

Frontendynamik und Biologie II

Wochenbericht 1 vom 21.03.1999

FS Polarstern verließ Kapstadt planmäßig am vergangenen Donnerstagabend mit 48 Eingeschiffen und 43 Besatzungsmitgliedern an Bord. Es war der Abend nach einem heißen Tag, und wir standen in T-Shirts und Sandalen auf dem Peildeck während die Lichter von Kapstadt in die Ferne verschwanden. Bei sommerlich ruhigem Wetter begannen wir am Freitag frohen Mutes mit auspacken und einrichten der Labors, aber gegen Abend machte sich die See bemerkbar und viele der bisher strahlenden Gesichter verloren merklich an Glanz und Farbe. Seitdem bahnt sich die mächtige Polarstern ihren Weg durch eine von Windstärken zwischen 5 und 9 hochgepeitschte See. Mitterweile haben wir uns an das Leben im scheinbar fluktuierenden Schwerefeld gewöhnt: Mal fallen einem die Türen ins Gesicht, mal kriegt man sie nicht auf; mal fliegt man die Treppe hoch, mal hat man Mühe hinunterzusteigen. Man kann der Umwelt nicht mehr trauen: Gläser, die man sicher hingestellt hat, fallen von alleine herunter, und steht man ahnungslos irgendwo herum, wird man plötzlich wie von unsichtbarer Hand weggeschubst. Kein Wunder, daß auch die innere Welt sich daneben benimmt! Das eigentliche Wunder ist, daß Körper und Seele die neuen Bedingungen einsehen und sich anpassen. Schon am Sonntag wurden die Mahlzeiten von allen genossen. Das Quietschen und Knistern um uns hören wir nicht mehr und die ständigen Ausgleichsbewegungen des Körpers empfinden wir als Normalzustand.

Unsere Forschungsfahrt ist Teil des internationalen Programms "Joint Global Ocean Flux Study" (JGOFS), das der Erfassung des marinen Kohlenstoffkreislaufs gewidmet ist, unter besonderer Berücksichtigung der Prozesse, die für die längerfristige Aufnahme atmosphärischen Kohlendioxids durch den Ozean verantwortlich sind. Diese Prozesse überspannen ein breites Spektrum von Skalen, die sich von der grossräumigen ozeanischen Zirkulation bis hin zur molekularen Reaktionen in und um Mikroben des Planktons erstrecken. Wir wollen nun die relevanten physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse in einem Schlüsselbereich des Antarktischen Zirkumpolarstroms (AZS) gemeinsam untersuchen, um die Rolle dieses breiten Wassergürtels im globalen Kohlenstoffhaushalt zu ermitteln.

Das zweite Forschungsziel der Fahrt liegt über eintausend Meilen weiter im Süden und ist ebenfalls Teil eines internationalen Programms: "Global Ocean Ecosystem Dynamics" (GLOBEC), dessen Südpolarmeer-Teilprogramm sich mit der Biologie des antarktischen Krills befaßt. Die riesigen Krillbestände scheinen den Winter auf der Unterseite des Meereises zu verbringen. Da das Meereis im Laufe unserer Fahrt sich allmählich vom Kontinentalrand nordwärts ausbreiten wird, wollen wir dem Eis entgegen fahren, um dort Krill aufzuspüren und zu fangen. Zustand und Verhalten der Tiere in Beziehung zu der sich verändernden Umwelt wird vor Ort und auch experimentell ermittelt. Unsere Untersuchungen liefern Grundlagenwissen, das erworben werden muß, um Auswirkungen der wachsenden Krillfischerei abschätzen zu können.

Die komplexen, dynamischen Zusammenhänge zwischen Umwelt und Planktonbesiedlung können nur durch die enge Kooperation von Physikern, Chemikern und Biologen enträtselt werden. Die meisten Arbeitsgruppen an Bord sind durch frühere Polarstern Fahrten in interdisziplinärer Zusammenarbeit geschult. In abendlichen Vorträgen stellen sich die einzelnen Gruppen und ihre jeweiligen Vorhaben vor. Zunächst erzählt uns der Bordmeteorologe mit fröhlicher Miene die Grosswetterlage und erinnert uns stets daran, daß wir uns im Herbst in berüchtigten Breiten befinden. Die Physikergruppe, die die Dynamik der Wassermassen untersucht, setzt sich aus deutschen, niederländischen und englischen

Wissenschaftlern zusammen. Diese Gruppe liefert nicht nur die Basis zum Verständnis von chemischen und biologischen Prozessen, sie liefert auch das Wasser für die Untersuchungen und bringt mehrere tausend Meter tiefe Verankerungen aus, die mit diversen Meßgeräten bestückt sind, um die Variabilität verschiedener Meßgrößen an derselben Stelle über längere Zeit zu verfolgen.

Knapp einen Tag nach Auslaufen wurde als erstes Meßinstrument ein akustisches Strömungsmesser in Betrieb genommen, der, fest am Kiel des Schiffes installiert, kontinuierlich die Strömungsgeschwindigkeit in den obersten 350 m mißt. Am 20.03 wurde die ca. 3.500 m lange Verankerungskette K11 des Kieler Instituts für Meereskunde bei 42°Süd und 20° Ost bei 4.700 m Wassertiefe erfolgreich ausgesetzt. Sonntagabend hatten wir vor, das wichtigste Instrument dieser Reise - ScanFish - bei 46° Süd auszusetzen und bis 52° S zu schleppen, um die Lage der Fronten im AZS zu erkunden. ScanFish ist ein 2 m breiter, hydrodynamisch geschnittener, grellgelber Instrumententräger, der beim Schleppen zwischen Oberfläche und 250 m Tiefe unduliert und dabei Wasserdruck (ein Maß für die Tiefe), Salzgehalt, Temperatur und die Fluoreszenz des Chlorophylls mehr oder wenig kontinuierlich mißt und die Daten ans Schiff übermittelt. Als wir die Position erreichten, war der Seegang noch hoch, sodaß wir beschlossen die Nacht abzuwarten, da für Montagmorgen eine ruhigere See vorausgesagt war. Während der Nacht flaute der Wind tatsächlich auf 5 ab, die Schaumkronen waren nur noch vereinzelt zu sehen und ScanFish wurde ohne Probleme hinausgebracht.

Zur Zeit schleppen wir das Instrument mit 6 Knoten Geschwindigkeit gen Süden. Die Daten zeigen, daß das Instrument gut arbeitet und die Physiker sind glücklich. Wir befinden uns am Nordrand des Antarktischen Zirkumpolarstroms: Die Luft ist 4° und das Wasser 9°C "warm". Vor uns liegt die Subantarktische Front, die das kalte, nährsalzreiche Wasser antarktischen Ursprungs von dem sonnenerwärmten und daher nährsalzarmen Wasser subtropischen Ursprungs trennt. Bald werden wir die Schwelle zu Antarktika überqueren.

Wir haben uns auf einer stürmischen Fahrt schon eingestellt und sind guten Mutes. Mit herzlichen Grüßen aller Fahrtteilnehmerinnen und Fahrtteilnehmer,

Victor Smetacek (Fahrtleiter)

FS Polarstern-Fahrt ANT XVI/3: Frontendynamik und Biologie II

Wochenbericht 2 vom 28.03.1999

Um den antarktischen Kontinent dreht sich ein mächtiger, nach Osten gerichteter Gürtel sehr kalten Wassers. Bekanntermaßen isoliert dieses ringförmige Stromsystem - Antarktischer Zirkumpolarstrom (AZS) genannt - die kilometerdicke, auf dem Kontinent liegende Eisplatte vor der schmelzenden Wirkung des übrigen, warmen Ozeans. Klimamodelle zeigen, daß eine globale Erwärmung diesen Isoliergürtel noch lange nicht beeinträchtigen wird, weshalb die Küstenbewohner noch ruhig weiter schlafen. Außerdem erfüllt das kalte Wasser des AZS noch eine weitere wärmedämmende Funktion, indem es das Treibhausgas Kohlendioxid von der Atmosphäre aufnimmt und in die Tiefen des Ozeans hinunter befördert. Es ist wohl kein Zufall, daß die Niederlande 12 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit auf unserer Expedition geschickt haben, um die Funktion dieses flutverhindernden Kühlmantels persönlich in Augenschein zu nehmen. Das "Auge", das sie mitgebracht haben, ist das undulierende Schleppsystem ScanFish, das wir letzte Woche von 46° bis 52° Süd mit 10 km/std. schleppten, um die Struktur des AZS zu erkunden. Die Oberflächenschicht dieses Stromsystems setzt sich aus mehreren Bändern zusammen, die jeweils einige hundert Kilometer breit und durch deutliche Fronten voneinander getrennt sind. Ein markanter Übergang ist die Antarktische Polarfront, die definiert wird als die Stelle, an der die 2° C Isotherme (Linie gleicher Wassertemperatur) von der Tiefe emporsteigend die 200 m Marke erreicht. Der Gürtel nördlich davon bis zur Subantarktischen Front wird die Polarfrontzone (PFZ) genannt. Mit unserem ScanFish-Schnitt wollten wir die PFZ durchqueren und tief in den südlichen AZS hineindringen, um uns ein Bild von der Lage der Fronten und den assoziierten Wassermassen zu machen.

Die Position der Front wird von der großräumigen Zirkulation bestimmt und örtlich von der Topographie des Meeresbodens beeinflusst: Unterseeische Gebirgsketten lenken diesen im Kreis fließenden Flusses, aber die Tiefseeebene läßt ihm freien Lauf. Als Untersuchungsgebiet hatten wir den 20° Ost Meridian gewählt, weil sich hier die Polarfront ihren Weg oberhalb einer ausgedehnten Tiefseeebene bahnt. Da wir 5 Tiefseeverankerungen mit Meßsystemen bei hohem Seegang auszubringen gedachten, war es sinnvoll, dies bei ebenem Meeresboden zu tun. Die Verankerungen sollten im Kreuz in 50 km Abstand voneinander in der Polarfront plaziert werden. Aber erst mußten wir die Front finden. Über glattem Boden mäandriert die Front und bildet Wirbeln, die sich von der Front abschnüren und sich allmählich in den benachbarten Wassermassen einmischen. Die Mäander und Wirbel haben Ausmaße von fünfzig bis einige hundert Kilometer. Ihre Bildung bzw. Ablösung ist sowohl mit horizontalen als auch vertikalen Bewegungen verbunden. Dabei kommt es zu Über- und Unterschichtung der an der Front aufeinander treffenden Wassermassen unterschiedlicher Dichte. Die Wirbelbildung führt somit zu einem breiten Band erhöhter horizontaler Vermischung. Die Erfassung der komplexen Dynamik in der Vermischungszone ist eine der Zielsetzungen dieser Forschungsfahrt.

Eine auffallende, aber wenig verstandene Eigenschaft der Polarfront ist ihre höhere biologische Produktivität im Vergleich zu den angrenzenden Wassermassen. Hohe Dichten von Kieselalgen - einzellige Algen ca. einzwanzigstel Millimeter lang aber zu millimeter langen Ketten miteinander verbunden - kommen in dieser Region fleckenhaft vor. Die Ausmaße der Flecken scheinen von den Strukturen im Strömungsfeld bestimmt zu werden. Die Kieselalgen sind von gläsernen Schalen umschlossen, die wegen ihres Gewichts dazu neigen, schnell abzusinken und große Tiefen zu erreichen bevor sie aufgelöst werden. Ein Teil setzt sich sogar auf dem Meeresboden ab und trägt zur Sedimentbildung bei. Gesunde Zellen bleiben in der Schwebe, aber unter bestimmten Bedingungen setzen Massenabsinkvorgänge

aus der Deckschicht ein. Diese typische Eigenschaft von Kieselalgen führt zu einer Umverteilung der in den Zellen gebundenen biogenen Elemente: Kohlenstoff, Silizium, Stickstoff und Phosphor, aber auch einer Reihe von Spurenelementen, weshalb diesen Algen große Bedeutung für die Stoffkreisläufe des Ozeans zukommt. Weil Kieselalgen über ihre photosynthetische Aktivität gelöstes Kohlendioxid (CO₂) in Biomasse überführen, entsteht ein CO₂-Defizit in der Deckschicht des Ozeans. Dieses CO₂-Defizit wird durch die Aufnahme des Gases aus der Atmosphäre wieder aufgefüllt. Kieselalgen, auch Diatomeen genannt, spielen somit eine signifikante Rolle im globalen Haushalt dieses Treibhausgases. Die Entschlüsselung und Quantifizierung dieser Prozesse, die Wachstums-, Akkumulations- und Absinkraten bestimmen, ist eine wesentliche Zielsetzung unserer Forschungsfahrt.

ScanFish trägt Sensoren, die Temperatur, Salzgehalt und Fluoreszenz des Chlorophylls (ein Maß für die Dichte der Planktonalgen) kontinuierlich aufnimmt. Der Bordcomputer übersetzt die Daten in farbige Darstellungen. Durch nachgeben und hieven des Drahts und mit Hilfe von Ruderklappen steigt und sinkt das Vehikel zwischen der Oberfläche und 250 m Tiefe in 5 km Abständen. Wir fingen Montag früh bei 46° S an den ScanFish zu schleppen und die Ergebnisse waren bis Dienstagabend enttäuschend eintönig. Während einer früheren Forschungsfahrt im Südfrühjahr 1992 fanden wir hohe Diatomeen-konzentrationen in der PFZ vor, aber jetzt ist es Herbst, das Licht schwindet und die Wassersäule ist durch die häufigen Stürme tief durchmischt. Wir erwarteten den Ausklang der Wachstumssaison und mikroskopische Beobachtungen der Proben aus der PFZ bestätigten unsere Vermutung: vereinzelte Diatomeenketten mit vielen leeren Zellen treiben im Wasser wie Herbstlaub. Aber das Bild des ScanFishes, das die Verhältnisse zwischen 49° 00' und 49° 30' S darstellte, wies einen grellgelb und orangenen Fleck auf, der auf höhere Algenkonzentrationen hinwies als die dumpfen blauen und grünen Schattierungen der vorangegangenen Meßschnitte. Zu diesem Zeitpunkt wurde ein Geburtstag gefeiert und die Nachricht von der Planktonblüte verbreitete sich schnell. Der Diatomologe eilte davon, um eine Wasserprobe zu nehmen und eine neugierige Schar versammelte sich am Mikroskop. Überraschung und Freude machte sich breit als die Bilder auf dem Bildschirm erschienen: Zahlreiche lange, riemenförmige Ketten unserer Lieblingsdiatomee *Fragilariopsis kerguelensis* im Wachstum begriffen! Die Ozeanographen stellten fest, daß wir kurz zuvor die Polarfront überquert hatten. Wir schleppten ScanFish für weitere 260 km und wurden noch mehr über-rascht. Der südliche AZS, bisher als ozeanische Wüste betrachtet, war reich an Plankton. Am Südrand des Schnittes waren die Biomassen am höchsten, begleitet von einer bis zur Oberfläche aufsteigenden Zunge sehr kalten Wassers. Die Zusammensetzung der Diatomeen war ganz anders als an der Front. Wir hoffen, die Gründe für das Gedeihen der Algen so spät im Jahr während dieser Fahrt noch zu erklären.

Nach Beendigung des Schnitts am Mittwochabend begannen wir mit der Auslegung der Verankerungen, gefolgt von der intensiven Beprobung und Messung der jeweiligen Wassersäulen. Trotz schwerer See schaffte es unsere Verankerungsteam in Zusammenarbeit mit der erfahrenen Besatzung das Ausbringen der mit Instrumenten bestückten 4 km langen Leinen in Rekordzeit. Ein Schaden am ScanFishkabel wurde nach Beratung mit der dänischen Herstellerfirma durch den Schiffselektroniker behoben und Montagmorgen wird der ScanFish wieder eingesetzt und wir fangen mit der Aufnahme einer Rastervermessung der Polarfront an. Die Zooplanktologen an Bord beschäftigen sich mit den hiesigen Copepoden, können aber ihre Sehnsucht nach Krill nicht verbergen. Wir haben hier aber noch viel zu tun und werden erst nach Ostern gen Süden fahren. Im nächsten Bericht werden die Methoden und Instrumente beschrieben, die wir verwenden. Wir sind glücklich und freuen uns auf die Ergebnisse.

Mit herzlichen Grüßen von einem zufriedenen Schiff, Victor Smetacek, Fahrtleiter

FS Polarstern-Fahrt ANT XVI/3: Frontendynamik und Biologie II

Wochenbericht 3 vom 05.04.1999

Nachdem wir die 5 Verankerungen ausgebracht hatten, schleppten wir Scanfish für 5 Tage, um ein Quadrat von etwa 125 km Seitenlänge in Abständen von ca. 15 km in Nord-Süd Richtung zu erfassen. Die Konfiguration wurde von der Physik diktiert, aber Zauber war auch dabei, denn wir entkamen zwei Stürmen, die über das Gebiet während des Schleppens hinweg fegten. Unser Meteorologe zeigte uns, daß am anderen Ende des Quadrats, wo wir jeweils 12 Stunden zuvor gewesen waren, Windstärken von 9-10 herrschten, während wir mit Stärken von nur 7-8 geschaukelt wurden. An 2 Tagen genossen wir sogar die Sonne bei ruhiger See und erfreuten uns am anmutigen Flug der Albatrosse und Sturmvögel, vor allem die großen Wanderalbatrosse, die dicht über die wogende See mühelos gleiten und das Schiff seit langem begleiten. Wir hatten großes Glück, aber es hätte auch anders sein können, wie wir während der Vorbereitung für das Osterfest erfuhren.

Eine Woche vor dem Fest erschien ein Osterstrauß in der Messe, den unsere 1. Stewardess durch den südafrikanischen Zoll gebracht hatte, und an vielen Wänden klebte ein in Englisch geschriebener Aufruf zur Einreichung von einfallsreichen Osterdekorationen. Ein Osterhäschen prangte darauf, aber dieses wurde mit dem englischen Wort für Kaninchen auf dem Zettel übersetzt. Bei dem Treffen am Abend, klärten uns unsere englischen Kollegen darüber auf, daß das "R-Wort" auf englischen Schiffen nie verwendet wird, denn das brächte Unglück. Wir nahmen dies staunend zur Kenntnis und wenig später wurde das R-Wort in der Bar herumposaunt. Aber es scheint auf deutschen Schiffen nicht zu wirken, denn wir bekamen noch mehr Glück: Am Dienstag wurde mit Begeisterung aufgenommen, daß wir die deutsche Antarktisstation Neumayer besuchen werden. Wir werden ohnehin in der Nähe forschen und ein Landgang hatten wir verdient.

Auch das Timing des Osterfestes war perfekt. Sonnabend morgen wurde Scanfish an der Südwestecke des Quadrats planmäßig eingeholt, gefolgt von intensiven Beprobungen der Wassersäule. Das nächste Ziel war die nördlichste Position eines Transekts, den wir entlang des 20° Meridians mit Stationen bearbeiten wollten; so konnten wir während des Festes dorthin dampfen. Obwohl ein Sturm für den Abend vorausgesagt war, hatten wir beschlossen, uns eine Grillparty zu gönnen. Als um 18:00 Uhr das letzte Gerät an Bord genommen wurde, waren die Grillöfen in einer geschützten Ecke des Arbeitsdecks bereits aufgestellt und verschiedene Sorten Fleisch, Salate und Soßen dekorativ aufgetischt. Als Speisesaal diente der festlich geschmückte Laderaum. Da standen wir nun um die Öfen, den an lauen Sommernächten erinnernden Geruch vom grillenden Fleisch in der Nase, während um uns herum der Sturm zu toben begann. Da wir nicht weit zu fahren hatten, bewegte sich Polarstern mit ausgefahrenen Stabilisatoren langsam durch die tosende See. Nachdem wir gut und reichlich gespeist hatten, wurde Platz im Laderaum geschaffen und bald hüpfen fast alle Anwesenden auf der improvisierten Tanzfläche im Freistil herum. Der Rhythmus wurde vom geschickten, selbstlosen Discjockey, aber auch vom schwankenden Schwerfeld des schaukelnden Schiffs vorgegeben. Es machte Riesenspaß und kann als Mittel gegen Seekrankheit empfohlen werden.

Sonntag morgen um 10 Uhr fingen wir gut ausgeruht mit den Stationsarbeiten an. Eine Station bedeutet, daß das Schiff anhält, damit die Wissenschaftler ihre Wünsche nach Proben aus tieferen Wasserschichten erfüllen können. Während des Schleppens konnte nur die Oberfläche beprobt werden, so hatte sich ein entsprechend starker Bedarf aufgebaut. Das Hauptinstrument an den Stationen ist die CTD-Rosette, die 24 12-Liter-Wasserschöpfer trägt und mit ähnlichen Sensoren wie Scanfish bestückt ist. Die Schöpfer können in den

gewünschten Tiefen geschlossen werden, gemäß den Anweisungen der Wissenschaftler, deren Messungen wenige Milliliter bis 288 Liter beanspruchen. Dasselbe Physikerteam, das Scanfish führt, ist auch für den Einsatz der CTD zuständig. So arbeiteten sie selbstlos in Schichten, um die mannigfaltigen Wünsche der Chemiker und Biologen zu befriedigen. Dreimal wird die CTD pro Station eingesetzt, dazwischen andere Geräte, um Zeit für das Abzapfen der Proben zu lassen. Die Eisengehalt des Seewassers messende Gruppe aus Holland bedient sich selbst mit besonders gesäuberten Flaschen aus Kunststoff, aufgehängt auf einem Kunststoffseil. Weitere Geräte, die zum Einsatz kommen, sind Multi- und Bongonetze zum Fangen von Zooplankton. Das Multinetz beprobt die 1000 m Wassersäule in 6 vorgegebenen Tiefenstufen, während die Bongonetze es erlauben, Tierchen für Experimente schonend zu fangen. Jede Station dauert etwa 5 Stunden. So hoffen wir, Dienstag früh die siebte Station dieses Transekts zu beenden und gen Süden fahren zu können. Auf dem Weg wollen wir der südlichen Algenblüte einen Kurzbesuch abstatten.

Das von Scanfish aufgenommene 17.000 Quadratkilometer große Viereck erstreckt sich über 3 verschiedene Wassermassen, die sich durch ihre physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften unterscheiden: Der Südrand der Polarfrontzone ist mit 6°C am wärmsten, das gelöste Silizium (der Stoff aus dem die Diatomeenschalen sind) ist fast verschwunden, und die wenigen Algen zeigen Wachstumsstillstand an. Der mittlere Wasserstreifen ist etwas kälter, enthält noch etwas Silizium und beherbergt einen für die Jahreszeit erstaunlich hohen Algenbestand. Die Zellen sind vital und offensichtlich am wachsen. Diese Schicht wird entlang der Polarfront von Norden her überschichtet. Das Algenmaximum befindet sich zwischen 60-100 m Tiefe. An beiden südlichen Ecken des Grids wurde noch kälteres, siliziumreiches Wasser mit weniger Diatomeen angetroffen. Offensichtlich haben wir das Glück gehabt, einen südwärts gerichteten Mäander vollständig zu erfassen und erhielten so ein abgerundetes Datenpaket für die Physiker, die nun die Dynamik der Front sauber berechnen können.

Die Front erregt auch großes Interesse der Chemiker und Biologen, weil die Art *Fragilariopsis kerguelensis* (F.kerg) die Diatomeen dominiert. F.kerg ist wegen ihrer Bedeutung besonders interessant: Mindestens ein Drittel der Diatomeenschalen, die zur Sedimentbildung im Ozean beitragen, werden von dieser Art erzeugt. Da sich der Siliziumhaushalt im Ozean im Gleichgewicht befindet und Diatomeenschalen bei weitem die Hauptsenke darstellen, entspricht diese Menge einem Drittel des Siliziums, das vom Kontinentalgestein gelöst und durch die Flüsse ins Meer getragen wird. Der Ozean ist an Silizium stark untersättigt und in ausgedehnten Gebieten wird Diatomeenwachstum durch die geringen Konzentrationen unterbunden. Gäbe es F.kerg nicht, würde der Siliziumgehalt ansteigen? Wir wissen aber nicht mal, warum das Si-Haushalt sich im Gleichgewicht befindet, zumal drei Viertel des jährlich abgelagerten Siliziums ausgerechnet unter dem AZS deponiert wird, eine Stelle, die von den Flüssen dieser Erde nicht weiter entfernt sein könnte. Warum rieseln solche Mengen an Diatomeenschalen aus dem AZS und weshalb stellt F.kerg den Löwenanteil? Die Frage, die wir uns nun stellen: Werden uns unsere Daten Hinweise zur Beantwortung dieser Fragen liefern? Wir sind zuversichtlich!

Mißgeschicke gab es auch, aber der gute Zauber in den Händen des Bordelektronikers hat sich stets als stärker als der Aberglaube erwiesen. Übrigens, am Montag gab es Kaninchen zum Mittagessen.

Die glücklichen r-----s auf Polarstern schicken Euch herzliche Grüße,
Victor Smetacek

FS Polarstern-Fahrt ANT XVI/3: Frontendynamik und Biologie II

Wochenbericht 4 vom 12.04.1999

Ostermontag waren wir noch mit den Stationen entlang des Zentraltransekts an der Polarfront beschäftigt und beendeten die letzte der Reihe am Dienstagmorgen. Wir hatten bisher rund um die Uhr gearbeitet und freuten uns auf die Erholung während der langen Fahrt nach Süden. Wir hatten noch vor, Scanfisch durch die etwa 200 km entfernte Blüte bei 52° S zu ziehen, um deren zeitliche Entwicklung seit unseren ersten Messungen festzustellen und die südliche Ausdehnung der Zone mit erhöhter Biomasse aufzunehmen. Als wir uns dem Aussetzpunkt von Scanfisch näherten, briste es auf und die See begann zu hüpfen. Wir wollten Scanfisch den Wogen nicht anvertrauen und, da wir es eilig hatten, beschlossen wir schweren Herzens auf die Messungen zu verzichten.

Während Polarstern durch schwere See mit nur 6 Knoten stampfte, stellten die Gruppen, die verschiedene Messgrößen im Oberflächenwasser kontinuierlich registrieren, fest, daß die südliche Blüte mindestens zweimal soviel Biomasse aufgebaut hatte, wie die an der Polarfront. Mit Chlorophyllkonzentrationen von ca. 2 mg/Kubikmeter zu dieser Jahreszeit hatte niemand gerechnet. Die Algenzellen waren vital und die Nährsalzwerte hatten relativ wenig abgenommen. Es war, als hätten wir eine blühende Wiese im Herbst gefunden. Solche Konzentrationen wären in der Nordsee nicht weiter aufgefallen, aber, da sie sich bis 100m Tiefe erstrecken, stellt die gesamte Algenbiomasse die meisten Nordseealgenblüten in den Schatten. Bleibt nur zu hoffen, daß sie nach unserer Rückkehr noch da ist. Satellitenaufnahmen, die wir zugeschickt bekommen, zeigen, daß "unsere" Blüte ein großflächiges Phänomen ist. Leider nimmt die Wolkendecke nach Süden zu und "unsere" Blüte erscheint nur noch fleckenhaft zwischen den Wolken. Die Bilder stammen vom NASA-Satelliten SeaWifs, der auf der Basis von Farbnuancen der Ozeanoberfläche Chlorophyllkonzentrationen errechnet. Da der Satellit noch nicht lange arbeitet, sind vor Ort gemessene Werte sehr willkommen, um die Umrechnungsformeln zu eichen.

Mittwoch wurde es ruhiger und wir konnten schneller fahren, aber unser Meteorologe sah einen Sturm sich auf der direkten Route nach Neumayer zusammenbrauen und riet dem Kapitän, einen Ausweichkurs nach Süden zu nehmen und dann Richtung Westsüdwest zu fahren. Die etwas längere Strecke sparte uns Zeit, denn bei schwerer See mit Winden von vorne bewegt sich Polarstern nur langsam voran. Bei 60° S hatten wir im Falle günstiger Bedingungen eine tiefe Station für die Chemiker und Geochemiker geplant. Am Donnerstag kamen wir dort an und hatten wieder Glück: Laut Wetterkarte muß es um uns herum getobt haben, aber wir konnten die Station bei ruhiger See durchführen. Für die nächsten 2 Wochen haben die Krillforscher das Schiff für sich und, da sie ihre Experimente beginnen wollten, brauchten sie dringend Krill.

Trotz der riesigen Bestände, weiß niemand so recht, wo sich der Krill zu dieser Jahreszeit aufhält. Die Tiere kommen nicht gleichmäßig in antarktischen Gewässern vor. Die höchsten Krilldichten werden im Bereich der Halbinsel beobachtet, aber auch am Rande des Kontinentalschelfs, den wir jetzt ansteuern, sind erhebliche Krillbestände im Sommer gefunden worden. Besonders hohe Dichten werden an der Flanke der unterseeischen Kuppe Maud Rise vermutet. Hier waren bei einer Winterfahrt zahlreiche Pinguine, Robben und Wale gefunden worden, deren Anwesenheit auf erhöhte Krillbestände hindeutete. Auf der Karte des Meeresbodens erscheint Maud Rise wie ein einsamer Berg, der sich 3000 m über die umliegenden Tiefseeebene erhebt und etwa 500 km vom Kontinentalrand entfernt liegt. Da Maud Rise sich auf der direkten Route nach Neumayer befindet, nahmen wir uns vor, bei der Überquerung der Kuppe Ausschau nach Krill zu halten.

Verlassen mußten wir uns auf zwei Indizien: erhöhtes Vorkommen von krillfressenden Warmblütern - Pinguine, Robben und Wale - und das Echolot. Unser Ornithologe, der hoch oben auf dem Peildeck in einem Schutzkasten stehend die Warmblüter während der Fahrt systematisch zählt, diente als Ausguck. Sonntag-morgen befanden wir uns etwas östlich von Maud Rise als das Echolot die Anwesenheit von hohen Zooplanktonbeständen andeutete. Ein kurzer Hol mit dem Bongonetz erbrachte eine Anzahl kleiner Krebschen - Larven (Jungstadien) einer dem Krill verwandten Art. Einige Stunden später erschien in 120 m Tiefe eine deutliche Nase im Echolotprofil und das Schiff hielt kurz an, um eine Probe zu nehmen. Als das Netz an die Oberfläche kam, versammelte sich eine neugierige Schar, um den Fang zu besichtigen. Der Inhalt des Netzbeckers wurde in einen Eimer geschüttet. Statt Krill waren nur kleine rote Punkte zu sehen. Ein Griff in den Eimer zeigte, daß die roten Pünktchen zu vollkommen durchsichtigen, glibberigen Objekten gehörten, die mehrere Zentimeter groß waren. Es kam Enttäuschung auf, da diese Tiere - Salpen genannt - die Abwesenheit von Krill anzeigen.

Salpen sind tonnenförmige, mit den Seescheiden entfernt verwandte Organismen, die sich durch rhythmisches Pumpen ihrer ringförmigen Muskulatur vorwärts oder rückwärts bewegen, dabei atmen und Plankton durch ein fein-maschiges Sieb aus dem Wasser filtrieren. In den roten Pünktchen befinden sich die Verdauungsorgane, die nicht durchsichtig sein können, da die Algennahrung selbst stark gefärbt ist. Salpen können sich durch Knospung sehr schnell vermehren und, da sie ca. 100 Liter Meerwasser pro Stunde durch sich hindurch pumpen, können sie potentiell den Aufbau von Algenbiomasse verhindern. Über ihre Feinde ist nur wenig bekannt. Salpen sind charakteristisch für das planktonarme Wasser des Zirkumpolarstroms; da ihre Filter bei erhöhter Partikeldichte verstopfen, scheinen sie Planktonblüten zu meiden. Krill dagegen bevorzugt höhere Planktonkonzentrationen, weshalb diese zwei entgegengesetzten Lebensformen des Planktons nicht zusammen vorkommen.

Der Planktongehalt des Oberflächenwassers nahm nach Süden hin ab und weite Strecken unseres Weges führten durch sehr verarmtes Wasser. Diese Feststellung basiert auf Daten, die von verschiedenen, weiterhin rund um die Uhr arbeitenden Gruppen erzeugt werden. Dazu gehören - neben Messungen der Konzentrationen von Nährsalzen und Chlorophyll - auch Zählungen der Partikel im Seewasser. Das Prinzip des dazu verwendeten Geräts stammt aus der Blutforschung und erlaubt die Erfassung und Zählung von Partikeln in Klassen, die nach Größe und Eigenschaft unterschieden werden. So werden Bakterien und kleine Algen ebenso getrennt gezählt wie die kleinen Einzeller, die sich von ihnen ernähren. Sogar die Vitalität der Zellen wird vom Gerät ermittelt. Auch die Gruppen, die Experimente mit natürlichem Seewasser durchführen, um den Einfluß von Eisen auf das Wachstumsverhalten der Algen zu ermitteln, nehmen dieses Gerät in Anspruch. Die großen Kieselalgen, die den Hauptanteil der Biomasse in den Blüten stellen, werden allerdings nicht erfaßt und müssen unter dem Mikroskop studiert werden. Der Andrang an den Mikroskopen ist groß, da die Zooplanktonforscher den Verlauf ihrer Fraßexperimente ebenfalls unter dem Mikroskop verfolgen. Alle sind mit Probenaufarbeitung und Datenauswertung beschäftigt und die Zeit fliegt dahin. Wir befinden uns jetzt auf dem Weg nach Neumayer und hoffen dort Dienstag-morgen einzutreffen. Um Mitternacht werden wir in die wachsende Meereisdecke eindringen und freuen uns auf die Begegnung.

Wir fühlen uns sehr wohl auf dem Schiff; Kapitän und Besatzung tun alles, um unsere Wünsche zu erfüllen und wir sind ihnen sehr dankbar.

Mit herzlichen Grüßen,
Victor Smetacek

FS Polarstern-Fahrt ANT XVI/3: Frontendynamik und Biologie II

Wochenbericht 5 vom 19.04.1999

Montag vergangener Woche fuhren wir zügig gen Süden, um die Neumayer Station am frühen Dienstag zu erreichen. Ideales Wetter war für den Tag angesagt, aber ein heranziehender Sturm könnte uns schon abends erreichen. Wir wollten daher möglichst früh an einer der für Landvehikel zugänglichen Stellen in der Bucht Position beziehen. Satellitenbilder deuteten an, daß wir einen 50 km breiten Meereisstreifen zu durchqueren hatten, dessen Rand wir gegen Mitternacht erreichen würden. Eine aufgeregte Gruppe sammelte sich erwartungsvoll auf der Brücke und schaute in das Licht der Scheinwerfer, die die schwarze Seeoberfläche absuchten.

Eine Stunde vor Mitternacht glitten wir in ein Feld von frischem, funkelnden Pfannkucheneis hinein. Die erste Begegnung mit Meereis ist ein unvergeßliches Erlebnis und die Erregung der Neulinge überträgt sich stets auf die "alten Hasen". Während der nächsten 3 Stunden wurden uns in lehrbuchhafter Weise die verschiedenen Stadien der Meereisbildung vorgeführt. Das erste, dekorative Stadium besteht aus kreisrunden, ein bis zwei Meter großen Schollen ("Pfannkuchen"), die oben flach und unten gerundet sind und dicht gedrängt im sanften Schwell schaukeln. Nach einigen Meilen hatten sich die Pfannkuchen zu größeren, dreieckigen Schollen zusammengehäuft. Die Größe und Dicke der Schollen nahm gen Süden zu und unsere Geschwindigkeit nahm entsprechend ab. Mit großer Aufregung wurden Gruppen von Adelie-Pinguinen gesichtet, die vor Schreck ob des nahenden Monsters loswatschelten, dann bäuchlings vorwärts ruderten, um in der nächsten Öffnung zwischen den Schollen zu verschwinden. Sie taten uns leid, aber es sah komisch aus. Einige Robben, die anscheinend am Fressen waren, wurden in den offenen Tümpeln zwischen den Schollen gesichtet. Hier würden wir nach unserer Rückkehr von Neumayer nach Krill suchen!

Dienstag herrschte perfektes Wetter. Polarstern hatte sich an die Schelfeis-kante der Nordspitze der Bucht gelegt und war von einem großen geschlossenen Meereisfeld umschlossen. Die Kante war etwa 20 m hoch - eine schroffe Mauer aus polierten, grauen und pastellblauen Eisschichten, stellenweise mit einer Schneeschicht verklebt. Spalten leuchteten tiefblau. Ein Raupenfahrzeug wartete oben auf dem Eis und eine Gruppe wurde zur Station gefahren. In einem Stahlkasten wurden wir mit dem Bordkran auf den Schelfeis abgesetzt und durften die erste Berührung mit dem Kontinent auskosten. Nach dem Mittagessen wurden die Neulinge, zusammengepfercht in Raupenfahrzeugen zur Station gefahren. Alle waren sich einig, daß der Besuch, trotz der holprigen, dreistündigen Fahrt hin und zurück, ein wunderschönes Erlebnis war. Am Abend luden wir die Überwinterer zu einer Party auf dem Eis ein, wo Gulasch und Glühwein serviert wurden. Es war eine lebhaftige Versammlung, aber beißende Kälte und zunehmender Wind trieben uns auf das Schiff. Im Windschutz der beeindruckenden Schelfeiskante feierten wir weiter. Widerwillig beschlossen unsere Gäste gegen 21:00 abzureisen, da der Wind zunahm. Wir verabschiedeten uns herzlich und winkten und riefen uns heiser vom Oberdeck, als sie in ihre Fahrzeuge stiegen. Die Schiffssirene gab einen Ton, der in klägliches Gejaule überging; das klang, als wäre die Sirene eingefroren, während die Fahrzeuge in der Nacht verschwanden. Da die einzige große und begehbare Eisscholle, die wir bisher gesehen hatten, neben uns war, beschlossen wir, die Nacht zu bleiben, um im Morgengrauen mit den Eisarbeiten anzufangen.

Im Gegensatz zum Süßwassereis ist Meereis porös und beherbergt eine reiche, von Kieselalgen dominierte Lebensgemeinschaft, die im labyrinthartigen System von Kanälchen gedeiht. Das Grün des Chlorophylls wird bei Kieselalgen durch ein orangenes Pigment verdeckt, weshalb dichte Ansammlungen von diesen Algen das Eis rostbraun färben.

Vereinzelte braune Schollenbruchstücke, die sich von der graublauen Färbung des Schollenschrotts in der Schiffswake abhoben, zeigten wie fleckenhaft die Algenbesiedlung war. Während des Wachstums ändert sich die Chemie der Algen und ihrer Umgebung; die entsprechenden Prozessketten zu erfassen, war Ziel der Eisgruppe, die sich in grellorangenen Überlebensanzügen, dem eisigen Wind trotzend, auf dem Eis betätigte. Eine andere Gruppe nahm die Tierwelt unter dem Eis mit einer Unterwasserkamera auf. Wind und Strömung nahmen zu und drückten die Scholle gegen den Kontinent. Die Eisdecke wölbte sich, Risse entstanden und Schollenstücke türmten sich langsam auf. Die Gruppen wurden schnell an Bord geholt. Zwei mutige Besatzungsmitglieder holten sämtliche Instrumente und Gegenstände zurück, nachdem Polarstern sich in eine günstigere Position manövriert hatte. Obwohl kaum Gefahr für Leib und Leben bestanden hat, wurden wir daran erinnert, daß das Meereis für Menschen ein fremdes Milieu ist. Danach mußten wir uns in das ruhig im Eis liegende Schiff zurückziehen, während ein gewaltiger Sturm über uns tobte.

Erst Donnerstag wagten wir zur Krillsuche loszufahren. Das Meereisfeld auf dem Weg nach Norden bestand aus vom Sturm zertrümmerten und wild durchmischten Schollenbruchstücken. Vereinzelte alte Schollen mit dicker Schneeauflage und braunen Unterschichten trieben zwischen jüngeren, glasigen Schollen. Die Dünung nahm allmählich zu und gegen Abend fuhren wir durch ein Feld von wogenden Schollen, dessen überwältigender Anblick unvergeßlich bleiben wird. Als wir unsere neue Position erreichten, hatte der Wind abgenommen und das Bongonetz ging zu Wasser. Die Gruppe, die sich an Deck versammelt hatte, um den Fang zu sehen, brach in Jubel aus, als einige flinke Krilltiere zum Vorschein kamen. Ein Reigen von Bongos folgte und bis zum Morgengrauen war genug Krill gesammelt, um die Experimente zu starten.

Wir planten, uns die nächsten Tage im Sägezahnmuster am Kontinentalhang entlang nach Osten zu bewegen. Tagsüber wollten wir im Packeis an einer großen Scholle anlegen und nachts auf Krillfang weiter Richtung Norden dampfen. Freitag früh fanden wir eine geeignete Scholle für die Eisgruppe. Der Himmel war wolkenlos, die Luft unglaublich klar und still. Die aufgehende Sonne färbte die vielen riesigen Eisberge um uns, je nach Neigung ihrer Flächen, stahlgrau, pastellblau oder rosarot. Offene Streifen zwischen den Schollen reflektierten die Morgenröte während schmutziggrauer Seerauch darüber waberte. Der nordöstliche Horizont sah aus wie ein glühendes, dampfendes Lavafeld, während nach Süden hin in weiter Ferne der kontinentale Eispanzer als schimmernde Wölbung zu sehen war. Es war ein perfekter Tag und als Krönung gesellten sich zwei Kaiserpinguine zu den Gruppen auf dem Eis und blieben dort stehen, bis die Arbeiten erfolgreich beendet wurden.

Während der nächsten Nacht fingen wir kaum Krill und verbrachten den Samstag mit Schollensuche, bis wir den Kontinent vor der südafrikanischen Station erreichten. Wir kehrten in nordöstliche Richtung um und stellten plötzlich fest, daß wir von vielen, auf den Schollen liegenden Robben umgeben waren. Da tauchte ein Zwergwal in einem Tümpel zwischen den Schollen auf. Das reiche Tierleben hielt mehrere Meilen an und, da wir eine lange offene Strecke erreicht hatten, schleppten wir ein Netz über einige Kilometer bis 300 m Tiefe. Die Ausbeute war sehr mager - zwei Salpen. So beschlossen wir kurzerhand den Plan aufzugeben und zu der Krillstelle im Westen zurückzukehren. Sonntagnacht kamen wir an, nachdem wir die ganze Strecke durch zertrümmerte Schollen gefahren waren. Wir wurden durch reiche Fänge von Krill in verschiedenen Lebensstadien einschließlich große Adulte belohnt. Montag kehrten wir wieder nach Süden um, fanden aber keine geeignete Scholle. Die wachsende Eisfläche ist noch zu schmal, um große Schollen entstehen zu lassen. Eisproben können nur mit einem vom Schiffskran bewegten Stahlkorb gesammelt werden. Wir haben die Suche

aufgegeben und werden noch eine Nacht in der krillreichen Gegend verbringen, bevor wir das Eis endgültig verlassen, um dann bei Maud Rise weiter nach Krill zu suchen.

Herzliche Grüße von einem Schiff, das sich schweren Herzens demnächst vom Eis trennen wird,
Victor Smetacek



© Gert König-Langlo

Neumayer-Station in einer Polarnacht

FS Polarstern-Fahrt ANT XVI/3: Frontendynamik und Biologie II

Wochenbericht 6 vom 26.04.1999

Nach einem reichen Krillfang am Kontinentalhang Sonntagnacht fuhren wir Montag vergangener Woche gen Süden, fanden aber keine geeignete Scholle für die Eisarbeiten. Stattdessen untersuchten wir die Herbstsituation im Küstenstrom. Im Süden umspült der schmale Küstenstrom das kontinentale Schelfeis und ist im Norden von der ebenfalls westwärts strömenden Südflanke des Weddellwirbels durch eine Front getrennt. Im Sommer ist die Oberflächenschicht durch Zufuhr von Schmelzwasser salzarmer, und daher leichter als die darunter liegenden Wasserschichten. Es entsteht eine flache Deckschicht, in der Planktonblüten heranwachsen. Aber im Herbst ist das Wasser planktonarm und klarer als in irgendeinem anderen Ozean. Wahrscheinlich ist dies eine Folge der tiefen Durchmischung, die durch Eisbildung verursacht wird. Eis ist kristallines Wasser und daher rein. Meereis ist schwach salzig wegen der geringen Mengen Wasser, die sich im labyrinthartigen Mikrokanalsystem befinden. Wenn Meereis entsteht, sinkt das umgebende Wasser herab, weil es nun kälter, salzreicher und schwerer als das darunterliegende Wasser ist. In den vergangenen Wochen muß der Küstenstrom große Mengen Eis erzeugt und exportiert haben, weil die Durchmischung bis 400m Tiefe reichte; selbst starke Stürme vermögen nicht mehr als 100m der ozeanischen Oberflächenschicht zu durchmischen.

In den Sommermonaten sind die Eisenkonzentrationen im Küstenstromwasser hoch, aber jetzt waren die Werte sehr niedrig. Eisproben dagegen zeigten hohe Werte. Um Kontamination zu vermeiden, fuhren die Eisenchemiker mit einem Rettungsboot zu einer Scholle, wo sie die Proben mit speziell gereinigten Plastikutensilien sorgfältig sammelten. Vermutlich waren durch denselben Prozess sowohl Eisen als auch Partikel einschließlich Algen vom Wasser abgesondert und vom Eis angereichert worden. Eine verarmte Wassersäule war die Folge. Wie früher erwähnt, gedeihen die Algen in den Eiskanälchen. Der Einfluß der Eisenverfügbarkeit auf das Algenwachstum wird im nächsten Bericht behandelt, jetzt kehren wir zum Krill zurück.

Da Krill im Winter beim Fressen von Algen an der Eisunterseite beobachtet worden ist, wird postuliert, daß Eisalgen eine Hauptnahrungsquelle für die Aufrechterhaltung der großen Bestände darstellen. Krill soll auch Copepoden (kleine Krebse des Zooplanktons) während des Winters fressen. Über das saisonale Verhalten des Krills - vor allem im Winter - ist jedoch nur wenig bekannt. In den letzten Jahren sind einige hunderttausend Tonnen Krill von Fischereischiffen verschiedener Nationen gefangen worden. Technischer Fortschritt im Fang und in der Verarbeitung des Krills, sowie eine El-Nino bedingte Verknappung im Fischmehlfutter für die Lachszucht führt jetzt zu einer Erhöhung des Fischereidrucks auf Krill. Ein umfassendes Verständnis über die Biologie des Krills ist daher eine Voraussetzung für die Regulierung des kommerziellen Krillfangs. Selbst über die Größe des Krillbestands gibt es stark divergierende Hinweise. So haben die großen Wale vor ihrer Dezimierung schätzungsweise 200 Millionen Tonnen Krill pro Jahr gefressen. Als Vergleich: Der Fischereiertrag aus dem Ozean stagniert seit Jahren bei ca. 70 Millionen Tonnen. Um diese großen Verluste auszugleichen, muß der Krillbestand mindestens dreimal größer gewesen sein, da die Lebensspanne von Krill ca. 6 Jahre beträgt. Wieder ein Vergleich: Die gesamte Biomasse der Menschen, wenn man 40 kg als Durchschnittsgewicht (Kinder nicht vergessen) annimmt, beträgt ca. 200 Millionen Tonnen, d.h. etwa ein Drittel des Krillbestands.

Das Gebiet in dem der Krill lebt entspricht der maximalen Ausdehnung des Meereises und umfaßt ca. 20 Mill. km² (zweimal so groß wie die USA). Daraus folgt, daß im Schnitt 30 g Krill - ca. 20 Individuen - auf 1 m² kommen. Man stelle sich 20 Grashüpfer pro qm Rasenfläche vor! Diese Menge ist aber für die Meere höherer Breiten nicht außergewöhnlich, da die gesamte Tierbiomasse dreimal höher sein kann. Die Algenproduktion, die die Nahrung für diese Tierwelt liefert, beträgt ca. 1 kg Lebendgewicht/m²/Jahr (entspricht ca. 100 g Kohlenstoff/m²/Jahr), was wiederum etwa ein Zehntel der Produktion eines Rübenfeldes entspricht. Der fundamentale Unterschied zwischen ozeanischer und terrestrischer Produktion liegt in der Tatsache, daß Algenbiomasse in etwa dieselbe Zusammensetzung in Bezug auf Eiweiß/Kohlenhydrat/Fett hat wie die Tiere, die sich davon ernähren. Im Gegensatz dazu besteht der größte Anteil der terrestrischen Pflanzen aus Zellulose und Lignin. Bakterien und Pilze wandeln diese Moleküle in für Tiere verdauliche Stoffe um: So frißt eine Kuh Gras, verdaut aber Bakterien. Im Meer ist somit die Transfer-effizienz zwischen Pflanzen und Tieren erheblich günstiger als an Land.

Es gibt also genug Futter um den Krillbestand aufrechtzuerhalten, außergewöhnlich ist nur, daß soviel Biomasse in einem so großen Gebiet in nur einer Art konzentriert ist. Offensichtlich muß *Euphausia superba* an das Leben in der Meereiszone sehr gut angepaßt sein. Während des Sommers wandert der Krill in kompakten Schwärmen auf Futtersuche umher und ist im Winter unter der Meereisdecke in verschiedenen Gebieten gesehen worden. Obwohl die Datendichte noch sehr dünn ist, scheinen die bisherigen Beobachtungen des Krillvorkommens die Abschätzungen, die aus der Wahnahrung abgeleitet wurden, nicht zu bestätigen. Entweder gibt es sehr viel weniger Krill, oder er kann sich sehr gut vor Forschungsschiffen verstecken.

Montagnacht zogen wir wieder unsere Netze an derselben Stelle wie in der Nacht zuvor, aber die Fänge waren weniger ergiebig. Die Schwärme scheinen fleckhaft verteilt und entlang der Front zwischen Küstenstrom und Weddellwirbel konzentriert zu sein. Da Stromgeschwindigkeiten an Fronten erheblich höher als in den umliegenden Wassermassen sind, scheinen die Krillschwärme, die als Nasen in den Profilen der akustischen Strommesser der Ozeanographen zwischen 50 und 150 m zu sehen waren, auf der Wanderung zwischen Sommer- und Wintergründen zu sein. Die Überholspur an der Front, auf der sie sich befanden, hätte sie in wenigen Wochen ins südliche Weddellmeer befördert, wo sie während des Winters zahlreich im Eis beobachtet worden sind. Die größten Dichten waren mittels einer auf einem autonomen Vehikel angebrachten Videokamera innerhalb des Schollengewirrs an den Preßbrücken zu sehen. Es ist daher postuliert worden, daß das Meereis Nahrung und Schutz vor Räubern bietet, weshalb solche großen Bestände aufrechterhalten werden können. Während unserer Fahrt war die Meereisdecke noch dünn und zerfranst, und der Krill hatte sich vermutlich deswegen noch nicht dort hineinbegeben. Da wir genug Tiere für Experimente und chemische Analysen gesammelt hatten, beschlossen wir jetzt, die vielversprechenden Nasen auf dem Echolot, die westlich vom Maud Rise auf der Fahrt nach Neumayer verzeichnet wurden, zu beproben. Die Wissenschaftler und Besatzungsmitglieder, die während der Nächte auf Abruf standen, waren enttäuscht, da diesmal keine Signale gefunden wurden. Nördlich vom Maud Rise tauchte ein starkes Signal während der Mittagszeit auf. Innerhalb kurzer Zeit war das große Netz im Wasser und Polarstern fuhr die Strecke zurück. Leider waren es nur Salpen.

Die Fahrtzeit nutzten wir, um unsere Daten auszuwerten. Die letzte Strecke vor unserer ersten Station im Norden fuhren wir zügig, um ein Wetterfenster zu nutzen. So konnten wir eine ausgedehnte Station bei 54°S durchführen und anschließend ScanFish aussetzen, um entlang unseres 20°E Meridians das Profil zu wiederholen. Wir erreichten die Position der südlichsten Verankerung Dienstag früh. Das Scanfish-Profil der Strecke zeigt, daß sich einiges seit unserer Abwesenheit verändert hat. Die südliche Blüte war nicht mehr bei 52°S, sondern schien sich verlagert zu haben. Weitere Auskünfte nach der Datenauswertung!
Herzliche Gruesse von einem sehr beschäftigten aber zufriedenen Schiff,
Victor Smetacek

FS Polarstern-Fahrt ANT XVI/3: Frontendynamik und Biologie II

Wochenbericht 7 vom 02.05.1999

Anfang letzter Woche näherten wir uns dem Untersuchungsgebiet an der Polarfront - mit ScanFish im Schlepp und gemischten Gefühlen. Wir waren gespannt auf die Veränderungen die sich seit dem ersten Fahrtabschnitt ergeben hatten, aber die Zeit war knapp, die Großwetterlage schlechter als zuvor und eine Reihe von Aufgaben galt es zu erledigen. Erste Priorität hatte die Bergung der 5 Verankerungen, die, an der Polarfront stehend, die Geschehnisse der letzten drei Wochen hatten aufzeichnen sollen. Voraussetzungen für eine erfolgreiche Bergung waren eine gute Sicht und ruhige See - unser Meteorologe warnte uns jedoch, daß an der Polarfront sanfte Winde oft von Nebel begleitet würden.

Eine weitere Aufgabe war die Aufnahme der physikalischen und geochemischen Eigenschaften der gesamten Wassersäulen in 100 - 200 km Abständen entlang des 20°E Meridians. Das Tiefenwasser der Ozeane ist homogener und lethargischer als die vom Wind getriebene und verwirbelte Oberflächenschicht. Aus diesem Grund ist eine Entkoppelung der Datennahmen von tiefen- und flachen Stationen vertretbar. So hatten wir vor, die Verankerungen am Tage bei Sicht zu bergen und die Tiefenstationen während der Nacht durchzuführen. Eine weitere Priorität war die Wiederholung der 8 Stationen der Hinfahrt, die entlang "unseres" Meridians in Abständen von 50 km die Oberflächenschicht genau erfassen sollen. Diese Stationen sollten uns zeigen, was aus der Diatomeenblüte in den 3 Wochen geworden war. In der verbleibenden Zeit wollten wir aus gleichem Grund Teile des bereits von Scan-Fish aufgenommenen Quadrats wiederholen.

Wir waren uns einig, daß wir einen Tag für die Untersuchung der südlichen Blüte bei 52°S investieren sollten. Allerdings würde es ein Wettlauf mit der Zeit werden, da ein günstiges Wetterfenster nur für Dienstagmorgen angesagt war. Daher beschlossen wir, ScanFish auf dem Weg nach Norden zu ziehen, und bei 54°S anzufangen, um rechtzeitig an der Position der südlichsten Verankerung anzukommen. Als wir 52°S passierten, waren keine Anzeichen von erhöhten Algendichten zu verzeichnen und die Oberflächenschicht war homogen. Das bedeutete keine Blüte, aber auch keine Front. 50 km weiter im Norden stiegen die Chlorophyllwerte an, wenngleich weniger dramatisch als zu Beginn der Reise. Unser erster Eindruck ist, daß die Front in der Zwischenzeit 50 km nach Norden gewandert war.

Dienstag früh trieben Nebelbänke auf einer unruhigen See umher. Der Wind nahm zu, aber als wir die Verankerung orteten waren diese vom Wind verblasen. Wir beschlossen, die Verankerung zu lösen. Dies geschieht durch ein akustisches Signal vom Schiff, das einen Auslöser am Ankerstein (drei ausgediente Eisenbahnräder) betätigt. Die Räder bleiben zurück und die großen, robusten Auftriebskörper, die die Verankerung in der Wassersäule aufrechterhalten, ziehen die Instrumente an die Oberfläche. Der oberste Auftriebskörper befindet sich in etwa 200 m Tiefe, um zu verhindern, daß er von Wind und Wellen herumgerissen wird und so die Instrumentenkette senkrecht und stabil in der Wassersäule stehen bleibt. Die Verankerung wird mit einem ins Wasser herabgelassenen Hydrophon geortet. Dabei werden die lauten Schiffspropeller von den Motoren entkuppelt, um ungestört die Signale aufnehmen zu können. Während des Horchens treibt das Schiff im Wind, wobei, da das Einkuppeln etwa eine Viertelstunde benötigt, eine Verankerung, die in einiger Entfernung vom Schiff auftreibt, verloren gehen kann. Vor dem Auslösen hatte sich eine Schar von Ausguckern auf der Brücke versammelt - von einer Flasche Sekt, die als Belohnung für den Finder ausgesetzt war, angelockt. Wir hatten Glück, denn die orangene, metergroße Auftriebskugel wurde nach 10 min. in ca. 2 km Entfernung gesichtet.

Die Bergung der Verankerungen verlangt präzises Manövrieren des Schiffs, um das obere Ende des Seils von Deck aus aufzufischen. Das 4000m lange Seil wird dann eingeholt und die daran befestigten Instrumente nacheinander demontiert: Strommesser, Temperatur- und Salinitätssonden sowie ein nach oben gerichteter Acoustic Doppler Current Profiler, der Stromgeschwindigkeiten und -richtungen in der obersten Schicht aufnimmt. Diese Verankerung trug in 350 m Tiefe auch eine Sedimentfalle, die absinkenden Partikel in Flaschen in dreitägigen Intervallen sammelt. Alle Flaschen enthielten grünliches Material: abgesunkenes Phytoplankton aus der Deckschicht. Die Verankerung konnte in der Rekordzeit von 2 1/2 Stunden an Deck verholt werden und, da wir ohnehin nach Osten dampfen wollten, um das Scanfish-Quadrat während der Schlechtwetter-periode abzufahren, beschlossen wir, auch die östliche Verankerung noch zu bergen. Mit Volldampf fuhren wir los - im Wettlauf mit der von Westen einsetzenden Wetterfront . Diese gewann und so liessen wir Scanfish ins Wasser, bevor der Sturm uns mit voller Wucht traf. Um Zeit zu sparen wollten wir das Quadrat in 30 km statt wie vorher in 15 km Abständen zwischen den Transekten abfahren.

Donnerstagmorgen brach der Datenstrom von Scanfish plötzlich ab, und als das Gerät an Deck kam, stellten wir fest, daß der Zugdraht gebrochen war und das Instrument nur an den seitlichen Tampen hing. Die Reparatur hätte zu lange gedauert, also fuhren wir zur nächsten Verankerung - die westliche - und schafften die Bergung bis Mittag. Tiefenstationen folgten und am Freitagmorgen befanden wir uns auf der Position der zentralen Verankerung. Es war ein herrlicher Morgen und, da es der 30. April war, feierte die niederländische Gruppe den Geburtstag ihrer Königin. Sie stellten ihre Loyalität unter Beweis, indem sie alle um 06:00 auf dem Peildeck in orangenen Kleidern erschienen und ihre Nationalhymne in Begleitung eines Saxophons sangen, während die Flaggen gehißt wurden. Sie schafften es bis zur zweiten Strophe - um dann die heiseren Kehlen in kaltem Sekt zu kühlen. Währenddessen wurde die Station gestoppt, die Verankerung geortet und ausgelöst. Kaum 50 m vom Schiff tauchte die rote Kugel auf und innerhalb kurzer Zeit war die Verankerung an Deck. Wir dampften schnell zu der östlichen Verankerung und schafften es, auch diese noch in Rekordzeit einzubringen. Samstagmorgen wurde die letzte Tiefenstation unterbrochen und als die letzte Verankerung an Deck gehievt wurde, strahlte das ganze Schiff vor Erleichterung und Freude. Die Station war gegen Nachmittag beendet und jetzt blieben nur noch die 8 flachen aber arbeitsreichen Stationen entlang des 20°E Meridians übrig. Da wir jetzt Zeit gewonnen hatten, konnten wir bei der südlichen Blüte bei 52°S anfangen. So dampften wir Samstagnacht gen Süden und kamen dort am Sonntag gegen 10:00 an: Seitdem arbeiten wir die Stationen in Richtung Norden ab.

Für Samstagabend hatte die holländische Gruppe das Schiff zu einer Party eingeladen, um angemessen den königlichen Geburtstag zu feiern. Da gleichzeitig Walpurgisnacht war, riefen 2 Hexen an Bord auf, in Kostümen zu erscheinen. Ein Jahrmarkt mit Spielen und Flohmarkt bildete den Auftakt . Dann erschien ihre königliche Hoheit und hielt Hof - mit dem Kapitän an ihrer Seite. In großer Zeremonie erteilte sie Orden an verdiente Persönlichkeiten and dankte Kapitän und Besatzung für ihre Bemühungen, der Fahrt zu großem Erfolg verholfen zu haben. Etwas später erschienen unter Gejohle die Hexen und hexenähnliche Gestalten - in Jutesäcken und zerrissenen Bettlaken verkleidet verwandelten sie die Party in eine mittelalterliche Monsterschau.

Wir hatten uns gegen eine altmodische Polartaufe entschieden, aber Neptun, Thetis und ihre Anhänger erschienen neugierig und wurden als Gäste gerne geduldet. Den Höhepunkt bildete ein galoppierendes Monster, aussehend wie eine Kreuzung zwischen Elefant und Krokodil, das um ein "Feuer" tobte. Mit Zauberspüchen und sanfter Gewalt konnten die Hexen es bändigen und die gefangenen Seelen befreien. Scharf gewürztes Essen wurde gereicht und genau wie die Party von allen genossen - vor allem auch weil der Endspurt unserer Fahrt glatt verläuft und der Stress der letzten Woche vorbei ist.

Herzliche Grüsse von einem Schiff auf dem Nachhauseweg , vor dem sich jedoch noch eine arbeitsreiche Zeit auftürmt.

Victor Smetacek

FS Polarstern-Fahrt ANT XVI/3: Frontendynamik und Biologie II

Wochenbericht 8 vom 09.05.1999

Die letzte Woche unserer Fahrt verbrachten wir mit Stationsarbeit entlang des 20°E Meridians und zwar vom 52°S über die südliche, die Polar und die Subantarktische Front bis zur nördlichen Grenze der Kaltwassersphäre. Es war die letzte Etappe, wir hatten keine anderen Aufgaben und der Stationsplan wiederholte sich monoton: Eine Station jeden halben Grad (ca. alle 50 km) mit CTD bis 1000m, Multinetz bis 1000m, CTD bis 300 m (für die Großabnehmer) und bei jedem vollen Grad die Go-Flo-Schöpfer für die ultrasaubere Entnahme von Wasserproben für die Eisenbestimmung. Die Serie von 10 Stationen endete bei 47°S und die letzte Tiefenstation wurde Freitagnachmittag bei 44°S durchgeführt. Das Wetter hielt sich in Grenzen und nur eine Station fiel wegen hoher Dünung aus.

Die interessanteste Station war die an der südlichen Front, jetzt bei 51° 30'S, wo die Algenblüte zu Beginn der Reise uns überrascht hatte. Jetzt, 5 Wochen später, war die Blüte im Absinken begriffen. Dichte Algenblüten in küstennahen Regionen wachsen in wenigen Wochen heran und können in einigen Tagen verschwinden nach dem Verbrauch der Nährstoffe. Zunächst kleben die Algenketten zu Flocken zusammen, die höhere Sinkgeschwindigkeiten haben als die einzelnen Ketten und mit ca. 100 m pro Tag absinken. Dieser Prozess findet wohl auch im offenen Ozean statt und ist ein Haupttransportweg für organischer Kohlenstoff in die Tiefsee, der die dortigen Organismen mit Nahrung versorgt. So arbeitet die biologische Kohlenstoffpumpe im Ozean: Algen verbrauchen Kohlendioxid in der Oberflächenschicht und sinken später herab. Das CO₂-Defizit wird durch Aufnahme von der Atmosphäre kompensiert.

Diese Art vom Absinkverhalten wurde im Südozean nicht vermutet, da die hiesigen Blüten in Schichten vorkommen, die dreimal tiefer sind als im Küsten-ozean. Da die Algenketten entsprechend verdünnter sind, entstehen die Flocken nicht so schnell. Außerdem sind Nährstoffe im Südozean immer ausreichend vorhanden. Es stellt sich daher die Frage, wie Flocken entstehen und wodurch der Prozeß eingeleitet wird. Ein weiterer Hinweis, daß antarktische Blüten nicht zum Massenabsinken neigen, wird vom Sediment geliefert, das sehr arm an Leben ist und fast nur aus leeren Diatomeenschalen, vor allem von *Fragilariopsis kerguelensis*, besteht. Allerdings gehört die Sedimentationsrate unter dem AZS mit 1 m pro 1000 Jahren zu den höchsten im ganzen Ozean.

Aber die Blüte, die auf dem Computerbildschirm der CTD abgebildet wurde, war dabei Flocken zu bilden, von denen einige schon in 400 m zu sehen waren. Sie offenbarten sich als starke Ausschläge in den Signalen der Chlorophyllfluoreszenz- und Durchsichtigkeitsensoren. Die Flocken waren zu dünn gesät, um sie mit den CTD-Flaschen zu sammeln, so wurden die üblichen Netze des Multinetzes gegen welche mit feineren Maschen schnell ausgetauscht. So wurde Algenmaterial aus den tieferen Schichten gesammelt. Spätere Analysen der Wasserproben lieferten weitere Hinweise für ein Massenabsinken der Blüte: Eine außergewöhnlich große Bakterienpopulation in 300 m Tiefe hatte bereits organisches Material aufgelöst, dessen Endprodukte sich auch im Thorium/Uran Verhältnis abbildeten. Diese sehr genaue Methode zur Erfassung vom Partikel-verlust aus der Deckschicht ist, wie die meisten von uns verwendeten Methoden zu kompliziert, um in wenigen Worten erklärt zu werden. Es genügt hier die Feststellung, daß diese Methoden uns erlauben, biologische Prozesse zu beobachten und zu messen, die an Land mit dem blossen Auge verfolgt werden können.

Wir sind Landtiere und unsere Sinnesorgane und Physiologie haben sich in terrestrischen Ökosystemen entwickelt. Das Verständnis dieser Systeme ist natur-gewachsen. Dagegen ist uns das Leben im offenen Wasser der Ozeane so fremd wie Leben auf einem entfernten Planeten. Plankton ist die weitest verbreitete Lebensform auf unserer Erde, aber wir terrestrischen Menschen haben noch lange nicht verstanden, wie das Plankton funktioniert, welche Kräfte ihm Form verleihen und wie es seine Umwelt modifiziert.

Seit der Entdeckung des Planktons im letzten Jahrhundert werden die Faktoren, die das Wachstum und die Akkumulation von Biomasse steuern, intensiv diskutiert. Sonnenlicht ist eine unabdingbare Voraussetzung, aber die Menge an Licht, die eine Algenzelle erfährt, hängt nicht nur von Sonnenhöhe und Tageslänge ab, sondern auch von der Tiefe der durchmischten Schicht und der Rate, mit der es in dieser Schicht bewegt wird. Im gewissen Sinne, je tiefer die durchmischte Schicht, umso "verdünnter" das Licht für die einzelnen Zellen. Da sich eine Blüte bei 52°S im Herbst entwickelt hatte, muß das Licht ausgereicht haben. Aber warum entwickelten sich Blüten nur an den Fronten? Vermutlich weil an Fronten Wassermassen unterschiedlicher Herkunft und daher Dichte zusammen-treffen und sich überlagern, wobei flache Deckschichten entstehen und sich lange genug halten, um den Aufbau von Blüten zu ermöglichen. Aber wenn Blüten sich an Fronten im Herbst entwickeln können, warum geschieht dies nicht in den ausge-dehnten Zonen zwischen den Fronten während der langen Sommertage? Daß der nährstoffreiche Südozean über das ganze Jahr arm an Plankton ist, wurde lange als Paradoxon angesehen. Aber der äquatoriale Pazifik verhält sich trotz starker Einstrahlung ähnlich.

Vor kurzem wurde gezeigt, daß diese Gewässer im Pazifik eisenlimitiert sind: die Zugabe von Eisen erzeugte eine Blüte. Die Hauptquelle des Eisens im Ozean ist kontinentaler Staub, da im Gegensatz zu anderen Nährstoffen, Eisen im Meerwasser kaum löslich ist. Es ist aber ein essentieller Stoff und die Konzentrationen im offenen Ozean sind zu niedrig, um Blüten zu ermöglichen. Folglich müssen landferne Ozeane wie der Südozean ebenfalls eisenlimitiert sein. Wo Blüten regelmäßig auftreten, wie an der Polarfront, müßte Eisen vorhanden sein und die Geochemikergruppe an Bord war dabei, die Quellen des Eisens - ob Südamerika oder Afrika - anhand der Anwesenheit von bestimmten, seltenen Elementen festzustellen. Die niederländische Gruppe untersuchte die Eisenhypothese, indem sie Eisenkonzentrationen bestimmte und Experimente mit natürlichem Plankton unter Beigabe von Eisen durchführte. Ihre Ergebnisse zeigen, daß Eisen fleckhaft verteilt und in niedrigen aber ausreichenden Mengen vorkam.

Es gibt eine weitere Bedingung damit Blüten entstehen können: Die Zellen müssen schneller wachsen als sie gefressen werden. Da nur bestimmte Typen von Kieselalgen (Diatomeen) die Blüten dominieren, müssen sie besser überleben als andere Algen. Denn kleine Zellen sind bei der Nährstoffaufnahme effizienter und wachsen auch schneller als große Zellen, aber sie werden von vielen verschiedenen einzelligen Lebewesen auch schneller aufgefrisst. Diatomeen wachsen auch schnell aber sie sind nicht für die effiziente Aufnahme von Spurenelementen konstruiert: Ihr starker Kieselpanzer schützt sie vor dem Wegfraß und selbst die großen Salpen scheinen Diatomeenblüten zu meiden. Aber die Krebstiere des Zooplanktons - Copepoden und Krillverwandte - besitzen Kiefer und Muskelmägen, mit denen sie die Siliziumpanzer knacken können. Allerdings haben die Krebstiere viele Räuber und sind nicht so zahlreich wie die kleinen Einzeller. Führt der starker Wegfraß der kleineren Algen zur Akkumulation der großen, dickschaligen Diatomeen an Fronten und ist deren Abwesenheit nördlich der Polarfront auf den Verbrauch des gelösten Siliziums durch frühere Blüten bedingt? Falls Siliziumschalen die beste Schutzmaßnahme darstellen, ist Frag. Kerguel. noch besser geschützt als die anderen Diatomeen? Diese Hypothese muß überprüft

werden, aber wir haben schon erste Hinweise: Lebende Zellen sind im Kot eines Krillverwandten gefunden worden. Aber warum sank die südliche Blüte in solchen Massen ab, während die F,kergr-Blüte an der Polarfront dieses Verhalten nicht zeigte? Gibt es Verhaltensunterschiede zwischen den Arten?

Diese und viele weitere Fragen werden nun im Lichte unserer Daten in den kommenden Monaten untersucht. Aber erst müssen wir Proben messen, Daten analysieren und sie in interdisziplinärer Zusammenarbeit auswerten und interpretieren. Wir hoffen, daß wir einen bedeutenden Beitrag zum wachsenden Verständnis der Ozeanökologie und ihrer Rolle im Klimasystem liefern können. Die Fahrt ist erfolgreich gewesen und wir sind dem Kapitän und der Besatzung von Polarstern sehr dankbar, daß sie dies möglich gemacht haben.

Wir verabschieden uns bald von der Polarstern und freuen uns auf die feste Erde.

Mit herzlichen Grüßen,

Victor Smetacek