equipment on deck impossible. In this the captain and chief scientist were in agreement. With a heavy heart I decided to say adieu to Salpastan, if not forever, then for this cruise, and to give up the section along 52°S, and, during the storm, to head at moderate speed to the station at 52°S, 12°W in the region of high chlorophyll. Thus we could make good use of the time during the storm and start immediately with the comparison station as soon as the weather allowed.

I was still hesitating with my decision when the chlorophyll team showed me their latest values. Hourly surface water samples from the “moon-pool” are measured to give us an underway chlorophyll concentration. The latest values showed that we had fortune in misfortune, as the chlorophyll values had surprisingly already jumped to over 1.5 mg m⁻³ at 9°W (Fig. 2), which meant that we had already crossed the border into the chlorophyll-rich region and that deploying the trap would no longer have told us anything about Salpastan. As always we must interpret the satellite ocean colour images with caution; they are based on observations covering a whole week and because of the clouds give only patchy information.

Sunday 29th January 2012. As I go onto the bridge first thing in the morning there are two icebergs in sight. Only three miles away is one with a breadth of 180 m and a height of 55 m above the water. The first two icebergs of this cruise provide a welcome tourist attraction, especially for our younger colleagues. At 6 o'clock in the morning station work begins again. Besides the CTD, Go-Flo-Bottles, light and fluorescence sensors as well as a multinet, we are also using a microstructure sonde to measure turbulent mixing processes in the upper 300 m of the ocean. The sediment trap team together with the first mate, bosun, several deck hands and an assistant recruited from the benthologists deploy the traps. These consist of two sets of four transparent cylinders open at the top, one set suspended at 300 m and the other at 100 m depth (Fig. 3). At the surface a series of buoys ensure the whole system stays afloat. There is a further buoy equipped with a radio-transmitter, which transmits the position to satellites, and a flashing light to avoid accidents and to allow the trap to be found after a day or two. The satellite system transmits the position to *Polarstern* every 10 minutes, so that the trap can be easily found again. While winch problems interrupt the “water sports” we use the time to circle the icebergs at a

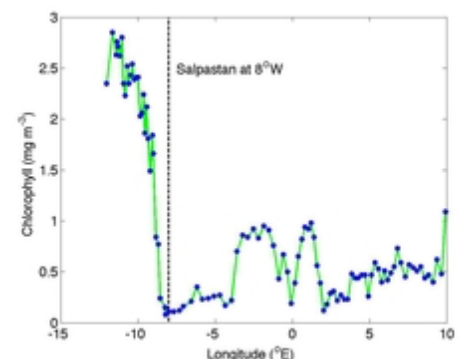


Fig. 2: Concentration of chlorophyll along our cruise track from 53°S, 10°E via Salpastan (52°S, 8°W) to 52°S, 12°W (blue stars = actual measurements). (© D. Wolf-Gladrow)

safe distance (2 cables or about 370 m according to the captain's orders) in the dark. This firstly serves the purpose of a scientific investigation, but we can also enjoy the spectacle of the icebergs illuminated by the ship's searchlights while the snow gently falls. Using the Fast Repetition Rate Fluorometer (FRRF) we search for hints of iron input from the melting icebergs. Increased values of the algal fluorescence (more precisely F_v/F_m) at night would indicate an increased supply of iron for the diatoms. High melting rates should lead to changes in salinity and temperature in the water near the iceberg. We also use a bongo net near one of the icebergs. The continuous temperature and salinity measurements show no sign of rapid melting, the F_v/F_m values are not unusually high and the net catch shows nothing special. This agrees with our observations during the day; both bergs are only losing a little ice in the form of "growlers", chunks up to a few metres across, which driven by wind and waves soon leave the berg behind and quickly melt away without leaving any measurable signal.

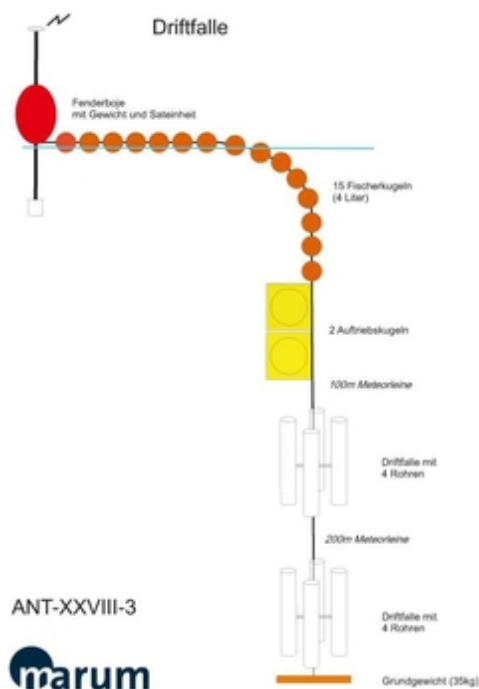


Fig. 3: Scheme of the sediment trap with 2 times 4 cylinders. (© M. Iversen)

The winch problems were not only a headache for the ship's electronics engineer and his colleagues, but also strained the nerves of others on board, especially the benthologists. However, we can rely on Team *Polarstern*. A solution will be found, station work can continue, faces light up again. Spontaneous hugs show the worries of the recent hours and help them disperse. The station at 52°S, 12°W in the high chlorophyll region is developed into a full benthic station. The analysis of the samples is still in full swing, so that we will report on the results in a later report.

The planktologists are surprised and fascinated by the plankton bloom in which we find ourselves. Not only the high chlorophyll concentration of up to 3.5 mg m⁻³, but also the species composition (Fig. 4) is unusual. The bloom is dominated by *Pseudo-nitzschia* species; they are the only group of diatoms which are known to produce the neurotoxin "domoic acid". This substance can accumulate in the food chain, particularly in shell-fish and lead to fatal poisoning in humans and animals. In 1987 over 100 people became ill after eating infected shell-fish on Prince Edward Island in Canada, and 3 were poisoned fatally. The production of domoic acid was blamed on a bloom of the species *Pseudo-nitzschia multiseriis*. However in the chain of causality linking the *Pseudo-nitzschia* bloom to the fatalities there are a number of open questions. Which species and subspecies of *Pseudo-nitzschia* produce domoic acid?

Under what conditions and how much? How is it concentrated through the food chain? How is the toxin taken up by humans? This fascinating substance becomes more interesting when it is considered that domoic acid can react with iron and could thereby increase the bioavailability of iron. The possibility – albeit so far never observed – of creating toxic algal blooms by artificial iron fertilisation of regions with high nutrient concentrations, such as the Southern Ocean, is raised by critics as an important argument against this geoengineering method. We are collecting phytoplankton samples for the determination of the concentration of domoic acid in a natural bloom and we are anxious to know how much of this neurotoxin can be found here and, if it is in larger quantities, what the effect on creatures in these waters is.

During the long benthic sampling the oceanographers and planktologists became ever more nervous. They want to follow the detailed development of the bloom and are wondering how much longer it will remain stable. The position 52°S, 12°W is not a good place for a time series station because of the high current speed there. We make use of maps of the sea surface height anomaly and the (geostrophic) current speeds derived from them and investigate the "rectangle" between 50 and 52°S and 12 and 14°W to find a region of slack flow, ideally the centre of a mesoscale eddy. Our most important instrument for this is the acoustic Doppler current profiler (ADCP) integrated into the ship's hull; this can measure currents in a series of layers to a depth of 300 m. In addition we have measurements of temperature, salinity and chlorophyll at the surface to help demarcate the shape of the eddy structure. The observations indicate an eddy centre near 51°12'S, 12°40'W. At

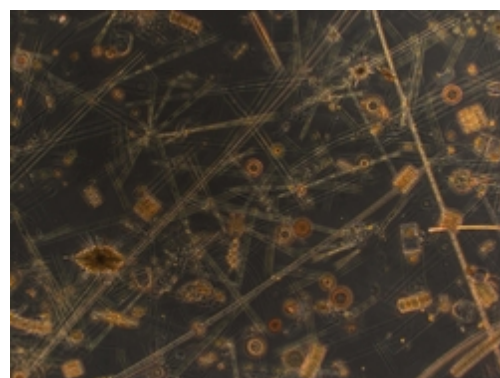


Fig. 4: A view on the phytoplankton assemblage in the study area at 51°S, 13°W: *Pseudo-nitzschia* species, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Thalassiothrix antarctica*, and further. (© C. Klaas)

that point we deploy a sediment trap on the 3rd February which over the next two days barely drifts at all and supports the physical oceanographers' case that we are near an eddy centre. The phytoplankton species composition is similar to that at 52°S, 12°W and the chlorophyll concentration at about 2 mg m⁻³ is stable and high. We are going to stay in this area for some time to investigate the current structures and repeatedly sample the core station at 51°12'S, 12°40'W. When is the bloom going to end? With luck and patience we might experience it here.

Dieter Wolf-Gladrow

ANT-XXVIII/3, Weekly Report No. 5

5 February - 12 February 2012

The title of the 5th Weekly Report is the secret code for the major part of our current work in the area round 51°S, 13°W. With the help of satellite observations (sea surface height anomalies) and the acoustic Doppler current profiler (ADCP) built into the ship's hull we have found a rather weak cyclonic mesoscale eddy, in which the water is rotating clockwise round a centre at about 51°12'S, 12°40'W. Our eddy is small but beautiful; buoys and sediment traps deployed near the centre have not drifted very far after several days. The chlorophyll concentrations are significantly above 2 mg m⁻³ and in the centre almost 3 mg m⁻³. Following detailed sampling at the central station we start to survey the water mass distribution and flow field around the station.

Firstly at stations in north, south, east and west directions 12 and 24 nautical miles from the central station the CTD and the microstructure sonde (MSS, Fig. 1) are deployed in order to determine respectively the hydrographic (temperature, salinity, density and geostrophic flow) structure and the intensity and distribution of mixing processes in the upper 300 m, as well as to fetch water samples for the determination of nutrients, dissolved oxygen, dissolved inorganic carbon, thorium, helium and anthropogenic trace gases originating. The remotely sensed and underway chlorophyll data were the basis for planning our cruise, but the CTD casts give us the first glimpse below the surface. After the working the cross of stations described above, the survey is expanded by a further 16 stations to form a grid of 5 by 5 stations of CTD-MSS-CTD-CTD- MSS-CTD.....

Every two to three days we return to the central station recovering the drifting sediment trap each time. Then a new trap is set and an all-encompassing programme of sampling with the help of the CTD, light sensors, special bottles for the trace metal iron, as well as nets.

The freely drifting sediment traps (Figs. 2 & 3) are of decisive importance in the investigation of export processes in a highly dynamic system such as the phytoplankton bloom which we are investigating. Conventional sediment traps are useful for the determination of the vertical mass flux and the chemical composition of the sinking material. They do not, however, give much information about the type of particles making up the flux. Without knowing the type and exact structure of the particles it is impossible to know the original structure and conversion processes occurring during the sinking, such as the flocking of algae to form "marine snow" or digestion by zooplankton to form faecal pellets, thus allowing reconstruction of the processes of the biological carbon pump. One focus of the ANT-XXVIII/3 Expedition is export mechanisms, particularly how the species composition of phytoplankton influences the structure and chemical composition of the sinking particles.

In contrast to conventional traps we use a highly viscous gel at the bottom of some of the trap tubes, to catch sinking particles and preserve their structure;



Fig. 1: The microstructure sonde is launched. (© H. Prandke)



Fig. 2: The sediment trap being deployed. (© D. Wolf-Gladrow)

particles sink in the transparent gel like breadcrumbs in honey. Image processing under high magnification delivers information about the composition and size spectrum of the particles. Differences between the tubes at 100 and 300 m depth allow conclusions to be drawn about transformation processes in the intervening layer. The use of the gel-traps has already delivered valuable indications about the sedimentation processes here. We are apparently in a region in which zooplankton are vigorously grazing down the phytoplankton.

Correspondingly very little algal material is sinking out directly. The majority of particles leaving the well-mixed upper layer, currently about 100 m deep, are zooplankton faecal pellets. These (Fig. 4) were from four different groups of creatures: salps, krill, amphipods and appendicularians. However, the contribution of the different types to the total export will only be determined following detailed analysis back home in the AWI.

In the meantime we are back at the central station for a fourth time. The first three times the chlorophyll in 20 m depth was virtually unchanged, although the total chlorophyll in the top 120 m from visit to visit was less. Was this a first sign of the end of the bloom? The vertical profiles of chlorophyll concentration derived from the CTD casts showed a different story; the recent storm had merely mixed the chlorophyll-rich surface layer with some of the chlorophyll-poor water below. We need to be more patient. Some sunny days during the week have given us a better view of ocean colour from space. From this data it can be seen that the algal bloom which covered a large area around here has shrunk dramatically and we expect that our eddy will not be immune from this disappearance. We want to be there when it happens.

During the week one of our colleagues became a father for the first time. We had been keeping our fingers crossed for him and naturally above all his wife for many days. As he was eventually called to the telephone by the radio officer, we all knew what to think; we were able to congratulate him on the birth of a son. However, before he has the opportunity to change nappies another four weeks will go by.

Dieter Wolf-Gladrow

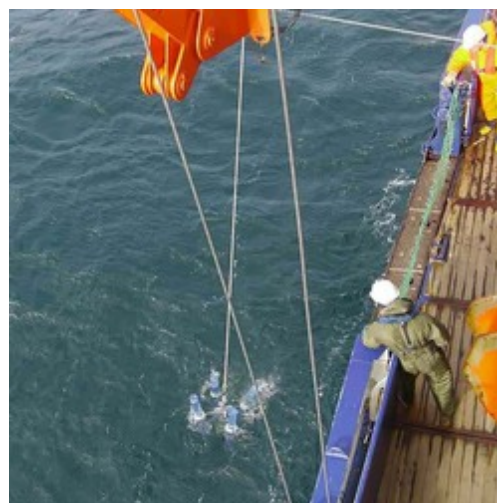


Fig. 3: The sediment trap being recovered. (© D. Wolf-Gladrow)

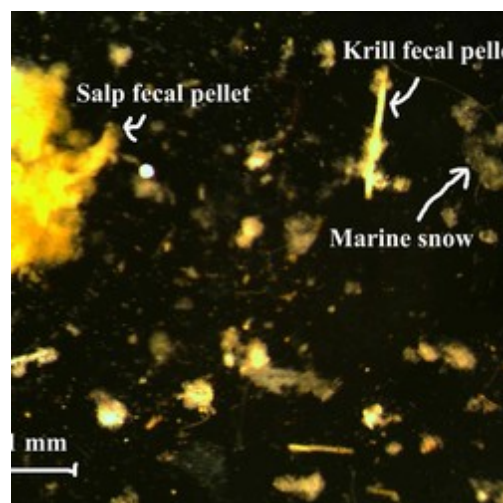


Fig. 4: Marine snow and faecal pellets from salps and krill in the gel trap. (© M. Iversen)

ANT-XXVIII/3, Weekly Report No. 6

13 February - 19 February 2012

Sunday 19th February 2012: On Mondays when I send the weekly report to AWI there is always a long week ahead of me. On Saturdays the week has gone by quickly and I start to think which of the important events I should include in the Weekly Report without it becoming too long [for the reader as well as for Harry Leach, the poor aboard translator] – no easy feat this time considering the many stations and pieces of equipment deployed. In the past week we have finished our research work in the area around 51°12' S, 12°40' W. The extensive algal bloom, which we had long followed from satellite images, had, after being stable for weeks, now changed quickly and we were able to observe the development locally in detail.

The station work with CTDs and nets have allowed us to catch a glimpse of what lies below the surface observable from satellites. The maps of ocean colour remotely sensed from space only give information about the top few metres of the ocean. During the last two weeks we have sampled the central station seven times and been able to determine the change in the chlorophyll concentration and its vertical distribution. The chlorophyll values at 20 m depth (Fig. 1, blue stars) drop in two stages. The chlorophyll integrated vertically over the top 120 m (Fig. 1, red diamonds) also decreases with time, though not always in step with the 20 m values. Only the chlorophyll profiles over the top 200 m of the water column (Fig. 2) reveals more about the processes responsible for development of the algal bloom. During our first sampling of the central station the well-mixed surface layer extended to 100 m depth. Soon afterwards this high chlorophyll layer (values above 1.8 mg m⁻³) was eroded from below and correspondingly the integral over the top 120 m decreased, while the value at 20 m remained virtually unchanged till 9th February (Fig. 1). The decrease of the 20 m value between the 9th and the 12th (Fig. 1) could be explained alone by the deeper mixing due to a long-lasting storm, as indicated by the integral to 120 m, which hardly changed. Only after the 17th February do both the 20 m value and the integral decrease, as we expected, as the satellite image of the ocean colour showed a sharp boundary (front) between the low and high chlorophyll regions approaching the central station from the northwest.

As in each of the biogeographical provinces we are visiting (see 2nd Weekly Report) we would like to be able to make more measurements here and we asked ourselves 'Should we stay, or should we go?' (with apologies to 'The Clash'). The passage of the chlorophyll front at the core station was, at least for me, under the circumstances (limited ship time) a satisfactory conclusion. For a detailed analysis of the development of the bloom we will have to put together a puzzle made up of the primary productivity, nutrient and hydrographic data, bearing in mind that the latter two indicate an influx of different water in the depth range 150 to 500 m.

The algal biomass at a point, such as our central station, can decrease due to a variety of processes: 1. Influx of algae-poor water, 2. formation of algal aggregates (which above a certain size are called marine snow, because of their appearance, and which can sink to greater depths and even to the sea floor), and 3. Grazing by zooplankton. We have evidence that in our case all three processes contributed to the reduction in chlorophyll concentration. We will try to assess the contribution of the first two processes with the help of the flow data and samples from ten successful deployments of a drifting sediment trap (see 5th Weekly Report).

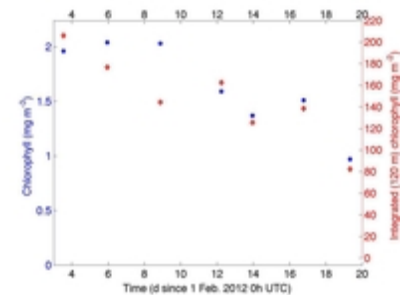


Fig. 1: Both the concentration of chlorophyll at 20 m depth (blue stars) and the amount of chlorophyll integrated over the upper 120 m of the water column (red diamonds) decrease with time. (© D. Wolf-Gladrow)

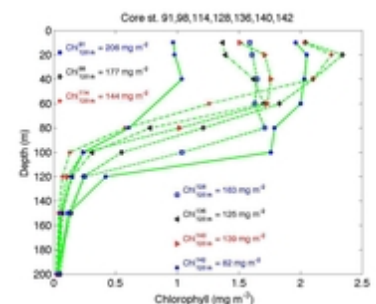


Fig. 2: Vertical profiles of the chlorophyll concentration at the core stations 91, 98, 114, 128, 136, 140, 142 tell more of a story than the surface concentrations and the integrated values. (© D. Wolf-Gladrow)



Fig. 3: The RMT catch from 'blue' waters is dominated by amphipods (*Themisto gaudichaudii*); for details compare Fig. 4). (© E. Pakhomov, B. Hunt)



Fig. 4: The RMT catch from 'blue' waters is dominated by amphipods (*Themisto gaudichaudii*). (© E. Pakhomov, B. Hunt)

The third process is the most difficult to assess. The initial zooplankton community was represented by large volumes of salps (*Salpa thompsoni*), euphausiids (mainly *Euphausia triacantha*) and pelagic hyperiids (*Themisto gaudichaudii*). There was an initial indication that salps may increase in numbers due to high occurrence in samples of the solitary forms that were ready to release chains of aggregate forms. Each solitary form is capable of producing over a short period of time up to 800 small aggregates, when conditions are right. However over the course of the station, the catch volumes roughly halved with salps decreasing in contribution. On the other hand, *T. gaudichaudii* visibly nearly tripled in abundance (Fig. 3 & 4), which may have impacted small salp development by preying on them. Towards the end of the station, southward intrusion of Subantarctic zone species (e.g. euphausiid *Euphausia vallentini*) was obvious.

At this point, the core station zooplankton community was truly mixed with Subantarctic (*E. vallentini*), Antarctic Polar Frontal Zone species (*E. triacantha*) and Antarctic (*E. frigida* and *E. superba*) species of euphausiids present in samples simultaneously. This clearly coincided with the general trend of the chlorophyll standing stock decline and the sharp boundary to the low chlorophyll waters approaching station from the northwest. The difference between “green” and “blue” waters could be well illustrated by the RMT-1 samples when two samples taken at visibly different waters are compared (Fig. 5). The first one taken at the core station was full of large phytoplankton algae (green) (Fig. 5 left), while another obtained only 8 miles northward (blue waters) was packed with copepods and small euphausiids with almost no sign of phytoplankton present (Fig. 5, right).

present (Fig. 5, right).

We finished our investigation in this region with a benthic station, which was jinxed. Apparently because of a material failure we lost the epibenthic sledge, which until now had worked so reliably (see 3rd Weekly Report). Despite the interesting sampling with the multicorer and the Agassiz Trawl, the benthologists are saddened and dismayed by the loss, which cannot be replaced by the increased deployment of other equipment. Particularly here at this station there seem to be a different species composition amongst benthic organisms too, with more filter feeders dependent on a supply of nutrition from shallower layers above.

After finishing our last short central station we set sail westward towards South Georgia: Go West!

Dieter Wolf-Gladrow



Fig. 5: Catches from trawl deployments in regions of high (left; core station at 51°12'S, 12°40'W) and low (right; 8 nautical miles north of the core station) chlorophyll concentration. (© E. Pakhomov, B. Hunt)

ANT-XXVIII/3, Weekly Report No. 7

20 February - 26 February 2012

After finishing our investigation in the area near 51°12'S, 12°40'W we sailed towards the region around South Georgia. This is the third biogeographical province which we want to visit. The sailing time from 13°W to 33°W at 51° latitude at a speed of 10 knots should take about 4 days – time to analyse samples and data. So much sailing might be expected to lead to only a short weekly report, but sometimes there is a special day.

Before resuming our station work we spent a few hours visiting South Georgia. Presumably a large part of the iron which supports the algal bloom north west of the island comes from here. The final decision for the exact timing of our visit is given by information provided by our meteorologist on board, who provides a forecast twice a day of the weather for the following days. On Tuesday I visit him at 08:00 straight after breakfast. From the forecast from the previous evening conditions look good for Thursday: wind SW 5-6, in the morning sunny, 4°C, maybe more with a foehn effect, risk of light precipitation in the afternoon. I have to be patient until 08:45 when the latest information will arrive by email. By 09:00 we have decided and I ask the captain to make a small course change and we start heading directly for Grytviken, the old whaling station, on South Georgia; we'll be there in two days. Before the cruise I had already made contact with the British authorities by email to ask for permission to visit and by return received an extremely friendly invitation. Now Captain Pahl makes contact with the local administrator. We will be the only visitors on Thursday. The museum and post office will be opened just for us. In addition we receive an invitation to visit the King Edward Point Research Station staffed by our colleagues from the British Antarctic Survey. For one British cruise participant it will be a repeat visit as she was here several times in connection with her PhD project. Captain Pahl responds with an equally friendly invitation to visit *Polarstern*. In the two remaining nights we put the clock back by an hour each night so that we have the right local time (GMT-2). On the way to Chile we have to put the clock back by two more hours.



Fig. 1: Full-size replica of the 'James Caird', South Georgia Museum, Grytviken (© F. Lejzerowicz)



Fig. 2: View of Grytviken from Polarstern in Cumberland Bay East, South Georgia. The buildings of the King Edward Point Research Station belonging to the British Antarctic Survey in the foreground can be clearly identified by their red roofs. The former whaling station, church and museum are in the background on the other side of King Edward Cove. (© D. Wolf-Gladrow)

On Thursday I'm already awake about 5 o'clock and look out of the cabin window and see for the first time the snow and ice covered mountains of South Georgia rising straight up from the sea. I imagine how Sir Ernest Shackleton in 1916 with the 7.5 m long and 2 m wide 'James Caird' (Fig. 1) arriving at South Georgia from Elephant Island after 800 miles at sea anxiously searched for a place to land. "We stood off shore again, tired almost to the point of apathy. Our water had long been finished. ... The pangs of thirst attacked us with redoubled intensity, and I felt that we must make a landing on the following day at almost any hazard." After the dangerous, but successful landing in King Haakon Bay on 10th May 1916 the water tasted incomparably good: "A moment later we were down on our knees drinking the pure, ice-cold water in long draughts that put new life into us. It was a splendid moment." (Shackleton, E., SOUTH – The Endurance Expedition, London, 1919; reprinted 1999).



Fig. 3: Rusting remains of the former whaling station (1904-1966), ships and whale vertebra. (© V. Strass)



Fig. 4: Fur Seals (top left), King Penguins (top right) and Elephant Seals (below) in Grytviken. (© A. Brandt and D. Wolf-Gladrow)

Our landing is less spectacular and more comfortable. Just before 8 o'clock we arrived in King Edward Cove where the water depth was 25 m. We enjoy the first sighting of Grytviken (Fig. 2). After breakfasting well we don life jackets and leaving the ship via the pilot hatch climb down a rope ladder into one of the ship's four lifeboats. At the foot of the ladder the first mate and a deck hand help us on board. In the lifeboat, which can at pinch take 50, we travel ashore in relative comfort with 25 colleagues.

The name Grytviken comes from the Norwegian: 'gryte' is the cauldron (after those found here in 1902, which were produced in London and used for the processing of seal oil before the settlement here was founded), and 'vik' is the bay. Grytviken was founded in 1904 by the Norwegian Carl Anton Larsen as a whaling station for his 'Argentine Fisheries Company'. At the peak of whaling up to 300 men worked here. Over a period of several decades thousands of whales were processed to make whale oil and corset bones. This butchery only ended in 1966 because the whale stock had been drastically reduced and the exploitation was no longer commercially viable. Today we wander through the rusting remains of this place of slaughter (Fig. 3). In the 20th Century more than 300 000 Blue Whales were killed. The estimated stock of 220 000 in 1920 was thereby reduced to a mere 1000-3000 by the 1960s. The current population of 10 000 to 20 000 is therefore less than 10% of the original stock. Other species, such as the Fin Whale, were likewise reduced in numbers.

Grytviken is the capital of the British overseas territory South Georgia and the South Sandwich Islands. The population of this capital is easily described; two naval officers, a post officer, a museum keeper and their wives as well as 15 scientists, engineers, technicians and a doctor at the BAS station. Nature has reclaimed much of the place; Fur Seals, Elephant Seals and King Penguins stand or lie beside the road or in the remains of the whaling station (Fig. 4). The Fur Seals are pretty aggressive. We keep away from them and avoid turning our back on them. The southern Elephant Seals are the largest seals in the world and can be found on a number of islands around the Antarctic; about half of the 750 000 individuals live on South Georgia.

South Georgia is closely associated with the life of the Anglo-Irish polar explorer Sir Ernest Henry Shackleton (1874-1922). Shackleton came within 180 km of the South Pole during the Antarctic expedition which he led in 1909. For this achievement he was knighted by King Edward VII. Shackleton became famous because of the *Endurance* Expedition (1914-1916) which aimed, starting from South Georgia and sailing to Vahsel Bay (77°49'S, 35°07'W), to cross the Antarctic continent using dog sledges, travelling via the South Pole to the Ross Sea. The failure of the expedition – the *Endurance* was caught in the pack ice in the Weddell Sea and crushed and sank – led to his greatest triumph; despite several hopeless situations he was able to save his entire team.

This was thanks to his unbelievable energy, his personal dedication and repeated ability to motivate the people he was leading. These qualities make him even more than a century later and well beyond



Fig. 5: Grave and memorial stone for Sir Ernest Shackleton (1874-1922), to the right with fresh flowers the grave of Frank Wild, Shackleton's deputy during the *Endurance* Expedition and leader of the 22 men who had to wait for over 4 months on Elephant Island to be rescued. The internment of the urn did not take place until more than 60 years after his death, just a few months before our visit. (© D. Wolf-Gladrow)

polar research an exemplary personality. After the landing in King Haakon Bay Shackleton together with Frank Worsley, the captain of the *Endurance*, and the second mate Tom Crean crossed the island and on the 20th May 1916 reached the whaling station Stromness north west of Grytviken. I think of my father, who was born on that day, and the world at that time – in the middle of the First World War – and my life now in the midst of an international research team...

We visit the grave of Sir Ernest Shackleton (Fig. 5), who died in 1922 in Grytviken. In November 2011 the urn of Frank Wild, his deputy, was buried next to him. We climb the hill behind the cemetery to a small reservoir, which feeds a small power station. In sunny moments we enjoy the view of King Edward Cove and the *Polarstern* (Fig. 6). Enough time remains to visit the museum. We are greeted extremely amicably and even invited to tea or coffee and cake in the kitchen.



Fig. 6: View of Polarstern in King Edward Cove (© D. Wolf-Gladrow)

In the afternoon we visit our BAS colleagues at the King Edward Point research station, who were able to visit *Polarstern* in the morning. The focus of the research work lies in the fisheries of the 200 mile zone around South Georgia. That includes the zooplankton upon which the fish live. Visiting scientists, who come for a year or two, look into the development of the seal and penguin population and its dependence on the krill and fish stocks. During the visit to the laboratories, offices, the kitchen, radio room and sick bay an animated scientific exchange takes place and some of participants in our research team can well imagine working here as visiting scientists.

By 6 o'clock in the evening all the shore leave party have signed themselves back on board. *Polarstern* sets sail again heading for our next working area north west of South Georgia. However, that will be the subject of next week's report.

Dieter Wolf-Gladrow

ANT-XXVIII/3, Weekly Report No. 8

27 February - 6 March 2012

Following our half day visit to Grytviken we leave South Georgia and steam to the north west. From the satellite observations from the last two decades we know that here in the austral spring and summer extensive algal blooms occur. Measurements here show that chlorophyll concentrations of over 5 mg m^{-3} are not unusual. Still, we haven't come here hunting for new record values, but rather to find out why major blooms so often occur here.

One reason could be the iron input from South Georgia. But how, and in what quantities, does the iron get into the sea water? That the rocks on South Georgia are rich in iron is obvious without detailed chemical analysis (Fig. 1). However under oxidising conditions iron is very insoluble. At low oxygen concentrations (anoxia) a form of iron (Fe^{2+})

occurs which is much more soluble. Anoxic conditions can occur in the water column beneath regions of high productivity, but this isn't the case in the Southern Ocean. In sediments, below a certain depth beneath the sediment surface, anoxic conditions routinely occur. The concentration of Fe^{2+} is correspondingly high in the pore water. How the iron gets into the water column – either as dissolved iron or bound to organic ligands – remains unresolved. From measurements in the water column it is known that shelf seas around continents and islands can be significant sources of bioavailable iron. The shelves around South Georgia are therefore the principal suspect in our search for a source of iron. The first station on the way to the north west we place at the shelf edge in a water depth of 1200 m. We expect a clearly increased iron concentration in the lower layers. In contrast the measurements show a maximum in the surface layers. Does this mean that the iron comes into the water from dust blown from the island? So shortly before the end of the cruise we have no more time to follow this lead.



Fig. 1: Iron-rich rocks in Grytviken, South Georgia (© D. Wolf-Gladrow)

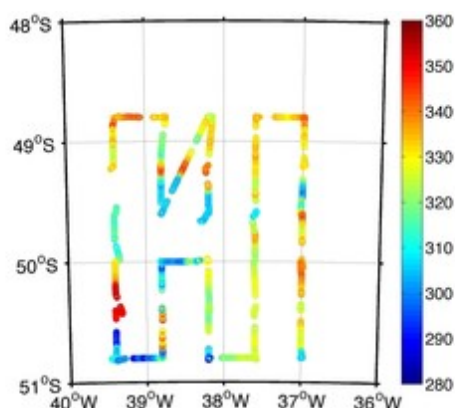


Fig. 2: Partial pressure of CO_2 in surface water, $\text{pCO}_2^{\text{Ocean}}$ (in μatm): All values are significantly below the CO_2 partial pressure in the atmosphere (almost $400 \mu\text{atm}$) showing that the ocean here is taking up CO_2 from the atmosphere. (© J. Hauck, E. Jones)

Before the iron samples have been analysed we have reached the first station of a grid with 24 mile spacing and start a detailed investigation with CTDs to 1500 m and – at night – with RMT nets to 300 m in an area around 50°S , 38°W . The partial pressure of carbon dioxide in the water, $\text{pCO}_2^{\text{Ocean}}$, (Fig. 2) is in places under $300 \mu\text{atm}$ (microatmospheres) well below the corresponding partial pressure in the atmosphere of nearly $400 \mu\text{atm}$. This enormous difference must be due to a major long-lasting algal bloom. Silicic acid, H_4SiO_4 , which is an important nutrient for diatoms, is, in the relatively shallow mixed layer, at most 50 m, with values below $0.1\text{-}1.0 \text{ mmol m}^{-3}$ almost used up. However the silicic acid concentration at 100 m depth is significantly greater and deep mixing by frequent storms can always mix up nutrients and so keep the bloom going. Even if the bloom were to end shortly it would take several months before the ocean had taken up enough CO_2 from the atmosphere to bring the partial

pressures to equilibrium. Whether and where it comes to this equilibration we cannot investigate during this cruise and so the question does not arise about staying or going (see 6th Weekly Report).

However, there is time for a longer station in the centre of a cyclonic eddy. On 1st March at 04:24 we reach the last point of out station grid at 49°36'S, 38°12'W and deploy the CTD. At 5 o'clock the sonde is at its maximum depth of 1500 m and I was woken up as agreed. A few minutes later the senior scientists of the Eddy Pump team meet to decide on the position of the central station. All the information needed is now available. Based on our numerous measurements of the last four days and the satellite observations, which we download daily from the internet, we are easily able to determine where the eddy is centred. Within a few minutes we have decided; the last station in the water column will be at 49°40'S, 38°16'W, only 5 miles away. I give the bridge the new waypoint. As soon as the CTD is on board we are heading there.

At this last central station we spend 38 hours. After the deployment of the drifting sediment traps follow multinetts, MSS, CTD, RAMSES (light sensor), Go-Flo, RMT towed net, more CTDs, nets and several MSS deployments to study the daily mixing cycle. The sediment trap drifts with only 0.2 knots – a sign that the place was well-chosen and that we are close to the eddy centre. After 24 hours we collect the trap as planned. We complete the station with the trio CTD-MUC-MSS and steam during the night to the next waypoint at 50°48'S, 39°24'W, where in 4200 m of water the last deep sea benthic station should take place.

In the area around 50°S, 38°W, we made numerous catches with the midwater trawl (RMT) to see *inter alia* whether *Euphausia superba* (Antarctic Krill) occurs here. *Euphausia superba* serves as food for various whale species, especially Blue Whales, as well as seals and penguins. In the catches we find, besides amphipods, copepods, salps and other animals, also some *Euphausia superba* but always in small numbers.

We start the benthic station on Saturday 3rd March at 5 o'clock in the morning with the last CTD, which is lowered to within a few metres of the bottom. Then follows the Agassiz Trawl. The benthologists have been longing for this moment. In this biogeographical province they are hoping for a richer catch. They are not disappointed; the first trawl brings more than all the previous deployments together. The second haul is also successful. Both catches contain a large proportion of diverse kinds of rock, some of which could have been transported here by ice from South Georgia (slate, granite), but also lava from further afield from regions with volcanoes active then or now. In the first Agassiz Trawl a large boulder (Fig. 3) is so blocking the net that at first sight it seems that it closed the net and might have reduced the catch. On opening the net however it turns out not to be the case and the catch is the best ever so far. Megafauna were clearly dominant with a high density and diversity of echinoderms in this area with 4100 m water depth. Most frequent of all were sea cucumbers (holothurians, Fig. 4) with the biggest biomass, followed by starfish (asteroids) and brittle stars (ophiurids). Echinoids on the other hand were few in number. Sea pens (pennatulurids) from the cnidarians show, together with the sponges found, that there is plenty of nourishment here and that the filter feeders are receiving as much as the detritus and sediment feeders, which at this station show a respectable size.



Fig. 3: Sampling the large boulder from the first Agassiz Trawl of the day (© A. Brandt)

The second Agassiz Trawl during the night was even more successful, with twice as many stones, animals and sediment. The sampling of the stones, the sieving of the sediment and the sorting on ice of the living material for biochemical and genetic analysis, labelling, fixing, cleaning, and tidying took more than six hours until the early morning.

Common to both catches is that the quantity of smaller macrofauna, which we had hoped would be caught in the 0.5 mm mesh inner net, was significantly less than we had hoped for. This fraction was dominated by molluscs, both gastropods and bivalves, as well as polychaets and peracarids. Isopods were rare in these Agassiz Trawls. At this station we really missed our "Lisa" - the epibenthic sledge, which we lost in the central south Atlantic (see 6th Weekly Report). She would have possibly caught the macrofauna we hoped for. Sometimes research doesn't go according to plan.

Following the Agassiz Trawls we use the multicorer (MUC) to bring undisturbed sediment on deck. From these samples smaller animals are collected. In addition microsensors are used to measure the oxygen concentration in the upper

centimetres of the sediment core. From these data it is possible to work out the rate of decay of particulate organic carbon.



Fig. 4: A selection of sea cucumbers (holothurians) from 4100 m depth (© A. Brandt)

A busy week comes to an end. Following the last CTD on Saturday morning the Eddy Pump team starts packing. The benthologists are still busy with sorting and conserving the animals caught. On Monday morning in 3800 m of water we deploy a mooring with two sediment traps, one at 500 m and the other at 1500 m above the bottom.

This is already the last Weekly Report of our Expedition ANT-XXVIII/3. We have achieved a lot and are returning with many interesting data and samples. The further investigation of the samples and analysis of the data ashore is still ahead of us. We have left some loose ends behind, such as the question of the origin and further development of Salpastan (see 4th Weekly Report) or the source of the iron which is responsible for the phytoplankton bloom north west of

South Georgia. Inspired by the knowledge gained, some of the cruise participants have already started making plans to tackle the open questions during further cruises aboard *Polarstern* or other research vessels – of course preferably *Polarstern*.

I should like to take this opportunity to thank Captain Pahl and his crew for the excellent collaboration with the scientists; this includes our two colleagues from the German Weather Service. We were always competently advised and the commitment both on deck and behind the scenes was exceptional – even when, on occasion, the plan of work had to be changed at short notice. In this way it was possible to make optimal use of ship time. I was always impressed by the heart-felt atmosphere.

Thanks go also to Harry Leach who translated all the weekly reports from German into English in his spare time between one or the other of the more than 120 CTD deployments – and let me apologize especially for the length of this last report.



Fig. 5: The Agassiz Trawl comes on deck at night. (© A. Brandt)

On Sunday 11th March we will arrive in Punta Arenas. Despite always being well looked after, we are looking forward, after two months at sea, to some fresh fruit and vegetables – and above all to return home to our friends and relatives.

Dieter Wolf-Gladrow