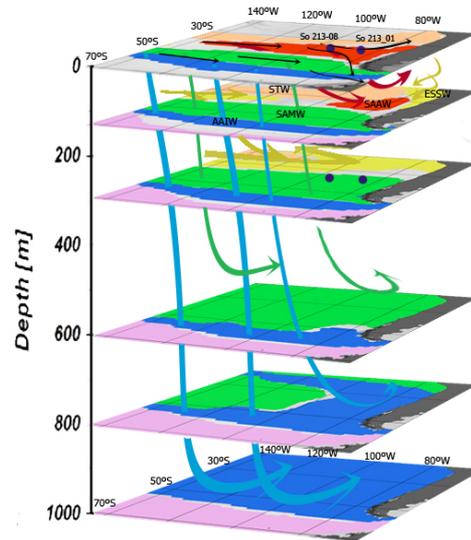


Schlussbericht



Zuwendungsempfänger:

GEOMAR

Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Wischhofstraße 1-3

24148 Kiel

Förderkennzeichen:

03G0213B SOPATRA

Vorhabensbezeichnung:

BMBF-Verbundvorhaben :

SO213 – SOPATRA & FOUNDATION IV:

**Verbundprojekt SOPATRA: Rekonstruktion der pleistozänen
atmosphärisch/ozeanischen Zirkulation im Südpazifik**

Hier: Vorhaben 03GO213B (nur GEOMAR)

**Paläotemperaturen und -salinitäten in der ozeanischen Deckschicht,
Rekonstruktion der Tiefenwasserzirkulation**

Laufzeit des Vorhabens: **01.11.2010 - 31.12.2012**

Berichtszeitraum: **01.11.2010 - 31.12.2012**

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

„Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03GO213B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.“

Autoren: Prof. Dr. Dirk Nürnberg, Prof. Dr. Martin Frank

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

1.	Aufgabenstellung, Voraussetzungen und Durchführung von SOPATRA	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	2
1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens	3
1.4	Wissenschaftlich-technischer Stand zu Beginn des Projektes	5
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	5
2.	Wissenschaftliche Ergebnisse, Nutzen und Veröffentlichungen	5
2.1	Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele	5
	• <i>Allgemeines</i>	5
	• <i>Methoden</i>	9
	• <i>Resultate</i>	9
2.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	10
	• <i>Personalmittel</i>	10
	• <i>Sächliche Verwaltungsausgaben</i>	11
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	12
2.4	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	13
2.5	Fortschritt im Stand der Wissenschaft während der Projektlaufzeit durch Dritte	13
2.6	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen	14
2.7	Referenzliste	16
3.	Erfolgskontrollbericht (nicht mitgeliefert, da vertraulich)	19
3.1	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen	19
3.2	Wissenschaftlich-technischer Erfolg des Vorhabens	19
3.2.1	Methoden	19
	• <i>Chronostratigraphie</i>	19
	• <i>Rekonstruktion der oberflächennahen Wassertemperaturen und $d^{18}O_{\text{Meerwasser}}$</i>	20
	• <i>Neodymisotopie als Tiefenwassermassen-Tracer</i>	22
3.2.2	Ergebnisse	22
	• <i>Proxykalibrierung und Überprüfung der Anwendbarkeit von Foraminiferen Mg/Ca</i>	22
	• <i>Pleistozäne Entwicklung des Frontensystems im S-Pazifik</i>	23
	• <i>Zwischenwasserdynamik im S-Pazifik während des Pleistozäns</i>	25
	• <i>Veränderlichkeit des Peru-Chile-Stromsystems im SE-Pazifik während des Plio/Pleistozäns mit Auswirkungen auf ENSO</i>	28
	• <i>Rekonstruktion der Tiefenwasserzirkulation im SE-Pazifik mittels radiogener Nd-Isotopenzusammensetzungen</i>	31
3.3	Fortschreibung des Verwertungsplanes	37
3.4	Ungelöste Fragestellungen	37
3.5	Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer	38
3.6	Einhaltung des Finanzierungs- und Zeitplans	38

Anlagen

- SOPATRA – Berichtsblatt
- SOPATRA – Document Sheet Control
- Verwertungsplan
- Zahlenmäßiger Verwendungsnachweis sowie Belegliste

Zusammenfassung

Obwohl der Südpazifik eine Schlüsselstellung im globalen Klimageschehen einnimmt, ist er aus paläozeanographischer Sicht wenig bekannt. Mit der SOPATRA-Expedition SO213 wurden einzigartige Sedimentkerne gewonnen, umfangreiche (isotopen)geochemische Datensätze gesammelt sowie mit der Untersuchung der Wassersäule und der Sedimentoberfläche die zur Anwendung gekommenen geochemischen Proxy-Parameter kalibriert. Um die oberflächennahen Temperatur- und Salzgehaltsentwicklung der ozeanischen Deckschicht zu rekonstruieren, wurden kombinierte Analysen von Mg/Ca und Sauerstoffisotopie an planktonischen Foraminiferengehäusen durchgeführt. Zur Rekonstruktion der Tiefenwasserzirkulation kamen radiogene Neodym-Isotope aus Laugungen von Sedimenten und planktonischen Foraminiferengehäusen, sowie Fischzähnen zur Anwendung.

Erstmalig für den SE-Pazifik wurden hochauflösende geochemische Proxy-Datenserien für den Zeitraum der letzten ~4.8 Millionen Jahre erstellt, mit denen die plio-/pleistozänen/holozänen Wechselwirkungen zwischen oberflächennahen, subtropischen Wassermassen und subantarktischen Wassermassen, die Entwicklung des Peru-Chile bzw. Humboldt-Stromsystems und erstmalig die Dynamik des antarktischen Zwischenwassers im Zusammenspiel mit Veränderungen der Thermoklinentiefe für den Übergang vom pliozänen „Warm house“ zum pleistozänen „Ice house“ rekonstruiert werden konnten. Insbesondere ab ~2.7 Ma verweisen die sich stark entwickelnden Temperatur- und Salzgehaltsgradienten und die signifikanten Änderungen der Thermoklinentiefe auf eine dynamische glazial/interglaziale Verlagerung des ozeanographischen Frontensystems im S-Pazifik und deuten auf eine ausgeprägte Wechselwirkung zwischen Advektionsprozessen und Ortsverlagerungen der Zwischenwasserbildung hin.

Die Neodym-Isotopie zeigt systematische Veränderungen der Tiefenwasserzirkulation über die letzten ~240.000 Jahre, die den klimatischen Zyklen folgen. Das Nd-Isotopensignal war während der Glazialzeiten radiogener (positiver), was einen geringeren Anteil zugemischten „N-Atlantischen Tiefenwassers“ im „Zirkumpolaren Tiefenwasser“ als Folge des verringerten Exports der Wassermassen aus dem Nordatlantik und damit einer geschwächten thermohalinen Zirkulation anzeigt.

1. Aufgabenstellung, Voraussetzungen und Durchführung von SOPATRA

1.1 Aufgabenstellung

Der Südozean nimmt heute eine Schlüsselstellung im globalen Klimageschehen ein, trotzdem bleibt seine größte Region – der S-Pazifik – aus paläozeanographischer Sicht kaum bearbeitet: Wirkungsweise und Variabilität sind über erdgeschichtliche Zeitskalen nur unzureichend bekannt. Das hängt zum Einen mit der nur schwierigen Erreichbarkeit dieser Ozeanregion zusammen, zum Anderen aber auch mit der schlechten Carbonaterhaltungsfähigkeit in den überwiegend sehr tiefen Regionen des S-Pazifik. Aber nur gut erhaltene calcitische Mikrofossilshalen gelten als geeignete Informationsträger der geochemischen Proxysignale.

Mit der SOPATRA-Expedition SO213 wurden gezielt relativ flache Lokationen im S-Pazifik beprobt (Abb. 1) und einzigartige Sedimentkerne gewonnen, an denen umfangreiche sedimentologische und (isotopen)geochemische Datensätze zur Rekonstruktion der pleistozänen atmosphärisch-ozeanischen Zirkulationsmuster im S-Pazifik erarbeitet wurden. Mit einem innovativen Multiproxy-Ansatz, der bewährte und neue Methoden miteinander vereint, sollen folgende Klima- und Ozeanvariablen über geologische Zeiträume rekonstruiert werden:

- Lage und Ausdehnung der ozeanischen Frontensysteme (Subantarktische und Subtropische Front, Südpazifische Gyre) und der Westwindzone mit ihren Auswirkungen auf die Bildungsgebiete von antarktischem Zwischenwasser.
- Stratifizierung der ozeanischen Deckschicht anhand von Temperatur- und Salinitätsrekonstruktionen mit ihren Auswirkungen auf die Nährstoffkonzentrationen, die biologische Produktivität, den atmosphärisch-ozeanischen Gasaustausch und die Bildung

von antarktischem Zwischenwasser.

- Intensität, Wärme- und Salztransfer des Humboldt-Stromes (Ostflanke der S-pazifischen Gyre).
- Veränderungen in der Bildung, Zirkulation und Ventilation von Antarktischem Zwischenwasser und dem daran gekoppelten Subantarctic Mode Water.

Die Rekonstruktionen in einer zeitlichen Auflösung, die einen Vergleich mit Sediment- und insbesondere antarktischen Eiskern Daten auf orbitalen und sub-orbitalen Zeitskalen erlaubt, sollen unsere Kenntnisse über die komplexen Wechselwirkungen zwischen Ozean, Atmosphäre und kontinentalen Eismassen sowie über die Anfachungs- und Übertragungsmechanismen von Klimaänderungen verbessern. SOPATRA wird insbesondere unsere Einsichten in die ozeanischen Wechselwirkungen zwischen polaren und äquatorialen Breiten im Pazifik erweitern und damit die bislang auf den Atlantik konzentrierten Ergebnisse zu latitudinalen und interhemisphärischen Kopplungen zum Verständnis global wirksamer Klimamechanismen ergänzen. Die SOPATRA SO213-Expedition stand bewußt in engem Zusammenhang mit der vorangegangenen Polarstern Expedition ANT26-2 in den S-Pazifik (Dezember 2009 – Februar 2010, Dr. R. Gersonde, AWI): SOPATRA ergänzte die „Polarstern“-Sedimentkerntransekte weiter in Richtung Norden, um eine breite Abdeckung des südozeanischen Frontensystems zu erreichen (Abb. 1).

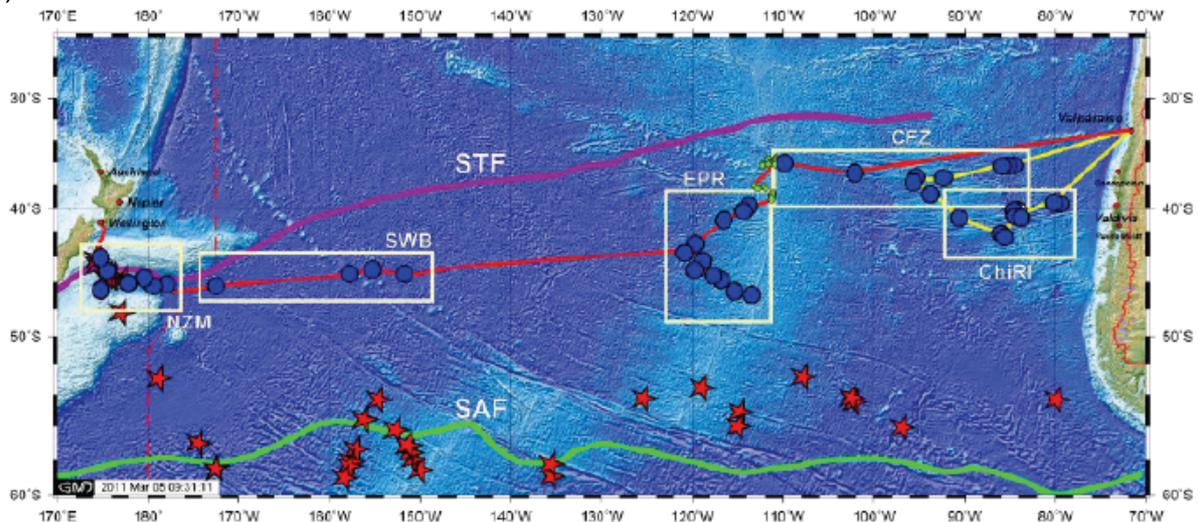


Abbildung 1. Bathymetrische Karte des S-Pazifik mit den Fahrtverläufen der SOPATRA SO213-Expeditionen (gelbe Linie = Leg 1, rote Linie = Leg 2, sowie blaue Punkte) mit FS SONNE. Die grünen Punkte markieren Stationen des angegliederten Projektes FOUNDATION. Die roten Sterne markieren Stationen der FS POLARSTERN ANT26-2 Expedition (Gersonde, 2011). Eingetragen sind die Subtropische Konvergenz/Front (STF, violett) und die Subantarktische Front (SAF, grün). Helle Rahmen markieren die von uns definierten unterschiedlichen Arbeitsgebiete: Chile Fracture Zone (CFZ), Chile Ridge (ChiRI), East Pacific Rise (EPR), Southwest Pacific Basin (SWB), New Zealand Margin (NZM).

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Wesentliche Voraussetzungen für die Durchführung von SOPATRA umfassen:

- Finanzierung der Schiffs- und Transportkosten der Expedition SO213-1 und SO213-2 mit FS SONNE durch das BMBF.
- Bereitstellung von Probennehmergeräten (u.a. Kolbenlot, Schwerelot, Multicorer, Großkastengreifer, Multinetz, Planktonnetz) und Meßgeräten (Sedimentkernlogger) durch AWI und GEOMAR für den Zeitraum der SO213-Expedition.
- Finanzierung von wissenschaftlichem Personal durch das BMBF, darunter
 - a) 1 Doktorandenstelle (Raul I. Tapia Arroyo, 24 Monate, 25.12.2010 bis 24.12.2012) für die Durchführung und paläozeanographische Auswertung von planktonischen Isotopenmessungen ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$), Mg/Ca-Bestimmungen an planktonischen Foraminiferen (Rekonstruktion von Wassertemperaturen und -salinitäten) und sedimentologisch-geochemischen Parametern (Korngrößen, Elementzusammen-

setzung etc.). Ein wichtiger Aspekt der Arbeiten war die Erstellung der Sedimentkern-Stratigraphien. Der Doktorand hat an der FS SONNE Expedition SO213 teilgenommen. Die Stelle wurde durch GEOMAR-Mittel auf eine Gesamtdauer von 36 Monaten aufgestockt (01/2013-12/2013).

- b) 1 Doktorandenstelle (Mario Molina-Kescher, 24 Monate, 01.12.2010 bis 30.11.2012) für die Anwendung und Weiterentwicklung von Extraktions- und Analyse-Methoden der Meerwassersignatur anhand von radiogenen Isotopensystemen (Nd, Pb) mittels Multikollektor-ICPMS zur zeitlichen Rekonstruktion der Tiefenwasserzirkulation und Wassermassenstratifizierung. Zudem soll die chemische Extraktion und Messung der Konzentrationen des radioaktiven Isotops ^{230}Th mittels Quadrupol-ICPMS zur quantitativen Bestimmung der Sedimentumverteilung an ausgewählten Oberflächensedimenten und Sedimentkernen zur Rekonstruktion der Stoffflüsse der Vergangenheit dienen. Der Doktorand hat an der FS SONNE Expedition SO213 teilgenommen. Die Stelle wurde durch GEOMAR-Mittel auf eine Gesamtdauer von 36 Monaten aufgestockt (01/2013-12/2013).
- c) Studentische Hilfskräfte für die Aufbereitung von Probenmaterial für mikropaläontologische und isotopengeochemische Untersuchungen (s. Tab. 2).
- Umfangreiche Bereitstellung der Laborinfrastruktur und Messzeiten an den Messenspektrometern des GEOMAR zur Durchführung der sedimentologischen und (isotopen)geochemischen Untersuchungen.
 - Etablierung und Weiterentwicklung der Methoden zur Messung der Tiefenwasserisotopie von Nd und Pb.
 - Nutzung eines Micro-XRF-Sanners am AWI-Bremerhaven zur Bestimmung der Elementzusammensetzung (biogener vs. terrigener Sedimenteintrag) an ausgesuchten Sedimentkernen (in engster Zusammenarbeit mit R. Tiedemann, AWI).
 - Bereitstellung von Sedimentkern- und Probenlager für SO213-1 Probenmaterial durch GEOMAR.
 - Datenhaltung und Datenverwaltung in PANGAEA-Datenbank am AWI (www.pangaea.de).

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Der **Winter 2010** diente den logistischen Vorbereitungen für die Durchführung der Expeditionen SO213-1 und -2.

Die SOPATRA SO213-1 Expedition (Leg 1) mit FS SONNE fand vom 27.12.2010 bis zum 12.01.2011 vor Chile im SE-Pazifik statt. Ausgangs- und Endpunkt der Reise war Valparaiso (Chile). Auf eine detaillierte Beschreibung der Expedition wird hier verzichtet, zumal der Fahrtleiter R. Tiedemann (AWI) darüber in seinem Projekt-Abschlußbericht Auskunft gibt. Die Ausfahrt war aufgrund der vorherrschend guten Wetterbedingungen ein großer Erfolg mit guten Sedimentkerngewinnen. Das gewonnene Probenmaterial eignet sich hervorragend zur Bearbeitung unserer Ziele und erlaubt eine detaillierte paläozoozoographische Rekonstruktion über das Plio/Pleistozän. Die GEOMAR-Arbeitsgruppe war mit Dirk Nürnberg, Mario Molina-Kescher, Raul Tapia und zwei Projekt-Studenten (David Poggemann, Thorsten Garlichs) vertreten.

Die nachfolgende SOPATRA SO213-2 Expedition (Leg 2) mit FS SONNE fand vom 12.01.2011 bis zum 07.03.2011 statt. Ausgangspunkt war Valparaiso (Chile), wo ein teilweiser Austausch der wissenschaftlichen Crew erfolgte. Endpunkt der Reise war Wellington (Neuseeland). Während der Expedition wurde eine E-W-Transekt über dem S-Pazifik erarbeitet, mit Wasser- und Sedimentbeprobung, flächendeckender Meeresbodenkartierung mit Echoloten sowie geophysikalischen Vermessungen. Die SO213-Kampagne erfolgte nördlich und in enger Abstimmung zur FS POLARSTERN-Reise ANT26. Von der Kieler Arbeitsgruppe waren Mario Molina-Kescher, Raul Tapia und ein Projekt-Student (David Poggemann) vertreten. Dirk Nürnberg konnte aufgrund von Lehrverpflichtungen an der Univ. Kiel nicht an Leg 2 teilnehmen.

Die Laborarbeiten begannen am GEOMAR, nachdem das Probenmaterial der FS SONNE Expedition Anfang Mai 2011 per Container in Kiel ankam. Per Luftfracht

verschicktes wichtiges Probenmaterial kam bereits am 17. März 2011 in Kiel an, das sofort bearbeitet wurde. Mit Beginn der Ankunft der beiden Doktoranden in Kiel nach der Ausfahrt begann das Erlernen der Aufbereitungsverfahren und Messtechniken. Parallel dazu wurde die Sedimentbeprobung, die Probenaufbereitung (Wasser und Sediment) und die eigentliche Probenanalytik angegangen. Dies erfolgte entsprechend termingerecht und läuft seitdem planmäßig entsprechend dem beantragten Arbeits-, Zeit- und Finanzierungsplan.

Die Aufbereitung der Sedimentproben, die Etablierung der Sedimentkernstratigraphien und die Messung der verschiedenen Proxydaten (siehe Kapitel 2 und 3) begann im Frühling 2011 und dauert bis heute an. Die eigentliche, vom BMBF geförderte Projektlaufzeit endete dagegen bereits im Dezember 2012. Die avisierten Messungen verliefen erwartungsgemäß. Unsere Ergebnisse wurden kontinuierlich mit den AWI-Partnern diskutiert. Die Planung der weiteren Arbeiten wurde dann entsprechend überdacht und gegebenenfalls neu angepasst. Die Projekt-Doktoranden (2 am GEOMAR, 1 am AWI) entwickelten gemeinsame Strategien zu einer effizienten und gemeinsamen Probenaufbereitung, die zu Synergien vor allem im wissenschaftlichen Bereich führte.

- Die Bestimmung der Mg/Ca- und stabilen Isotopenverhältnisse in Foraminiferenproben hat zügig Fortschritte gemacht, zumal wir mit dem Doktoranden Raul Tapia Arroyo ein schon versierten Foraminiferenspezialisten angestellt haben, der die Auslese der Foraminiferen schnell vorantreibt. Das technische Personal der Forschungseinheit „Paläozeanographie“ mit Lulzim Haxhij (MAT Massenspektrometer), Nadine Gehre (ICP-OES) und Jutta Heinze (Aufbereitung radiogene Isotope) unterstützt das Projekt optimal und garantiert einen großen Probendurchsatz bei hoher Qualität.
- Die analytische Methodenentwicklung zur Bestimmung der radiogenen Neodym- und Blei-Isotopie an Wasser, Foraminiferengehäusen und an Sedimentproben hat eine gewisse Zeit in Anspruch genommen, ist jetzt aber am GEOMAR etabliert, so dass auch hier ein umfassender Datensatz erstellt werden konnte.
- An ausgewählten Sedimentkernen wurden am AWI mit dem Röntgenfluoreszenz (XRF) Scanner die Intensitäten der Elementvariationen in 1 cm Abständen gemessen (Elemente im Periodensystem von Aluminium bis zum Uran). Die Messungen wurden durch Hiwis am AWI unter der Anleitung von R. Tiedemann durchgeführt. Die Scanner-Daten erlauben zum Teil eine detaillierte Korrelation der Sedimentabfolgen (z.B. Ti, Zr, Br), ermöglichten erste stratigraphische Einstufungen und lieferten Hinweise über die Veränderungen im biogenen und terrigenen Sedimenteintrag.
- Leider haben sich zeitliche Verzögerungen bei der Etablierung der erst vorläufigen Stratigraphie der Sedimentkerne SO213-01 und SO213-08 ergeben, für die es bisher nur biostratigraphische Daten bzw. Korrelationen mit einem Referenzkern (IODP Site1237) gibt (Th. Ronge, Prof. Dr. R. Tiedemann, AWI). Beide Kerne konnten untereinander mittels XRF-Scannerdaten korreliert werden, jedoch ist das absolute Altersgerüst dieser bis ins Pliozän zurückreichenden und qualitativ hochwertigen Sedimentkerne noch nicht ausreichend abgesichert. Erst kürzlich konnte über die Kooperation mit Dr. Norbert Nowaczyk (GeoForschungszentrum Potsdam) eine Möglichkeit gefunden, die Paläomagnetik der Kerne zu erstellen. Die entsprechende Probennahme erfolgt zur Zeit, und wir erwarten die paläomagnetischen Ergebnisse im September 2013.
- In enger Kooperation mit Dr. Rainer Gersonde und Johannes Ullermann (AWI) wurden in den GEOMAR-Laboren die Mg/Ca, $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{13}\text{C}$ -Datenserien für den FS POLARSTERN PS75-059-2 Sedimentkern erarbeitet, weitere Probenserien werden zur Zeit vorbereitet. Der Vergleich dieser Daten mit den von uns bearbeiteten SO213-Kernen wird über die zeitlichen und räumlichen Frontenverschiebungen im Südozean Auskunft geben.
- Die Analyse der ^{230}Th -Konzentrationen ist jetzt ebenfalls etabliert (Sprenk et al., 2013) und soll im Laufe dieses Jahres an den beiden Hauptsedimentkernen, für die auch die Nd- und Pb-Isotopie bestimmt wurde, gemessen werden.

Ein erster Workshop fand am 31. Januar 2012 am AWI in Bremerhaven statt. Der Workshop diente der Vorstellung der SO213-Expeditionsergebnisse und der Koordinierung der geplanten Auswertarbeiten. Unter den anwesenden SOPATRA-Wissenschaftlern waren

auch AWI-Kollegen, die über die FS POLARSTERN ANT26-Expedition berichteten. In diesem Zusammenhang wurde auch eine Abstimmung der geplanten SO213 und ANT26-Arbeiten durchgeführt.

Vom 12.-16.03.2012 erfolgte eine erneute „Sampling Party“ am AWI in Bremerhaven durch unseren Doktoranden Raul Tapia. Eine detaillierte Erstbeprobung der Sedimentoberflächen und der Sedimente erfolgte bereits während der SO213-1 und SO213-2 Fahrtabschnitte (dokumentiert im SO213-Fahrtbericht, R. Tiedemann, AWI), so dass nur eine kurze Nachbeprobung am AWI erforderlich wurde.

Ein zweiter Workshop fand am 14. und 15. Februar 2013 im Rahmen des „Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE 2013“ in Kiel statt. Hier wurden die Ergebnisse der SO213-Expedition in Posterform präsentiert. Der Workshop diente zudem dem weiteren Informationsaustausch der SOPATRA-Beteiligten sowie der Abstimmung der weiteren Arbeiten.

Wichtige Meilensteine auf dem Weg von der Auswertung zur Dokumentation und Veröffentlichung waren:

- **AGU Fall Meeting 2011** (05.12.-09.12.2011, San Francisco, California, USA)
Vorstellung erster Projektergebnisse durch die Projekt-Doktoranden Mario Molina-Kescher und Raul Tapia in Posterform. Die Tagung war eine erste Gelegenheit, Daten zusammenzustellen und zu präsentieren, Kontakte aufzubauen und Diskussionen mit Fachkollegen/innen zu führen.
- **GV & Sediment Meeting "Of Land and Sea: Processes and Products"** (23.09.-28.09.2012, Hamburg)
Präsentation der deutlich fortgeschrittenen Arbeiten und intensive Diskussion mit Fachkollegen/innen.
- **Diplom-Arbeit David Poggemann.** Der Titel der Diplomarbeit lautet: „Early Pliocene to late Pleistocene seafloor and subsurface temperature development offshore Chile“ (Diplomarbeit 2012, Univ. Kiel, 79 Seiten). Die Diplomarbeit wurde mit sehr gut (1) bewertet und befasste sich mit der ozeanographischen Entwicklung im SE-Pazifik während der letzten ~4.8 Millionen Jahre, basierend auf dem Sedimentkern SO213-01, der während der FS SONNE Ausfahrt SO213-1 vor Chile gewonnen wurde.
- **M.Sc. Arbeit Fernando Gonzalo Arroyo.** Herr Gonzalo Arroyo hat im Rahmen seiner Master-Arbeit geochemische Proxydaten an Sedimentkern SO213-08 erstellt, um die Dynamik des Humboldt-Stromsystems für das Plio/Pleistozän zu rekonstruieren. Die Datenerhebung wurde bereits in 2011 abgeschlossen, das Einreichen der Master-Arbeit mit dem Titel: „Plio/Pleistocene superficial and intermediate water mass distribution in the Humboldt Current System“ erfolgt in Kürze.
- **Sonne-Statusseminar** (14.-15.2.2013, Hannover)
Die Vortrags- und Posterinhalte wurden im Tagungsband 2013 des Projektträger Jülich – Geschäftsbereich MGS veröffentlicht .
- **Abschluss der Dissertationen der Projektangestellten Raul Tapia und Mario Molina-Kescher.** Beide Dissertationen wurden wie erwartet während der Projektlaufzeit von nur 2 Jahren nicht abgeschlossen. Geplant ist, dass mit dem Ende des 3. Förderungsjahres durch GEOMAR die Dissertationen erfolgreich beendet werden. Die Datengenerierung ist weitgehend abgeschlossen und die Projektbeteiligten befinden sich im Stadium der Synthese. Die Dissertationen werden in Kapitelform verfaßt, wobei die einzelnen Kapitel als eigenständige Publikationen gesehen werden können.
- **Einreichen erster Publikationen:** Ein erstes Manuskript von Mario Molina-Kescher et al. "South Pacific dissolved Nd isotope compositions and rare earth element distributions: Water mass mixing versus biogeochemical cycling" wurde beim Fachblatt *Geochimica et Cosmochimica Acta* eingereicht und befindet sich im Begutachtungsverfahren. Das Co-Autoren Manuskript Chen et al. „Upper ocean vertical supply: a neglected primary factor controlling the distribution of neodymium concentrations of open ocean surface waters?“ ist im Druck bei *Journal of Geophysical Research – Oceans*. Weitere Manuskripte

(Teilkapitel der kommenden Dissertationen) werden in 2013 und den ersten Monaten des Jahres 2014 eingereicht.

1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand zu Beginn des Projektes

Der wissenschaftlich-technische Stand, an den mit diesem Projekt angeknüpft wurde, ist ausführlich unter dem Punkt „Stand der Wissenschaft“ bei Antragstellung abgehandelt. Die aktuellen wissenschaftlichen Hypothesen und Fragestellungen werden im Zusammenhang mit unseren vorliegenden Ergebnissen im „Erfolgskontrollbericht“ diskutiert. Daher wird an dieser Stelle auf eine Wiederholung verzichtet.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

*fett markiert sind direkte SOPATRA-Projektbeteiligte

Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeresforschung (AWI), Bremerhaven

R. Tiedemann (Paläozeanographie)

F. Lamy (Paläozeanographie)

Th. Ronge (Paläozeanographie)

R. Gersonde (INOPEX-Koordination, Paläozeanographie, Diatomeen, Datierung)

U. Ullermann (INOPEX-Paläozeanographie)

Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung (GEOMAR), Kiel

D. Nürnberg (chemische Paläozeanographie, stabile Isotope, Spurenelemente)

M. Frank (Paläozeanographie, Wassermassentracer)

M. Molina-Kescher (Wasserchemie, Sedimentchemie, radiogene Isotope)

R. Tapia Arroyo (Paläozeanographie)

D. Poggemann (Paläozeanographie)

Geoforschungszentrum (GFZ), Potsdam (ab 2013)

N. Nowaczyk (Paläomagnetik)

Geomarine Res., Auckland (Neuseeland)

B. Hayward (Biostratigraphy)

2. Wissenschaftliche Ergebnisse, Nutzen und Veröffentlichungen

2.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Im Folgenden sind die SOPATRA Einzelergebnisse (Teilprojekte 2, D. Nürnberg und 3, M. Frank) kurz zusammengefasst. Eine detaillierte Datenpräsentation und -interpretation finden sich im **vertraulichen Erfolgskontrollbericht** (Kap. 3), da unsere wissenschaftlichen Ergebnisse überwiegend noch nicht publiziert sind. Dies soll die Vertraulichkeit unserer Ergebnisse gegenüber der Öffentlichkeit wahren.

Allgemeines

Während der SOPATRA Expedition SO213-1 (1. Fahrtabschnitt: Valparaiso – Valparaiso) und SO213-2 (2. Fahrtabschnitt: Valparaiso – Wellington) wurden im S-Pazifik einzigartige plio/pleistozäne bis holozäne Sedimente für paläozeanographische Rekonstruktionen gewonnen (Abb. 1, s. Fahrtbericht R. Tiedemann, AWI). Vier sehr unterschiedliche Ablagerungsräume wurden bearbeitet, die insbesondere durch die stark unterschiedlichen Sedimentationsraten charakterisiert sind: Chile Fracture Zone (CFZ), Chile Ridge (ChiRi), East Pacific Rise (36°S – 47°S) (EPR), Southwest Pacific Basin (SWB) und New Zealand Margin (NZM) südlich des Chatham Rise. Im Bereich der Chile Fracture Zone, des Chile Ridge, des East Pacific Rise und des Southwest Pacific Basin herrschen vornehmlich geringe Sedimentationsraten mit <3 cm/1000 Jahre vor, so dass selbst unsere relative kurzen Kolben- und Scherelotkerne lange Zeiträume bis ins späte Miozän dokumentieren. Die Sedimentkerne vom New Zealand Kontinentalhang erlauben dagegen mit durchweg hohen Sedimentationsraten von ~20 bis >100 cm/1000 Jahre detaillierte Einblicke in die

pleistozäne/holozäne Klimaentwicklung.

Im Folgenden wird weniger auf die Durchführung der SO213-Ausfahrt eingegangen (s. SOPATRA Abschlußbericht R. Tiedemann, AWI), als vielmehr auf die nachfolgenden Auswertearbeiten der SO213-Reise im Laufe der zwei SOPATRA-Projektjahre (Abb. 2).

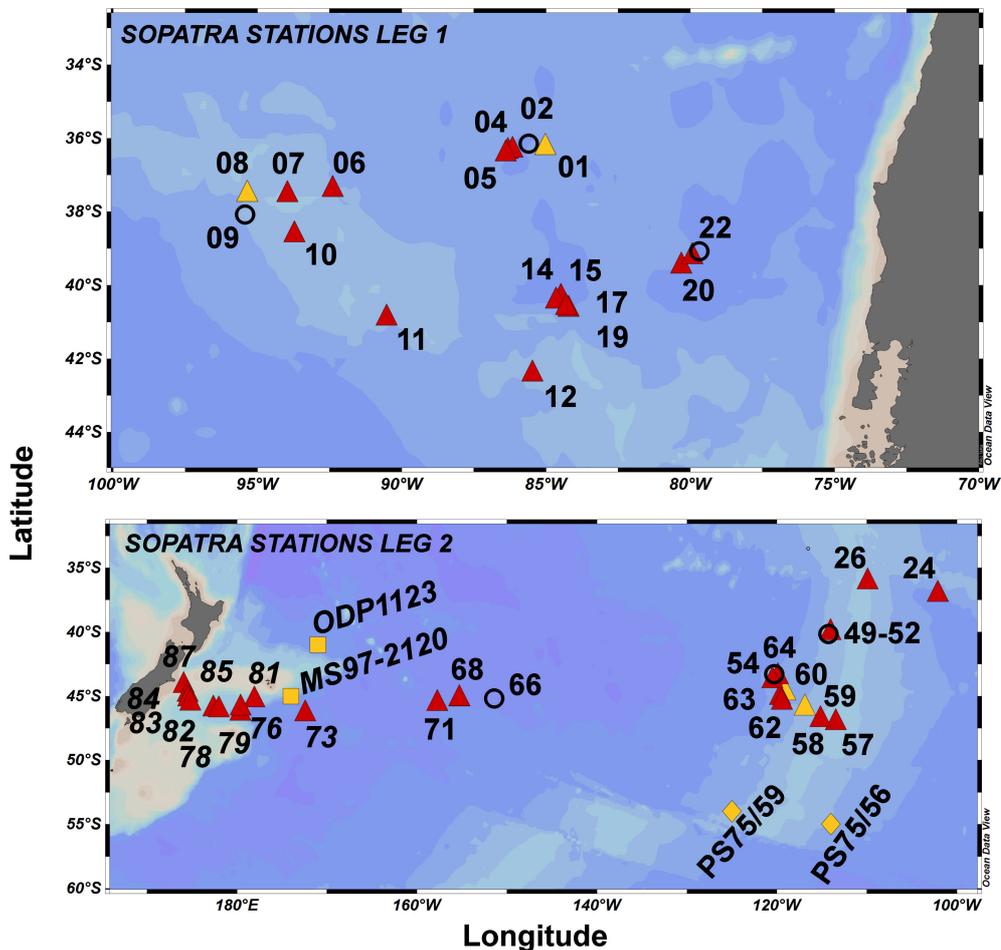


Abbildung 2. Übersicht der während der Projektlaufzeit von 2 Jahren bearbeiteten Proben, getrennt dargestellt für den 1. (oben) und 2. (unten) Fahrabschnitt von SO213: CTD/Wasserproben (offene Kreise), MUC-Sedimentoberflächenproben (Dreiecke), Sedimentkerne (gelbe Dreiecke von SO213, gelbe Rauten von ANT26). Referenzkerne, die im Zusammenhang mit den eigenen Daten diskutiert werden, sind eingetragen (gelbe Quadrate: ODP Site 1123, MD97-2120; gelbe Rauten: PS75/59, PS75/56).

Im Rahmen der GEOMAR Aktivitäten wurden auf der SO213-Ausfahrt gewonnene Sedimentoberflächenproben von 32 Stationen sowie 7 Sedimentkerne bearbeitet (Abb. 2, Tab. 1). Die Sedimentoberflächenproben aus ~500-4300 m Wassertiefe wurden für Proxy-Kalibrierungsarbeiten herangezogen, wobei die entsprechenden CTD-Daten einen Abgleich mit den rezenten ozeanischen Bedingungen erlaubten. Die Sedimentkerne, die unterschiedliche zeitliche Auflösung und Reichweiten haben, wurden für paläozeanographische Fragestellungen herangezogen. In enger Zusammenarbeit und Absprache mit Dr. R. Gersonde (AWI, Bremerhaven) wurden zusätzlich 2 Sedimentkerne der FS POLARSTERN ANT26-2 Ausfahrt bearbeitet (PS75/56 und PS75/59). Die Ausweitung unserer Arbeiten auf ANT26-6-Kernmaterial war von beiden Seiten gewünscht, um die Migrationen der südozeanischen Frontensysteme mit Hilfe unterschiedlicher, sich aber ergänzender methodischer Ansätze zu rekonstruieren. Alle Sedimentkerne stammen aus ~3100-4300 m Wassertiefe. Die Bearbeitung der Sedimentkerne, insbesondere die Erarbeitung der Altersmodelle, wurden während der SOPATRA Projektlaufzeit nicht abgeschlossen! 38 Wasserproben wurden mit dem CTD/Wasserkranzschöpfer gesammelt, um Neodymisotope zu analysieren und mit rezenten ozeanographischen Bedingungen abzugleichen. Einen Überblick über die bisher durchgeführten Analysen gibt Tabelle 3.

Tabelle 1. Liste der bearbeiteten Sedimentoberflächenproben, Sedimentkerne und CTD/Wasserkransschöpfer. Sedimentoberflächenproben wurden mit dem Multicorer (MUC) gewonnen. Die Sedimentkerne sind entweder Kolbenlot (PC)- oder Schwerelot (GC)-Kerne. Wasserproben wurden mit Niskin-Flaschen an einem Kranzwasserschöpfer gewonnen.

Stations-Nr.	Gerät	Breite (Grad/Min.)	Länge (Grad/Min.)	Wassertiefe (m)	Kernlänge (m)
Chile Fracture Zone					
SO213/001	MUC	36° 13,17' S	85° 01,59' W	2805	
SO213-01-2	PC	36° 13.17' S	85° 01.56' W	2809	12.83
SO213/006	MUC	37° 21,36' S	92° 22,83' W	2791	
SO213/007	MUC	37° 30,08' S	93° 57,26' W	2571	
SO213/008	MUC	37° 29,46' S	95° 20,62' W	2170	
SO213-08-2	PC	36° 29.47' S	95° 20.61' W	2172	12.01
SO213/009	CTD	37°41'S	95°28'W	3771	
SO213/010	MUC	38° 35,67' S	93° 42,86' W	2976	
SO213/024	MUC	36° 57,302' S	102° 06,82' W	3092	
SO213/026	MUC	35° 59,65' S	109° 54,65' W	2830	
SO213-26-2	GC	35° 59,67' S	109° 54,67' W	3124	3.0
Chile Rise					
SO213/011	MUC	40° 51,89' S	90° 31,08' W	1849	
SO213/012	MUC	42° 23,07' S	85° 27,58' W	3016	
SO213/015	MUC	40° 24,03' S	84° 38,87' W	3245	
SO213/017	MUC	40° 36,92' S	84° 30,23' W	2560	
SO213/019	MUC	40° 34,01' S	84° 12,53' W	2951	
SO213/020	MUC	39° 27,21' S	80° 17,87' W	2702	
SO213/022	MUC	39° 11,50' S	79° 54,99' W	4125	
SO213/022	CTD	39°12'S	79°55'W	4144	
East Pacific Rise					
SO213/049	MUC	39° 57,23' S	114° 01,07' W	3394	
SO213/050	CTD	40°17'S	114°26'W	3483	
SO213/054	MUC	43° 42,07' S	120° 29,66' W	3840	
SO213/054	CTD	43°42'S	120°30'W	3844	
SO213/057	MUC	46° 58,99' S	113° 26,98' W	1194	
SO213/058	MUC	46° 44,72' S	115° 9,20' W	1904	
SO213/059	MUC	45° 49,72' S	116° 52,68' W	3159	
SO213-59-2	GC	45° 49,73' S	116° 52,76' W	3161	2.11
SO213/060	MUC	44° 57,82' S	119° 33,06' W	3468	
SO213-60-1	GC	44° 57,83' S	119° 33,07' W	3471	6.73
SO213/061	MUC	44° 59,74' S	119° 37,57' W	3616	
SO213/063	MUC	44° 39,74' S	119° 04,609' W	3938	
SO213/064	MUC	43° 24,20' S	119° 53,48' W	3922	
<i>Kooperation mit AWI-Bremerhaven</i>					
PS75-056-1*	PC	55° 09,74' S	114° 47,31' W	3581	10.21
PS75-059-1*	PC	54° 12,9' S	125° 25,53' W	3613	13.98
South West Pacific Basin					
SO213-66-1	CTD	45°23'S	151°42'W	5157	
SO213/068	MUC	45° 07,38' S	155° 17,39' W	1988	
SO213/071	MUC	45° 29,36' S	157° 42,76' W	689	
New Zealand Margin					
SO213/076	MUC	46° 12.89' S	178° 01.65' W	4337	
SO213/078	MUC	46° 14.69' S	179° 36.72' W	3410	
SO213/079	MUC	45° 50.68' S	179° 34.16' E	3143	
SO213/081	MUC	45° 59,44' S	177° 59,78' E	2816	
SO213/084	MUC	45° 07,47' S	174° 35,19' E	992	
SO213/085	MUC	44° 46,17' S	174° 31,52' E	832	
SO213/087	MUC	44° 05.6' S	173° 06.10' E	542	

Methoden

s. vertraulicher Erfolgskontrollbericht (Kap. 3)

Resultate

Unsere Projektergebnisse werden hier nur kurz zusammengefaßt. Für die detaillierte Präsentation unserer Daten und Interpretationen verweisen wir auf den vertraulichen Erfolgskontrollbericht (Kap. 3).

Mit dem Vorhaben SOPATRA sollten zum einen die Paläotemperaturen und –salinitäten in der ozeanischen Deckschicht des S-Pazifik, zum Anderen die Veränderlichkeit der Tiefenwasserzirkulation rekonstruiert werden. Grundlage hierfür sind Sedimentkerne, die während der FS SONNE Ausfahrt SO213 gewonnen wurden und für die mittels eines kombinierten Ansatzes von Radiokarbondatierungen, Sauerstoffisotopenstratigraphie, Biostratigraphie und der Korrelation von hochauflösenden XRF-Elementscanner-Daten zu Referenzdatensätzen robuste Altersmodelle erstellt wurden.

Die Dynamik oberflächennaher Wassermassen im SE-Pazifik

Um die oberflächennahe Temperatur- und Salzgehaltsentwicklung der ozeanischen Deckschicht und daraus ableitend die Veränderlichkeiten der Thermokline für pliozäne bis pleistozäne Zeitskalen zu rekonstruieren, verfolgten wir den Ansatz der kombinierten Analyse von Mg/Ca und $\delta^{18}\text{O}$ in planktonischen Foraminiferen. Dieser methodische Ansatz hat sich auch im tiefen, karbonatuntersättigten S-Pazifik nachweislich als erfolgversprechend erwiesen.

Die aus Foraminiferen Mg/Ca und $\delta^{18}\text{O}$ abgeleiteten Temperatur- und Salzgehaltsvariationen zeigen signifikante Änderungen auf glazial/interglazialen Zeitskalen, die die Veränderlichkeit des Frontensystems im SE-Pazifik und die Dynamik der Zwischenwassermassen beschreiben. Die Frontenverlagerung im zentralen S-Pazifik scheint dabei weniger sensibel gegenüber Klimaveränderungen reagiert zu haben als in den westlichen (Chatham Rise, NZ) und östlichen Randgebieten (vor Chile), die durch die nordwärtige Migration subantarktischer, kühler, frischer und nährstoffreicher Wassermassen insbesondere während der Kälteperioden gekennzeichnet sind. Eine glazial erhöhte marine Produktivität wird von einem verstärktem Terrigeneintrag begleitet, der über Windtransport an die laterale Verschiebung des Westwindgürtels gekoppelt ist.

Die Veränderlichkeit des ozeanographischen Frontensystems hat dabei Einfluß auf die Bildungsraten, die physikalisch-chemischen Eigenschaften und die Verbreitung der Zwischenwassermassen. Im Unterschied zu der Entwicklung im oberflächennahen Ozean lassen unsere Proxy-Datenserien insbesondere im Thermoklinenbereich auf eine sehr dynamische Wechselwirkung zwischen Advektionsprozessen und Ortsverlagerungen der Zwischenwasserbildung erkennen. Für das Marine Isotopenstadium MIS 2 verweisen die geringen Temperaturen und die geringsalinen Bedingungen auf eine verstärkte Advektion von dichteren Zwischenwassermassen aus dem SE-Pazifik. Diese vollglazialen Verhältnisse sind während des älteren glazialen Marinen Isotopenstadiums MIS 6 differenzierter ausgebildet und lassen zeitliche und räumliche Veränderungen in der Bildung der südozeanischen intermediären Wassermassen vermuten.

Erstmals für den SE-Pazifik wurden hochauflösende geochemische Proxy-Datenserien für den Zeitraum der letzten ~4.8 Millionen Jahre erstellt, mit denen die plio/pleistozäne Wechselwirkungen zwischen oberflächennahen subtropischen Wassermassen und subantarktischen Wassermassen, die Entwicklung des Peru-Chile bzw. Humboldt-Stromsystems und erstmalig die Dynamik des antarktischen Zwischenwassers im Zusammenspiel mit Veränderungen der Thermoklinentiefe im SE-Pazifik für den Übergang vom pliozänen „Warm house“ zum pleistozänen „Ice house“ rekonstruiert werden konnten. Insbesondere ab ~2.7 Ma verweisen die sich dramatisch entwickelnden Temperaturgradienten bis zu ~8°C, die signifikanten Änderungen der Thermoklinentiefe und die ausgeprägten Salzgehaltsgradienten auf eine dynamische Entwicklung in der Ausbreitung intermediären Wassermassen, die ihren Ursprung im Südozean haben.

Rekonstruktion der Tiefenwasserzirkulation im SE-Pazifik mittels radiogener Isotopenzusammensetzungen

Ein wichtiges Anliegen unseres Forschungsvorhabens ist die Rekonstruktion der Tiefenwasserzirkulation im S-Pazifik mittels radiogener Nd-Isotopenzusammensetzungen (ϵ_{Nd}) von authigenen, frühdiagenetischen Mn-Fe-Coatings auf Sedimentpartikeln und auf Foraminiferenschalen. Nd-Isotopenverhältnisse und Nd-Konzentrationsdaten sowohl aus der Wassersäule als auch aus Sedimenten wurden für das Untersuchungsgebiet im SE-Pazifik erstmalig erstellt.

Die Verteilung der gelösten ϵ_{Nd} -Signaturen verdeutlicht, dass die Nd-Isotopie als verlässlicher konservativer Wassermassentracer im S-Pazifik dienen kann. Unterschiedliche Tiefenwassermassen wie „N-Pazifisches Tiefenwasser“, „N-Atlantisches Tiefenwasser“, „Antarktisches Zwischenwasser“, „Tieferes Zirkumpolares Tiefenwasser“, und „Oberes Zirkumpolares Tiefenwasser“ zeigen charakteristische ϵ_{Nd} -Signaturen. Die Zumischung von „Nordatlantischem Tiefenwasser“ im oberen Teil des „Tiefen Zirkumpolares Tiefenwassers“ kann zweifelsfrei nachgewiesen werden. Der Einfluss des entlang des südamerikanischen Kontinents nach Süden fließende Peru-Chile-Unterstroms ist anhand der sehr positiven ϵ_{Nd} -Signatur nahe des Sauerstoffminimums identifizierbar.

Unser aufwändiger methodischer Ansatz hat gezeigt, dass die Tiefenwasser-Nd-Isotopen-Signaturen am besten durch die ϵ_{Nd} -Signatur von handverlesenen Foraminiferen und von (selteneren) Fischzähnen reflektiert wird. Die planktonischen Foraminiferendaten zeigen bedingt durch die nicht vollständig entfernbaren Coatings wider Erwarten kein Oberflächenwassersignal, sondern reflektieren sehr verlässlich die isotopische Signatur des Tiefenwassers. Die kombinierten Nd- und Sr-Isotopenzusammensetzungen der feinkörnigen lithogenen Fraktion des Sediments verdeutlichen die Herkunft der detritischen Partikel im Untersuchungsgebiet vor allem aus den Anden, aus Neuseeland und der Antarktis. Der Transport von lithogenen Partikeln vom Antarktischen Kontinent in das Untersuchungsgebiet geschieht vermutlich über das Antarktische Bodenwasser. Ein Vergleich der Sr-Isotopien belegt, dass der äolische Transport von feinkörnigem Neuseeländischen Löss zum Ostpazifischen Rücken und in das SW-Pazifische Becken durch die dominierenden Westwinde geschieht.

Die Untersuchung eines Sedimentkernes zeigt systematische und parallele Veränderungen der Nd- und C-Isotope über die letzten ~240.000 Jahre, die den klimatischen Zyklen folgen. Das Nd-Isotopensignal war während der Glazialzeiten radiogener (positiver), was einen geringeren Anteil zugemischten „N-Atlantischen Tiefenwassers“ im „Zirkumpolaren Tiefenwasser“ als Folge der erhöhten Verdünnung der Wassermassen aus dem Nordatlantik anzeigt. Unsere Arbeiten erlauben eine detailliertere Quantifizierung der Zumischungen des „N-Atlantischen Tiefenwasser“ zum „Zirkumpolaren Tiefenwasser“ während der letzten 240.000 Jahre.

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Personalmittel

0812 Beschäftigungsentgelte wiss. Mitarbeiter

Die bewilligten Personalmittel wurden entsprechend dem Antrag verwendet.

0822 Beschäftigungsentgelte HIWIs

Die bewilligten Personalmittel wurden entsprechend dem Antrag verwendet.

Sächliche Verwaltungsausgaben

0835 Vergabe von Aufträgen

Am GEOMAR wurden die bewilligten Mittel entsprechend dem Antrag für die Messung stabiler Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope und Spurenelemente in Biogencalcit und für Radiocarbon-Datierungen verwendet. Tabelle 3 zeigt die Auflistung der durchgeführten Analysen.

0838 Verbrauchsmaterial

Die dem GEOMAR bewilligten Mittel wurden entsprechend dem Antrag für allgemeines Laborverbrauchs- und Verschleißmaterial verwendet, das für die allgemeine Sedimentaufbereitung sowie für vorbereitende Maßnahmen für die eigentliche geochemische Analytik benötigt wurde. Tabelle 3 zeigt die Auflistung der durchgeführten Analysen.

Tabelle 3. Im Rahmen von SOPATRA durchgeführte Analysen im Berichtszeitraum

Parameter	Anzahl Analysen 2011	Anzahl Analysen 2012	Anzahl Analysen Gesamt
Mg/Ca – plankt. Foraminiferen	2170	1447	3617
Stabile Isotope – plankt. Foraminiferen	2239	1552	3791
Stabile Isotope – benth. Foraminiferen	356		356
Biogenopal	37		37
Org. Kohlenstoff (TOC) – Sediment	37		37
Radiokarbondatierungen AMS ¹⁴ C	8		8
Neodym-Isotopie – Wasser	36		36
Neodym-Konzentration – Wasser	38		38
Seltene Erden- Konzentration – Wasser		390	390
Neodym-Isotopie – Sediment, Foraminiferen, Fischzähne	94	94	188

0844 und 0845 Reisekosten

Die bewilligten Mittel wurden wie beantragt für Dienstreisen der Projektmitarbeiter im In- und Ausland verwendet. Es handelte sich dabei um die Kosten für die Reise zum Schiff sowie die Rückreise nach Kiel (Dezember 2010, Januar 2011, März 2011). Zudem um die Reisekosten/Tagungsgebühren für die Teilnahme am AGU Fall Meeting 2011, 05.12.-09.12.2011, in San Francisco (USA). Auf diesem wissenschaftlichen Treffen wurden die Projektergebnisse in Form von Postern präsentiert. Auf die Kongressreisen nach Wien (wie beantragt) wurde verzichtet.

Für die Reisen im Inland zur GV Tagung 2012 in Hamburg (23.09.-28.09.2012) wurden nur geringe Mittel benötigt. Auf diesem wissenschaftlichen Treffen wurden die Projektergebnisse in Form von Postern präsentiert. Darüber hinaus wurden die Mittel für Kurzreisen zum AWI zwecks Gedankenaustausch bzw. Sedimentbeprobung/-transport verwendet (01.04.2011; 26.-27.03.2011; 16.05.2011; 30.06.2011, 31.01.2012; 16.03.2012).

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die SO213-Auswertearbeiten im Rahmen von SOPATRA wurden ziel- und erfolgsorientiert durchgeführt. Bei den zur Anwendung gekommenen Methoden zur Gewinnung großer paläozeanographischer Proxy-Datenserien handelte es sich überwiegend um geochemische Ansätze, die sich ergänzten und zu wichtigen neuen Erkenntnissen geführt haben. Insofern war unser methodischer Ansatz notwendig, angemessen und gerechtfertigt.

Die Etablierung einer zeitlich hochauflösenden Chronostratigraphie war für das Erreichen unserer wissenschaftlichen Ziele von erster Priorität. Nur mittels einer Kombination unterschiedlichster stratigraphischer Methoden konnten die robusten Altersmodelle erstellt werden, wobei dieser Arbeitsschritt noch nicht endgültig abgeschlossen ist. Die mit Radiokarbondatierungen untermauerte Sauerstoffisotopenstratigraphie wurde mit Kernkorrelationen kombiniert, die über hochauflösenden geochemische XRF-Scanner Datensätze erfolgte. Für die von uns bearbeiteten Sedimentkerne liegen inzwischen Stratigraphien vor, die es erlauben, unsere S-pazifischen Klimarekonstruktionen

untereinander und mit anderen marinen als auch terrestrischen Datenserien mit hoher Genauigkeit zu vergleichen.

Ein wichtiges Ziel unserer Arbeiten war die Bestimmung der Meeresoberflächen- und oberflächennahen Temperaturen im Arbeitsgebiet über plio/pleistozäne/holozäne Zeiträume. Die systematische Durchführung von Mg/Ca-basierten Paläotemperaturmethoden an unterschiedlichen planktonischen Foraminiferenarten erlaubten nicht nur die Rekonstruktion der Oberflächentemperaturen, sondern auch der oberflächennahen Temperaturen bis in ~100 m Wassertiefe. Damit können wir die Variationen der Thermoklidentiefe über die Zeit rekonstruieren und Aussagen zur Wassermassenstratifizierung machen. Zusätzlich wurden aus der Kombination von Biogencalzit- $\delta^{18}\text{O}$ und -Mg/Ca Aussagen zum Paläo- $\delta^{18}\text{O}$ des Meerwassers möglich, ein wichtiger Parameter zur Approximierung der oberflächennahen Salzgehalte.

Obwohl im SOPATRA Antrag nicht explizit beantragt, konnten über die Auswertung der am AWI erstellten XRF-Scanner-Daten mittels traditioneller (Ba/Al) als auch „neuer“ Proxies (Brom und andere Elementverhältnisse wie Ca/Ti) die Veränderlichkeit der marinen Produktivität rekonstruiert werden. Gleiches gilt für die Bestimmung des Terrigenflusses (z.B. Ti, Zr). Die gleichzeitige Rekonstruktion von mariner Produktivität, Terrigenfluß und der thermalen Struktur des oberflächennahen S-Pazifik hat zu einem deutlich verbesserten Verständnis der atmosphärischen und ozeanischen Interaktionen im S-pazifischen Raum geführt.

Um den drängenden Fragen bezüglich der bislang nahezu unbekanntenen Veränderlichkeit der Tiefwasserzirkulation im S-Pazifik Rechnung zu tragen, wurde ein weiterer methodischer Ansatz verfolgt: Mittels radiogener Neodym-Isotopenzusammensetzungen im Wasser und an Laugungen von Sedimenten und Biogencalzit wurde zum Einen versucht, diesen Proxy besser zu verstehen und zu kalibrieren und zum Anderen, die Paläo-Tiefenwasserzirkulation über lange Zeiträume zu rekonstruieren. Datensätze dieses Parameters wurden für den S-Pazifik erstmalig in diesem Projekt generiert und sind in Bezug auf die übergeordnete Fragestellung eindeutig angemessen und zielförderlich.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Mit der durch die SOPATRA-Expedition gewonnenen Sedimentkerne sollen umfangreiche Datensätze zur Rekonstruktion der pleistozänen atmosphärisch-ozeanischen Zirkulationsmuster im Südpazifik gewonnen werden, um das Verständnis über die Veränderlichkeit der komplexen Beziehungen zwischen Atmosphäre, Ozean, Biosphäre und Kryosphäre für eine bislang nur kaum untersuchte Region zu ergänzen. Diese Region ist derzeit von starken Umweltveränderungen infolge des globalen Klimawandels betroffen, mit Folgeerscheinungen auch für den europäischen Lebensraum. Die Mechanismen und Schwellenwerte, die mit der natürlichen Klimavariabilität in südpolaren Breiten verbunden sind, müssen entsprechend bekannt sein, um zu einer verbesserten Einschätzung des anthropogen verursachten Klimawandels kommen zu können. SOPATRA folgt dem Aufruf des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft (BMBF) in Regionen vorzustoßen, die bislang nur wenig untersucht sind, aber wesentlich zum Verständnis der Klimaentwicklung auf kurzen und langen Zeitskalen beitragen.

SOPATRA hat damit direkten Bezug zum nationalen Klimaprogramm der Bundesregierung und international zu Programmen, in denen Prozesse der globalen Klimaveränderungen und deren Folgen im Vordergrund stehen (z.B. International Geosphere Biosphere Project: PAGES; 7. Rahmenprogramm der EU; BMBF-Sonderprogramm Geotechnologien; Integrated Ocean Drilling Program, IODP). Die Untersuchungen in der Wassersäule stehen außerdem im Zusammenhang mit dem internationalen GEOTRACES Programm ein, das eine globale Erfassung der Verteilung von Spurenmetallen und deren Isotope im Ozean zum Ziel hat. Letztendlich wird unser Vorhaben mit hochrangigen nationalen (u.a. AWI, GFZ Potsdam) und internationalen Partnern (Neuseeland) durchgeführt.

Unsere Daten und Interpretationen zu Paläozeanographie, Paläoumwelt und Paläoklima können nachfolgend von nationalen bzw. internationalen Wirtschafts- und Forschungseinrichtungen als auch politisch Verantwortlichen für weiterführende Studien zu

Themen wie nachhaltiges Erdmanagement, Funktionsweise von Klimamechanismen, und zukünftige Klimafolgen-Risikoabschätzung genutzt werden.

2.5 Fortschritt im Stand der Wissenschaft während der Projektlaufzeit durch Dritte

Im Vorfeld zur SO213-Expedition SOPATRA fand die von Fahrtleiter Dr. R. Gersonde (AWI) geleitete FS POLARSTERN Reise ANT26/2 im Winter 2009/2010 statt. Während dieser Reise wurde ein E-W-Transekt von Chile bis Neuseeland im Bereich der Subantarktischen Front zwischen ca. 65°S und 50°S erarbeitet – also deutlich südlicher, aber in beabsichtigter und hervorragender Ergänzung zu der nachfolgenden SO213 Expedition mit FS SONNE. Wissenschaftliche Themen dieser Reise konzentrierten sich auf die heutigen und vergangenen Prozesse der Ozeanzirkulation und Wassermassenstratifizierung, der Meereisverteilung, Ozean-Atmosphäre Austauschprozessen und atmosphärische Zirkulation im Bereich des Antarktischen Zirkumpolarstromes sowie auf Fragen zur Stabilität des Antarktischen Eisschildes. Damit sind die wissenschaftlichen Fragestellungen beider Projekte eng miteinander verquickt und ergänzen sich sowohl methodisch als auch thematisch in hervorragender Weise.

Die Auswertearbeiten von SOPATRA und ANT26/2 wurden folglich aufeinander abgestimmt und ein gegenseitiger Informationsaustausch erfolgte kontinuierlich. Projektübergreifend hat unsere Arbeitsgruppe am GEOMAR geochemische Analysen an Sedimentmaterial der ANT26/2 für den Projekt-Doktoranden Johannes Ullermann (AWI) durchgeführt, die über die am AWI durchgeführten Methoden hinausgehen bzw. diese ergänzen. Durch die Zusammenführung der SO213 und ANT26/2 Daten erhoffen wir uns nicht nur gemeinsame Publikationen, sondern auch deutlich ausgeweitete Interpretationen.

Abgesehen von den ANT26/2 und SOPATRA Auswertearbeiten sind unseres Wissens nach während der Projektlaufzeit keine anderen, auf neuen Sedimentkerndaten basierende Veröffentlichungen aus dem S-Pazifik erschienen. Die von Dr. Katharina Pahnke und Dr. Chandranath Basak am Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie (Universität Oldenburg) an ANT26/2-Material durchgeführten Arbeiten zu sedimentärem ϵ_{Nd} als auch zum ϵ_{Nd} in der Wassersäule wurden bislang nicht publiziert, werden unsere Arbeiten aber zielförderlich ergänzen. Hier besteht ebenfalls ein enger wissenschaftlicher Austausch. Bezogen auf ϵ_{Nd} in der Wassersäule des SE-Pazifiks erschienen auf internationaler Ebene die Arbeiten von Carter et al. (2012) und Jeandel et al. (2013). Jeandel et al. (2013) verdeutlichten, dass sowohl mit ϵ_{Nd} als auch mit Seltene Erden Elementen verschiedene Wassermassen des SE-Pazifiks differenziert werden können, verwiesen aber auch auf die Bedeutung von „boundary exchange processes“ für die Verteilung der Isotope und Elemente innerhalb der Wassersäule. Carter et al. (2012) belegten für Lokationen nahe am antarktischen Kontinentalrand, dass trotz der beschriebenen „boundary exchange processes“ insbesondere im Kern des Antarktischen Zirkumpolarstromes ϵ_{Nd} als konservativer Wassermassentracer fungiert und auch für Paläo-Fragestellungen angewendet werden kann. Diese Erkenntnisse ergänzen unsere eigenen Information sind bereits in die Interpretation der Wasserdaten eingeflossen (Molina-Kescher et al., eingereicht).

2.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

* direkte Projektbeteiligte sind fett markiert

Manuskripte (in Begutachtung)

Molina-Kescher, M., Frank, M., Hathorne, E. (in Begutachtung) *South Pacific dissolved Nd isotope compositions and rare earth element distributions: Water mass mixing versus biogeochemical cycling*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*.

Chen, T.Y., Rempfer, J., **Frank, M.,** Stumpf, R. **Molina-Kescher, M.** (im Druck) Upper ocean vertical supply: a neglected primary factor controlling the distribution of neodymium concentrations of open ocean surface waters? *Journal of Geophysical Research – Oceans*.

Dissertationen (in Vorbereitung)

Tapia, R.I. (in Vorbereitung) *Paleo-water column structure in the South Pacific: Evidence from foraminiferal $\delta^{18}\text{O}$ and Mg/Ca*. Dissertation, Univ. Kiel.

Molina-Kescher, M. (in Vorbereitung) *Deep water circulation and detritus provenances in the South Pacific, from present day water column to the last 240 ka. Evidences from radiogenic isotopes (Nd, Sr, Pb) and Rare Earth Element (REE) distributions.* Dissertation, Univ. Kiel.

Die Dissertationen sind so konzipiert, dass pro Dissertation ~2-3 publikationsreife Manuskripte erstellt werden.

M.Sc. / Diplom-Arbeiten

Poggemann, D. (2011) *Early Pliocene to late Pleistocene seafloor and subsurface temperature development offshore Chile.* Diplomarbeit, Univ. Kiel, 79 Seiten.

Aguado Gonzalo, F. (in Vorbereitung) *SE-Pacific changes in surface and subsurface temperature and salinity during the Plio/Pleistocene.* M.Sc.-Arbeit, Univ. Kiel.

Vorträge

2013

Ronge, Th., Tiedemann, R., Nürnberg, D., Tapia R.I., Poggemann, D., Uenzelmann-Neben, G., Horn, M. (2013) SO213-SOPATRA – Fahrtbericht und erste Ergebnisse. Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE 2013, 14.-15.02.2013, Kiel.

Poster-Präsentationen

2013

Molina-Kescher, M., Frank, M., Nürnberg D. (2013) SO213 – Konservatives Verhalten von gelösten Neodym-Isotopen in verschiedenen Wassermassen des Südpazifiks und verlässliche Bestimmung des ϵ_{Nd} Tiefenwassersignals aus dem Sediment. Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE 2013, 14.-15.02.2013, Kiel.

Molina-Kescher, M., Frank, M., Ronge, T., Tapia, R.I., Nürnberg D., Tiedemann R. (2013) *Late Quaternary reconstruction of the deep-water circulation in the South Pacific Ocean using radiogenic Nd and Pb isotopes.* ICP 11, 1-6. September, Sitges, Spanien (akzeptiert).

Nürnberg D., Poggemann, D., Aguado, F., Tiedemann, R., Ronge, Th. (2013) *Plio/Pleistocene change of the Peru-Chile Current System in the southeast Pacific.* ICP 11, 1-6. September, Sitges, Spanien (akzeptiert).

Nürnberg D., Aguado, F., Poggemann, D., Tiedemann, R., Ronge, Th. (2013) *SO213 – Veränderlichkeit des Humboldt-Stromsystems im SE-Pazifik während des Plio/Pleistozäns.* Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE 2013, 14.-15.02.2013, Kiel.

Poggemann, D. W., Nürnberg, D., Ronge, T., Tiedemann, R. (2013) *Plio/Pleistozäne Temperatur- und Salinitätsänderungen zwischen Oberflächenozean und Zwischenwasser im SE-Pazifik – Hinweise zum Wechsel von „permanenten El Niño“ zu modernen „La Niña – ähnlichen“ Bedingungen.* Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE 2013, 14.-15.02.2013, Kiel.

Tapia R.I., Nürnberg D., Tiedemann R. (2013) *South Pacific upper water conditions during the Late Pleistocene.* ICP 11, 1-6. September, Sitges, Spanien (akzeptiert).

Tapia R.I., Nürnberg D., Tiedemann R., Ronge T. (2013) *South Pacific surface, subsurface and intermediate water variability during the Late Quaternary – First results from SO-213 (SOPATRA).* Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE 2013, 14.-15.02.2013, Kiel.

2012

Aguado Gonzalo, F., Nürnberg, D., Poggemann, D., Tiedemann, R., Ronge, Th. (2012) *South East Pacific oceanographic change during the Plio/Pleistocene – implications from surface and subsurface temperature and salinity reconstructions.* GV Tagung 2012, 23.09.-28.09.2012, Hamburg.

Tapia R.I., Nürnberg, D., Tiedemann, R., Ronge, Th. (2012) *South Pacific intermediate water variability during the Late Quaternary.* GV Tagung 2012, 23.09.-28.09.2012, Hamburg.

Poggemann, D., Nürnberg, D., Tiedemann, R., Ronge, Th. (2012) *Plio/Pleistocene surface and subsurface temperature and salinity changes off South Chile – Responses to the transition from permanent El Niño-like to modern La Niña-like conditions.* GV Tagung 2012, 23.09.-28.09.2012, Hamburg.

2011

Molina-Kescher, M., Frank, M., Nürnberg, D. (2011) *Present day Nd isotopic composition of seawater and sediment leaches from the Pacific sector of the Southern Ocean.* AGU Fall Meeting 2011, 05.12.-09.12.2011, San Francisco, California, USA.

Tapia, R. I., Nürnberg, D., Frank, M. (2011) *Reconstructing the South Pacific upper water conditions during the Late Quaternary.* AGU Fall Meeting 2011, 05.12.-09.12.2011, San Francisco, California, USA.

Publikationen der Projektleiter der letzten 3 Jahre mit Bezug zum Vorhaben

2013

Matul, A., Abelmann, A., Khusid, T., Chekhovskaya, M., Kaiser, A., Nürnberg, D., Tiedemann, R. (2013) *Late Quaternary changes of the oxygen conditions in the bottom and intermediate waters on the western Kamchatka continental slope, the Sea of Okhotsk Deep Sea Research Part II: Tropical Studies in Oceanography,* dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.03.023.

Ponomareva, V., Portnyagin, M., Derkachev, A., Florin Pendea, I., Bourgois, J., Reimer, P.J., Garbe-Schönberg, D., Krasheninnikov, S., Nürnberg, D. (2013) *Early Holocene M₆ explosive eruption from Plosky volcanic massif (Kamchatka) and its tephra as a link between terrestrial and marine paleoenvironmental records.* Int. J. Earth. Sci. (Geol. Rundschau), DOI 10.1007/s.00531-013-0898-0.

- Riethdorf, J., **Nürnberg, D.**, Max., L., **Tiedemann, R.**, Gorbarenko, S., Malakhov, M.I. (2013) *Millennial-scale variability of marine productivity and terrigenous matter supply in the western Bering Sea over the past 180 kyr*. *Clim. Past Discuss.*, 8, 6135-6198, doi:10.5194/cpd-8-6135-2012.
- Riethdorf, J., Max., L., **Nürnberg, D.**, **Tiedemann, R.** (2013) *Deglacial development of (sub) sea surface temperature and salinity in the subarctic northwest Pacific: Implications for upper-ocean stratification* *Paleoceanography* 28, 1-14, DOI10.1002/palo.20014, 2013.
- Chen, T.-Y., Li, G., **Frank, M.**, Ling, H.-F., Hu, R. (2013) *Hafnium isotope fractionation during continental weathering: implications for the generation of the seawater Nd-Hf isotope relationship*. *Geophysical Research Letters* 40, 916–920.
- Holbourn, A., Kuhnt, W., **Frank, M.**, Haley, B.A. (2013) Changes in Pacific Ocean circulation following the Miocene onset of permanent Antarctic ice cover. *Earth Planet. Sci. Lett.* 365, 38-50.
- Ehlert, C., Grasse, P., **Frank, M.** (2013) Changes in silicate utilisation and upwelling intensity off Peru since the Last Glacial Maximum – insights from silicon and neodymium isotopes. *Quaternary Science Reviews* 72, 18-35.
- Sprenk, D., Weber, M.E., Kuhn, G., Rosén, P., **Frank, M.**, Molina-Kescher, M., Liebetrau, V., Röhling, H.G. (2013) *Southern Ocean bioproductivity during the last glacial cycle – new detection method and decadal-scale insight from the Scotia Sea*. ISAES Symposium special publication: Antarctic Palaeoenvironmental Evolution, in press.
- Jiang, F., **Frank, M.**, Li, T., Chen, T.-Y., Xu, Z., Li, A. (2013) *Asian dust input in the western Philippine Sea: Evidence from radiogenic Sr and Nd isotopes*. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, in press.

2012

- Karas, C., **Nürnberg, D.**, **Tiedemann, R.** (2012) *The Southwest Pacific during the Pliocene: a reply to Dickens and Backman, 2011* *Earth and Planetary Science Letters*. DOI 10.1016/j.epsl.2012.03.006.
- Max, L., Riethdorf, J. R., **Tiedemann, R.**, Smirnova, M., Lembke-Jene, L., Fahl, K., **Nürnberg, D.**, Matul, A., Mollenhauer, G. (2012) *Sea surface temperature variability and sea-ice extent in the subarctic northwest Pacific during the past 15,000 years*. *Paleoceanography*, 27 (3). PA3213. DOI10.1029/2012PA00229.
- Stichel, T., **Frank, M.**, Rickli, J., Haley, B.A. (2012) *The hafnium and neodymium isotope composition of seawater in the Atlantic sector of the Southern Ocean*. *Earth Planet. Sci. Lett.* 317-318, 282-294.
- Hathorne, E., Haley, B.A., Stichel, T., Grasse, P., Zieringer, M., **Frank, M.** (2012) *Online preconcentration ICP-MS analysis of Rare Earth Elements in seawater*. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 13, Q01020, doi:10.1029/2011GC003907.
- van de Fliedert T., Pahnke, K., Amakawa, H., Andersson, P., Basak, C., Coles, B., Colin, C., Crocket, K., **Frank, M.**, Frank, N., Goldstein, S.L., Goswami, V., Haley, B.A., Hathorne, E.C., Hemming, S.R., Henderson, G.M., Jeandel, C., Jones, K., Kreissig, K., Lacan, F., Lambelet, M., Martin, E.E., Newkirk, D.R., Obata, H., Pena, L., Piotrowski, A.M., Pradoux, C., Scher, H.D., Schöberg, H., Singh, S.K., Stichel, T., Tazoe, H., Vance, D., Yang, J. (2012) *GEOTRACES intercalibration of neodymium isotopes and rare earth element concentrations in seawater and suspended particles – Part 1: reproducibility of results for the international intercomparison*. *Limnology and Oceanography: Methods* 10, 234-251.
- Grasse, P., Stichel, T., Stumpf, R., Stramma, L., **Frank, M.** (2012) *The distribution of neodymium isotopes and concentrations in the Eastern Equatorial Pacific: Water mass advection versus particle exchange*. *Earth Planet. Sci. Lett.* 353-354, 198-207.
- Ehlert, C., Grasse, P., Mollier - Vogel, E., Bösch, T., Franz, J., de Souza, G.F., Reynolds, B.C., Stramma, L., **Frank, M.** (2012) *Factors controlling the silicon isotope distribution in waters and surface sediments of the Peruvian coastal upwelling*. *Geochim. Cosmochim. Acta* 99, 128-145.

2011

- Nürnberg, D.**, Dethleff, D., **Tiedemann, R.**, Kaiser, A. und Gorbarenko, S. A. (2011) *Okhotsk Sea ice coverage and Kamchatka glaciation over the last 350ka — Evidence from ice-rafted debris and planktonic $\delta^{18}O$* *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 310 (3-4). pp. 191-205. DOI 10.1016/j.palaeo.2011.07.011.
- Frank, M.** (2011) *Chemical twins, separated* *Nature Geoscience*, 4 (4). pp. 220-221. DOI 10.1038/ngo1125.
- Stumpf, R., **Frank, M.**, Schönfeld, J., Haley, B.A. (2011) *Climatically driven changes in sediment supply on the SW Iberian shelf since the Last Glacial Maximum*. *Earth Planet. Sci. Lett.* 312, 80-90.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel <p style="text-align: center;">BMBF-Verbundvorhaben : SO213 – SOPATRA & FOUNDATION IV: Verbundprojekt SOPATRA: Rekonstruktion der pleistozänen atmosphärisch/ozeanischen Zirkulation im Südpazifik hier: Vorhaben 03GO213B (nur GEOMAR) Paläotemperaturen und –salinitäten in der ozeanischen Deckschicht, Rekonstruktion der Tiefenwasserzirkulation</p>	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Prof. Dr. Dirk Nürnberg Prof. Dr. Martin Frank	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2012
	6. Veröffentlichungsdatum geplant
	7. Form der Publikation Schlussbericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel Wischhofstraße 1-3 24148 Kiel	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 03G0213B SOPATRA
	11. Seitenzahl 40
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 65
	14. Tabellen 4
	15. Abbildungen 15
16. Zusätzliche Angaben Schlussbericht Vorhaben 03GO213B	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) siehe Schlussbericht	

18. Kurzfassung

Obwohl der Südpazifik eine Schlüsselstellung im globalen Klimageschehen einnimmt, ist er aus paläozeanographischer Sicht wenig bekannt. Mit der SOPATRA-Expedition SO213 wurden einzigartige Sedimentkerne gewonnen, umfangreiche (isotopen)geochemische Datensätze gesammelt sowie mit der Untersuchung der Wassersäule und der Sedimentoberfläche die zur Anwendung gekommenen geochemischen Proxy-Parameter kalibriert. Um die oberflächennahen Temperatur- und Salzgehaltsentwicklung der ozeanischen Deckschicht zu rekonstruieren, wurden kombinierte Analysen von Mg/Ca und Sauerstoffisotopie an planktonischen Foraminiferengehäusen durchgeführt. Zur Rekonstruktion der Tiefenwasserzirkulation kamen radiogene Neodym-Isotope aus Laugungen von Sedimenten und planktonischen Foraminiferengehäusen, sowie Fischzähnen zur Anwendung.

Erstmalig für den SE-Pazifik wurden hochauflösende geochemische Proxy-Datenserien für den Zeitraum der letzten ~4.8 Millionen Jahre erstellt, mit denen die plio/pleistozänen/holozänen Wechselwirkungen zwischen oberflächennahen, subtropischen Wassermassen und subantarktischen Wassermassen, die Entwicklung des Peru-Chile bzw. Humboldt-Stromsystems und erstmalig die Dynamik des antarktischen Zwischenwassers im Zusammenspiel mit Veränderungen der Thermoklinentiefe für den Übergang vom pliozänen „Warm house“ zum pleistozänen „Ice house“ rekonstruiert werden konnten. Insbesondere ab ~2.7 Ma verweisen die sich stark entwickelnden Temperatur- und Salzgehaltsgradienten und die signifikanten Änderungen der Thermoklinentiefe auf eine dynamische glazial/interglaziale Verlagerung des ozeanographischen Frontensystems im S-Pazifik und deuten auf eine ausgeprägte Wechselwirkung zwischen Advektionsprozessen und Ortsverlagerungen der Zwischenwasserbildung hin.

Die Neodym-Isotopie zeigt systematische Veränderungen der Tiefenwasserzirkulation über die letzten ~240.000 Jahre, die den klimatischen Zyklen folgen. Das Nd-Isotopensignal war während der Glazialzeiten radiogener (positiver), was einen geringeren Anteil zugemischten „N-Atlantischen Tiefenwassers“ im „Zirkumpolaren Tiefenwasser“ als Folge des verringerten Exports der Wassermassen aus dem Nordatlantik und damit einer geschwächten thermohalinen Zirkulation anzeigt.

19. Schlagwörter

Chemische Paläozeanographie, Paläoklimatologie, Radioisotope, Stabile Isotope, Spurenelemente, Südpazifik

20. Verlag

-/-

21. Preis

-/-

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN Planned	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report
3. title <p style="text-align: center;">BMBF-Verbundvorhaben : S0213 – SOPATRA & FOUNDATION IV: Verbundprojekt SOPATRA: Reconstruction of the Pleistocene atmospheric/oceanic circulation in the South Pacific</p> <p style="text-align: center;">here: Project No. 03GO213B (only GEOMAR) Paleotemperatures and salinities in the upper ocean, reconstruction of the deep water circulation</p>	
4. author(s) (family name, first name(s)) Prof. Dr. Dirk Nürnberg Prof. Dr. Martin Frank	5. end of project 31. December 2012
	6. publication date Planned
	7. form of publication Final Report
8. performing organization(s) (name, address) GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel Wischhofstraße 1-3 D-24148 Kiel	9. originator's report no.
	10. reference no. 03G0213B SOPATRA
	11. no. of pages 40
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 65
	14. no. of tables 4
	15. no. of figures 15
16. supplementary notes Final Report Project 03GO213B	
17. presented at (title, place, date) see Final Report	

18. abstract

In spite of its importance for the global climate, the S-Pacific is only dissatisfyingly studied with respect to paleoceanography and paleoclimatology. The accomplished SOPATRA expedition SO213 allowed to retrieve unique sedimentary material, from which a huge (isotope)geochemical data set was acquired. Applied geochemical proxies were calibrated by using water and sediment surce samples. In order to reconstruct the upper ocean temperature and salinity evolution, we used the approach of combined measurement of Mg/Ca and oxygen isotopes in planktonic foraminiferal tests. For the reconstruction of the deep water circulation, neodymium isotopes from both leachates of sediments and planktonic foraminifera, and fish teeth were successfully applied.

For the first time in the SE Pacific, we assembled high-resolution continuous geochemical proxy dataserries for the last ~4.8 million years, which allowed us to reconstruct the Pliocene to Holocene interdependencies between surface-near subtropical and subantarctic water masses, the evolution of the Peru-Chile / Humboldt current system, and the dynamics of the Antarctic Intermediate Water in relation to changes in thermocline depth across the climatic transition from the Pliocene „Warm House“ to the Pleistocene „Ice House“. In particular since ~2.7 million years before present, the increasing temperature and salinity gradients and the dramatic changes in thermocline depth point to both the dynamic glacial/interglacial shift of the oceanographic frontal system in the S-Pacific and elucidate the distinct interplay between advection of intermediate waters and the dislocation of according formation areas.

Notably, the radiogenic neodymium signal points to systematic changes in the deep water circulation over the last ~240.000 years, following the climatic cycles. During glacials, the neodymium signal was more radiogenic (more positive), implying that the contribution of North Atlantic Deep Water to the Circumpolar Deep Water in the S-Pacific was clearly reduced due to the diminished export of water masses from the N-Atlantic in response to a weakened thermohaline circulation.

19. keywords

Chemical paleoceanography, paleoclimatology, radioisotopes, stable isotopes, trace elements, South Pacific

20. publisher

-/-

21. price

-/-