

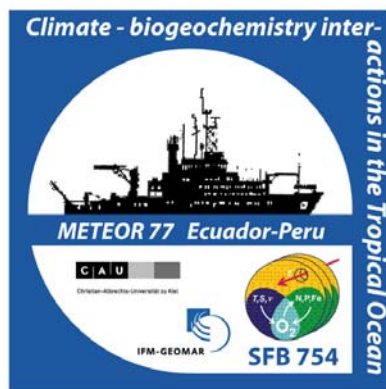


**Forschungsschiff**

# **METEOR**

**Reise Nr. 77**

**22. 10. 2008 – 18. 02. 200**



**Klima - biogeochemische Wechselwirkungen im tropischen Ozean der  
SO-Amerikanischen Sauerstoffminimumzone**

*SFB754/SE Pacific*

Herausgeber:

Institut für Meereskunde Universität Hamburg  
Leitstelle METEOR / MERIAN  
[www.ifm.uni-hamburg.de/leitstelle](http://www.ifm.uni-hamburg.de/leitstelle)

Gefördert durch :

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

ISSN 0935-9974

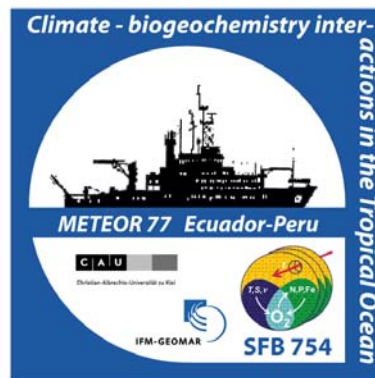


**Forschungsschiff / *Research Vessel***

# **METEOR**

**Reise Nr. 77 / *Cruise No.77***

**22. 10. 2008 – 18. 02. 2009**



**Climate- Biogeochemistry interactions in the tropical ocean of the  
SE-American oxygen minimum zone**

***SFB754/SE Pacific***

**Herausgeber / *Editor:***

**Institut für Meereskunde Universität Hamburg  
Leitstelle METEOR / MERIAN  
[www.ifm.uni-hamburg.de/leitstelle](http://www.ifm.uni-hamburg.de/leitstelle)**

**Gefördert durch / *Sponsored by:***

**Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)**

**ISSN 0935-9974**

## **Anschriften / Adresses**

- Dr. Olaf Pfannkuche**  
IFM-GEOMAR  
Leibniz-Institut für Meereswissenschaften  
an der Universität Kiel  
Wischhofstrasse 1-3  
D-24148 Kiel / Germany
- Telefon: +49 (0)431 600-2113  
Telefax: +49 (0)431 600-2928  
e-mail: [opfannkuche@ifm-geomar.de](mailto:opfannkuche@ifm-geomar.de)
- Prof. Dr. Ralph Schneider**  
Institut für Geowissenschaften  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Ludewig-Meyn-Strasse 10  
D-24118 Kiel / Germany
- Telefon: +49 431 880 1457  
Telefax: +49 431 880 4376  
e-mail: [Schneider@gpi.uni-kiel.de](mailto:Schneider@gpi.uni-kiel.de)
- Prof. Dr. Martin Frank**  
IFM-GEOMAR  
Leibniz-Institut für Meereswissenschaften  
an der Universität Kiel  
Wischhofstrasse 1-3  
D-24148 Kiel / Germany
- Telefon: +49 (0)431 600-2218  
Telefax: +49 (0)431 600-2925  
e-mail: [mfrank@ifm-geomar.de](mailto:mfrank@ifm-geomar.de)
- Dr. Lothar Stramma**  
IFM-GEOMAR  
Leibniz-Institut für Meereswissenschaften  
an der Universität Kiel  
Düsternbrooker Weg 20  
D-24105 Kiel / Germany
- Telefon: +49 (0)431 600-4103  
Telefax: +49 (0)431 600-4102  
e-mail: [lstramma@ifm-geomar.de](mailto:lstramma@ifm-geomar.de)
- Leitstelle Meteor/Merian**  
Institut für Meereskunde  
Universität Hamburg  
Bundesstraße 53  
D-20146 Hamburg
- Telefon: +49-40-428-38-3974  
Telefax: +49-40-428-38-4644  
e-mail: [leitstelle@ifm.uni-hamburg.de](mailto:leitstelle@ifm.uni-hamburg.de)  
[www.ifm.uni-hamburg.de/leitstelle](http://www.ifm.uni-hamburg.de/leitstelle)
- Reederei F. Laeisz (Bremerhaven) G.m.b.H.**  
Brückenstrasse 25  
D-27668 Bremerhaven / Germany
- Telefon: +49-471-94 54 90  
Telefax: +49-471-94 54 913  
e-mail: [research@laeisz.de](mailto:research@laeisz.de)  
[www.laeisz.de](http://www.laeisz.de)
- Senatskommission für Ozeanographie**  
der Deutschen Forschungsgemeinschaft  
Vorsitzender : Prof. Dr. Karin Lochte  
Postfach 120161  
D-27515 Bremerhaven / Germany
- Telefon: +49-471-4831-1100  
Telefax: +49-471-4831-1102  
e-mail: [karin.lochte@awi.de](mailto:karin.lochte@awi.de)

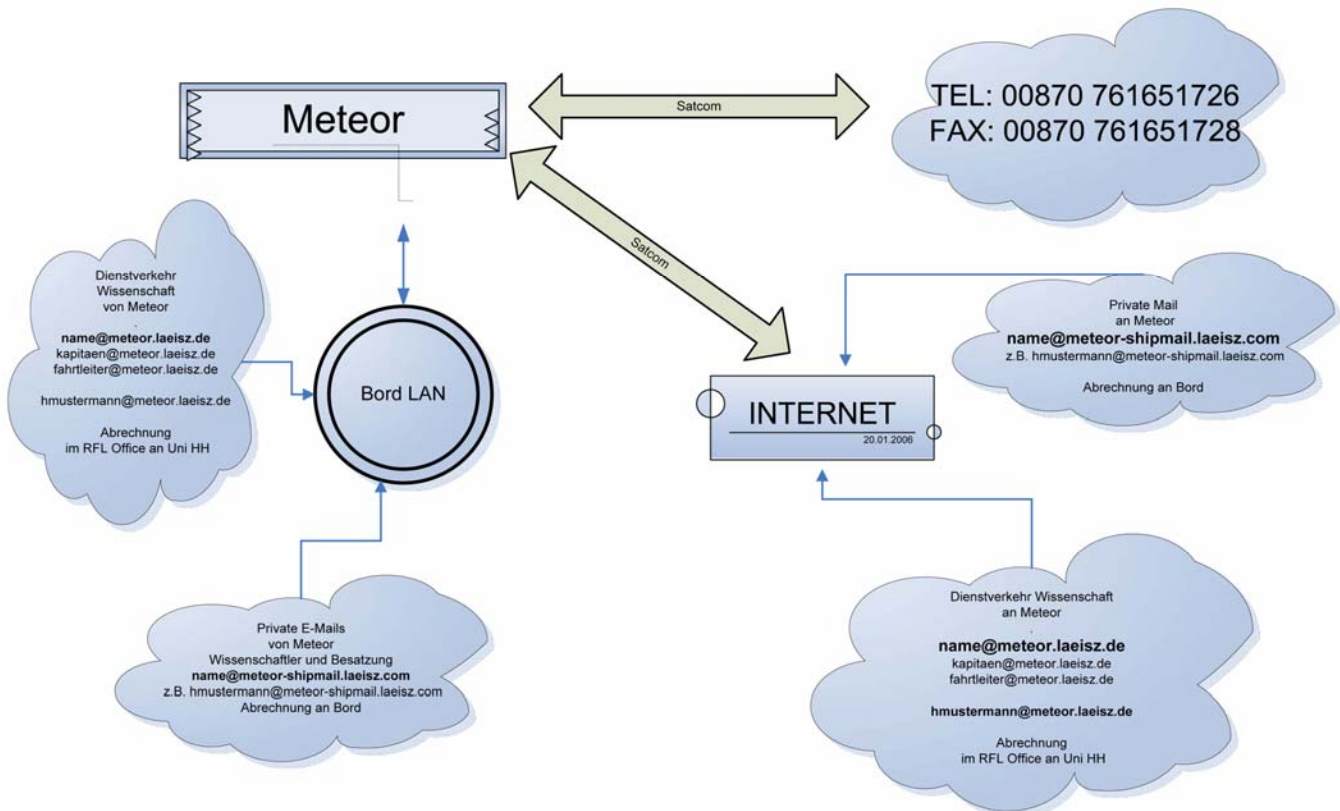
## Forschungsschiff / *Research Vessel* METEOR

Rufzeichen:	DBBH
Telefon/Fax-Satellitenkennung:	alle Satelliten 00870
Telefon-Nr.:	76 165 1726
Telefax-Nr.:	76 165 1728
Telex-Satellitenkennung	Atlantik Ost 0581
	Atlantik West 0584
	Pazifik 0582
	Indik 0583
TelexNr.:	421120698
E-Mail: (Schiffsleitung)	kapitaen@meteor.laeisz.de
(Fahrtleiter/Chief scientist)	fahrtleiter@meteor.laeisz.de
(dienstliche/official)	name@meteor.laeisz.de
(private/personal)	name@meteor-shipmail.laeisz.com

Each cruise participant will receive e-mail addresses composed of the first letter of his first name and the last name. Hein Mück, e.g., will receive the address:

*hmueck@meteor.laeisz.de* for official correspondence (paid by the Meteor Leitstelle)

*hmueck@meteor-shipmail.laeisz.com* for personal correspondence (to be paid on bord)



Organisationschema der E-Mail-Verbindung Land - Schiff.

**Fahrtabschnitte METEOR Reise Nr. 77**  
*Legs of METEOR Cruise No. 77*

**22. 10. 2008 – 18. 02. 2009**

***SFB754/SE Pacific***

<b>Fahrtabschnitt / Leg M77/1</b>	22.10.2008 – 21.11.2008 Talcahuano (Chile) – Callao (Peru) Fahrtleiter / <i>Chief Scientist</i> : Dr. Olaf Pfannkuche
<b>Fahrtabschnitt / Leg 77/2</b>	24.11.2008 – 22.12.2008 Callao (Peru) – Guayaquil (Ecuador) Fahrtleiter / <i>Chief Scientist</i> : Prof. Ralph Schneider
<b>Fahrtabschnitt / Leg M77/3</b>	27.12.2008 – 24.01.2009 Guayaquil (Ecuador) – Callao (Peru) Fahrtleiter / <i>Chief Scientist</i> : Prof. Dr. Martin Frank
<b>Fahrtabschnitt / Leg M77/4</b>	27.01.2009– 18.02.2009 Callao (Peru) – Colon (Panama) Fahrtleiter / <i>Chief Scientist</i> : Dr. L. Stramma
<b>Koordination / <i>Coordination</i></b>	Dr. Olaf Pfannkuche
<b>Kapitän / <i>Master</i> METEOR</b>	Baschek

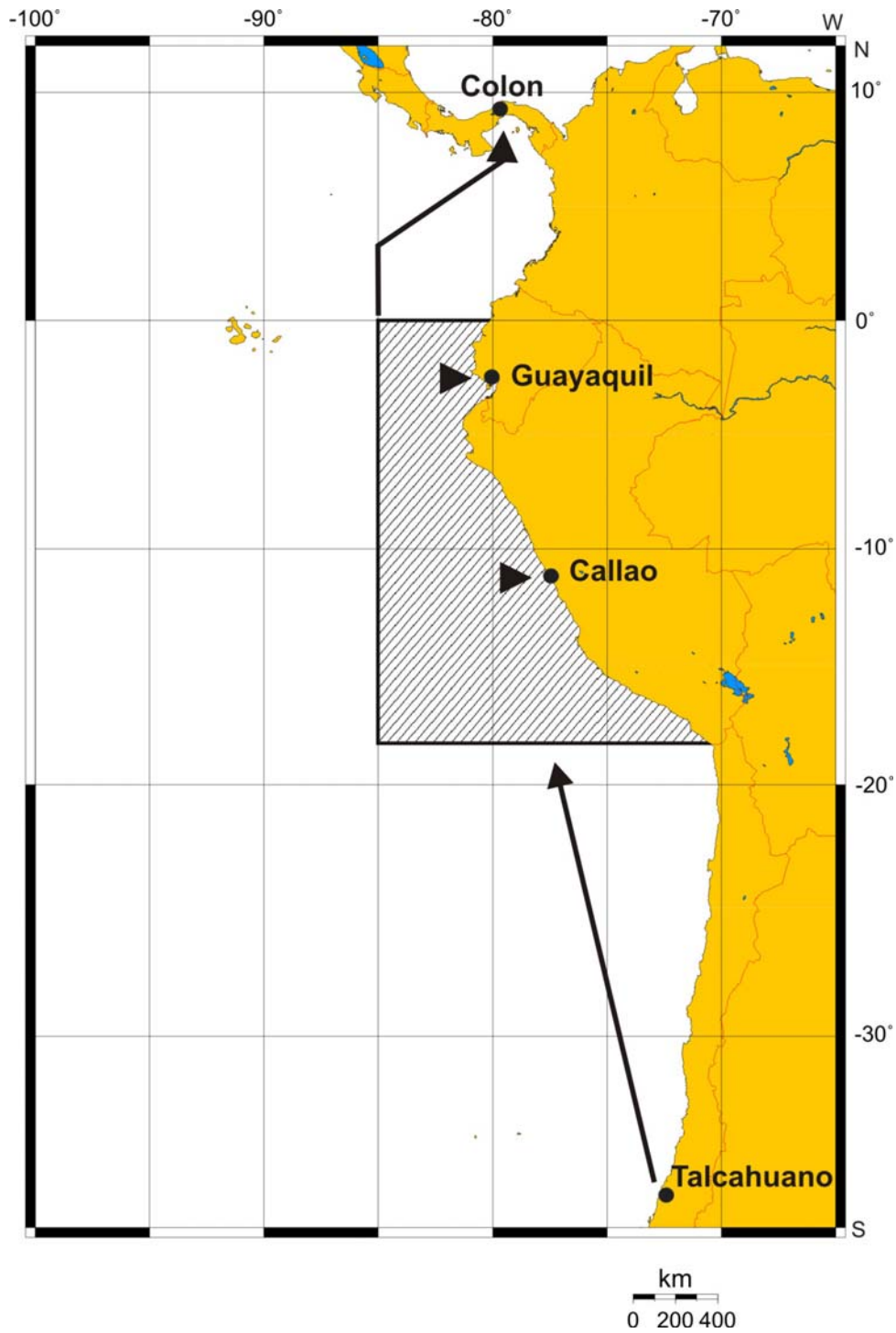


Abb. 1: Geplante Fahrtrouten , Arbeitsgebiete und Häfen der METEOR Expedition M77.

*Fig. 1: Planned cruise track, working areas and harbours of METEOR cruise M77.*

## Wissenschaftliches Programm der METEOR Reise Nr. 77

### *Scientific Programme of METEOR Cruise No. 77*

#### Übersicht

Das deutsche Forschungsschiff METEOR unternimmt von Mitte Oktober 2008 bis Mitte Februar 2009 eine Forschungsreise in den süd-östlichen tropischen Pazifik. Das Thema ist die Untersuchung der Sauerstoffminimumzone (OMZ) im Bereich des Küstenauftriebsgebiets vor Peru und zu einem geringeren Anteil vor Ecuador. Die Untersuchungen finden im Rahmen des in diesem Jahr neu an der Universität Kiel eingerichteten und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereichs 754 „Klima – biogeochemische Wechselwirkungen im tropischen Ozean“ statt.

Die Sauerstoffbedingungen im Ozean werden durch das Zusammenwirken von physikalischen, biologischen und geochemischen Prozessen kontrolliert. Sauerstoffquellen sind die Atmosphäre und Photosynthese. Zirkulation und Durchmischung transportieren Sauerstoff aus dem oberflächennahen Bereich in große Tiefen. Gleichzeitig wird ein Teil des Sauerstoffs im gesamten Ozean durch den Abbau organischer Substanz wieder aufgezehrt. Beide Prozesse reagieren sensibel auf klimatische Veränderungen im Ozean. Die Kernregionen mit stark reduziertem Sauerstoffgehalt sind heute auf die Sauerstoffminimum-Zonen (SMZ) in den Tropen beschränkt. Änderungen in diesen regionalen SMZ können sich durch die Ozeanzirkulation aber auch auf den globalen marinen Nährstoffhaushalt auswirken. Auf diese Weise kontrolliert die Sauerstoffverteilung im Ozean die Verfügbarkeit von Nährstoffen wie Stickstoff, Phosphor oder Eisen und kann deshalb beim Unterschreiten bestimmter Schwellenwerte radikal wirkende, mikrobiologische und chemische Prozesse in der Wassersäule und in den Ozeansedimenten in Gang setzen. Daher können derartige Schwellenwerte als „Schaltpunkte“ für die Nährstoffverteilung im Ozean betrachtet werden. Klimatisch erzeugte Änderungen in der Ausdehnung von SMZ können wieder-

#### Synopsis

*A research cruise with the German research vessel METEOR to the south-eastern tropical Pacific is carried out for the period end of October 2008 to mid of February 2009. Main research topic is the investigation of the oxygen minimum zone (OMZ) in the coastal upwelling areas off Peru and to a lesser extent off Ecuador. The research will be carried out in the context of the new Sonderforschungsbereich 754 at the University of Kiel, "Climate – Biogeochemistry Interactions in the Tropical Ocean" which started this year and is funded by the German Research Council (DFG).*

*Oceanic oxygen levels are controlled by the interplay of physics and biology. Circulation and mixing transport oxygen into the ocean interior from the near-surface where it is produced by photosynthesis and exchanged with the atmosphere. Oxygen consumption occurs throughout the ocean and is fuelled by organic matter sinking out of surface waters into the depths. Both the supply and consumption of oxygen are sensitive to climate change in ways that are not fully understood.*

*Major changes to marine sources and sinks of important nutrient elements such as nitrogen, phosphorus and iron occur when oceanic oxygen concentrations decrease below threshold levels. On crossing the threshold, radically different microbial and chemical processes start to operate. Oxygen levels can therefore be viewed as a "switch" or "tipping point" for nutrient cycling.*

*The Oxygen Minimum Zones (OMZs) of the tropics are the key regions of low oxygen in today's ocean. The effects of oxygen-dependent nutrient cycling in these relatively small regions are carried into the rest of the ocean by the circulation. Hence "small" OMZs can impact nutrient budgets, biological productivity and CO<sub>2</sub>-fixation of*

um starke biogeochemische Reaktionen durch Effekte auf die biologische Produktion und die CO<sub>2</sub> Aufnahme aus der Atmosphäre und damit auch wieder auf das Klima hervorrufen.

Aus der geologischen Vergangenheit sind Zeitabschnitte mit dramatisch reduziertem Sauerstoffgehalt im Ozean bekannt. Dies hatte extreme Auswirkungen auf die damaligen marinen Ökosysteme bis hin zu Massenaussterben. Derartige anoxische Ereignisse, z.B. im Perm oder in der Kreidezeit, traten bei sehr warmem Klima und sehr hohen CO<sub>2</sub> Gehalten in der Atmosphäre auf. Simulationen mit Klimamodellen weisen auf eine Abnahme der Sauerstoffgehalte bei zunehmender Erwärmung und weiterem Anstieg der atmosphärischen CO<sub>2</sub> Gehalte in den nächsten Dekaden hin. Der zukünftige Ozean könnte deshalb starke biogeochemische Veränderungen mit positiven und negativen Rückkoppelungseffekten auf das Klima erfahren, erzeugt durch Wechselwirkungen zwischen Sauerstoffgehalt, Nährstoffhaushalt, biologischer Produktivität und Stofftransport aus Sedimenten. Die Intensität und Konsequenzen solcher Rückkoppelungseffekte sowie die auslösenden „Schaltpunkte“ sind aber weder für die Vergangenheit noch für den heutigen Ozean wirklich bekannt. Die Vorhersage von globalen Konsequenzen für das Klima durch weiter abnehmende Sauerstoffgehalte ist deshalb noch nicht möglich.

Der neue SFB soll helfen, die O<sub>2</sub>-Schwellenwerte und damit die „Schaltpunkte“ für radikale Änderungen im Wechselspiel von Klima und Biogeochemie des tropischen Ozeans besser zu definieren. Hierzu sollen folgende Kernfragen beantwortet werden: Wie reagieren die tropischen SMZ auf Änderungen in der Ozeanzirkulation und Ventilation des tiefen Ozeans? Wie reagieren Senken und Quellen von Nährstoffen auf Veränderungen im Sauerstoffgehalt? Was sind die Größenordnungen, Zeitskalen, und wichtigsten Kontrollmechanismen von früheren, heutigen und zukünftigen Veränderungen im ozeanischen Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt? Durch den SFB wird ein besseres Verständnis über die Koppelung

*the global ocean.*

*Paleo-records from the late Permian and Cretaceous give evidence for periods of dramatically reduced oceanic oxygen levels that had major consequences for marine ecosystems (including mass extinctions). Major low oxygen events, including Cretaceous Ocean Anoxic Events, were associated with warmer climates and higher atmospheric CO<sub>2</sub> levels. Recent modelling results suggest that oceanic oxygen levels will decrease significantly over the next decades in response to high atmospheric CO<sub>2</sub>, climate change, and altered ocean circulation.*

*Hence the future ocean may experience major shifts in nutrient cycling triggered by expansion and intensification of tropical OMZs. There are numerous feedbacks between oxygen levels, nutrient cycling and biological productivity. Positive biogeochemical feedbacks would accelerate climate-initiated oxygen depletion and the spreading of the oxygen minimum zones. Such changes would have profound global consequences for the future ocean, as they have had in the past. However, our existing knowledge is insufficient to understand past interactions or to adequately assess the potential for future change.*

*The SFB 754 addresses what we consider to be a newly recognised ‘tipping point’ of the global climate-biogeochemistry system. Specifically, the following key questions will be addressed: How does subsurface dissolved oxygen in the tropical ocean respond to changes in ocean circulation and ventilation? What are the sensitivities and feedbacks linking low oxygen levels and key nutrient source and sink mechanisms? What are the magnitudes, timescales and controlling factors of past, present and likely future variations in oceanic oxygen and nutrient levels? The overall goal is to improve understanding of the coupling of tropical climate variability and circulation with the ocean’s oxygen and nutrient balance, to*



zwischen Klimavariabilität, O<sub>2</sub>-Gehalt und Biogeochemie im tropischen Ozean erwartet. Dies soll eine genauere Vorhersage von zukünftigen biogeochemischen Veränderungen im Ozean und den damit verbundenen klimatischen Konsequenzen erlauben. Der SFB verbindet die Untersuchung von klimatisch-biogeochemischen Wechselwirkungen und O<sub>2</sub>-Schwellenwerten im heutigen Ozean mit solchen die in der Vergangenheit gewirkt haben. Es sollen Experimente mit Tracern durchgeführt, biochemisches Planktonverhalten untersucht, sowie gekoppelte Klimasimulationen (Atmosphäre-Ozeanographie-Biogeochemie) gerechnet und mit Messungen der heutigen Sauerstoff- und Nährstoffbedingungen verglichen werden. Diese sollen durch die Einbeziehung von Rekonstruktionen zur Variabilität von SMZs unter anderen klimatischen Randbedingungen (Holozän und Kreide) eine umfassende Synthese zu den vielfältigen Aspekten der Klima-Biogeochemischen Wechselwirkungen im tropischen Ozean ermöglichen. Hierfür werden Forschungsgebiete wie chemische und physikalische Ozeanographie, marine Ökologie, molekulare Biologie, Biogeochemie der Sedimente, Paläozeanographie und Geologie sowie Klima- und biogeochemische Modellierung eng zusammenarbeiten. Die Arbeiten beginnen zunächst im tropischen Ostatlantik und Ostpazifik und werden durch mehrere Forschungsexpeditionen unterstützt. Mittelfristig sollen die Untersuchungen und Simulationen dann für beide Regionen zusammengeführt und durch die Zusammenarbeit mit anderen Arbeitsgruppen im Rahmen nationaler und internationaler Meeressforschungsprogramme verstärkt werden.

Die Expedition ist in vier Abschnitte untergliedert:

#### **Fahrtabschnitt M 77/1**

Das Hauptthema der Arbeiten von Abschnitt 1 beinhaltet in situ Messungen der Austauschraten und die Ermittlung der Flüsse von Stickstoffverbindungen, Nährstoffen, Spurenmetallen, Phosphat und Eisen über die Sediment-Wasser-Grenzschicht. Parallel zu den Messungen unter natürlichen Bedin-

*quantitatively evaluate the nature of oxygen-sensitive tipping points, as well as to assess consequences for the Ocean's future.*

*To address these questions we will study interactions, tracers, mechanisms and thresholds operating in the present-day tropical ocean as well as examine new records of past changes. The SFB will link experimental studies with the development of improved models of redox-sensitive processes involving multiple bio-reactive elements: the biogeochemical models will be integrated with state-of-the-art models of climate change and ocean circulation. The initial regional foci are on the South East Pacific Ocean and the North East Atlantic Ocean. Addressing the SFB goals requires multidisciplinary study. The SFB builds upon wide-ranging expertise available in Kiel, including chemical and physical oceanography, sediment biogeochemistry, marine ecology, molecular microbiology, paleoceanography, geology, as well as climate and biogeochemical modelling.*

*The expedition is divided into four legs.*

#### **Leg M 77/1**

The major focus of leg 1 lies on the in situ measurements of turnover and fluxes of nitrogen compounds, nutrients, trace metals, phosphate and iron across the sediment-water interface at variable oxygen concentrations of the bottom water. In parallel to these measurements of the natural environ-

gungen sollen der Einfluss von variablen Sauerstoffbedingungen im Bodenwasser durch *in situ* Experimente zur Ermittlung der Schwellenwerte für Umschlagpunkte im benthischen Stickstoff- und Nährstoffkreislauf bestimmt werden.

Weitere Schwerpunkthemen von Abschnitt 1 sind die Untersuchungen der benthischen Bakterien und Foraminiferen Gemeinschaften, die Geochemie der Sedimente als auch paläozeanographische und paläoklimatologische Untersuchungen (beschrieben unter Fahrtabschnitt 2).

Der Schwerpunkt der Untersuchungen umfasst die Bestimmung und Quantifizierung des Einflusses von unterschiedlichen Sauerstoff- und Redox-Verhältnissen auf die qualitative (Speziation) und quantitative Bildung von Stickstoffflüssen ( $N_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ) sowie  $Fe^{2+}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $O_2$ , and  $SO_4^{2-}$

Übergeordnete Arbeitsziele sind:

Die Bestimmung der natürlichen Flüsse (in situ) von Stickstoffverbindungen, Spurenelementen sowie von Sulfat, Sauerstoff, Eisen und Phosphat an der Sediment-Wasser-Grenzschicht an Probenorten, die den natürlichen Sauerstoffgradienten des Bodenwassers repräsentieren, mit benthischen Observatorien (Landertechnologie).

In situ Experimente bei unterschiedlichen Sauerstoffbedingungen zur Ermittlung der Schwellenwerte für die Erzeugung unterschiedlicher Stickstoffverbindungen.

Regionale Abschätzung der Funktion der Bodengrenzschicht (BBL) als Senke für gebundenen Stickstoff.

### **Fahrtabschnitt M 77/2**

Der zweite Fahrtabschnitt dient insbesondere der Durchführung eines paläozeanographisch ausgerichteten Beprobungsprogramms der Wassersäule und der obersten Sedimentschichten auf geologischen und geochemische Beprobungsstationen von der nördlichen Grenze bis zum zentralen Bereich der aktuellen Sauerstoffminimumzone (SMZ). Die Ausfahrt soll Wasser- und Planktonproben, sowie Sedimentkerne zur Untersuchung der Abhängigkeit der tropischen SMZ von klimatisch bedingten paläo-

ment, the effects of variable oxygen availability (thresholds) in the bottom water on N-speciation and release of nutrients shall be determined by additional in situ experiments. Further major activities of this leg comprise biological investigations of benthic bacterial and foraminiferal communities, the geochemistry of OMZ sediments as well as paleoceanographical and paleoclimatological studies (described under leg 2).

Major goal is to determine and quantify the effect of different oxygen/redox regimes on the speciation and in situ magnitude of nitrogen fluxes ( $N_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ )  $Fe^{2+}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $O_2$ , and  $SO_4^{2-}$  across the sediment water interface underlying an extended oxygen minimum zone.

Key issues are:

Determination of natural fluxes of nitrogen species, trace metals as well as sulfate, oxygen, Fe and phosphate across the sediment water interface at selected sites across the oxygen minimum zone with different oxygen conditions using state of the art benthic observatories (lander technology).

In situ experimental determination of the effect of varying bottom water oxygen conditions on the sea bed emission of different N-compounds.

Regional estimate of the sink function of the benthic boundary layer for fixed N.

### **Leg M 77/2**

*During the second leg we will execute a paleoclimate-oriented sampling programme of the water column and uppermost sediment layers. Geological and geochemical sampling sites will be distributed from the northern rim to the central area of the modern oxygen minimum zone (OMZ). We will study how the OMZ responded to past changes in upper-ocean stratification and circulation. Plankton and water samples will provide important data to improve calibration of paleohydrographic and paleo-oxygen*

ozeanographischen Veränderungen im oberflächennahen Ostpazifik auf Zeitskalen von Jahrhunderten bis Jahrtausenden liefern. Die Probenstationen für die Wassersäule und die oberflächennahen, holozänen und glazialen Sedimente sollen nach umfangreicher hydroakustischer Vermessung in 7 Arbeitsgebieten auf dem Schelf und oberen Hang oberhalb, innerhalb und unterhalb der SMZ festgelegt und beprobt werden. Weiterhin sind Untersuchungen der in-situ biogeochemischen Bedingungen an der Wasser-Sediment Grenzfläche bei unterschiedlichen Sauerstoffkonzentrationen im Bodenwasser und Experimente mit variabler Verfügbarkeit von Sauerstoff für biogeochemische Umsatzprozesse am Meeresboden geplant.

### **Fahrtabschnitt M 77/3**

Auf dem dritten Fahrtabschnitt werden biogeochemische und physikalisch-ozeanographische Untersuchungen der Wassersäule der küstennahen Auftriebsgebiete vor Peru durchgeführt.

Ziel wird es einerseits sein, die Lieferpfade von Sauerstoff und Nährstoffen und deren Umsetzung im Küstenauftriebsgebiet über eine detaillierte Erfassung der Wassermassenstrukturen mittels physikalischer, geochemischer, und isotopischer Methoden (Neodym, Silizium, Stickstoff, Cadmium) gekoppelt mit Sauerstoff- und Nährstoffmessungen zu erfassen. Die gewonnenen Daten sollen die Basis für die Anwendung dieser Isotopensysteme in den auf den vorherigen beiden Fahrtabschnitten gewonnenen Sedimenten als Proxies für die Vergangenheit bilden. Die geochemischen Untersuchungen werden komplettiert durch Messungen der Gehalte und der chemischen Speziation von Spurenmetallen (hauptsächlich Eisen, aber auch Mangan, Cadmium, Molybdän, etc.), die zum Teil als limitierende Mikronährstoffe in den Auftriebsgebieten fungieren.

Das zweite Hauptziel der Ausfahrt ist es, Zusammenhänge zwischen der Vergesellschaftung pelagischer Organismen und der

*proxy methods. After extensive sediment acoustic surveys in 7 regional working areas along the shelf and upper slope, sediment cores will be recovered from above, within, and below the OMZ. They will provide the archive to reconstruct surface ocean physical and chemical variability at centennial to millennial time scales together with past OMZ changes over the last ~20.000 years. Further activities will include in situ measurements of turnover and fluxes of nitrogen compounds, trace metals, phosphate and iron in the benthic boundary layer at variable oxygen concentrations of the bottom water. In parallel to analyses of the natural environment, the effects of variable oxygen availability at the seafloor shall be determined by in situ experiments.*

### **Leg M 77/3**

*On the third leg biogeochemical and physical oceanographic investigations of the water column in the near coastal upwelling areas off Peru will be carried out.*

*The first goal of this leg will be the investigation of the supply pathways of oxygen and nutrients and their processing in the coastal upwelling areas. This will be tackled by a detailed investigation of the water mass structures applying physical, geochemical and isotopic methods (neodymium silicon, nitrogen, cadmium) together with oxygen and nutrient measurements. The recovered data will form the basis for the application of these isotope systems as proxies for the past to the sediments recovered on the previous two legs. The geochemical investigations will be complemented by the determination of the concentration and chemical speciation of trace metals (mainly iron, but also manganese, cadmium, molybdenum, etc.), some of which act as limiting micronutrients in the upwelling areas.*

*The second major goal is the investigation of the relationship between pelagic community structure and nutrient*

Nährstoffzusammensetzung in den Küsten-auftriebsgebieten detailliert zu untersuchen. Schwerpunkt ist hier der Stickstoffkreislauf, wobei sowohl Stickstoffverlust und Nährstoffregeneration, als auch Stickstoff-Fixierung entlang der Sauerstoffgradienten von den Zentren der Auftriebszellen nahe der Küste bis in den offenen Ozean systematisch untersucht werden sollen. Besonderes Augenmerk liegt auf den Prozessen, die den Sauerstoffgehalt in der Wassersäule steuern.

#### **Fahrtabschnitt M 77/4**

Der Schwerpunkt des vierten Fahrtabschnitts liegt auf der hydrographischen und chemischen Untersuchungen. Die Fahrt hat zwei Hauptkomponenten: Zum einen soll eine detaillierte Vermessung der heutigen Verteilung der Wassermassen und die Stärke der Sauerstoffminimumzone im südöstlichen tropischen Pazifik durchgeführt werden. Dies geschieht vorrangig mit dem Ziel Änderungen zu früheren Verteilungen festzustellen.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten ist die Erfassung der Verteilung geochemischer Komponenten in der Wassersäule. Für die Untersuchungen der Zirkulation, Wassermassenmischung und des Einflusses der biologischen Produktivität werden Proben von Neodym-, Silizium-, Cadmium- und Stickstoffisotopen sowie von verschiedenen natürlichen Radionukliden gesammelt werden. Deren rezente Verteilung in der Wassersäule kann als ‚Bestandsaufnahme‘ unter den heutigen Zirkulations- und Ventilationsbedingungen angesehen werden und in paläozeanographischen Untersuchungen an den Sedimenten, die auf den ersten beiden Fahrtabschnitten gewonnen wurden, genutzt werden.

*composition in the coastal upwelling areas. The focus will be the systematic investigation of the nitrogen cycle, which includes nitrogen loss and nutrient regeneration, as well as nitrogen fixation along the oxygen gradients from the upwelling centres near the coast to the open ocean. The processes controlling oxygen content will be of central importance.*

#### **Leg M 77/4**

*The fourth leg focuses on hydrographic and chemical investigations. Leg 4 has two main components. One objective is to conduct a detailed survey of the present day distribution of the water masses and the strength of the oxygen minimum zone (OMZ) in the southeastern Pacific. This is mainly carried out to detect changes in comparison to earlier surveys.*

*A second objective is the investigation of the distribution of geochemical components in the water column. For the investigation of circulation, water mass mixing and the influence of biological productivity, samples for the analysis of neodymium, silicon, cadmium and nitrogen isotopes, as well as a number of natural radionuclides will be sampled. Their distribution in the water column can be seen as ‘stock-taking’ under today’s circulation and ventilation conditions and can be used in paleoceanographic investigations of the sediments recovered during the first two legs.*

## **Fahrtabschnitt / Leg M77/1 Von Talcahuano – Nach Callao**

### **Wissenschaftliches Programm**

Das Hauptthema der Arbeiten von Abschnitt 1 beinhaltet in situ Messungen der Austauschraten und die Ermittlung der Flüsse von Stickstoffverbindungen, Nährstoffen, Spurenmetallen, Phosphat und Eisen über die Sediment-Wasser-Grenzschicht. Parallel zu den Messungen unter natürlichen Bedingungen sollen der Einfluss von variablen Sauerstoffbedingungen im Bodenwasser durch *in situ* Experimente zur Ermittlung der Schwellenwerte für Umschlagpunkte im benthischen Stickstoff- und Nährstoffkreislauf bestimmt werden. Weitere Schwerpunkthemen von Abschnitt 1 sind die Untersuchungen der benthischen Bakterien und Foraminiferen Gemeinschaften, die Geochemie der Sedimente als auch paläozeanographische und paläoklimatologische Untersuchungen (beschrieben unter Fahrtabschnitt 2).

Der Schwerpunkt der Untersuchungen umfasst die Bestimmung und Quantifizierung des Einflusses von unterschiedlichen Sauerstoff- und Redox-Verhältnissen auf die qualitative (Speziation) und quantitative Bildung von Stickstoffflüssen ( $N_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ) sowie  $Fe^{2+}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $O_2$ , and  $SO_4^{2-}$

Übergeordnete Arbeitsziele sind:

Die Bestimmung der natürlichen Flüsse (in situ) von Stickstoffverbindungen, Spurenmetallen sowie von Sulfat, Sauerstoff, Eisen und Phosphat an der Sediment-Wasser-Grenzschicht an Probenorten, die den natürlichen Sauerstoffgradienten des Bodenwassers repräsentieren, mit benthischen Observatorien (Landertechnologie).

In situ Experimente bei unterschiedlichen Sauerstoffbedingungen zur Ermittlung der Schwellenwerte für die Erzeugung unterschiedlicher Stickstoffverbindungen.

Regionale Abschätzung der Funktion der Bodengrenzschicht (BBL) als Senke für gebundenen Stickstoff.

### **Arbeitsprogramm**

Biogeochemie

Die biogeochemischen Untersuchungen beinhalten

### **Scientific Programme**

*The major focus of leg 1 lies on the in situ measurements of turnover and fluxes of nitrogen compounds, nutrients, trace metals, phosphate and iron across the sediment-water interface at variable oxygen concentrations of the bottom water. In parallel to these measurements of the natural environment, the effects of variable oxygen availability (thresholds) in the bottom water on N-speciation and release of nutrients shall be determined by additional in situ experiments. Further major activities of this leg comprise biological investigations of benthic bacterial and foraminiferal communities, the geochemistry of OMZ sediments as well as paleoceanographical and paleoclimatological studies (described under leg 2).*

*Major goal is to determine and quantify the effect of different oxygen/redox regimes on the speciation and in situ magnitude of nitrogen fluxes ( $N_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ )  $Fe^{2+}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $O_2$ , and  $SO_4^{2-}$  across the sediment water interface underlying an extended oxygen minimum zone.*

*Key issues are:*

*Determination of natural fluxes of nitrogen species, trace metals as well as sulfate, oxygen, Fe and phosphate across the sediment water interface at selected sites across the oxygen minimum zone with different oxygen conditions using state of the art benthic observatories (lander technology).*

*In situ experimental determination of the effect of varying bottom water oxygen conditions on the sea bed emission of different N-compounds.*

*Regional estimate of the sink function of the benthic boundary layer for fixed N.*

### **Work program**

Biogeochemistry

Biogeochemical investigations on M77-1

ten die Durchführung eines umfassenden Meßprogramms zur Quantifizierung der Austauschprozesse zwischen dem Sediment-Porenwasser System und dem darüberliegenden Bodenwassers. Insbesondere soll der Einfluß niedriger Sauerstoffkonzentrationen auf redox-kontrollierte, benthisch-pelagische Austauschprozesse untersucht werden. Die Steuerung biogeochemischer Prozesse zur Freisetzung und Festlegung von Eisen und Phosphat sowie zur Speziation von Stickstoff stehen dabei im Vordergrund. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf einer gezielten Erfassung der Stoffflüsse von gelöstem Eisen und Phosphat aus dem Sediment und ihr Einfluß auf andere Stoffkreisläufe, wie z.B. die von Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel und Mangan. Nitrat, Phosphat und Eisen haben als essentielle Nährstoffe entscheidenden Einfluß auf die Primärproduktion im Oberflächenwasser, ihre Verfügbarkeit ist jedoch in besonderem Maße von den vorherrschenden Redox-Bedingungen abhängig. Die verbesserte Quantifizierung von Nährstoffflüssen und Inventaren ist somit ein wesentlicher Baustein zum Verständnis klimagesteuerter Veränderungen und Rückkopplungen im biogeochemischen System des Ozeans.

Die Hauptaufgabe der Arbeitsgruppe Biogeochemie besteht somit insbesondere in der Bestimmung von Stoffflüssen von  $O_2$ , N ( $N_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ),  $Fe^{2+}$ ,  $PO_4^{3-}$ , Si und  $SO_4^{2-}$  über die Sediment-Bodenwasser-Grenzschicht entlang von Gradienten unterschiedlicher Sauerstoffsättigung des Bodenwassers. Das Beprobungsprogramm wird sich im Wesentlichen auf zwei Transekte durch die Sauerstoffminimumzone bei  $10^\circ S$  und  $12^\circ S$  konzentrieren (Abb. 3), wobei sowohl Landertechnologie zur „in situ“ Beprobung, Messung und für Experimente sowie konventionelle Kerngeräte (MUC, GC) zum Einsatz kommen werden. Im Rahmen der Landereinsätze soll auch ein neuentwickelter „in situ“ Porenwasser-Sammler und eine Profilereinheit mit Mikroelektroden für  $O_2$ -,  $H_2S$ -, pH-Verteilung im Sediment getestet werden.

Die Wassersäule und das Bodenwasser (BBL) wird auf folgende Parameter unter-

*comprise water column and pore water sampling. Our goal is to improve our understanding of benthic-pelagic coupling in the ocean at present by examining key chemical species, whose chemical behavior and distribution are altered via oxygen mediated redox changes, most notably the key nutrients (fixed) nitrogen, phosphate, and iron. Specifically, we aim to track the fate of dissolved iron and phosphate in the water column, to quantify the release of dissolved iron and phosphate from sediments, and to improve our understanding of their coupling to carbon, nitrogen, sulphur, and manganese cycles. Nitrate, phosphate and iron are key nutrients controlling primary production in the surface ocean and their availability is largely subject to redox-dependent changes in the environment. Hence, the quantification of inventories and fluxes and the study of the dynamical response to variations of major environmental conditions are key parameters to the understanding of climate induced biogeochemical variations and their feedbacks.*

*The major goal of the biogeochemistry group is to determine and quantify the effect of bottom water oxygenation on the magnitude of  $O_2$ , N ( $N_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ),  $Fe^{2+}$ ,  $PO_4^{3-}$ , Si, and  $SO_4^{2-}$  fluxes across the sediment water interface underlying an extended oxygen minimum zone. Investigations of the water column and sediments will be conducted at a number of stations along transects at  $10^\circ S$  and  $12^\circ S$  across the oxygen minimum zone covering a depth range of 80 – 1500 m (Fig. 3). Determination of natural fluxes and pore water gradients will be conducted using state of the art lander technology and conventional coring (MUC, GC). This includes the deployment of a prototype instrument for in situ pore water separation and for sediment profiling electrodes ( $O_2$ ,  $H_2S$ , pH).*

*Water column investigations will comprise measurements of  $O_2$ , N-compounds, Fe,*

sucht: O<sub>2</sub>, N-Verbindungen, Eisen, Phosphate, Sulfate, und physikalische Parameter (Temperatur, Dichte, Salzgehalt). Die Wassersäule wird mit einer CTD/Rosette, Pumpen und GoFlow-Schöpfern beprobt. Das Bodenkontaktwasser wird mit einem speziellen Bodenkontaktwasser (BWS) beprobt. Um Sauerstoffschwankungen in der BBL (ca 3 Tage) in den Grenzbereichen der OMZ zu erfassen wird der BWS autonom in einem Lander eingesetzt. Er ist zusätzlich mit 4 Sauerstoffoptoden ausgerüstet, die den Sauerstoffgehalt kontinuierlich aufzeichnen .

*phosphate, sulfate and physical parameters (temperature, density, salinity) of the bottom water (BBL) and the upper water column.*

*The water column will be sampled using a CTD/water sampling rosette, pumps and GoFlow samplers. The bottom contact water will be sampled with a specifically designed bottom water sampler (BWS). To assess short term temporal variability of oxygen availability (3 days) at the fringes of the OMZ, the BWS will be operated as autonomous lander and is equipped with up to 4 optical oxygen sensors which continuously record the ambient oxygen level.*

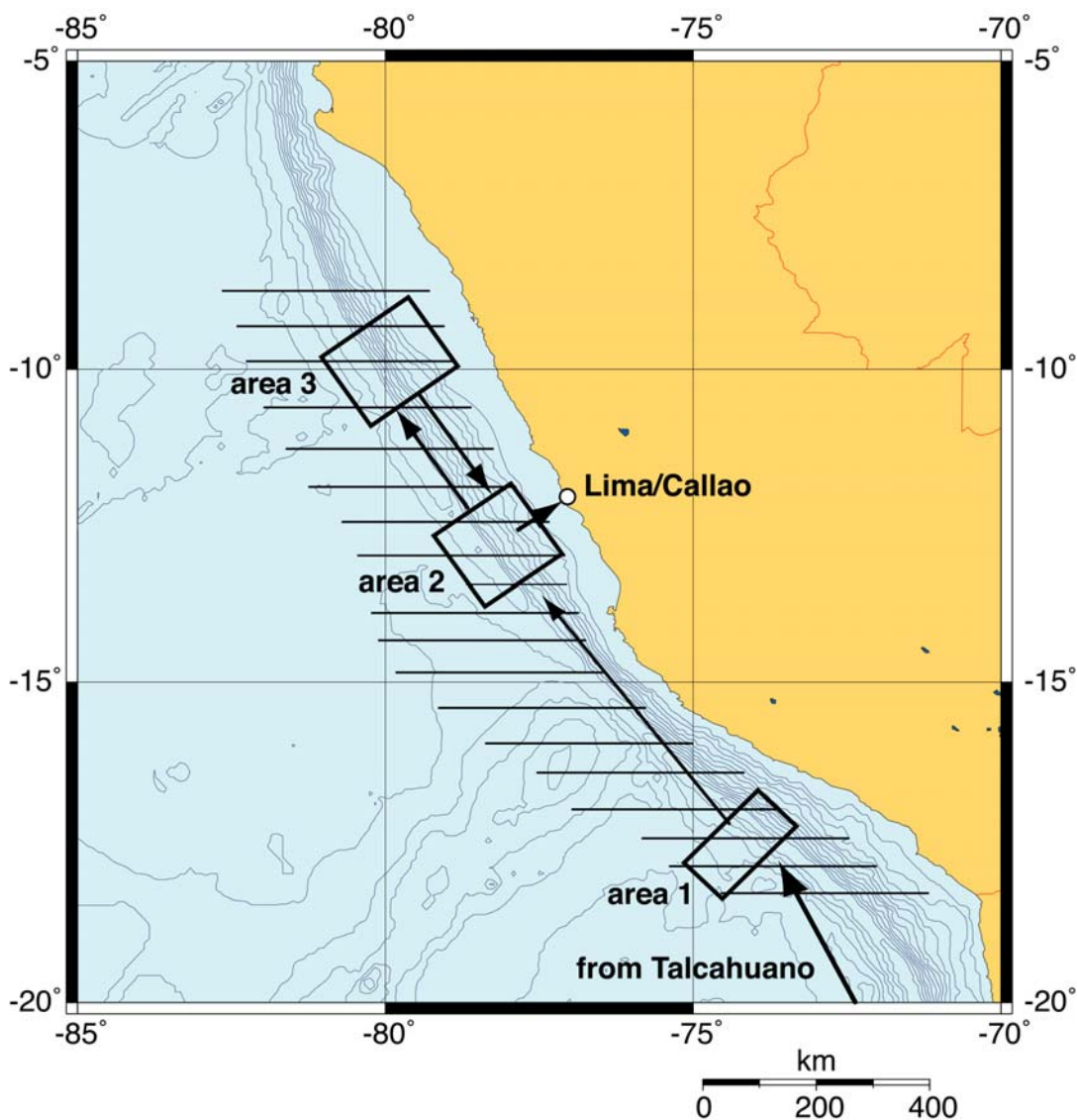


Abb. 2: Fahrtroute, Häfen und Arbeitsgebiete von M77-1  
 Fig. 2: Cruise tracks, harbours and working areas of M77 -1

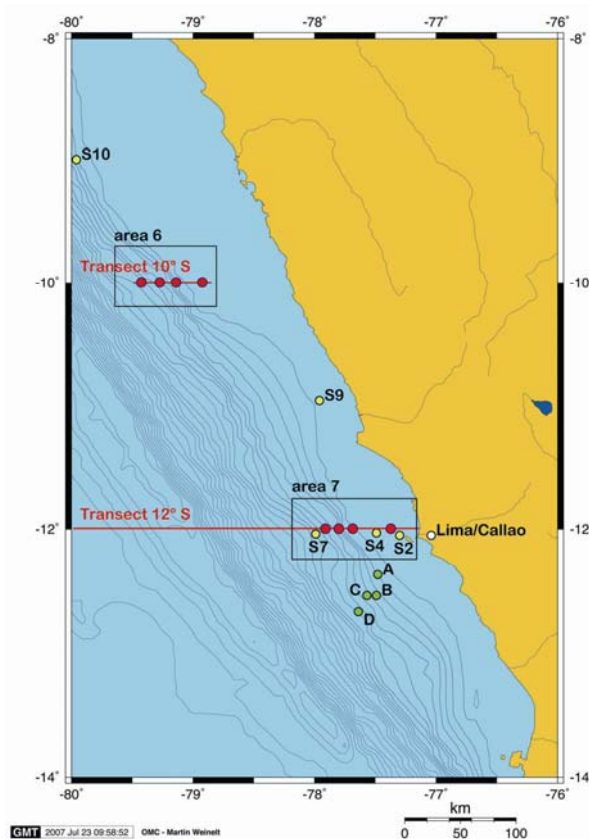


Abb. 3: Geplante Transekte für die biogeochemischen Untersuchungen in 12°S und 10°S.  
 Fig. 3: Planned transects for biogeochemical investigations along 12° and 10°S.

Zwei Lander vom BIGO-Typ (Biogeochemisches Observatorium, Abb. 4, werden zur in situ Messung von Massenflüssen an der Sediment-Wasser-Grenzschicht eingesetzt. Von besonderem Interesse sind Einsätze am oberen und unteren Ende der OMZ, da hier häufige Änderungen im Sauerstoffgehalt auftreten. Der BIGO Lander misst Stoffflüsse an der Sediment-Wasser-Grenzschicht in zylindrischen Mesokosmen (Abb. 5), die langsam in das Sediment eingefahren werden ( $< 30 \text{ cm Std}^{-1}$ ) und einen Bodenwasserüberstand von ca. 15l aufweisen. Zur Messung von Stickstoffverbindungen, Sauerstoff und anderen Parametern für die Berechnung der Flussraten werden aus den Mesokosmen in sequentiellen Anständen Wasserproben entnommen. Ein Gasaustauschsystem (Oxistat, Abb. 5) versorgt die Mesokosmen aus einem Reservoir sauerstoffgesättigtes Bodenwasser mit Sauerstoff zur Kompensation der Sauerstoffzehrung. Da bei den schon unter natürlichen Bedingungen geringen Bodensauerstoffwerten der Sauerstoff im Mesokosmos in wenigen

*Two BIGO type landers (BioGeochemical Observatory, Fig. 4) will be deployed to conduct the in situ flux measurements across the sediment water interface. Hereby particular interest will be laid on the upper and lower boundaries of the OMZ which are most susceptible to declining oxygen concentrations in the bottom water and potentially respond very quickly. In brief, the BIGO lander allows flux measurements across the sediment water interface using cylindric mesocosms (Fig. 5) which are slowly ( $< 30 \text{ cm h}^{-1}$ ) driven into the sediment leaving a certain volume of overlying water (ca. 15l). To record concentration changes of nitrogen compounds, other parameters and oxygen for the calculation of interfacial fluxes sequential water samples are taken at defined time intervals from the enclosed water column. A gas exchange system (oxistat, Fig. 5) provides oxygen from a reservoir containing well oxygenated sea water to the mesocosms to compensate for the oxygen demand of the enclosed system. The possibility to control the oxygen level inside the mesocosms is of*



Stunden aufgezehrt werden würde, entstände ein geändertes Redox-System, so dass eine Messung von natürlichen Flüssen über längere Zeiträume nicht möglich wäre. Die in situ Experimente bei voreingestellten Sauerstoffwerten werden ebenfalls mit Hilfe des Oxistat Systems durchgeführt.

Über optische Meeresbodenbeobachtung sollen die lokalen biogeochemischen Parameter mit optischen Meeresbodeneigenschaften wie Auftreten bestimmter epibenthischer Organismengruppen, Vorhandensein von Bakterienmatten (z.B. *Thioploca*), Bioturbationspuren oder spezifischen lithologischen Eigenschaften in Beziehung gesetzt werden. Die Meeresbodenbeobachtung wird mit dem Ocean Floor Observation System (OFOS) durchgeführt, das mit einer Videokamera und einer digitalen Photokamera bestückt ist.

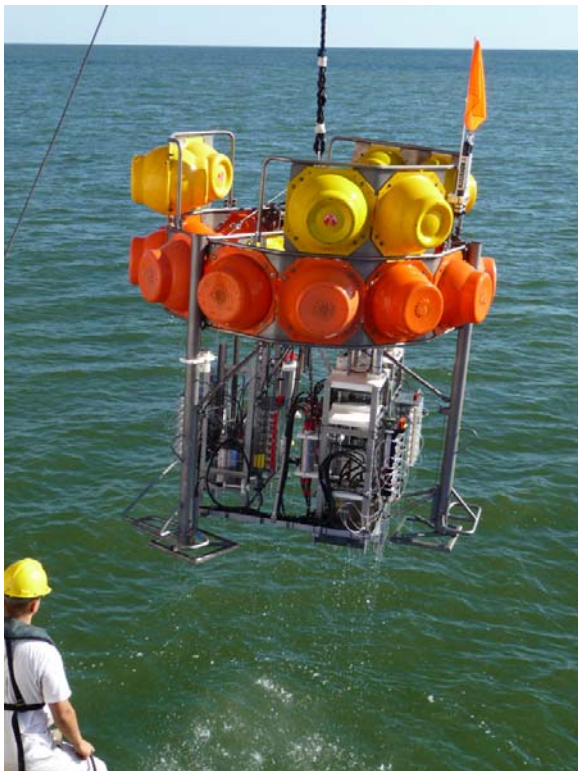


Abb. 4: Aufnahme eines BIGO Lander mit zwei Mesokosmen.

Fig. 4; Recovery of a BIGO-Lander with two mesocosms.

#### Isotopen-Geochemie

Im Rahmen des Teilprojektes B7 sollen die Verhältnisse der redox-sensitiven Metalle

*utmost importance. Due to the already low oxygen concentrations of the bottom water in OMZ's the oxygen inventory of the mesocosm would be consumed within a few hours resulting in an altered redox regime of the sediment. Prolonged flux measurements reflecting the natural system under such conditions are not possible without such an oxistat system. Experiments at pre-defined oxygen-levels are also carried out with the oxistat system. Using a ground truthing approach we aim to relate the local biogeochemistry to visible features on the sea floor such as epibenthic organisms, presence of microbial mats (*Thioploca*, others), indications for bioturbation or specific lithologies. Sea floor imaging will be conducted using the Ocean Floor Observation System (OFOS) equipped with a high resolution still camera and an online video-camera.*



Abb. 5: Mesokosmos mit Spritzenprobennnehmer (rechts) und Oxistat Reservoir mit Probennehmer (links).

Fig. 5: Mesocosm with syringe water sampler (right) and oxistat reservoir with water sampler (left).

#### Isotope Geochemistry

*Under the umbrella of the subprojekt B7 we focus on the determination and calibration*

(Re/Mo, U/Mo, Cd/Mo, Te/Se, Mn/Fe, etc.) mittels Quadrupol-MS bestimmt und kalibriert werden, um die Redox-Bedingungen im Sediment der peruanischen Auftriebszone zu untersuchen. Außerdem werden an ausgesuchten Sediment-Proben Messungen im Bezug auf redox-sensitive Isotopen-Systeme ( $\delta^{98/95}\text{Mo}$ ,  $\delta^{56}\text{Fe}$ ,  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ) durchgeführt, um neue isotopengeochemische paläo-Proxys für Redox-Bedingungen und Sauerstoffzufuhr zu entwickeln. Die Ergebnisse der Profilaufnahmen entlang der Sedimentkerne aus diesen beiden Messreihen sollen sowohl untereinander, als auch mit den Ergebnissen aus den mikropaläontologischen Studien verglichen werden. Ferner sollen im Laufe dieses Projekts die U/Ca- und V/Ca-Verhältnisse in benthischen und planktonischen Foraminiferen bestimmt werden, um Informationen über die Dynamik der vertikalen und, wo möglich, räumlichen Ausdehnung der Variationen in den Redox-Bedingungen, bezogen auf die Stärke der Auftriebszone an der Küste, zu bekommen.

#### Paläozeanographie

Die paläo-ozeanographischen Fragestellungen und das Arbeitsprogramm werden unter Fahrtabschnitt 2 beschrieben. Der Schwerpunkt der Arbeiten während M77-1 liegt im Gebiet 1 (Abb. 2). Es sind folgende paläozeanographische Arbeiten geplant:

- EM120 Bathymetrische Vermessungen
- PARASOUND Vermessungen: Detaillierte sedimentakustische Vermessungen auf dem Schelf und entlang des Kontinentalhanges sind nötig, um die Kernpositionen innerhalb der kleinräumigen, ungestörten, mit Holozänen bis glazialen Sedimenten gefüllten Becken auszuwählen.
- Beprobung von Oberflächensedimenten mit TV-Multicorer und Kastengreifer
- Schwereloteinsätze (bis 18m): Sedimentoberflächenproben werden mittels TV-Multicorer und Kastengreifer beprobt, während die hochauflösenden Holozänen bis glazialen Sedimentfolgen mit Schwereloten erbohrt werden sollen.
- Sedimentkernlogging: Magnetische

*of redox-sensitive trace metal ratios (Re/Mo, U/Mo, Cd/Mo, Te/Se, Mn/Fe, etc.) by Quadrupole-MS to examine the redox-conditions in the sediment of the Peruvian upwelling-zone. In addition redox-sensitive isotope-systems ( $\delta^{98/95}\text{Mo}$ ,  $\delta^{56}\text{Fe}$ ,  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ) will be measured in selected sediment samples along the oxygen gradients to develop new isotopic paleo-proxys for redox-conditions and oxygenation. The results of the down-core records of these two series of measurements will be compared with each other and the results of the micro-palaeontological studies as well. Further the U/Ca- and V/Ca-ratios on benthic and planktonic foraminifera will be determined during the project in order to determine the dynamics of the vertical and, where possible, areal extension of redox-variations related to the strength of the coastal upwelling cell.*

#### Paleoceanography

*The paleoceanographic objectives and the working program is presented under leg 2. Works at Leg M77-1 are geographically focused to area 1 (Fig. 2) During the M77-1 cruise, we plan to apply the following methods and scientific approaches:*

- *EM120 swath bathymetry device*
- *PARASOUND echosounder: Very detailed sediment acoustic surveys across the shelf and upper slope will be needed to locate coring positions within the small-scale, undistorted, depositional centres of Holocene and deglacial muds.*
- *Surficial sediment sampling with TV-multicorer and box grab*
- *Long gravity corer sampling (up to 18 m): Sediment surfaces will be sampled with the TV-multicorer and box grab, while high-resolution Holocene to glacial sediment sequences will be recovered by gravity corer.*
- *Sediment core logging tools: magnetic susceptibility, color scanning*
- *Core logging techniques allow to pro-*

Suszeptibilität, Color Scanning

- Hochauflösende Kernlogging-Verfahren werden sedimentphysikalische Parameter erstellen, mit denen eine Kernkorrelation bzw. die Etablierung der Chronostratigraphie erreicht werden kann.
- Öffnung und Beschreibung der wichtigsten Sedimentkerne an Bord
- Beprobung der Sedimentkerne: Die Transitzeit wird genutzt, um die Kernbeprobung vorzunehmen. Insbesondere werden Proben für organisch-geochemische Untersuchungen genommen und eingefroren.

Benthosforaminiferen

Entlang des südamerikanischen Kontinentalrandes vor Chile, Peru und Ecuador soll die Verbreitung und Artenzusammensetzung von benthischen Foraminiferenfaunen in Abhängigkeit von dem Nahrungseintrag und der Sauerstoffkonzentration untersucht werden. Im Rahmen des SFB 754 liegt der Schwerpunkt der Untersuchungen vor Peru, da dort ein stark ausgeprägtes Küstenauftriebsgebiet existiert. Mit den gewonnenen Daten sollen in Verbindung mit isotopengeochemischen Untersuchungen an den Foraminiferengehäusen Proxies für Sauerstoffkonzentrationen im Bodenwasser und Redoxverhältnisse in den oberflächennahen Sedimenten entwickelt werden. Ausserdem sollen an Sedimentkernen an Hand der Häufigkeit speziell angepasster Indikatorarten oder Foraminiferenvergesellschaftungen die Schwankungen der Sauerstoffkonzentrationen während der letzten 20.000 Jahre im küstennahen Ostpazifik rekonstruiert werden. Die Probennahme wird mit einem TV-Multicorer durchgeführt. An den gewonnenen Kernen wird die Sauerstoffverteilung im oberflächennahen Sediment gemessen. Die Beprobung auf lebende Benthosforaminiferen wird sich am Sauerstoffgradienten im Porenwasser orientieren, um eine präzise Untersuchung der Foraminiferenvergesellschaftungen zu ermöglichen.

*vide high-resolution sediment-physical data, which will be used to correlate sediment records and to establish a preliminary chronostratigraphy.*

- *Opening and description of most important sediment cores aboard the ship*
- *Sampling of sediment cores: Transit-time will be used to accomplish sediment sampling aboard the ship. In particular, samples will be taken that need to be deep freezeed (organic geochemistry).*

*Benthic foraminifera*

*The distribution and assemblage composition of living benthic foraminifera will be studied along the South American continental margin off Chile, Peru and Ecuador in relation to food supply and bottom-water oxygen concentrations. Within the scope of SFB 754, the main focus of our investigations lies in the area off Peru, because of the strong and distinctive coastal upwelling. Proxies for oxygen concentrations in the near-bottom water and for the redox conditions in near-surface sediments are to be developed with the data collected in conjunction with isotope and geochemical investigations. Moreover, the variations of past oxygen concentrations during the last 20,000 years are to be reconstructed by using the abundance of particular indicator species or foraminiferal assemblages in sediment cores. Foraminiferal sampling will be done preferentially with the TV-multicorer. The oxygen distribution close to the sediment surface will be measured in the cores. The sampling on living benthic foraminifera will be adapted to the oxygen gradient in the pore water to allow an exact investigation of the endobenthic foraminiferal assemblages.*

#### Geräteinsätze:

- Meeresbodenkartierung mit Fächer-echolot und Parasound
- Wassersäulenbeprobung mit CTD/Rosette, GoFlows und Pumpen
- BBL-Beprobung mit Bodenwasser-sammler (BWS), teilweise autonom im Lander
- Meeresbodenbeobachtung mit Ocean Floor Observation System Transekten (OFOS)
- Sedimentprobenahme mit Schwerelot (bis 18m)
- Beprobung des Sediments mit TV-Multicorer und Kastengreifer
- Einsatz eines Prototyps zur in situ Po-renwassergewinnung
- Landereinsätze für die Messung von na-türlichen Stoffflüssen (BIGO Lander)
- Ländereinsätze für in situ Experimente (BIGO Lander)
- Landereinsätze für x/y/z Mikroelektro-denprofiler

#### *Gear deployments*

- *Seafloor imaging with swath bathym-etry and Parasound surveys*
- *Water column surveys with CTD/Rosette water sampler, GoFlows water pumping*
- *BBL-surveys with bottom water sam-pler (BWS, partly autonomously in a lander)*
- *Ocean floor surveying with Ocean Floor Observation System transects (OFOS)*
- *Sediment sampling with gravity corer (max. 18m)*
- *Sediment sampling with TV-multi corer and box grab*
- *Application of a newly developed in situ pore water sampler using lander technology*
- *Lander deployments for in situ flux measurements BIGO Lander*
- *Lander deployments for in situ experi-ments BIGO Lander.*
- *Lander deployments for sediment x/y/z- micro-electrode profiler*

**Zeitplan / Schedule**  
**Fahrtabschnitt / Leg 77/1**

	Tage/days
Auslaufen von Talcahuano (Chile) am 22.10.2008 <i>Departure from Talcahuano (Chile) 22.10.2008</i>	
Transit zum ersten Arbeitsgebiet / <i>Transit to first working area</i>	4.5
Schnitt auf 18°S von ca. 100m bis 2000m Wassertiefe nach vorhergehende Multibeam-/Parasound Profilen, CTD Transekt, Schwerpunkt geologische Probennahme (Schwerelot, Kastengreifer, TV-Multicorer). <i>Section along 18°S from 100m to 2000m water depth after presite survey with multibeam and parasound, CTD and geology stations (gravity corer, box grab, TV-multicorer).</i>	3.5
Transit zum zweiten Arbeitsgebiet / <i>Transit to second working area</i>	1.3
Schnitt auf 12°S von 100m bis 1500m Wassertiefe nach vorhergehenden Multibeam-/Parasound Profilen, CTD, biogeochemische Stationen (Wasser, Sediment), OFOS-Profile, Landereinsätze, Benthosprobennahmen für biologische, biogeochemische, geochemische und Isotopenuntersuchungen (TV-Multicorer, Kastengreifer, Schwerelot).  <i>Section along 12°S from 100m to 1500m water depth after pre-site surveys with multibeam and parasound, CTD, biogeochemistry stations (water , sediment),OFOS-profiles, lander deployments,benthic sampling for biological, biogeochemical, geochemical and isotope investigations (TV-multicorer, box grab, gravity corer)</i>	12
Transit zum dritten Arbeitsgebiet / <i>Transit to third working area</i>	0.5
Schnitt auf 10°S von 100m bis 1500m Wassertiefe nach vorhergehenden Multibeam-/Parasound Profilen, CTD, biogeochemischen Stationen (Wasser, Sediment), OFOS-Profile, Landereinsätze, Benthosprobennahmen für biologische, biogeochemische, geochemische und Isotopen-untersuchungen (TV-Multicorer, Kastengreifer, Schwerelot). <i>Section along 10°S from 100m to 1500m water depth after pre-site surveys with multibeam and parasound, CTD, biogeochemistry stations (water , sediment),OFOS-profiles, lander deployments,benthic sampling for biological, biogeochemical, geochemical and isotope investigations (TV-multicorer, box grab, gravity corer).</i>	6.2
Zwischen Arbeitsgebiet 2 und 3 wird mehrfach gewechselt, besonders nach Langzeit-Landereinsätzen Transitzeiten ca. <i>Changes of position between working areas 2 and 2 appr.</i>	1.5
Transit nach Callao / <i>Transit to Callao</i>	0.5
<b>Total</b>	<b>30</b>
Einlaufen in Callao (Peru) am 21.11.2008 <i>Arrival in Callao (Peru) 21.11.2008</i>	

## Fahrtabschnitt / Leg M77/2 Von Callao – Nach Guayaquil

### Wissenschaftliches Programm

Das Hauptziel der Reise M77-2 sind paläozeanographische Arbeiten um die klimawirksamen atmosphärischen und ozeanischen Wechselwirkungen über geologische Zeiträume zu rekonstruieren, die die Ausdehnung und Ausbildung der wichtigsten Sauerstoffminimumzone im tropischen Ozean über sich verändernde physikalische und biogeochemische Randbedingungen steuern. Im östlichen tropischen Südpazifik werden die Variationen der Sauerstoffminimumzone nicht nur über die "El Niño Southern Oscillation" gesteuert, sondern auch über die langzeitlichere klimatische Variabilität. Klimatisch bedingte Veränderungen in den oberflächennahen Zirkulationsmustern mit den damit verknüpften Veränderungen der O<sub>2</sub>- und Nährstoffgehalte, sowie Änderungen der Auftriebsintensität und Exportproduktion spielen eine wichtige Rolle für die Veränderlichkeit der Sauerstoffminimumzone. Auch die wechselnde Zufuhr sauerstoffreicher bzw. -armer Zwischen- und Tiefenwassermassen hat entscheidenden Einfluß auf die Ausdehnung der Sauerstoffminimumzone. Entlang des peruanischen Kontinentalhanges sinken die Sauerstoffgehalte unterhalb von 50 m Wassertiefe auf unter 100 mmol/kg zeitweise sogar bis auf weniger als 10 mmol/kg ab. Im Mittel befindet sich die peruanische Sauerstoffminimumzone zwischen 30-70 m und 300-400 m Wassertiefe, wobei deren Obergrenze durch die Untergrenze der durchmischten Schicht definiert wird. Das Auftriebsgeschehen wird dabei durch das Zusammenwirken des Peru Küstenstromsystems, der Westwind-Drift und dem tieferliegenden Peru-Chile Gegenstromsystem gesteuert.

Die Reise M77-2 soll anhand von neuem Probenmaterial aus der Wassersäule und aus den Sedimenten der letzten 20.000 Jahre den Vergleich der vergangenen räumlichen Verlagerungen der Sauerstoffminimumzone mit Veränderungen in den lokalen bzw. überre-

### Scientific Programme

*The main goal of Leg M77-2 are paleoceanographic studies for the reconstruction of past atmosphere and ocean climate interactions that could have controlled the behaviour of one of the strongest oxygen minimum zone (OMZ) in the tropical ocean by changing physical and biochemical boundary conditions in the tropical ocean.*

*In the eastern tropical South Pacific, variations in OMZ conditions are not only sensitive to El Niño Southern Oscillation events, but also to longer-term climate variability. Climate-related changes in surface and subsurface circulation regimes, including variations in preformed oxygen and nutrient conditions, as well as changes in local upwelling intensity and export production need to be considered when deciphering past fluctuations of OMZ conditions. Also the varying supply of well or poorly oxygenated subsurface water masses may play a key role. In fact, the oxygen content along the Peruvian margin ranges from saturated values at the surface to values below 100 mmol/kg at 50 meters depth, and even less than 10 mmol/kg. On average, the Peruvian OMZ is located at 30-70 m to 300-400 m water depth. The upper boundary of the OMZ is determined by the maximum depth of the mixed layer. Overall, the combined system of the Peru Coastal Current, the westward wind drift, and the subsurface Peru-Chile Counter Current maintain the upwelling along the coast.*

*Leg M77-2 should enable an intimate comparison of past variations in the oxygen minimum conditions with changes in local or remote ocean and atmospheric circulation regimes as well as with past fluctuations in*

gionalen ozeanischen und atmosphärischen Zirkulationsmustern zum einen sowie mit Fluktuationen der biochemischen Prozesse zum anderen, ermöglichen. Insbesondere sind paläozeanographische Untersuchungen mit einer zeitlichen Auflösung von Jahrhunderten bis Jahrtausenden im östlichen tropischen Südpazifik von der nördlichen Grenze der SMZ bis zur zentralen Region vor Callao geplant. Hierzu sollen Veränderungen in in der marinen Produktivität und der Denitrifizierung, im Auftriebsgeschehen und der Thermoklidentiefe, der Zwischenwasserzirkulation, Insolation, kontinentalen Aridität und im Staubeintrag, als auch Passatwind-Intensität rekonstruiert werden. Unsere Ergebnisse sollen es erlauben, die heutigen saisonalen und jährlichen Veränderungen in der Sauerstoffminimumzone in den Kontext der natürlichen Klimavariabilität zu stellen. Die paläozeanographischen Arbeiten orientieren sich an folgenden Themenkomplexen:

- Wie veränderten sich die biogeochemischen Bedingungen im oberflächennahen und tieferen Pazifik in Abhängigkeit von Änderungen in der Temperatur (Salinität), Thermokline und Produktivität entlang von N-S und E-W-Gradienten innerhalb und außerhalb der tropischen Sauerstoffminimumzone?
- Wie verhielten sich die zeitlichen Phasenbeziehungen zwischen Klimaänderungen und der biogeochemischen Variabilität östlichen tropischen Pazifik als auch in der Atmosphäre?
- Welchen Einfluß hatten schnelle Klimawechsel während des Holozäns und der letzten Deglaziation auf die Ausbildung von Sauerstoffminimum-Bedingungen im östlichen tropischen Südpazifik?

Ein weiteres Ziel der Reise M77-2 ist die detaillierte Untersuchung der benthischen biogeochemischen Umsatzprozesse an der Bodenwasser-Sedimentgrenzfläche. Hierzu sollen die Ziele und Arbeiten der Reise M77-1 auf den küstensenkrechten Profilen bei 10° und 12° S fortgeführt werden.

*the biochemical processes associated with very high productivity and strong oxygen minimum conditions by using new sample material from the water column and Holocene to last glacial soft sediments. In particular, centennial to millennial-scale paleoceanographic studies are planned in the eastern tropical South Pacific from the northern rim of the OMZ at the equator into the central zone off Callao. Herefore past changes in marine productivity and denitrification, upwelling intensity and thermocline depth, intermediate water circulation, insolation, continental aridity and dust flux, as well as trade-wind strength will be estimated. These results should help to relate magnitudes of modern OMZ changes (seasonal or interannual to decadal) with the longer history of OMZ conditions under natural climate forcing.*

*The paleoceanographic goals address three major topics:*

- *How have past surface and deeper Pacific ocean biogeochemical conditions varied with respect to temperature (salinity), thermocline structure, and productivity along N-S and E-W gradients inside and outside the tropical OMZ?*
- *What was the phasing (leads and lags) between past climate change and biogeochemical variability in the eastern tropical Pacific as well as in the atmosphere?*
- *How have remote rapid climate changes during the Holocene and the last deglacial period influenced the development of low oxygen conditions in the eastern tropical Pacific?*

*The second major goal of Leg M77-2 is the detailed investigation of the benthic biogeochemical processes leading to the exchange of material and fluid fluxes across the bottom water – sediment interface. For this purpose we will continue the scientific targets and working programme on the 2 transects perpendicular to the Peruvian coast at 10° and 12° S.*

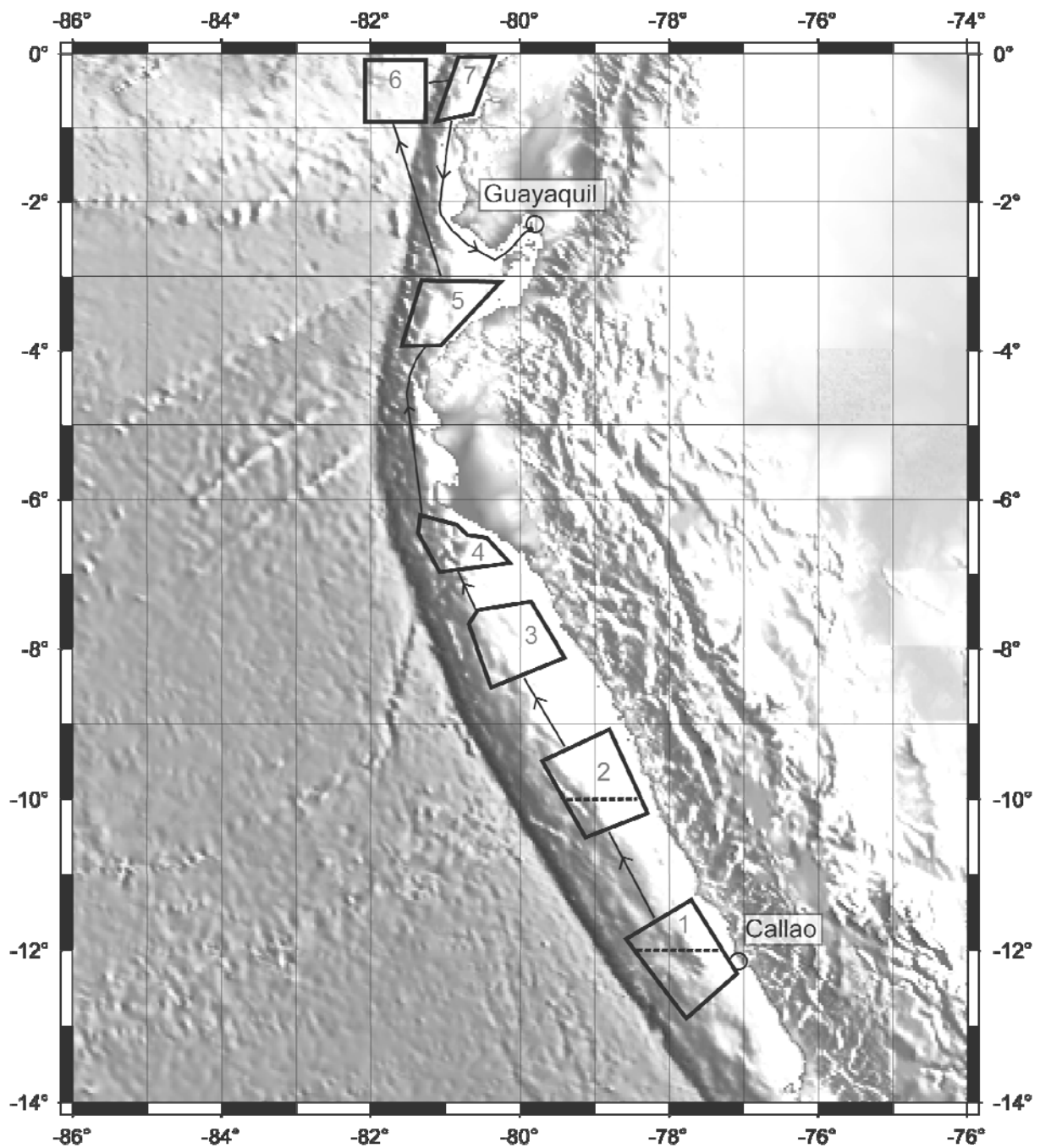


Abb. 6: Die auf M77/2 geplanten Arbeitsgebiete für paläozeanographische Arbeiten auf dem Schelf und oberen Kontinentalhang von Peru und Ecuador. Gestrichelte Linien bei 10° und 12° S zeigen die Profile zur Fortsetzung der biogeochemischen Untersuchungen von Leg 77/1.

Fig. 6: The working areas of cruise M77/2 for the paleoceanographic studies on the shelves and upper continental slopes of Peru and Ecuador. Stippled lines at 10° and 12° S mark the transects for continuation of the investigation of biogeochemical processes from Leg M77(1).



## Arbeitsprogramm

Auf dem Abschnitt M77-2 sollen Wasser- und Planktonproben, sowie qualitativ hochwertige und zeitlich hochauflösende Sedimentkerne oberhalb, innerhalb und unterhalb der Sauerstoffminimumzone zwischen 0° und 13°S gewonnen werden (Abb. 6). Dieses Arbeitsgebiet soll zusammen mit den Proben von M77/1 die zentrale Region bis zur nördlichen Grenze der heutigen Ausdehnung der SMZ abdecken.

Anhand der geplanten bathymetrischen und sedimentakustischen kleinräumigen Vermessungen von kleinen Becken mit erhöhter Sedimentakkumulation sollen die Lokationen für die geologische Beprobung identifiziert werden. Die zu erwartenden Sedimentkerne sollen eine möglichst große Spannweite für eine zeitliche Auflösung von Dekaden bis zu Jahrhunderten während des Holozäns und für das letzte glaziale Maximum zulassen. Auch werden gewarvte Sedimentkerne mit noch höherer Auflösung innerhalb der zentralen OMZ erwartet.

Die Geologiestationen zur umfassenden Beprobung der Wassersäule und der oberflächennahen, holozänen und glazialen Sedimente werden nach umfangreicher hydro- und sedimentakustischer Vermessung entlang von Transekten auf dem Schelf und dem oberen Kontinentalhang, oberhalb, innerhalb und unterhalb der SMZ festgelegt. Diese Vermessung wird in den geplanten Arbeitsgebieten 1-7 durchgeführt, die nach den Erfahrungen von früheren Expeditionen und vorliegenden Arbeiten den größten Erfolg bei der Suche möglichst mächtigen, kontinuierlichen, holozänen und glazialen Sedimentabfolgen versprechen. Für M77-2 ist deshalb auch der gezielte Einsatz eines Kolbenlots (Marinetechnik Kawohl) geplant um bis zu 24 m lange Sedimentkerne zu gewinnen. Neben der Sedimentbeprobung mit Multicorer, Schwerelot und Kolbenlot sind an den Geologiestationen die Entnahme von Wasser- und Planktonproben für notwendige Proxy-Kalibrationen geplant.

Die Arbeitsgebiete von M77-2 wurden nach

## Work Programme

*During Leg M77-1 we plan to recover water and plankton samples as well as high-quality sediment cores from above, within, and below the tropical OMZ between 0° and 13°S (Fig. 6). This working area, in connection with the sampling programme of M77-1 will cover the central region of the modern OMZ towards its northern rim near the equator.*

*With the support of very detailed bathymetric and sediment-echosounding surveys, we will search small sedimentary basins on the margin that allow and protect undisturbed sedimentation of Holocene and glacial muds favourable for recovering high accumulation rate sediment records. The sediment cores, should provide the broadest range of temporal resolution, from decadal to centennial-scale if possible for the entire Holocene to last glacial maximum. Even the retrieval of laminated sediments from the core of the OMZ allowing for paleoclimatic studies on a time scale of only a few years is anticipated.*

*The geological stations for extensive sampling of the water column and the surface and Holocene to Glacial subsurface sediments will be identified after extensive swath bathymetry and sediment acoustic surveying along transects on the shelf and upper slope above, within, and below the OMZ. The bathymetric and sediment profiling surveys will be executed in the pre-defined working areas 1-7 which have been selected according to results from previous cruises and sediment core studies. These should provide good success for the search of thick and continuous Holocene and Glacial sediment sequences. For retrieval of such we will deploy at M77/2 a large diameter, 24 m long, piston corer (Marinetechnik Kawohl). Parallel to the sediment sampling with the multicorer, a gravity corer and the long piston corer, we will take water and plankton samples for improving calibration of paleohydrographic and paleo-oxygen proxies in the OMZ area.*

*The working areas of M77-2 were selected*

folgenden Kriterien ausgewählt:

- Sie decken einen weiten latitudinalen Bereich ab, wobei der Übergang der OMZ in den oligotrophen Bereich am Äquator und nach Westen erfasst wird um die zonalen und latitudinalen Gradienten in den Proxydaten durch die Zeit zu rekonstruieren.
- Die Arbeitsgebiete liegen überwiegend in flachen bis intermediären Wassertiefen in topographischen Senken und sind durch möglichst geringe Hangneigung gekennzeichnet um Gebiete mit Erosion durch Strömung und Hangrutschungen zu vermeiden.
- Die Arbeitsgebiete sind teilweise in der Nähe von ODP Kerntransekten (Leg 112, Leg 201, Leg 202) und früherer Ausfahrten mit FS Sonne, für die schon erste bathymetrische und seismische Daten vorliegen.

Während M77-2 sind folgende paläozeanographische Arbeiten geplant:

- Bathymetrische Vermessungen mit Flachwasser- und Tiefwasserecholoten EM710 und EM120.
- PARASOUND Sedimentprofil-Messungen
- Multicorer-Einsätze zur Gewinnung ungestörter Sedimentoberflächen
- Schwereloteinsätze (bis 12m) zur Gewinnung ungestörter Sedimentkerne
- Kolbenloteinsätze zur Gewinnung möglichst langer Sedimentkerne am Hang und in den tieferen Sedimentbecken auf dem Schelf
- Wasserprobennahme an den Stationen mit Wasserschöpfern und profilierende CTD Messungen für Temperatur, Trübung, Sauerstoff- und Salzgehalt, sowie Schiffspumpen zur Planktonfiltration.

Parallel zu den Stationsarbeiten sind geplant:

- Sedimentkernlogging für magnetische Suszeptibilität und Sedimentfarbwechsel (color scanning)
- Öffnung, Beschreibung und eine erste Beprobung der wichtigsten Sedimentkerne insbesondere für organisch-geochemische Untersuchungen durchgeführt werden.

by following criteria:

- *The selected working areas cover a large latitudinal range crossing the well-defined OMZ boundary to the more oligotrophic equatorial region and to the western open ocean, which will allow us to reconstruct zonal and latitudinal gradients in proxy data through time.*
- *Working areas are mostly within shallow to intermediate water depths within topographic depressions or characterized by lowest slope gradients that can be found in the respective working area. This should help to avoid sampling of sediment sequences disturbed by slumps, turbidites, or erosion.*
- *They are partly located close to ODP coring transects (Leg 112, Leg 201, Leg 202) or former RV SONNE cruises, for which detailed bathymetric and seismic information is available.*

*During Leg M77-2, the following investigations are planned:*

- *Swath bathymetry mapping with the shallow and deep water systems EM710 and EM120*
- *PARASOUND echosounder sediment profiling*
- *Multicorer deployments for sampling of undisturbed sediment surfaces*
- *Deployments with the gravity corer (up to 12 m) for retrieval of longer sediment cores*
- *Deployments with the piston corer (up to 24m) of very long sediment cores in the deeper sediment basins on the shelf and on the upper slope*
- *Water sampling with Niskin bottles and profiling CTD for temperature, backscattering, oxygen and salinity, as well as with shipboard pumps for plankton filtering*

*In parallel to the station sampling we will perform:*

- *Sediment core logging for magnetic susceptibility and color reflection*
- *Opening, description and subsampling of most important sediment cores aboard the ship, particularly for samples that need to be kept cooled or frozen for organic geochemistry.*

**Zeitplan / Schedule**  
**Fahrtabschnitt / Leg 77/2**

	Tage/days
Auslaufen von Callao (Peru) am 24.11.2008 <i>Departure from Callao (Peru) 24.11.2008</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet 1 / <i>Transit to working area 1</i>	0.5
Arbeitsgebiet 1 nördlich Callao: Hydroakustische Vermessung, Beprobung Wassersäule und Sediment mit Planktonnetz, Schiffspumpen, CTD und Rosette, Multicorer, Schwerelot und/oder Kolbenlot, sowie Bodenwasserschöpfer, Landersysteme, und OFOS (Fortführung M77/1) <i>Working Area 1 north of Callao: Hydroacoustic survey, water column and sediment sampling with plankton net, water pump, CTD and water bottle sampler, multicorer, gravity and/or piston corer as well as bottom water sampler, benthic lander systems, and OFOS (continuation of M77/1)</i>	5.0
Arbeitsgebiet 2 südlich Chimbote: Hydroakustische Vermessung, Beprobung Wassersäule und Sediment mit Planktonnetz, Schiffspumpen, CTD und Rosette, Multicorer, Schwerelot und/oder Kolbenlot sowie Bodenwasserschöpfer, Landersysteme, und OFOS (Fortführung von M77/1) <i>Working Area 2 south of Chimbote: Hydroacoustic survey, water column and sediment sampling with plankton net, water pump, CTD and water bottle sampler, multicorer, gravity and/or piston corer as well as bottom water sampler, benthic lander systems, and OFOS (continuation of M77/1)</i>	5.0
Arbeitsgebiet 3 westlich Trujillo: Hydroakustische Vermessung, Beprobung Wassersäule und Sediment mit Planktonnetz, Schiffspumpen, CTD und Rosette, Multicorer, Schwerelot und/oder Kolbenlot <i>Working Area 3 west of Trujillo: Hydroacoustic survey, water column and sediment sampling with plankton net, water pump, CTD and water bottle sampler, multicorer, gravity and/or piston corer</i>	3.0
Arbeitsgebiet 4 nördlich Trujillo: Hydroakustische Vermessung, Beprobung Wassersäule und Sediment mit Planktonnetz, Schiffspumpen, CTD und Rosette, Multicorer, Schwerelot und/oder Kolbenlot <i>Working Area 4 north of Trujillo: Hydroacoustic survey, water column and sediment sampling with plankton net, water pump, CTD and water bottle sampler, multicorer, gravity and/or piston corer</i>	3.0
Transit zum Arbeitsgebiet 5 / <i>Transit to working area 5</i>	0.5
Arbeitsgebiet 5 südwestlich Guayaquil: Hydroakustische Vermessung, Beprobung Wassersäule und Sediment mit Planktonnetz, Schiffspumpen, CTD und Rosette, Multicorer, Schwerelot und/oder Kolbenlot <i>Working Area 5 southwest of Guayaquil: Hydroacoustic survey, water column and sediment sampling with plankton net, water pump, CTD and water bottle sampler, multicorer, gravity and/or piston corer</i>	3.0

Transit zum Arbeitsgebiet 6 / <i>Transit to working area 6</i>	0.5
Arbeitsgebiet 6 Carnegie Rücken: Hydroakustische Vermessung, Beprobung Wassersäule und Sediment mit Planktonnetz, Schiffspumpen, CTD und Rosette, Multicorer, Schwerelot und/oder Kolbenlot <i>Working Area 6 Carnegie Ridge: Hydroacoustic survey, water column and sediment sampling with plankton net, water pump, CTD and water bottle sampler, multicorer, gravity and/or piston corer</i>	3.0
Arbeitsgebiet 7 nordwestlich Guayaquil: Hydroakustische Vermessung, Beprobung Wassersäule und Sediment mit Planktonnetz, Schiffspumpen, CTD und Rosette, Multicorer, Schwerelot und/oder Kolbenlot <i>Working Area 6 northwest of Guayaquil: Hydroacoustic survey, water column and sediment sampling with plankton net, water pump, CTD and water bottle sampler, multicorer, gravity and/or piston corer</i>	3.0
Transit zum Hafen Guayaquil / <i>Transit to port Guayaquil</i>	1.5
Total	28.0

Einlaufen in Guayaquil (Ecuador) am 22.12.2008  
*Arrival in Guayaquil (Ecuador) 22.12.2008*

## Fahrtabschnitt / Leg M77/3 Guayaquil - Callao

### Wissenschaftliches Programm

Das Thema des dritten Fahrtabschnitts ist eine detaillierte Untersuchung der hydrographischen, geochemischen und isotopischen Struktur der Wassermassen und ihrer Variabilität, sowie deren Einfluss auf den Sauerstoffgehalt im peruanischen Küstenauftriebsgebiet. Diese Untersuchungen werden die Basis für ein biologisches Forschungsprogramm zur Beziehung zwischen den pelagischen Planktonvergesellschaftungen und der Nährstoffverteilung und deren Nutzung sein. Hierbei wird besonders der Stickstoffkreislauf im Vordergrund stehen. Drei zonale Schnitte bei 10°S, 12°S und 16°S, die die Sauerstoffgradienten von den Auftriebszentren bis in den offenen Ozean abdecken, sollen untersucht werden. Zusammen mit dem meridionalen Schnitt bei 85°W und den 3 zonalen Schnitten bei 3°S, 6°S und 14°S, die im vierten Fahrtabschnitt abgedeckt werden, wird sowohl ein gut aufgelöstes und detailliertes Bild der Wassermassen- und Sauerstoffverteilung, deren Lieferpfade und den Zusammenhängen mit den pelagischen Planktongemeinschaften, als auch der Verteilung und dem Kreislauf der Nährstoffe in den ostäquatorialen pazifischen Auftriebsgebieten gewonnen werden. Diese Untersuchungen, insbesondere der Prozesse, die den Sauerstoffgehalt kontrollieren, sind ein zentrales Thema des SFB 754.

Zeitlich und örtlich hochaufgelöste Messungen der Wassermassenverteilung werden anhand hydrographischer Parameter, des Sauerstoffs und der Fluoreszenz (Chlorophyll/Turbidität) durchgeführt. Diese Daten sollen sowohl über ADCP/CTD Profile, als auch über zwei autonome Unterwasserfahrzeuge (Glider) gewonnen werden. Die Glideruntersuchungen sollen im Besonderen zur Untersuchung kleinskaliger Phänomene (Filamente, Eddies) eingesetzt werden, die eine potentiell wichtige Rolle

### Scientific Programme

*The third leg focuses on the detailed investigation of the hydrographic, geochemical and isotopic structure of the water masses and their variability, as well as their influence on the oxygen content in the Peruvian coastal upwelling area. These investigations will be the basis for a biological research program on the relationship between pelagic community structure and nutrient composition and utilization with particular emphasis on the nitrogen cycle. Three zonal sections covering the oxygen gradients from the upwelling centres near the coast to the open ocean will be surveyed at 10°S, 12°S and 16°S. Together with the meridional section at 85°W, as well as 3 zonal sections at 3°S, 6°S and 14°S to be covered by leg 4, a well-resolved and detailed picture of the water mass and oxygen distribution, their supply paths and their relationship to the pelagic community structure, as well as the distribution and cycling of nutrients in the eastern equatorial Pacific upwelling areas will be achieved. These investigations, in particular the processes controlling the oxygen content are the central theme of the SFB 754.*

*High temporal and spatial surveys of hydrography, oxygen and fluorescence (chlorophyll/turbidity) will be performed using ADCP/CTD and two autonomous underwater vehicles (Gliders). The Glider surveys will focus on detailed investigations of small scale features (filaments, eddies) which play a potentially important role in the communication and exchanging of water masses between the shelf area and the open ocean.*

für die Kommunikation und Wassermassen-austausch zwischen Schelf und offenem Ozean spielen.

Ein Schwerpunkt der Wasserprobennahme für die chemischen Parameter wird die Isotopencharakterisierung der Wassermassen mittels Neodym- (Nd) und Siliziumisotopen (Si) und deren Vermischung in den Küsten-auftriebsgebieten des tropischen Ostpazifiks sein. Die Si-Isotopenfraktionierung durch die Diatomeen-Produktivität bei unterschiedlicher Stärke des Auftriebs soll bestimmt werden und der Einfluss des Si-Signals der zugemischten Wassermassen auf die gelöste Si-Isotopenzusammensetzung soll quantifiziert werden. Diese Daten sollen mit der parallel bestimmten Stickstoff-Isotopenverteilung von gelöstem Nitrat und dessen steuernden Faktoren verglichen werden, um Einflüsse der Denitrifizierung in der OMZ von biologischer Nutzung des Stickstoffs im Oberflächenwasser zu trennen. Es sollen außerdem Proben für Überschuss  $N_2$  (oder  $N_2/Ar$ ) genommen werden, die in der Wassersäule ein Indikator für Stickstoffentzug sind. Die Information aus diesen beiden biologisch beeinflussten Isotopensystemen von Si und N soll mit der Nd-Isotopenverteilung verglichen werden, das als quasi-konservatives Element hauptsächlich von der Wassermassenmischung bestimmt wird. Anhand dieser Ergebnisse sollen alle drei Isotopensysteme als Proxies für paläoozeanographische Rekonstruktion von Wassermassenmischung und Auftriebsintensität an den Sedimenten der ersten beiden Fahrtabschnitte von M77 im Rahmen des SFB-754 verwendet werden.

Der zweite Schwerpunkt der geochemischen Arbeiten in der Wassersäule ist die Untersuchung der Herkunft und der Mischung von Spurenmetallen und deren biogeochemische Kreisläufe. Einige dieser Metalle wie z.B. Eisen sind wichtige biolimitierende Mikronährstoffe, die den Nährstoffverbrauch in den nährstoffangereicherten Oberflächenwässern der Hochnährstoff-Niederchlorophyll (HNLC)-Gebiete vor Peru kontrollieren. Die Verfügbarkeit dieser Mikronährstoffe hat

*One of the foci of water sampling for chemical parameters will be the isotopic characterisation of neodymium (Nd) and silicon (Si) isotopes in the water masses and their mixing in the coastal upwelling area of the Tropical Eastern Pacific. The extent of Si isotope fractionation induced by diatom productivity under different upwelling intensities will be determined and the influence of the Si signal advected with water masses on the dissolved Si isotope composition will be quantified. These data will be compared with the nitrogen isotope distribution of dissolved nitrate on the same samples and their controlling factors to distinguish effects of denitrification in the OMZ and biological utilisation in the surface waters. We will include sampling for excess  $N_2$  (or  $N_2/Ar$ ) in the water column as an indicator for subsurface fixed nitrogen removal. The information obtained from the two biologically influenced isotope systems of Si and N will be compared with the Nd isotope distribution, which as a quasi-conservative element is mainly controlled by water mass mixing. On the basis of these results all three isotope systems will be used as paleo proxies for the paleoceanographic reconstruction of water mass mixing and upwelling intensity within the SFB754 using the sediments recovered on the first two legs of M77.*

*The second focus of the geochemical work in the water column is the investigation of the origin and the mixing of trace metals and their biogeochemical cycling. Some of these metals, such as iron, are important biolimiting micronutrients that control nutrient utilisation in the nutrient replete surface waters of the High Nutrient Low Chlorophyll (HNLC) areas off Peru. Their availability thus has a large impact on the marine bioproductivity and thus the strength and extent of the OMZ. This impact is linked*

einen großen Einfluss auf die marine Bioproduktivität und damit auf die Stärke und die Ausdehnung der OMZ. Dieser Einfluss ist sowohl abhängig von der chemischen Speziation und der Verweilzeit der Spurenmetalle, als auch von Kolloiden und Nanopartikeln als Trägerphasen für z.B. Phosphat und Eisen. Die Schnitte werden sowohl die eisenangereicherten küstennahen Hochproduktivitätsgebiete als auch die eisenabgereicherten HNLC-Gebiete in größerer Entfernung von der Küste abdecken. Zusätzlich wird es möglich sein, den Einfluss der Breite des Schelfs und damit das Ausmaß der Remobilisation redox-sensitiver Metalle wie Eisen und Mangan zu untersuchen: Der Schelf ist auf dem südlichsten Schnitt bei 16°S sehr schmal und daher wird hier nur ein geringer Beitrag von diesen Metallen aus dem Sediment erwartet, während das Gegenteil auf den nördlichen Schnitten der Fall ist.

Eines der Ziele der pelagisch-biologischen Projekte ist es, zu untersuchen wie das Phyto- und Zooplankton auf Veränderungen des N:P-Verhältnisses in den Nährstoffen, die in das Oberflächenwasser geliefert werden, reagiert. Dies soll sowohl mit einer detaillierten Beprobung der Wassersäule, als auch mit an Bord stattfindenden Mesokosmen-Experimenten durchgeführt werden. Phyto- und Zooplanktonproben aus der Wassersäule werden sowohl auf ihre taxonomische und funktionstypische Zusammensetzung, als auch auf die Stöchiometrie der Biomasse (C:N:P) untersucht werden. Zusammensetzung und Stöchiometrie des Planktons wird mit dem in situ Nährstoffregime in Bezug gesetzt werden. In den Mesokosmenexperimenten an Bord des Schiffs wird parallel die Reaktion des Phyto- und Zooplanktons (Wachstumsrate, Zusammensetzung, Stöchiometrie der Biomasse) auf experimentell manipulierte N:P Verhältnisse untersucht.

Ein weiteres zentrales Ziel das die Stickstofffixierung betrifft, ist ob die OMZ und ihre Effekte auf die darüberliegende Wassersäule die Zusammensetzung der N<sub>2</sub>-

*to chemical speciation and residence time of the trace metals, and the role of colloidal and nanoparticles as carrier phases for example for phosphate and iron. The transects will cover the Fe-enriched near coast high productivity areas and the Fe-depleted HNLC areas at a distance from the coast. In addition, it will be possible to evaluate the influence of the width of the shelf and thus the extent of mobilization and release of redox-sensitive metals such as Fe and Mn from the sediments. The shelf is very narrow at the southernmost transect at 16°S and thus a small supply of redox-sensitive metals to the surface waters is expected, whereas the opposite is the case at the two northern transects.*

*One of the goals of the pelagic-biological projects is to analyse how phytoplankton and zooplankton respond to changes in the N:P supply ratio to surface waters by a field sampling program and on-board mesocosm experiments. Phytoplankton and zooplankton will be sampled for analysis of their taxonomic and functional type composition and biomass stoichiometry (C:N:P). Composition and stoichiometry of the plankton will be related to the in-situ nutrient regime. In the on-board mesocosm experiments, the response of phytoplankton and zooplankton (growth rate, composition, biomass stoichiometry) to experimentally manipulated N:P ratios will be studied.*

*Another central scientific question with respect to nitrogen fixation is whether the OMZ and its effect on the overlying waters influence the community of N<sub>2</sub>-fixing micro-*

fixierenden Mikroorganismenvergesellschaftung (Diazotrophe) und deren Aktivität und damit die den Gesamteintrag an neuem Stickstoff in das Ökosystem beeinflussen. Die direkten ( $O_2$ ) und indirekten (N/P) Auswirkungen des  $O_2$ -Gehalts auf die Stickstofffixierungsraten und auf die Diversität der funktionalen Gene der Diazotrophen sollen mit einer breiten Auswahl an Ansätzen untersucht werden, die von vertikalen Profilen der Stickstofffixierung bis zu Nährstoffadditions-Bioassays reichen. Zusätzlich sollen Experimente mit Mikrokosmen und Phytoplankton-Wettbewerbsexperimente die Abschätzung der Reaktionen der pelagischen Organismen ermöglichen. Ein metagenomischer Ansatz wird benutzt werden, um zu bestimmen, in welchem Maß phylogenetisch verwandte Ökotypen der Diazotrophen an spezifische Nährstoffstöchiometrien und Sauerstoffgehalte angepasst sind.

*organisms (diazotrophs) and their activity and thus the overall input of new nitrogen into the ecosystem. The direct ( $O_2$ ) and indirect (N/P) effects of  $O_2$  on rates of  $N_2$  fixation and the functional gene diversity of the diazotrophs will be examined using a variety of approaches ranging from vertical profiles of  $N_2$ -fixation to nutrient addition bioassays. In addition, microcosm experiments and phytoplankton competition experiments will enable an assessment of pelagic community response. A metagenomic approach will be used to determine the extent to which phylogenetically-related diazotroph ecotypes are adapted to specific nutrient stoichiometry and  $O_2$  concentrations.*

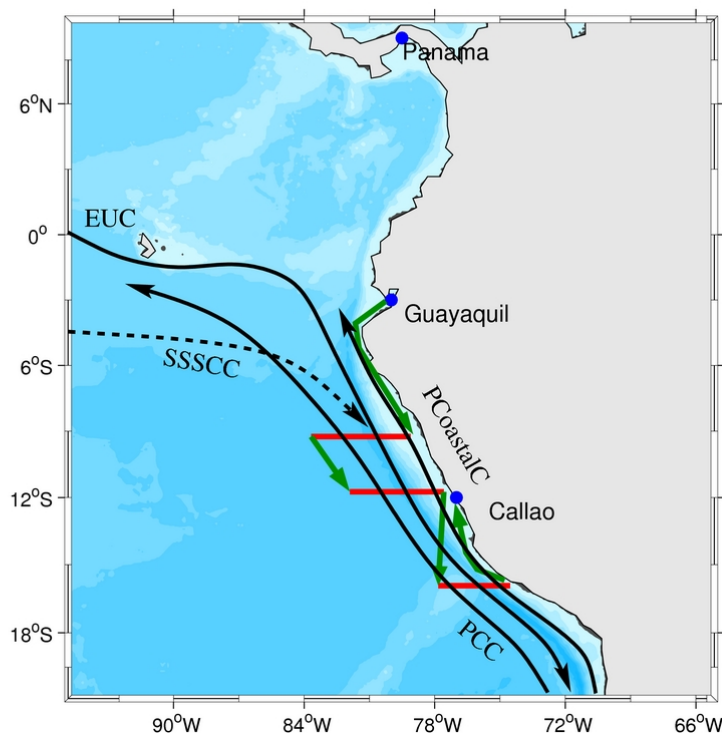


Abb. 7: Arbeitsgebiete von M77/3 mit den geplanten Transitstrecken (grüne Linien) und den Untersuchungsschnitten (rote Linien). Einige Meeresströmungen, die das Untersuchungsgebiet beeinflussen sind schematisch dargestellt: Äquatoriale Unterstrom, EUC; Südliche Sub-surface Gegenstrom, SSSCC; Peru Küstenstrom, PCoastalC; Peru-Chile Strom, PCC auch Humboldt Strom.



*Fig. 7: Working area of M77/3, planned transit sections (green lines) and transects (red lines). Some currents influencing the investigation area are included: Equatorial Undercurrent, EUC; Southern Subsurface Countercurrent, SSSCC; Peru Coastal Current, PCoastalC; Peru-Chile Current, PCC or Humboldt Current.*

## **Arbeitsprogramm**

Die geplanten hydrographischen Arbeiten auf Abschnitt M77/3 (Abb. 7) sind u.a. eine kontinuierliche Strömungsmessung mit beiden Schiffs-ADCP's (75 kHz und 38 kHz), hydrographische Stationen mit CTD-Sauerstoff-Fluoreszenz-Sonde und Kranzwasserschöpfer. Zwei Glider mit Sauerstoffsensoren sollen in den küstennahen Auftriebsgebieten vor Peru für die Dauer der Ausfahrt ausgesetzt werden. Die genauen Aussetzpositionen werden während der Reise aus den aktuellen Messdaten ermittelt. Die Wassersäule soll für Spurenmetalle und die biologischen Untersuchungen mit Kranzwasserschöpfer, GO-FLOW Schöpfer an einem Kevlar-Kabel und dem schiffseigenen Pumpsystem an den Positionen der CTD Stationen beprobt werden. Zusätzlich wird ein Planktonnetz für die biologischen Projekte eingesetzt werden und das Oberflächenwasser mit einem geschleppten Fisch kontinuierlich für Spurenmetalle beprobt werden.

Für die hydrographischen und geochemischen Wasserproben werden auf den CTD-Stationen folgende Parameter untersucht:

- Salzgehalt
- Sauerstoff- Chlorophyll- und Nährstoffproben
- Neodym Isotope
- Silizium Isotope
- Cadmium Isotope
- Spurenmetalle
- Überschuss  $N_2$  (oder  $N_2/AR$ ) in der Wassersäule
- Stickstoffisotope am gelösten  $NO_3$  und PON

Ein Teil dieser Proben dient zur Kalibrierung der CTD (Salzgehalt, Sauerstoff und Chlorophyll). Die übrigen Proben werden zusammen mit den GO-FLOW-Proben und den Oberflächenproben, aus dem geschleppten Fisch, für Schnitte geochemischer und

## **Work Programme**

*The planned hydrographic work on leg M77/3 (Fig. 7) consists of continuous current measurements by both shipboard ADCP's (75 kHz and 38 kHz), hydrographic CTD-oxygen-fluorescence with rosette sampler stations. In addition, two gliders with oxygen sensors will be deployed in the coastal upwelling areas for the duration of the cruise. The exact deployment locations will be determined from the actual measurements during the cruise. The water column will be sampled for trace metals and biological investigations with the rosette sampler, GO-FLOW sampler on a Kevlar line, and the shipboard seawater pump at the locations of the CTD stations. In addition, a plankton net will be used for the biological projects and the surface waters will be continuously sampled for trace metals with a towed fish.*

*For the hydrographic and geochemical water sampling the CTD-casts will be subsampled for measurements of:*

- salinity
- oxygen, chlorophyll and nutrient samples
- neodymium isotopes
- silicon isotopes
- cadmium isotopes
- trace metals
- excess  $N_2$  (or  $N_2/AR$ ) in the water column
- nitrogen isotopes in dissolved  $NO_3$  and PON

*Some of these samples will be collected for CTD calibration (salinity, oxygen and chlorophyll). Together with the GO-FLOW samples and the surface samples from the towed fish the other samples will be taken for geochemical and isotopic sections.*

isotopischer Parameter genommen.

Für die biologische Probennahme werden die CTD-Stationen mit Kranzwasserschöpfer und einer Pump-CTD, sowie Planktonnetz auf folgende Parameter beprobt werden:

- Partikulären organischen Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor (POC, PON, POP)
- Gelöster organischer Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor (DOC, DON, DOP)
- Partikulärer biogener Opal
- Phytoplankton zur Identifizierung, Zählung und taxonomisch spezifische Biomasse
- Analytische Durchflusszytometrie (AFC)
- FISH
- HPLC Pigmente
- Nukleinsäuren (10 pro Profil)
- 200 l pro Schnitt für metagenomische Analysen
- 1200 l am Beginn und Ende der Ausfahrt mit der Schiffspumpe.

An den neun experimentell biologischen Stationen sollen Phytoplankton-Konkurrenzexperimente, Zooplankton-Nährstoff-Exkretionsexperimente, Nährstoff-zusatz-Bioassay-Experimente und Messungen der Stickstoff- und Kohlenstofffixierungsraten in Benutzung der an Bord aufgebauten Mesokosmen und Mikrokosmen durchgeführt werden. Jede der experimentellen Stationen wird etwa 20 h dauern. Daher soll nach den ersten beiden experimentellen Stationen jedes Schnitts die Beprobung für großvolumige Spurenmetallproben und Tageszyklen von Spurenmetallen und deren Isotopen und Wasserstoffperoxid in der Wassersäule durchgeführt werden ohne die Position des Schiffs zu ändern. Die 20 Stunden nach dem dritten experimentellen Station werden für Transit zum nachfolgenden Schnitt, b.z.w. zum Endhafen genutzt.

*For the biological water sampling the CTD-stations will be sampled with the rosette, a pump CTD, and plankton net for measurements of:*

- *particulate organic carbon, nitrogen and phosphorus (POC, PON, POP)*
- *dissolved organic carbon, nitrogen, and phosphorus (DOC, DON, DOP)*
- *particulate biogenic silica (BSi)*
- *particle size spectral analysis (based on microscopy and automated particle counting)*
- *phytoplankton for identification, counts and taxon specific biomass*
- *analytical flow cytometry (AFC)*
- *FISH*
- *HPLC pigments*
- *nucleic acids (10 per depth profile)*
- *on 1 station on each transect for 200 l of water from three depths for metagenomics*
- *at the beginning and the end of the cruise 1200 l of surface waters will need to be taken by pump.*

*At the nine experimental biological stations there will be phytoplankton competition experiments, zooplankton nutrient excretion experiment, nutrient addition bioassay experiments, as well as nitrogen fixation and carbon fixation rate measurements using the on board mesocosms and microcosms. Each of these experimental stations will last about 20 hours. Therefore, after the first two experimental stations, sampling for large volume samples and investigations of the diurnal cycles of trace metals, isotopes and hydrogen peroxide will be performed without changing the position of the ship. The 20 hours time after the third experimental station on each section will be used for transit to the following section.*

**Zeitplan / Schedule**  
**Fahrtabschnitt / Leg M77/3**

	Tage/days
Auslaufen von Guayaquil (Ecuador) am 27.12.2008 <i>Departure from Guayaquil (Ecuador) 27.12.2008</i>	
Transit zum ersten Arbeitsgebiet / <i>Transit to first working area</i>	2.0
Schnitt auf 10°S von ca. 78°30'W (3 nm von der Küste) nach 85°W mit 8 CTD- biogeochemischen Stationen, 3 experimentellen Stationen, sowie Spurenmetallbeprobungen <i>Section along 10°S from 78°30'W (3 nm from the coast) to 85°W with 8 CTD- biogeochemistry stations, 3 experimental stations, as well as trace metal sampling</i>	7.25
Transit zum zweiten Arbeitsgebiet / <i>Transit to second working area</i>	0.5
Schnitt auf 12°S von ca. 82°W nach 77°10'W (3 nm von der Küste) mit 7 CTD- biogeochemischen Stationen, 3 experimentellen Stationen, sowie Spurenmetallbeprobungen <i>Section along 12°S from 82°W to 77°10'W (3 nm from the coast) with 7 CTD- biogeochemistry stations, 3 experimental stations, as well as trace metal sampling</i>	6.5
Transit zum dritten Arbeitsgebiet / <i>Transit to third working area</i>	1.0
Schnitt auf 16°S von ca. 78°W nach 74°W (3 nm von der Küste) mit 6 CTD- biogeochemischen Stationen, 3 experimentellen Stationen, sowie Spurenmetallbeprobungen <i>Section along 16°S from 78°W to 74°W (3 nm from the coast) with 6 CTD- biogeochemistry stations, 3 experimental stations, as well as trace metal sampling</i>	6.25
Zeit für Glider-Aussetzungen und Bergen <i>Time for glider deployments and recovery</i>	0.5
Transit nach Callao / <i>Transit to Callao</i>	1.0
	<b>Total 25</b>
Einlaufen in Callao (Peru) am 24.01.2009 <i>Arrival in Callao (Peru) 24.01.2009</i>	

## Fahrtabschnitt / Leg M77/4 Callao - Colon

### Wissenschaftliches Programm

Das Ziel der hydrographischen Messungen ist es die heutige Verteilung der Wassermassen und der Sauerstoffverteilung in den Sauerstoffminimumzonen (OMZ) des südöstlichen Pazifiks zu vermessen und die Sauerstoffveränderungen in den Zufuhrpfaden der OMZ im Vergleich mit früheren Datensätzen aufzuschlüsseln. Auf dem Fahrtabschnitt M77/4 sollen 3 zonale Schnitte auf 14°S, 6°S und 3°S sowie ein meridionaler Schnitt auf 85°W untersucht werden. Zusammen mit den 3 zonalen Schnitten auf 10°S, 12°S und 16°S, die auf dem dritten Fahrtabschnitt erfasst werden sollen, wird eine gut aufgelöste Verteilung der Wassermassen und des Sauerstoffs an und in den Auftriebsgebieten des östlichen Äquatorialpazifiks zum Zeitpunkt der Reise gewonnen werden. Im SFB-754 sollen zeitliche Änderungen der OMZ untersucht werden und die gewählte Fahrtroute ist ideal zum Vergleich mit früheren Daten aus diesem Gebiet.

Ein hochaufgelöster World Ocean Circulation Experiment (WOCE)-Schnitt mit ADCP-Messungen und CTD-Chemiestationen wurde 1993 bei etwa 85°W durchgeführt. Hier wird der tropische Teil des Schnittes wiederholt um Änderungen der Wassermassen- und Sauerstoffverteilung, speziell in den ostwärtigen Strombändern zu untersuchen. Da die WOCE Daten mit 0.5-Grad Auflösung gemessen wurden, soll hier ebenfalls in 0.5-Grad Abständen gemessen werden, um die Wassermassenänderungen auf Wirbel-skalen und die Strombänder aufzulösen um den Vergleich mit dem WOCE-Schnitt zu erleichtern.

Wasser mit relativ hohem Sauerstoffgehalt wird in die OMZ durch die ostwärtigen Zweige des äquatorialen Unterstroms (EUC) und eventuell auch von dem südlichen Sub-surface Gegenstrom (SSSCC) transportiert. Zehn profilierende Floats mit Sauerstoffsensoren sollen in den Versorgungspfaden der OMZ ausgebracht werden und kontinuier-

### Scientific Programme

*The goal of the hydrographic measurements is to derive the present day distribution of the water mass and oxygen distribution in the oxygen minimum zone (OMZ) of the southeastern Pacific and resolve the oxygen differences in comparison with older data sets in the supply paths to the OMZ. On the leg M77/4 a meridional section at 85°W as well as 3 zonal sections at 3°S, 6°S and 14°S will be measured. Together with the 3 zonal sections to be surveyed during the third leg at 10°S, 12°S and 16°S this will lead to a well resolved distribution of the water masses and the oxygen status near and within the upwelling areas in the eastern equatorial Pacific at the time of the cruise. In the SFB-754 temporal changes in the intensity and extent of OMZ shall be investigated and the chosen cruise track will be ideal for comparison with earlier surveys in the same area.*

*A high resolution World Ocean Circulation Experiment (WOCE) section with ADCP measurements and CTD-chemistry stations was carried out in 1993 along about 85°W. Here we will redo the tropical part of this section to investigate changes in the water mass and oxygen distribution since then with a focus also on changes in the eastward flowing current bands. As the WOCE data were taken with a 0.5 degree resolution, we will also carry out our programme at a 0.5 degree resolution to resolve water mass changes including eddy-scale features and current bands as well as for comparison with the earlier WOCE section.*

*Water with relatively high oxygen content is supplied to the OMZ by the eastward flowing current branches of the Equatorial Undercurrent (EUC) and may be also by the Southern Subsurface Countercurrent (SSSCC). Ten profiling floats with oxygen sensors will be deployed in the supply paths of the OMZ and will continuously measure*

lich die Sauerstoffprofile entlang des Strompfads messen. Diese Floats werden wertvolle Informationen über die Versorgungspfade liefern und zugleich kontinuierliche Sauerstoffprofile aufnehmen. Zeitserien der vertikalen Sauerstoffverteilung haben eine Tendenz der Verstärkung der OMZ im Südpazifik und die Floats werden die notwendigen Daten liefern, die zur Fortsetzung der Zeitserien notwendig sind.

Ein Schwerpunkt der Wasserprobennahme für die chemischen Parameter ist es, mittels Neodym- (Nd) und Siliziumisotopen (Si), Zufuhrpfade der Wassermassen aus dem Zentralpazifik und dem Südozean und deren Mischung in den Auftriebsregionen des tropischen Ostpazifiks zu charakterisieren. Mit diesen Ergebnissen soll die Si Isotopenfraktionierung durch die Diatomeen-Produktivität während aktivem Auftrieb mit der Stickstoffisotopenverteilung von gelöstem Nitrat verglichen werden, um die Mischungseffekte der advektierten Wassermassen mit vorgegebenen Si und N Isotopenzusammensetzung einzuschätzen und Effekte der Denitrifizierung auf die Stickstoffisotope zu quantifizieren. Die Information, die aus der Kombination von biologisch beeinflussten Si-Isotopen und den quasi-konservativen Nd-Isotopen erhalten wird, wird zu einem besseren Verständnis von Wassermischung und Auftriebsintensität führen und gleichzeitig die Anwendbarkeit von Nd and Si Isotopen als Tracer für paläoozeanographische Prozesse im Rahmen des SFB-754 verbessern. Es sollen auch Proben für Überschuss  $N_2$  (oder  $N_2/Ar$ ) und  $N_2O$  genommen werden, die in der Wassersäule ein Indikator für Stickstoffentzug im Ozean sind.

Das Hauptziel der Arbeiten an den Spuremetallen ist es, das Verständnis der Prozesse zu verbessern, die die Fe- und Phosphatzufuhr aus den Sedimenten unter Niedrigsauerstoffbedingungen kontrollieren. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen die Möglichkeit der Modellierung der Verteilung und Speziation dieser Elemente im globalen Ozean verbessern und helfen, Paläo-Zeitreihen zu interpretieren. Ziele der Spu-

*the oxygen profiles along the flow paths. These floats will provide valuable information on the supply paths and at the same time provide continuous measurements of the oxygen profiles. Time series of vertical oxygen distribution from historical data have shown tendencies of an intensification of the South Pacific OMZ and these floats will provide the data required to continue the oxygen time series.*

*Water sampling for chemical parameters will focus on the isotopic characterisation of neodymium (Nd) and silicon (Si) in water masses of Southern Ocean and central Pacific origin and their mixtures in the upwelling region of the Tropical Eastern Pacific. Based on these results, the extent of dissolved Si isotope fractionation induced by diatom productivity during active upwelling will be compared with the nitrogen isotope distribution of dissolved nitrate, in order to assess the effects of mixing of water masses with a preformed Si and N isotope composition and to assess the effects of denitrification on the N isotopes. The information obtained from the unique combination of the biologically influenced Si isotopes and the quasi-conservative Nd isotopes will lead to a better understanding of water mass mixing and upwelling intensity and at the same time will improve the applicability of Nd and Si isotopes as tracers for paleo-oceanographic processes within the SFB754). We will also assist with sampling for excess  $N_2$  (or  $N_2/Ar$ ) and  $N_2O$  in the water column as an indicator for subsurface fixed nitrogen removal.*

*The overall aim of the trace metal work is to improve our understanding of the processes controlling the Fe and phosphate supply from sediments under low oxygen conditions. The results from this work should ultimately improve the ability to model the distribution and speciation of these elements in the global ocean and aid in interpreting the paleo-record. Objectives of the trace metal studies are 1) to investigate the distribution*

renmetallstudien sind 1) die Untersuchung der Verteilung und Speziation von Fe und Phosphor in der Wassersäule der peruanischen OMZ, 2) die Bestimmung der Verweilzeiten von Fe in der peruanischen OMZ und 3) die Untersuchung der Verteilung anderer Redox- oder Paläo-Tracer in der peruanischen OMZ (Jodat/Jodid, Cd, Mn und Mo).

Das Ziel der biologischen Untersuchungen ist es Informationen über die mikrobiellen Haupttypen entlang der Schnitte zu sammeln und zu untersuchen wie sie mit Tiefe und Sauerstoffgehalt variieren. Dies ist besonders interessant unter dem Gesichtspunkt, die Ergebnisse und Diversität des Pazifischen Ozeans mit den Daten, die im Atlantik entlang ähnlicher Nord-Süd-Schnitte gesammelt werden, zu vergleichen.

Die Vertikalverteilung des Zooplanktons in Bezug zu physikalischen und biologischen Umweltparametern soll hochaufgelöst mit LOKI, einem neu entwickelten optischen Zooplanktondetektionsgerät, untersucht werden. Besonders interessant ist hier der Zusammenhang zwischen der Vertikalverteilung der physikalischen (T,S) und chemischen (Sauerstoff) Gradienten und der Struktur der Planktongemeinschaften in der Wassersäule.

Ein Teilnehmer der Ausfahrt wird sich mit wissenschaftlichen Fragestellungen des GEOTRACES Programmes (eine internationale Studie der marin-biogeochemischen Kreisläufe von Spurenelementen und deren Isotopen) beschäftigen. Hierbei soll die Frage untersucht werden, welche Prozesse wie Boundary Scavenging, Partikelfluss oder die Zusammensetzung der Partikel die Verteilung von  $^{231}\text{Pa}$  und  $^{230}\text{Th}$  (gelöst und partikulär) in der Wassersäule und in den Sedimenten kontrollieren. Des Weiteren soll mit Messungen von Radiumisotopen ( $^{223}\text{Ra}$ ,  $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ) die Wechselwirkungen von Wassermassen mit dem Schelf untersucht werden. Da Radium (wie auch Fe und Mn) aus dem Sediment in der Sauerstoffminimumzone freigesetzt wird, ist es anhand

*and speciation in the water column of Fe and phosphate across the Peruvian OMZ 2) to determine the residence times of Fe species in the Peruvian OMZ and 3) examine the distribution of other redox or paleo tracers in the Peruvian OMZ (Iodate/Iodide, Cd, Mn and Mo).*

*The goal of the biological investigations will be to collect information on the major microbial types present along the transects and to see how they vary with depth and oxygen concentration. This will be particularly interesting in order to compare the results and diversity from the Pacific Ocean with the data to be collected along similar North-South transect in the Atlantic Ocean.*

*High resolution studies of the vertical and horizontal distribution of zooplankton and its relation to environmental factors will be studied using LOKI, a newly developed optical plankton detection system. Of special interest is the role of physical (T, S) and chemical (oxygen) gradients in structuring the plankton communities in the water column.*

*One scientist will join this cruise as part of the GEOTRACES program (An international study of the marine biogeochemical cycles of trace elements and their isotopes). It is planned to investigate the relationship between boundary scavenging, particle type and the distribution of dissolved and particulate  $^{230}\text{Th}$  and  $^{231}\text{Pa}$  in the water column and in the sediments below. Furthermore, it is planned to investigate the interaction of water masses with the shelf using the quartet of radium isotopes ( $^{223}\text{Ra}$ ,  $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ). As radium (as well as Fe and Mn) is released from the shelf sediments in the oxygen minimum zone, concentration gradients of radium can be used to estimate water mass residence times and/or water mass transit times for those parcels of water hav-*

von Radiumkonzentrationsgradienten in der Wassersäule möglich, Verweilzeiten von Wassermassen bzw. den Zeitraum seit dem letzten Kontakt einer Wassermasse mit dem Schelf abzuleiten. Solche Informationen sind hilfreich für das Verständnis des Verhaltens von Spurenelementen in der Wassersäule wie z. B. Eisen und Mangan.

*ing been in contact with the shelf. Such information is important for e.g. the understanding of the cycling and removal of trace elements such as iron and manganese in the water column.*

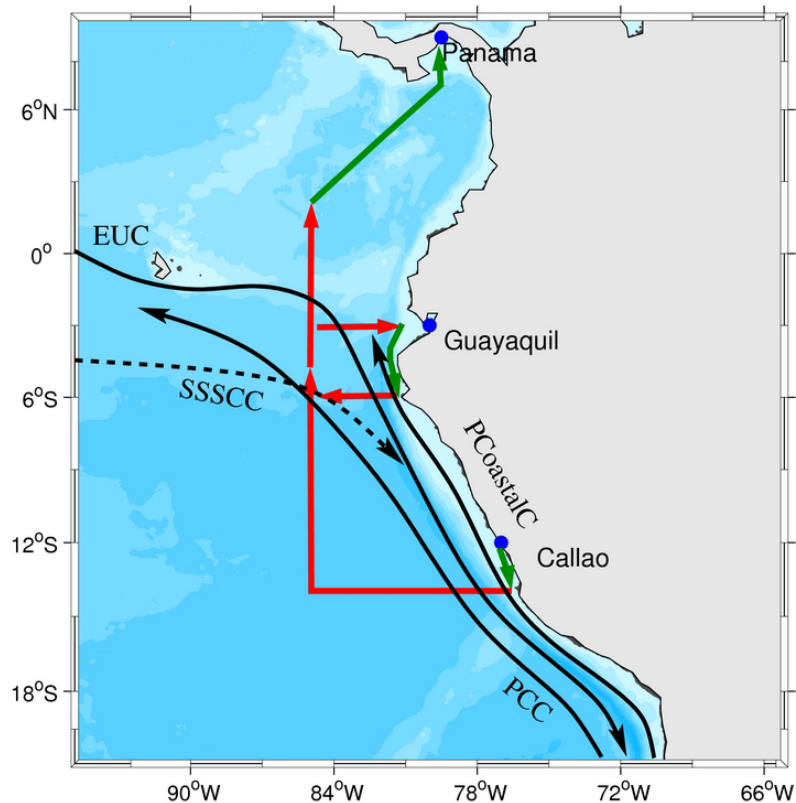


Abb. 8: Die geplanten Transitstrecken sowie die ADCP-Schnitte mit CTD- und Wasserprobenprofilen für den Abschnitt M77/4. Einige Strömungen von Bedeutung sind markiert: Äquatoriale Unterstrom (EUC), Südliche Subsurface Gegenstrom (SSSCC), Peru Küstenstrom (PCoastalC), Peru-Chile Strom (PCC; auch Humboldt Strom).

Fig. 8: *The planned transit sections and the ADCP-sections with CTD and water sample profiles) for the cruise Meteor M77/4. Some currents influencing the investigation area are included: Equatorial Undercurrent (EUC), Southern Subsurface Countercurrent (SSSCC), Peru Coastal Current (PCoastalC) Peru-Chile Current (PCC; or Humboldt Current).*

### Arbeitsprogramm

Die geplanten Arbeiten auf M77/4 (Abb. 8) sind u.a. eine kontinuierliche Strömungsmessung mit beiden Schiffs-ADCP's (75 kHz und 38 kHz), hydrographische Stationen mit CTD-Sauerstoff-Fluoreszenz-Sonde und Kranzwasserschöpfer, GO-FLOW Schöpfer Profile an den Positionen der CTD Stationen und das Aussetzen von APEX-Floats mit Sauerstoffsensoren in den sauerstoffreichen Versorgungspfaden der OMZ.

### Work Programme

*The planned measurements on M77/4 (Fig. 6) are continuous current measurements by both shipboard ADCP's (75 kHz and 38 kHz), hydrographic CTD-oxygen-fluorescence with rosette sampler stations, GO-FLOW sampler profiles at the locations of the CTD stations and the deployment of APEX-floats with oxygen sensors in the supply path of oxygen rich water to the OMZ. The exact deployment locations need to be*

Die genaue Aussetzposition wird während der Reise aus den aktuellen Messdaten ermittelt.

Für die hydrographischen und geochemische Wasserproben werden auf den CTD-Stationen folgende Parameter untersucht:

- Salzgehalt (CTD-Kalibration)
- Sauerstoff- Chlorophyll- und Nährstoffproben
- Neodymisotope
- Siliziumisotope
- Cadmiumisotope
- Radionuklide
- Spurenmetalle
- Proben für Überschuss  $N_2$  (oder  $N_2/AR$ ) und  $N_2O$  in der Wassersäule

Diese Proben werden zur Kalibrierung der CTD genommen (Salzgehalt, Sauerstoff und Chlorophyll) aber auch für geochemische Schnitte für Sauerstoff und andere geochemische Komponenten, die nicht mit dem CTD gemessen werden.

Für die biologische Probennahme werden die CTD-Stationen beprobt für:

- Partikularen organischen Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor (POC, PON, POP)
- Analytische Durchflussscytometrie (AFC)
- FISH
- HPLC Pigmente
- Nukleinsäuren (10 pro Profil)

Die Proben werden auch für die Stickstoffisotopenzusammensetzung in  $NO_3$  und PON gesammelt. Die Teilnehmer werden grundlegende biologische Parameter sammeln, um Karten der Verteilung der Hauptgruppen von Phytoplankton und Mikroben zu erstellen und molekularbiologische Proben für Picophytoplankton und/oder ihre Ökotypen zu untersuchen.

Im Rahmen des GEOTRACES-Programms werden Oberflächenproben für die Radiumanalyse mit Hilfe der Deckspumpe gewonnen. An ausgewählten Stationen werden Radiumprofile mit der CTD (Volumen ~ 100 l pro Probe) genommen. Ergänzt werden diese Profile mit Hilfe des Einsatzes von in-situ

*determined from the actual measurements during the cruise.*

*For the hydrographic and geochemical water sampling the CTD-casts will be sub-sampled for measurements of:*

- *salinity (CTD calibration)*
- *oxygen, chlorophyll and nutrient samples*
- *neodymium isotopes*
- *silicon isotopes*
- *cadmium isotopes*
- *radionuclides*
- *trace metals*
- *sampling for excess  $N_2$  (or  $N_2/AR$ ) and  $N_2O$  in the water column*

*The samples will be collected for CTD calibration (salinity, oxygen and chlorophyll) but also as own geochemical section measurements for oxygen and the other geochemical components not being measured by the CTD-sensors.*

*For the biological water sampling the CTD-casts will be sub-sampled for measurements of:*

- *particulate organic carbon, nitrogen and phosphorus (POC, PON POP)*
- *analytical flow cytometry (AFC)*
- *FISH*
- *HPLC pigments*
- *nucleic acids (10 per depth profile)*

*The samples will be collected also for the nitrogen isotope composition in the  $NO_3$  and PON. The participants will collect samples for the basic biological parameters in order to later create contour maps of the major phytoplankton and microbial groups as determined by AFC, and molecular biological probes for the major groups of picophytoplankton and/or their ecotypes.*

*In the framework of GEOTRACES surface waters samples will be taken for radium analyses along the ship transect using the ship pump. At selected sites water profiles using the CTD (volume per radium sample ~ 100 l) and in-situ filtration pumps are requested. On-board the ship radium will be*



Filtrationspumpen. An Bord wird Radium aus den Wasserproben mit Hilfe von Manganfiber extrahiert und aufkonzentriert. Eine erste Messung von  $^{223}\text{Ra}$  and  $^{224}\text{Ra}$  erfolgt an Bord der Meteor mit Hilfe eines RaDeCC coincidence counting Systems, während  $^{228}\text{Ra}$  und  $^{226}\text{Ra}$  mit dem Gammaskpektrometer im Heimatlabor bestimmt werden. Zur Beprobung von gelöstem und partikulärem  $^{230}\text{Th}$  (Volumen ~ 2 l pro Probe) und  $^{231}\text{Pa}$  (Volumen ~ 10 l pro Probe) werden die CTD und die in-situ Filtrationspumpen verwendet.

Während der Fahrt wird kontinuierlich Oberflächenwasser gepumpt und die darin befindlichen Organismen mit FLOKI, der Durchflussversion von LOKI, erfasst. Besonderes Augenmerk gilt hierbei der Planktonverteilung in den zahlreichen Frontengebieten.

*preconcentrated on manganese impregnated fibers. First measurements of  $^{223}\text{Ra}$  and  $^{224}\text{Ra}$  will be conducted on-board the ship using RaDeCC coincidence counter. The isotopes  $^{228}\text{Ra}$  and  $^{226}\text{Ra}$  will be measured by gamma spectrometry in the home lab. Sampling for dissolved and particulate  $^{230}\text{Th}$  and  $^{231}\text{Pa}$  (volume per sample ~2l for  $^{230}\text{Th}$  and ~10l for  $^{231}\text{Pa}$ ) will be conducted along the ship transect by using the CTD water bottles and in-situ filtration pumps.*

*Surface water will be continuously pumped during steaming. The effect of the various frontal regions on the zooplankton communities along the passage will be studied with FLOKI, the flow-through version of LOKI. Of special interest will be the plankton distribution in the numerous frontal zones.*

**Zeitplan / Schedule**  
**Fahrtabschnitt / Leg 77/4**

	Tage/days
Auslaufen von Callao (Peru) am 27.01.2009 <i>Departure from Callao (Peru) 27.01.2009</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	0.5
Schnitt auf 14°S von 76°45'W nach 85°W mit 16 CTD-biogeochemische Stationen sowie Spurenmetallmessungen <i>Section along 14°S from 76°45'W to 85°W with 16 CTD-Biogeochemistry stations as well as trace metal measurements</i>	4.0
Schnitt auf 85°W von 14°S nach 3°S mit 22 CTD-biogeochemische Stationen sowie Spurenmetallmessungen <i>Section along 85°W from 14°S to 3°S with 22 CTD-Biogeochemistry stations as well as trace metal measurements</i>	5.0
Schnitt auf 3°S von 85°W nach 81°W mit 8 CTD-biogeochemische Stationen sowie Spurenmetallmessungen und Transit nach 6°S <i>Section along 3°S from 85°W to 81°W with 8 CTD- Biogeochemistry stations as well as trace metal measurements and transit to 6°S</i>	3.0
Schnitt auf 6°S von 81°20'W nach 85°W mit 8 CTD-biogeochemische Stationen sowie Spurenmetallmessungen <i>Section along 6°S from 81°20'W to 85°W with 8 CTD- Biogeochemistry stations as well as trace metal measurements</i>	2.0
Schnitt auf 85°W von 6°S nach 2°N mit 10 CTD-biogeochemische Stationen sowie Spurenmetallmessungen <i>Section along 85°W from 6°S to 2°N with 10 CTD-Biogeochemistry stations as well as trace metal measurements</i>	3.0
Zeit für GEOTRACES Stationen und Float Aussetzungen <i>Time for GEOTRACES stations and float deployments</i>	1.5
Transit zum Hafen mit Panama-Kanalpassage <i>Transit to port including Panama Canal Passage</i>	3
<b>Total</b>	<b>22</b>
Einlaufen in Colon (Panama) am 18.02.2009 <i>Arrival in Colon (Panama) 18.02.2009</i>	

## **Operationelles Programm**

Die Bordwetterwarte ist mit einem Meteorologen und einem Wetterfunktechniker des Deutschen Wetterdienstes (DWD Hamburg) besetzt.

### Aufgaben

#### *1. Beratungen.*

Meteorologische Beratung von Fahrt- und Schiffsleitung sowie der wissenschaftlichen Gruppen und Fahrtteilnehmer. Auf Anforderung auch Berichte für andere Fahrzeuge, insbesondere im Rahmen internationaler Zusammenarbeit.

#### *2. Meteorologische Beobachtungen und Messungen.*

Kontinuierliche Messung, Aufbereitung und Archivierung meteorologischer Daten und Bereitstellung für die Fahrtteilnehmer.

Täglich sechs bis acht Wetterbeobachtungen zu den synoptischen Terminen und deren Weitergabe in das internationale Datennetz der Weltorganisation für Meteorologie (GTS, Global Telecommunication System).

Weitgehend automatische Durchführung von Radiosondenaufstiegen zur Bestimmung der vertikalen Profile von Temperatur, Feuchte und Wind bis zu etwa 25 km Höhe. Im Rahmen des internationalen Programms ASAP (Automated Shipborne Aerological Programme) werden die ausgewerteten Daten über Satellit in das GTS eingesteuert. Aufnahme, Auswertung und Archivierung von Bildern meteorologischer Satelliten.

## ***Operational Programme***

*The ships meteorological station is staffed by a meteorologist and a meteorological radio operator of the Deutscher Wetterdienst (DWD Hamburg).*

### *Duties:*

#### *1. Weather consultation.*

*Issuing daily weather forecasts for scientific and nautical management and for scientific groups. On request weather forecasts to other research craft, especially in the frame of international cooperation.*

#### *2. Meteorological observations and measurements.*

*Continuous measuring, processing, and archiving of meteorological data to make them available to participants of the cruise.*

*Six to eight synoptic weather observations daily. Feeding these into the GTS (Global Telecommunication System) of the WMO (World Meteorological Organization) via satellite or radio.*

*Largely automated rawinsonde soundings of the atmosphere up to about 25 km height. The processed data are inserted onto the GTS via satellite in frame of the international programme ASAP (Automated Shipborne Aerological Programme), which feeds the data onto the GTS.*

*Recording, processing, and storing of pictures from meteorological satellites.*

## **Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions***

### **DWD**

Deutscher Wetterdienst  
Geschäftsfeld Seeschifffahrt  
Bernhard-Nocht-Straße 76  
20359 Hamburg / Germany  
e-mail:  
www.

### **IFM-GEOMAR**

Leibniz-Institut für Meereswissenschaften  
an der Universität Kiel  
Wischhofstr. 1-3  
24148 Kiel / Germany  
e-mail: info@ifm-geomar.de  
www.ifm-geomar.de

**EPOC** (Environnements et  
Paléoenvironnements OCéaniques)  
UMR CNRS 5805 – OASU  
Université Bordeaux 1  
Avenue des Facultés  
33405 Talence Cedex / France  
www.epoc.u-bordeaux.fr

### **GeogrInstKiel**

Geographisches Institut  
Christian-Albrechts Universität Kiel  
Ludewig-Meyn Straße 14  
24118 Kiel / Germany  
www.geographie.uni-kiel.de

### **IFG**

Institut für Geowissenschaften  
Christian-Albrechts Universität Kiel  
Ludewig-Meyn Straße 10  
24118 Kiel / Germany  
www.ifg.uni-kiel.de

### **Marinetechnik Kawohl**

Am Kreuzkamp 27  
31311 Uetze-Hänigsen / Germany  
marinetech.-kawohl@T-Online.de

### **MPI Bremen**

Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie  
Celsiusstraße 1

D-28359 Bremen / Germany  
e-mail: [contact@mpi-bremen.de](mailto:contact@mpi-bremen.de)  
<http://www.mpi-bremen.de>

**AWI**

Alfred Wegener Institut für  
Polar- und Meeresforschung  
Columbusstrasse  
27568 Bremerhaven / Germany  
e-mail: [info@awi.de](mailto:info@awi.de)  
[www.awi-bremerhaven.de](http://www.awi-bremerhaven.de)

**IMARPE**

Instituto del Mar del Peru  
Esquina Gamarra y General Valle s/n  
Chucuito – Callao / Peru  
[www.imarpe.gop.de](http://www.imarpe.gop.de)

**ICL**

Imperial College London  
South Kensington Campus  
Department of Earth Science & Engineering  
London SW7 2AZ / England  
[www3.imperial.ac.uk](http://www3.imperial.ac.uk)

**IAEA-MEL**

International Atomic Energy Agency  
Marine Environmental Laboratories  
4 Quai Antoine Premier  
MC98000 Monaco  
Monaco  
e-mail: [mel@iaea.org](mailto:mel@iaea.org)  
[www.iaea.org/monaco/](http://www.iaea.org/monaco/)

**WHOI**

Woods Hole Oceanographic Institution  
Woods Hole, MA 02543  
[www.whoi.edu/](http://www.whoi.edu/)

## Teilnehmerliste/ *Participants* METEOR 77

### Fahrtabschnitt / *Leg M 77/1*

1.	Pfannkuche, Olaf	<i>Chief Scientist</i>	IFM-GEOMAR
2.	Bahr, André	<i>Paleoceanography</i>	IFM-GEOMAR
3.	Bannert, Bernhard	<i>Video Technician</i>	IFM-GEOMAR
4.	Camilli, Richard	<i>Technician / Biogeochemistry</i>	WHOI
5.	Cherednichenko, Sergiy	<i>Engineer</i>	IFM-GEOMAR
6.	Croot, Peter	<i>Geochemistry</i>	IFM-GEOMAR
7.	Dibbern, Meike	<i>Lab Technician/ Geochemistry</i>	IFM-GEOMAR
8.	Domeyer, Bettina	<i>Lab Technician/ Geochemistry</i>	IFM-GEOMAR
9.	dos Santos Ferreira, Christian	<i>Technician</i>	IFM-GEOMAR
10.	Ebbinghaus, Renate	<i>Lab Technician</i>	IFM-GEOMAR
11.	Enriquez, Edgardo	<i>Macrofauna/ Meiofauna</i>	IMARPE
12.	Glock, Nicolaas	<i>Geochemistry</i>	IFM-GEOMAR
13.	Graco, Michelle	<i>Sediment biogeochemistry</i>	IMARPE
14.	Hensen, Christian	<i>Geochemistry</i>	IFM-GEOMAR
15.	Hommer, Julia	<i>Microbiology</i>	IFM-GEOMAR
16.	Karas, Cyrus	<i>Paleoceanography</i>	IFM-GEOMAR
17.	Kriwanek, Sonja	<i>Technician / Biogeochemistry</i>	IFM-GEOMAR
18.	Liebetau, Volker	<i>Geochemistry</i>	IFM-GEOMAR
19.	Mallon, Jürgen	<i>Paleoceanography</i>	IFM-GEOMAR
20.	Mosch, Thomas	<i>Biogeochemistry</i>	IFM-GEOMAR
21.	Nürnberg, Dirk	<i>Paleoceanography</i>	IFM-GEOMAR
22.	Petersen, Asmus	<i>Technician</i>	IFM-GEOMAR
23.	Pfannkuche, Björn	<i>Technician</i>	IFM-GEOMAR
24.	Queisser, Wolfgang	<i>Technician</i>	IFM-GEOMAR
25.	Scholz, Florian	<i>Geochemistry</i>	IFM-GEOMAR
26.	Sommer, Stefan	<i>Biogeochemistry</i>	IFM-GEOMAR
27.	Truscheit, Torsten	<i>Meteorology</i>	DWD
28.	Türk, Matthias	<i>Engineer</i>	IFM-GEOMAR
29.	Voigt, Silke	<i>Paleoceanography</i>	IFM-GEOMAR
30.	N.N.	<i>Paleoceanography</i>	IFM-GEOMAR

## Teilnehmerliste/ *Participants* METEOR XX

### Fahrtabschnitt / *Leg M 77/2*

1. Schneider, Ralph	<i>Chief Scientist</i>	IFG
2. Blanz, Thomas	<i>Organic Geochemistry</i>	IFG
3. Block, Frederike	<i>Geology</i>	IFG
4. Bohlen, Lisa	<i>Geochemistry</i>	IFM-GEOMAR
5. Dibbern, Maike	<i>Lab Technician Geochemistry</i>	IFM-GEOMAR
6. Dullo, Wolf-Christian	<i>Paleoceanography</i>	IFM-GEOMAR
7. Duttmann, Rainer	<i>GIS</i>	GeographInstKiel
8. Ehlert, Claudia	<i>Paleoceanography</i>	IFM-GEOMAR
9. Ferreira, Christian	<i>Technician</i>	IFM-GEOMAR
10. Kawohl, Helmut	<i>Technician</i>	Marinetechnik Kawohl
11. Klostermann, Lars	<i>Paleoceanography</i>	IFM-GEOMAR
12. Kriwanek , Sonja	<i>Lab Technician Biogeochemistry</i>	IFM-GEOMAR
13. Leduc, Guillaume	<i>Geology</i>	IFG
14. Mallon, Jürgen	<i>Micropaleontology</i>	IFM-GEOMAR
15. Martinez, Philippe	<i>Paleoceanography</i>	EPOC
16. Mollier-Vogel, Elfi	<i>Organic Geochemistry</i>	IfG
17. Mosch, Thomas	<i>Technician</i>	IFM-GEOMAR
18. Petersen, Asmus	<i>Technician</i>	IFM-GEOMAR
19. Pfannkuche, Björn	<i>Technician</i>	IFM-GEOMAR
20. Sommer, Stefan	<i>Biogeochemistry</i>	IFM-GEOMAR
21. Sonnabend, ???	<i>Meteorology</i>	DWD
22. Tepe, Nathalie	<i>Geology</i>	IfG
23. Thomas, Rüdiger	<i>Lab Technician Geology</i>	IfG
24. Truscheit, Torsten	<i>Meteorology</i>	DWD
25. Türk, Mathias	<i>Engineer</i>	IFM-GEOMAR
26. Wallmann, Klaus	<i>Geochemistry</i>	IFM-GEOMAR
27. Willie, Bianca	<i>GIS</i>	GeogrInstKiel NN
28. NN	<i>observer</i>	Peru
29. NN	<i>observer</i>	Ecuador
30. NN	<i>Paleoceanography</i>	IMARPE

## Teilnehmerliste/ *Participants* METEOR 77

### Fahrtabschnitt / *Leg M 77/3*

1.	Frank, Martin, Prof.	<i>Chief scientist</i>	IFM-GEOMAR
2.	Baars, Oliver	<i>Trace metals</i>	IFM-GEOMAR
3.	Behrens, Erik	<i>CTD-/ADCP-Watch</i>	IFM-GEOMAR
4.	Dammshäuser, Anna	<i>Trace metals</i>	IFM-GEOMAR
5.	Ellrott, Andreas	<i>Pump CTD operator</i>	MPI Bremen
6.	Franz, Jasmin	<i>POM, DOM, HPLC</i>	IFM-GEOMAR
7.	Fritsche, Peter	<i>Nutrients</i>	IFM-GEOMAR
8.	Grasse, Patricia	<i>Si-Nd-N isotopes</i>	IFM-GEOMAR
9.	Großkopf, Tobias	<i>Nitrogen Fixation</i>	IFM-GEOMAR
10.	Hauss, Helena	<i>Pelagic Communities</i>	IFM-GEOMAR
11.	Kavelage, Tim	<i>Nitrogen Loss, O<sub>2</sub></i>	MPI Bremen
12.	Klockgether, Gabriele	<i>O<sub>2</sub>, nutrients</i>	MPI Bremen
13.	Krahmann, Gerd	<i>Glider – CTD</i>	IFM-GEOMAR
14.	Kuypers, Marcel	<i>Nitrogen Loss</i>	MPI Bremen
15.	LaRoche, Julie	<i>Nitrogen Fixation</i>	IFM-GEOMAR
16.	Lavik, Gaute	<i>Nitrogen Loss</i>	MPI Bremen
17.	Link, Rudi	<i>CTD technics</i>	IFM-GEOMAR
18.	Löscher, Caroline	<i>Nitrogen Fixation</i>	IFM-GEOMAR
19.	Nunes, Nuno	<i>CTD-/ADCP-Watch</i>	IFM-GEOMAR
20.	Ochsenhirt, Wolf-Thilo	<i>Meteorology</i>	DWD
21.	Paulmier, Aurelien	<i>Nitrogen Loss</i>	MPI Bremen
22.	Raab, Philipp	<i>Nitrogen Fixation</i>	IFM-GEOMAR
23.	Schlosser, Christian	<i>Trace metals</i>	IFM-GEOMAR
24.	Schwarzkopf, Franziska	<i>CTD, salinometer</i>	IFM-GEOMAR
25.	Sommer, Ulrich	<i>Pelagic Communities</i>	IFM-GEOMAR
26.	Stumpf, Roland	<i>Si-Nd-N isotopes</i>	IFM-GEOMAR
27.	Vogt, Martin	<i>ADCP processing</i>	IFM-GEOMAR
28.	N.N.	<i>Sci. Partner - Peru</i>	IMARPE
29.	N.N.	<i>Sci. Partner – Peru</i>	IMARPE
30.	N.N.	<i>Meteorology</i>	DWD



## Teilnehmerliste/ *Participants* METEOR 77

### Fahrtabschnitt / *Leg M 77/4*

1. Stramma, Lothar	Fahrtleiter / <i>Chief Scientist</i>	IFM-GEOMAR
2. Ayón, Patricia	<i>Zooplankton</i>	IMARPE
3. Barz, Kristina	<i>Zooplankton</i>	AWI
4. Böning, Claus	<i>CTD-ADCP processing</i>	IFM-GEOMAR
5. Croot, Peter	<i>Trace elements</i>	IFM-GEOMAR
6. Dispert, Astrid	<i>CTD-ADCP watch</i>	IFM-GEOMAR
7. Dunker, Mirja	<i>Oxygen, nutrients</i>	IFM-GEOMAR
8. Funk, Andreas	<i>ADCP processing</i>	IFM-GEOMAR
9. Grasse, Patricia	<i>Silicon, neodymium</i>	IFM-GEOMAR
10. Hirche, Hans-Jürgen	<i>Zooplankton</i>	AWI
11. Karstensen, Johannes	<i>CTD-ADCP, Glider</i>	IFM-GEOMAR
12. Kock, Annette	<i>Nitrous oxide</i>	IFM-GEOMAR
13. Komander, Sigrun	<i>CTD-ADCP watch</i>	IFM-GEOMAR
14. Malien, Frank	<i>Oxygen, nutrients</i>	IFM-GEOMAR
15. Müller, Mario	<i>CTD technics, computer</i>	IFM-GEOMAR
16. Nielsen, Martina	<i>CTD-ADCP watch</i>	IFM-GEOMAR
17. Ochsenhirt, Wolf-Thilo	<i>Meteorology</i>	DWD
18. Ryabenko, Evgenia	<i>Oxygen, nutrients</i>	IFM-GEOMAR
19. Schmidt, Sunke	<i>Floats, CTD</i>	IFM-GEOMAR
20. Scholten, Jan	<i>GEOTRACES</i>	IAEA-MEL
21. Schunk, Harald	<i>Biology</i>	IFM-GEOMAR
22. Stumpf, Roland	<i>Silicon, neodymium</i>	IFM-GEOMAR
23. Wuttig, Kathrin	<i>Trace elements</i>	IFM-GEOMAR
24. Xue, Zichen	<i>Cadmium</i>	ICL
25. NN	<i>Meteorology</i>	DWD
26. NN	<i>Nitrogen isotopes</i>	UMASS
27. NN	<i>Observer</i>	<i>Ecuador</i>
28. NN	<i>Scientist Peru</i>	IMARPE
29. NN	<i>Scientist Peru</i>	IMARPE
30. NN	<i>Biology</i>	IFM-GEOMAR

## **Besatzung / Crew METEOR 77**

### **Fahrtabschnitt / Leg M 77/1**

#### **Talcahuano-Callao**

<b>Dienstgrad / Rank</b>	<b>Name, Vorname / Name, first name</b>
Kapitän / Master	Baschek, Walter
1. NO / Ch. Mate	Birnbaum, Tilo
1. TO / Ch. Engineer	Hartig, Volker
2. NO / 2nd Mate	Diecks, Hays
3. NO / 3rd Mate	Dugge, Heike
Schiffsarzt / Surgeon	Rathnow, Klaus
2. TO / 2nd Engineer	Heitzer, Ralf
3. TO / 3rd Engineer	Brandt, Björn
Elektriker / Electrician	Reiber, Michael
Ltd. Elektroniker / Ch. Electron.	Walter, Jörg
Elektroniker / Electron. Eng.	Paulisch, Catharina
System-Manager / Sys.-Man.	Wintersteller, Paul
Decksschlosser / Fitter	Sosnowski, Werner
Bootsm. / Boatswain	Gudera, Manfred
Matrose / A.B.	Rabenhorst, Kai
Matrose / A.B.	Neitzsch, Bernd
Matrose / A.B.	Ventz, Günther
Matrose / A.B.	Bußmann, Piotr
Matrose / A.B.	Wegner, Erdmann
Matrose / A.B.	Pomplun, Matthias
Matrose / A.B.	NN
Motorenwärter / Motorman	Rademacher, Hermann
Motorenwärter / Motorman	NN
Motorenwärter / Motorman	Sebastian, Frank
Koch / Cook	Hermann, Klaus
Kochsmaat / Cooksmate	Pytlik, Franciszek
1. Steward / Ch. Steward	Wege, Andreas
2. Steward / 2nd Steward	Hoppe, Jan
2. Steward / 2nd Steward	Götze, Rainer
Wäscher / Laundryman	Ong, Seng Choon
Azubi SM / Apprentice SM	Hansen, Timo
Azubi SM / Apprentice SM	Pagels, Christian
Prakt.N / Naut. Ass.	Miatke, Thomas
Prakt.T / Techn. Ass.	Urbaniak, David

## Besatzung / Crew METEOR 77

### Fahrtabschnitt / Leg M 77/2

#### Callao / Guyaquil

<b>Dienstgrad / Rank</b>	<b>Name, Vorname / Name, first name</b>
Kapitän / Master	Baschek, Walter
1. NO / Ch. Mate	Wunderlich, Thomas
1. TO / Ch. Engineer	Neumann, Peter
2. NO / 2nd Mate	Diecks, Haye
3. NO / 3rd Mate	Lauber, Felix
Schiffsarzt / Surgeon	Rathnow, Klaus
2.TO / 2nd Engineer	Heitzer, Ralf
3. TO / 3rd Engineer	Schade, Uwe
Elektriker / Electrician	Freitag, Rudolf
Ltd. Elektroniker / Ch. Electron.	Verhoeven, Roger
Elektroniker / Electron. Eng.	Paulisch, Catharina
System-Manager / Sys.-Man.	Wintersteller, Paul
Decksschlosser / Fitter	Sosnowski, Werner
Bootsm. / Boatswain	Gudera, Manfred
Matrose / A.B.	NN
Matrose / A.B.	Neitzsch, Bernd
Matrose / A.B.	Drakopoulos, Evgenios
Matrose / A.B.	Hildebrandt, Hubert
Matrose / A.B.	Wegner, Erdmann
Matrose / A.B.	Ventz, Günther
Matrose / A.B.	Rabenhorst, Kai
Motorenwärter / Motorman	Rademacher, Hermann
Motorenwärter / Motorman	Lange, Gerhard
Motorenwärter / Motorman	Heitmann, Carsten
Koch / Cook	Hermann, Klaus
Kochsmaat / Cooksmate	Pytlik, Franciszek
1. Steward / Ch. Steward	Both, Michael
2. Steward / 2nd Steward	Hoppe, Jan
2. Steward / 2nd Steward	Eller, Peter
Wäscher / Laundryman	Ong, Seng Choon
Azubi SM / Apprentice SM	Hansen, Timo
Azubi SM / Apprentice SM	Pagels, Christian
Prakt.N / Naut. Ass.	Miatke, Thomas
Prakt.T / Techn. Ass.	Urbaniak, David

## Besatzung / Crew METEOR 77

### Fahrtabschnitt / Leg M 77/3

#### Guayaquil-Callao

<b>Dienstgrad / Rank</b>	<b>Name, Vorname / Name, first name</b>
Kapitän / Master	Jakobi, Niels
1. NO / Ch. Mate	Wunderlich, Thomas
1. TO / Ch. Engineer	Neumann, Peter
2. NO / 2nd Mate	Dieks, Haye
3. NO / 3rd Mate	Lauber, Felix
Schiffsarzt / Surgeon	Rathnow, Klaus
2.TO / 2nd Engineer	Schade, Uwe
3. TO / 3rd Engineer	NN
Elektriker / Electrician	Freitag, Rudolf
Ltd. Elektroniker / Ch. Electron.	Verhoeven, Roger
Elektroniker / Electron. Eng.	Paulisch, Catharina
System-Manager / Sys.-Man.	Willms, Olaf
Decksschlosser / Fitter	Sosnowski, Werner
Bootsm. / Boatswain	Hadamek, Peter
Matrose / A.B.	Drakopoulos, Evgenios
Matrose / A.B.	Neitzsch, Bernd
Matrose / A.B.	Rabenhorst, Kai
Matrose / A.B.	Hildebrandt, Hubert
Matrose / A.B.	Behlke, Hans-Joachim
Matrose / A.B.	Ventz, Günther
Matrose / A.B.	NN
Motorenwärter / Motorman	Lange, Gerhard
Motorenwärter / Motorman	Riedler, Heinrich
Motorenwärter / Motorman	Heitmann, Carsten
Koch / Cook	Hermann, Klaus
Kochsmaat / Cooksmate	Pytlik, Franciszek
1. Steward / Ch. Steward	Both, Michael
2. Steward / 2nd Steward	Götze, Rainer
2. Steward / 2nd Steward	Eller, Peter
Wäscher / Laundryman	Ong, Seng Choon
Azubi SM / Apprentice SM	Schwisselmann, Peter
Azubi SM / Apprentice SM	Pagels, Christian
Prakt.N / Naut. Ass.	Miatke, Thomas
Prakt.T / Techn. Ass.	Urbaniak, David

## Besatzung / Crew METEOR 77

### Fahrtabschnitt / Leg M 77/4

#### Callao-Colon

<b>Dienstgrad / Rank</b>	<b>Name, Vorname / Name, first name</b>
Kapitän / Master	Jakobi, Niels
1. NO / Ch. Mate	Wunderlich, Thomas
1. TO / Ch. Engineer	Neumann, Peter
2. NO / 2nd Mate	Diecks, Hays
3. NO / 3rd Mate	Lauber, Felix
Schiffsarzt / Surgeon	Rathnow, Klaus
2.TO / 2nd Engineer	Schade, Uwe
3. TO / 3rd Engineer	NN
Elektriker / Electrician	Freitag, Rudolf
Ltd. Elektroniker / Ch. Electron.	Voigt-Wentzel, Heinz
Elektroniker / Electron. Eng.	Schulz, Harry
System-Manager / Sys.-Man.	Willms, Olaf
Decksschlosser / Fitter	Stenzler, Joachim
Bootsm. / Boatswain	Hadamek, Peter
Matrose / A.B.	Bussmann, Pjotr
Matrose / A.B.	Drakopoulos, Evgenios
Matrose / A.B.	Stängl, Günther
Matrose / A.B.	Weiß, Eberhard
Matrose / A.B.	Pomplun, Matthias
Matrose / A.B.	Behlke, Hans-Joachim
Matrose / A.B.	Hildebrandt, Hubert
Motorenwärter / Motorman	Riedler, Heinrich
Motorenwärter / Motorman	Lange, Gerhard
Motorenwärter / Motorman	Sebastian, Frank
Koch / Cook	Grün, Franz
Kochsmaat / Cooksmate	Braatz, Willy
1. Steward / Ch. Steward	Both, Michael
2. Steward / 2nd Steward	Götze, Rainer
2. Steward / 2nd Steward	Eller, Peter
Wäscher / Laundryman	Ong, Seng Choon
Azubi SM / Apprentice SM	Schwisselmann, Peter
Azubi SM / Apprentice SM	Marquardt, Henry
Prakt.N / Naut. Ass.	Miatke, Thomas
Prakt.T / Techn. Ass.	Urbaniak, David

## **Das Forschungsschiff / *Research Vessel METEOR***

Das Forschungsschiff METEOR dient der weltweiten grundlagenbezogenen deutschen Hochsee-Forschung und der Zusammenarbeit mit anderen Staaten auf diesem Gebiet.

*The research vessel METEOR is used for German basic ocean research world-wide and for cooperation with other nations in this field.*

FS METEOR ist Eigentum der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister für Bildung und Forschung (BMBF), der auch den Bau des Schiffes finanziert hat.

*The vessel is owned by the Federal Republic of Germany represented by the Ministry of Education and Research (BMBF), which also financed the construction of the vessel.*

Das Schiff wird als 'Hilfseinrichtung der Forschung' von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) betrieben. Dabei wird sie von einem Beirat unterstützt.

*The vessel is operated as an 'Auxiliary Research Facility' by the German Research Foundation (DFG). For this purpose the DFG is assisted by an Advisory Board.*

Das Schiff wird zu 70% von der DFG und zu 30% vom BMBF genutzt und finanziert. Die Durchführung von METEOR-Expeditionen und deren Auswertung wird von der DFG in zwei Schwerpunkten gefördert.

*The vessel is used and financed to 70% by the DFG and to 30% by the BMBF. The execution and evaluation of METEOR expeditions are sponsored by the DFG through two funding programmes.*

Der Senatskommission der DFG für Ozeanographie obliegt die wissenschaftliche Fahrtplanung, sie benennt Koordinatoren und Fahrtleiter von Expeditionen.

*The Senate Commission for Oceanography of the DFG is charged with planning of the expeditions from the scientific perspective. It appoints coordinators and the chief scientists for expeditions.*

Die Leitstelle METEOR der Universität Hamburg ist für die wissenschaftlich-technische, logistische und finanzielle Vorbereitung, Abwicklung und Betreuung des Schiffsbetriebes verantwortlich. Sie arbeitet einerseits mit den Expeditionskoordinatoren partnerschaftlich zusammen, andererseits ist sie Partner der Reederei F. Laeisz GmbH.

*The METEOR Operations Control Office of the University of Hamburg is responsible for the scientific, technical, logistic and financial preparation, execution and supervision of ship operations. On one hand, it cooperates with the expedition coordinators on a partner-like basis and on the other hand it is the direct partner of the managing owners F. Laeisz GmbH.*

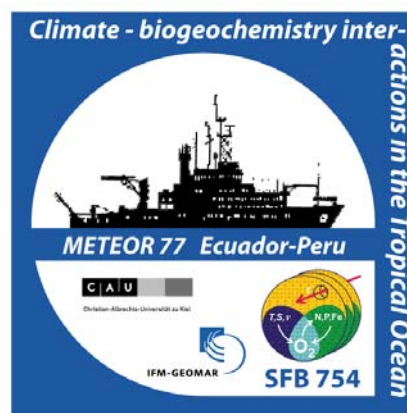


*Research Vessel*

# METEOR

*Cruise No. 77*

22.10.2008 – 18.02.2009



Climate- Biogeochemistry interactions in the tropical ocean of the  
SE-American oxygen minimum zone

*SFB754/SE Pacific*

*Editor:*

Institut für Meereskunde Universität Hamburg  
Leitstelle METEOR / MERIAN  
[www.ifm.uni-hamburg.de/leitstelle](http://www.ifm.uni-hamburg.de/leitstelle)

*Sponsored by:*

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
ISSN 0935-9974