

## **FS Polarstern: Reise ANT XVIII/2 EISENEX Wochenbericht 1 31.10.2000**

FS POLARSTERN verließ planmäßig am 24. Oktober um 20 Uhr Kapstadt in Richtung Süden mit 58 Wissenschaftler/innen sowie 44 Besatzungsmitgliedern an Bord. Es war schon dunkel als wir ausliefen, und die funkelnden Lichter der Stadt waren der letzte Anblick von Land für die nächsten fünfeinhalb Wochen. Die schwere See der ersten beiden Tage diente als Vorbereitung für die vor und liegende Zeit. Doch POLARSTERN ist ein behäbiges Schiff, das auch hohen Wellen mit Gelassenheit trotz. Diejenigen von uns, die unter dem schwankenden Schwerkräftfeld zunächst litten, erholten sich bald und beteiligten sich am emsigen Auspacken der Kisten und dem Aufbauen von Instrumenten.

Die Wissenschaftler an Bord stammen aus 15 Ländern und repräsentieren mehrere Disziplinen der marinen Physik, Chemie und Biologie. Unser gemeinsames Ziel ist es, einen Beitrag zum Verständnis der Erde als funktionierendes Gesamtsystem zu liefern. Weltweit werden derzeit große Anstrengungen unternommen, die jüngste Erdgeschichte detailliert zu rekonstruieren und mit den heutigen globalen Prozessen in Beziehung zu setzen. In den letzten 400 000 Jahren hat die Erde vier Eiszeiten durchlebt, deren Kommen und Gehen von rhythmischen Veränderungen in der Stellung der Erde zur Sonne beeinflusst wurden. Allerdings sind die Unterschiede in der Sonneneinstrahlung zwischen Kalt- und Warmzeiten zu gering, um die großen Fluktuationen der globalen Temperatur zu erklären. Zudem sind die Klimawechsel viel zu plötzlich aufgetreten als man dies aufgrund der allmählichen Änderungen im Verlauf der Erdbahn erwarten würde. Unsere Suche gilt daher jenen Prozessen, die die Signale veränderter Einstrahlung auf der Erde verstärken. Nur wenige sind bisher hinreichend verstanden worden, um sie verlässlich zu quantifizieren.

Daten aus Eisbohrkernen haben gezeigt, dass die globalen Temperatur-veränderungen an die Konzentration von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in der Atmosphäre gekoppelt sind. Der CO<sub>2</sub>-Anteil schwankt zwischen 0.018% in Kalt- bzw. 0.028% in Warmzeiten. Was dabei Ursache und Wirkung ist und welche die Quellen und Senken des CO<sub>2</sub> sind, wird z. Zt. intensiv diskutiert. Die zahlreichen ineinandergreifenden Prozesse, die für die wiederkehrenden Muster der CO<sub>2</sub> Fluktuationen verantwortlich sind, sowie die Regelmechanismen, die gleichbleibende CO<sub>2</sub> Konzentrationen während der jeweiligen Klimaperioden stabilisieren, müssen entwirrt werden. Vor dem Hintergrund steigender CO<sub>2</sub> Konzentrationen während der letzten 100 Jahre (heute bei 0.037%) ist die Beantwortung dieser Fragen entscheidend, um verlässliche Klimavorhersagen wagen zu können.

Der Ozean enthält erheblich mehr CO<sub>2</sub> als die Atmosphäre, aber die Menge, die ausgetauscht wird, hängt von der Konzentration in der Oberflächenschicht ab. Die winzigen, einzelligen Algen, die dort wachsen - Phytoplankton - beeinflussen den Oberflächengehalt an CO<sub>2</sub>, indem sie es aufnehmen und in Biomasse umwandeln. Dabei wird ein Defizit erzeugt, das durch Aufnahme von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre wieder ausgeglichen wird. Je höher die Algenbiomasse, desto mehr CO<sub>2</sub> wird vom Ozean aufgenommen. Das Wachstum der Algen wird vom Lichtangebot und der Nährstoffverfügbarkeit bestimmt. Normalerweise ist Nitrat Mangelware, aber in 3 ausgedehnten Ozeanregionen - dem äquatorialen und dem subarktischen Pazifik und dem gesamten Südlichen Ozean - ist die Phytoplanktonproduktion viel geringer, als aufgrund der Licht- und Nährsalzverhältnisse zu erwarten wäre. Dieses Enigma wurde in den letzten 10 Jahren geklärt: Eisen ist der limitierende Nährstoff in diesen Regionen.

Den überzeugendsten Beweis lieferten drei Experimente, bei denen Phytoplankton durch die Zugabe von Eisenlösung zur Massenentwicklung veranlasst wurde. Eines dieser Experimente wurde im südlichen Ozean von einem neuseeländischen Schiff ausgeführt und resultierte in eine Phytoplanktonblüte von über 100 Quadratkilometern Ausdehnung. Aus Mangel an Schiffszeit konnte das Schicksal dieser Blüte südlich von Neuseeland allerdings nicht weiter

verfolgt werden. Dies ist aber entscheidend für den Kohlenstoffhaushalt: Verbleibt die von der Blüte erzeugte organische Materie in der Deckschicht, und wird dort von Bakterien und Zooplankton (kleine Planktontiere) abgebaut, findet keine langfristige Aufnahme des CO<sub>2</sub> statt. Sinkt dagegen ein Teil dieser Materie aus der Oberflächenschicht herab, wird der Atmosphäre entsprechend viel CO<sub>2</sub> über Jahrzehnte bis Jahrhunderte entzogen.

Ausgedehnte Blüten im atlantischen Sektor des Südozeans sind bereits während früherer Polarsternfahrten beobachtet worden, was darauf hinweist, dass es sich um natürliche Ereignisse handelt. Die Herkunft des Eisens konnte allerdings nicht geklärt werden. Eisen wird in den Ozean hauptsächlich durch Staub von den Kontinenten eingetragen. Eisengehalte in Tiefseesedimenten und in Eiskernen belegen, dass es während der Eiszeiten einen deutlich höheren Staubeintrag gegeben hat als in den Warmzeiten. Wenn der südliche Ozean während der Eiszeiten ebenso produktiv war wie der Nordatlantik (dank des Saharastaubs) heute, dann ließe sich ein beträchtlicher Teil der CO<sub>2</sub>-Schwankungen zwischen Warm- und Kaltzeiten erklären. Das wichtigste Ziel unserer Expedition ist, diese These zu testen. Um einen Staubeintrag zu simulieren, werden wir einen Flecken Ozean mit Eisensulfatlösung düngen und anschließend die Reaktion des Planktons darauf verfolgen.

Doch zunächst müssen wir den geeigneten Ort finden, der folgende Kriterien erfüllen muß: niedrige Eisenkonzentrationen und ein stabiler Wasserkörper, der sich während der Dauer des Experimentes nicht mit umgebenden Wasser vermischt. Wir müssen uns also fern halten von den sehr dynamischen Frontensystemen, die den Südlichen Ozean durchziehen. Die vergangene Woche haben wir damit verbracht, uns einen Überblick über die Lage dieser Frontensysteme zu verschaffen, indem wir ein zwischen Meeresoberfläche und 200 m Wassertiefe undulierendes Instrumentenpaket - genannt ScanFish - 750 km entlang des 20° Ost Längengrades geschleppt haben. Die verschiedenen Arbeitsgruppen an Bord haben dabei in kurzen Intervallen den Zustand des pelagischen Ökosystems aufgezeichnet. Vorläufige Resultate sind vielversprechend und deuten darauf hin, dass Eisen- und Phytoplanktonkonzentrationen in dieser Region niedrig sind. Vielversprechend ist auch eine Phytoplanktonblüte - in der Form wie wir sie erzeugen möchten -, die wir am nördlichen Rand des Südlichen Ozeans antrafen.

In der kommenden Woche werden wir eine kleinskalige hydrographische Aufnahme eines noch zu bestimmenden Gebietes erstellen. Anhand der dabei gewonnenen Daten werden wir den für die Eisendüngung am besten geeigneten Ort auswählen und voraussichtlich am 6. November mit dem eigentlichen Experiment beginnen. Trotz kurzzeitiger technischer Probleme mit dem ScanFish - die mit tatkräftiger Hilfe der Besatzung behoben werden konnten - ist die Stimmung gut und die Erwartungen hoch. Wir sind jetzt an der Grenze zwischen den ‚roaring forties‘ und den ‚furious fifties‘, aber blieben bisher von Winden stärker als 8 Beaufort verschont. Die Unterstützung durch die Besatzung ist hervorragend. Man bemüht sich sehr darum, dass es uns allen gut geht. Dazu trägt auch das leckere Essen an Bord bei. Wir arbeiten hart, um den ‚Dusting Day‘ vorzubereiten.

Wir sind der AWI Logistik und allen, die uns in der Vorbereitung dieser Fahrt geholfen haben, sehr dankbar. Die Tatsache, dass nichts vermisst wird, ist der beste Beweis für die gelungene Vorbereitung dieser Fahrt. Im Gegensatz hierzu hat es eine Fluglinie geschafft, einen Koffer fehlzuleiten. Glücklicherweise fand sich schnell eine hilfsbereite Kollegin mit der gleichen Körpergröße, die bereit ist, ihre Kleidung zu teilen.

Vielen Dank an alle!

Mit herzlichen Grüßen,

Victor Smetacek

## **FS Polarstern: Reise ANT XVIII/2 EISENEX Wochenbericht 2 7.11.2000**

Der Ozean birgt noch viele Geheimnisse. Die Romantiker unter uns würden es am liebsten so lassen, um zu verhindern, dass die Meere noch weiter ausgebeutet werden. Wir Meereskundler aber haben die Aufgabe, die Dinge nüchtern zu betrachten und nach Fakten zu suchen, die von öffentlichem Interesse sind. Im ersten Wochenbericht bin ich auf die Hintergründe unserer Fahrt eingegangen: Die Rolle der Ozeane im globalen Kohlenstoffhaushalt und die vermuteten Auswirkungen auf das Klimasystem der Erde. Unsere Aufmerksamkeit richtet sich auf das ozeanische Plankton, das die Grundlage der marinen Nahrungsketten bildet, aber auch zur Regulation des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Atmosphäre beiträgt. Wir wollen feststellen, wie das Plankton des südlichen Ozeans, der durch Eisenmangel gekennzeichnet ist, auf eine Eisendüngung reagiert. Dafür müssen wir eine geeignete Stelle ausfindig machen, in der der gedüngte Fleck verfolgt werden kann und nicht gleich durch die Strömungen auseinander gerissen wird.

Der größte Teil des Südlichen Ozeans besteht aus einem breiten ostwärts strömenden Wasserring - dem Antarktischen Zirkumpolar Strom (AZS) - der sich um den antarktischen Kontinent dreht. Der AZS lässt sich anhand der Temperatur in mehrere Gürtel unterteilen, die jeweils durch Fronten - scharfen Temperaturgradienten - voneinander getrennt sind. Die Polarfront ist der markanteste Übergang und unterteilt den AZS in zwei Ringe: die Polarfrontzone (PFZ) im Norden und die Antarktische Zone (AZ) im Süden. Der Nordrand der PFZ neigt dazu, unter dem wärmeren, daher leichteren Wasser, der benachbarten subantarktischen Zone abzutauchen. Da das Plankton des AZS eisenlimitiert ist, werden große Mengen der gelösten Nährsalze Nitrat und Phosphat unverbraucht mit in die Tiefe befördert. Wäre genug Eisen vorhanden, würden die Algen schneller wachsen, mehr Nährsalze aufnehmen und dabei auch wesentlich mehr Kohlenstoff binden, der dann entweder als Partikelregen absinkt oder mit absackendem PFZ-Wasser in die Tiefen des Ozeans für einige Jahrhunderte verschwindet. Einfache Modelle zeigen, dass über einen Zeitraum von Jahrhunderten etwa 30 - 60 Milliarden Tonnen Kohlenstoff auf diesem Weg der Atmosphäre entzogen werden könnten - etwa die Menge, die wir Menschen in einem Jahrzehnt in die Atmosphäre pusten. Allerdings beruhen die Modelle auf Annahmen, die überprüft werden müssen.

Die Fronten sind die Rennbahnen des AZS, dazwischen strömt es langsamer. Auf Satellitenbildern erscheinen die Fronten wie Flüsse, die sich durch eine breite Ebene schlängeln. Durch das Mäandrieren der Fronten werden Wirbel abgeschert, die sich dann von der Front entfernen und sich erst allmählich im Umgebungswasser auflösen. Die Wirbel bewahren ihren sich drehenden Kern vor der Vermischung mit Umgebungswasser für längere Zeiträume. Wir planen, unser Experiment im Zentrum eines solchen Wirbels durchzuführen.

Wirbel im offenen Ozean können sowohl von Satelliten als auch vom fahrenden Schiff geortet werden. Durch Unterschiede in Temperatur oder im Planktongehalt des Oberflächenwassers heben sie sich vom Umgebungswasser ab. Da Wirbel von der Frontengegend abgeschnürt werden, wo die Dichtegradienten (bestimmt durch die Verteilung von Temperatur und Salzgehalt) am steilsten sind, besitzen sie eine andere Dichte als die Umgebung in die sie sich hineinbewegen. Wirbel mit größerer Dichte liegen zur Mitte hin tiefer und umgekehrt. Der Unterschied beträgt einige Dezimeter zwischen Wirbelmitte und -rand und kann vom Weltraum aus mit einem Altimeter gemessen werden. Vom fahrenden Schiff können die Strömungsgeschwindigkeiten mit einem Echolot aufgenommen werden, das die Geschwindigkeit einzelner Partikel in verschiedenen Schichten der Wassersäule bis 300 m Tiefe über den Doppler-Effekt mißt: das Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP).

Auf dem Weg nach Süden zogen wir ScanFish (ein undulierendes Instrument, das Temperatur, Salzgehalt- und Chlorophyllverteilung in den oberen 250 m mißt) entlang des

20° E Längengrads über die Subantarktische Front, durch die PFZ, über die Polarfront und in die AZ bis 52°S hinein. Gleichzeitig wurden eine Reihe von Messungen rund um die Uhr im Oberflächenwasser durchgeführt. Der Eisengehalt war überall sehr niedrig, aber in einem etwa 50 km breiten Streifen bei etwa 48°S waren die Temperaturen niedriger, die Kieselalgendichten und die Konzentration von gelöster Kieselsäure (aus der die Kieselalgen ihre Schalen bauen) deutlich erhöht. Noch höhere Werte fanden wir erst wieder im kalten Wasser der südlichen Polarfront bei 52°S. Offensichtlich war der Streifen bei 48°S Teil eines Wasserkörpers, der sich von der Front abgelöst hatte und 400 km weit nach Norden verdriftet war. Die ADCP Profile bestätigten dieses Bild: Der Streifen bewegte sich mit etwa den gleichen Geschwindigkeiten wie die übrigen Wassermassen, allerdings nach Westen - in die entgegengesetzte Richtung. Dort wo die Strömung sich drehte waren niedrige Geschwindigkeiten zu sehen: der Kern eines Wirbels! Weitere Bestätigung erbrachte das Altimeter-Bild: Wir hatten einen kreisrunden Wirbel von etwa 150 km Durchmesser gestreift, dessen Oberfläche etwa 10 cm tiefer lag als die Ränder.

Um den Wirbel besser zu orten, fuhren wir eine 350 km Diagonale quer durch das vermutete Zentrum des Wirbels. Die Auswertung zeigte, dass wir einen Volltreffer gelandet hatten, der strömungsarme Kern war allerdings recht klein. Jetzt galt es, die Ausmaße des Wirbels zu vermessen, um ihr Verhalten abzuschätzen und zwar mit einem systematisch angelegten Zick-Zack Kurs. Für die Vermessung waren 5 Tage geplant. Da wir schon anderthalb Tage im Verzug waren, wegen der Diagonale und einigen Scanfish-Ausfällen, wurden die Biologen und Chemiker ungeduldig und wollten gleich zur nun georteten Wirbelmitte fahren und mit dem Experiment beginnen. Da wir nur 3 Wochen Zeit für das Experiment haben, und unbedingt auch die Endphase der Blüte erwischen wollen, zählt jeder Tag. Die Physiker mahnten zur Vorsicht: Düngen auf Gutdüngen könne dazu führen, dass wir eine ungeeignete Stelle erwischen und der Fleck abtaucht oder durch Stromscherungen auseinandergerissen wird. Die Lage könnte man nur nach Aufzeichnung des Gesamtbildes des Wirbels beurteilen.

Wir beschlossen nach Plan vorzugehen und fingen am 3.11. mit der Vermessung von 5 Nord-Süd Transekten von 200 km Länge und in 50 km Abständen von Osten nach Westen an. Als wir die Mitte des Wirbels während des Sonntags durchfuhren, stellten wir fest, dass der strömungsfreie Kern recht klein war. Da wir jetzt keine Auswahl hatten, beschlossen wir einvernehmlich die Vermessung abubrechen und während des Montags den Wirbelkern mit einem Box von etwa 35 km Kantenlänge mit dem ADCP genau zu bestimmen. Montag Abend wurde im strömungsarmen Zentrum des Wirbels eine Treibboje ausgesetzt und umfangreiche Messungen der darunterliegenden Wassersäule während der Nacht durchgeführt.

Dienstag fingen wir mit dem Düngen an und sind maßlos gespannt, was danach passieren wird. Die Vorbedingungen sind gut - extrem eisenarmes Wasser im ganzen Gebiet, eine dünne aber artenreiche Planktongemeinschaft, deren Veränderungen im Laufe des Experimentes interessante Rückschlüsse über Auswahlprozesse in diesem Lebensraum erlauben werden. Messungen der Photosyntheseleistung einzelner Zellen zeigen, dass die Kieselalgen nur bei 30% ihres Potentials wachsen - höchstwahrscheinlich wegen Eisenmangel, denn alle anderen Bedingungen sind erfüllt. Grund zur Beunruhigung ist die hohe Zahl der etwa millimetergroßen Ruderfußkrebse (Copepoden) im Gebiet, deren Dichten mehr als 15 pro Liter übersteigen - wesentlich mehr als die Dichten, die üblicherweise in der Nordsee auftreten. Sie könnten durch ihren Fraßdruck die Blüte buchstäblich im Keime ersticken. Solche Konzentrationen haben wir bislang nur im Sommer an der Polarfront angetroffen.

Das Wetter hat bislang mitgespielt, wir sind alle wohlauf, die Spannung steigt. Mittwoch früh ist das Düngen beendet.

Herzliche Grüße von einem gespannten Schiff, Victor Smetacek

p.s. Berichtigung des WB1: Wir sind doch am 25.10. von Kapstadt losgefahren (nicht am 24.10.).

## **PFS Polarstern: Reise ANT XVIII/2 EISENEX 1 Wochenbericht 3 14.11.2000**

Während der vergangenen Woche verwandelte sich Polarstern von einem umherziehenden Jäger zum seßhaften Bauern, darauf wartend, dass der bestellte Wassergarten zu blühen beginnt. So hat es der Chief Ingenieur ausgedrückt. Die Physiker hatten die Aufgabe, eine Region im Ozean zu lokalisieren, wo wir sicher sein konnten, dass unser gedüngter Wassergarten über die Zeitdauer des Experiments zusammenhängend bleibt. Unter Einsatz ihrer Instrumente als verlängerte Sinnesorgane spürten sie das Auge eines Wirbels in den scheinbar gleichmäßigen Weiten des Ozeans auf und hielten "ihre Beute" mit einer treibenden Boje fest. Den Garten zu bestellen war eine neue Aufgabe für die Navigatoren, die auf die Geradlinigkeit ihrer Kurse zu Recht stolz sind. Nun verbrachten sie 15 Stunden von Dienstag auf Mittwoch damit, eine 70 km lange Spirale mit 7 km Durchmesser um die treibende Boje zu "pflügen", während 4 Tonnen Eisensulfat gelöst in 30 Kubikmeter Seewasser durch einen 5 cm breiten Schlauch in die See gelassen wurden. Die Entfernung zwischen den Kreisen betrug nur einen Kilometer und das Schiff mußte alle 5 Minuten etwas drehen um eine allmählich zunehmende Entfernung von der Boje zu halten. Die Navigatoren stellten sich der Herausforderung und leisteten exzellente Arbeit.

Wir verwendeten dasselbe Eisensalz, das in Gärtnereien als Antimoosmittel verkauft wird. Der Rasen wächst dann angeblich besser. Dieses Eisensulfat liegt in seiner reduzierten, löslichen Form vor und ist im angesäuerten Wasser stabil. Seewasser ist aber leicht alkalisch, so wird diese Form des Eisens nach Zugabe in die See schnell oxidiert und in unlöslichen Rost umgewandelt. Aus diesem Grund ist das ozeanische Wasser sehr arm an Eisen. In früheren Experimenten verschwand das zugeführte Eisen binnen weniger Tage, aber der Fleck konnte noch identifiziert werden, weil ein inerte Stoff - Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) - der Eisenlösung beigemischt war. Ein englisches Team, das in der Messung unglaublich winziger Mengen von SF<sub>6</sub> versiert ist und an allen bisherigen Eisendüngungsexperimenten beteiligt war, hat die Aufgabe, den gedüngten Fleck aufzuspüren und "im Auge" zu behalten. Nur 50 Gramm SF<sub>6</sub> wurde den 30 Kubikmeter Wasser beigemischt und diese Menge reicht aus, um über 100 Quadratkilometer Ozeanoberfläche meßbar zu markieren. SF<sub>6</sub> ist flüchtig und entweicht in die Atmosphäre; deshalb wurde die Mischung in 15 m Tiefe hinter der Schiffsschraube ausgelassen, in der Hoffnung, dass das Eisen und SF<sub>6</sub> gleichmäßig in der Oberflächenschicht verteilt wird.

Um der gedüngten Spirale Zeit zum Vermischen zu geben, führten wir eine Station im Wasser außerhalb des gedüngten Flecks als Kontrolle durch. Jede Station dauert etwa 8 Stunden, weil eine Vielzahl von Messungen zur Charakterisierung des Ökosystems durchgeführt werden. Das am häufigsten gebrauchte Instrument ist die CTD: Eine schwere Rosette an der 24 zylindrische Wasserschöpfer von je 12 Liter Volumen angebracht sind und die von den Physikern bedient wird. Jeder Schöpfer kann in der gewünschten Tiefe einzeln verschlossen werden. Die CTD trägt Sonden, die die Leitfähigkeit (= Salzgehalt), Temperatur und Druck (= Tiefe) aber auch Fluoreszenz (ein Maß für Chlorophyll der Planktonalgen) und Durchsichtigkeit (beeinflusst durch den Partikelgehalt des Wassers) der Wassersäule kontinuierlich registrieren. Wenn die Sonde herabgelassen wird, erscheinen die Meßwerte als Profile am Monitor im Kontrollraum. In der Regel versammelt sich dort eine neugierige Schar, um die Struktur und Eigenschaften der Wassersäule zu diskutieren.

Die Profile, die wir während der letzten Woche im ganzen Gebiet aufnahmen, fielen durch ihre vielen Zacken auf. Das Wetter war seit Tagen außergewöhnlich ruhig gewesen und die Oberflächenschicht war nicht durchmischt. Chlorophyllhaltige Schichten erstreckten sich bis 80 m Tiefe, ein Zeichen dafür, dass sie durch seitliche Verschiebungen von Wassermassen

"begraben" wurden. Solche geschichteten Wassersäulen können nur durch präzise Steuerung der Schöpfer vernünftig beprobt werden. Die Schöpfer werden auf dem Weg nach oben verschlossen. Die CTD wird auf jeder Station viermal eingesetzt. Die meisten Messungen werden am Wasser einer "Haupt-CTD" durchgeführt. Die übrigen CTDs erfüllen Sonderwünsche. Weil es anderthalb Stunden dauert, um die diversen Wasserproben von der Rosette zu zapfen, werden andere Geräte in der Zwischenzeit eingesetzt. Nach der ersten CTD werden besonders gesäuberte Wasserschöpfer an einem Kunststoffseil herabgelassen, um Wasserproben für Eisenmessungen zu sammeln. Da Eisen sehr reaktiv ist, liegt es in verschiedenen Formen vor, aber bislang ist nur wenig über die Chemie dieses essentiellen Elements im Meerwasser bekannt. Die niederländische Eisengruppe (bestehend aus 4 Nationen) mißt alle diese Formen innerhalb und außerhalb des Fleckens. Dieser Datensatz wird unsere Kenntnisse erheblich erweitern. Weitere Geräte, die zum Einsatz kommen, sind Planktonnetze und eine Freifall-Turbulenzsonde, die in einem späteren Bericht erläutert werden.

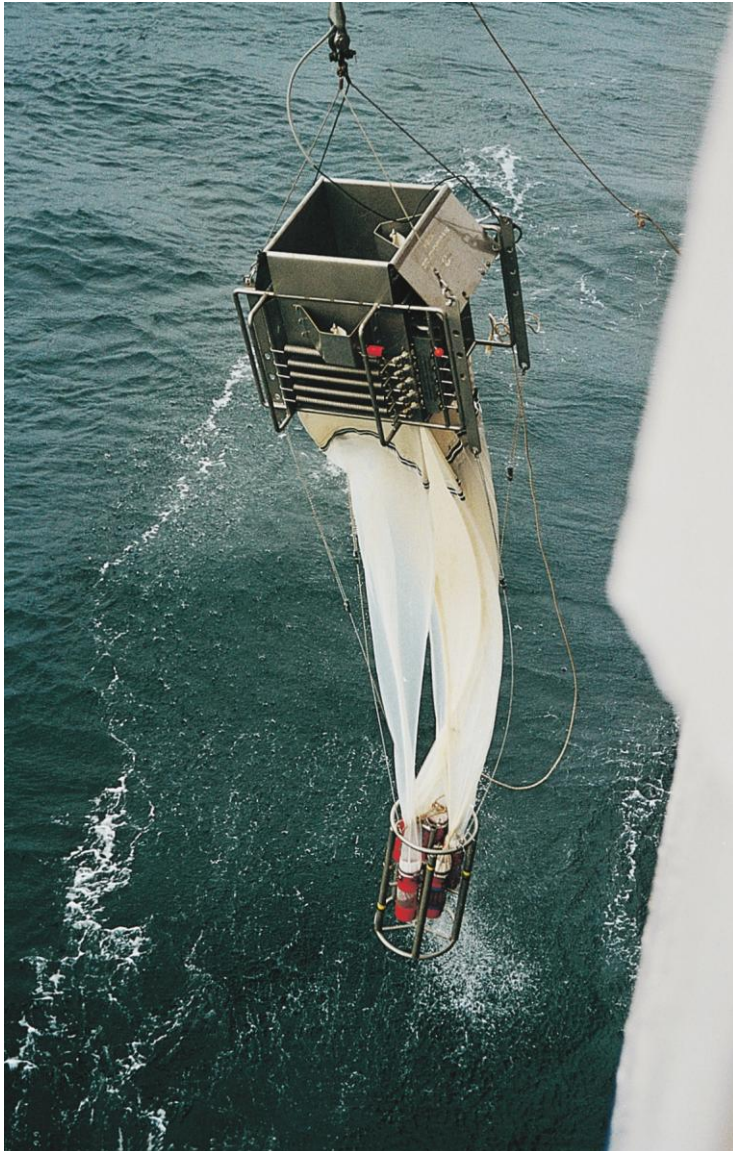
Nach Stationsende kehrten wir zum Eisenfleck zurück, der durch eine runde rote Boje markiert wird, die ihre Position regelmäßig zum Schiff funkt. Die Boje trägt einen Treibanker in 15 m Tiefe, um den Einfluß des Windes auf ihre Treibrichtung zu reduzieren, sowie weitere ozeanographische Meßgeräte. Am Tag nach der Eisendüngung war die Boje nur wenige km spiralförmig verdriftet, doch dann wanderte sie schnell in Windrichtung nach Osten. Wir entschlossen uns, die Boje zu überprüfen, fanden sie auf der Seite liegend und mußten dann feststellen, dass das Seil, welches 4 Tonnen tragen kann, einfach durchgerissen war. Um den Fleck nicht zu verlieren, setzte das Schiff einen Suchkurs, auf dem wir anhand der SF6 Konzentrationen im Wasser unser gedüngtes Gebiet umgrenzen konnten. Umgehend wurde ein neues Treibseil montiert, die Leinen verstärkt, und die reparierte Boje im vermuteten Zentrum des Fleckens wieder ausgesetzt. In unmittelbarer Nähe führten wir eine weitere Messstation durch und stellten die ersten Anzeichen erhöhter Algenaktivität fest. Das Hochgeschwindigkeits-Fluorometer, das die Photosyntheseleistung der Algen im Bereich von Millisekunden messen kann, zeigte, dass die Algen im Fleck effizienter wuchsen. Dieses erste Anzeichen sowie die immer noch hohen Konzentrationen von Eisen im Wasser - ein bemerkenswerter Unterschied zu früheren Experimenten - gab Anlaß zur allgemeinen Freude.

Am Sonnabend führten wir eine systematische Vermessung unseres "Hausgartens" durch, mit 4 Reihen von jeweils 6 Stationen, auf denen hochauflösend SF6- und Eisen-Proben aus den oberen 150m Wassersäule entnommen wurde. Es zeigte sich, dass die Mannschaft von POLARSTERN ausgezeichnete Arbeit geleistet hatte und eine nahezu perfekte Spirale um die driftende Boje ausgebracht worden war. Am Ostrand des Fleckens fanden sich die höchsten Konzentrationen beider Substanzen in 40 bis 60 m Wassertiefe, ein Hinweis, dass sich dort eine ca. 20-30 m mächtige "neue" Deckschicht über das gedüngte Wasser geschoben hatte. Doch wir hatten Glück, denn die größte Fläche unseres Fleckens reichte noch bis zur Oberfläche und war daher leicht vom fahrenden Schiff aus aufzuspüren. Wir hofften auf stärkeren Wind, der die neue Deckschicht einmischen sollte, und dieser Wunsch wurde mehr als erfüllt. Der einsetzende Sturm stoppte alle Arbeiten und sorgte für einige Schäden an Deck, die aber nach Abflauen des Windes schnell wieder repariert wurden. Am Dienstag, den 14. 11. war die Deckschicht gut durchmischt, die Chlorophyll Konzentrationen hatten sich verdoppelt, und der Fleck war immer noch in unserem Wirbel und bewegte sich halbkreisförmig nach Westen. Die Blüte hat begonnen: Nun dürfen wir sie nicht verlieren, denn wir wollen die vielfältigen Interaktionen während ihrer weiteren Entwicklung messend verfolgen. Wir hoffen, dass sie ihren Höhepunkt noch deutlich vor dem Ende unserer Expedition erreicht.



Die Zeit verfliegt, denn alle arbeiten hart. Am Sonnabend überraschte uns der Koch mit einem besonderen Abendessen: Spanferkel! Festlich genossen wir das ausgezeichnete Mahl. Die Stationsarbeiten wurden am Sonntag erst um 8 Uhr fortgesetzt, so konnte sich jeder nach einer anstrengenden Woche etwas ausruhen. Die Stimmung an Bord ist ausgesprochen gut, da wir jetzt wissen, wie gut es in unserem Wassergarten wächst, und dass wir ihn fest im Griff haben.

Herzliche Grüße von einem eifrigem Schiff, das leicht in der milden Dünung rollt.  
Victor Smetacek



© Lilo Tadday

Multinetz

## **PFS Polarstern: Reise ANT XVIII/2 EISENEX 1 Wochenbericht 4 22.11.2000**

Das ruhige, teilweise sonnige Wetter während der ersten Wochen unserer Fahrt ist völlig untypisch für die "Roaring Forties". Als Folge war die Oberflächenschicht nicht wie üblich 60 - 80 m tief durchmischt, sondern in mehrere "Scheiben" unterteilt, die wohl aus benachbarten Wasserkörpern stammten und entsprechend ihrer Dichte übereinanderschichteten. Die Überschichtung verlief erstaunlich kleinräumig wie das Schicksal unserer nur 7 km umfassenden gedüngten Spirale zeigte. Binnen weniger Tage neigte sich die Spirale durch die Überlagerung eines aus nordöstlicher Richtung einströmenden Wasserkörpers, so dass 10 - 20 m schmale SF<sub>6</sub>-reiche Schichten zwischen 60 m Tiefe und Oberfläche gefunden wurden. Trotz der günstigen Lichtbedingungen für das Phytoplankton blieben die Chlorophyllkonzentrationen mehr oder weniger gleich niedrig im angrenzenden Gebiet, aber innerhalb unseres Fleckens verdoppelten sie sich in den ersten 5 Tagen.

Der erste schwere Sturm der Fahrt traf uns am Sonntag (12.11.) 5 Tage nach der Düngung. Die Boje wurde durch die Winde in südwestliche Richtung in den Bereich von starken südwärts gerichteten Strömungen getrieben, die die ADCP-Messungen angezeigt hatten. Wir fürchteten, dass unser Fleck in die Weite des Ozeans verschwinden könnte, wenn er ebenfalls dorthin treiben würde. Wir führten einige lange SF<sub>6</sub> Transekte durch und waren sehr erleichtert, als wir starke Signale westlich der Boje fanden. Der Fleck war im Wirbelkern geblieben! Die Boje war wohl durch die westlichen Winde aus dem Fleck geschoben worden und auf südöstlichen Kurs gegangen. Die Transekte zeigten auch, dass hinter unserem größeren Fleck mindestens noch ein kleiner Fleck vorhanden war. Der Sturm hatte Eisen und SF<sub>6</sub> in den oberen 50 m der Wassersäule durchmischt. Diese homogenisierte Oberflächenschicht hatte sich nun schneller als die tiefer abgetauchten Schichten bewegt, die wohl wieder aufgetaucht waren.

Die Windgeschwindigkeiten während der letzten Woche nahmen ab, aber dichte Bewölkung und Nebel hinderten das gedüngte Plankton am schnellen Wachstum. Es regnete auch heftig, was zur Ausbildung einer 10 - 15 m leicht ausgesüßten Oberflächenschicht führte, die über dem Gebiet wie ein Deckel lag. Nachdem wir einige längere Stationen innerhalb und außerhalb des Fleckens durchgeführt hatten, entschlossen wir uns dazu, noch einige Tonnen Eisen (aber kein zusätzliches SF<sub>6</sub>) auszubringen. Die Eisenkonzentrationen waren zwar noch hoch, aber seit der ersten Düngung deutlich verringert. Eine komplette Spirale wurde erneut im SF<sub>6</sub>-reichen Wasser am Donnerstag in der Nacht gedüngt und bis zum Wochenende erhöhten sich die Chlorophyllkonzentrationen auf über 2 mg Chl/m<sup>3</sup>. Im Südlichen Ozean werden solche Werte bereits als Blüte bezeichnet. Im Umgebungswasser waren die vergleichbaren Werte nicht über 0,5 mg Chl/m<sup>3</sup> gestiegen.

Nachdem wir die ungefähre Ausdehnung und Lage des Fleckens mit einigen Transekten erkundet hatten, führten wir eine systematische Vermessung mit 24 Stationen in 3 km Abständen durch, die wir wegen eines heftigen Sturms, der Montag über uns einbrach, abbrechen mußten. Die Ergebnisse zeigten eine sehr enge Korrelation zwischen SF<sub>6</sub> und Chlorophyll innerhalb unseres länglichen, zusammenhängenden Fleckens, der nun mindestens 15 km lang und 10 km breit war. Der Fleck war nach Westen scharf abgegrenzt, ging aber allmählich auf der östlichen Flanke in Umgebungswasser über. Die höchsten Werte lagen entlang der nördlichen Stationsreihe, deren weitere Ausdehnung wir wegen des Sturms nicht erkunden konnten. Dieser Sturm war so heftig, dass wir uns langsam in den Wind bewegen mußten, um die hohen Wellen abzuwitern. Als der Wind soweit abgenommen hatte, dass das Schiff umgedreht werden konnte, hatten wir uns 30 km westlich von der Boje entfernt. Wieder herrschte Sorge, dass der Fleck auseinandergelassen sein könnte, da wir nur geringe SF<sub>6</sub> Konzentrationen westlich der Boje fanden. Als wir nach Norden abdrehten

stiegen die Werte rapide an: Unser Fleck war im Wirbelkern geblieben und hatte seit der Düngung vor ca. 2 Wochen eine komplette Drehung vollbracht.

Da die raue See Stationsarbeit nicht zuließ, verbrachten wir die Zeit damit, die Oberfläche des Fleckens genauer zu kartieren. Die Chlorophyllkonzentrationen sind wegen der tiefen Durchmischung leicht gefallen, aber nach wie vor dreifach höher in der Mitte des Fleckens als in den Randbereichen. Zur Zeit warten wir auf besseres Wetter, um die Stationsarbeit wieder aufzunehmen. Dies war in den letzten 3 Tagen nicht möglich. Unser einziger Trost ist, dass wir uns auf Polarstern befinden und nicht auf einem kleineren oder leichteren Schiff.

Wir verbringen die Zeit mit der Aufarbeitung unserer Daten, die in den täglichen Treffen um 19:30 vorgestellt werden. Diese Treffen werden von allen Wissenschaftlern/innen einschließlich dem Kapitän, dem Chief Ingenieur und dem Bordarzt besucht. Unser Meteorologe eröffnet das Treffen mit dem Wetterbericht, gefolgt von einer Übersicht über das Tagesgeschehen sowie der weiteren Planung durch den Fahrleiter. Die Diskussionen sind manchmal lebhaft, enden aber in der Regel in Einvernehmen. In einer interdisziplinären Unternehmung wie der unsrigen ist es wichtig, dass alle Beteiligten einschließlich den jüngeren Teilnehmer/innen über die Hintergründe der Planung informiert sind und Einsicht in den Beitrag der einzelnen Gruppen zum gemeinsamen Ziel haben. Darstellungen der neuesten Ergebnisse durch Gruppen, deren Daten gleich vorliegen, setzen alle im Bilde über den Verlauf unseres Experiments.

Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass das gedüngte Plankton doppelt so schnell als das in der Umgebung wächst, obwohl die Biomasse durch die schlechten Lichtbedingungen der letzten Woche sowie den hohen Frassdruck, der durch eine ganze Reihe von algenfressenden Organismen - von Protozoen bis hin zu Krebstierchen - ausgeübt wird, im Zaume gehalten wird. Das größere Zooplankton führt vertikale Wanderungen während der Dämmerung durch und frißt in der Oberflächenschicht während der Nacht. Deutliche Spuren im Echolot, mit dem die Verteilung in der Wassersäule verfolgt wird, zeigen, dass die Wanderung gruppenweise geschieht. Während einer Serie von Netzhols, die eines Abends durchgeführt wurden, um die Zusammensetzung der verschiedenen Signale festzustellen, wurde ein 41 cm langer Fisch in einem der Netze gefangen. Es handelte sich um einen Drifterfisch aus der Familie der Centrolophidae, die in allen Ozeanen beheimatet ist, aber im Südpolarmeer bisher nur 7 mal gefangen wurde. Unser Fang ist der erste aus dem Atlantischen Sektor. Es soll sich um eine passive Fischart handeln, was durch die schlaffe Muskulatur und die Tatsache, dass der Fisch in einem Netz von 80 cm Durchmesser gefangen wurde, bestätigt wird. Der Kopf und das Maul sind im Vergleich zum breiten Körper unverhältnismäßig klein, und da nur Schleim im Magen gefunden wurde, vermuten wir, dass er sich von Quallen ernährt, die bei ruhiger See in großen Scharen gesichtet wurden. Sie hatten purpurrote Tentakeln und waren mehrere Dezimeter im Umfang.

Die Stimmung an Bord ist gut trotz der vielen Stürme und des relativ langsamen Wachstums unseres Wassergartens. Samstag Nacht feierten wir ein Fest, das mit Grillen auf dem Deck anfang und bis spät in die Nacht dauerte. Die Besatzung hatte die Ladeluke in ein "Restaurant" verwandelt und wir nutzten die Zeit, um den Wirbel erneut mit dem ADCP zu vermessen. Das Fest war eine willkommene Abwechslung von der schweren Arbeit der letzten Woche. Die Zeit fliegt und wir haben nur noch eine Woche, um unser Experiment zu verfolgen. Wir hoffen nun auf ein paar sonnige Tage, damit unser Fleck grünt.  
Herzliche Grüsse von einem im Sturm schaukelnden Schiff,

Victor Smetacek

## **PFS Polarstern: Reise ANT XVIII/2 EISENEX 1 Wochenbericht 5 1.12.2000**

Während der ersten beiden Wochen nach der Eisendüngung verließen wir unseren Wassergarten nur ungern, da wir befürchteten, der Fleck könnte uns, wie die sprichwörtliche Nadel im Heuhaufen, abhanden kommen. Letzte Woche jedoch, mußten wir viele Meilen fahren, bevor wir Wasser ohne Spuren von SF<sub>6</sub> - der Stoff mit dem wir die gedüngte Fläche markiert hatten - antrafen. Auf dem Weg um das Auge des Wirbels hatte sich der Fleck ausgebreitet und wurde dadurch verdünnt. Da die Eisenkonzentrationen stark gefallen waren, düngten wir die Fläche mit den höchsten SF<sub>6</sub>-Konzentrationen erneut am Mittwoch, den 22.11. Diese dritte Düngung erfolgte wie die bisherigen: In einem Container auf dem Oberdeck schütteten 3 Wissenschaftler in roten Plastikanzügen mit Kapuzen bekleidet und mit Atemschutzmasken ausgestattet (das Pulver ist nicht toxisch, reizt aber Augen und Nase) den Inhalt von 32 Plastiksäcken mit je 25 kg Eisensulfatpulver in einen großen Trichter, der mit Seewasser in eins der beiden 10 Kubikmeter großen Tanks auf dem Arbeitsdeck gespült wurde. Das Gemisch wird mit riesigen Rührern gelöst und der Inhalt eines Tanks im Laufe von etwa 2 Stunden in die See gepumpt, während das Schiff mit 10 km/Stunde um die Boje kreist. Der Markierstoff SF<sub>6</sub> wurde nur während der ersten Düngung ausgebracht.

Wasserkörper werden oft mit Treibbojen markiert, die dafür berüchtigt sind, ihren eigenen Weg zu gehen. Glücklicherweise erwies sich unsere Boje, deren Treibanker von unserem Chefphysiker entworfen worden war, als treuer Begleiter des Flecks. Die Aufnahme und Wiedereinbringung der Boje ist ein mühsames Unternehmen, das die gesamte Decksmannschaft, den Bootsmann und den ersten Offizier benötigt, so waren wir froh, dass wir die Boje nur gelegentlich versetzen mussten. Die Boje ist für kleinräumige Studien wie die unsrige unabdingbar, weil das Schiff während der Stationen mit dem Wind treibt und nach der Boje positioniert werden muß, um zu sichern, dass die verschiedenen Geräteinsätze dieselbe Wassermasse beproben. Kleinräumige Gebietsvermessungen wurden auch in Beziehung zur Boje durchgeführt. Die Stürme waren aber für die Seile, die die Boje mit dem Treibanker verbanden, zu heftig und wir haben den zweiten Treibanker letzten Montag verloren. Unsere dritte Boje setzten wir nicht mehr aus, da die Zeit knapp wurde.

Letzte Woche genossen wir einige sonnige Tage, mußten aber auch einige Stürme über uns ergehen lassen. Unsere Blüte wuchs weiter trotz der tiefen Durchmischung. Während einer stürmischen Periode, als die hohen Wellen den Geräteinsatz verhinderten, führten wir eine systematische Vermessung der Blüte anhand der SF<sub>6</sub>- und Chlorophyllkonzentrationen im Oberflächenwasser durch. Wir begannen im Norden und arbeiteten uns nach Süden mit Ost-West Schnitten in 5 km Abständen vor. Die Polarstern wurde nach Süden gelenkt, nachdem wir für eine Weile kein SF<sub>6</sub> angetroffen hatten. Die Ergebnisse zeigten eine enge Übereinstimmung zwischen SF<sub>6</sub>- und Chlorophyllkonzentrationen - ein eindeutiger Beweis, dass unsere Blüte ein Produkt der Eisendüngung war. Die Fläche mit deutlich erhöhten Chlorophyllkonzentrationen war 15 km lang und 10 km breit, und es gab mehrere Flecken mit Konzentrationen über 2 mg Chl/ m<sup>3</sup>, vierfach höher als im nichtgedüngten Umgebungswasser, wo bisher nur geringfügige Veränderungen beobachtet wurden.

Wie von den physikalischen Ozeanographen vorhergesagt, ist der Wirbel im Zirkumpolarstrom für über 3 Wochen standfest geblieben, weil er bis zum Boden reicht: eine drehende Wasserscheibe 150 km im Durchmesser und 4 km tief. Unsere Blüte hat etwa zwei Runden im Auge des Wirbels gedreht und sich dabei durch die Vermischung mit Umgebungswasser stetig ausgebreitet. Die Boje hat in der Zeit etwa 120 km zurückgelegt. Ein Wasserkörper in der schnellen Strömung auf beiden Seiten des Wirbels wäre in derselben Zeit theoretisch 500 km nach Osten getrieben.

Um rechtzeitig in Kapstadt einzutreffen, sollten wir unsere Blüte Mittwoch Mittag verlassen. Die letzte Vermessung des gedüngten Flecks mit kurzen CTD-Stationen führten wir Dienstag durch und hatten vor, mit den letzten Hauptstationen innerhalb und außerhalb der Blüte das Experiment zu beenden. Die Vermessung zeigte, dass die Blüte über das gesamte Wirbelauge mit einer Ausdehnung von 500 km<sup>2</sup> reichte. Innerhalb dieser Fläche waren die Chlorophyllwerte etwa doppelt so hoch wie außerhalb, wobei mehrere Areale von einigen Kilometern Breite mit noch höheren Werten vorhanden waren, die wohl von der letzten Düngung stammten. Wir wollten die letzte Station innerhalb der größten dieser Areale plazieren und, da wir keine Boje als Referenz hatten, verbrachten wir einige wertvolle Stunden in einer stressreichen Suche, um unser Zielgebiet zu finden. Die höchste gemessene Chlorophyllkonzentration betrug 2,84 mg Chl/m<sup>3</sup> mit einem Quadratmetergehalt von über 200 mg Chl/m<sup>2</sup> - viermal so viel wie im Umgebungswasser. Diese Werte geben die durch die Düngung aufgebaute Biomasse allerdings ungenau wieder, da sie wegen der Verdünnung mit Umgebungswasser noch nach oben korrigiert werden müssen. Die Kohlenstoffaufnahme, die durch die Eisendüngung verursacht wurde, muß durch Berücksichtigung der gesamten Fläche berechnet werden. Diese Fläche wird anhand der Konzentrationen von SF<sub>6</sub> und Helium 3 - ein weiterer Markierstoff, der der ersten Düngung beigemischt wurde - ermittelt werden. Diese Abschätzung wird konservativ ausfallen, da wir den Wirbel verlassen mußten, gerade als die Blüte "in Fahrt" kam, und es besteht kein Zweifel, dass noch viel mehr Algenbiomasse in den kommenden Wochen auf Grund der Düngung aufgebaut wird.

Unser Budget wird viele Messungen, die während EISENEX durchgeführt wurden, beinhalten. Diese schließen die durch Aufnahme erzeugten Defizite in CO<sub>2</sub>-, Nitrat-, Phosphat- und Silikatkonzentrationen, sowie Zunahmen in der Biomasse anderer Ökosystemkomponenten wie Bakterien, Zooplankton und deren Abfallprodukte (Kot) mit ein, die während des Experiments kontinuierlich gemessen wurden. In der Wassersäule mit den höchsten Chlorophyllkonzentrationen hatten Nitrat- und Phosphatgehalte um nur 10% abgenommen, während Silikat um 30% abnahm. Die niedrigste CO<sub>2</sub>-Konzentration entsprach ca. 7 gC/ m<sup>2</sup> aufgebautem organischem Kohlenstoff. Wäre der gesamte Nitratgehalt in Algenbiomasse umgewandelt, wären Chlorophyllkonzentrationen von 50 mg Chl/ m<sup>3</sup> zu erwarten. Die entsprechende Menge an organischem Kohlenstoff in einer 60 m tiefen Wassersäule entspräche dann über 80 gC/ m<sup>2</sup>. Diese Zahlen spiegeln das enorme Potential dieser Gewässer für die Erzeugung von Biomasse und die entsprechende Anreicherung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre wider.

Während der ersten 2 Wochen nach der Düngung war es nicht klar, welche der vielen im Wirbel vertretenen Phytoplanktongruppen für die dreifache Zunahme im Chlorophyllgehalt verantwortlich waren. Es schien, als hätte das Eisen zunächst alle Gruppen gestärkt. Die Planktondiversität im Wirbel war außergewöhnlich hoch, weil das Wasser sich von der Polarfront im Süden abgelöst hatte und große Kieselalgenarten sowie Kolonien der Schaumalge *Phaeocystis*, die für antarktische Gewässer typisch sind, mit sich nach Norden trug. Hinzu kamen subantarktische Gruppen wie Dinoflagellaten, Coccolithophoriden (Kalkalgen) sowie winzige Cyanobakterien (Blualgen), die mit wärmerem, leichteren Oberflächenwasser aus dem Norden eingetragen und eingemischt wurden. Es ist schade, dass diese Namen für Laien noch nichts bedeuten, denn die im Plankton vertretene Vielfalt an Formen und Gestalten übertrifft die der Landpflanzen bei weitem. Plankton ist schließlich die dominante Lebensform des Planeten, und es gibt noch viel verborgene Schönheit im Ozean, die wir Meereskundler der Öffentlichkeit vorzuführen haben.

Aus stammesgeschichtlicher Sicht sind die "Algen" des Planktons viel unterschiedlicher als die Landpflanzen, die eine gemeinsame Abstammung haben. Die kleinsten Zellen in unserer

Blüte gehören zu den Cyanobakterien und sind ein Mikron (eintausendstel Millimeter) im Durchmesser, während die größte Art eine stabförmige Kieselalge von 2 mm Länge ist. Diese tausendfache Bandbreite in Größe entspricht der zwischen Moosen und Bäumen. Wachstumsraten, ökologische Präferenzen und Lebenszyklen dieser Arten unterscheiden sich beträchtlich. Da das Schicksal des von der gedüngten Gemeinschaft erzeugten organischen Kohlenstoffs davon abhängt, welche Gruppe und Größenklasse die meiste Biomasse aufbaut, ist es notwendig, die Verschiebungen in der Zusammensetzung der Gemeinschaft genau zu verfolgen und es gibt viele Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen an Bord, die sich damit befassen. Die kleinsten Zellen werden mit einem Gerät vermessen, das für Blutanalysen entwickelt wurde. Diese kleinsten Zellen werden von einer Vielfalt von Einzellern (Protozoen) gefressen, die mit unterschiedlichen Methoden erfaßt werden. Der Zirkumpolarstrom ist jedoch für seine großen Kieselalgen bekannt, deren Schalen im darunterliegenden Sediment in solchen Mengen akkumulieren, dass diese Region als die größte Senke für Silizium im ganzen Ozean gilt. Eine Vierergruppe beschäftigt sich mit den Kieselalgen und anderen großen Einzellern.

Zu Anfang schienen Zellen der intermediären Größenklasse (zwischen 10 und 20 Mikron), zu der verschiedene Algengruppen gehören, ihre Anzahl am meisten vergrößert zu haben, aber während der dritten Woche des Experiments übernahm eine noch nicht identifizierte Art der kosmopolitischen Kieselalgengattung *Pseudonitzschia* die Führung. Die Zellen dieser Art sind nadelförmig und an den Spitzen zu langen Ketten miteinander verklebt. Als wir wegfuhr, bestanden die Ketten aus mehr als 10 Zellen und hatten somit Millimeterlänge erreicht. Diese Gattung ist im Zirkumpolarstrom sehr häufig, wie auch die andere dominante Art: *Fragilariopsis kerguelensis*, die ebenfalls mit ihrem Wachstumsschub in der dritten Woche begann. Diese Art stellte die vom neuseeländischen Schiff ausgelöste Blüte im Februar (Südherbst) 1999 und fällt durch ihre sehr dicken Schalen auf, besonders im Vergleich mit der zierlichen *Pseudonitzschia*. *Fragilariopsis*-Zellen sind elliptisch, aber von der Seite betrachtet erscheinen sie rechtwinklig. Sie sind mit ihren gesamten Flächen aneinander zu Ketten verklebt, die wie Patronengürtel aussehen. Am Anfang waren die Ketten kurz, aber zum Schluß tauchten Ketten mit mehr als 150 Zellen auf. Die Schalen dieser Art sind im darunterliegenden Sediment besonders häufig. Viele andere Algenarten trugen zu der Blüte bei, aber in kleinerer Anzahl. Eine sorgfältige Auszählung der Proben im Heimatinstitut wird den jeweiligen Beitrag der verschiedenen Arten an der gedüngten Biomasse im Verlauf der Blüte aufzeigen.

Eine große Anzahl von Proben wird in den kommenden Wochen und Monaten in den Heimatlaboratorien analysiert. Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass das Bakterienwachstum durch die Düngung ebenfalls stark stimuliert wurde, aber inwiefern die Protozoen und Zooplankter auf die Nahrungszunahme reagierten, muß noch ermittelt werden. Stoffwechselprodukte des Planktons, die flüchtig sind und in die Atmosphäre entweichen, wie das schwefelhaltige Dimethylsulfid sowie halogenierte Kohlenwasserstoffe, wurden von englischen Wissenschaftlerinnen untersucht. Diese Substanzen können einen Einfluß auf die Chemie der Atmosphäre ausüben. Eine holländische Gruppe führte Experimente mit Planktonalgen an Bord durch.

Leider war die Fahrt zu kurz, um das Schicksal der Blüte zu verfolgen. Eine empfindliche Methode, die natürliche radioaktive Isotope verwendet, um das Aussinken von Partikeln aus der Deckschicht in die Tiefe des Ozeans abzuschätzen, zeigte nur geringfügige Unterschiede zwischen den Verhältnissen innerhalb und außerhalb der gedüngten Fläche. Dies wird sich in den kommenden Wochen drastisch ändern. Uns bleibt nur noch die Fernerkundung durch Satelliten, um unsere Blüte zu verfolgen. Bisher war der Wirbel durch Wolken bedeckt,

jedesmal wenn der Satellit, der die Ozeanfärbung mißt, über uns flog. Die Bilder, die wir an sonnigen Tagen erhielten, zeigten Ausschnitte der Blüte, die durch die Wolken hindurch schimmerten. Hoffentlich werden wir in den kommenden Wochen bessere Bilder bekommen.

Wir sind nun auf dem Weg nach Kapstadt und mit dem Packen von Instrumenten und Proben schwer beschäftigt. Obwohl die Fahrt zu kurz war, um die endgültige Größe und das Schicksal der gedüngten Blüte zu bestimmen, ist EISENEX nichtsdestotrotz ein großer Erfolg geworden. Wir haben zeigen können, dass das Planktonwachstum im Antarktischen Zirkumpolarstrom durch Eisenmangel begrenzt ist, und dass die Zugabe dieses Elements zu einer Vervierfachung der Biomasse innerhalb von 3 Wochen geführt hat, trotz des hohen Fraßdrucks und der schlechten Lichtbedingungen, die für das Südfrühjahr charakteristisch sind. Wir haben auch vorgeführt, dass es möglich ist, ein Eisendüngungsexperiment durchzuführen und die wachsende Blüte über einen längeren Zeitraum - auch im stürmischen Südlichen Ozean - zu verfolgen. Viele wissenschaftlich interessante Details werden noch im Zuge der Proben- und Datenanalyse zu Tage treten, und wir sind dabei, das nächste Treffen zu planen, wo wir diese Ergebnisse im Zusammenhang diskutieren werden. Es ist noch zu früh, um über die Rolle des Südlichen Ozeans bei der Entfernung von atmosphärischem Kohlendioxid während der Eiszeiten zu spekulieren, aber unsere bisherigen Ergebnisse sind ermutigend. Unser Erfolg hat uns dazu bewogen, mit der Planung des nächsten Experiments - EISENEX 2 - zu beginnen.

Die Besatzung der Polarstern hat sehr viel Geduld und Verständnis für uns aufgebracht und wußte es, die Neuheit unseres erfolgreichen Vorhabens zu würdigen, auch bevor die grünliche Färbung der Wellen in unserem Wassergarten zum Vorschein kam. Ihre humorvolle Hilfsbereitschaft, uns zu jeder Tag- und Nachtstunde zu helfen, hat wesentlich zum Erfolg des Unternehmens geführt. Das Essen war stets hervorragend und mit großer Freundlichkeit serviert. Um unseren Dank zum Ausdruck zu bringen, hat eine Wissenschaftlergruppe, die selbst schwer beschäftigt war, beschlossen, dem Personal einen freien Abend zu gewähren. Sie bereiteten ein Abendmahl, das denen unseres Kochs ebenbürtig war (kein Wunder, denn er begleitete sie mit Rat und Tat bei jedem Schritt) und servierten es mit Esprit. Der Kapitän würdigte ihre Taten, indem er sagte, sie hätten genau so gut wie das Polarstern-Personal gearbeitet. Dies war eine großartige Fahrt, trotz der vielen Stürme, die wir aushalten mussten und der vielen Änderungen in den Plänen, die wir über uns ergehen lassen mussten. Es hat sich mehr als gelohnt.

Mit herzlichen Grüßen von einem Schiff voll des Erfolgs, das mit Wehmut vom grünäugigen Wirbel Abschied genommen hat.

Victor Smetacek