

1. Wochenbericht M68/2, Recife-Mindelo

6.6.-11.6.2006

Am 6. Juni 2006 begann die METEOR-Reise M68/2, die sich mit der Rolle der ozeanischen Zirkulation für das Klima und dessen Variabilität beschäftigt. Nachdem während der METEOR-Reise M68/1 Vorgänge am Meeresboden untersucht wurden, konzentrieren sich die Forschungsarbeiten während M68/2 auf die Warmwasserzirkulation im westlichen und zentralen tropischen Atlantik. Ziel der Arbeiten ist ein besseres Verständnis der Rolle verschiedener ozeanischer Prozesse für die Variabilität der Oberflächentemperatur des Ozeans. Die Oberflächentemperatur ist von besonderer Bedeutung für den Niederschlag im gesamten Bereich des tropischen Atlantiks und beeinflusst insbesondere das Klimageschehen über weiten Teilen von Südamerika und Afrika.

Neben verschiedenen hydrographischen Schnitten, bei denen gleichzeitig hochgenaue Strömungsdaten mit den an Bord befindlichen akustischen Strömungsmessern gewonnen werden, sind Verankerungsdaten von großem Nutzen für das Verständnis des Zustroms von Warmwasser in den östlichen tropischen Atlantik und damit der Versorgung des ozeanischen Auftriebs in dieser Region. Der erste hydrographische Schnitt entlang 35°W wurde am frühen Morgen des 7. Juni begonnen. Neben der Vermessung von Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoff mit der CTD Sonde, werden während M68/2 Wasserproben hinsichtlich einer ganzen Reihe verschiedener biogeochemischer Parameter direkt an Bord analysiert oder für spätere Analysen an Land abgefüllt. Am 9. Juni vormittags erreichten wir die erste Verankerungsposition bei 35°W am Äquator. Diese Verankerung ist vor fast zwei Jahren im August 2004 während der METEOR-Reise M62/2 ausgelegt worden. Die Auslöser reagierten sofort auf die akustischen Signale und innerhalb von zwei Stunden konnten alle Geräte erfolgreich geborgen werden. Eine erste Analyse der Daten zeigte, dass alle Instrumente perfekt gearbeitet haben. Damit stehen erstmals längere Zeitserien der äquatorialen Strömungen bei 35°W zur Verfügung, die neue Einblicke in die tropische Zirkulation ermöglichen. Diese Verankerung liefert in Verbindung mit der Verankerung bei 23°W am Äquator, die im späteren Teil der Reise aufgenommen werden soll, wichtige Informationen über die Ausbreitung von Strömungssignalen entlang des Äquators.

Nach dem erfolgreichen Aufnehmen der Verankerung fand direkt die erste Mikrostruktur-Station statt. Mit den Mikrostrukturmessungen sollen die Vermischungsprozesse an der Unterseite der ozeanischen Deckschicht besser verstanden werden. Solche turbulenten Vermischungsprozesse zwischen warmen

oberflächennahem Wasser und dem kühleren Wasser darunter sind für eine Abkühlung der Meeresoberfläche verantwortlich, die sich ansonsten durch die Sonneneinstrahlung weiter aufheizen würde.



Abb. 1: Die Bergung des Toplements mit dem eingebauten ADCP beendete die erfolgreiche Verankerungsaufnahme bei 35°W am Äquator.

Eine weitere Komponente des wissenschaftlichen Programms während M68/2 ist das Aussetzen von ARGO-Floats. Diese autonom operierenden Tiefendrifter, die alle 10 Tage zur Oberfläche aufsteigen und die gesammelten Temperatur- und Salzgehaltsdaten via Satellit übermitteln, sind Teil des internationalen ARGO Programms, das sich zum Ziel gesetzt hat, die oberen 2000m des gesamten Weltozeans zu vermessen. Insgesamt werden während der Reise 18 Tiefendrifter ausgesetzt, darunter zwei Tiefendrifter unserer amerikanischen Kollegen von NOAA AOML in Miami. Der erste Tiefendrifter wurde direkt nach Beendigung der Mikrostruktur-Station bei 35°W am Äquator ausgesetzt.

Das Messprogramm wurde mit CTD/O₂-Stationsarbeiten und den dazugehörigen biogeochemischen Analysen entlang 35°W fortgesetzt. Dieser hydrographische Schnitt wurde am Sonntagvormittag bei 5°N abgeschlossen. Danach werden wir zur brasilianischen Insel Fernando de Noronha abfahren, um dort den brasilianischen

Militärbeobachter abzusetzen. Bei diesem Zwischenstop wollen wir zwei CTD-Profiler an Bord nehmen. Diese Geräte, die im zentralen tropischen Atlantik verankert werden sollen, waren wegen eines Streiks des brasilianischen Zolls nicht rechtzeitig zum Auslaufen der METEOR in Recife angekommen. Mit Hilfe des Schiffsagenten Mr. Marcos Fonseca haben wir die zollrechtlichen Probleme überwunden und hoffen das der Lieferung der Geräte mit einem Boot von Recife nach Fernando de Noronha nichts mehr im Wege steht.

Viele Grüße aus den Tropen,

Peter Brandt und die Fahrtteilnehmer der Reise M68/2

2. Wochenbericht M68/2, Recife-Mindelo

12.6.-18.6.2006

Mittlerweile haben sich alle gut an Bord von METEOR eingelebt. Nach der ersten Woche mit einem intensiven CTD/O₂ Programm wurde die zweite Woche mit einem ADCP-Schnitt entlang von 32°30'W mit den schiffseigenen Strömungsmessern begonnen. Diese akustischen Strömungsmesser nutzen das Doppler-Prinzip und sind in der Lage, die Strömung unter dem Schiff bis in etwa 1200m Tiefe zu vermessen. Erste Analysen der Strömungsmessungen auf dem 35°W Schnitt zeigten eine hervorragende Datenqualität, die weltweit nahezu einzigartig ist. Die Zeit während dieser Messfahrt wurde genutzt, um das kommende intensive Verankerungsprogramm am Äquator bei 23°W vorzubereiten. So wurden einige Stationen zum Testen von Auslösern gefahren. Diese Auslöser sollen die Wiederaufnahme unserer Verankerungen ermöglichen, wenn wir uns im Frühjahr 2008 - dann wahrscheinlich mit MERIAN - wieder in den tropischen Atlantik begeben werden. Unsere Techniker waren intensiv mit der Vorbereitung der verschiedenen zu verankernden Geräte beschäftigt. Zu diesen Geräten zählen eine ganze Reihe unterschiedlicher Strömungsmesser, aber auch Salzgehalts-, Temperatur- und Druckaufzeichnungsgeräte. Die Vorbereitungen wurden mit dem Erreichen des Schnittes entlang von 23°W abgeschlossen.

Auch die biogeochemischen Messungen während M68/2 sind gut angelaufen. Wie vor Beginn jeder Reise waren die Chemiker damit beschäftigt, die Instrumente in den Labors aufzubauen, festzuzurren und sinnvoll den Labor- und Tischbereich einzuteilen. Bei unserer Reise hatte die Tracer Gruppe (Freone und SF₆) den Vorteil einer frühen Ankunft in Recife und verschaffte sich somit eine hervorragende Ausgangsposition. Die später eintreffenden Forschergruppen waren noch bis in die späte Nacht damit beschäftigt, ihre Instrumente einzustellen und Lösungen vorzubereiten. Mit Beginn der ersten CTD Station auf 35°W stand die Chemiegruppe zur Probennahme bereit. Bisherige Messungen bei annähernd jeder zweiten Station schließen gelösten anorganischen Kohlenstoff, Gesamtalkalinität, Nährstoffe, Sauerstoff, Freone und Wasserstoffperoxid, und ebenso die Filtration von Genproben ein. Momentan nähern wir uns dem äquatorialen Auftriebsgebiet und das chemische Messprogramm wird auf das Spurengas SF₆ und auf Helium He-3 zur späteren Analyse im Bremer Labor ausgedehnt. Die Stimmung unter den Chemikern ist gut und die Gruppe steht mit ihren mehr oder weniger komplizierten Geräten zur intensiven Probennahme bereit.



Abb. 1: Das Schlauchboot der METEOR auf dem Weg zum Segelboot AUSSTEIGER (rechts im Hintergrund), mit dem unsere Luftfracht aus den USA von Recife nach Fernando de Noronha geliefert wurde. Zwei Zollbeamte aus Recife überwachten die Übergabe vor Ort.

Ein besonderer Höhepunkt war der Kurzbesuch bei der Insel Fernando de Noronha. Nachdem der brasilianische Marinebeobachter abgesetzt wurde, konnte auch noch unsere Luftfracht aus den USA an Bord genommen werden. Die vier Kisten, die wegen des Zollstreiks in Brasilien nicht rechtzeitig in Recife angekommen waren, enthielten zwei profilierende Messgeräte. Diese Geräte laufen den Verankerungsdraht auf und ab und messen dabei Temperatur, Salzgehalt, Druck und Strömungen. Einer dieser Profiler, der zu den oben genannten Parametern auch noch gelösten Sauerstoff misst, soll als Vorarbeit zu unserem geplanten Sonderforschungsbereich zum Thema „Klima-Biogeochemie-Wechselwirkungen im tropischen Ozean“ eingesetzt werden.

Auf dem Weg von Fernando de Noronha zum 23°W Schnitt sollte eine Schallquellenverankerung geborgen werden. Solche Schallquellen wurden in einem bereits beendeten Projekt zum Orten von Tiefendriftern benutzt. Obwohl der Auslöser unsere akustischen Signale klar beantwortete und auch das Auslösekommando quittierte, stieg die Verankerung nicht zur Oberfläche auf. Nach einigen weiteren Versuchen mit dem selben Ergebnis haben wir entschieden, die Verankerungsaufnahme abubrechen. Das Dredgen der Verankerung mit einem

Tiefseekabel hätte zu einem deutlichen Zeitverlust geführt und das für uns sehr wichtigen Verankerungsprogramm während dieser Reise wäre teilweise in Frage gestellt.



Abb. 2: Mit viel Einsatz und einigem gutem Willen haben wir es letztendlich geschafft, unsere Instrumente an Bord METEOR zu bekommen.

Während die Fußballweltmeisterschaft in Deutschland sicherlich groß gefeiert wird, bekommen wir hier kaum mehr Informationen als die puren Ergebnisse. Die Deutsche Welle vermittelt in ihren äußerst kurzen Übertragungen eine Spannung, die dem Verlesen von Wasserstandsmeldungen nahe kommt. So wird hier eher auf eigene Betätigung beim Kicker- und Tischtennisturnier oder im Pool auf dem Achterdeck gesetzt. In unserer (Kicker-) Fußballweltmeisterschaft stehen übrigens Südkorea und Trinidad and Tobago im Finale – das ist in Deutschland wohl nicht zu erwarten.

Viele Grüße aus den Tropen,

Peter Brandt und die Fahrtteilnehmer der Reise M68/2

3. Wochenbericht M68/2, Recife-Mindelo

19.6.-25.6.2006

Die dritte Woche an Bord der METEOR brachte uns ein intensives Verankerungsprogramm bei 23°W am Äquator. Innerhalb von vier Tagen standen 5 Verankerungsbewegungen auf dem Plan – vier Auslegungen und eine Aufnahme. Eine Strömungsmesserverankerung am Äquator bei 23°W, die in Kooperation mit verschiedenen französischen Arbeitsgruppen im Mai 2005 installiert wurde, konnte ohne Probleme aufgenommen werden und lieferte nach zwei erfolgreichen Messperioden von Dez. 2001 bis Dez. 2002 bzw. von Feb. 2004 bis Mai 2005 wieder wertvolle Strömungsdaten. Mittlerweile besteht damit eine mehrjährige Zeitserie, mit der die Variabilität der Warmwasserversorgung der Auftriebsgebiete im östlichen Atlantik untersucht werden kann. Da ein wesentlicher Teil der ostwärtigen Strömungen nördlich und südlich des Äquators verläuft, wurde jetzt ein Strömungsmesserverarray installiert. Dieses Array besteht aus drei Verankerungen entlang von 23°W (0°45'N/S und 0°N) und einer weiteren auf dem Äquator bei 21°30'W. Die Finanzierung dieser Verankerungsperiode erfolgte aus Haushaltsmitteln des IFM-GEOMAR und soll in den kommenden Jahren innerhalb des BMBF Verbundvorhabens „Nordatlantik“ fortgesetzt werden. Dieses Projekt widmet sich der Untersuchung der Rolle des Ozeans für Klimaschwankungen im atlantischen Raum und ist beim BMBF zur Förderung eingereicht.

Neben der perfekten technischen Vorbereitung der Verankerung gehört zu einem erfolgreichen Verankerungsprogramm eine genaue Platzierung der verschiedenen Geräte in der Wassersäule. Als hilfreich hat sich dabei die Vermessung der Topographie mit dem modernen Fächerlot der Meteor erwiesen. Mit Unterstützung des System-Managers konnten so detaillierte Karten des Verankerungsgebietes erstellt werden. Die Arbeit an Deck unter Leitung des Bootsmanns verlief reibungslos und die ausgewählten Verankerungspositionen konnten trotz teilweise sehr schwieriger Strömungsverhältnisse exakt eingehalten werden. Hiermit noch einmal meinen herzlichen Dank an alle Beteiligten.

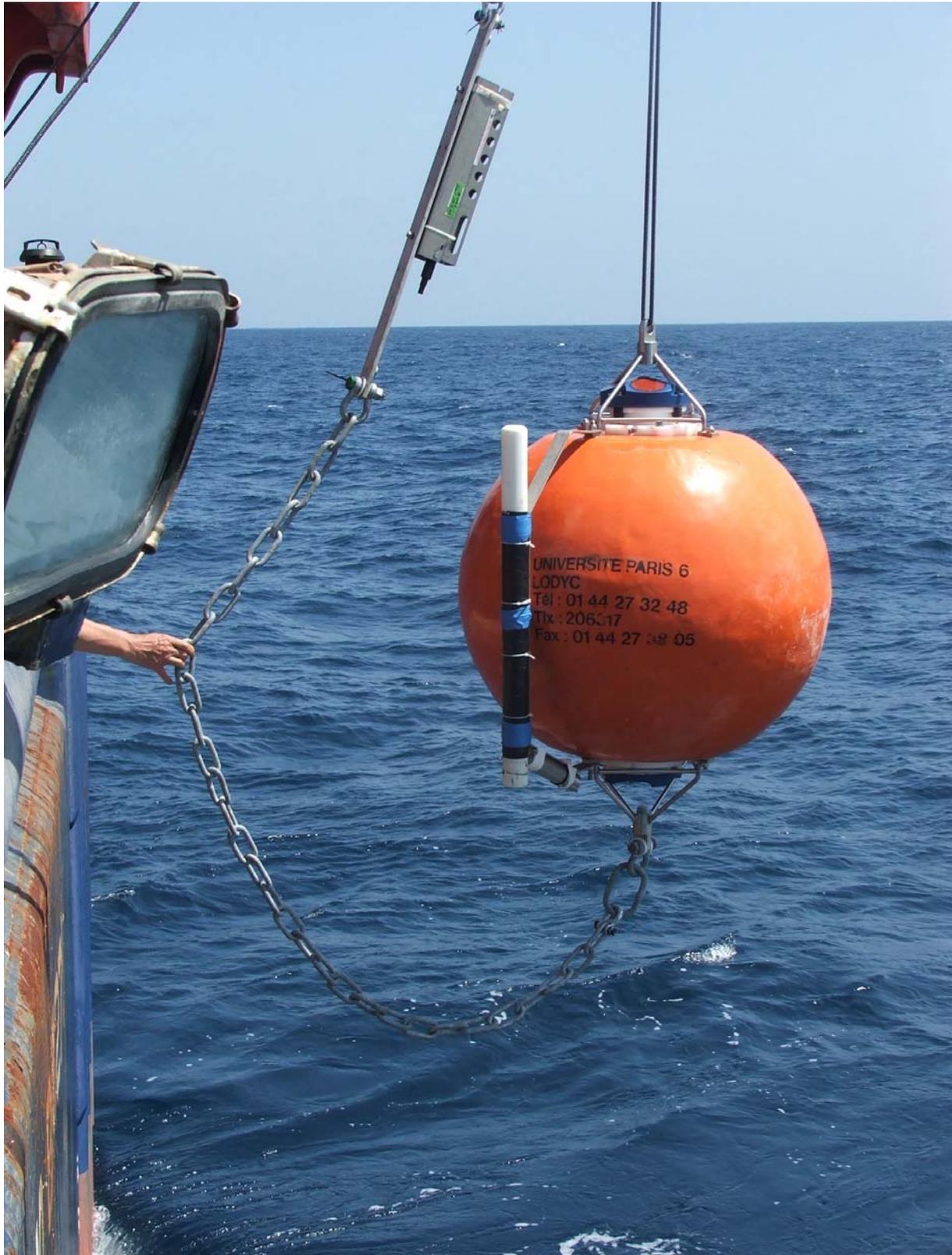


Abb. 1: Aussetzen des Toplements der Verankerung am Äquator bei 23°W. In der Auftriebskugel ist ein ADCP eingebaut, das die Strömungsgeschwindigkeit zwischen Einsatztiefe bei etwa 130m und Wasseroberfläche vermessen soll. Dieses Element ist Teil des multinationalen PIRATA Programms und wurde in unser Verankerungsarray integriert.

Neben der Untersuchung der Warmwasserpfade wollen wir mit der äquatorialen Verankerung bei 23°W auch die Tiefenwasserbewegungen studieren. In diesem Projekt, das gemeinsam mit dem Woods Hole Oceanographic Institution durchgeführt wird kommt ein McLane Moored Profiler (MMP) zum Einsatz. Dies ist eines der modernsten Messgeräte in der Ozeanographie, ein kompaktes Unterwasserfahrzeug für den Einsatz im Rahmen physikalischer aber auch biologisch-chemischer Langzeitstudien des Ozeans.

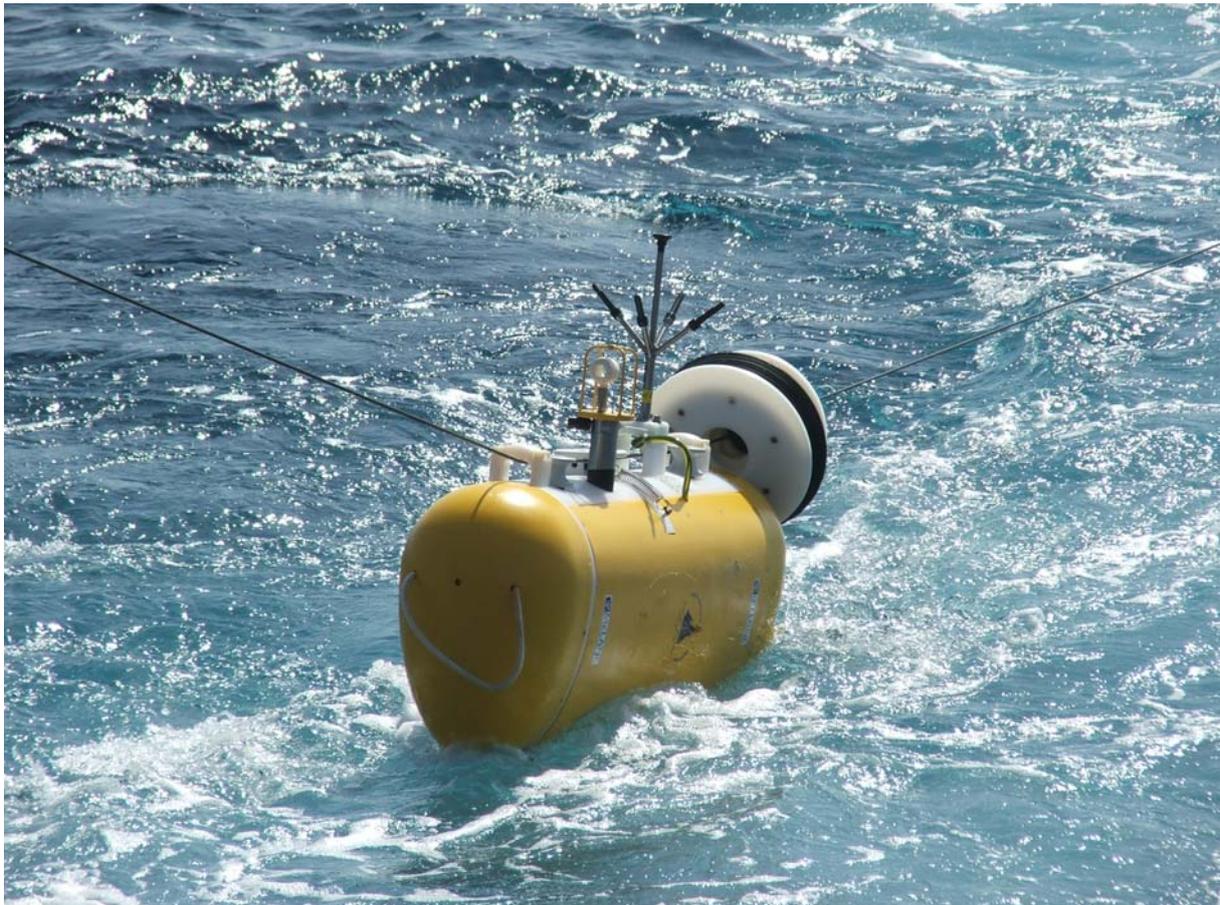


Abb. 2: Der McLane Moored Profiler wird am Verankerungsdraht zu Wasser gelassen. Hier kann man die fächerförmige Anordnung der einzelnen Arme des akustischen Strömungsmessers erkennen.

Angetrieben durch einen Elektromotor mit Andruckrolle klettert der MMP langsam, mit etwa 25 cm/s, auf dem Draht einer Tiefseeverankerung auf und ab. Tausend Kilometer Wegstrecke kann er dabei zurücklegen, bevor seine Lithium Batterien aufgebraucht sind. Im Inneren des Kunststoffgehäuses befinden sich 2 gläserne Auftriebskugeln und ein stählerner Druckbehälter für die Elektronik; dazu kommen der Motor und natürlich die wissenschaftliche Nutzlast (Sensoren). Vor dem Einsatz

muss der MMP auf das Gramm genau auf die Dichte des Meerwassers am Einsatzort tariert werden. Nur dann kann die zur Verfügung stehende Energie optimal in Wegstrecke umgesetzt werden.

Zwei dieser Geräte sind seit der Übergabeaktion bei Fernando de Noronha an Bord der METEOR; eines haben wir nun bei 23°W, 0°N verankert. Dieser MMP führt präzise Messungen von Temperatur, Druck und Leitfähigkeit durch und hat einen akustischen Strömungsmesser an Bord. Seine Programmierung lässt ihn alle 4 Tage einmal von 3500m Wassertiefe bis auf 1000m aufsteigen und danach wieder am Draht hinunterfahren; also 5km Wegstrecke in 4 Tagen. Der zweite MMP, zusätzlich mit einem Sauerstoffsensor ausgerüstet, soll in den nächsten auf dem Weg zu den Kapverden verankert werden. Mit diesem wollen wir eine erste Studie zur Sauerstoffversorgung des östlichen tropischen Atlantiks beginnen.

Zur Zeit läuft der hydrographische Schnitt entlang des Äquators gen Osten. Hier werden intensiv Wasserproben aus unterschiedlichen Tiefen auf ihre chemische Zusammensetzung analysiert. Bevor wir unsere nächste Verankerungsposition am Montag bei 10°W, 0°N erreichen, werden wir am Samstagabend mit einem Grillabend auf dem Achterdeck die Halbzeit unserer METEOR Reise und vielleicht auch den Einzug der deutschen Mannschaft ins Viertelfinale der Fußball-WM feiern. Unser schwedischer Fahrtteilnehmer hat bereits einen Schwedentoast zum Sonntagmorgen geordert. Ob das ein gutes oder schlechtes Omen für die deutsche oder schwedische Nationalmannschaft ist, wird hier noch rege diskutiert.

Viele Grüße aus den Tropen,

Peter Brandt und die Fahrtteilnehmer der Reise M68/2

4. Wochenbericht M68/2, Recife-Mindelo

26.6.-2.7.2006

In der letzten Woche standen CTD/O₂-Messungen und Mikrostrukturmessungen entlang einer Box zwischen 23°W und 10°W mit der Fahrtroute nach Osten entlang des Äquators und zurück bei 2°N im Vordergrund. Wie erwartet zeigt die Salzgehaltsverteilung entlang des Schnittes am Äquator ein Salzgehaltsmaximum im Kern des Äquatorialen Unterstroms, das nach Osten hin schwächer wird und mit dem Unterstrom ansteigt. Zusätzlich zu den kontinuierlichen Messungen von Druck, Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoffkonzentration nehmen die chemischen Arbeitsgruppen intensiv Schöpferproben. Aus fast allen Schöpfern werden Sauerstoffproben genommen. Nach der Titration werden diese unter anderem zur Kalibrierung des an der CTD montierten Sauerstoffsensors genutzt.

Die Sauerstoffverteilungen entlang der 23°W und 10°W Schnitte zeigen eine klare Verbindung der äquatorialen Sauerstoffminima mit den Minimumzonen des tropischen Ostatlantiks. Veränderungen in diesen Sauerstoffminimumzonen und insbesondere in der Zufuhr von sauerstoffreichem Wasser sind ein Kernthema des beantragten Sonderforschungsbereiches zum Thema „Klima-Biogeochemie-Wechselwirkungen im tropischen Ozean“, für den hier wichtige Vorarbeiten geleistet werden.

In den aktuellen CTD/O₂-Messungen am Äquator haben wir zwei durch ein Sauerstoffmaximum deutlich voneinander getrennte Kerne des Sauerstoffminimums in ca. 260 m und 450 m Tiefe gefunden, die sich über mehr als 1000 km von 23°W nach 10°W erstrecken (Abb.1). Die Lage dieser Kerne korrespondiert mit dem mittleren Strömungsfeld des westwärts gerichteten EIC (Equatorial Intermediate Current). In den Daten der äquatorialen Verankerung bei 23°W, die seit 2004 jährlich ausgelegt wird, ist der EIC als stabiles Mittel mit allerdings starkem Jahresgang das dominierende Signal in diesen Tiefen. Eine der interessantesten Fragen, der mit dem jetzt gewonnenen Datensatz nachgegangen werden kann, ist somit welche Rolle der EIC für das Budget der Sauerstoffminimumzonen spielt.

Im Detail gibt es natürlich Abweichungen von diesem mittleren Szenarium, so lag in der hier entlang des Äquators gewonnenen Geschwindigkeitsverteilung des Schiffs-ADCPs der EIC in 450 bis 600 m Tiefe, während in 250 m Tiefe sowohl ostwärtige als auch westwärtige Strömungen beobachtet wurden.

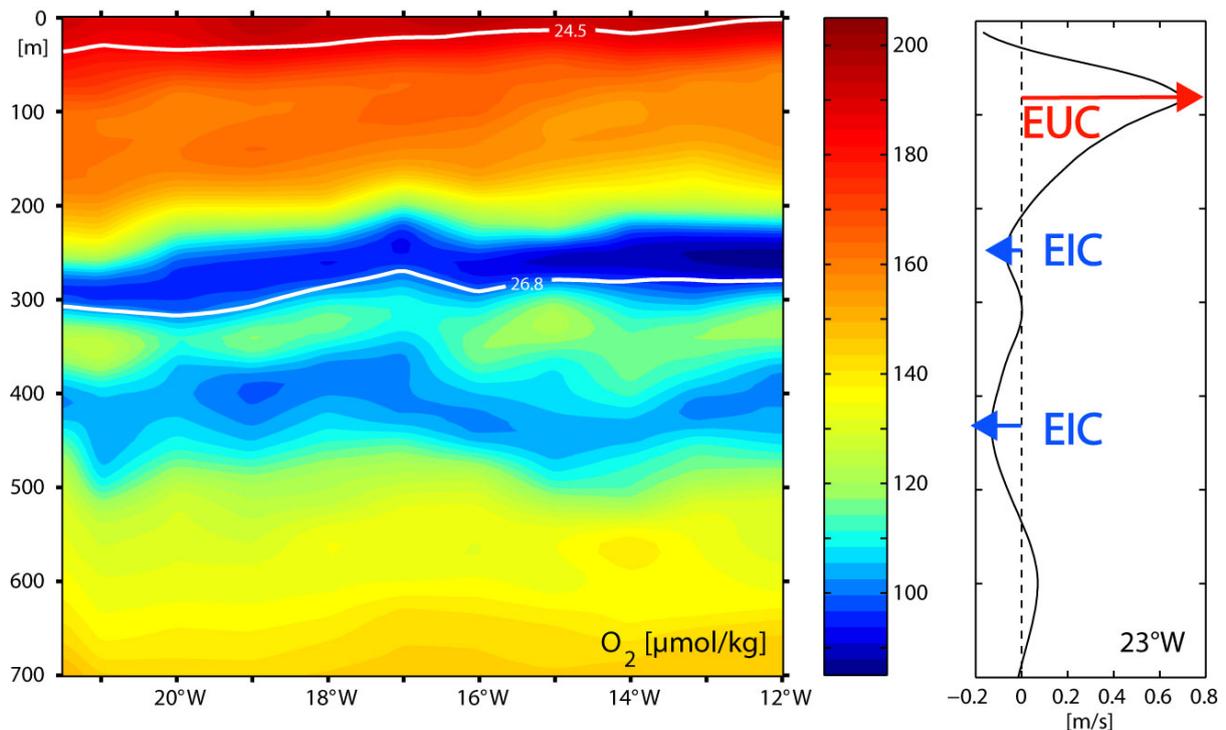


Abb. 1: Sauerstoffkonzentration entlang des Äquators. Die weißen Konturlinien markieren die nach Osten ansteigenden Dichteflächen. Das zonale Strömungsprofil wurde mit verankerten Geräten bei 23°W am Äquator gemessen.

Die chemischen Untersuchungen der Wasserproben auf gelösten anorganischen Kohlenstoff, Gesamtalkalinität, Nährstoffe, Freone und Wasserstoffperoxid, das Spurengas SF₆ und Helium He-3 sowie die Filtration von Genproben beschäftigen die chemischen Arbeitsgruppen rund um die Uhr. Wir erwarten von der späteren Analyse und Kombination der gemessenen Strömungen, hydrographischen und biogeochemischen Daten weitere Aufschlüsse über die Variabilität des Sauerstoffminimums im äquatorialen Bereich sowie über Stärke und Variabilität des äquatorialen Auftriebs.

Gestern wurde der hydrographische Schnitt entlang 2°N abgeschlossen und wir bewegen uns jetzt entlang von 23°W nach Norden, auf direktem Weg zu den Kapverden. Nachdem wir den Einzug der deutschen Mannschaft ins Halbfinale begeistert gefeiert haben, hoffen wir nun auf deren Einzug ins Finale. Dieses könnten wir noch in Mindelo, bei voraussichtlich rechtzeitigem Einlaufen, zu sehen bekommen.

Viele Grüße aus den Tropen,
Peter Brandt und die Fahrtteilnehmer der Reise M68/2