

Die Expedition ANT-XXVI/4

Wochenberichte

[12. April 2010](#): Start ohne Ecken und Kanten auf den langen Weg nach Bremerhaven

[19. April 2010](#): Bio-optische Messungen bringen Licht ins Dunkel

[26. April 2010](#): Atmosphärischer Staub – des einen Leid, des anderen Freud

[3. Mai 2010](#): Auf der Spur archaischer Biochemismen mit Zukunftspotential

[10. Mai 2010](#): Dem Kohlenstoff auf der Spur – besser, schneller, öfter...

[17. Mai 2010](#): Von Sonnenanbetern und Fernerkundern

Zusammenfassung und Fahrtverlauf

FS Polarstern wird am 7. April 2010 in Punta Arenas zur Heimreise nach Bremerhaven aufbrechen. Schwerpunkt der Arbeiten sind kontinuierliche Messungen von Eigenschaften der Atmosphäre und des Oberflächenozeans sowie der Energie- und Materieflüsse über die Grenzfläche. Die folgenden Projekte sollen durchgeführt werden:

Autonome Messplattformen zur Bestimmung des Stoff- und Energieaustausches zwischen Ozean und Atmosphäre (OCEANET)

Um die experimentelle Erfassung von Stoff- und Energieaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre auf eine solide Basis zu stellen, ist im Rahmen dieses Projektes mittels der Vernetzung der Expertisen von IFM-GEOMAR, Kiel (CO₂-/O₂-Flüsse, photosynthetischer Status, Energiehaushalt, Fernerkundung), Leibniz-Institut für Troposphärenforschung, Leipzig (aktive Fernerkundung), GKSS Institut für Küstenforschung, Geesthacht („FerryBox“) und AWI Bremerhaven (Fernerkundung der marinen Biologie mit ENVISAT/MERIS) die Entwicklung autonomer Messsysteme geplant, die langfristig für den operationellen Betrieb an Bord verfügbarer Fracht- und Forschungsschiffe vorgesehen sind.

Chemische Messungen: Einsatz autonome Messgeräte und neue entwickelter Systeme für die Messung von Parametern des marinen CO₂-Systems (pCO₂, pH, δ¹³C-DIC) sowie zusätzlicher Parameter.

Biologische Messungen: Die Zusammensetzung der stickstofffixierenden Mikroorganismenvergesellschaftung und deren Aktivität sollen anhand von molekularbiologischen Untersuchungen und Mikrokosmos-Experimenten bestimmt werden.

Atmosphärische Messungen: Der wissenschaftliche Fokus der atmosphärischen Messungen liegt auf Strahlungsmessungen und Fernerkundung (Kehrkanaal-Mikrowellen-Radiometer), Atmosphäre-Ozean Flüssen (turbulente Flüsse von Impuls, sensibles und latenter Wärme und CO₂) sowie Lidar-Messungen (Mehrkanal-Raman-Lidar Polly für Aerosole)

Biooptische Messungen zur Verifikation von Satellitenmessungen und Ozeanmodellen

Nutzung von Fernerkundungsdaten in Verbindung mit in-situ Messungen von Ozeanoptik, Phytoplanktonproduktivität und Zusammensetzung von partikulärem organischen Kohlenstoff mit dem Ziel, Abschätzungen der globalen marinen Primärproduktion sowie der Verteilung der wichtigsten funktionalen Gruppen des Phytoplanktons zu verbessern.

Chemische und Strahlungseffekte von atmosphärischem Staub auf Prozesse im Oberflächenozean – Biogeochemie des Atlantischen Ozeans (ADIOS-BAO)

Ziel des Vorhabens ist die Gewinnung eines umfangreichen Datensatzes zur Verteilung von Spurenmetallen (Al, Fe und Ti) lithogenen Ursprungs im Oberflächenozean unterschiedlicher Regionen. Zusätzlich sollen photochemisch beeinflusste Größen (Wasserstoffperoxid, Nitrite, CDOM) gemessen werden, um den Einfluss von Strahlung über Redoxprozesse auf die Auflösung von Staub zu untersuchen.

Analyse der chemischen Zusammensetzung mariner Aerosole entlang eines Meridionalschnitts im Atlantischen Ozean

Als innovative Methoden der Aerosoluntersuchung werden „high-mass resolution proton-transfer-reaction mass-spectrometer“ (hi-res-PTR-MS) sowie die Massenspektrometrie stabiler Isotope (IRMS) eingesetzt. Ziel ist die Charakterisierung der chemischen Zusammensetzung organischer Aerosole über verschiedenen Regionen des Atlantiks.

Messungen der Konzentration und Isotopie von Wasserstoff in Ozean und Atmosphäre

Ziel dieses Vorhabens ist die Messung der Konzentration und Isotopie von molekularem Wasserstoff in Ozean und Atmosphäre. Die Messungen sollen helfen, ozeanische Wasserstoff-Emissionen und ihre Rolle im globalen Wasserstoffkreislauf besser zu verstehen. Desweiteren soll meridionale Verteilung atmosphärischer Wasserstoffkonzentrationen der Verbesserung von Atmosphärenmodellen dienen.

Temperaturfluktuationen in der Tiefsee (Vema Kanal)

CTD-Messungen im Vema Kanal als Fortsetzung einer Zeitserie hochpräziser CTD-Untersuchungen im Antarktischen Bodenwasser (AABW):.

Die Reise ANT XXVI/4 wird vor allem aus kontinuierlichen Messungen in Oberflächenozean und Atmosphäre bestehen. Zusätzlich wird täglich eine Station mit CTD-Beprobung und ausführlichen Strahlungsmessungen durchgeführt.

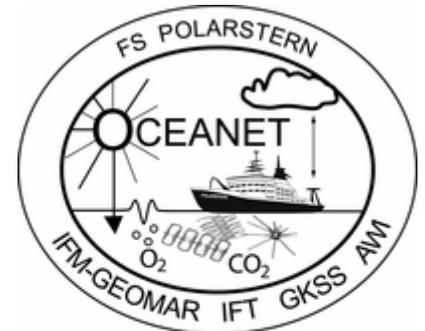
Am 17. Mai 2010 wird die *Polarstern* in Bremerhaven einlaufen.

ANT-XXVI/4, Wochenbericht Nr. 1

6. April - 12. April 2010

Punta Arenas, Chile: Der 6. April 2010 verspricht, ein sonniger Tag zu werden, und auch sonst beginnen die Vorbereitungen der Reise ANT XXVI/4 (Abb. 1) für die 21 wissenschaftlichen Fahrtteilnehmer sehr reibungslos. Labor- und Ausrüstungscontainer sowie diverse Luftfrachtendungen sind bereits unversehrt an Bord oder treffen alsbald ein, so dass zügig mit dem Aufbau der Ausrüstung in den Laboren begonnen werden kann. Dazu muss auch der auf dem Peildeck aufgestellte OCEANET-Atmosphärencontainer auf die Pier gesetzt werden (Abb. 2), um das transportable Raman-Lidar des Leipziger Leibniz-Instituts für Troposphärenforschung aufzunehmen (Abb. 3), welches seit dem Ende des 1. Fahrabschnitts bei der Universität in Punta Arenas lagert. Die Aufbauarbeiten gehen zügig und ohne größere Probleme von statten und sind bis zum Auslaufen weitgehend abgeschlossen.

Die Polarstern verlässt am 7. April um 16:00 Uhr planmäßig die Pier und dampft – zunächst unter Lotse – in zügiger Marschfahrt nordostwärts durch die Magellanstraße. Nach Verlassen derselben steht ein knapp zweitägiger Transit zur ersten Station an, welche am späten Abend des 9. April erreicht wird. Die Generalprobe verläuft weitgehend problemlos, so dass wir schnell zur normalen Stationsroutine gefunden haben, die uns entlang des knapp 15.000 Kilometer langen Seeweges (Abb. 4) in Aktion halten wird.



Cruise ANT XXVI/4: April 7 - May 17, 2010
Punta Arenas - Mindelo - Bremerhaven
Logo der Polarstern-Reise ANT XXVI/4



Der OCEANET-Atmosphärencontainer steht auf der Pier in Punta Arenas bereit, um an exponierter Stelle auf das Peildeck von FS Polarstern gesetzt zu werden. (Foto: A. Körtzinger)

Unsere Reise ANT XXVI/4 steht vor allem im Zeichen des Projektes OCEANET (www.ifm-geomar.de/index.php?id=oceanet). Dieses wird im Rahmen eines wettbewerblichen Verfahrens der Leibniz-Gemeinschaft mit Mitteln des Paktes für Forschung und Innovation gefördert. Neben den Hauptantragstellern – dem Kieler Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR) und dem Leipziger Leibniz-Institut für Troposphärenforschung – sind auch das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) sowie das GKSS Institut für Küstenforschung in Geesthacht beteiligt. Ziel des Projektes sind Entwicklung, Erprobung, Einsatz und Bewertung von autonomen Messplattformen zur Bestimmung des Stoff- und

Energieaustausches zwischen Ozean und Atmosphäre. OCEANET bedient sich dazu der zweimal jährlich stattfindenden Transitreisen des FS Polarstern, das eine hervorragende Plattform für das Projekt darstellt. Die jetzige Reise ist bereits die fünfte Reise des Projektes (ANT-XXIV/4, ANT-XXV/1+5, ANT-XXVI/1+4). Dabei konnten gewaltige Fortschritte in den eingesetzten Methoden und Instrumenten erzielt werden.

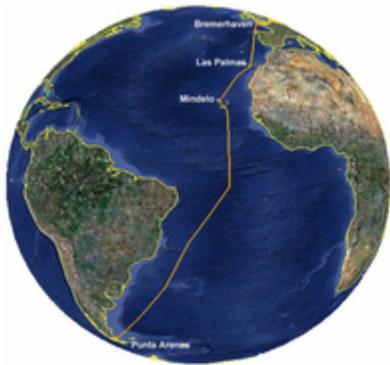
So befinden sich viele Komponenten des OCEANET-Beobachtungspaketes bereits in einem voll operationellen und weitgehend autonomen Betrieb. Zudem steht OCEANET in einer ausgesprochen fruchtbaren Kooperation mit der Helmholtz-Hochschul-Nachwuchsgruppe PHYTOOPTICS von Frau Dr. Astrid Bracher (AWI und Universität Bremen), die auch an dieser Reise beteiligt ist. Dazu gesellen sich auf ANT-XXVI/4 weitere Projekte von IFM-GEOMAR, Christian-Albrechts-Universität Kiel, MPI für Meteorologie in Hamburg, Universität Utrecht/Niederlande und Scripps Institution of Oceanography/USA. Ich werde die noch anstehenden fünf Wochenberichte dazu nutzen, die verschiedenen Arbeitsgruppen und –richtungen vorzustellen.

Inzwischen haben sich nach den ersten drei Stationstagen die Abläufe weitgehend eingespielt. Die Labore sind eingerichtet,



Polly XT, das transportable Raman-Lidar des Leipziger Leibniz-Instituts für Troposphärenforschung, wird in den OCEANET-Container gewuchtet. (Foto: A. Körtzinger)

und auch die vielfältigen Mess- und Analysensysteme laufen. Dabei durften wir uns bei vielen kleinen Baustellen der tatkräftigen Unterstützung durch die Besatzung erfreuen. Die Stimmung an Bord ist sehr gut, das Wetter ist uns bisher auch recht wohlgesinnt, und wir sind gespannt auf den weiteren Verlauf der Reise.



Geplante Fahrtroute der
Polarstern-Reise ANT-XXVI/4

Es grüßt – auch im Namen der Eingeschiffen – ganz herzlich,

Arne Körtzinger

FS Polarstern 40°30' S / 53°10' W

ANT-XXVI/4, Wochenbericht Nr. 2

13. April - 19. April 2010

Schäfchenwolken und das satte Tiefblau des Meerwassers sind untrügliche Anzeichen dafür, dass die Polarstern inzwischen den subtropischen Hochdruckgürtel erreicht hat. Erstere – auch Passatcumuli genannt – sind eine Folge der ausgeprägten Passatinversion, die die Bildung hochreichender Bewölkung und somit zuverlässig Niederschlag verhindert. Letzteres ist eine Folge des wüstenhaften, biologisch wenig produktiven Charakters des Subtropenwirbels, dessen extrem klares Wasser ein tiefes Eindringen des Sonnenlichts erlaubt und daher die für Wasser typische blaue Rückstreuung zeigt.

Die Forschungsarbeiten unserer Reise ANT-XXVI/4, die von der Oberkante der Troposphäre bis in die Tiefsee reichen, laufen derweil im reibungslosen Routinebetrieb. Dabei bedienen wir uns einer großen Palette sehr unterschiedlicher Beobachtungs- und Beprobungsmethoden wie z.B. der Fernerkundung der Atmosphäre (u.a. Mikrowellen-Radiometer, Raman-Lidar), der Beprobung von atmosphärischem Staub mit Hilfe von Aerosolsammlern, kontinuierlicher Messungen chemischer und biologischer Eigenschaften des Oberflächenozeans, der Gewinnung und Analyse von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen mit dem Kranzwasserschöpfer und eines ganzen Spektrums von Instrumenten für Strahlungsmessungen und die Bestimmung optischer Eigenschaften des Meerwassers. Ich möchte diesen Wochenbericht den bio-optischen Untersuchungen widmen.

Die bio-optischen Arbeiten auf ANT-XXVI/4 werden von der „Phytooptics“-Gruppe von AWI und Universität Bremen (Anja Feyen, Marta Kasper, Julia Mroz und Alireza Sadeghi) und dem „Ocean Optics Research Lab“ der Scripps Institution of Oceanography in La Jolla, Kalifornien/USA (Rick Reynolds, Pierre Gernez) durchgeführt. Das übergeordnete Ziel ist ein besseres Verständnis der Rolle des Phytoplanktons in marinen Ökosystemen und biogeochemischen Kreisläufen. Dabei ist die Bestimmung globaler Verteilungsmuster von Biomasse und sogenannten funktionalen Gruppen des Phytoplanktons von besonderer Bedeutung. Da Phytoplankter unterschiedliche Pigmente zur Nutzung von Lichtenergie besitzen, enthalten satellitengestützte Messungen der Ozeanfarbe Informationen über die Menge und Zusammensetzung des pflanzlichen Planktons im Oberflächenozeans. Um diese Informationen zuverlässig extrahieren und interpretieren zu können, wird eine bessere Charakterisierung der optischen Eigenschaften, sowie der Planktongemeinschaften und ihrer Pigmentzusammensetzung vor Ort, d.h. im Oberflächenozean, benötigt.

Die dazu von den beiden Arbeitsgruppen durchgeführten Messungen umfassen eine Vielzahl von Messgrößen und eingesetzten Geräten: Mit Hilfe von spektral auflösenden Radiometern wird zum Zeitpunkt des mittäglichen Sonnenhöchststandes die an der Meeresoberfläche ankommende Sonnenstrahlung, der von dieser reflektierte Anteil (Abb. 1) und die Intensität und spektrale Charakteristik der in die oberen 100-150 Meter des Ozeans eindringenden Strahlung vermessen (Abb. 2). Dabei kommt auch ein frei in 50-100 Metern Entfernung vom Schiff driftendes Hyperspektralradiometer zum Einsatz (Abb. 3), mit dem die Reflektanz des Ozeans gemessen werden kann, jener Größe also, die auch ein Satellit aus dem Weltraum „sieht“.

Mit einem profilierenden System werden die Streueigenschaften und



Abb. 1: Abendstimmung über den Radiometern zur spektral aufgelösten Messung von einfallender und reflektierter Sonnenstrahlung. (Fotos 1-4: A. Körtzinger)



Abb. 2: Meike Becker und Björn Fiedler, die bei der profilierenden Strahlungsmessung helfen, werden von einem Wolkenbruch erwischt.



Abb. 3: Pierre Gernez „angelt“ Daten mit dem driftenden Radiometer.

Partikelgrößenverteilung von Meerwasser bei unterschiedlichen Wellenlängen bis zu einer Tiefe von 200 Metern in situ gemessen (Abb. 4). Absorptionsmessungen werden an Wasserproben mit einer speziellen Technik (PSICAM), die den störenden Einfluss der Lichtstreuung elegant umgeht, im Bordlabor durchgeführt (Abb. 5). Wasserproben werden ebenfalls benötigt, um die im Meerwasser enthaltenen Partikel hinsichtlich Größe und Anzahl zu charakterisieren. Chemische Analysen, die erst nach der Reise in den Heimatinstitutionen vorgenommen werden können, werden schließlich zusätzliche Informationen über die elementare und Pigmentzusammensetzung der Partikel liefern.

Ein besonderer Reiz unserer Reise liegt darin, dass diese umfassenden Untersuchungen in sehr unterschiedlichen Ozeanregionen und -ökosystemen stattfinden. Diese reichen von den subtropischen Ozeanwüsten bis zu den deutlich produktiveren Regionen der mittleren Breiten und Kontinentalschelfe. Der gewonnene Datensatz wird eine Menge Licht ins das verbliebene Dunkel der optischen Eigenschaften des Meeres und ihrer Fernerkundung aus dem Weltall bringen. Mit herzlichen Grüßen von uns allen an die Leser dieses Wochenberichts und natürlich an unsere Lieben daheim,
Arne Körtzinger



Abb. 4: Rick Reynolds (rechts) bringt ein Sensorpaket mit spektralen Rückstreusensoren und laseroptischem Granulometer zur Bestimmung der Größenverteilung von Partikeln zu Wasser.



Abb. 5: Anja Feyen (hinten) und Julia Mroz bereiten die Absorptionsmessungen an der PSICAM vor. (Foto: M. Kasper)

ANT-XXVI/4, Wochenbericht Nr. 3

20. April - 26. April 2010

Gut 3900 Seemeilen (oder 7200 Kilometer) liegen hinter uns und damit ziemlich genau die Hälfte unserer Reise. Wir nähern uns jetzt rasch dem Äquator und die Wassertemperatur ist inzwischen auf 29°C gestiegen. Dazu bläst der Passat mit 4-6 Windstärken beständig 28°C warme Luft aus südöstlicher Richtung heran. Bereits in den nächsten Tagen könnte die lockere Passatbewölkung dichter Quellbewölkung weichen – dem ersten Vorboten der innertropischen Konvergenzzone, der auch als Kalmengürtel bekannten äquatorialen Tiefdruckrinne. Doch darüber mehr im nächsten Wochenbericht. In dieser Woche möchte ich mich den Spurenmetall- und Staubuntersuchungen dieser Reise widmen.

Diese werden von einer Arbeitsgruppe des Kieler Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften (Thibaut Wagener, Maija Heller, Anna Dammshäuser) und einem Aerosolspezialisten der Universität Córdoba/Argentinien (Diego Gaiero) durchgeführt. Spurenmetalle spielen trotz bzw. gerade wegen ihrer sehr geringen Konzentrationen eine wichtige Rolle im Ozean. Zum einen ist für etliche Metalle eine biologische Funktion nachgewiesen – ein besonders prominentes Beispiel dafür ist Eisen. Zum anderen geben Spurenelemente Aufschluss über eine Vielzahl geochemischer Prozesse, wie z.B. Herkunft, Eintrag und Auflösung von atmosphärischem Staub in den Ozean. Da dieser feinste Staub aus den Wüstenregionen z.B. Patagoniens und der Sahara auch für den Eintrag von Makro- (Phosphor) und Mikronährstoffen (Eisen) verantwortlich ist, kommt ihm eine entscheidende Rolle für die biologische Produktivität des Meeres zu.



Abb. 1: Meereslandschaft in der Passatwindzone: Wind und Sonne – wo bleibt der Staub? (Foto: A. Körtzinger)



Abb. 2: Thibaut Wagener (links) und Diego Gaiero nehmen Wasserproben mit einem speziellen GOFLO Schöpfer. (Foto: A. Körtzinger)

Gerade die Chemie des Eisens im Meerwasser ist jedoch ausgesprochen kompliziert und bis heute nicht bis in Detail verstanden. Im gut belüfteten Oberflächenozean wird Eisen rasch zu dreiwertigem Eisen oxidiert, welches schlecht löslich ist und als Hydroxid ausfällt. Biologisch sind daher alle Prozesse relevant, die Eisen in die bioverfügbare gelöste Form überführen bzw. in dieser stabilisieren. Dazu gehören chemische Redoxprozesse ebenso wie die Komplexierung von Eisen durch organische Substanzen aus biologischen und photochemischen Quellen. Hier sind viele, teilweise exotische chemische Spezies und Reaktionen involviert. Ein solcher Exot ist das Superoxid, welches unter anderem durch Photooxidation von organischer Substanz gebildet wird und dann seinerseits in katalytischer Weise Eisen(III) in Eisen(II) überführt. Auf dieser Reise werden daher täglich Wasserproben für die Messung der Konzentrationen von Eisen(II) und Wasserstoffperoxid, einem Abbauprodukt von Superoxid, sowie der Abbaupfade des kurzlebigen Superoxids genommen. Weitere Untersuchungen widmen sich den Fluoreszenz- und Absorptionseigenschaften der auch als „Gelbstoff“ bekannten farbigen Fraktion gelösten organischen Kohlenstoffs, die photochemisch aktiv und damit auch für die Bildung von Superoxid verantwortlich ist. Informationen zur Löslichkeit von Eisen liefern schließlich Experimente mit dem Radionuklid Eisen-55, die in einem speziellen Isotopencontainer durchgeführt werden.

Ein zweiter Schwerpunkt der Arbeiten dieser Gruppe liegt auf der Freisetzung von Elementen aus atmosphärischem Staub. Dabei richtet sich der Blick sowohl auf bioaktive Elemente wie Phosphor und Eisen wie auf bioinaktive Elemente wie Aluminium und Titan. Während erstere unmittelbare Auswirkungen auf die biologische



Primärproduktion haben, erlauben letztere Einblicke in den Eintrag und die Auflösung von atmosphärenbürtigem Staub. Die Reise ANT-XXVI/4 ist für diese Zwecke besonders interessant, da sie den vollen Kontrast von den staubarmen Regionen des südatlantischen Subtropenwirbels zu den Staubfahnen der patagonischen Wüste und der Sahara bietet. Dabei stellt die Staubfahne der Sahara, die von Westafrika bis in die Karibik reicht, mit einem Eintrag von jährlich etwa 200 Millionen Tonnen die bei weitem wichtigste Staubquelle für den Weltozean dar. Mit Hilfe von Aerosolkollektoren wird der feine Staub der Atmosphäre abgerungen und Auflösungsexperimenten unterworfen, um ein besseres Verständnis der Auflösungsprozesse zu gewinnen. Zusätzlich werden bereits mitgebrachte Proben von Wüstenstaub aus verschiedenen Quellregionen z.B. Argentiniens in 10-tägigen Experimenten mit unterschiedlichen Meerwasserproben zur Reaktion gebracht.



Abb. 3: Anna Dammshäuser in voller Montur bei ihren Messungen im Reinluftcontainer. (Foto: T. Wagener)



Abb. 4: Majja Heller bestimmt die optischen Eigenschaften von Gelbstoff. (Foto: T. Wagener)

Arbeiten zu natürlichen Spurenmetallkonzentrationen stellen besonders hohe Anforderungen an die Probennahme und -bearbeitung. So ist im Falle des Elementes Eisen unmittelbar einsehbar, dass ein Schiff aufgrund des Kontaminationsrisikos eine denkbare ungünstige und doch die einzige Plattform für derartige Arbeiten im offenen Ozean darstellt. So werden spezielle GOFLO-Wasserschöpfer eingesetzt, die in geschlossenem Zustand zu Wasser gelassen und erst in 10 Metern Tiefe durch den hydrostatischen Druck geöffnet werden. Auf diese Weise kommt der hochreine Innenraum nie mit der kontaminierenden Schiffsumgebung in Kontakt. Aus dem gleichen Grunde können diese Schöpfer nicht an einem normalen Metalldraht eingesetzt werden, sondern nur an einem speziellen Kevlarseil. Doch diese extremen Vorsichtsmaßnahmen beschränken sich nicht nur auf die Probennahme. So müssen auch sämtliche Messungen und Experimente in einem Reinluft-Container oder Reinluft-Werkbänken durchgeführt werden, in denen durch Spezialfilter die Zahl von Luftpartikeln auf ein Minimum reduziert wird.

Im Gegensatz zum staubgeplagten europäischen Flugreisenden hoffen wir inständig, dass wir nach dem Passieren der innertropischen Konvergenz vor Westafrika ordentlich Saharastaub zu sehen bekommen. In diesem Sinne drücken alle an Bord bei bester Laune die Daumen und senden herzlichste Grüße nach Hause,
Arne Körtzinger

ANT-XXVI/4, Wochenbericht Nr. 4

27. April - 3. Mai 2010

Die Kalmen liegen hinter uns, und die frische Brise des Nordostpassats bringt eine willkommene Erfrischung. Das blasser Himmelsblau mit einem leichten Gelbstich über dem Horizont ist ein untrügliches Anzeichen für das Vorhandensein von Staub in der Atmosphäre. Auch zeigen die Vorhersagemodelle bereits seit Tagen ein markantes Aerosolband von Nordwestafrika entlang von 10-15°N bis in die Karibik. Und in der Tat sind die Filter der Aerosolkollektoren nicht mehr makellos weiß, wie in den letzten Wochen, sondern mit einem gelbbraunen Material belegt. Doch zum Thema Staub habe ich ja in der letzten Woche ausgiebig berichtet.

In meinem 4. Wochenbericht möchte ich zwei weitere Arbeitsgebiete vorstellen, die auf den ersten Blick völlig ohne Verbindung erscheinen, aber auf den zweiten Blick sehr wohl direkte Bezüge besitzen. Das eine beinhaltet Untersuchungen zur Biogeographie von marinen Stickstofffixierern, die eine biologische Arbeitsgruppe des Kieler Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften (Wiebke Mohr, Scarlett Sett) durchführt. Das andere umfasst chemische Messungen von Wasserstoff, die von Sylvia Walter vom Institute for Marine and Atmospheric Research der Universität Utrecht, Niederlande (IMAU) vorgenommen werden.

Makronährstoffe wie Stickstoff und Phosphor sind in vielen Ozeanregionen die limitierenden Faktoren der Primärproduktion. Die meisten Organismen benötigen Stickstoff in gebundener Form, z.B. als Nitrat oder Ammonium. Diese sind jedoch – im Gegensatz zum molekularen Stickstoff (N_2) – im Oberflächenwasser der meisten Ozeanregionen nur in geringen Konzentrationen verfügbar. Lediglich Stickstofffixierer, so genannte Diazotrophe, sind in der Lage, ähnlich den mit bestimmten Pflanzen in Symbiose lebenden Knöllchenbakterien an Land, molekularen Stickstoff zu spalten und somit als Stickstoffquelle zu erschließen. Dazu benötigen sie eine spezielle, entwicklungs geschichtlich sehr alte Enzymausstattung, den Enzymkomplex Nitrogenase. Stickstofffixierende Organismen können jedoch selbst wiederum durch die Nährstoffe Phosphor und Eisen limitiert sein. Es ist bekannt, dass atmosphärischer Staub diese beiden Elemente im Meerwasser freisetzen kann (siehe 3. Wochenbericht) und daher für die marine Stickstofffixierung eine wichtige Rolle spielt. Der tropische Nordostatlantik ist durch den starken Eintrag von Saharastaub daher eine ausgesprochen interessante Region. Die Arbeiten auf dieser Reise dienen vor allem der Biogeographie stickstofffixierender Organismen. Dabei kommen vor allem molekularbiologische Methoden zum Einsatz, um Abundanz und Transkription – also Vorhandensein und tatsächliche Nutzung – des *nifH*-Gens, welches die Kodierung für einen Teil des Nitrogenase-Enzymkomplexes beinhaltet, zu bestimmen. Durch die Entnahme von Wasserproben aus verschiedensten Tiefen wird dabei nicht nur ein Einblick in regionale sondern auch vertikale Verteilungsmuster gewonnen. Zusätzliche Inkubationsexperimente erlauben durch den Einsatz von isotopisch markiertem Stickstoff ($^{15}N_2$) auch die Bestimmung von Stickstoff-Fixierungsraten unter realistischen Temperatur- und Lichtbedingungen.

Wasserstoff ist einer der vielversprechenden Energieträger der Zukunft. Eine Nutzung von Wasserstoff im großen Stil könnte jedoch mit einem erheblichen Anstieg



Abb. 1: Der Kranzwasserschöpfer kommt mit 24 Wasserproben aus der Tiefe und erreicht die Oberfläche. (Foto: A. Körtzinger)



Abb. 2: Wiebke Mohr bereitet ihre Probenflaschen für die Decksinkubationen mit isotopisch markiertem Stickstoff vor. (Foto: A. Körtzinger)



anthropogener Wasserstoffemissionen verbunden sein. Im Vergleich zu anderen Spurengasen ist bisher wenig über den atmosphärischen Wasserstoffkreislauf und die Quellen und Senken von Wasserstoff bekannt. Um den möglichen Einfluss anthropogener Emissionen auf die Chemie der Atmosphäre zuverlässig abschätzen zu können, ist ein besseres Verständnis der globalen Zusammenhänge Voraussetzung für eine großtechnische Einführung der Wasserstofftechnologie. Der Ozean gilt als natürliche Quelle für atmosphärischen Wasserstoff. Dieser entsteht sowohl aus dem photochemischen Abbau organischer Verbindungen als auch durch biologische Prozesse wie – und hier kommt der spannende Bezug zum biologischen Thema – durch marine Stickstofffixierer wie *Trichodesmium*. Auf dieser Reise wird daher kontinuierlich die Konzentration von Wasserstoff (und Kohlenmonoxid) in Atmosphäre und Oberflächenwasser bestimmt. Zusätzliche genommene diskrete Proben sind für Isotopenuntersuchungen am IMAU vorgesehen, die nähere Informationen über die Herkunft des Wasserstoffs liefern. Das Hauptaugenmerk der Reise liegt auf den Verteilungsmustern von Wasserstoff in den beiden Hemisphären sowie den unterschiedlichen durchfahrenen Ozeanregionen. Dieses Beispiel von fachlich-methodisch sehr unterschiedlichen wissenschaftlichen Ansätzen, die am Ende aber eng verknüpfte Prozesse aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten und sich dabei in mitunter überraschender Weise sehr positiv gegenseitig beeinflussen können, ist typisch für das System Ozean und die meereskundliche Forschung.

Bleibt mir nur noch – stellvertretend für alle anderen – die herzlichsten Grüße zu übermitteln,

Arne Körtzinger



Abb. 3: Ein evakuiertes Glasgefäß für die Gewinnung von Proben zur Bestimmung der Wasserisotopie wird am Kranzwasserschöpfer gefüllt. (Foto: S. Walter)

ANT-XXVI/4, Wochenbericht Nr. 5

4. Mai - 10. Mai 2010

Pünktlich um 8 Uhr am Morgen des 5. Mai rauscht der Backbordanker der Polarstern mit rasselnder Kette in der Naturbucht von Mindelo auf der kapverdischen Insel São Vicente zu Wasser. Der Grund für den Besuch der Republik Kap Verde – dem ersten überhaupt in der 28-jährigen Geschichte des Schiffes – sind wissenschaftliche Arbeiten, die das Kieler IFM-GEOMAR an einer Zeitserienstation nördlich der Kapverden durchführt. Diese wird seit etlichen Jahren in enger Zusammenarbeit mit dem INDP, dem nationalen fischereibiologischen Institut der Republik Kap Verde, betrieben. Der Hafenaufenthalt wurde daher nicht nur für das Zusteigen zweier weiterer Wissenschaftler und die Übernahme von wissenschaftlicher Fracht genutzt, sondern auch für einen kleinen Empfang für die Kooperationspartner vom INDP. Die kapverdischen Kollegen, die selbst über ein 22 m langes Forschungsschiff verfügen, waren von der Größe und Ausstattung der Polarstern höchst beeindruckt. Nach einer kurzen Vorstellung des wissenschaftlichen Programms mit anschließendem Interview für das kapverdische Fernsehen war dann jedoch rasch das Ende des Kurzaufenthalts gekommen, da es den strammen Zeitplan unserer Reise ANT-XXVI/4 einzuhalten galt.

Neben einem intensiven Beprobungsprogramm stand an der ozeanischen Zeitserienstation nördlich der Kapverden eine spannende Aufgabe vor uns: Es galt, einen Schwarm von Gleitern des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften zu bergen. Hierbei handelt es sich um hochmoderne Geräte, die einem Segelflugzeug gleich den Ozean „durchfliegen“ und dabei kontinuierlich Daten zu Temperatur, Salz-, Sauerstoff- und Chlorophyllgehalt sowie Trübung des Meerwassers aufzeichnen. Die Geräte, die ohne Antrieb nur durch Veränderung ihres spezifischen Gewichts im Meer auf- und absteigen und dabei durch ihre Flügel einen Vorschub erfahren, können mit einer Leistung von nur wenigen Watt monatelang im Einsatz bleiben. In einer mehrstündigen Aktion konnten unter Schlauchbooteinsatz alle vier Gleiter rasch gefunden und sicher an Bord gebracht werden, wo Mario Müller – ein Gleiterexperte vom Kieler Leibniz-Institut für Meereswissenschaften – sie sogleich einer gründlichen Inspektion und Reinigung unterzog und die wertvollen Datensätze in Sicherheit brachte.

Die Arbeitsgruppe, die ich in meinem 5. Wochenbericht vorstellen möchte, ist meine eigene am Kieler IFM-GEOMAR mit engen Kooperationspartnern am Institut für Küstenforschung der GKSS in Geesthacht und dem Institut für Physikalische Chemie der Universität Kiel (Steffen Assmann, Meike Becker, Björn Fiedler, Gernot Friedrichs, Arne Körtzinger). Übergeordnetes Forschungsgebiet der Arbeitsgruppe ist der marine Kohlenstoffkreislauf und seine anthropogene Störung. Menschliche Aktivitäten – insbesondere die Verbrennung der fossilen Brennstoffe Erdöl, Erdgas und Kohle – haben seit Beginn der industriellen Revolution zu einem Anstieg atmosphärischer CO₂-Konzentrationen um knapp 40 % geführt. Der hiermit verbundene zusätzliche atmosphärische Treibhauseffekt ist Hauptursache des weltweit beobachteten Klimawandels. Der Weltozean ist ein riesiger Kohlenstoffspeicher und besitzt zudem ein gewaltiges Aufnahmepotential



Abb. 1: FS Polarstern vor Anker in der Naturbucht von Mindelo auf der kapverdischen Insel São Vicente. (Foto: A. Spencer)



Abb. 2: Gleiter IfM07 wartet nach knapp zweimonatiger Vermessungsfahrt geduldig auf seine Bergung und trifft dabei nicht nur auf wissenschaftliches Interesse. (Foto: M. Müller)



Abb. 3: Steffen Assmann freut sich über die hohe Präzision, die er mit seiner neuen Apparatur zur automatischen Durchflussmessung des pH-Werts erreicht. (Foto: A. Körtzinger)

für anthropogenes CO_2 aus der Atmosphäre. Dieses führt zu einer erheblichen Abmilderung des Klimawandels. Zukünftige Klimaprognosen benötigen daher belastbare Informationen über die ozeanische Kohlenstoffsенke und ihre zukünftige Entwicklung in einem sich verändernden Klimasystem. Voraussetzung hierfür ist jedoch ein detailliertes Verständnis der Veränderlichkeit und der inhärenten natürlichen Variabilität des marinen Kohlenstoffspeichers und seiner physikalischen und biologischen Antriebsfaktoren. Die marine Kohlenstoffforschung steht dabei vor der schweren Aufgabe, hochpräzise Messungen in hoher räumlicher und zeitlicher Abdeckung des Weltozeans durchzuführen – eine Aufgabe, die nur in internationaler Zusammenarbeit lösbar ist.

Dem Aspekt sehr hoher Genauigkeitsanforderungen begegnen wir mit der Verbesserung der verwendeten chemischen Methoden und der Entwicklung und Erprobung neuer Mess-Systeme. Dabei zielen Entwicklungen vor allem auf Systeme, die auf autonomen Plattformen – z.B. Tiefseeverankerungen, profilierenden Tiefendriftern und Handelsschiffen – zum Einsatz kommen können, um auch dem Aspekt größerer raumzeitlicher Datenabdeckung gerecht zu werden. So wird auf dieser Reise ein in Kooperation mit der Kieler Firma Contros entwickelter Sensor zur Messung des CO_2 -Partialdrucks im Dauereinsatz erprobt und in Tiefentests auch im Hinblick auf das Messverhalten bei raschen Temperaturänderungen und unter hohem Druck untersucht. Nach den erfolgreichen Tests soll dieser Sensor demnächst auf autonomen Tiefendriftern bei den Kapverden zum Einsatz kommen. Ein anderes Beispiel ist ein automatisiertes Analysesystem zur hochpräzisen Durchflussmessung des pH-Wertes. Hier konnte während der Reise eine sehr erfreuliche Präzision im Bereich von einigen Zehntausendstel im pH-Wert erreicht werden. Im Moment laufen erste, ebenfalls recht optimistisch stimmende Experimente zu Verwendung des gleichen Systems für autonome Durchflussmessungen der Gesamtalkalinität, einer weiteren wichtigen Messgröße des marinen CO_2 -Systems. Ein drittes Beispiel ist schließlich ein Cavity Ring-Down Spektrometer, dass zur Messung der ^{13}C -Isotopie im Oberflächenwasser zum Einsatz kommt. Diese noch sehr junge Technologie erlaubt durch die effektive Länge des optischen Pfades von etlichen Kilometern extrem empfindliche Absorptionsmessungen in der Gasphase. In Verbindung mit einem Gas-Wasser-Equilibrationssystem können damit autonome Präzisionsmessungen des $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Verhältnisses im marinen CO_2 -System durchgeführt werden, die wichtige zusätzliche Einblicke in die zugrundeliegenden Prozesse des Kohlenstoffkreislaufs bieten. Nach den sehr guten Ergebnissen dieser Reise soll das Gerät demnächst auf einem Handelsschiff im völlig autonomen Betrieb zum Einsatz kommen.

Es grüßt herzlichst ein hochzufriedener Fahrtleiter,
Arne Körtzinger



Abb. 4: Gernot Friedrichs, Meike Becker und Björn Fiedler (von links) betrachten während eines Experiments gebannt die Anzeige des Cavity Ring-Down Spektrometers. (Foto: A. Körtzinger)

ANT-XXVI/4, Wochenbericht Nr. 6

11. Mai - 17. Mai 2010

Am frühen Morgen des 17. Mai: Die Polarstern erreicht – nach 40 Seetagen, 15.000 Kilometern, 35 Stationen, einigen Tausend Kubikmetern filtrierter Luft, 10.000 Litern Wasserschöpferproben, weit über 1.000.000 Litern Meerwasser, die in Durchflussgeräten vermessen wurden, und ungezählten weiteren statistischen Ereignissen – pünktlich ihren Liegeplatz in Bremerhaven. Die letzte Woche der Reise war mit dem Hafenbesuch in Las Palmas auf Gran Canaria eingeläutet worden. Nur wenige Stunden verweilte die Polarstern an der Pier, um eine achtköpfige Gruppe von Fahrtteilnehmern an Bord zu nehmen. Mit besonderem Interesse war die achtjährige Katja, die mit ihrer Mutter Ute Lange und Claudia Klages als persönlicher AWI-Betreuung an Bord kam, erwartet worden. Katja hatte die Teilnahme an der Reise über die Aktion „Expeditionspass“ gewonnen, die das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Wissenschaftsjahr 2009 veranstaltet hatte. Ihr standen fortan alle Türen auf dem Schiff offen, damit sie mit einem gefüllten Tagebuch und spannenden Geschichten für ihre Mitschüler nach Hause kommen würde. Mit Gerlind Rüve, einer Referentin des Wissenschaftsrates in Köln, war eine nicht minder interessierte Teilnehmerin einer Einladung durch Frau Professor Karin Lichte, Direktorin des Alfred-Wegener-Instituts, gefolgt. Gut eine Woche lang konnte sie sich mit den wissenschaftlichen Facetten dieser Reise aber auch mit den logistischen und organisatorischen Seiten der Meeresforschung vertraut machen.

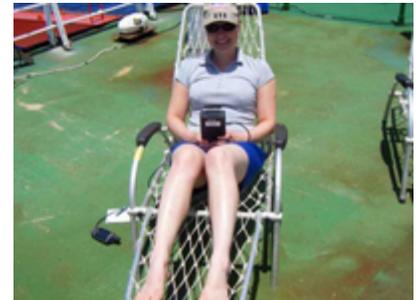


Abb. 1: K. Lonitz im Dienst bei der Messung der optischen Dicke mit dem Sonnenphotometer. (Foto: T. Hanschmann)

Neben der Wiederaufnahme des längst im Routinebetrieb laufenden Stationsbetriebes stand eine wichtige Geräteerprobung auf dem Programm. Saad El-Naggar und Peter Gerchow vom AWI, die in Las Palmas eigens zur Durchführung der Tests an Bord gekommen waren, konnten am 10. Mai erfolgreich das fest im Schiffsrumpf eingebaute Posidonia-System zur Unterwasserortung akustischer Ziele testen. Nachdem dieses in der Vergangenheit wiederholt Kopfschmerzen bereitet hatte, war damit endlich eine dauerhafte Lösung in Griffweite gekommen.

Meinen 6. und letzten Wochenbericht möchte ich der Atmosphären-Arbeitsgruppe des Leipziger Instituts für Troposphärenforschung (Thomas Kanitz, Timo Hanschmann) und des Hamburger Max-Planck-Instituts für Meteorologie (Katrin Lonitz) widmen. Diese setzt eine Vielzahl von Instrumenten zur Fernerkundung atmosphärischer Eigenschaften ein. Ein Beispiel ist das Sonnenphotometer zur Bestimmung der optischen Dicke der Atmosphäre (Abb. 1). Diese ist ein sonnenstandsunabhängiges Maß für die Transmissivität der Atmosphäre mit dem vor allem die Befrachtung mit Aerosolen bestimmt werden kann. Das tragbare Handgerät kann nur bei direktem Sonnenlicht eingesetzt werden – eine angenehme Arbeitsvoraussetzung, die auf unserer Reise sehr oft erfüllt wurde. Zwischen 8°N und 11°N gaben deutlich erhöhte Aerosol-optische Dicken einen klaren Hinweis auf ein Saharastaubeignis, das sich in den Modellprognosen bereits eine Tage zuvor angekündigt hatte.



Abb. 2: T. Kanitz steigt dem OCEANET-Atmosphärencontainer auf's Dach. (Foto: A. Körtzinger)

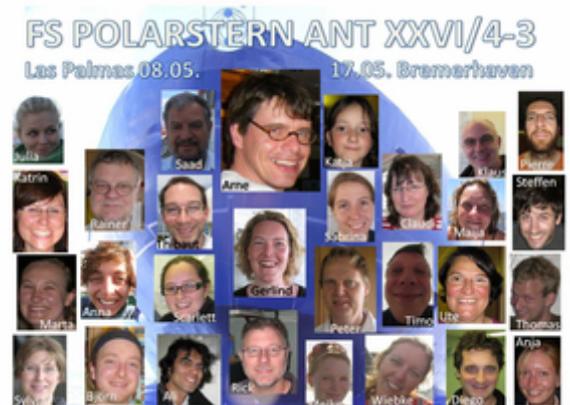
Herzstück der Messungen der Arbeitsgruppe ist der OCEANET-Atmosphärencontainer (Abb. 2+3), der sich auf dem vorangegangenen Polarstern-Transit bereits gut bewährt hat. Der auf dem Peildeck aufgestellte Container ist mit einer ganzen Palette von Sensoren und Instrumenten ausgestattet, die für die Fernerkundung der Atmosphäre und die Bestimmung der Energiebilanz an der Meeresoberfläche bestimmt sind. Das mobile Raman-LIDAR Polly-XT des IFT Leipzig sendet einen hellen grünen Laserstrahl aus, der bis in eine Höhe von 20 Kilometern die Reflexion durch Aerosolpartikel messen



Abb. 3: Der OCEANET-Atmosphärencontainer auf dem Peildeck der Polarstern unter spektakulärer Mammatus-Bewölkung. (Foto: T. Kanitz)

kann. Dabei liefert das bei fünf Wellenlängen arbeitende LIDAR-System auch Aussagen zur Größe und Eigenschaft der reflektierenden Partikel. Das bereits mit dem Sonnenphotometer beobachtete Staubereignis bildete sich in den LIDAR-Daten als prägnante Staubschicht zwischen 1000 und 4000 Metern Höhe ab. Selbst feine Strukturen, wie eine eingeschobene staubfreie Schicht in ca. 2000 Metern Höhe, waren klar erkennbar.

Doch nicht nur Staub treibt die Arbeitsgruppe um. So werden zur Schließung der Energiebilanz an der Wasseroberfläche ein ganze Reihe weiterer Messungen durchgeführt. Pyranometer und Pyrgeometer liefern Messungen der solaren und thermischen Einstrahlung. Eine automatische Wolkenkamera, die alle 15 Sekunden den gesamten Himmel rundum bis zum Horizont erfasst, erlaubt die Bestimmung von Wolkenbedeckung und Wolkentyp. Neben Standardsensoren der Meteorologie ist auch ein Mikrowellen-Radiometer im OCEANET-Container untergebracht. Dieses liefert ständig Vertikalprofile von Temperatur und Feuchte, wie sie sonst nur mit Wetterballons erfasst werden können. Die gleichzeitige Bestimmung von Flüssigwasser in der Atmosphäre trägt wesentlich zur Schließung der Energiebilanz bei. Doch trotz all dieser hochmodernen Instrumentierung gibt es kein Halten im Messcontainer, wenn die Atmosphäre spektakuläre Phänomene wie Regenbögen, Halos, wolkenbruchartigen Regen oder Mammatuswolken (Abb. 3) zu bieten hat. Es sind diese besonderen Augenblicke, die eine Seereise neben ihrer wissenschaftlichen Faszination immer wieder zu einem ganz besonderen Erlebnis machen. In diesem Sinne bleibt mir nur, mich bei Kapitän Uwe Pahl und der gesamten Besatzung der FS Polarstern auch im Namen aller Fahrtteilnehmer herzlichst für die professionelle und dabei stets freundliche und unkomplizierte Zusammenarbeit auf dieser sehr erfolgreichen Forschungsreise zu bedanken,
Arne Körtzinger



The Expedition ANT-XXVI/4

Weekly Reports

[12 April 2010](#): Smooth take-off for a long journey to Bremerhaven

[19 April 2010](#): Bio-optical measurements shed light on the ocean

[26 April 2010](#): Atmospheric dust – one man's meat, one man's poison

[3 May 2010](#): Archaic metabolism meets future energy potential

[10 May 2010](#): Tracing the ocean's carbon – better, faster, more often ...

[17 May 2010](#): About sun worshippers and remote sensors ...

Summary and itinerary

On 7 April 2010 R/V Polarstern will depart from Punta Arenas for its Atlantic transfer to Bremerhaven. The cruise will be utilized for continuous investigations of atmospheric and marine properties as well as for energy and material fluxes between ocean and atmosphere. The following projects will be carried out:

Autonomous measurement platforms for energy and material exchange between ocean and atmosphere (OCEANET - Atmosphere & Ocean)

In order to provide a solid basis for the observational monitoring of energy and material exchange between ocean and atmosphere it is planned to develop an autonomous observation system for operational use onboard available cargo- and research vessels. The project is based on a network of expertise from IFM-GEOMAR, Kiel (CO₂-/O₂-fluxes, photosynthetic status, energy budget, remote sensing), Leibniz Institute for Tropospheric Research, Leipzig (active remote sensing), GKSS Institute for Coastal Research, Geesthacht (ferry box, remote sensing of marine biology with ENVISAT/MERIS) and AWI Bremerhaven (CO₂-system, marine infrastructure of Polarstern).

Chemical measurements: Operation of autonomous systems as well as new instruments for measurement of parameters of the marine CO₂ system (pCO₂, pH, δ¹³C-DIC) as well as of ancillary parameters.

Biological measurements: Phylogenetic diversity and metabolic activity of nitrogen-fixing microorganisms will be determined along the meridional transects by molecular biological methods as well as with on board microcosm experiments.

Atmospheric measurements: The scientific focus of atmospheric measurements to be carried out during this cruise will be placed on radiation & microwave remote sensing (multi-channel microwave radiometer), air-sea interaction and fluxes (turbulent fluxes of momentum, sensible heat, latent heat, and CO₂ by the inertial dissipation method), and Lidar observations (multi-channel Raman-Lidar Polly for aerosols).

Bio-optical measurements for satellite ground truthing and ocean optical modelling

Use of remote sensing data in combination with in-situ measurements of ocean optics, phytoplankton productivity and composition of particulate organic carbon with the aim to improve estimates of global marine primary production and the distribution of major phytoplankton functional groups.

Atmospheric Dust and Irradiation effects on Ocean surface processes – Biogeochemistry in the Atlantic Ocean (ADIOS-BAO)

The aim of the project is to produce comprehensive data on crustally derived trace metals (Al, Fe and Ti) and phosphate in the surface ocean over contrasting regions of the Atlantic Ocean. In addition simultaneous measurements of photochemical influenced parameters (hydrogen peroxide, nitrite and CDOM) will allow the examination the influence of irradiation on dust dissolution via redox processes.

Analysis of the chemical composition of marine organic aerosol along a meridional transect of the Atlantic Ocean

Innovative methods for aerosol analysis employing high-mass resolution proton-transfer-reaction mass-spectrometer (hi-res-PTR-MS) and stable isotope ratio mass spectrometry (IRMS) will allow characterizing the chemical composition of organic aerosols over different regions of the Atlantic Ocean.

Measurement of concentration and isotopic signature of hydrogen in surface ocean and atmosphere

This project aims to measure the concentration and isotopic signature of hydrogen in the atmosphere and surface ocean. The ultimate goal is to quantify oceanic hydrogen emissions and their role in the global atmospheric hydrogen cycle. The latitudinal distribution of atmospheric hydrogen will be used to improve atmospheric models.

Abyssal temperature fluctuations in the Vema Channel

Revisit to the Vema Sill and Extension sites for continuation of a time series of high precision CTD observations of the coldest AABW in the Vema channel.

Cruise ANT XXVI/4 will be based primarily on continuous measurements in surface ocean and atmosphere. In addition a daily hydrographic station including CTD-rosette sampling and radiation measurements will be performed.

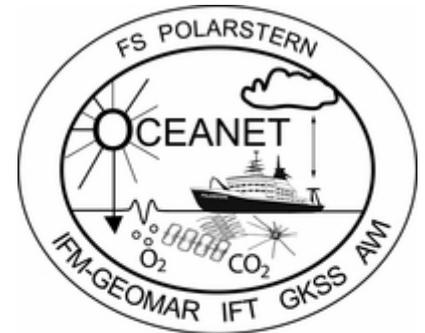
Polarstern will arrive in Bremerhaven on May 17, 2010.

ANT-XXVI/4, Weekly Report No. 1

6 April - 12 April 2010

Punta Arenas, Chile: On the sunny Tuesday of April 6, a scientific party of 21 starts to prepare for the upcoming cruise ANT XXVI/4 (Fig. 1). Laboratory and equipment containers as well as several airfreight shipments have already been or are about to be delivered to the ship in good shape, and the group gets busy with unloading and setting up of the scientific equipment in the various laboratories. The OCEANET container for atmospheric measurements is removed from the compass platform and placed on the pier (Fig. 2) so that the mobile Raman Lidar System of the Leibniz Institute for Tropospheric Research in Leipzig can be re-installed (Fig. 3) after interim storage at the University of Punta Arenas. All preparations move along smoothly and are nearly finished at the time of departure.

On schedule, R/V Polarstern leaves port on April 7 at 16:00 steaming under pilot and with full cruising speed through the Strait of Magellan in northeastward direction. After nearly two days of transit the first station is reached late on April 9. This first station already goes well and by now we have settled into our daily station routine that will keep us busy for most of the 15.000 kilometres of seaway ahead of us (Fig. 4).



Cruise ANT XXVI/4: April 7 - May 17, 2010
Punta Arenas - Mindelo - Bremerhaven



The OCEANET container for atmospheric observations is waiting on the pier in Punta Arenas to be lifted to its exposed position on the compass platform of RV Polarstern. (photo: A. Körtzinger)

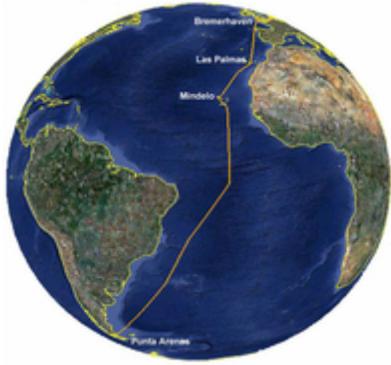
R/V Polarstern Cruise ANT XXVI/4 is all about the OCEANET project (www.ifm-geomar.de/index.php?id=oceanet) which is funded through a competitive procedure of the Leibniz Association by the German Joint Initiative for Research and Innovation. The project consortium consists of the main project proponents – Leibniz Institute of Marine Sciences (IFM-GEOMAR) in Kiel and Leibniz Institute for Tropospheric Research in Leipzig – as well as the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research and the GKSS Institute for Coastal Research in Geesthacht. Major goals of the project are the development, testing, operation and evaluation of autonomous measurements platforms for the estimation of the exchange of matter and energy between ocean and atmosphere. OCEANET avails itself of the two annual transit cruises of R/V Polarstern which provides an excellent platform for the project. For OCEANET, the current cruise is already the fifth in a row (ANT-XXIV/4, ANT-XXV/1+5, ANT-XXVI/1+4) and major progress in terms of methods and instruments employed has been achieved.

Several components of the project's observational portfolio are thus fully operational and largely autonomous. OCEANET also maintains a very beneficial cooperation with the Helmholtz-University Young Investigators Group PHYTOOPTICS lead by Dr. Astrid Bracher (AWI and University of Bremen) which takes part in the current cruise. Further participating projects are carried out by IFM-GEOMAR, University of Kiel, Max-Planck-Institute for Meteorology in Hamburg, University of Utrecht/Netherlands und Scripps Institution of Oceanography/USA. The remaining five weekly reports will provide ample opportunity to do justice to these projects and present their work.

After three days of station work the procedures are starting to work smoothly. All laboratories are fully set up and the various measurement systems are up and running. It is worth mentioning that we enjoyed much active help from the ship's crew with the many small teething problems that every cruise start seems to bring with it. The atmosphere on board is very good, the weather is well-meaning too, and we are looking forward to a pleasant and hopefully successful cruise.



Polly XT, a mobile Raman Lidar of the Leibniz Institute for Tropospheric Research in Leipzig, is being moved into the OCEANET container. (photo: A. Körtzinger)



With best regards from the chief scientist and the entire scientific party,

Arne Körtzinger

RV Polarstern 40°30' S / 53°10' W

Planned cruise track of RV Polarstern
cruise ANT-XXVI/4

ANT-XXVI/4, Weekly Report No. 2

13 April - 19 April 2010

Cotton-wool clouds and the deep blue of the ocean are unmistakable indicators that R/V Polarstern has entered the subtropical high-pressure ridge. The former – also known as trade wind cumuli – are a consequence of the marked trace-wind inversion which prevents the development of high-reaching clouds and hence precipitation. The latter is due to the desert-like, i.e. biologically highly unproductive, character of the subtropical gyre, whose extremely clear waters allow deep light penetration and therefore display the typical blue light scattering of clear water.

By now, the work program of our cruise ANT-XXVI/4, which reaches from the top of the troposphere to the deep sea, is running in routine mode. We employ a wide range of rather different observation and sampling techniques such as remote sensing of the atmosphere (e.g. microwave radiometer, Raman-Lidar), dust sampling with aerosol collectors, continuous measurement of chemical and biological properties in the surface ocean, collection and analysis of water samples taken from various depths by means of a rosette system and a whole suite of instruments for radiation measurements and the determination of seawater optical properties. This weekly report is dedicated to the bio-optical program of this cruise.

The bio-optical work of ANT-XXVI/4 is carried out by the „Phytooptics“ research group of AWI and University of Bremen (Anja Feyen, Julia Mroz, Marta Kasper und Alireza Sadeghi) and the „Ocean Optics Research Lab“ of the Scripps Institution of Oceanography in La Jolla, California/USA (Rick Reynolds, Pierre Gernez). The overarching goal is a better understanding of the role of phytoplankton in marine ecosystems and biogeochemical cycles.

Of particular importance in this context is the determination of global patterns of phytoplankton biomass and functional groups. Satellite-borne measurements of the ocean colour contain important information about the abundance and composition of marine phytoplankton since phytoplankton organisms possess different pigments for light harvesting. In order to reliably extract and interpret this information a better characterization of optical properties as well as phytoplankton and pigment composition in-situ, i.e. in the surface ocean, is needed.

The measurements performed by the two working groups feature a large suite of parameters and instruments: Hyperspectral radiometers are used to measure the incoming and reflected sunlight during the daily culmination of the sun (Fig. 1) as well as the intensity and spectral characteristics of the light penetrating the upper 100-150 metres of the ocean (Fig. 2). Also a tethered floating hyperspectral radiometer is used to measure the remote-sensing reflectance of the ocean – the property that a satellite can „see“ from space – in 50-100 metres distance from the ship (Fig. 3).

Another instrument package is employed to provide vertical profiles of optical properties such as spectral scattering and backscattering (Fig. 4). Precise measurements of light absorption are carried out on water samples using a special technique (PSICAM), which strongly reduces scattering losses (Fig. 5). Water samples are also taken to determine particle size distribution. Additional chemical analyses for elemental and pigment composition of the particulate fraction will be carried out after the cruise in the home institutes of the two groups.



Fig. 1: Sunset over the radiometers for spectrally resolved measurements of incoming and reflected sunlight. (Photos 1-4: A. Körtzinger)



Fig. 2: M. Becker and B. Fiedler, helping with the profiling radiation measurement, get soaked during a cloudburst.



Fig. 3: Pierre Gernez "fishing" for data with the drifting hyperspectral radiometer.

The beauty of our current cruise is that this comprehensive suite of observations will cover very different ocean regions and ecosystems ranging from the subtropical ocean deserts to the more productive regions of the mid-latitudes and continental shelves. The data set to be acquired will shed light on optical properties of the ocean and their remote sensing from space.

With warm regards from all of us to the readers of this weekly report and of course to our beloved ones at home,

Arne Körtzinger



Fig. 4: R. Reynolds (right) deploys an instrument package containing sensors for spectral backscattering and a Laser diffraction instrument for in-situ measurements of particle size distribution.



Fig. 5: Anja Feyen (back) and Julia Mroz prepare absorption measurements with the PSICAM. (Photo: M. Kasper)

ANT-XXVI/4, Weekly Report No. 3

20 April - 26 April 2010

After 3900 nautical miles (or 7200 kilometres) about half of the cruise ANT-XXVI/4 lies behind us. We are now quickly approaching the equator and the sea surface temperature has climbed to over 29°C. Also, the trade winds constantly blow 28°C warm air at 4-6 Beaufort from a southeasterly direction. Soon, however, the trade wind clouds will give way to high-reaching cumulonimbus clouds – a first sign of the Intertropical Convergence Zone, the equatorial low pressure ridge also known as doldrums. More on this, however, in my next report. This week's report is dedicated to the trace metal and dust investigations of this cruise. These are carried out by a group of scientists from the Leibniz Institute of Marine Sciences in Kiel/Germany (Thibaut Wagener, Maija Heller, Anna Dammschäuser) and an aerosol specialist from the University of Córdoba/Argentina (Diego Gaiero). Despite or even because of their extremely low concentrations trace metals play an important role in the ocean. On the one hand, a biological function has been proven for several trace metals with iron being perhaps the most prominent example. On the other hand, trace metals provide insight into several geochemical processes, e.g. on the origin, deposition and dissolution of atmospheric dust in the ocean. By delivering macro (phosphorus) and micro nutrients (iron) to the ocean this fine dust fraction from regions such as the Patagonian and Saharan deserts plays an important role for the biological productivity of the open ocean.



Fig. 1: Ocean 'landscape' with wind and waves - where is the dust? (photo: A. Körtzinger)



Fig. 2: Thibaut Wagener (left) and Diego Gaiero take water samples with a special GOFLO sampler. (photo: A. Körtzinger)

The chemistry of iron in seawater is particularly complicated and even today not fully understood. In the well-oxygenated surface ocean dissolved iron is rapidly oxidized to trivalent iron which is rather insoluble and hence precipitates as hydroxide. Therefore all processes that convert or stabilize iron in dissolved bio-available forms are biologically relevant. In these processes, which include redox reactions and iron complexation by organic substances of biological or photochemical origin, rather exotic chemical species are involved. One such exotic species is superoxide, which can be produced via photo-oxidation or organic matter. On this cruise, water samples are taken daily for measurement of iron(II) and hydrogen peroxide, a product of superoxide decomposition,

as well as the different decay pathways of superoxide. Further measurements focus on the fluorescence and absorption characteristics of coloured dissolved organic matter, also known as yellow substance, which is photochemically active and responsible for the production of superoxide. Finally, experiments with the radio nuclide iron-55, which are carried in a special radio nuclide container, provide information about the solubility of the various chemical forms of iron in seawater.

A second research focus of the group is placed on the release of elements from atmospheric dust. This includes bio-active elements such as phosphorus or iron but also bio-inactive elements such as aluminum or titanium. While the former are known to have certain biological functions the latter provide insight into deposition and dissolution or airborne dust.

Our current cruise ANT-XXVI/4 is particularly well suited for this purpose as it provides the full contrast between the dust poor regions of the South Atlantic subtropical gyre and the dust plumes of the Patagonian and Saharan deserts. It is noteworthy that the Saharan dust plume which extends from West Africa all the way to the Caribbean is by far the largest dust source to the world ocean, delivering on the order of 200 million tons of dust annually. By means of aerosol collectors we can get hold of this dust and subject it to release experiments to gain a better understanding of the dissolution processes. Also eolisable dust samples that were taken in different Patagonian source



Fig. 3: Anna Dammschäuser in full outfit performing trace metal measurements in a clean air. (photo: T. Wagener)

regions are exposed to different seawater types during 10-day release experiments.



Fig. 4: Maija Heller determines the optical properties of yellow substance. (photo: T. Wagener)

Measurements of natural trace metal concentrations pose very stringent requirements on sampling and sample treatment. In the case of iron it is obvious that, because of the high contamination risk, a ship is a rather problematic but yet indispensable platform. Therefore special GOFLO water samplers are used which are deployed closed and open only under hydrostatic pressure at about 10 meters depth. Thus their ultra-clean interior does not get in contact with the contaminating ship environment. For the same reason these samplers cannot be deployed on a normal metal wire but have to be attached to a special Kevlar rope. However, all these precautionary measures are not restricted to the sampling alone. In fact all measurements and experiments have to be carried out in a special clean air container or clean bench which feature filter systems to reduce the number of particles in the air to a minimum.

In contrast to the dust-plagued European air traveller we are hoping to hit a lot of dust off West Africa after passing the Intertropical Convergence Zone. So we keep our fingers crossed and send our heartfelt regards,
Arne Körtzinger

ANT-XXVI/4, Weekly Report No. 4

27 April - 3 May 2010

The doldrums lie behind us and we welcome the fresh breeze that the northeast trade wind is providing. The fainter blue of the sky and its slightly yellowish colour above the horizon are clear signs of the presence of atmospheric dust. For several days now the model predictions have been showing a marked aerosol band at 10-15°N reaching from West Africa all the way to the Caribbean. And indeed the filters from our aerosol collectors show a yellow-brown colour after having been so immaculately white for weeks. Anyway, the dust theme has been addressed in quite detail in my 3rd weekly report.

I will dedicate my 4th weekly report to the presentations of two more research topics of our current cruise ANT-XXVI/4, which at first sight appear entirely unconnected but at closer look turn out to be very much linked. One research topic deals with the biogeography of marine nitrogen fixing organisms, which is carried by a biological working group from the Leibniz Institute for Marine Sciences in Kiel (Wiebke Mohr, Scarlett Sett). The other topic encompasses chemical measurements of hydrogen, which are carried out by Sylvia Walter from the Institute for Marine and Atmospheric Research of Utrecht University, Netherlands (IMAU).

In many ocean regions, macro nutrients such as nitrogen or phosphorus are limiting factors of marine primary production. Most organisms require nitrogen in combined form, i.e. as nitrate or ammonia. However – in contrast to molecular nitrogen (N_2) – their concentrations are typically very low in surface waters. Only nitrogen fixing organisms, also known as diazotrophs, are capable of breaking the triple bond of molecular nitrogen to use it as their source of nitrogen – very much like *Rhizobium* bacteria that live in symbiosis with certain land plants. For this they require the special and evolutionary very old enzyme complex nitrogenase. Nitrogen fixers themselves can be limited, however, by the availability of nutrients such as phosphorus and iron. It is known that these elements are released to seawater from atmospheric dust that is deposited on the ocean (see 3rd weekly report). Therefore dust plays a very important role for marine nitrogen fixation. The tropical north Atlantic with its strong Saharan dust imprint is a particularly interesting region for this kind of research.

The work program of this cruise is primarily focused at the biogeography of nitrogen fixing organisms. Using molecular tools, the abundance and transcription of the *nifH* gene, which encodes a major part of the nitrogenase enzyme complex, are determined. By taking water samples from various depths insight can be gained not only into the regional but also into the vertical distribution of nitrogen fixers. Additional incubation experiments with isotopically labelled nitrogen ($^{15}N_2$) allow the determination of nitrogen fixation rates under ambient temperature and light conditions.

Hydrogen is one of the promising energy sources of the future. But a hydrogen-based energy would certainly come with the risk of significant anthropogenic hydrogen emissions. In contrast to other trace gases rather little is known about the atmospheric cycle of hydrogen and its major sources and sinks. In order to be able to estimate the potential influence of hydrogen emissions on the chemistry of the atmosphere, which would be prerequisite of large-scale hydrogen-based energy production, a better



Fig. 1: The rosette sampling system comes to the surface with 24 water samples from depth. (photo: A. Körtzinger)



Fig. 2: Wiebke Mohr is preparing her sample bottles for deck incubations with isotopically labelled nitrogen gas. (photo: A. Körtzinger)



understanding of the hydrogen cycle is clearly needed. The ocean serves as a natural source for atmospheric hydrogen which is produced by photochemical degradation of organic matter as well as by biological processes by organisms such as – and this is the exiting link to the work on nitrogen fixers – by marine diazotrophs such as *Trichodesmium*. During this cruise hydrogen (and carbon monoxide) is continuously measured in surface seawater and air. In addition, discrete surface water samples are taken for shore-based analysis of hydrogen isotopes at IMAU, which will provide information about the hydrogen sources. The main focus of this cruise lies on the distribution patterns of hydrogen between the hemispheres and in the different ocean regions.

This example of scientifically and methodologically rather different approaches, which look at tightly connected processes from different angles and can provide valuable additional information to each other is rather typical for the ocean as a natural system and also for marine sciences in general.

I am closing this report with the warmest regards from all scientists on board the R/V Polarstern,
Arne Körtzinger



Fig. 3: An evacuated glass vessel for the analysis of hydrogen isotopes is filled with seawater at the rosette sampling system. (photo: S. Walter)

ANT-XXVI/4, Weekly Report No. 5

4 May - 10 May 2010

At eight o'clock in the morning of May 5th the anchor of R/V Polarstern is dropped in the wide bay of Mindelo of the Cape Verdean island of São Vicente. The reason for our short visit to the Republic of Cape Verde – the first ever in the 28-year history of the vessel – are scientific studies at the Cape Verdean ocean time-series station, which are carried by the IFM-GEOMAR in Kiel. This station has been operated for several years now in cooperation with INDP, the national fishery research institute of Cape Verde. The stopover was not only used for embarkation of two more scientists and delivery of scientific equipment but also for a small reception for the cooperation partners from INDP. The Cape Verdean colleagues, who are operating a 22-m research vessel, were deeply impressed by the size and standard of the R/V Polarstern. After a short introduction to the scientific program of our current cruise and a short interview with the national Cape Verdean TV station the time had come to say Goodbye and depart for immediate continuation of the tight schedule of cruise ANT-XXVI/4.

Besides an intensive sampling program we also had to accomplish an exciting task at the time-series station north of Cape Verde: A swarm of gliders from the Kiel Leibniz Institute for Marine Sciences had to be recovered. Like glider planes these sophisticated instruments “fly” through the ocean and measure temperature, salinity, oxygen, chlorophyll and turbidity. The instruments, which generate propulsion through their wings only by means of changing their specific weight, can operate for months on a few Watt of power only. After several hours and a couple of zodiac trips all four gliders had been found and safely recovered from the ocean. Once onboard, Mario Müller – a glider specialist from the Leibniz Institute for Marine Sciences in Kiel – thoroughly inspected and cleaned the instruments and secured the valuable data sets.

The working group that I would like to present in this week's report is my own group at the IFM-GEOMAR and its close cooperation partners at the Institute for Coastal Research of the GKSS in Geesthacht and the Institute for Physical Chemistry at the University of Kiel (Steffen Assmann, Meike Becker, Björn Fiedler, Gernot Friedrichs, Arne Körtzinger). We concern ourselves with the global carbon cycle and its anthropogenic perturbation. Human activities have – largely through burning of fossil fuels such as gas, oil, and coal – caused atmospheric CO₂ concentrations to rise by nearly 40 % since preindustrial times. The additional atmospheric greenhouse effect associated with this CO₂ increase is responsible for the major part of the observed climate change. The world's ocean is a giant carbon reservoir and provides a huge uptake capacity for anthropogenic CO₂ and thereby strongly dampens climate change. Projections of future climate change therefore depend on robust understanding of the oceanic carbon sink and its future development under changing climate forcing. This requires a detailed knowledge about trends and inherent natural variability in marine carbon reservoirs and their physical and biological drivers. Marine carbon research is confronted with the challenging task of providing highly precise measurements at high spatial and



Fig. 1: RV Polarstern at anchor in Mindelo bay on the Cape Verdean Island of São Vicente. (photo: A. Spencer)



Fig.2: After nearly two months of autonomous operation in the field glider IfM07 patiently awaits its recovery thereby not only meeting scientific interest. (photo: M. Müller)



Fig. 3: Steffen Assmann enjoys the high precision that his new system for autonomous flow-through measurement of pH is achieving. (photo: A. Körtzinger)

temporal resolution – at task that can only be accomplished in international collaboration.

The aspect of high measurement quality is addressed by improvement of the chemical methods employed and the development and testing of new instruments and sensors. This is always done in view of their use on autonomous platforms such as deep-sea moorings, profiling floats and merchant vessels which help to strongly enhance spatiotemporal coverage. Along this line a new sensor for measurement of the CO_2 partial pressure, which was developed – in cooperation with us – by the Kiel company Contros, is tested in continuous mode throughout the cruise. Further tests in the water column help to evaluate the sensor performance under rapid temperature change and high pressure. After the successful test this sensor will soon be deployed on profiling floats near Cape Verde. Another example is an automated system for high-precision flow-through measurements of the pH of seawater that has reached a respectable precision of a few tenths of a pH unit during this cruise. The same system is now tested in a different setup for the feasibility of alkalinity measurements, another important quantity of the marine CO_2 system. A third example, finally, is a Cavity Ring-Down Spectrometer, which is employed to measure the ^{13}C isotope signature of the marine CO_2 system in surface waters. This rather young technology provides extremely sensitive absorption measurement capabilities through an effective optical path length of several kilometers. In combination with a gas-water equilibration system precise measurements of the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio of dissolved inorganic carbon, which provide different insight into major processes of the marine carbon cycle, can now be made at sea. After the very promising results of our cruise the system is planned to be deployed in fully autonomous mode on a merchant vessel in the near future.

With best regards from a very pleased chief scientist,
Arne Körtzinger



Fig. 4: Gernot Friedrichs, Meike Becker and Björn Fiedler (from left) are closely watching the screen of the Cavity Ring-Down Spectrometer during an experiment. (photo: A. Körtzinger)

ANT-XXVI/4, Weekly Report No. 6

11 May - 17 May 2010

In the early morning of May 17: Polarstern arrives on time – after 40 days at sea, 15.000 kilometers, 35 stations, several thousands of cubic meters of filtered air, 10.000 liters of sampled water, more than 1.000.000 liters of seawater measured in flow-through systems, and other uncounted statistical events – at her berth in Bremerhaven. The final week of our cruise ANT-XXVI/4 had started with a short port call to Las Palmas on Gran Canaria where Polarstern remained only for a few hours to take onboard a group of eight further participants. Everybody had been looking forward to the arrival of eight-year-old Katja, who had come with her mother Ute Lange and Claudia Klages of AWI as her personal guide. Katja had won her cruise participation through the „Expeditionspass“ program, a national activity for school kids by the German Federal Ministry of Education and Research. From then on Katja moved freely on the ship so that she could bring home a full diary and many stories to tell her class mates. Another not less interested and curious new participant was Gerlind Rüge from the German Council of Science and Humanities (Wissenschaftsrat) in Cologne, who had accepted an invitation by Professor Karin Lochte, Director of the Alfred-Wegener-Institute. For about a week she took every opportunity to hear about the scientific facets of our current cruise and gain insight into logistical and organisational aspects of marine research in Germany.

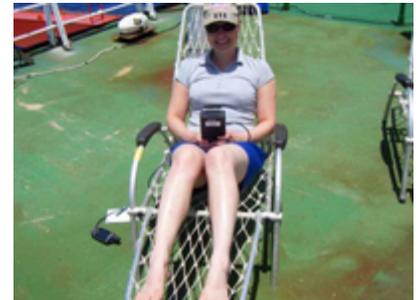


Fig. 1: K. Lonitz on duty with the measurement of optical thickness using a sun photometer. (photo: T. Hanschmann)

Besides the resumption of our measurement and station routine an important instrument test was due after departure from Las Palmas. On May 10, Saad El-Naggar and Peter Gerchow from AWI, who had come to Las Palmas specifically for this purpose, carried out successful tests of the vessel-mounted Posidonia-System for underwater positioning of acoustical targets. This system had caused considerable headaches, but the tests finally opened a way forward.

My 6th and final weekly report is dedicated to the atmospheric working group of the Institute for Tropospheric Research in Leipzig (Thomas Kanitz, Timo Hanschmann) and the Max-Planck-Institute for Meteorology in Hamburg (Katrin Lonitz). This group employs a wide range of instruments for the remote sensing of atmospheric properties.

A good example is the sun photometer for measurement of the optical thickness of the atmosphere (Fig. 1). This is a measure of how opaque a medium is to radiation passing through it and in the case of the atmosphere provides important information about aerosol loading. The small hand-held sun photometer has to be directed towards the sun and can thus only be used on sunny days – a pleasant prerequisite that was met very often during our cruise. Between 8°N and 11°N increased values of the aerosol optical depths indicated the presence of a dust event which had already been forecasted by aerosol models several days in advance.



Fig 2: T. Kanitz on the roof of the OCEANET container for atmospheric observations. (photo: A. Körtzinger)

The OCEANET container for atmospheric observations is the centrepiece of the group's equipment (Fig. 2+3) and had successfully completed its maiden voyage during the preceding Polarstern transit. The container is set up on the compass platform and equipped with a suite of sensors and instruments for remote sensing of the atmosphere and for determining the energy balance at the surface of the ocean. The mobile Raman-LIDAR Polly XT of the IfT Leipzig sends a bright green laser beam into the sky which allows to measure reflection by particles up to a height of 20 kilometers. As the LIDAR system measures at five different wavelengths it not only provides information about the amount of particles but also



Fig. 3: The OCEANET container for atmospheric observations on the compass platform of RV Polarstern under spectacular Mammatus clouds. (photo: T. Kanitz)

about their size and properties. The dust event which had been picked up clearly with the sun photometer also came out nicely in the LIDAR data as a marked dust layer at 1000 und 4000 meters elevation. Even the fine structure with a dust-free layer interspersed at approx. 2000 meters height was clearly resolved.

But the group's work is not only about dust. Other measurements are performed in order to close the energy budget at the surface the ocean. Pyranometer and pyrgeometer provide measurements of the solar and thermal radiation which are major components of the energy budget. An automatic cloud camera system which images the full sky from horizon to horizon at 15-second intervals allows determination of clouds cover and type. Besides the standard meteorological sensors the container also features a microwave radiometer which provides vertical profiles of temperature and humidity up to 10 kilometres height – properties that otherwise would only be accessible by weather ballons. The data also provide an estimate of the total amount of liquid water present in the air column, the so-called liquid water path. Despite all this high-end instrumentation nothing can keep the group members in the container when spectacular atmospheric phenomena like rainbows, halos, cloudsbursts or Mammatus clouds (Fig. 3) are offered outside. It is these special moments that – besides all scientific fascination – make every research cruise a special experience.

Having said this, I would like – also in the name of all members of the scientific party – to express my hearty thanks to captain Uwe Pahl and the entire crew of R/V Polarstern for highly professional and always friendly cooperation during the very successful cruise,
Arne Körtzinger

