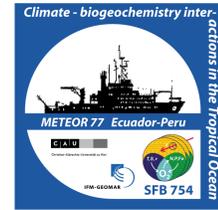


# FS Meteor Reise M77/3

## 3. Fahrtabschnitt

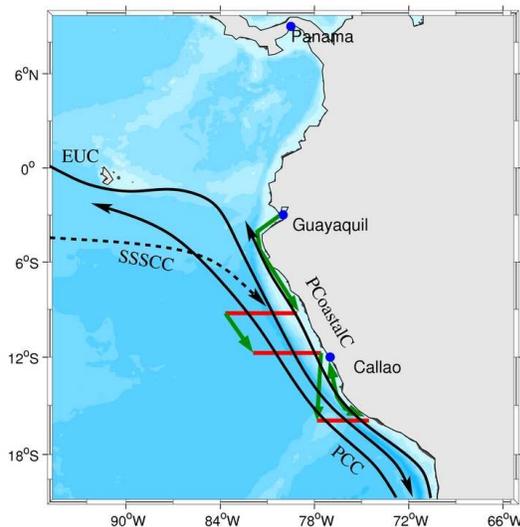
### Guayaquil, Ecuador – Callao, Peru

#### Wochenbericht 27.12.2008-29.12.2008



Die Reise M77/3 ist der dritte Fahrtabschnitt, der im Rahmen des Kieler Sonderforschungsbereichs 754 im östlichen Äquatorialpazifik stattfindet. Das Forschungsthema dieses Großprojekts sind Wechselwirkungen zwischen Klima und Biogeochemie im Ozean mit Schwerpunkt auf den Prozessen, die den Sauerstoffgehalt im Ozean steuern.

In den Auftriebsgebieten vor Peru und Chile gelangt nährstoffreiches Wasser aus Tiefen größer als 150 m an die Oberfläche und führt dort zu einer sehr hohen Bioproduktivität. Der Zerfall dieser Organismen führt in Tiefen zwischen 50 und 500 m Wassertiefe, der Sauerstoffminimumzone (OMZ), zu einem fast vollständigen Verbrauch des im Wasser gelösten Sauerstoffs.



Während auf den beiden vorangegangenen Fahrtabschnitten die Austauschprozesse zwischen Wasser und Sediment, sowie die Gewinnung von Sedimentkernen als Archive für Änderungen der Ausdehnung und Intensität der OMZ in der Vergangenheit im Vordergrund standen, sollen auf dem dritten Fahrtabschnitt die Prozesse in der Wassersäule auf drei Schnitten senkrecht zur Küste bei 10°S, 12°S und 16°S untersucht werden.

Die 26 Wissenschaftler des IFM-GEOMAR in Kiel und des MPI für Marine Mikrobiologie in Bremen kamen am 26.12. in Guayaquil an und konnten direkt an Bord der FS Meteor gehen. Nachdem zwei weitere Gastwissenschaftler von IMARPE, Callao und dem Monterey Bay Aquarium an Bord gekommen waren und die Übernahme der Ausrüstung für das Schiff und die Wissenschaft beendet waren, verließ FS Meteor am 27.12. um 9 Uhr die Pier in Guayaquil und ging zunächst noch einmal in der



Nähe des Hafens auf Reede, um die Installation und den Test der Bremer Pump-CTD zu beenden. Nach dem erfolgreichen Abschluss dieser Arbeiten begann die Reise mit dem Auslaufen um 14 Uhr.

Die Meteor nahm bei ruhigen Wetterbedingungen und leichten Passatwinden direkt Kurs auf das erste Arbeitsgebiet direkt außerhalb der 5nm Zone vor Peru bei 10°S. Auf dem Weg dorthin wurden die wissenschaftlichen Arbeiten bereits mit den 3 ersten CTD-Stationen auf 4°S, 6°S und 8°S begonnen, wo Proben für eine große Anzahl biologischer und geochemischer Parameter genommen wurden. Die Ausprägung der OMZ verstärkte sich wie erwartet von Norden nach Süden. Während des Transits laufen die Vorbereitungen für die Untersuchungen im Arbeitsgebiet auf Hochtouren und im Moment sieht alles nach einem erfolgreichen Beginn der Arbeiten bei 10°S aus, wo wir morgen vormittag eintreffen werden.

Mit besten Grüßen von Wissenschaft und Mannschaft der FS Meteor vor Peru

Martin Frank

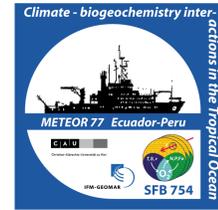
FS Meteor, am 29.12.2008

# FS Meteor Reise M77/3

## 3. Fahrtabschnitt

### Guayaquil, Ecuador – Callao, Peru

#### 2. Wochenbericht (30.12.2008-04.1.2008)



In der ersten Woche der Reise M77/3 des Kieler SFB 754 wurden Untersuchungen auf dem nördlichen Schnitt senkrecht zur Küste bei 10°S durchgeführt. Insgesamt wurden auf dem Transekt 20 CTD Stationen mit dem Kranzwasserschöpfer des IFM-GEOMAR gefahren, die auf 11 Lokationen von Wassertiefen um 100 m auf dem Schelf bis 1800 m Tiefe bei 84°W verteilt waren. Anhand der Proben, die auf diesen CTD Stationen gewonnen wurden, zeigte es sich, dass die Sauerstoffminimumzone auf dem Schelf sehr nahe an der Oberfläche lag, teilweise war bereits in Tiefen von 15 m kein messbarer Sauerstoff mehr vorhanden (Abb. 1). Nahe an der Küste fanden sich von 6 bis 10°S im oberen Teil der Sauerstoffminimumzone zudem außergewöhnlich hohe Nitritkonzentrationen bis 12µM.

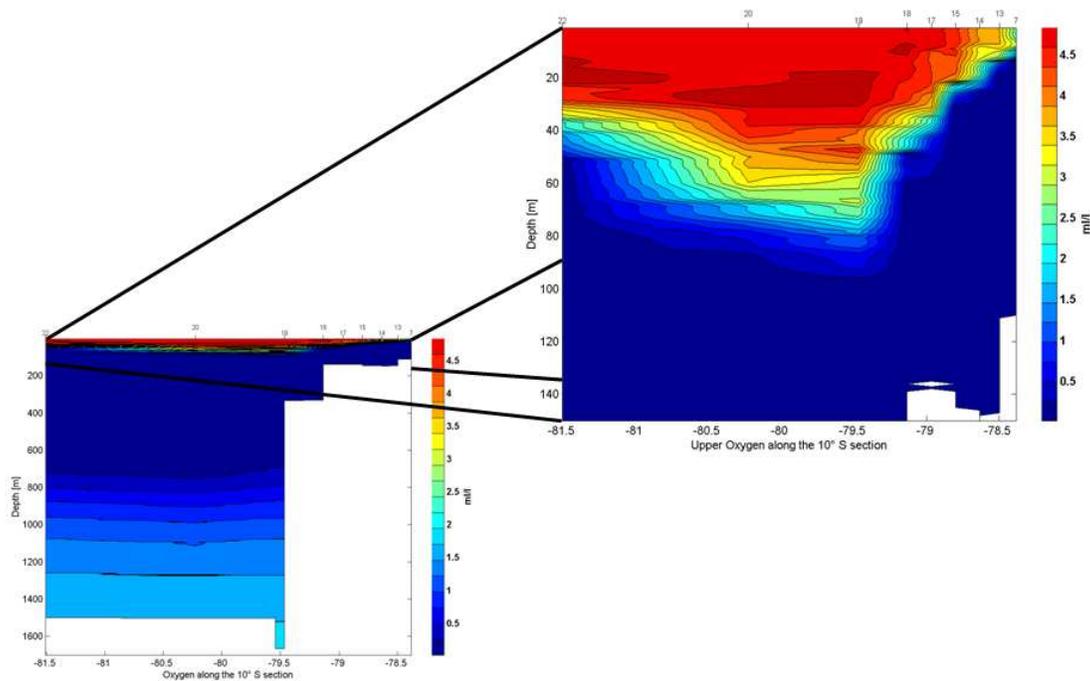


Abb. 1: Sauerstoffgehalt auf dem Schnitt bei 10°S. Deutlich ist der Auftrieb des sauerstoffarmen Wassers an der Küste zu erkennen, während in etwas größerer Entfernung zwischen ca 79°W und 80.5°W ein leichtes Absinken vorherrscht.

Die scharfe Grenze zwischen gut belüftetem und sauerstoffarmem Wasser auf dem flachen Schelf zeigte kurzfristige Tiefenvariationen von bis zu 30 m innerhalb weniger Stunden an der selben Lokation, was auf interne Wellen zurückgeführt werden konnte. Die Daten aus dem schiffseigenen ADCP belegen

die starke Variabilität der Oberflächenströmungen und ermöglichen die Identifikation des ausgeprägten nordwärtsgerichteten Peru-Küstenstroms und des aus dem Pazifik stammenden, südwärts fließenden Peru-Chile Gegenstroms ab 80.5°W (Abb. 2). Diese Wassermassen haben unterschiedliche Eigenschaften, die das Auftriebsgeschehen vor Peru mit beeinflussen.

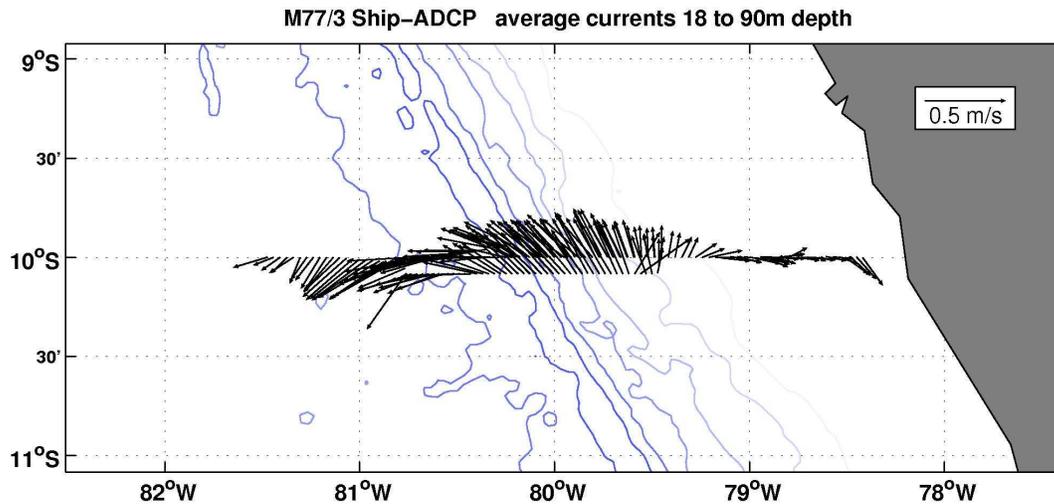
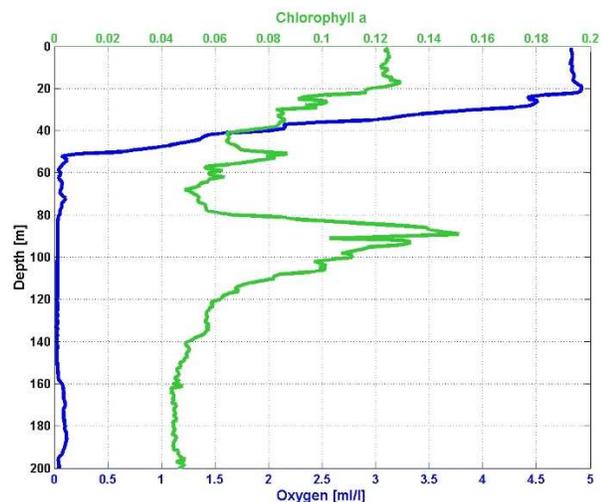


Abb. 2: Durchschnittliche Strömungsrichtung und -geschwindigkeit zwischen 18 und 90 m Wassertiefe.

Die Arbeitsgruppe des MPI für Marine Mikrobiologie nahm die Arbeiten mit der Pump-CTD auf, mit der es möglich ist sehr hochaufgelöste Wassersäulenprofile auf einen Meter genau zu beproben und dieses Wasser dann nicht mittels Wasserschöpfern, sondern direkt über einen Schlauch an Bord zu pumpen. Jede dieser Einsätze dauert zwischen 4 und 8 Stunden. Dabei wurde in größerer Entfernung zum Schelf (>150 Seemeilen) zu dem normalerweise auftretenden Oberflächenmaximum der Phytoplanktonaktivität ein weiteres sehr ausgeprägtes Maximum in etwa 90 m Tiefe festgestellt. Dieses Maximum zeigt Chlorophyllkonzentrationen, die teilweise höher als das Maximum an der Oberfläche sind (Abb. 3). Diese Verteilung ist umso überraschender, da in 90 m Tiefe bereits kein messbarer Sauerstoff mehr vorhanden ist. Diese Tatsache und die blau-grüne Färbung des partikulären organischen Materials, das während 6 begleitenden Einsätzen der In-situ-Pumpen gewonnen wurde, deutet auf Cyanobakterien als Ursache des tiefen Chlorophyllmaximums hin.



Die Planktonbiologen begannen in dieser Woche außerdem die Mesokosmenexperimente. Hierzu wurde Phytoplankton in 900 Litern Wasser auf dem Schelf entnommen und in die Mesokosmenbehälter eingebracht. Dort wird dieses Phytoplankton unter natürlichen Bedingungen mit unterschiedlichen Verhältnissen der Nährstoffe Nitrat und Phosphat versorgt um die Auswirkung dieser Änderungen auf das Wachstum, Zusammensetzung und die Vergesellschaftungen zu untersuchen. Die Kulturen sprechen bereits nach wenigen Tagen auf die unterschiedlichen Nährstoffangebote an. Das unter verschiedenen N:P-Verhältnissen wachsende Phytoplankton wird an Zooplankter verfüttert, um zu überprüfen, ob der Nahrungswert des Phytoplanktons vom N:P-Verhältnis abhängt. Begleitend finden Untersuchungen der in-situ Verteilung des Zooplanktons statt.

Die Stimmung an Bord ist durch die erfolgreichen Beprobungen und Messungen ausgezeichnet. Dies wird nicht zuletzt durch die ausgezeichnete Zusammenarbeit mit der Mannschaft ermöglicht. In der Nacht vom 31.12. auf den 1.1. wurde das Jahr 2009, 6 Stunden später als in Deutschland, bei einem gemeinsamen Fest von Mannschaft und Wissenschaft eingeläutet.

Wir freuen uns auf die weitere Reise, die ab dem 5.1.09 mit den Arbeiten auf dem zweiten Schnitt bei 12°S fortgesetzt werden wird.

Mit besten Grüßen von Wissenschaft und Mannschaft der FS Meteor

Martin Frank

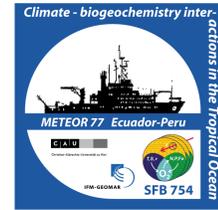
FS Meteor, am 4.1.2009

# FS Meteor Reise M77/3

## 3. Fahrtabschnitt

### Guayaquil, Ecuador – Callao, Peru

### 3. Wochenbericht (5.1.2009-11.1.2009)



In der vergangenen Woche wurde das Forschungsprogramm mit den Arbeiten auf dem Schnitt von 82°W bis 77°W bei 12°S fortgesetzt. Insgesamt wurde die CTD mit Kranzwasserschöpfer 25 mal an 12 Lokationen eingesetzt. Außerdem wurden insgesamt 3 Pump-CTD und 3 In-situ Pump-Stationen gefahren, sowie mehre GO-FLO-Stationen und Planktonnetze.

Highlight der Arbeiten der letzten Woche war zweifellos die Station am Endpunkt des Schnitts, die am nächsten zur peruanischen Küste auf der Höhe von Lima lag. An dieser Station war schon in Tiefen von 5 m kein Sauerstoff mehr messbar und bei der Beprobung der Wasserschöpfer wurde sofort das Vorhandensein von gelöstem Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) festgestellt. Dieser Zustand ist die extremste Form der Sauerstoffarmut im Meerwasser und herrscht im Ozean sonst nur in abgeschlossenen Meeresbecken wie dem Schwarzen Meer vor. Der Stickstoffverlust in der Sauerstoffminimumzone ist dabei so stark, dass es zum Ausbruch von  $H_2S$  aus den darunterliegenden Sedimenten kommt. Unter diesen extrem reduzierenden Bedingungen werden auch andere Stoffe, wie zum Beispiel Eisen aus dem Sediment mobilisiert und gelangen in die Wassersäule darüber. Dies wurde durch Messungen der Konzentrationen von reduziertem  $Fe^{+2}$  bestätigt (Abb. 1), die an dieser Lokation etwa 1000 mal höher konzentriert waren, als normalerweise im offenen Ozean in diesen Wassertiefen (200 nmol/l im Vergleich zu 0.2 nmol/l). Erniedrigte Fe-Konzentrationen über dem Sediment deuten auf die Ausfällung von Pyrit ( $FeS_2$ ) aus dem Bodenwasser hin.

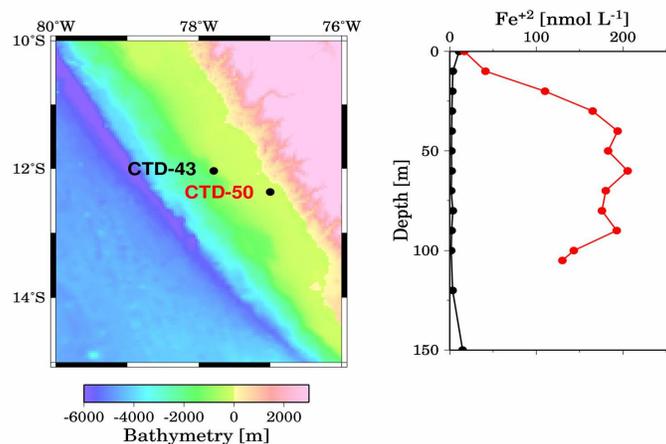
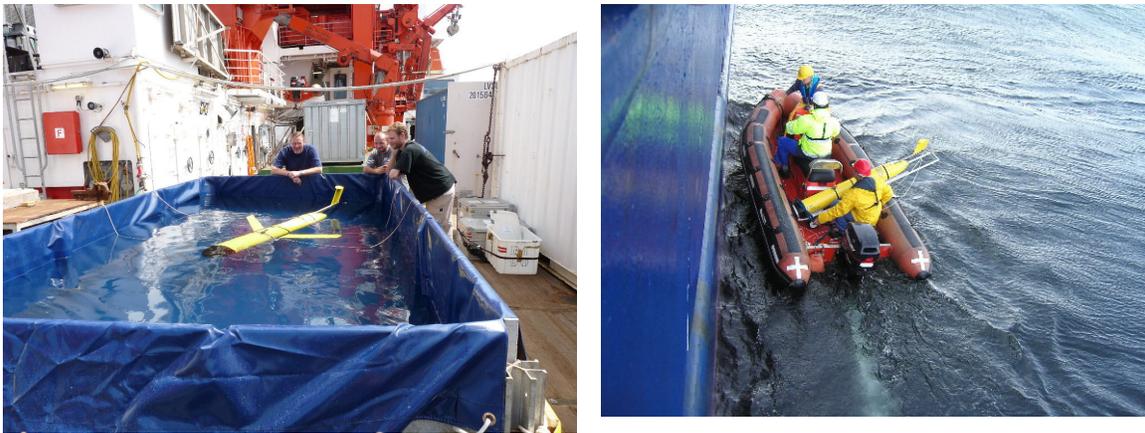


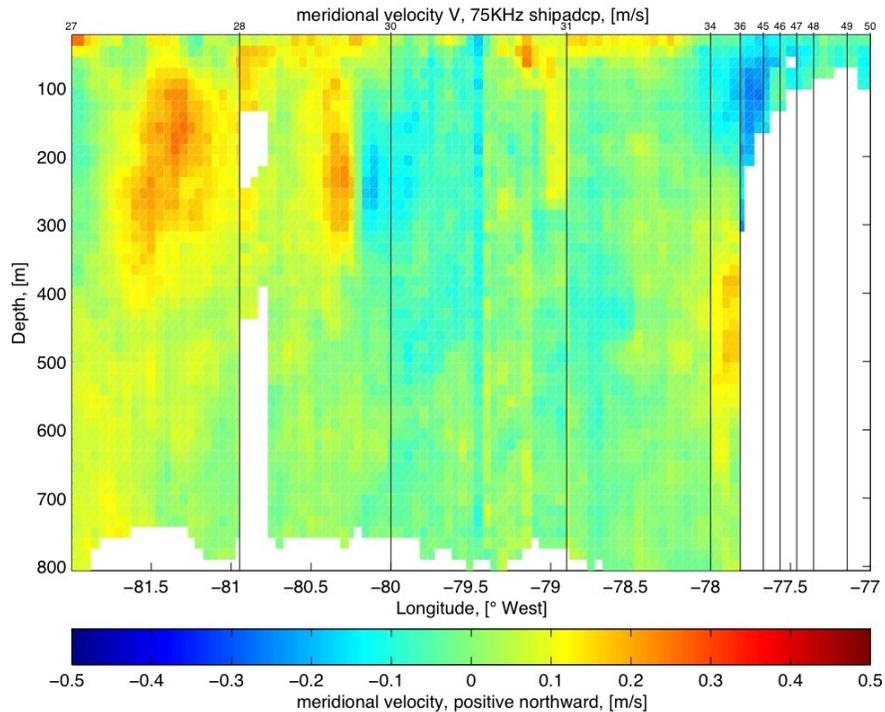
Abb. 1: Vergleich der Konzentrationen von reduziertem Fe in den obersten 100 m der Wassersäule an der Station nahe der Küste, wo  $H_2S$  in der Wassersäule gefunden wurde (rot), mit einer Lokation weiter entfernt von der Küste (schwarz).

Am Ende des Schnitts wurde parallel zur Küste nach Süden gedampft und dort bei 14°S ein Gleiter mit dem Schlauchboot ausgesetzt (Abb. 2). Der Gleiter kann mittels Sensoren über 1-2 Monate hinweg autonom Daten zum Sauerstoffgehalt, Salinität, Temperatur, etc. sammeln, indem er durch Änderungen von Volumen und Neigung im Wasser bis zu 1000 m tief taucht, danach wieder auftaucht und seine Daten und seine Position via Satellit nach Kiel übermittelt. Der Einsatz des Gleiters, der wie ein Segelflugzeug durch das Wasser fährt und dabei auch seine Flugrichtung aktiv ändern kann, erlaubt es, kleinskalige Änderungen in der Wassersäule aufzuzeichnen, die mit schiffsgestützten Messungen nicht erfassbar wären. Der Gleiter soll am Ende des nachfolgenden Fahrtabschnitts M77/4 nach einer Laufzeit von ca. 5 Wochen von Meteor wieder aufgenommen werden.



*Abb. 2: Der Gleiter beim Test im bordeigenen „Swimmingpool“ und beim Aussetzen mit dem Schlauchboot.*

Wie schon auf dem ersten Schnitt bei 10°S lag das Interesse der Isotopengeochemiker an Bord auf der Beprobung der Hauptströmungsbänder im Auftriebsgebiet. Während die vorherrschende Strömungsrichtung von Süd nach Nord verläuft, gibt es unter der Oberfläche einen nährstoffreichen und sauerstoffarmen Gegenstrom, den Peru-Chile-Unterstrom (PCUC) in ca. 50-350 m Tiefe, der aus dem Pazifik stammt und im Auftriebsgebiet entlang der Schelfkante nach Süden fließt (Abb. 3). Diese Wassermasse ist von besonderer Bedeutung, da sie es ist, die durch die Auftriebsprozesse auf dem Schelf an die Oberfläche gelangt und hauptsächlich für den Nährstofftransport in das Auftriebsgebiet verantwortlich ist. Die Geochemiker hoffen, diese Wassermasse anhand der Isotopensignatur des Elements Neodym von anderen Wassermassen aus dem Süden unterscheiden zu können und somit ein Werkzeug in der Hand zu haben, die Mischung der Wassermassen und damit die Auftriebsintensität im heutigen und vergangenen Ozean besser zu verstehen.



*Abb. 3: Profil der mit dem bordeigenen ADCP ermittelten Strömungsgeschwindigkeiten auf dem Schnitt bei 12°S. Gelbe und rote Farbtöne zeigen nordwärts gerichtete Strömungen an, während die blauen Farbtöne zwischen 77,5°W und 78°W den südwärts fließenden PCUC markieren. Die vertikalen Linien markieren die Stationen, auf denen Proben entnommen wurden.*

Gestern fand das Bergfest zur Halbzeit der Ausfahrt statt und die Anforderung der Packlisten zeigt an, dass das Ende der Reise bereits näher rückt. Heute wurden die Arbeiten am dritten Schnitt bei 16°S aufgenommen, die uns an das südliche Ende des Hauptauftriebsgebiets führen.

Mit besten Grüßen von Wissenschaft und Mannschaft der FS Meteor

Martin Frank

FS Meteor, am 11.1.2009

# FS Meteor Reise M77/3

## 3. Fahrtabschnitt

## Guayaquil, Ecuador – Callao, Peru

## 4. Wochenbericht (12.1.2009-18.1.2009)



In der vergangenen Woche wurde das Forschungsprogramm mit den Arbeiten auf dem dritten Schnitt bei 16°S von 78°W bis 74°10'W fortgesetzt. Hierbei wurden auf 15 Stationen insgesamt 18 Kranzwasserschöpfer/CTDs, 3 Pump-CTDs, 3 In-situ Pumpen, 3 GOFLOs und 11 Planktonnetze gefahren, um den südlichen Bereich des Hauptauftriebsgebiets im Detail zu untersuchen.

Der Schnitt bei 16°S unterscheidet sich von den anderen beiden nördlichen Schnitten hauptsächlich dadurch, dass der Schelf hier sehr schmal ist. Es wurde daher erwartet, dass die Mobilisation von Elementen wie Eisen aus den reduzierten Sedimenten der Sauerstoffminimumzone hier nicht so ausgeprägt sein würde, wie weiter im Norden. Dennoch wurden auf dem Schelf sehr hohe Konzentrationen von gelöstem  $\text{Fe}^{+2}$  gefunden (bis zu 100 nmol), was möglicherweise nicht nur durch Eintrag aus dem Sediment, sondern auch durch die Präsenz einer sauerstoffarme Wassermasse mitbegünstigt wurde.

In dieser Woche erreichten uns die ersten Daten des zuvor ausgesetzten Gleiters, der nach dem Start, wie vorgegeben, in westlicher Richtung gefahren war. Der Gleiter operierte zunächst in den obersten 500 m wurde von der Kieler Zentrale aus nach 3 Tagen auf die obersten 1000 m programmiert (Abb. 1). Der Wert der Gleiterdaten, deren hohe Orstauflösung mit dem gängigen Einsatz von CTD und Kranzwasserschöpfer nicht zu erreichen wäre, wird durch die abgebildeten Chlorophylldaten unterstrichen. Deutlich sichtbar ist die Verteilung des tiefen Chlorophyllmaximums in etwa 100 m Tiefe, dessen Ausdehnung und Mächtigkeit offensichtlich sehr variabel ist und das Gegenstand von weiteren Untersuchungen der Mikrobiologen und Genetiker sein wird.

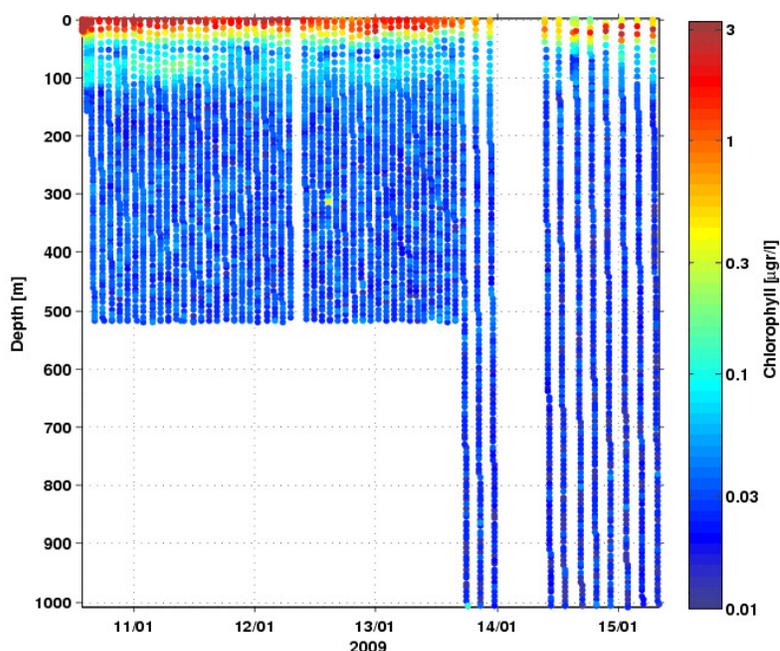


Abb. 1: Chlorophyllkonzentrationen entlang eines Ost-West-Schnitts bei ca. 14°S. Unterhalb des Oberflächen-Chlorophyllmaximums findet sich 70-100 m Tiefe ein zweites Maximum, das vermutlich durch Cyanobakterien verursacht wird.

Auf dem Weg in das Arbeitsgebiet bei 16°S passierte die Meteor am 11.1. einen mehrere hundert m breiten Streifen rotgefärbten Wassers, der sich über viele km in Nord-Süd Richtung erstreckte. Die Färbung wurde durch das massenhafte Auftreten eines Wimperntierchens verursacht, das endo-symbiotische Algen enthält. Diese Blüten können ozeanische Fronten markieren und es wurde deshalb kurzfristig die Oberflächenhydrographie je 2 nm östlich und westlich des Streifens erfasst. Die so gewonnenen Daten zeigten deutliche Unterschiede auf beiden Seiten des Streifens, was die Präsenz einer Front nahelegte.



Durch effiziente Kombination verschiedener Stationen stand ein zusätzliches Zeitfenster zur Verfügung, das dadurch genutzt wurde, einen zusätzlichen kürzeren Schnitt senkrecht zur Küste zwischen 17°15'S, 72°50'W und 18°S, 73°25'W außerhalb des Hauptauftriebsgebiets auf 5 Stationen zu beproben. Dieser Schnitt wird Informationen über die Wassermassenverteilung und deren chemische Zusammensetzung liefern, bevor diese in das Auftriebsgebiet nach Norden fließen und dort modifiziert werden. Außerdem wurde dort eine weitere Pump-CTD-Station nahe der Küste gefahren. Die Planktonbiologen starteten ihr drittes Mesokosmen-Experiment, dessen Dauer bis zur Mitte der nächsten Woche angesetzt ist.

Seit gestern wird wieder nach Norden gefahren um auf dem Rückweg noch einmal Messstationen im Bereich des tiefen Chlorophyllmaximums zu beproben bevor wir am Ende der kommenden Woche in Callao einlaufen werden. Pünktlich zum Abschluß der Arbeiten am südlichen Ende des Untersuchungsgebiets wurde auf dem gestrigen Transit zur nächsten Station bei bester Stimmung und warmen 25°C ein gemeinsamer Grillabend von Mannschaft und Wissenschaft veranstaltet.

Mit besten Grüßen von Wissenschaft und Mannschaft der FS Meteor

Martin Frank

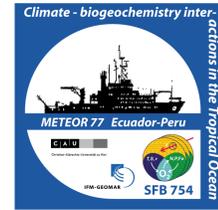
FS Meteor, am 18.1.2009

# FS Meteor Reise M77/3

## 3. Fahrtabschnitt

### Guayaquil, Ecuador – Callao, Peru

#### 5. Wochenbericht (19.1.2009-24.1.2009)

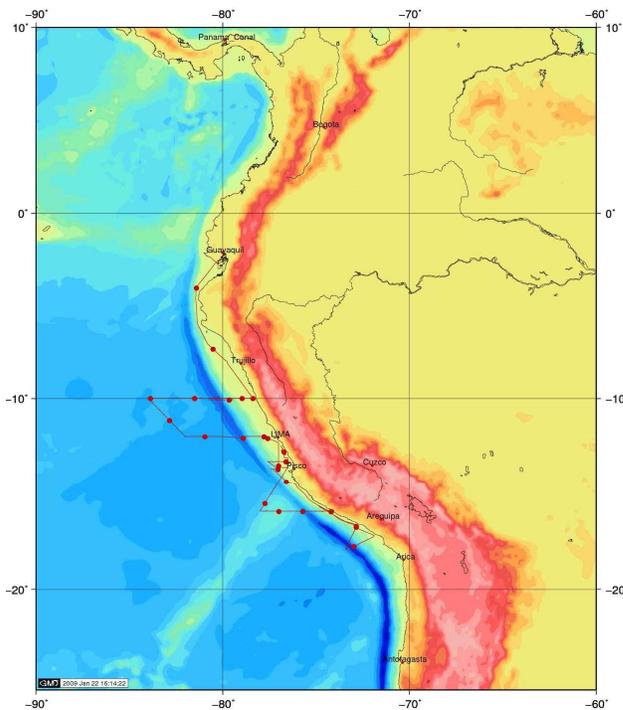


Die letzten 4 Tage der Reise, für die Stationszeit zur Verfügung stand, wurden dazu genutzt, das durch die Gleiterdaten identifizierte tiefe Chlorophyllmaximum in 70-100 m Tiefe bei 14°S mit mehreren CTD-Stationen zu lokalisieren, und dann mit einer PUMP-CTD und zwei In-situ Pump-Stationen intensiv zu beproben. Für diese Stationsarbeiten verblieb Meteor für insgesamt etwa 30 Stunden an der gleichen Station. Diese Zeit wurde auch dazu genutzt, etwa alle 3-5 Stunden eine zusätzliche CTD-Station zu fahren, auf der in den obersten 150 m der Wassersäule in 10 m Schritten die Konzentrationen von  $^{+2}\text{Fe}$  und  $\text{H}_2\text{O}_2$  gemessen wurden. Beide Stoffe sind eng verknüpft, da  $\text{H}_2\text{O}_2$  das zweiwertige Eisen oxidieren kann. Diese Reaktion und die photochemische Bildung des  $\text{H}_2\text{O}_2$  spielt eine entscheidende Rolle für die Redoxprozesse und die Verweildauer des Eisens im Meerwasser. Bei den Untersuchungen soll herausgefunden werden, in wie weit die oberflächennahe Sauerstoff-minimumzone diese Prozesse beeinflusst.

Nach Abschluss dieser Messungen wurde wieder Kurs auf den Schelf bei 13°30'S genommen um dort noch einmal Untersuchungen im Auftriebswasser durchzuführen. Im Gegensatz zu der Situation, die sich uns beim Passieren der gleichen Lokation vor 2 Wochen darstellte, war jetzt dort Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ) in den untersten 30-40 m der Wassersäule festzustellen. Dies war vermutlich dadurch bedingt, dass in den Tagen davor relativ wenig Wind herrschte, so dass wenig vertikale Durchmischung stattfinden konnte und daher die Bedingungen für die Freisetzung des Schwefelwasserstoffs gegeben waren. Der Schelf zwischen der 5 Semeilen-Zone und ca. 150 m Wassertiefe wurde auf dem Weg in Richtung Callao daraufhin noch einmal mit 10 CTD-Stationen auf das Vorkommen von  $\text{H}_2\text{S}$  kartiert und es wurde festgestellt, dass es in Wassertiefen < 120 m zwischen 13°30'S und 12°20'S fast durchgehend präsent war.

Die Messungen der Biologen zeigten eine Abnahme des Nitrat:Phosphat Verhältnisses von 10 auf 5 von 10°S auf 12°S an den landfernsten Stationen. Auf dem Schnitt bei 18°S lagen die Nitrat-Gehalte sogar unterhalb der Nachweisgrenze, während die Phosphatgehalte noch bei 0.5  $\mu\text{M}$  waren. Sogenannte Bioassay-Experimente zeigten, dass Nitrat dort der limitierende Nährstoff für die Bioproduktivität war und das Wasser dieses Gebiets somit eine Nische für Stickstoff-Fixierer darstellt. Weitere Untersuchungen an den aus Inkubationsexperimenten gewonnenen Proben aus diesem Gebiet werden im Labor in Kiel an diesen Proben durchgeführt werden

Ebenfalls erfolgreich beendet wurden die Messungen des  $\text{CO}_2$  in der Wassersäule, die in Zusammenarbeit mit dem IMARPE Institut in Callao, dem peruanischen Kooperationspartner im SFB 754, und dem Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI) durchgeführt worden. Für diese Untersuchungen wurde während der ganzen Reise der Gehalt von gelöstem anorganischen Kohlenstoff (DIC) an der Oberfläche und in der Wassersäule bestimmt. Diese Daten können dazu verwendet werden, die Bioproduktivität zu bestimmen. Vorläufige Ergebnisse der DIC-Messungen zeigen, dass der DIC Gehalt signifikant mit der Advektion der Sauerstoff-verarmten Wassermassen auf den Schelf anstieg, was sich in den Gebieten, in denen Schwefelwasserstoff gefunden wurde, am stärksten auswirkte. Der  $\text{CO}_2$ -Partialdruck ( $\text{pCO}_2$ ) wurde kontinuierlich bestimmt und die Ergebnisse zeigen dass das Oberflächenwasser in den Gebieten des stärksten Auftriebs bis zum 4-fachen des Atmosphärenwerts übersättigt war und damit eine starke Quelle für  $\text{CO}_2$  darstellt. In den Gebieten, in denen die Ciliatenblüten herrschten, war der  $\text{pCO}_2$  des Wassers dagegen niedriger als der der Atmosphäre. Zusätzlich wurden während der ganzen Reise Chlorophyllmessungen von einer Vertreterin des IMARPE durchgeführt, die eine wichtige Datenbasis für viele andere Untersuchungen sein werden.



Nach insgesamt 3350 zurückgelegten Seemeilen erreichten wir am Nachmittag des 23.1.2009 den Hafen von Callao, den Endpunkt unserer arbeitsintensiven und erfolgreichen Reise (Abb.). Die gesammelten Proben und Daten werden gemeinsam mit den anderen Fahrtabschnitten die Grundlage für die Arbeiten über die ostpazifische Sauerstoff-minimumzone im SFB 754 sein.

Mit besten Grüßen von Wissenschaft und Mannschaft der FS Meteor

Martin Frank

FS Meteor an der Pier in Callao, am 23.1.2009