

1. Wochenbericht MSM22, Mindelo-Mindelo

24.10.-28.10.2012

Am 24. Oktober 2012 begann die MERIAN-Reise MSM22 in Mindelo, Kapverden. Diese Forschungsfahrt ist Teil des DFG Sonderforschungsbereichs (SFB) 754 „Klima-Biogeochemie Wechselwirkungen im tropischen Ozean“ und der BMBF Verbundprojekte „Nordatlantik“ und „RACE“. Kern der Untersuchungen im Rahmen des SFB 754 ist das sauerstoffarme Gebiet im tropischen Nordatlantik. Mit Hilfe von physikalischen und biogeochemischen Untersuchungen soll das Sauerstoffbudget in der Sauerstoffminimumzone des tropischen Nordatlantiks besser verstanden und längerfristige Veränderungen des Sauerstoffgehalts nachgewiesen werden. In einem Teilprojekt des bereits abgeschlossenen BMBF Verbundvorhabens „Nordatlantik“ ist die Rolle des tropischen Ozeans für Klimaschwankungen im atlantischen Raum untersucht worden. Dabei lag der Schwerpunkt auf Zirkulationsschwankungen im zentralen äquatorialen Atlantik und deren Auswirkungen auf die Oberflächentemperatur im östlichen tropischen Atlantik, die sogenannte ostäquatoriale Kaltwasserzunge. Das entsprechende Teilprojekt im gerade gestarteten BMBF Verbundprojekt „RACE“ baut auf die „NORDATLANTIK“-Projekt geleisteten Untersuchungen im äquatorialen Atlantik auf. Diese langjährigen Verankerungsmessungen am Äquator bei 23°W, die uns bereits wichtige Erkenntnisse zu Zirkulationsschwankungen auf mehrjährigen Zeitskalen geliefert haben, werden im Rahmen dieser Reise und auch in den kommenden Jahren fortgesetzt. Erweitert werden sie durch ein Verankerungsarray vor der brasilianischen Küste, das den Einstrom von südatlantischem Wasser in den äquatorialen Bereich vermessen soll und im Juli 2013 während einer METEOR Reise erstmals ausgelegt werden soll.

TENATSO Zeitserienstation

Bereits wenige Stunden nach dem Auslaufen begann die Bergung der interdisziplinären Verankerung etwas nördlich von Sao Vicente in 3600m Wassertiefe. Die Verankerung mit einer Vielzahl von Instrumenten, darunter Temperatur-, Salzgehalts- und Sauerstoffsensoren, Strömungsmesser und Sedimentfallen, wird seit mehreren Jahren genutzt, um kontinuierliche Zeitserien von physikalischen und biogeochemischen Parametern zu gewinnen. Während der letzten Verankerungsperiode von 2009-2011 wurde erstmals der Durchzug eines ozeanischen Wirbels vermessen, der in seinem Kern dicht unter der sauerstoffreichen Deckschicht eine nahezu sauerstofffreie Schicht aufwies. Diese bemerkenswerte Beobachtung konnte auf eine kontinuierliche Sauerstoffzehrung im Wirbel auf dem Weg von seinem Entstehungsgebiet vor dem mauretanischen Schelf bis zu den

Kapverden zurückgeführt werden. Dieses Mal waren wir umso gespannter, was die neuen Verankerungsdaten zeigen würden. Die Aufnahme der Verankerung verlief dann problemlos und nach erster Sichtung liefen nahezu alle Geräte einwandfrei. Die Sauerstoffdaten zeigten wieder eine Periode mit sehr niedrigen Werten, die aber nicht ganz an die Rekordwerte der letzten Verankerungsperiode heranreichten. Die Verankerungsauslegung am nächsten Tag verlief ebenfalls problemlos. Dieses Mal wurde zusätzlich eine Telemetrie an der Verankerung installiert, die eine kontinuierliche Überwachung der oberen Sensoren ermöglicht. Beim Auftreten von sauerstoffarmen Ereignissen sollen dann mit dem kapverdischen Forschungsschiff *Islandia* zusätzliche biogeochemische Messungen durchgeführt werden, die mit der Verankerung alleine nicht möglich sind.



Abb. 1: Mit großem Einsatz von Wissenschaft, Mannschaft und Schiffsführung konnte die TENATSO Verankerung noch vor Ende des zweiten Reisetags wieder ausgelegt werden. Sie liefert bereits die ersten Telemetriedaten nach Hause (Photo: Bendix Vogel).

Arbeiten in der Sauerstoffminimumzone

Nach dem wir den östlichen Inselbogen der Kapverden hinter uns gelassen hatten, wechselten wir auf einen südlichen Kurs. Dieser Kurs wurde gewählt, um einen Wirbel zu vermessen, der in den zur Verfügung stehenden Satellitendaten ähnliche Eigenschaften zeigte, wie die extrem sauerstoffarmen Wirbel nördlich der Kapverden. Allerdings waren die Sauerstoffwerte im Wirbel nur geringfügig reduziert, so dass wir auf eine genauere Vermessung verzichteten und weiter Richtung Süden fuhren. Am Samstag erreichten wir bei 11°N die Auslegeposition für eine Verankerung mit

Sauerstoff-, Temperatur,- und Salzgehaltssensoren und einem profilierenden akustischen Strömungsmesser. Diese Verankerung wurde am Samstagnachmittag ausgelegt und soll parallel zum hier stattfindenden zweiten Tracer-Release-Experiment des SFB754 die Variabilität der verschiedenen Parameter vermessen. Der Tracer wird während des nächsten Merian-Fahrtabschnitts unter Leitung von Prof. Dr. Martin Visbeck ausgebracht und seine Ausbreitung über einen Zeitraum von mehreren Jahren mehrfach vermessen. Messungen mit der CTD an dieser Stelle bestätigten die erwarteten niedrigen Sauerstoffkonzentrationen mit Werten unterhalb von 40 $\mu\text{mol/kg}$ in etwa 400 m Wassertiefe.

Trotz der hohen Arbeitsintensität gleich zu Beginn der Reise, ist die Stimmung an Bord sehr gut – sicherlich auch wegen des ausgezeichneten Wetters hier - und auch die Zusammenarbeit mit Kapitän Ralf Schmidt und der Besatzung der MERIAN klappt hervorragend.

Viele Grüße aus den Tropen,

Peter Brandt und die Fahrtteilnehmer der Reise MSM22

2. Wochenbericht MSM22, Mindelo-Mindelo

29.10.-4.11.2012

Die zweite Woche der MERIAN-Reise MSM22 im tropischen Nordatlantik stand ganz im Zeichen der Sauerstoffminimumzone des tropischen Nordostatlantiks. Sauerstoffminimumzonen können im offenen Ozean in Gebieten mit allgemein schwachen Strömungen und damit verbundener geringer Sauerstoffzufuhr und gleichzeitig hohem Sauerstoffverbrauch durch die Umsetzung von herabsinkenden biologischen Material entstehen. Diese Bedingungen sind besonders in den tropischen Ozeanen nördlich und südlich des Äquators in Tiefen zwischen 300 m und 700 m erfüllt. Im tropischen Nordostatlantik betrifft es das Gebiet zwischen dem Subtropenwirbel und der energetischen Zirkulation am Äquator. Dieses Gebiet befindet sich in unmittelbarer Nähe zum biologisch produktiven Auftriebsgebiet am westafrikanischen Schelf. Zusätzlich verursacht das Windfeld über dem offenen Ozean Bedingungen, die den Auftrieb von Nährstoffen aus tieferen Schichten und damit die biologische Produktion begünstigen.

Die Analyse von historischen und modernen Ozeandaten hat uns gezeigt, dass sich die Sauerstoffminimumzonen der tropischen Ozeane in den letzten Jahrzehnten ausgedehnt haben: die absoluten Sauerstoffgehalte haben sich verringert und Gebiete mit Sauerstoffwerten unterhalb eines bestimmten Grenzwertes, die dann für bestimmte Tierarten nicht mehr erreichbar sind, haben sich vergrößert. Die genauen Ursachen für diese Veränderungen sind bisher nicht klar: die allgemeine Erwärmung des Ozeans und die Erhöhung des CO₂-Gehalts und die damit verbundene Ozeanversauerung könnten eine wichtige Rolle spielen. Aber auch eine veränderte Zirkulation aufgrund eines veränderten atmosphärischen Antriebs könnte zu langfristigen Änderungen im Sauerstoffgehalt führen. Im Rahmen des Kieler SFB754 „Klima-Biogeochemie Wechselwirkungen im tropischen Ozean“ wollen wir genau diese Fragestellungen untersuchen.

Intensive Verankerungsarbeiten haben den Zeitplan der zweiten Woche bestimmt. Zwei Verankerungen – eine eher im Zentrum der Sauerstoffminimumzone und eine nahe ihres südlichen Rand – wurden erfolgreich geborgen. Diese Verankerungen waren bestückt mit Sauerstoff-, Temperatur- und Salzgehaltssensoren sowie akustischen Strömungsprofilmessern. Zum ersten Mal hatten wir versucht Sauerstoffschwankungen auf sehr kurzen Zeitskalen von etwa 5 min über den gesamten Verankerungszeitraum von etwa 1.5 Jahren zu erfassen. Dieses Messprogramm war sehr erfolgreich. Nahezu alle Geräte hatten vollständige Datensätze, die es uns nun ermöglichen sollten, starke lokale Sauerstofffluktuationen auf verschiedene Prozesse zurückzuführen: sowohl horizontale Prozesse wie mittlere und variable Strömungen im Zusammenspiel mit horizontalen Sauerstoffgradienten

als auch interne Wellen, die den vertikalen Sauerstoffgradienten verschieben, können zu lokalen Sauerstoffvariationen führen.

In der zweiten Phase des SFB754 wurde ein Verankerungsarray bewilligt, das genau diese verschiedenen Prozesse untersuchen soll. Dabei werden die zeitlich hochaufgelösten Messungen an den Verankerungspositionen durch den Einsatz eines Gleiterschwarms unterstützt. Drei autonome Gleiter wurden an den Verankerungspositionen ausgelegt. Sie sollen während des nächsten MERIAN Fahrtabschnitts von Prof. Martin Visbeck wieder eingesammelt werden. Die Gleiter sollen zwischen den Verankerungen die räumliche Variabilität der Sauerstoffverteilung erfassen. Einer der Gleiter ist zudem mit einer Mikrostruktursonde ausgerüstet, die es ermöglicht, die vertikale Vermischung in den oberen 900 m des Ozeans zu bestimmen. Damit kann zusätzlich die Sauerstoffzufuhr zur Sauerstoffminimumzone von oben und unten bestimmt werden. Ziel ist es letztendlich die gesamte physikalische Sauerstoffzufuhr zu den Sauerstoffminimumzonen besser zu quantifizieren und die notwendige Datenbasis für die Verbesserung physikalisch-biogeochemischer Modelle zu schaffen. Die Aktivitäten des Gleiterschwarms können in Echtzeit auf <http://gliderweb.geomar.de/html/swarm03.html> beobachtet werden.



Abb. 1: Auslegung des Kopfelements einer Verankerung am südlichen Rand der Sauerstoffminimumzone. Gut zu erkennen ist der Instrumentenkäfig (oberhalb der Auftriebskugel) zum Schutz der Sauerstoff-, Temperatur- und Salzgehaltssensoren. (Photo: Bendix Vogel).

Bei der großen Anzahl der Geräte, die aufgenommen bzw. ausgelegt wurden, und der geforderten Datenqualität lag ein besonderes Augenmerk auf der Kalibrierung der Instrumente. Dies erforderte eine hohe Arbeitsintensität bei der Analyse der Verankerungsdaten aus den aufgenommenen Geräten, der Durchführung und Auswertung der Kalibriermessungen und der Vorbereitung der Geräte für den nächsten Einsatz. Die Auslegung der drei Verankerungen verlief – bei ruhiger See und sonnigem Wetter – ohne Probleme und wir sind guter Dinge in anderthalb Jahren die Geräte mit ihren gesammelten Daten bergen zu können.

Diese sehr erfolgreichen Arbeiten wurden durch ein exzellentes kaltes Buffet unterbrochen, das wir auf dem Arbeitsdeck bei tropischem Sonnenuntergang genießen konnten - vielen Dank dafür an die Kombüse.

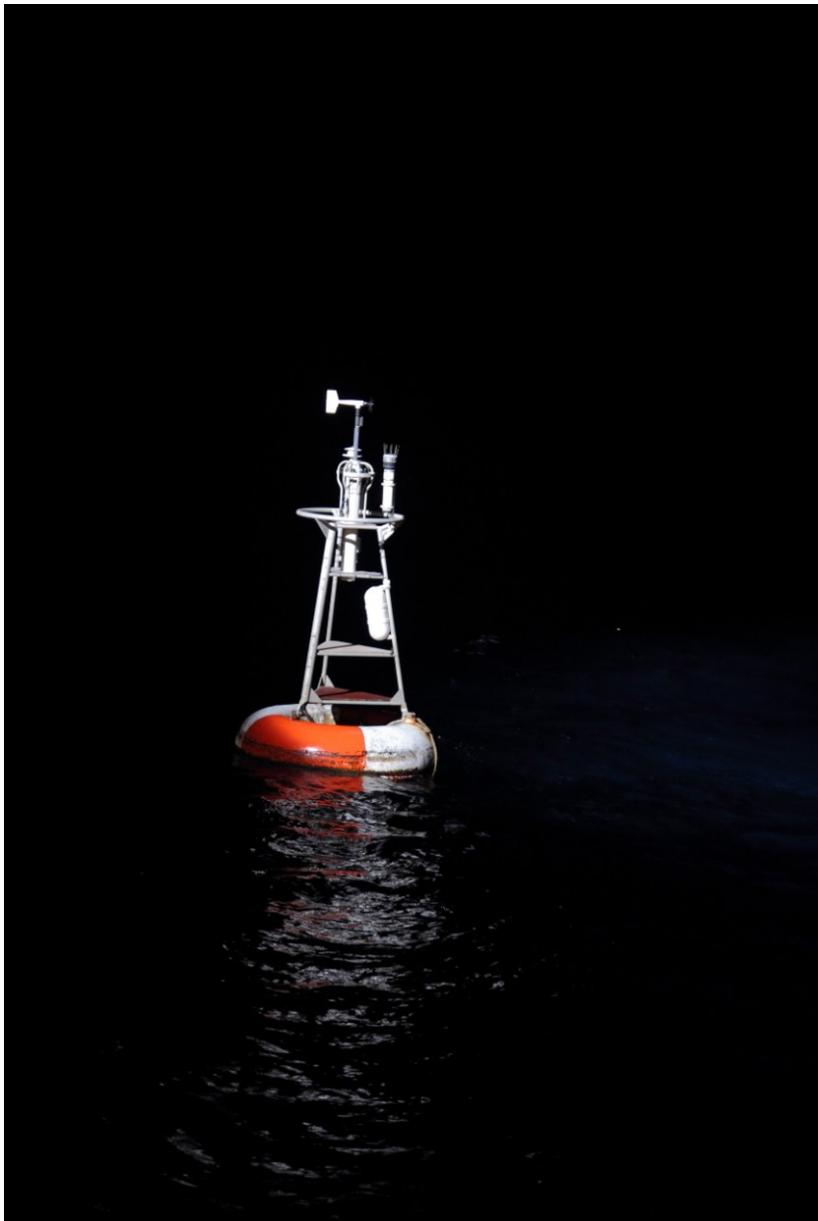


Abb. 2: Die PIRATA Boje bei 4°N, 23°W konnte auch bei Nacht und ausgefallener Sendeeinheit gut mit Hilfe des Schiffsradars geortet werden (Photo: Henry Bittig).

Südlich von unserem Verankerungsarray bei etwa 4°N befindet sich eine Boje des tropischen Bojenprogramms PIRATA – einer trilateralen Kooperation zwischen Brasilien, Frankreich und den USA. Auf dem letzten PIRATA Programmtreffen in Kiel im September wurde die schwierige Situation des US amerikanischen Bojenprogramms aufgrund der langen Ausfallzeiten des Forschungsschiffes RON BROWN angesprochen. Gerade die Boje bei 4°N ist ein besonderes Sorgenkind. Die Erneuerung der Boje war längst fällig, bereits am 27. Mai diesen Jahres stellte sie die Satellitendatenübertragung ein. Auch für uns hat diese Boje eine besondere Bedeutung, da sie mit unseren Sauerstoffsensoren bestückt ist. Umso freudiger wurde die Nachricht aufgenommen, dass die Boje noch an ihrem Platz ist und zumindest äußerlich alle Geräte in gutem Zustand schienen. Wir hoffen jetzt, dass die nächste Gelegenheit zur Wiederinstallation der Boje im Dezember diesen Jahres von unseren amerikanischen Kollegen wahrgenommen werden kann. Wir nutzten die Gelegenheit und insbesondere den reichhaltigen Fischbestand in der Nähe der Boje zum Angeln – wobei der Erfolg dabei klar der Mannschaft zugeschrieben werden muss – und schon am Samstag konnten wir zum Abendbrot delikaten frischen Fisch genießen. So ist die Stimmung an Bord weiterhin sehr gut und die Zusammenarbeit mit Schiffsführung und Besatzung funktioniert hervorragend.

Viele Grüße aus den Tropen,

Peter Brandt und die Fahrtteilnehmer der Reise MSM22

3. Wochenbericht MSM22, Mindelo-Mindelo

5.11.-11.11.2012

Bisher hatten wir mehr über die physikalischen Arbeiten zur tropischen Zirkulation und Ventilation der Sauerstoffminimumzone berichtet. Ein weiterer Fokus von MSM22 ist die Planktonbiologie. Insbesondere sollen Daten zur räumlichen Verteilung und Vertikalwanderung von Mesozooplankton erhoben werden, da die bisherige Datenlage in diesem Seegebiet äußerst dünn ist. Diese Gruppe von Tieren mit einer Größe zwischen 200µm und einigen Millimetern trägt maßgeblich zum Nährstoff- und Sauerstoffhaushalt des Ozeans bei – und kann auch umgekehrt von ihm beeinflusst werden. So zeigen z.B. hydroakustische Untersuchungen, dass Zooplankter die niedrigen Sauerstoffkonzentrationen, die in manchen Wirbeln auftreten, meiden. Es kommen im Wesentlichen drei Geräte zur Erfassung von Zooplankton in der Wassersäule zum Einsatz: ein Hydrobios Multinetz Midi mit fünf Netzen ermöglicht vertikal geschichtete Hols. Die Proben werden formolfixiert und in Kiel mit einer automatisierten Bildanalyse ausgewertet. Die taxonomische Auflösung ist somit recht hoch, aber die vertikale Einteilung sehr grob (1000-600m, 600-300m, 300-200m, 200-100m und 100m-Oberfläche). Um eine hohe vertikale Auflösung zu erreichen, setzen wir daher einen Underwater Vision Profiler (UVP) ein, der von Kollegen des CNRS Villefranche entwickelt wurde und uns für diese und drei weitere Reisen zur Verfügung steht. Der UVP ist fest an der CTD-Rosette montiert und besteht aus einer nach unten orientierten HD-Kamera in einem druckfesten Gehäuse sowie zwei roten LED-Leuchten, die ein definiertes Wasservolumen mit Lichtblitzen illuminieren. Während die CTD sich in die Tiefe bewegt, wird in Millisekundenabständen fotografiert und anschließend von der Unterwassereinheit für jedes Bild die Anzahl von Partikeln für definierte Größenklassen ermittelt. Jedes Partikel über 500µm wird zusätzlich als „Vignette“ gespeichert (siehe Abb. 1) und ermöglicht im Nachhinein eine Auswertung der Verteilung einzelner Gruppen. Während das Gerät bisher nie tiefer als 3000m eingesetzt war, sind in der letzten Woche zahlreiche Profile bis zu 5000m problemlos aufgenommen worden. Erste Ergebnisse (Abb. 2) zeigen beispielsweise in hervorragender Auflösung die unterschiedlichen Partikeldichten entlang des Schnitts, die zum Teil mit ost- und westwärtigen Strömungsbändern im Zusammenhang stehen. In der Oberfläche kommt zudem ein TAPS (Tracor Acoustic Profiler System) zum Einsatz, der bis in 200m Wassertiefe die Rückstreuung von Partikeln und Zooplankton misst. Dieses Gerät wurde uns von französischen Kollegen aus Brest zur Verfügung gestellt. Neben diesen Beobachtungen zur natürlichen Verteilung werden an Bord physiologische Experimente mit ausgewählten Arten durchgeführt. Hat neben der Wassertemperatur auch die Sauerstoffsättigung einen Einfluss auf die Respirationsrate? Wird dies zusätzlich durch den CO₂-Gehalt

beeinflusst? Hier sind natürlich besonders Arten interessant, die vertikal wandern – aber zum Vergleich eben auch solche, die das erwiesenermaßen nicht tun. Rainer Kiko führt mit in dieser Hinsicht verschiedenen Ruderfußkrebse (z.B. *Undinula vulgaris* und *Pleuromamma abdominalis*) täglich Respirationsexperimente unter verschiedenen Temperatur-, pO_2 , und pCO_2 -Bedingungen durch. Und letztlich ist nicht nur der Sauerstoffverbrauch dieser Tiere von Bedeutung, sondern auch die Nährstoffregeneration durch sie – Stickstoff und Phosphor werden als Ammonium und Phosphat direkt in für Algen verfügbarer Form wieder ins Wasser abgegeben. Das N/P-Verhältnis dieser Ausscheidungen und die isotopische Fraktionierung von Stickstoff durch Zooplankter sind das Arbeitsgebiet von Helena Hauss und Vera Sandel, die damit Daten für ihre MSc-Arbeit erhebt.

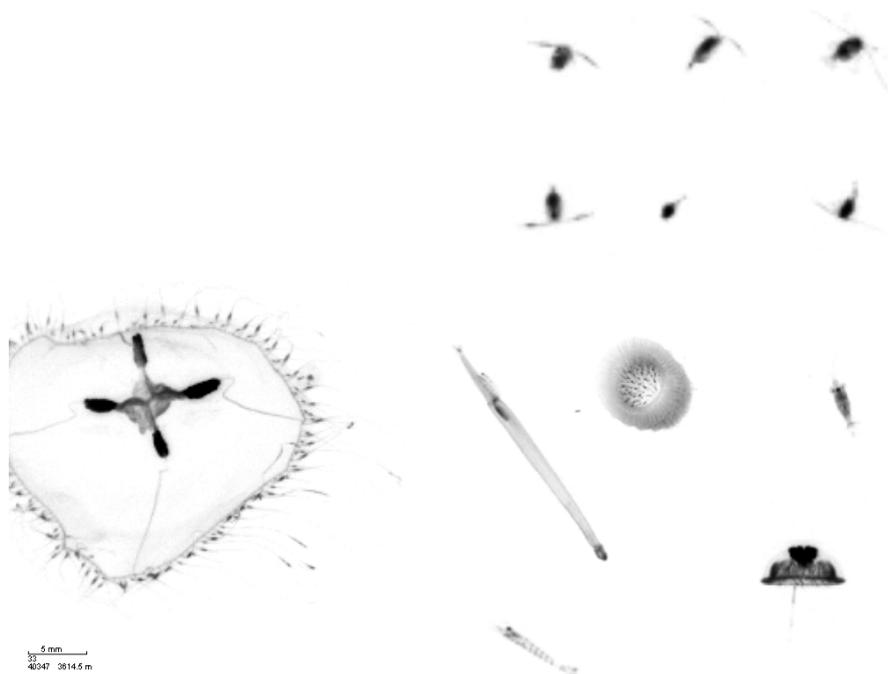


Abb. 1: Einige vom Underwater Vision Profiler (UVP) aufgenommene Zooplankter (rechts, nicht maßstabsgetreu). Die Aufnahme der Qualle links mit Größenskala (5mm) stammt aus 3600m Tiefe.

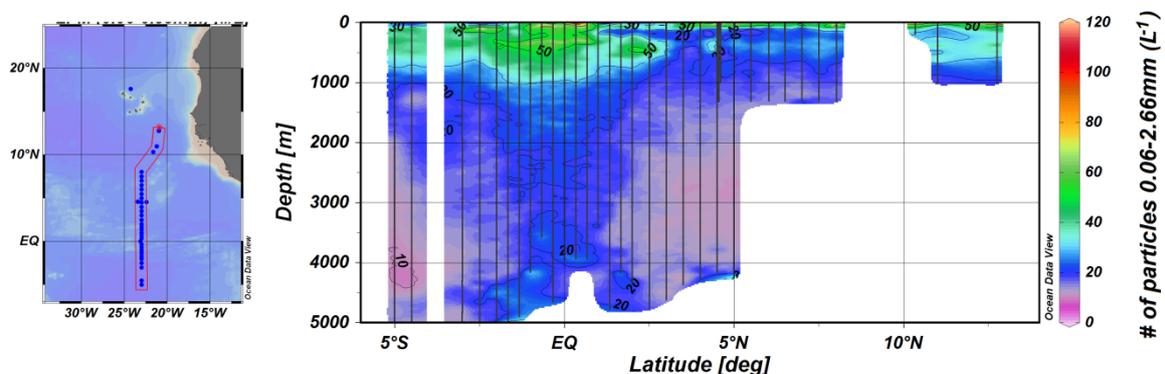


Abb. 2: Partikelverteilung (0.06 – 2.66 mm) entlang des Schnitts; neben der generell höheren Dichte nahe der Oberfläche sind gut zu erkennen: im nördlichen Teil ein Maximum in ca. 300-500m Tiefe (im Bereich der Sauerstoffminimumzone), hohe Dichten im äquatorialen Bereich sowie leichte Zunahmen in großer Tiefe in Bodennähe (benthic boundary layer).

Anfang dieser Woche haben wir auch unser Verankerungsprogramm mit der Aufnahme und Wiederauslegung der äquatorialen Verankerung auf 23°W abgeschlossen. Alle Geräte in der aufgenommenen Verankerung haben einwandfrei gearbeitet – bis auf eines, der McLane Moored Profiler. Sein Motor, mit dem er den Draht zwischen 1000 und 3500 m hinab- und herauffahren sollte, hat bereits nach einem Profil seine Tätigkeit eingestellt. Wir sind jetzt zusammen mit den Herstellern auf Ursachensuche. Insgesamt können wir aber auf ein extrem erfolgreiches Verankerungsprogramm zurückblicken. Alle Verankerungen wurden erfolgreich geborgen und die Auslegungen liefen zügig und ohne Probleme. Die vielen Verankerungsbewegungen in relativ kurzer Zeit waren nur durch die Professionalität und hohe Einsatzbereitschaft von Decksmannschaft und Schiffsführung möglich - an dieser Stelle noch einmal vielen Dank von der Wissenschaft.

Viele Grüße aus den Tropen,

Peter Brandt und die Fahrtteilnehmer der Reise MSM22

4. Wochenbericht MSM22, Mindelo-Mindelo

12.11.-18.11.2012

Mittlerweile neigt sich die Forschungsfahrt MSM22 ihrem Ende entgegen. Gestern haben wir die nördlichste Station des hydrografischen Schnittes entlang von 23° W erreicht. Dieser Schnitt wird seit Ende der 90er Jahre in sehr regelmäßigen Abständen im Rahmen verschiedener Programme (SFB754, PIRATA) vermessen und liefert damit eine erstklassige Möglichkeit längerfristige Veränderungen im Ozean zu untersuchen. Einer der Parameter, die uns auf dieser Reise besonders interessieren, ist der im Wasser gelöste Sauerstoff. Zwar benutzen wir mittlerweile chemische Sensoren, um den Sauerstoffgehalt hochaufgelöst zu messen, aber trotzdem bedienen wir uns immer noch einer traditionellen Methode, die schon 1888 von Ludwig Wilhelm Winkler beschrieben wurde, um diese Messungen zu kalibrieren und international vergleichbar zu machen.

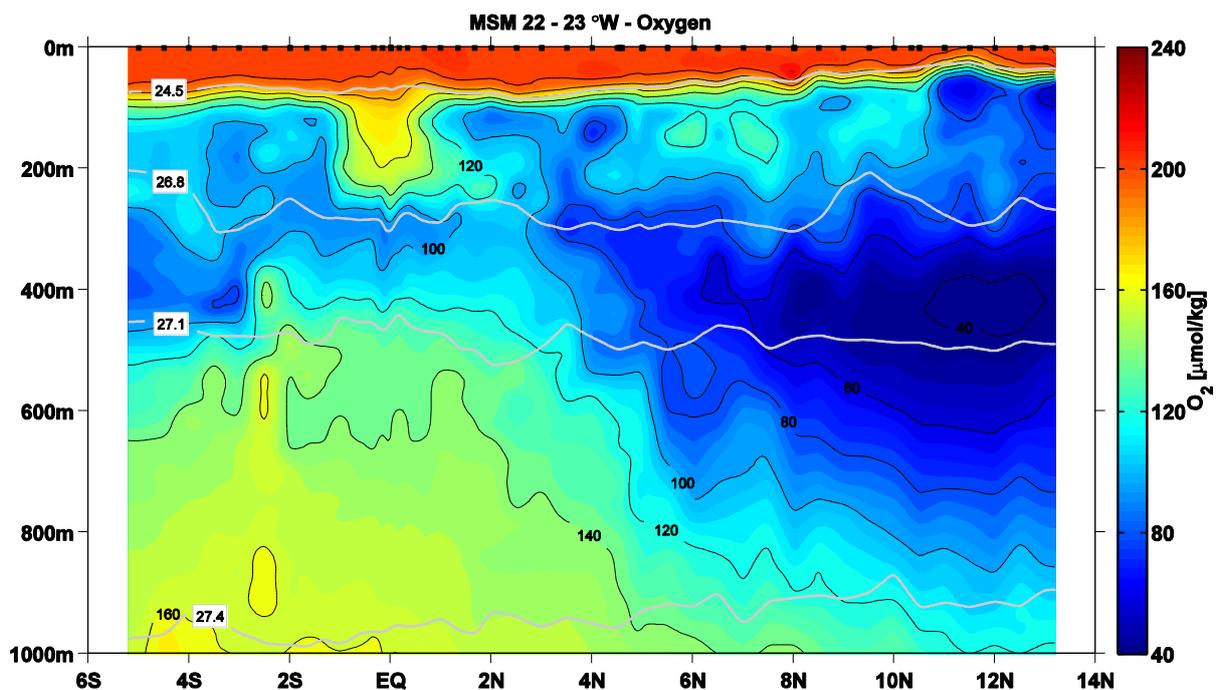


Abb. 1: Sauerstoffverteilung entlang von 23° W. Dunkelblau markiert die niedrigen Sauerstoffkonzentrationen der Sauerstoffminimumzone. Die minimalen Sauerstoffwerte von unter 40 $\mu\text{mol/kg}$ bei etwa 400 m Tiefe und 12° N, sind deutlich niedriger als das Mittel aller Sauerstoffmessungen der letzten 12 Jahre und deuten auf die sich fortsetzende Verringerung des Sauerstoffgehaltes in der Sauerstoffminimumzone hin.

So werden für die Sauerstoffmessung mit fast jeder CTD Station Wasserproben aus verschiedenen Tiefen genommen und der darin enthaltene Sauerstoff chemisch fixiert. Anschließend wird der Gehalt im Labor bestimmt. Die gewonnenen Daten benutzt man dann, um die an der CTD angebrachten Sensoren zu kalibrieren. So konnten auch bei dieser Reise wieder extrem geringe Sauerstoffkonzentrationen

gemessen werden (Abb. 1). Der niedrigste hier im Schiffslabor bestimmte Sauerstoffwert betrug $36.0 \mu\text{mol/kg}$ für eine Wasserprobe aus 400 m Tiefe bei $12^\circ 30' \text{ N}$. Dieser Wert ist deutlich niedriger als Sauerstoffwerte von $> 40 \mu\text{mol/kg}$, die noch vor 10 Jahren in dieser Region gemessen wurden.

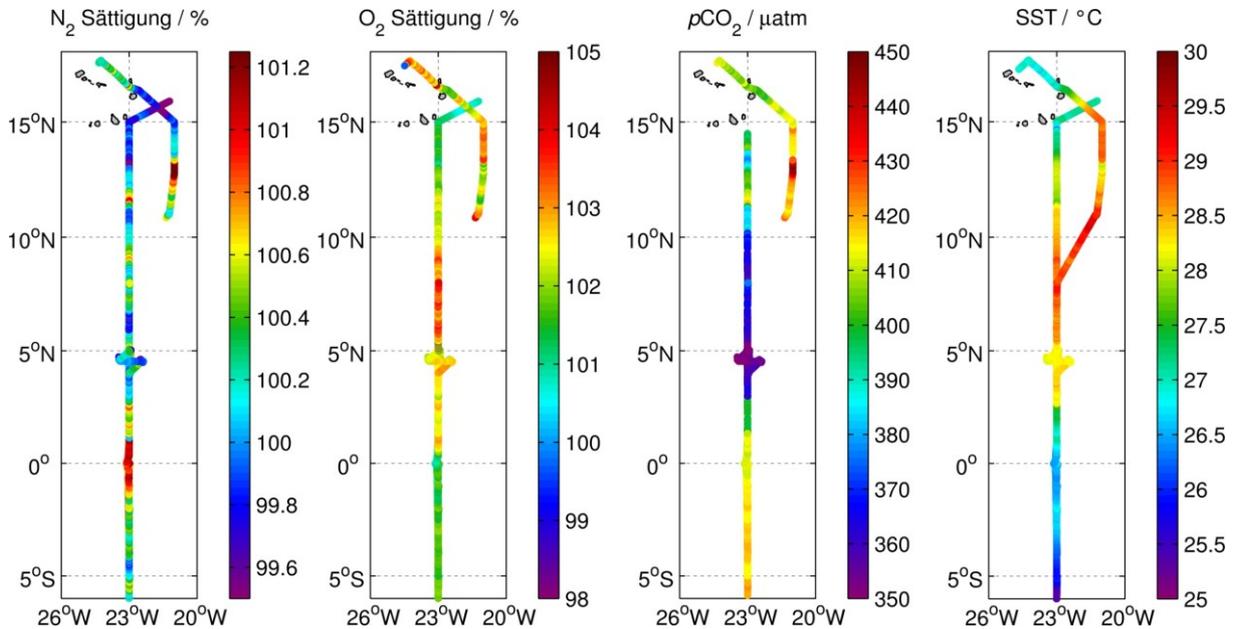


Abb. 2: „Underway“-Messungen von verschiedenen Gasen im Oberflächenwasser sowie der Oberflächentemperatur. Die Oberfläche ist typischerweise leicht übersättigt in Bezug auf Sauerstoff aufgrund biologischer Produktion an der Unterkante der Deckschicht. Stickstoff dagegen ist sehr dicht an 100 % Sättigung, während sich CO_2 in weiten Teilen spiegelbildlich zum Sauerstoff verhält. Eine südlich des Äquators erhöhte CO_2 -Konzentration ist auf die dort um ca. $1-2^\circ\text{C}$ niedrigere Wassertemperatur und die damit verbundene höhere Löslichkeit zurückzuführen.

Parallel dazu werden kontinuierlich verschiedene gelöste Gase im Oberflächenwasser gemessen (Abb. 2), um sowohl physikalische als auch biologische Prozesse an der Grenzschicht zwischen Ozean und Atmosphäre und in der Deckschicht des Ozeans zu untersuchen. Dazu wird durchgängig Wasser von einem Rumpfdurchlass des Schiffes zu verschiedenen Sensoren gepumpt - zu einem System zum Messen des CO_2 -Partialdrucks $p\text{CO}_2$, zu einem Sauerstoffsensor sowie zu einem Gesamtgasdrucksensor (sog. GTD), der die Summe aus Stickstoff N_2 , Sauerstoff O_2 und Wasserdampf misst. Während sowohl CO_2 als auch O_2 durch biologische Prozesse wie Photosynthese ($\text{O}_2 \uparrow$, $\text{CO}_2 \downarrow$) und Respiration ($\text{O}_2 \downarrow$, $\text{CO}_2 \uparrow$) beeinflusst werden, ist der N_2 -Gehalt davon unbeeinflusst und kann nur durch physikalische Gasaustauschprozesse zwischen Atmosphäre und Ozean verändert werden. Das $p\text{CO}_2$ -System misst zusätzlich den atmosphärischen CO_2 -Gehalt über eine Luftleitung zum Peildeck, so dass direkt der Konzentrationsunterschied an der Meeresoberfläche bestimmt werden kann um davon den CO_2 -Fluss abzuleiten. Zusätzlich hängt die Oberflächenkonzentration auch von der Durchmischung mit tieferen Wassermassen ab – insbesondere in Auftriebsgebieten findet man deswegen höhere CO_2 -

Konzentrationen. Aus dem Zusammenspiel der verschiedenen Gasmessungen lassen sich die einzelnen Prozesse gut isolieren, da die Gase jeweils unterschiedlich stark beeinflusst werden. Auch auf früheren Fahrten wurden solche „underway“-Messungen entlang des 23° W Schnittes durchgeführt, so dass die Kenntnis der saisonalen und zwischenjährlichen Variabilität dieser Ozeanregion durch die aktuelle Reise weiter verfeinert werden kann.

Wiederholte Forschungsfahrten entlang von 23° W ermöglichen zudem ein wesentlich besseres Verständnis der mittleren und variablen Strömungen. Strömungsmessungen einzelner Forschungsfahrten im tropischen Atlantik zeigen eine große Variabilität, die sich aus einem starken Jahresgang, intrasaisonalen Schwankungen mit Perioden von 1-2 Monaten oder Strömungsschwankungen durch das interne Wellenfeld auf noch kürzeren Perioden zusammensetzen. Die Bestimmung des mittleren Zustandes oder langfristiger Änderungen der Zirkulation ist durch diese kurzzeitigen Schwankungen erschwert. Auf unserer Reise haben beide im Schiffsrumpf installierten Strömungsmesser hervorragend gearbeitet und exzellente Strömungsdaten im Tiefenbereich bis deutlich über 1000 m geliefert (Abb. 3).

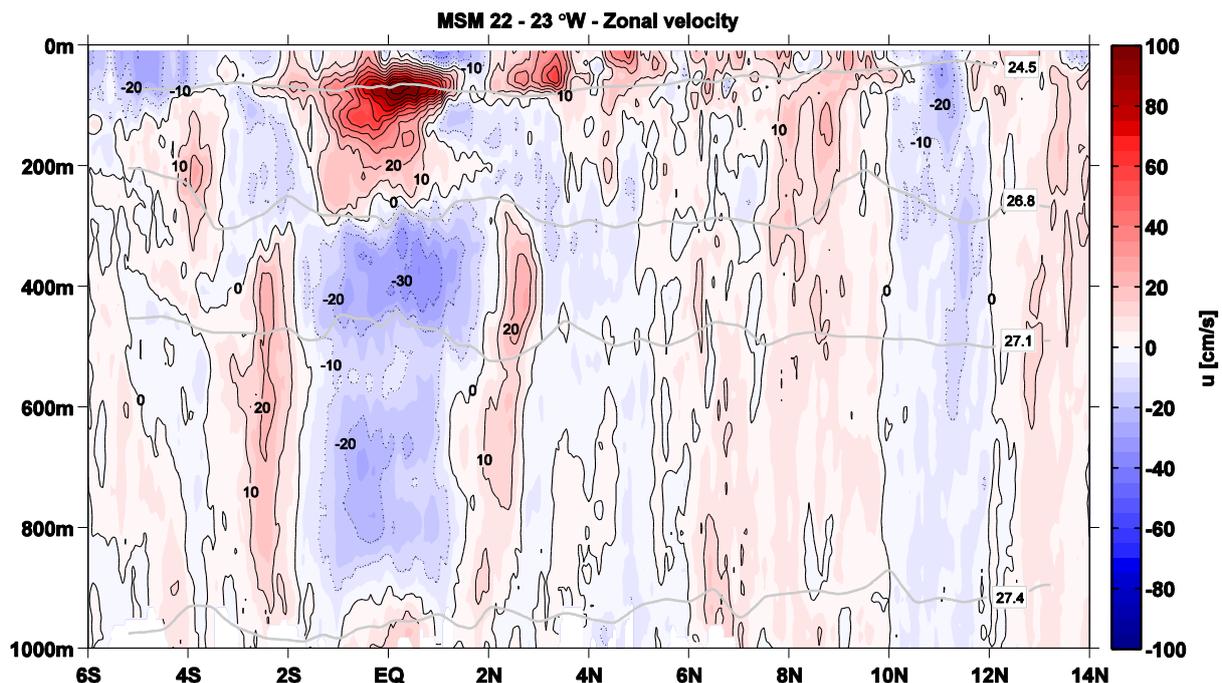


Abb. 3: Zonale Strömung entlang 23° W. Rot bedeutet Strömung nach Osten und blau Strömung nach Westen. Am Äquator besonders markant der Äquatoriale Unterstrom in etwa 80 m Tiefe, der dieses Mal mit Strömungen deutlich größer als 1 m/s besonders stark war. Typisch für die Jahreszeit sind generelle ostwärtige Oberflächenströmungen im Bereich von 4-10° N, die den Nordäquatorialen Gegenstrom bilden. Darunter haben wir allerdings auch generell ostwärtige Strömungen beobachtet, die für die Ventilation der Sauerstoffminimumzone von Bedeutung sind.

Jetzt steht noch der letzte Teil unseres Messprogramms an: Auf 18° N werden wir den nördlichen Rand der Sauerstoffminimumzone vermessen. Hier wurden in früheren Messungen vereinzelt extrem niedrige Sauerstoffkonzentrationen gefunden.

Unsere Vorstellung davon ist, dass sich diese eng begrenzten Zonen (wegen des fehlenden Sauerstoffs auch Todeszonen genannt) in von der Umgebung isolierten Wirbeln ausbilden. Solche Wirbel sind durch eine hohe biologische Produktion ähnlich der in Küstenauftriebsgebieten gekennzeichnet. Das Auffinden der Wirbel ist allerdings nicht ganz leicht, da sie nur sehr schwache Oberflächensignaturen aufweisen und dadurch kaum vom Satelliten zu beobachten sind. Wir werden sehen, ob wir einen solchen Wirbel aufspüren und dem Verständnis ihrer Natur etwas näher kommen können.

An dieser Stelle möchte ich noch einmal die tolle Arbeitsatmosphäre an Bord hervorheben. Mannschaft und Schiffsführung haben viel für den Erfolg der Reise getan, der aber nicht zuletzt auch dem großen Engagement der Wissenschaftler und Techniker zu verdanken ist. Wir werden viele gute Eindrücke aber natürlich auch jede Menge Daten über den Ozean mit nach Hause nehmen, die sicher ihren Weg in künftige Bachelor-, Master-, Doktorarbeiten oder Veröffentlichungen finden werden.

Viele Grüße aus den Tropen,

Peter Brandt und die Fahrtteilnehmer der Reise MSM22