

M136

(11.04. – 3.05.2017)



1. Wochenbericht vom 16. April 2017

Am 11. April begann die METEOR Reise M136 in Callao, Peru. Die Forschungsreise ist die zweite von insgesamt 4 Fahrten, die im südöstlichen Pazifik im Rahmen des DFG Sonderforschungsbereichs (SFB) 754 „Klima-biogeochemische Wechselwirkungen im tropischen Ozean“ durchgeführt wird. Das wissenschaftliche Messprogramm hat zwei Hauptzielsetzungen. Zum einen soll unser Verständnis der Stärke von benthischen und pelagischen Umwandlungsprozesse von Nährstoffen und Spurenmetallen in Sauerstoffminimumzonen (SMZ) verbessert werden, zu anderen soll der damit einhergehende Verlust von Stickstoffverbindungen im Ozean quantifiziert werden. Weitere Zielsetzungen sind die Bestimmung von Ventilationsraten der SMZ durch submesoskalige Prozesse, die Quantifizierung des Exports von partikulärem organischem Material und der Produktions- und Abbauraten von gelöstem organischem Material sowie Untersuchungen zu Stabilisierung, Regenerierung und des Abbaus von Eisenverbindungen.

Die interdisziplinäre Ausrichtung des Kieler SFB 754 spiegelt sich in auch in der wissenschaftlichen Teilnehmerschaft wieder. An Bord sind physikalische Ozeanographen zusammen mit Biogeochemikern die sowohl auf benthische als auch auf pelagische Stoffwechselprozesse spezialisiert sind. Insgesamt sind 6

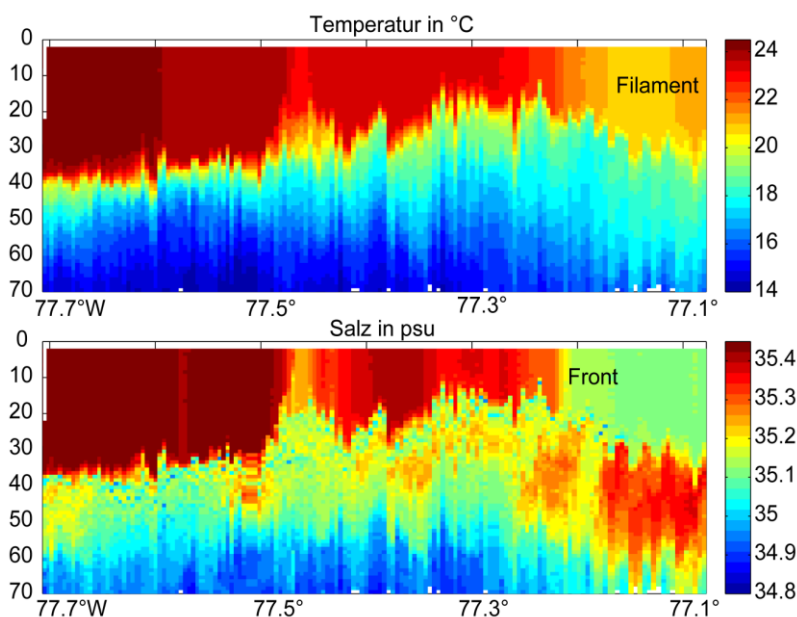


Bilder vom Empfang auf FS METEOR im Hafen von Callao. (Fotos: U. Papenburg)

verschiedene Teilprojekten des SFBs an Bord vertreten, die sich aus 9 verschiedenen Arbeitsgruppen zusammensetzen.

Einen Tag vor dem Beginn unserer Ausfahrt besuchten uns während eines durch die deutsche Botschaft in Lima sehr gut vorbereiteten Empfangs ca. 80 Gäste aus verschiedenen Ressorts der peruanischen Regierung, Kollegen aus peruanischen Forschungsinstituten und Mitarbeiter der deutschen Botschaft in Lima. Besonders gefreut haben wir uns über den Besuch des Vizeproduktionsministers Hector Soldi und des Präsidenten des peruanischen Meeresforschungsinstituts IMARPE Admiral Javier Gaviola. Auch der peruanische Präsident Pedro Pablo Kuczynski hatte seine Teilnahme am Empfang im Vorfeld angekündigt, musste Diese aber wegen eines kurzfristigen Termins im von heftigen Niederschlägen und Überschwemmungen geplagten Norden des Landes wieder zurückziehen. Nach Grußworten des Kapitäns, des Fahrleiters, des Geschäftsträgers der Botschaft Schmitt und des Ministers Soldi haben wir den Gästen Schiffsführungen angeboten und sie zu einem Vortrag über unsere Forschungsaktivitäten vor Peru eingeladen. Insgesamt war der Empfang sehr gut gelungen und wir haben begeisterte Rückmeldung von vielen Gästen erhalten.

Am Dienstag hat METEOR mittags den Hafen von Callao verlassen. Das wissenschaftliche Arbeitsprogramm begann drei Stunden später mit der Aufnahme



Räumlich hochaufgelöste Messungen von Temperatur- und Salzgehaltprofilen aufgenommen mit dem Rapid Cast System (vorläufige Daten). (Graphik: S. Thomsen)

eines hydrographischen Schnitts entlang der Küste in südlicher Richtung durch ein RapidCast System, welches erlaubt hydrographische Profile bis in mehrere hundert Meter Tiefe vom fahrenden Schiff aus aufzunehmen. Darauf folgend haben wir verschiedene physikalische und biogeochemische Messungen entlang eines senkrecht zur Küste gefahrenen Schnittes bei 14°S durchgeführt. Dabei wurden auch eine Verankerung und eine

treibende Sedimentfalle ausgesetzt. Den 14°S Schnitt konnten wir am Freitag erfolgreich abschließen.

Seither führen wir eine 3-tägige Prozessstudie zur Kopplung von physikalischen und biogeochemischen Prozessen an Fronten und Filamenten durch. In den südhemisphärischen Herbstmonaten sind in den küstennahen Regionen vor Peru Filamente und Fronten besonders stark ausgeprägt. In der Studie werden Filamente mit Hilfe von Echtzeit-Satellitendaten lokalisiert und ihre genauen hydrographischen Eigenschaften dann mit dem RapidCast System hochaufgelöst vermessen. So werden gleichzeitig auch die optimalen Stationspositionen für die biogeochemischen Messprogramme ermittelt.



Snow Catcher (Foto: J.F. Schubert)

Ein weiteres Ziel unserer Arbeiten ist ein quantitatives Verständnis von anaeroben Prozessen, die sich in partikulärem organischem Material abspielen, obwohl sich die Partikel noch in sauerstoffhaltigen Bereichen des Ozeans befinden. Für die Beprobung von partikulärem organischem Material setzen wir erstmals einen so genannten „Snow Catcher“ ein. Dieser große Schöpfer erlaubt die Entnahme von 100 Liter Wasser aus einer Tiefe. Der Schließmechanismus des am Draht gefierten Snow Catchers ist dem Schließmechanismus der früheren Nansen Schöpfern nachgeahmt. Durch ein am Draht absinkendes Gewicht wird ein Auslöser aktiviert, der den Boden und Deckel des Snow Catchers langsam schießt und dabei die im Wasser enthaltenen Partikel unverändert lässt.

Dank der Kombüse und der Stewards konnten wir am heutigen Ostersonntag trotz der hohen Arbeitsintensität die schön geschmückte Messe und das Festessen genießen. Neben den guten Wetterbedingungen und der exzellenten Zusammenarbeit mit Kapitän Jan F. Schubert und der Besatzung der METEOR ist das sicher auch ein Grund für die sehr gute Stimmung an Bord.

Frohe Ostern aus dem tropischen Südpazifik.

Marcus Dengler und die Fahrtteilnehmer der Reise M136

M136

(11.04. – 3.05.2017)



2. Wochenbericht vom 23. April 2017

Auch die zweite Woche unserer Reise verlief sehr erfolgreich. Wir konnten die Prozessstudie zu Fronten und Filamenten im südlichen Arbeitsgebiet bei 14°S am Montag abschließen und eine dort in der letzten Woche ausgesetzte treibende Sedimentfalle wieder aufnehmen. Auf dem Weg zu unserem Hauptschnitt auf 12°S haben wir unsere zwei Gleiter aufgenommen. Durch ihre Echtzeitdatenübertragung haben sie uns beim Aufspüren von Fronten unterstützt. Jetzt werden sie für die

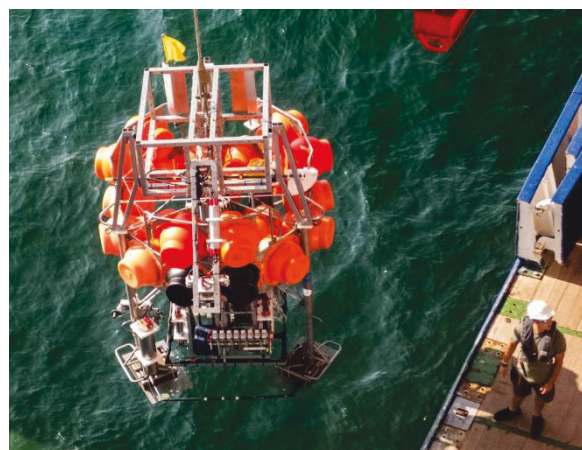


Auslegung eines Gleiters auf dem 12°S Schnitt (Foto: G. Krahnmann)

Erfassung der Hydrographie, der Sauerstoff- und Nährstoffverteilung und der Variabilität von turbulenten Vermischungsprozessen bei 12°S benötigt und wurden dort bereits wieder ausgesetzt. Darüber hinaus haben wir bei der Beprobung des 12°S Schnittes große Fortschritte gemacht. Zwei von drei geplanten Verankerungen wurden ausgelegt, zwei ausgesetzte treibende Sedimentfallen sammeln Daten zur

Variabilität des absinkenden partikulären organischen Materials und es wurden eine Vielzahl von biogeochemischen Untersuchungen von Proben aus der Wassersäule und mit einem Multi-Corer gesammelten Sedimentproben durchgeführt. Weiterhin zu erwähnen sind drei erfolgreich abgeschlossene Einsätze der Biogeochemischen Lander Observatorien (BIGO).

Die übergeordnete Zielsetzung der Forschungsreise ist eine quantitative Erfassung der benthischen und pelagischen Umwandlungsprozesse von Nährstoffen und Spurenmetallen. Anders als bei vorangegangenen Messprogrammen in Sauerstoffminimumzonen fokussieren sich unsere Untersuchungen auch auf die Kopplung zwischen pelagischen und benthischen Stoffumsätzen, da Nährstoff- und



Aussetzen eines biogeochemischen Lander Observatoriums. (Photo: J.F. Schubert).

Spurenmetallflüsse in beiden Lebensräumen zeitgleich bestimmt werden.

Im Benthos stattfindende Stoffumsätze werden mit biogeochemischen Lander Observatorien beprobt. Die Lander werden über einen Zeitraum von 40 Stunden am Meeresboden verankert und messen die Veränderungen der Konzentrationen von Nährstoff- und Spurenmetallen in benthischen Kammern, die automatisch in das Sediment gefahren werden.

Während der Aussetzphasen der BIGOS werden an den gleichen Positionen mikrobakterielle Stoffumsatzraten in verschiedenen Tiefen der Wassersäule bestimmt. Bei den vom Max-Planck Institut für Marine Mikrobiologie durchgeführten Messungen werden die Raten durch unterschiedliche Inkubationen mit ^{15}N , ^{13}C und ^{18}O markierten Verbindungen quantifiziert und genetische Untersuchungen für die Identifizierung und Quantifizierung von Bakterienstämmen durchgeführt.



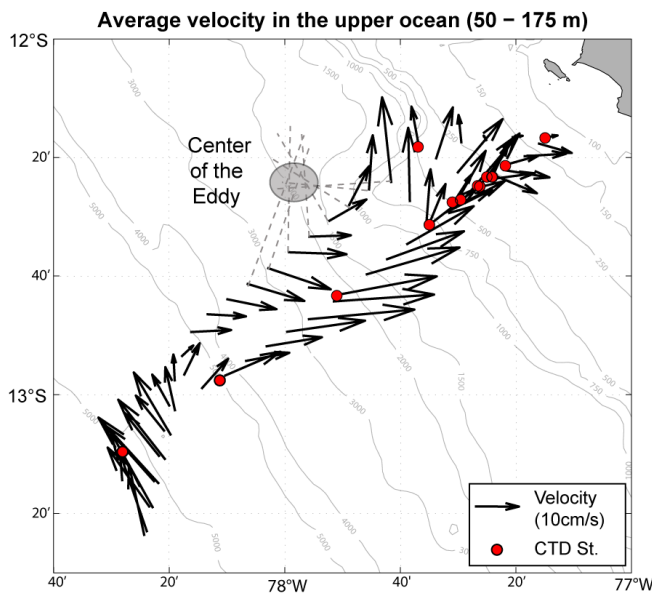
Aussetzen einer Verankerung mit einer am Draht profilierenden CTD und eines Strömungsmessers (Moored Profiler, Photo: M. Dengler).

Die mikrobakteriellen Stoffumsatzraten im Benthos und in der Wassersäule sind mit physikalischen Transportprozessen von Nährstoffen und Spurenmetallen verknüpft. Durch die quantitative Erfassungen von advektiven und diffusiven Nährstoff- und Spurenmetallflüssen in der Wassersäule wird zusammen mit den benthischen Nährstoffflüssen ein benthisch-pelagisches Nährstoff- und Spurenmetallbudget aufgestellt, mit dem die Verlustraten von Nährstoffen abgeschätzt werden. Für die Bestimmung der physikalischen Transportprozesse setzen wir mit Strömungsmessern versehene Verankerungen aus, führen schiffsgebundene Nährstoffkonzentrations-, Strömungs-, Schichtungs- und Turbulenzmessungen durch und setzen mit Turbulenzsonden und Nährstoffsensoren versehene Gleiter ein.



Links: Aussetzen einer treibenden Sedimentfalle. Absinkendes organisches Material wird in den in verschiedenen Tiefen angebrachten Zylindern gefangen und konserviert (Photo: J.F. Schubert). Rechts: Frederic, Carolina und Jon bei der Vorbereitung einer Sedimentfalle (Photo: M. Dengler).

Bis heute ist die Variabilität von absinkendem partikulärem organischem Material aus den lichtdurchfluteten oberen Ozeanschichten in Sauerstoffminimumzonen kaum quantifiziert worden. Auf unserer Fahrt ermitteln wir diese Export und Abbauraten in der Wassersäule durch treibende Sedimentfallen und durch Messung von Thorium Konzentrationen mittels insitu Pumpen. Im Vordergrund stehen dabei Untersuchungen zum Einfluss des Sauerstoffgehalts der Wassersäule auf die Abbauraten und die Veränderungsmuster von organischen geochemischen Tracern während der Abbauprozesse. Bisher konnten wir 2 der 4 geplanten Sedimentfallen-



Mit METEOR gemessene mittlere Strömungen zwischen 50m und 175m Tiefe (Pfeile). Die Daten lassen einen ausgeprägten antizyklonal rotierenden Wirbel mit einem nördlich gelegenen Zentrum bei etwa 12°20'S, 78°W vermuten. (Graphik: J. Lüdke)

einsätze erfolgreich abschließen. Die Zylinder der beiden Fallen kamen gut gefüllt wieder an Deck was eine erfolgreiche Auswertung der Proben erwarten lässt. Eine dritte Sedimentfalle ist bereits in einer Wassertiefe von 5000m bei 12°S ausgebracht worden.

Ein zuerst überraschendes Strömungsereignis offenbarte sich uns während der ersten Messungen auf dem 12°S Schnitt. Die mit METEOR's Ocean Surveyor gemessenen Strömungsprofile über dem Kontinentalabhang zeigten nicht den erwarteten Peruanischen Unterstrom, sondern eine starke auf die Küste gerichtete Strömung mit

einem Kern in ca. 100m Tiefe. In den nachfolgenden Tagen konnte das Strömungsbild durch Transitstecken zu Sedimentfallenaufnahmen erweitert werden. Vermutlich befindet sich nördlich unseres 12°S Schnitts ein gegen den Uhrzeigersinn rotierender Wirbel, welcher sich erst wenige Tagen vor unserer Ankunft gebildet hat. Durch die am östlichen Rand entstehenden Wirbel wird ein erhöhter Austausch von Nährstoffen zwischen der Küstenregion und offenem Ozean hervorgerufen. Sie spielen daher eine wichtige Rolle für die Aufrechterhaltung der hohen Produktivität im Auftriebsgebiet vor Peru. Weitere Messungen zu den physikalischen und biogeochemischen Eigenschaften des Wirbels werden momentan geplant.

Am gestrigen Samstag haben wir den Abschluss der ersten Hälfte unserer Reise gebühlich mit einem Grillfest an Deck zelebriert. Die Stimmung an Bord, das Essen und die Zusammenarbeit mit dem Kapitän und der Mannschaft ist weiterhin hervorragend.

Herzliche Grüße aus dem tropischen Südpazifik

Marcus Dengler und die Fahrtteilnehmer der Reise M136

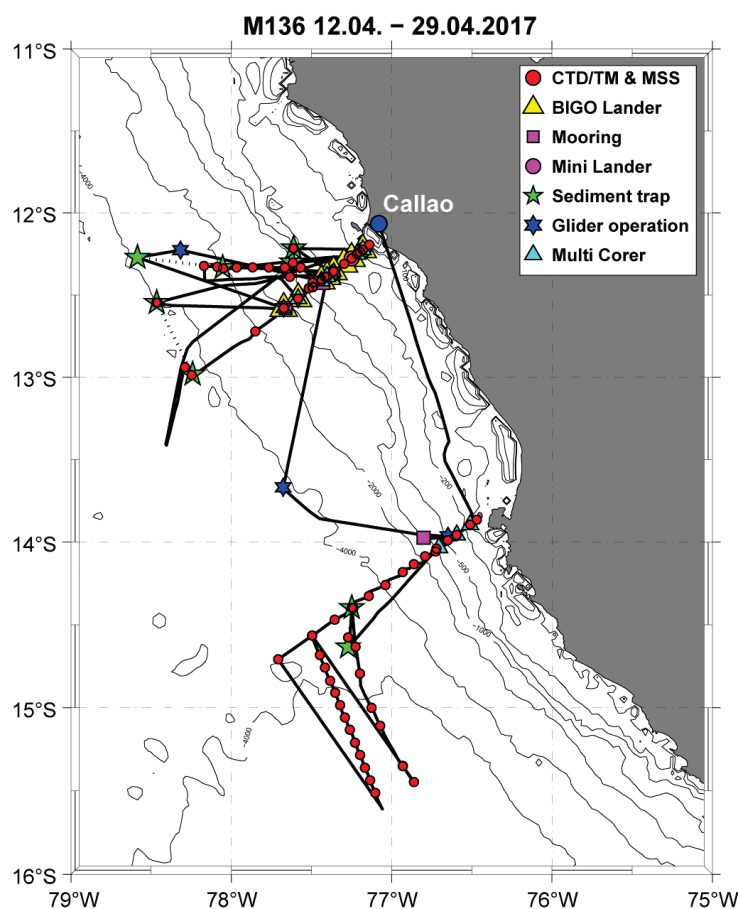
M136

(11.04. – 3.05.2017)



3. Wochenbericht vom 30. April 2017

In der dritten Woche konnten wir den Großteil unserer Arbeiten auf dem 12°S Schnitt erfolgreich abschließen. Insgesamt wurden auf der Fahrt bisher über 250 Stationen mit sehr unterschiedlichen Observatorien beprobt. Auf über 90 CTD und 17 weiteren Trace Metal CTD Stationen haben wir den Sauerstoffgehalt und die Hydrographie vermessen und Wasserproben für Nährstoffanalysen und eine Vielzahl von anderen biogeochemischen Analysen gesammelt. Zusätzlich wurde auf über 40 Stationen die Stärke der Turbulenz in den oberen Schichten des Ozeans beprobt. Die 8 geplanten BIGO Lander Einsätze für die Quantifizierung der natürlichen Stoffflüsse zwischen Sediment und Wassersäule wurden erfolgreich abgeschlossen. Für die Analyse von Sedimentproben wurden zusätzlich 9 Einsätze mit dem Multicorer gefahren. Auch konnten wir aus allen 4 eingesetzten treibenden Sedimentfallen hervorragendes Probenmaterial für die Analysen des Kohlenstoffexports sammeln. Der längerfristige Kohlenstoffexport wurde dabei zusätzlich an 8 Stationen anhand von Messungen der

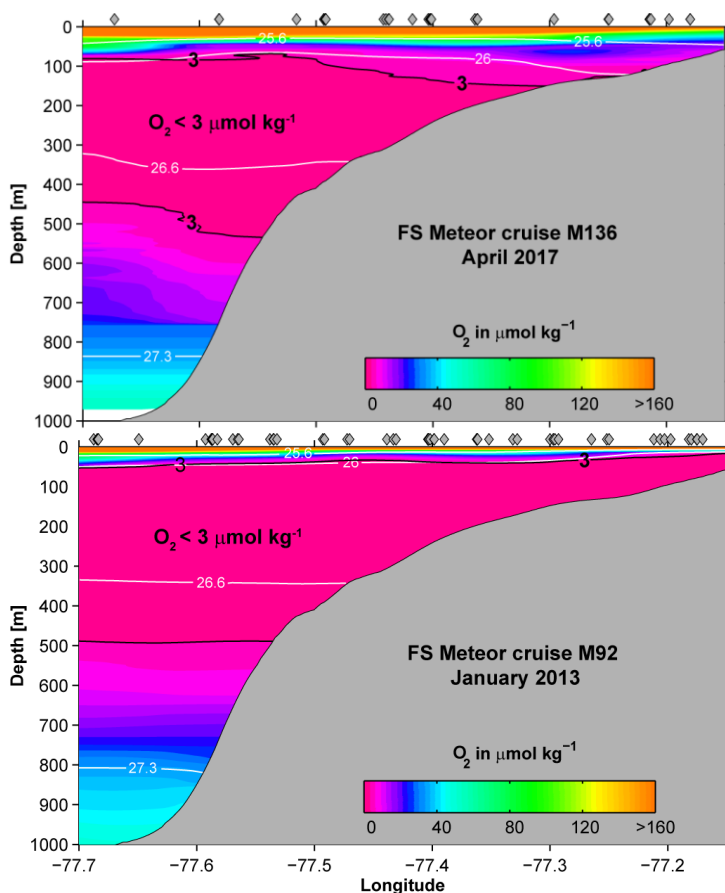


Stationskarte der M136 Fahrt bis einschließlich 29.4.

Thoriumkonzentrationen durch am Draht gefierten in-situ Pumpen bestimmt. Die 6 geplanten Verankerungen mit Strömungsprofilmessern und Sauerstoff-, Temperatur-, und Salzgehaltsloggern wurden auf dem Kontinentalabhang erfolgreich ausgebracht. Sie werden auf der übernächsten METEOR Fahrt M138 von unseren Kollegen wieder aufgenommen. Mit der für morgen geplanten letzten Auslegung eines Gleiters beproben 4 mit zusätzlichen Turbulenz- und Nitratsensoren bestückte autonome Messplattformen die Variabilität im nördlichen Untersuchungsgebiet. Für die Analyse von

Fronten und Filamenten haben wir über 1200 oberflächennahe CTD Profile mit dem Rapid Cast System gemessen. Hinzu kommen 9 Einsätze des Snow Catchers und 4 Probennahmen mit einem Bodenwasserschöpfer. In den verbleibenden zwei Tagen auf See wollen wir nun die letzten Datenlücken schließen.

Obwohl eine Vielzahl der gesammelten Proben erst in den Laboren in Kiel und Bremen ausgewertet werden können zeigen die ersten Datenanalysen sehr

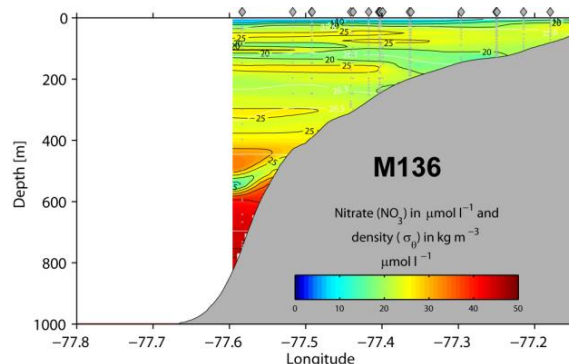
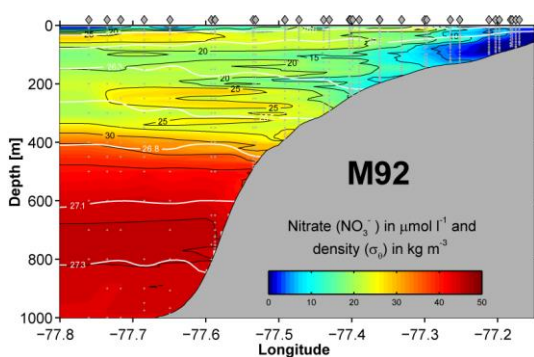


Sauerstoffverteilung (Farbkontouren) und Linien gleicher Dichte (weiße Linien, in kgm^{-3}) entlang der 12°S Schnitts während M136 (oben) und während der im Januar 2013 durchgeführten M92 Fahrt.

interessante Verteilungsmuster von Sauerstoff und Nährstoffen entlang des Kontinentalabhanges und auf dem Schelf. Bereits im Januar - Februar 2013 während der METEOR Fahrten M92 und M93 wurde der 12°S Schnitt intensiv beprobt. Mit der Wiederholung der Messungen während M136 und auch während der nachfolgenden M137 Fahrt wollen wir die Variabilität der Stoffflüsse und der Stoffumsätze quantitativ erfassen. Besonders fasziniert hat uns die im Vergleich zu den früheren Fahrten veränderte vorgefundene Sauerstoffverteilung. Große Teile der Wassersäule über dem Kontinentalabhang und Schelf sind durch sauerstoffreiche warme Wassermassen besetzt,

die laut der schiffsgebundenen Strömungsmessungen nach Süden setzen. Anders als im Januar 2013 finden sich anoxische Bereiche der Wassersäule erst in Wassertiefe von deutlich unter 100m. Im Januar 2013 waren entlang des gesamten oberen Kontinentalabhanges und dem Schelf anoxische Bedingungen in Tiefen unter 40m ausgeprägt. Den Ursprung des warmen und sauerstoffreichen Wassers konnten wir bisher nicht eindeutig klären. Allerdings vermuten wir, dass das Wasser aus der Nähe des Äquators stammt da dort Wassermassen mit sehr ähnlichen Eigenschaften mit großen Volumina anzutreffen sind. Eventuell steht das polwärtige Abfließen dieser warmen Wassermassen auch in Zusammenhang mit dem starken El Nino Ereignis von 2015/2016.

Das sauerstoffreiche Wasser über dem oberen Kontinentalabhang und dem Schelf hat auch zu starken Veränderungen der biogeochemischen Prozessen in den Sedimenten geführt. Im Januar 2013 war aufgrund der anoxischen Verhältnisse der Meeresboden vom Schelf bis in einer Tiefe von 300m mit fadenförmigen *Marithioploca* Bakterien überdeckt. Diese Bakterien speichern Nitrat in ihren Zellen um Sulfide im Porenwasser zu entgiften und verhindern dabei den Fluss von Sulfiden vom Sediment in die Wassersäule. Auf dieser Fahrt konnten wir das Auftreten der Bakterienkolonien nur in Tiefen größer als 100m nachweisen. Auf dem Schelf waren sie nicht vorhanden. Anhand der mit den BIGO Landern durchgeführten Stoffflussmessungen erwarten wir Aufschlüsse über die Rolle der Bakterien für den Austausch von Nährstoffen und Sulfiden zwischen dem Sediment und Wassersäule.



Nitratverteilung entlang von 12°S im Januar 2013 (links oben) und während M136 (rechts oben). Sedimentprobe eines Multicorers von 12°S aus 74m Tiefe von January 2013 (links unten) und während M136 (rechts unten). (Obere Graphiken J. Luedke, Photos: A. Dale)

Auch konnte in der Wassersäule eine Abhängigkeit der Produktion von bakterieller Biomasse und bakterielle extrazelluläre Enzymaktivität von der Sauerstoffkonzentration mit an Bord durchgeführten Inkubationen nachgewiesen werden. Zudem wurde eine höhere bakterielle Aktivität in Wassermassen nahe der Küste beobachtet.



Wissenschaftliche Teilnehmer der M136

Am Mittwoch früh werden wir in Callao einlaufen. Damit steht eine erfolgreiche aber auch sehr arbeitsintensive Forschungsfahrt kurz vor dem Ende. Wir danken Kapitän Schubert und seiner Mannschaft für die hervorragende Zusammenarbeit. Die Besatzung von FS METEOR trägt einen großen Anteil an den sehr erfolgreich verlaufenden Arbeiten, die aber nicht zuletzt auch dem großen Engagement der Wissenschaftler und Techniker zu verdanken ist.

Etwa die Hälfte der wissenschaftlichen Teilnehmer wird an der nachfolgenden Fahrt M137 teilnehmen, die in ihrer Zielsetzung eng mit der M136 Fahrt verknüpft ist.

Herzliche Grüße aus dem tropischen Südpazifik

Marcus Dengler und die Fahrtteilnehmer der Reise M136