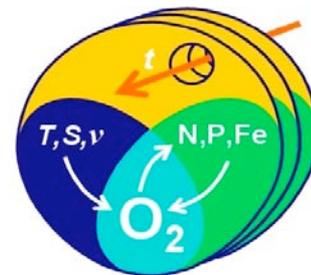




M105

(17.03.2014 – 16.04.2014)



SFB 754

1. Wochenbericht vom 23. März 2014

Am Montag den 17. März verließen wir pünktlich um 09:00 den Hafen von Mindelo. Damit begann eine weitere



Cap Verden Inseln im Morgendunst nach dem Auslaufen

Forschungsfahrt des in Kiel laufenden

Sonderforschungsbereich 754 mit dem Thema „Biogeochemie-Klima Wechselwirkungen im tropischen Ozean“. Mit Schiffs-, Float- und Gleitermessungen, sowie verankerten Instrumenten wird die räumliche und zeitliche Variabilität der Sauerstoffminimumzone des tropischen Nordatlantiks untersucht. Die Hauptarbeit der M105 wird sich der Vermessung des im Dezember 2012 in der Sauerstoffminimumzone ausgebrachten Tracers (einer ungiftigen Markersubstanz)



Sunke Schmidtke bereitet die CTD für den Einsatz vor.

widmen. Die räumliche Verbreitung des Tracers über die 18 Monate hilft uns die Zirkulationsprozesse und die Vermischung durch Turbulenzen und Wirbel besser zu verstehen. Die aus den Beobachtungen gewonnenen Erkenntnisse erlauben zusammen mit Modellen eine verbesserte Abschätzung über die heutige und zukünftige Entwicklung der tropischen Sauerstoffminimumzonen.

Wir, das sind physikalische Ozeanographen, Chemiker und Biologen aus Kiel die unterstützt werden von einem Kollegen von den Cap Verden.

Wenige Stunden nach dem Auslaufen haben wir den ersten Unterwassergleiter nördlich der Cap Verde ausgesetzt.



Safety First! Sicherheitseinweisung bei windigem Subtropenwetter.

Die ersten zwei Tage nutzten wir für eine detaillierte Vermessung eines ozeanischen Wirbels mit fast 100 km Durchmesser. Dieser Wirbel hat sich im Auftriebsgebiet vor der Afrikanischen Küste gebildet und das nährstoffreiche Wasser und Licht der Subtropen begünstigt ein starkes biologisches Wachstum. Die herabfallenden Partikel zehren den schon geringen gelösten Sauerstoff und über die vielen Wochen seit der Entstehung ist eine beeindruckende Sauerstoffminimumzone in 100m Wassertiefe entstanden. Unsere Messungen im Zentrum des Wirbels zeigten Werte von unter $5 \mu\text{mol/kg}$ gelöstem Sauerstoff. Im offenen tropischen Atlantik findet man nur sehr selten Minimalwerte unter $40 \mu\text{mol/kg}$. Derselbe Eddy wurde von uns schon mit einem Gleiter und die Woche vor der METEOR Expedition mit dem Cap Verde Forschungskutter Islandia besucht.



Gleiter Aufnahme mit Schildkröte.

Der nächste Stopp brachte uns zur Zeitserienstation des Cap Verde Ocean Observatory (CVOO) nördlich von Mindelo. Dort wurde eine 3500m tiefe CTD gefahren und viele biochemische Messungen durchgeführt.

Auf $16^{\circ} 30' \text{ N}$ und 20° W bargen wir einen Gleiter und setzten am Nachmittag einen neuen Gleiter aus, der nun die Mission zur

Vermessung des Seegebietes zwischen den Cap Verden und Senegal in einem Deutsch-Französischen-Afrika Kooperationsprojekt fortsetzt. In wenigen Tagen wird sich dieser Gleiter mit einem französischen Gleiter treffen, der von Dakar gestartet wurde.

Am Sonnabend begann das Tracer-Vermessungsprogramm mit einem CTD Schnitt entlang von 21°W von 14° 30'N in Richtung Süden. Alle 30 Seemeilen stoppen wir und nehmen Wasserproben aus den oberen 1200m. Auf jeder Station haben wir bisher den Tracer detektieren können.



POLARSTERN und METEOR begegnen sich im tropischen Atlantik auf 11°N und 21°W.

Am Sonntag bahnte sich ein besonderes Ereignis an. Nach der morgendlichen Auslegung von zwei weiteren Gleitern trafen wir uns für ein paar Stunden mit dem Deutschen Forschungseisbrecher POLARSTERN. Bei warmem Wetter haben wir uns mit Hilfe von Schlauchbooten gegenseitig besucht und Erfahrungen ausgetauscht.

Leider mussten wir am Abend einen der gerade ausgelegten Gleiter wieder bergen. Er hatte Wassereinbruch gemeldet und ist nun wieder an Board und wird auf potentielle Leckagen hin untersucht.

Das subtropische Wetter zeigte sich mittlerweile von seiner besten Seite, die Stimmung an Board ist prima, das Essen vorzüglich und die Zusammenarbeit mit Kapitän und Mannschaft erwartungsgemäß hervorragend.

Mit schönen Grüßen von 11° Nord und 21° West,

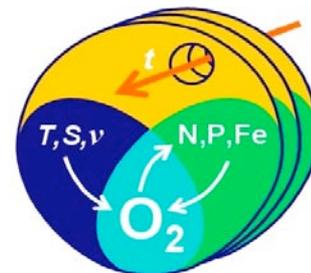
Martin Visbeck und die Fahrtteilnehmer der Reise M105



M105

(17.03.2014 – 16.04.2014)

2. Wochenbericht vom 30. März 2014



SFB 754

Am Montag den 24. März brachten wir bei 10°N und 21°W die erste driftende Sinkstofffalle aus. Hannes Wagner, Jon Roa und Maria Danelli haben eine neue Technik nach Kiel gebracht um Sinkstoffe mit Hilfe von einer Vielzahl von Einzelfallen an einer treibenden Verankerung zu sammeln. In den Fallen (Plastikröhren) befindet sich schweres sehr salziges und formolhaltiges Wasser indem



Glückliche Gesichter nachdem die Sinkstofffalle problemlos ausgelegt wurde und im Ozean treibt.

alle Partikel gesammelt, fixiert und später herausgefiltert werden. In acht unterschiedlichen Wassertiefen der oberen 600 m wurden die Kreuze befestigt. Die



Kreuze mit jeweils 12 Sinkstofffallen wurden an der Leine befestigt.

treibende Verankerung hat eine Boje die alle 6 Stunden die Position übermittelt. Die Falle wird eine gute Woche im Gebiet der Sauerstoffminimumzone treiben und danach von der METEOR wieder geborgen. Die Proben erlauben Rückschlüsse auf den Partikelfluss in unterschiedlichen Wassertiefen oberhalb und unterhalb des Sauerstoffminimums, dass auf 450 m Wassertiefe liegt.

Eine zweite treibende Sinkstofffalle wurde am Donnerstag 10 sm von der anderen entfernt ausgelegt.



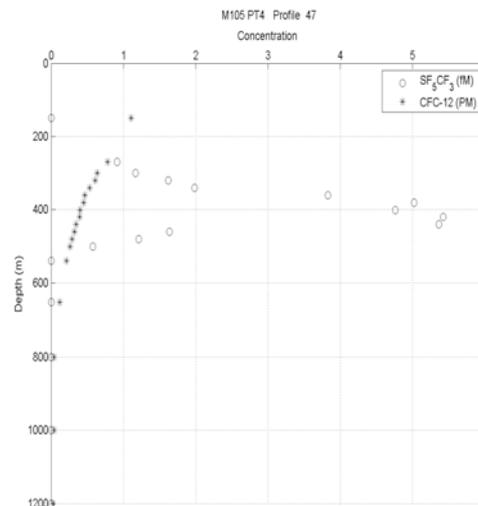
Toste Tanhua zapft Wasser in einer gasdichten Probenspritze.

Der Arbeitsschwerpunkt diese Woche lag auf dem systematischen Vermessen des Tracers. Im Abstand von 30 nm wird alle vier Stunden ein 1200m tiefes Profil mit der CTD mit Kranzwasserschöpfer gefahren. Aus 22 Tiefenhorizonten können Wasserproben and Deck gebracht werden. Die Tracerproben müssen gasdicht mit speziellen Glasspritzen dem Schöpfer entnommen werden. Die Tracerkonzentration wird im Labor auf der METEOR innerhalb von wenigen Stunden mit Hilfe eines Gaschromatographen gemessen.

Im Dezember 2012 wurde der Tracer auf einer Dichtefläche innerhalb von weniger als 3m vertikaler Ausdehnung im Ozean versprüht. Nach 16 Monaten erkennt man, dass er sich vertikal ausgedehnt hat. Die von dem Tracer markierte Schicht ist mittlerweile 200-300m mächtig. Aus der

Verbreiterung der Schicht kann man die mittlere Stärke der vertikalen Vermischung exakt bestimmen. Das ist eine wichtige Größe für Ozean- und Klimamodelle. Durch die vertikale Vermischung wird hier Sauerstoff aus den oberen Schichten in die Sauerstoffminimumzone transportiert.

Weiterhin interessiert uns die horizontale Ausbreitung des Tracers. Dazu bestimmen wir die Menge des Tracers aufsummiert zwischen 200 und 600m Tiefe an jeder Station und tragen diese dann auf einer Karte ein. Ausgebracht wurde der Tracer auf einem quadratischen Gebiet mit 10 sm

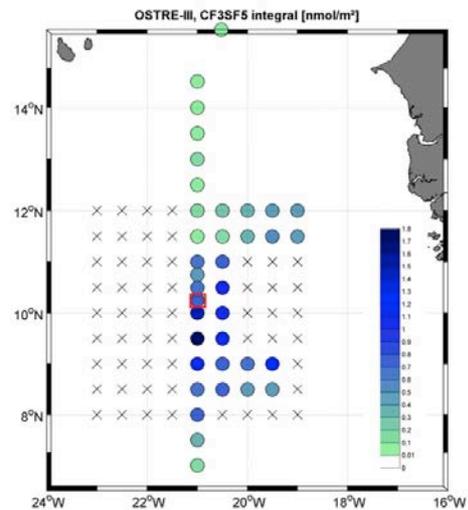


Typisches Profil der Tracerkonzentrationen (offene Kreise). Man erkennt das Maximum in 400m Wassertiefe. Geringere Konzentrationen sind in einer Schicht zwischen 200 und 600m Tiefe zu finden. Die Sterne zeigen die Konzentration von gelösten Freonen die sich von der Meeresoberfläche über die vergangenen 30 Jahre in die Tiefe vermischt haben.

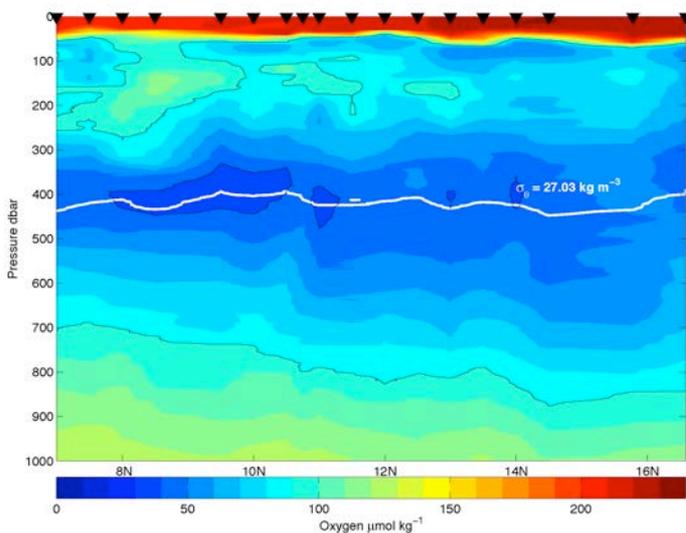
Kantenlänge. Das ist so klein, das man es auf der Karte nicht mehr auflösen kann. Entlang von 21°W wurden geringe Konzentrationen von Tracer zwischen 7° und 15°N gefunden. Größere Mengen sind zwischen 8° und 11°N zu finden über eine Distanz von 180 sm (mehr als 300km).

Auf jeder Station wird der gelöste Sauerstoff als Funktion der Tiefe bestimmt. Dabei ist es interessant zu wissen ob die Sauerstoffkonzentrationen in der Sauerstoffminimumzone sich mit der Zeit verändern.

Die Messungen entlang von 21°W geben einen guten Überblick über die Sauerstoffverteilung. Das flache und tiefe Sauerstoffminimum sind deutlich ausgeprägt. Die minimalen Werte liegen um die 40 $\mu\text{mol/kg}$ was auch in den vergangenen Jahren hier beobachtet wurden.



Verteilung der vertikal gemittelten Tracerkonzentration. Das rote Quadrat zeigt die Tracerinjektion. Kreuze markieren die noch nicht vermessenen Positionen.



Gelöster Sauerstoff entlang von 21°W. Die weiße Linie zeigt die vom Tracer markierte Dichtefläche.

Das subtropische Wetter ist im März spürbar kühler als zu anderen Jahreszeiten. Dennoch ist die Stimmung an Board prima, das Essen vorzüglich und die Zusammenarbeit mit Kapitän und Mannschaft weiterhin exzellent.

Mit schönen Grüßen von 11° Nord und 19°30' West,

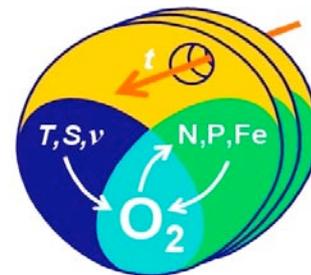
Martin Visbeck und die Fahrtteilnehmer der Reise M105



M105

(17.03.2014 – 16.04.2014)

3. Wochenbericht vom 6. April 2014



SFB 754

Die Woche haben wir mit der weiteren Vermessung des Tracers und des Sauerstoffgehalts im Südostsektor des Messgebiets verbracht. Alle 4 Stunden stoppt die METEOR und wir nehmen ein CTD-Profil und Wasserproben. Und dann geht es zum nächsten Messpunkt in 30 nm Entfernung. Dienstag nahmen wir die erste driftende Sinkstofffalle wieder auf. Ohne Probleme kamen alle Sammelgefäße an Board und auf deren Boden konnten wir unterschiedliche Mengen von Sinkstoffen erkennen. Die Proben werden nun geteilt und gefiltert und für weitere Analysen in Kiel vorbereitet.



Das Planktonnetz wird von Svenja Christiansen und Maria Danielli ausgesetzt.



*Der ‚Netzfang‘ enthält unterschiedlichstes Zooplankton. Nur eine Art, *Undinula vulgaris*, interessiert*

Einmal pro Tag nehmen wir besondere Proben von der CTD und setzen je nach Region unterschiedliche Planktonnetze ein. Wir fangen mit einem kleinen Planktonnetz Zooplankton in den oberen 100 m. Aus der Probe werden 25 Copepoden der Art *Undinula vulgaris* herausgesammelt und je zu fünf in kleinen Behältern für etwa 10

Stunden gehalten. Es werden alle 2,5 Stunden Wasserproben aus den Hälterungsgefäßen genommen und Phosphat und Ammoniumgehalt gemessen. Mit diesen Messungen wird die Exkretionsrate der Copepoden bestimmt. Ziel ist es, die Exkretionsraten in den verschiedenen Zonen des Arbeitsgebietes zu vergleichen. Die Exkretion von Zooplankton ist im nährstoffarmen, tropischen Atlantik ein wichtiger Prozess für die Remineralisierung von organischem Material zu Nährstoffen.

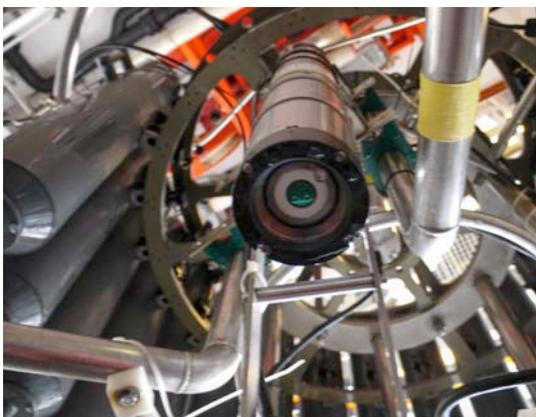
Mit einem Multischließnetz, einem Gerät, das fünf Planktonnetze in vorher bestimmten Tiefen schließen kann, wird die Verteilung von Zooplankton bis in Tiefen von 1000 m ermittelt. Das Multinetz kam vor allem in der ersten Woche bei der Erforschung des Eddies nördlich der



Das Multischließnetz wird ausgesetzt.

Kap Verden zum Einsatz, um festzustellen, ob der dort vorhandene sehr geringe Sauerstoffgehalt das Migrationsverhalten beeinflusst. Erste Ergebnisse zeigen, dass auch in dem Bereich von 85 bis 120 m, bei Sauerstoffwerten von unter $5 \mu\text{mol kg}^{-1}$, noch reges Leben herrscht.

Ein weiteres Gerät zur Untersuchung von Zooplankton Verteilungen ist der UVP



UVP-Kamera macht alle 6 Sekunden ein Bild von den Partikeln im Meer.

(Underwater Vision Profiler), eine Unterwasserkamera, die an der CTD-Rosette befestigt ist und somit bei jedem CTD-Profil Bilder von den Partikeln macht, die in der Wassersäule schweben. Für uns sind besonders filamentöse Cyanobakterienkolonien der Gattung *Trichodesmium* interessant. Diese sind Stickstofffixierer und beeinflussen den Ein- und Austrag von Stickstoff in die

Sauerstoffminimumzonen. Der UVP macht alle 6 Sekunden ein Foto, welches schon

im Gerät selber in kleine „Vignetten“, d.h. Einzelbilder für jeden Partikel, aufgetrennt wird. So kommen mit jedem UVP-Cast zwischen 1000 und 2000 Bilder von Partikeln zwischen wenigen Millimetern und mehreren Zentimetern Größe zu Stande. Wir haben auch schon ein Objekt vor der Linse gehabt, welches mit großer Wahrscheinlichkeit nicht zum Zooplankton gehört: Es ist nur zu einem kleinen Teil zu sehen, füllt aber fast die gesamte Bildfläche aus und ist schon so etwa 20 cm groß. Wir wissen nicht, was es ist, Vermutungen gehen in Richtung Schildkrötenbein, aber in der Tiefe der Aufnahme von etwa 1000 m ist die Wahrscheinlichkeit eine zu treffen sehr gering. Wir sind also weiter auf der Suche nach Hinweisen...



Unbekanntes (großes) Objekt in 1000m Wassertiefe (20 cm Bildbreite).

Weiterhin führen wir verschiedene biologische Inkubationen durch. Uns interessieren dabei die besonderen Nährstoffkreisläufe in unserem Arbeitsgebiet und deren Einfluss auf die Primärproduzenten im Oberflächenwasser.

Unser Augenmerk liegt vor allem auf dem Nährstoff Phosphat, das in den küstenfernen Wassermassen oberhalb des Sauerstoffminimums meist im Überschuss vorliegt, während andere Nährstoffe bereits gezehrt wurden. Diese speziellen Bedingungen sind ideale Voraussetzungen für biologische Stickstofffixierung. Zur Stickstofffixierung, der Umwandlung von molekularem Stickstoff (N_2) in biologisch verfügbare Stickstoffverbindungen (z.B. Nitrat oder Ammonium), sind nur ganz bestimmte Mikroorganismen, die Cyanobakterien, in der Lage. Gerade in den



Wasserproben werden von Juliane Barth und Judith Meyer für die Inkubation präpariert.

Gebieten, in denen die Konzentration biologisch nutzbarer Stickstoffverbindungen gering ist und somit das Wachstum von Primärproduzenten limitiert ist, sind Cyanobakterien wichtige Stickstoff-Lieferanten, die die Primärproduktion antreiben.

Wir wollen der Fragestellung nachgehen, ob verschiedene organische wie auch anorganische Phosphate die biologische

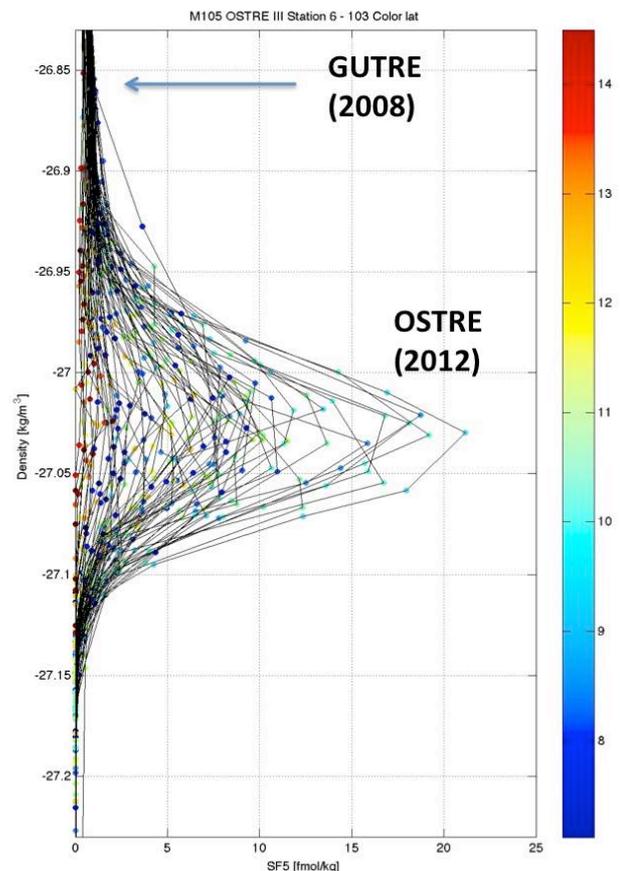
Stickstofffixierung antreiben bzw. begünstigen oder ob der Überschuss an Phosphaten von anderen Primärproduzenten zur Biosynthese genutzt wird. Hierzu versetzen wir Oberflächenwasser mit verschiedenen organischen und anorganischen Phosphatquellen und inkubieren die Proben mehrere Tage lang. Jeden Tag werden Unterproben genommen, um die Zehrung der Nährstoffe, den Verlauf der Phytoplanktonblüte und den Aufbau sowie die Produktion von partikulärem und gelöstem organischen Material verfolgen zu können. Außerdem werden Stickstofffixierungs- und Primärproduktionsraten in unseren Inkubationen gemessen. Unsere Ergebnisse vergleichen wir am Ende mit der natürlichen Rate der Stickstofffixierung in unserem Arbeitsgebiet, die wir zusätzlich ermitteln. Damit helfen wir auch, einen Beitrag zur Ermittlung globaler Stickstofffixierungsraten zu leisten, die zur Zeit nur sehr unpräzise abgeschätzt werden können.

Die Tracer Messungen laufen problemlos und wir haben schon mehr als die Hälfte des zentralen $4^\circ \times 4^\circ$ Gitters vermessen. Die vertikale Struktur der Profile ist erstaunlich gleichmäßig. Interessant ist es, dass wir sogar eindeutige Signale des ersten Tracerexperiments von 2008 in jedem Profil noch detektieren können. Das hatten wir nicht erwartet.

Dienstag war Halbzeit der M105 und der Service hat zwei Spanferkel an Deck auf dem Grill zur Freude aller serviert. Die Stimmung an Board ist prima, das Essen vorzüglich und die Zusammenarbeit mit Kapitän und Mannschaft weiterhin exzellent.

Mit schönen Grüßen von $19^\circ 30'$ Nord und 23° West,

Martin Visbeck und die Fahrtteilnehmer der Reise M105



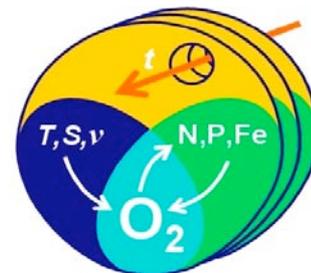
Tracerkonzentrationen in 10^{-15} mol/kg als Funktion der Dichte. Die Breite der Messungen ist farbig markiert. Man erkennt die fast perfekten Gausskurven des seit 2012 laufenden OSTRE Experiments aber auch schwache Konzentrationen des 2008 etwas flacher ausgebrachten Tracers.



M105

(17.03.2014 – 16.04.2014)

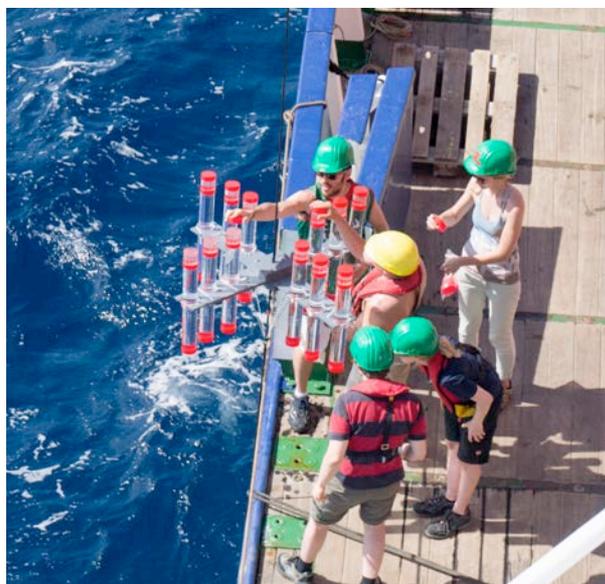
4. Wochenbericht vom 13. April 2014



SFB 754

Die letzte Woche haben wir vor allem mit der weiteren Vermessung des Tracers und des Sauerstoffgehalts im Westsektor des Messgebiets verbracht.

Dienstagvormittag ging der letzte Gleiter bei $10^{\circ} 38'N$ und $21^{\circ} 30'W$ zu Wasser. Er wird über die kommenden Wochen die Wassermasseneigenschaften der oberen 900m oberhalb der Sauerstoffminimumzone vermessen.



Die zweite driftende Sinkstofffalle wird eingeholt.

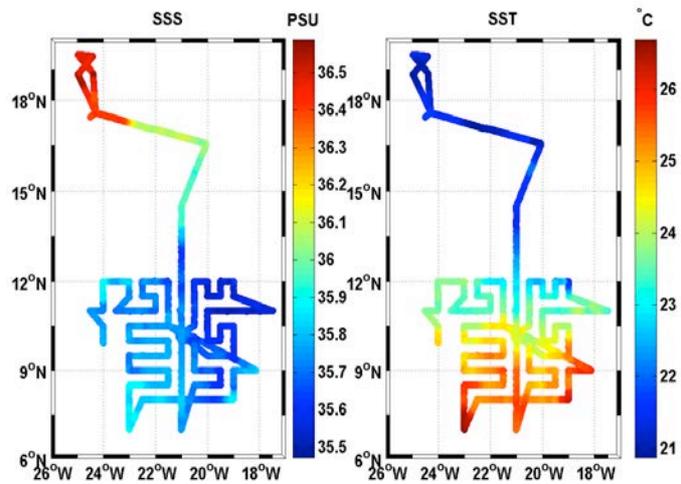
Dazu fährt er ein Sternmuster um die von Peter Brand ausgelegte Verankerung und löst dort den anderen Gleiter ab, der mittlerweile nach Süden fährt um die Vermischung in der Nähe der Seamounts zu bestimmen.

Dienstagmittag nahmen wir die zweite driftende Sinkstofffalle auf. Beide Fallen haben hervorragend funktioniert. Erste Analysen zeigen, dass reichlich Probenmaterial gefangen wurde und zur weiteren Auswertung in Kiel vorbereitet wird.

Donnerstag Abend erreichten wir die Nordwestecke des Haupt-Messgebietes und schlossen die Box mit einer Doppel-CTD und dem Planktonnetz. Die verbleibenden Tage werden genutzt um entlang von zwei weiteren meridionalen Schnitten zwischen $8^{\circ}N$ und $12^{\circ}N$ entlang von 24° und $25^{\circ}W$ das Messgebiet weiter nach Westen auszudehnen. Am Montag Abend planen wir die letzte CTD zu fahren und werden dann pünktlich am Mittwoch in Mindelo ankommen können.

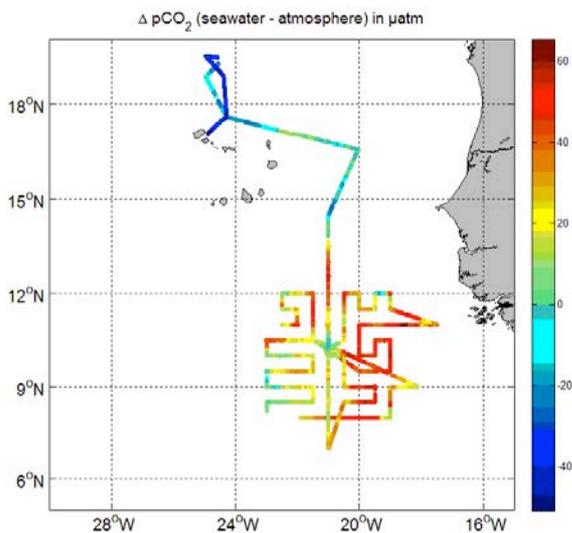
Neben den CTD Stationen und Netzfängen kommen weitere Geräte zum Einsatz, die auch beim fahrenden Schiff messen können. Wetterdaten, Oberflächentemperatur

und –salzgehalt werden auf der METEOR standartmäßig alle 5 Minuten bestimmt. Wir kümmern uns um die genaue Kalibrierung der im Schiff eingebauten TS-Sonde mit Hilfe des hochgenauen Salinometers. Man kann aus den Oberflächendaten sehr schön sehen wie sich die Wassereigenschaften in dem Forschungsgebiet ändern.



Oberflächensalzgehalt (links) und Temperatur (rechts) während der M105 Reise. Man erkennt das salzreichere aber kühlere Wasser um die Cap Verden Region.

Zwei Schiffs-ADCPs, akustische Profilströmungsmesser, bestimmen die Ozeanströmungen mit einer vertikalen Auflösung von 10m bis in eine Tiefe von 1000m. Diese Daten helfen uns auf dieser Reise die Stärke der Wirbelströmungen zu bestimmen. Aus den ADCP Daten lassen sich dazu gute Schätzungen der Vermischungsenergie ableiten. Die Stärke des rückgestreuten Signals erlaubt es uns eine grobe Abschätzung über das Vorkommen des Zooplankton und dessen tägliche Wanderungen zu bekommen.



Die Differenz zwischen dem Partialdruck von CO₂ in der Luft und dem Ozean erlaubt es die Aufnahme von Kohlendioxid zu bestimmen. Man erkennt, dass der Ozean im Gebiet der Cap Verden CO₂ aufnimmt. Südlich von 15°N wird CO₂ vom warmen Ozean an die Atmosphäre abgegeben. (Vorläufige Daten, Abschnitt von Mindelo nach Norden fehlerhaft).

Mitgebracht haben wir ein System zur kontinuierlichen Bestimmung des Oberflächensauerstoff- und CO₂-Gehalts. Aus der Differenz zwischen dem Partialdruck von CO₂ in der Atmosphäre und dem Ozean kann man die Aufnahme oder Abgabe von CO₂ aus dem Ozean bestimmen. Diese Daten stellen einen wichtigen Beitrag für die Klimaforschung dar und werden mittlerweile von vielen Forschungsschiffen aber auch zunehmend von Handelsschiffen erhoben.

Die Tracer-Messungen laufen weiterhin problemlos. Die Messungen im zentralen 4° x 4° Gitters sind abgeschlossen und erste Analysen haben ergeben, dass dort 30% des im Dezember 2012 ausgesetzten Tracers verblieben sind. Die vertikale Struktur der Profile erlaubt eine erste Analyse der über zwei Jahre gemittelten vertikalen

Vermischung. Wir finden

erwartungsgemäß ähnliche Werte im Vergleich zu den Messungen des ersten

GUTRE Tracer Experiments von

$K_z = 1-1.3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Die horizontale

Ausbreitung ist für uns besonders

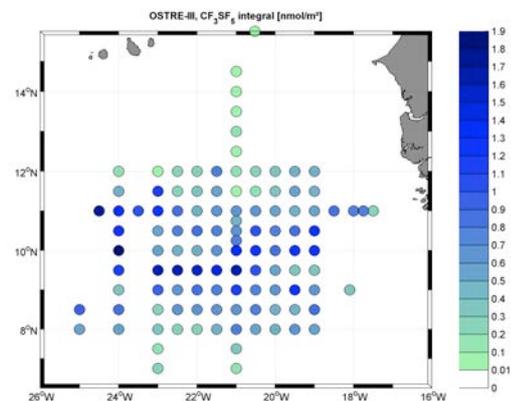
interessant und erscheint im Vergleich

zu dem flacheren GUTRE Experiment

schwächer zu sein. Die Karte der

vertikal aufsummierten Konzentrationen zeigt interessante Strukturen, die wir im

Vergleich mit den Strömungsmessungen und Wassermasseneigenschaften weiter auswerten werden.



Vertikales Integral des Tracers an jeder CTD Station. Man erkennt zonale Bänder von hoher Konzentration aber auch kleinräumige Variationen.

In wenigen Tagen wird die Reise nach 163 CTD Stationen zu Ende gehen. Eine Mischung aus Vorfreude auf Familien und Freunde an Land und Traurigkeit über den nahenden Abschied von der METEOR macht sich breit. Die Stimmung an Bord ist prima, das Essen vorzüglich und die Zusammenarbeit mit Kapitän und Mannschaft weiterhin exzellent.

Mit schönen Grüßen von 9° Nord und 25° West,

Martin Visbeck und die Fahrtteilnehmer der Reise M105

