

Schlussbericht zu Forschungsvorhaben 03G0217A

**SO 217 – Maja: Dynamik des Indonesischen Durchstroms in
der Makassar-Java-Passage
Beprobung hochauflösender Sedimentarchive zur
Untersuchung der hochfrequenten (ENSO) und glazialen-
interglazialen Variabilität**

Zuwendungsempfänger
Prof. Dr. Wolfgang Kuhnt
Institut für Geowissenschaften der
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Olshausenstr. 40
24118 Kiel

Förderkennzeichen: 03G0217A

GEFÖRDERT VOM



Vorhabensbezeichnung:

SO-217 MAJA: Dynamik des Indonesischen Durchstroms in der Makassar-Java-Passage: Beprobung hochauflösender Sedimentarchive zur Untersuchung der hochfrequenten (ENSO) und glazialen-interglazialen Variabilität

Laufzeit des Vorhabens:

1.Mai 2011 – 30.April 2013

I. Aufgabenstellung, Voraussetzungen, Planung und Ablauf

1. Aufgabenstellung

Entsprechend dem ursprünglichen Arbeitsplan sollten im Rahmen des Projekts folgende Aufgaben erfüllt werden:

1. Gewinnung von langen, ungestörten Sedimentkernen als Basis für hochauflösende paläozeanographische und paläoklimatische Rekonstruktionen aus drei Arbeitsgebieten im zentralen Bereich des Indonesischen Archipels:

- Südteil der Makassarstraße, südlicher Schwellenbereich, Flores-See und östlicher Randbereich der Java See
- Zentralteil der Makassarstraße südlich des Labani-Channels
- Nordteil und Zentralbereich der Makassarstraße nördlich des Labani-Channels, einschließlich des Randbereichs des Mahakam-Deltas vor Ost-Borneo

In allen diesen Bereichen sollten neben langen Kolbenlotkernen zur Proxy-Kalibrierung Sedimentoberflächenproben mit Multicorer-Großkastengreifer und Wasserproben mit der CTD-Rosette gewonnen werden.

2. Eine erste Auswertung und Laboranalyse der Wasser-, Sedimentoberflächen- und ausgewählter Kernproben mit folgenden Schwerpunkten:

- Radiometrische Altersdatierung an Foraminiferengehäusen sowie in geringerem Umfang an terrigenem Material (AMS ^{14}C) zur Erstellung eines stratigraphischen Gerüsts für den Zeitraum bis zu etwa 30 000 Jahren vor heute als Basis für die weitergehende Analyse der Sedimentkerne
- Stabile Isotopenanalysen (C, O) an benthischen und planktonischen Foraminiferengehäusen zur Erstellung einer Feinstratigraphie des gesamten letzten glazialen Zyklus, sowie als Basis für paläoklimatische Analysen
- Analyse von Mg/Ca und stabilen Isotopen an Karbonatschalen aus Oberflächenproben zur Proxy-Kalibrierung (Mg/Ca-Temperatur- und Salinitäts-Rekonstruktionen)
- Einsatz von Mg/Ca-Analysen in planktonischen und benthischen Foraminiferen zur Rekonstruktion der Variabilität von Paläo-Wassertemperaturen über den letzten Glazialzyklus
- Analyse der Alkenon-Saturierungs-Indizes (Uk37) in Sedimentkernen zur Oberflächentemperatur-Rekonstruktion
- Korngrößenanalysen ("sortable silt") zur Rekonstruktion von bodennahen Strömungen des indonesischen Durchstroms

Weitergehende Untersuchungen (u.a. Nd-Isotop als Wassermassentracer, Deuterium Isotope als Niederschlags-Proxy), die in Zusammenarbeit mit in- und ausländischen Kooperationspartnern durchgeführt werden, sollen dann auf der Grundlage dieser Basisdaten in einer zweiten Phase des Projekts durchgeführt

werden (siehe auch Kommentare zum Nutzen und Anwendbarkeit der Ergebnisse und Fortschreibung des Verwertungsplans, Folgeprojekte)

2. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Zwei wesentliche Voraussetzungen prägten Ablauf und Erfolg der Sonne-217 Expedition in indonesischen Gewässern:

(1) problematische Genehmigungsverfahren und daraus resultierende zeitliche Verzögerungen bei Arbeiten in indonesischen Gewässern. Enge Abstimmung mit den indonesischen Partnern stellte dabei eine unabdingbare Voraussetzung für die Planung der Sonne-Expedition dar (sichergestellt durch mehrere Besuche des Projektleiters in Indonesien bereits im Vorfeld der Expedition)

(2) ausgezeichnete technische Voraussetzungen durch die enorme Expertise und state-of-the-art Kolbenlot-Technik der Fa. Kawohl und der Sonne-Besatzung in Kombination mit dem Fächerecholot/Parasound-Systems der Sonne, die das Auffinden und die erfolgreiche Beprobung erstklassiger Kernlokationen (hohe Sedimentationsraten, frei von Turbiditen) ermöglichte. Dies ermöglichte den erfolgreichen Einsatz des bis zu 30 m aufgerüsteten Kolbenlots an allen ausgewählten Kernstationen.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Planung im Vorfeld der Expedition war geprägt von Komplikationen durch teilweise unrealistische Randbedingungen in dem von der indonesischen Forschungsbürokratie geforderten Memorandum of Understanding und eine permanente Unsicherheit der jeweils gegebenen Zusagen einzelner Schritte des komplizierten Genehmigungsverfahrens. Eine Woche Vorlauf in Jakarta, um letzte bürokratische Hindernisse zu überwinden (Marinebeobachter, Genehmigungen durch die marine Abteilung des Handels und Verkehrs-Ministeriums, das für wesentliche Teilbereiche der verschiedenen Arbeitsgenehmigungen zuständig war), erwies sich als letztendlich einziges Mittel, die Fahrt, wenn auch mit geringen Verzögerungen, noch im geplanten Zeitrahmen durchführen zu können. Die

Auswertearbeiten in Kiel verliefen unterstützt durch zahlreiche studentische Hilfskräfte und mit Hilfe von insgesamt vier Bachelor- und Masters-Arbeiten zügig und im Zeitplan, so daß auch unerwartete Verzögerungen durch den zeitweiligen Ausfall der AMS-Anlage und eines Finnigan-MAT Massenspektrometers noch innerhalb der (für die vorgesehenen Auswertearbeiten recht kurzen) Projektlaufzeit aufgeholt werden konnten.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Die bisherige Kenntnis der Sedimentation und Paläoozeanographie basiert, neben vertraulichen Industriedaten aus kommerzieller Seismik und Bohrungen vor allem auf der Analyse einiger weniger sehr kurzer Kerne, die auf amerikanisch-indonesischen Expeditionen mit indonesischen Schiffen praktisch "blind" (ohne 3.5 kHz Seismik oder Fächerecholot) an meist nicht idealen Positionen gewonnen wurden. Daneben existieren einzelne Marion Dufresne Kerne aus Randbereichen nördlich und südlich der Makassarstraße, die im Rahmen des IMAGES-Programms gewonnen wurden. Im Bereich der Makassarstraße selbst und vor allem in den interessantesten Gebieten vor dem Mahakam-Delta (Borneo) und der Mandar-Bucht (Sulawesi) existierten vor der Sonne Fahrt keine längeren Sedimentkerne.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Indonesische Partner:

Marine Geological Institute, Bandung: Mikropaläontologie und Mg/Ca in planktonischen Foraminiferen (Dr. Rina Zuraida)

LIPI Geotechnik, Bandung: Mitarbeiter integriert in die Kieler Arbeitsgruppe mit Schwerpunkt der Rekonstruktion von Klimawandel und kontinentalem Sedimenteintrag von Borneo (Marfasran Hendrizan)

Internationale Partner:

State Key Laboratory of Continental Dynamics and Department of Geology, Northwest University, 229 North Taibai Rd., Xi'an 710069, China: Anorganische Geochemie (Dr. Jian Xu)

Brown University, Department of Geology, Providence, RI, USA: Leaf Wax

Deuterium Isotopie in Kernen vor Sulawesi und Korrelation mit Daten des ICDP (Internationales Kontinentales Bohrprogramm) Projekts im Lake Towuti, Sulawesi (Prof. James Russell).

Nationale Partner:

Auswertung in Phase 1 des Projekts

Institut für Geowissenschaften, Kiel: Organische Geochemie, SST Bestimmung mit Hilfe des Alkenon-Saturierungs-Index (Uk37) (Dr. Thomas Blanz, Prof. Ralph Schneider); Sedimentologie, Korngrößenanalysen, Sortable Silt (Prof. Karl Stattegger, Prof. Kerstin Schrottke)

Leibniz-Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung in Kiel: Stabile Isotope an Wasserproben und Foraminiferenkalzit, AMS ^{14}C -Datierungen an Foraminiferen, Pteropoden und eingeschwemmten Holzfragmenten (Dr. Nils Andersen, Dr. Matthias Hüls)

Zusätzliche Kooperationspartner in Phase 2 des Projekts

Marum, Bremen: Höchstaflösende Mg/Ca-Temperaturrekonstruktionen der letzten 4000 Jahre an Kern SO217-18517 (Dr. Mahyar Mohtadi)

Geomar, Kiel: Nd-Isotopie (Prof. Martin Frank)

II. Ergebnisse, Verwendungsnachweis

1. Wissenschaftliche Ergebnisse

Hauptziele der Untersuchungen: Dynamik des Indonesischen Durchstroms in der Makassar-Java-Passage und Klimavariabilität im indonesischen Archipel während des letzten Glazialzyklus

Eine Schlüsselstelle für das Verständnis der saisonalen, hochfrequenten (ENSO) und glazial-interglazialen Variabilität des Indonesischen Durchstroms (ITF) und des tropischen Monsunklimas im indonesischen Archipel stellt der Ausstrombereich der Makassarstraße in die Java-Flores-See dar. Ozeanographische Untersuchungen in diesem Bereich haben ergeben, daß hier durch den monsun gesteuerten Einfluß von niedrig-salinem Oberflächenwasser aus dem südchinesischen Meer eine saisonale Blockierung des Oberflächen-Durchstroms stattfindet, was zu einem deutlich kühleren ITF mit entsprechenden Konsequenzen für die Wärme- und Salinitätsbilanz im Indischen Ozean führt (Gordon et al., 2003). Eine entsprechende Abkühlung des ITF im Bereich der Thermokline und eine generelle Abnahme der Salinität mit der Öffnung der Verbindung der Java-See mit dem südchinesischen Meer vor etwa 9500 Jahren konnte inzwischen bis in den Ausstrombereich des ITF in die Timorsee nachgewiesen werden (Xu et al., 2008, 2010; Holbourn et al., 2011).

Aufgrund ausgezeichneter Sedimentarchive in diesem Raum (komplette Serien mit relativ hohen Sedimentationsraten durch terrigenen Eintrag von Borneo und Java mit präzisen stratigraphischen Markerhorizonten durch Tambora- und Krakatau-Aschen) bildet vor allem der südliche Bereich der Makassarstraße und die anschließende Flores-Java-See ein einmaliges natürliches Labor für das Verständnis der Dynamik, der kontrollierenden Faktoren und der zeitlichen Variabilität des ITF. Drei Hauptparameter der Variabilität des ITF sollten an auf der Sonne-Fahrt SO-217 zu gewinnenden langen, bis weit ins letzte Glazial zurückreichenden Sedimentkernen der Sonne-217 Fahrt (Abb.1) hochauflösend rekonstruiert werden:

(1) Veränderungen im Strömungsprofil des ITF in der Makassarstraße mit Hilfe sedimentologischer Daten wie der Sediment-Granulometrie („Mean Sortable Silt“); (2) Variabilität der Meeresoberflächen- und Thermoklinen-Temperaturen und -Salinitäten sowie der Primärproduktion mit Hilfe von Mg/Ca Paläothermometrie,

Sauerstoffisotopie und Foraminiferen-Artengemeinschaften; (3) Rekonstruktion der Durchstromwassermassen in der Makassarstraße mit Tracern ($\delta^{13}\text{C}$).

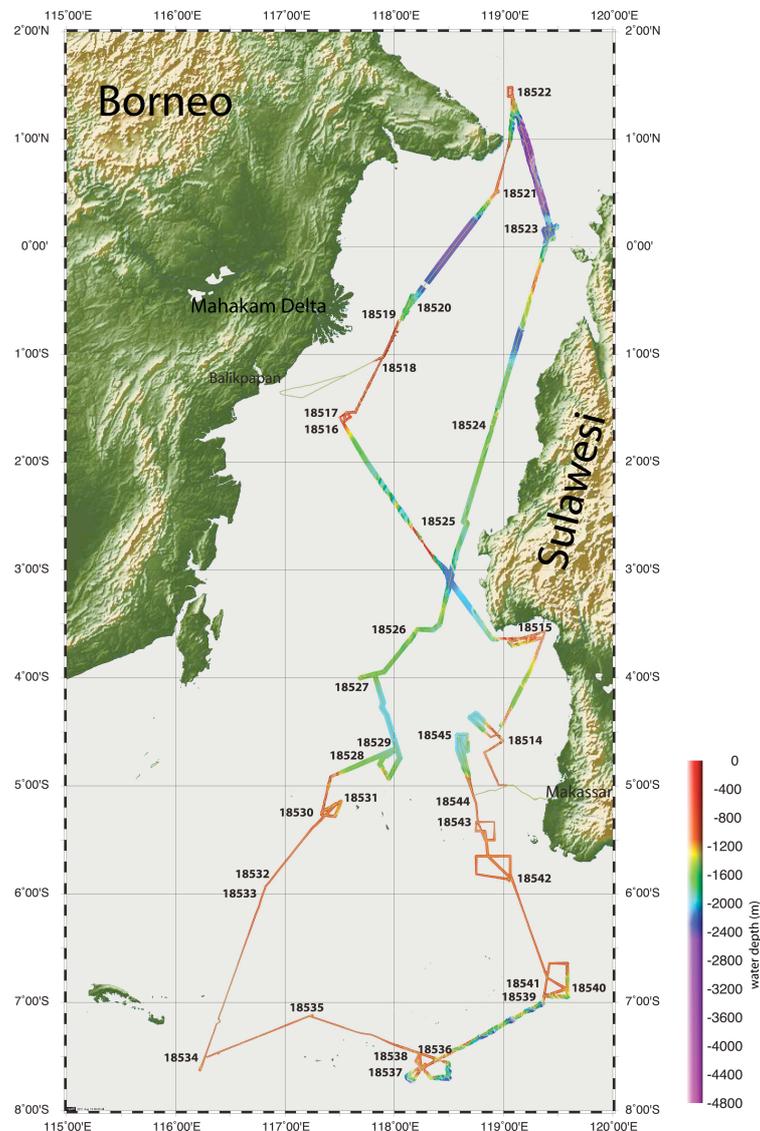
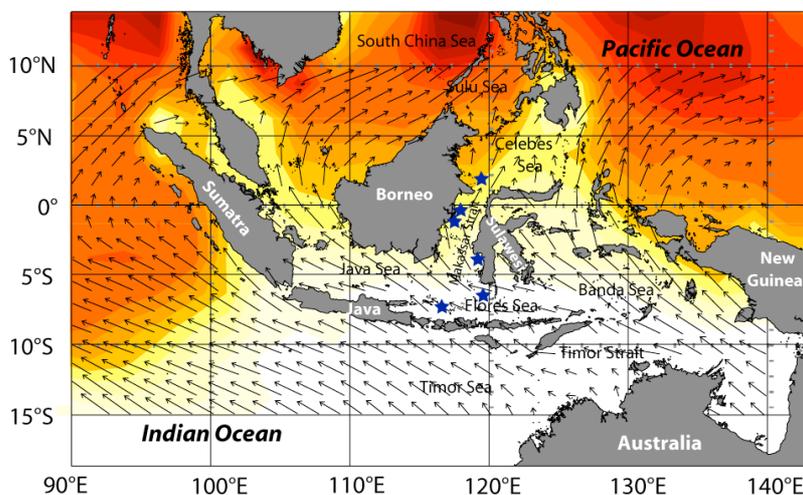


Abb. 1. Position der Sonne-217 Stationen in der Makassarstraße und Javasee. An den meisten Stationen wurden CTD, Multicorer und Kolbenlote (bis 30m Länge und 26 m Kerngewinn) gefahren. Details zu den eingesetzten Geräten, Kerngewinn und erste stratigraphische Einstufungen basierend auf magnetischer Suszeptibilität und Spektrophotometrie in Kuhnt et al. (2011).

Neben der Rekonstruktion der Variabilität des ITF stellt die Rekonstruktion der tropischen Klimavariabilität im indonesischen Archipel während Phasen globaler Erwärmung einen zweiten Schwerpunkt des Projekts dar. Hauptziele dieser Untersuchungen sind (1) die regionale Niederschlagsverteilung während des letzten glazialen Zyklus zu rekonstruieren, wobei die Schwerpunkte auf Zeiten rascher Abkühlung oder Erwärmung liegen, und (2) die Hypothese einer reduzierten

tropischen Konvektion und Walker-Zirkulation während globaler Erwärmung zu testen, die dann in einer komplexen räumlichen Verteilung der Niederschläge und nicht in einer weitgehend angenommenen generellen Zunahme der tropischen Niederschläge während globaler Erwärmung resultieren würde (DiNezio et al., 2011). Dazu können wir aus den nun vorliegenden Sedimentarchiven der Sonne 217-Fahrt den Oberflächenabfluß von Borneo, Sulawesi, Java und Sundaland in die Makassarstraße und Flores-See in der Nähe von Flußdeltas mit bekannten Einzugsgebieten rekonstruieren (Abb.1).

Austral Winter (July)



Austral Summer (January)

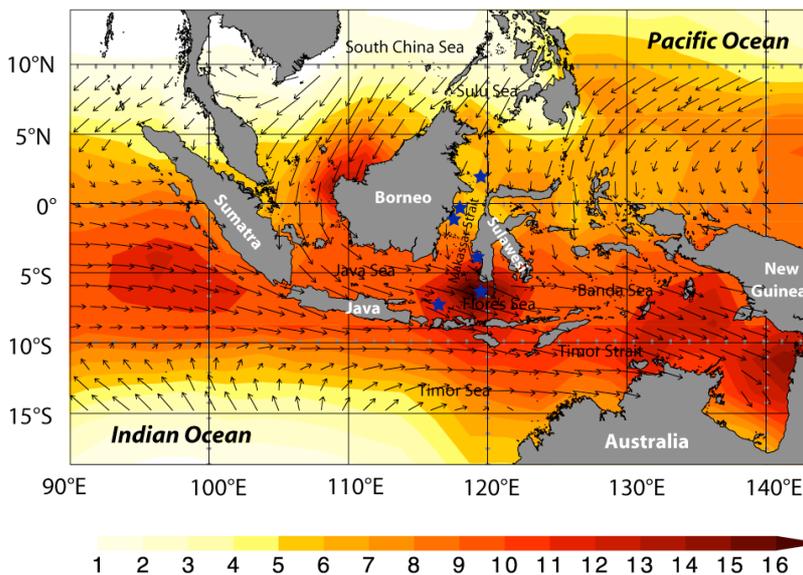


Abb. 2. Vorherrschende Monsunwindrichtungen (Pfeile) und Niederschläge (in mm/Tag) im Indonesischen Archipel. Mittlere Sommer und Winter Niederschläge für die Jahre 1979–2000 nach Wang et al. (2003). Windrichtungen aus Mohtadi et al. (2011). Positionen der sechs Sonne-217-Kerne, für die Salinitäts und Abflußdaten rekonstruiert werden, sind mit blauen Sternen markiert.

Mit Hilfe hochauflösender XRF-Scanner-Analysen und kombinierten Sauerstoffisotopen- und Mg/Ca-Messungen an der oberflächennah lebenden planktonischen Foraminifere *Globigerinoides ruber* können die Veränderungen in terrigenem Sedimenteintrag und Salinität zeitlich genau erfaßt und die regionale Verteilung von Niederschlägen und Abfluß rekonstruiert werden. Diese Untersuchungen können eine grundlegende Datenbasis schaffen, an der Klimamodelle für künftige Niederschlagsentwicklungen in den Tropen unter globaler Erwärmung kalibriert werden können. Die wichtigsten Ergebnisse der zur Erreichung dieser Ziele durchgeführten Untersuchungen sind im Folgenden dargestellt.

Ergebnisse:

1. Gewinn von Kernarchiven für die Rekonstruktion von Zirkulation und Klima im Bereich der Makassarstraße-Java/Flores-See: Ergebnisse der Expedition Sonne-217 MAJA (Makassar-Singapore 25.7.2011 – 16.8.2011)

Nordteil der Makassarstraße (28.7. bis 1.8.2012)

Nach verschiedenen Verzögerungen des Auslaufens in Makassar (langwierige Zollabfertigung der Container, Verspätung des indonesischen Sicherheitsoffiziers) konnte nach kurzem Transit am Morgen des 28.7. bei 4°35'N, 119°0'E mit den Stationsarbeiten im SE Abschnitt der Makassarstraße begonnen werden. In den folgenden fünf Tagen wurden auf einem Transekt durch die Makassarstraße bis in die südliche Celebes-See insgesamt 9 Sediment-Stationen jeweils nach Parasound- und Multibeam-Echolot-Survey mit CTD, Multicorer und Kolbenlot beprobt. CTD- und Multicorer-Einsätze lieferten Wasserdaten und Proben für Sauerstoffisotopie der Wassermassen sowie Oberflächensedimentproben zur Kalibrierung geochemischer und mikropaläontologischer Indikatoren für Wassertemperatur und Salinität. Auf dem ersten Fahrtabschnitt konnten acht Kolbenlotkerne mit Kerngewinnen zwischen 12 m und 16 m aus Wassertiefen zwischen 600 m und 1600 m gewonnen werden, die hochauflösende Sedimentarchive im "Windschatten" des Durchstroms in der Rangasa-Bucht und vor dem Makaham-Delta einschliessen (Abb. 1). Die Geräteeinsätze waren ausnahmslos erfolgreich, die gewonnenen Multicorer- und Kolbenlotkerne waren dabei durchweg von hoher Qualität.

Erste stratigraphische Bordanalysen der Sedimentkerne (magnetische Suszeptibilität und Spektrophotometrie) auf diesem Transekt deuteten auf das Holozän und die letzte glaziale Termination umfassende Sedimentarchive mit hohen

Sedimentationsraten vor dem Mahakam-Delta. Kerne mit ausgeprägter zyklischer Sedimentation aus Bereichen mit verringertem terrigenen Sedimenteintrag dürften zumindest bis ins Isotopenstadium 5/6 zurückreichen und damit hochauflösende Rekonstruktionen des Indonesischen Durchstroms in der Makassarstraße während des letzten Glazialzyklus zulassen.

Südteil der Makassarstraße, Java- und Flores-See (2.8. - 9.8.2012)

Parasound- und Multibeam-Bathymetrie-Surveys mit anschließenden Stationsarbeiten (CTD, Multicorer, Kolbenlot) wurden in insgesamt acht im Südteil der Makassar Straße und anschließenden Seegebieten der Java- und Flores-Sea gelegenen Arbeitsgebieten durchgeführt. Vor allem die Kolbenlot-Einsätze waren außergewöhnlich erfolgreich, insgesamt wurden 12 Einsätze gefahren, wobei in den Schlüsselgebieten in vier 30 m-Kolbenloteinsätzen jeweils 21 bis 26 m Kerngewinn erzielt werden konnten. Alle Kerne wurden an Bord stratigraphisch bearbeitet (Kernbeschreibung, magnetische Suszeptibilitätsmessungen und Spektrophotometrie) und in D-tubes für den Transport nach Kiel vorbereitet. Alle Kolbenlotkerne sind bisher praktisch ungestört, lieferten hervorragende erste Kernlogger-Daten und bilden eine ausgezeichnete Materialbasis für die geplanten hochauflösenden Klimarekonstruktionen. Der CTD-Wasserproben- und Multicorer-Oberflächenproben-Datensatz wurde vervollständigt und deckt das gesamte Arbeitsgebiet ab.

Am 9.8 und 10.8 wurden noch letzte Surveys und Stationsarbeiten im Bereich des Dewakang-Sills und unmittelbar vor Makassar durchgeführt. Dabei konnte noch im Tiefwasser-Bereich vor Makassar ein Kolbenlot mit über 22 m Kernlänge gewonnen werden, während der Bereich des Dewakang-Sills durch sandige Reliktsedimente charakterisiert war, die nur Multicorer-Kerne zuließen. Am 11.8. ging die Sonne noch einmal vor Makassar auf Reede, um die indonesischen Wissenschaftler und den Militärbeobachter an Land zu setzen. Die verbleibende Kieler Arbeitsgruppe hatte dann noch auf dem Transit nach Singapur Gelegenheit zur Analyse, Beprobung und Transport-Verpackung der letzten gewonnenen Kerne. Daneben konnten auch bereits die wichtigsten Daten für den Fahrtbericht zusammengestellt werden. Am 16.8. um 8:00 lief die Sonne in Singapur ein, am selben Tag konnten die Kerne noch in den bereitgestellten Reefer-Container verladen und für den Rücktransport nach Deutschland fertiggemacht werden. Am Morgen des 17.8. ging die Wissenschaftler-Gruppe von Bord.

Bei der stratigraphischen Analyse an Bord erwiesen sich vor allem die Kerne aus dem Bereich südlich des Labani-Channels als sehr komplett und von hoher Qualität. So konnte in allen Kolbenlotkernen, mit Ausnahme der beiden distalsten Stationen in der Nähe des Labani Channels, die vulkanische Aschenlage des Tambora-Ausbruchs von 1815 in den magnetischen Suszeptibilitäts-Rekords nachgewiesen werden, was zum einen die gute Qualität der Kernoberflächen bestätigt und zum anderen einen ersten Eindruck der jeweiligen Sedimentationsraten vermittelt. CTD-Daten belegen saisonalen Auftrieb am Nordwestrand der Flores-See, der sich auch in deutlichen Anzeichen für hohen organischen Gehalt in den entsprechenden Kernen ausdrückt.

In der Gesamtbilanz erwies sich die Fahrt, trotz der anfänglichen Verzögerungen, als voller Erfolg. Es konnten insgesamt 31 Stationen in 15 Survey-Gebieten abgearbeitet werden, wobei neben 19 CTD-Stationen 29 Multicorer-Einsätze und 23 Kolbenlote mit einem Kerngewinn von insgesamt über 350 m und Kernlängen bis 26 m gefahren wurden. Unser herzlicher Dank geht an Kapitän und Besatzung der Sonne, deren Kompetenz und unermüdlicher Einsatz den Erfolg dieser Fahrt möglich gemacht hat.

2. Rekonstruktion von Wassermassen-Temperaturen und -Salzgehalten in der Makassar-Java Passage

Eine zuverlässige Rekonstruktion der Salinität und Temperatur der Wassermassen ist eine wesentliche Voraussetzung für das Verständnis der Dynamik des Indonesischen Durchstroms in der Makassar-Java Passage. Die an den Sedimentkernen der Sonne-217 Fahrt durchgeführten Salzgehalts- und Temperaturrekonstruktionen beruhen auf den bekannten Beziehungen zwischen (1) Salzgehalt und Sauerstoff-Isotopenzusammensetzung des Meerwassers und (2) Wassertemperatur und Mg/Ca-Elementarverhältnissen in Foraminiferegehäusen. Die Aussagekraft stabiler Sauerstoffisotopenwerte des Meerwassers ($\delta^{18}\text{O}_w$) für Salinitätsrekonstruktionen beruht auf der im heutigen Ozean beobachteten Korrelation zwischen $\delta^{18}\text{O}_w$ und Salzgehalt, die allerdings erhebliche regionale Unterschiede aufweist (LeGrande und Schmidt, 2006). Um eine $\delta^{18}\text{O}_w$ -Salzgehalts-Beziehung für die Makassar-Java Passage aufstellen zu können, wurden während der Sonne-217 Fahrt 199 Wasserproben an 17 Stationen mit dem SBE 32 Kranzwasserschöpfer zur $\delta^{18}\text{O}_w$ -Analyse genommen.

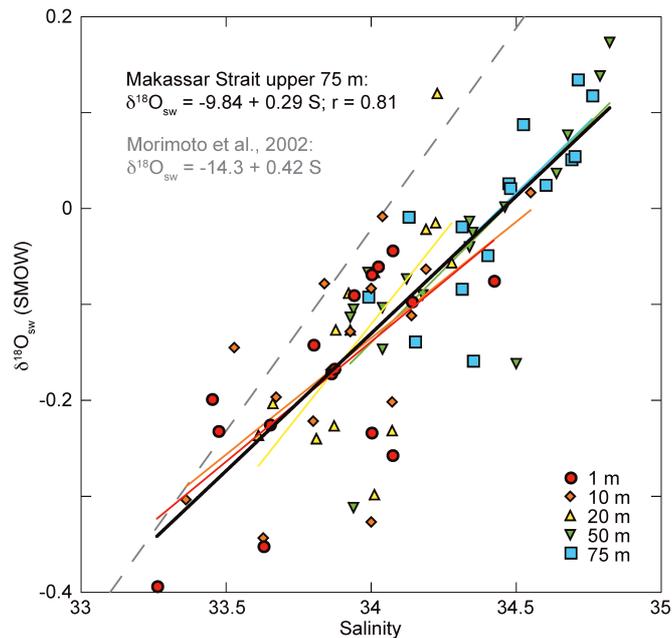


Abb.3: Relation Salinität zu $\delta^{18}\text{O}_w$ in den obersten 75m der Wassersäule der Makassar-Java Passage.

In Kombination mit den synchron aufgezeichneten SBE 911 plus CTD-Salzgehaltsdaten wurde eine regionale $\delta^{18}\text{O}_w$ -Salzgehalts-Beziehung für die Makassar-Java-Passage ermittelt und mit der von Morimoto et al. (2002) für den tropischen Westpazifik aufgestellten $\delta^{18}\text{O}_w$ -Salzgehalts-Beziehung, die in früheren Untersuchungen auch für die Makassarstraße herangezogen wurde, verglichen (Abb.3). Es ergaben sich dabei vor allem für höhere Salinitäten (oberhalb ~ 34 psu) deutliche Abweichungen, die in höheren rekonstruierten Salzgehalten vor allem bei $\delta^{18}\text{O}_w$ -Werten über ‰ resultieren und darauf schließen lassen, daß in bisherigen Rekonstruktionen die Variabilität der Paläosalinität eher unterschätzt wurde (eine Zunahme des $\delta^{18}\text{O}_w$ von 0.6 ‰ entspricht nach diesen Ergebnissen nicht einer Salinitätszunahme von etwa 1.5 psu, wie bisher angenommen, sondern von mehr als 2 psu, siehe Abb. 3).

Stabile Sauerstoffisotopenwerte der kalzitischen Gehäuse der oberflächennah lebenden planktonischen Foraminiferenart *Globigerinoides ruber* ($\delta^{18}\text{O}_{G. ruber}$) setzen sich aus einer Kombination des Temperatursignals und des $\delta^{18}\text{O}_w$ -Signals zusammen. Da Mg/Ca-Verhältnisse derselben *G. ruber*-Gehäuse zur Bestimmung der Temperaturen in der oberen Wassersäule herangezogen werden können (Anand et al., 2003) ermöglicht eine Kombination beider Proxies die Ermittlung der $\delta^{18}\text{O}_w$ -Werte. Da es regional zu Abweichungen von der Standard-Mg/Ca-Temperatur-Beziehung kommen kann (McConnell und Thunell, 2005;

Regenberg et al., 2009), überprüften wir auch diese Mg/Ca-Temperatur-Beziehung für die Makassar-Java Passage. Für diese lokale Kalibrierung wurden je 40 Gehäuse von *G. ruber* aus 28 Sedimentoberflächenproben der Sonne-217 Fahrt auf ihre $\delta^{18}\text{O}$ -Werte und Mg/Ca-Verhältnisse analysiert. Die resultierende Mg/Ca-Temperatur-Kalibrierkurve entspricht weitgehend der Beziehung von Anand et al. (2003), und dient als Grundlage für eine genauere Rekonstruktion der deglazialen Meeresoberflächentemperaturen in der Makassar-Java Passage.

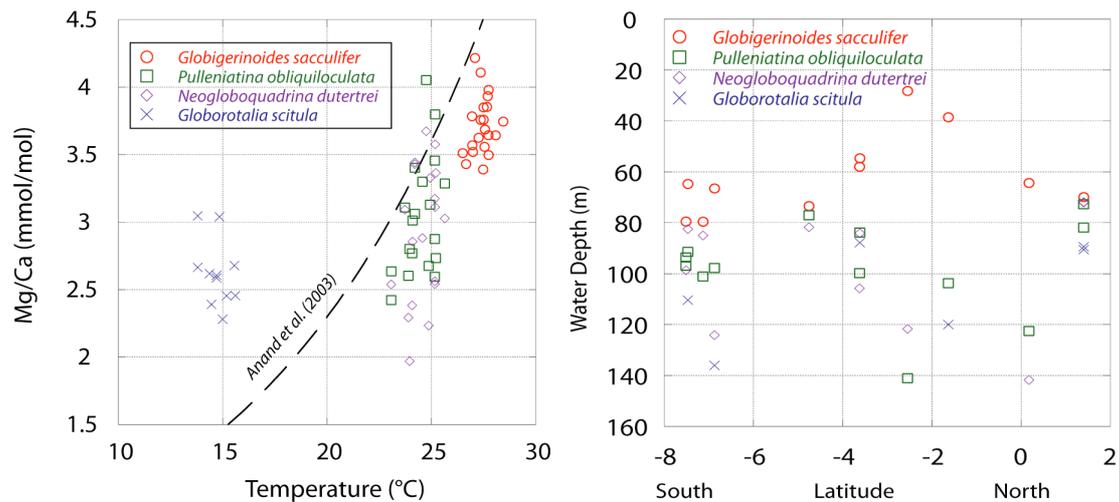


Abb.4: Erste Ergebnisse der Kalibrierungsstudie der Mg/Ca-Werte verschiedener Planktonforaminiferenarten gegen die am Ort der Probennahme gemessenen Wassertemperaturen in den generell für die jeweiligen Arten angenommenen Habitattiefen (linke Graphik). Zum Vergleich ist die generelle Mg/Ca-Temperaturbeziehung ($\text{Mg/Ca} = 0.38\exp(0.090T)$) nach Anand et al. (2003) aufgetragen. Die rechte Graphik zeigt korrigierte lokale Habitattiefen aus dem Vergleich der nach Anand et al. (2003) in Temperaturen umgerechneten gemessenen Mg/Ca-Werten und den jeweils zugeordneten CTD-Temperaturmessungen.

Eine regionale Kalibrierung des Mg/Ca-Verhältnisses weiterer, in größerer Wassertiefe lebender planktonischer Foraminiferenarten soll beitragen, den Einfluss art- und umweltspezifischer Effekte auf die Rekonstruktion von Paläotemperaturen besser zu verstehen. Wir kalibrierten für den Bereich der Makassarstraße-Javasee die Mg/Ca-Verhältnisse in fünf Arten planktonischer Foraminiferen – *Globigerinoides sacculifer*, *Pulleniatina obliquiloculata*, *Globigerina bulloides*, *Neogloboquadrina dutertrei* and *Globorotalia scitula*. Für die ersten vier Arten testeten wir dabei, wie robust existierende Kalibrierungen für die Anwendung in unserem Seegebiet sind; für *G. scitula*, die in einem mittleren Wassertiefenbereich unterhalb der oberflächennahen Mischungszone lebt, erstellten wir eine erste Kalibrierung. Mg/Ca-Ratios und $\delta^{18}\text{O}$ in Foraminiferengehäusen aus 29 der Sedimentoberflächenproben, die während der R/V Sonne Expedition 217 “MAJA” im Juli/August 2011 gewonnen wurden, wurden parallel analysiert. CTD-Temperatur- und Salinitätsmessungen der Sonne-217-Fahrt bilden dabei zusammen mit konventionellen $\delta^{18}\text{O}_{\text{Kalzit}}$ -Temperatur

und der neu etablierten $\delta^{18}\text{O}_w$ -Salinitäts Beziehungen die Basis für die Entwicklung verbesserter regionaler Mg/Ca-Temperatur-Transferfunktionen. Der vorliegende Probensatz stammt aus Wassertiefen zwischen 502 m und 2175 m, wobei das Schwergewicht auf flacheren Stationen unter 1200 m Wassertiefe liegt.

3. Paläoozeanographie der Makassarstraße vor Ost-Borneo und Monsun-gesteuerter Abfluss aus dem Mahakam Delta: Geochemische Proxies der Klimavariabilität während der letzten glazialen Termination

Die Intensität der tropischen Konvektion über Borneo und der damit verbundenen Niederschläge ist abhängig von der lokalen Insolation in Kombination mit Amplitude und Rhythmus der saisonalen Wanderung der intertropischen Konvergenzzone (ITCZ). Die Variabilität der Niederschläge über die letzte glaziale Termination wurde bereits anhand von Speleothem-Sauerstoffisotopendaten aus Nordost-Borneo rekonstruiert (Partin et al., 2009), wobei als herausragendes Ergebnis eine extreme Trockenheit über NE Borneo während des Heinrich-Stadials 1 (HS1) Periode vor 15-18 Tausend Jahren nachgewiesen wurde. Diese Trockenperiode, die mit einer extremen Kälteperiode in der Nordhemisphäre zusammenfiel, wurde mit einer Verschiebung der ITCZ nach Süden erklärt. Es ist jedoch immer noch ungeklärt, ob der Zentralteil von Borneo ebenfalls von dieser Trockenheit betroffen war und wie weit nach Süden sich diese Ergebnisse interpolieren lassen.

Wir rekonstruieren derzeit die lokalen hydrographischen Änderungen während der letzten glazialen Termination aus geochemischen Daten (XRF-Core-Scanning zur Analyse des terrigenen Eintrags und Salinitätsrekonstruktionen aus kombinierten Sauerstoffisotopen- und Mg/Ca Paläotemperaturdaten an der oberflächennah lebenden Foraminifere *Globigerinoides ruber*) des marinen Sedimentkerns SO217-18517-2. Dieser Kern wurde im Juli 2011 während der Sonne 217 Expedition in der Makassarstraße vor dem Mahakam Delta (Ost-Borneo) unmittelbar südlich des Äquators ($1^{\circ}32.199'S/117^{\circ}33.756'E$) gewonnen. Da das Einzugsgebiet des Mahakam-Flusses fast den gesamten Zentralteil Borneos umfasst, sollten diese Daten weitgehend repräsentativ für den äquatornahen Bereich der Insel sein.

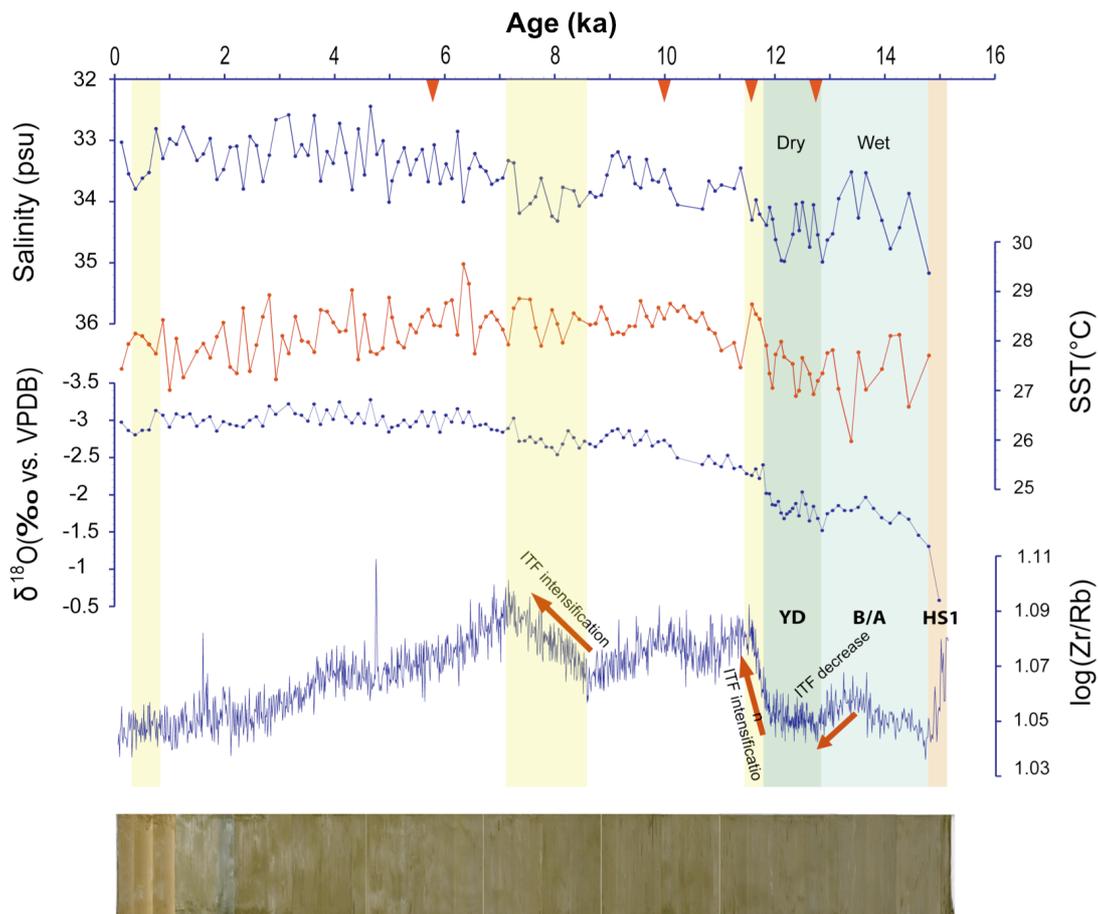


Abb. 5. Kolbenlot-Kern SO217-18517-2. Salinitätsrekonstruktion basierend auf Eisvolumen-korrigierten Meerwasser-Sauerstoffisotopenwerten (Eisvolumenabschätzungen folgen Sarnthein et al., 2011) und XRF-Scanner-basierte Log(Zr/Rb)-Werte als Indikatoren für die Intensität von Bodenströmungen durch den indonesischen Durchstrom im Bereich der unteren Thermokline. AMS 14C Datierungen als Basis des Altersmodells sind durch rote Dreiecke gekennzeichnet. YD= Jüngere Dryas, B/A = Bølling-Allerød, HS1 = Heinrich-Stadial 1.

Erste Ergebnisse (Abb. 5) deuten auf verringerte Niederschlagsmengen während HS1 auch im äquatorialen Bereich Zentral-Borneos hin. Nach einer kurzen Erhöhung des Süßwassereinflusses während des Bølling-Allerød blieben auch die rekonstruierten Salinitäten während der jüngeren Dryas relativ hoch. Eine deutliche Zunahme der Zr/Rb-Ratio in den XRF-Scanner-Daten am Ende der jüngeren Dryas führen wir auf zunehmenden Einfluss des indonesischen Durchstroms auf die Sedimentverteilung am Meeresboden während dieser Periode zurück.

4. Paläoozeanographie der Makassarstraße und Monsun-gesteuerter Abfluß von Sulawesi: Geochemische Proxies der Klimavariabilität während des letzten Glazialzyklus

Der Kern SO217-18515-3, mit einer Gesamtlänge von 12,18 m, wurde vor einem Deltabereich etwa 5 Seemeilen westlich von Sulawesi ($3^{\circ}37.791' S/119^{\circ}21.601' E$) in einer Wassertiefe von 688 m gewonnen. Bereits die ersten Spektrophotometrie- und magnetischen Suszeptibilitätsmessungen an Bord der Sonne ergaben Hinweise auf einen deutlichen Sedimentationswechsel zwischen 4 m und 6 m Kerntiefe. Der Kern ist dabei im unteren Bereich deutlich dunkler, karbonatärmer und reicher an organischem Material. Durch AMS Datierungen an eineschwemmten Holz-Fragmenten konnte nachgewiesen werden, dass der deutlichste Übergang in etwa 4,5 m Teufe vor etwa 10 000 Jahren stattfand. Darunter konnten durch Mg/Ca-Paläothermometrie und $\delta^{18}O$ -Messungen an der planktonischen Foraminifere *Globigerinoides ruber* Kaltphasen der jüngeren Dryas zwischen 11 000-12 000 Jahren und des letzten glazialen Maximums (LGM) zwischen 19 000 und 21 000 Jahren nachgewiesen werden (Abb.6). Benthische Foraminiferen-Gemeinschaften und die Komponentenzusammensetzung der Sedimentfraktion $> 63 \mu m$ weisen ebenfalls auf starke Veränderungen sowohl der marinen Produktivität als auch des terrigenen Eintrags nach der jüngeren Dryas hin. Salinitätsveränderungen wurden aus kombinierten Mg/Ca-Temperaturen und $\delta^{18}O$ Messungen rekonstruiert, wobei Korrekturen für den Isotopen-Effekt des globalen Eisvolumens entsprechend dem Ansatz von Sarnthein et al. (2011) vorgenommen wurden und die Salinitäts- $\delta^{18}O_w$ Beziehung für den tropischen Westpazifik von Morimoto et al. (2002) eingesetzt wurde (basierend auf der revidierten lokalen Beziehung fallen die rekonstruierten Salinitätsänderungen noch deutlicher aus). Auffällige rasche Veränderungen in der Salinität fanden dabei vor allem zu Beginn des marinen Isotopenstadiums (MIS) 2 vor etwa 26 000 Jahren und um 10 000 Jahre vor heute statt. Die letztere deutliche Salinitätsabnahme dürfte im Zusammenhang mit der Öffnung der marinen Verbindung zum südchinesischen Meer (Karimata-Straße) stehen, die vor etwa 9500 Jahren abgeschlossen war und den Zustrom niedrig-salinarer Wassermassen in die Javasee ermöglichte.

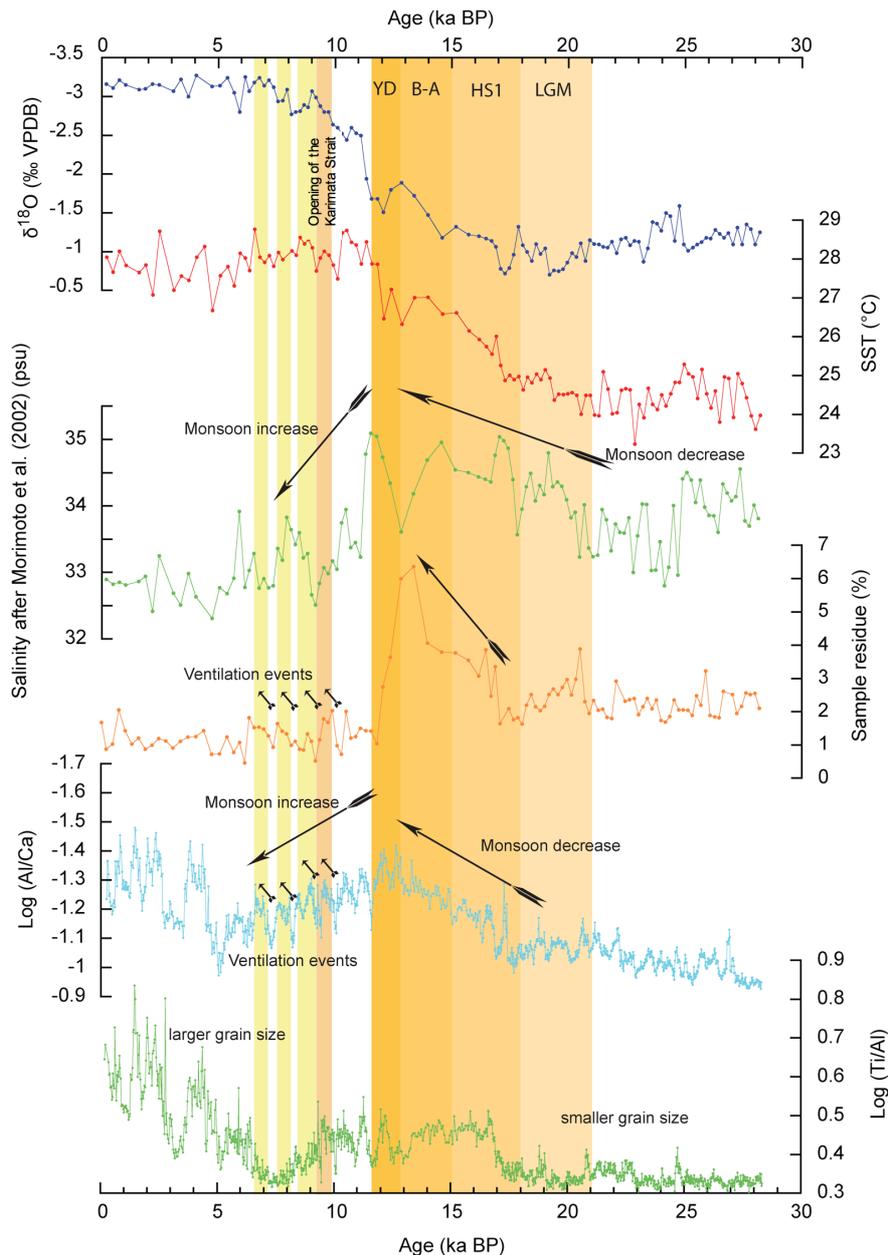


Abb. 6. Sauerstoffisotopenmessungen an *Globigerinoides ruber*, aus Mg/Ca-Messungen abgeschätzte Meeresoberflächentemperaturen, Karbonat-Erhaltung, Paläosalinität und terrigener Eintrag ($\text{Log}(\text{Ti}/\text{Ca})$ und $\text{Log}(\text{Ti}/\text{Al})$) in Kolbenlot SO-217-18515-3 vor Sulawesi. Die AMS-Datierungen stammen aus eingeschwemmten Holzfragmenten und sind deshalb Reservoiralter-unabhängig. YD = „Antarctic Cold Reversal“/Jüngere Dryas, B/A = Bølling-Allerød, HS1 = Heinrich Stadial 1, LGM = Letztes Glaziales Maximum.

XRF-Scanner-Messungen des Eintrags terrigener Elemente zeigen ebenfalls ein auffälliges Minimum des Flußeintrags von Sulawesi während der jüngeren Dryas, das mit den höchsten Salinitäten im Bereich des Kerns 18515-3 korreliert. Dagegen ist der Eintrag im frühen MIS 2 deutlich höher, was in Kombination mit den niedrigen Salinitäten für doch noch erhebliche Niederschlagsmengen in Sulawesi während des letzten Glazials spricht.

5. Variabilität des indonesischer Durchstrom in der Makassarstraße seit dem letzten glazialen Maximum (LGM)

Wir rekonstruierten Änderungen der klimatischen Bedingungen sowie der Intensität des Indonesischen Durchstroms (ITF) in der Makassar-Straße anhand des Kolbenlotkerns SO217-18526-3. Der Sedimentkern hat eine Länge von 13 Metern und wurde in der Mitte der Makassar-Straße (3°36,875' S /118° 10,013' E) aus einer Wassertiefe von 1524 Metern entnommen und auf mehrere Proxy-Indikatoren für Sedimenteintrag, Oberflächenhydrographie und Bodenströmungsintensität untersucht.

Sauerstoffisotopen-Messungen an der oberflächennah lebenden *Globigerinoides ruber* zeigen eine Abnahme der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von -1.5‰ im letzten Glazial zu -3‰ im Holozän (Abb. 7). Während der Termination ist ein deutliches Plateau erkennbar, das dem „Antarctic Cold Reversal“ der Südhemisphäre bzw. der Jüngerer Dryas entspricht. Das Altersmodell beruht auf AMS¹⁴C Datierungen an Foraminiferenschalen mit einer marinen Reservoirkorrektur von 400 Jahren. Ebenfalls an *G. ruber* durchgeführte Mg/Ca-Messungen zur Oberflächenwassertemperatur korrelieren mit den $\delta^{18}\text{O}$ Messungen und zeigen einen Temperaturanstieg vom letzten Glazial zum Holozän um etwa 4°C. Vor Ort gemessene Wassertemperaturen stimmen mit den durch Mg/Ca-Thermometrie bestimmten Temperaturen für das späte Holozän überein. Eine Halbierung der Sedimentationsrate im letzten Glazial gegenüber heute weist entweder auf eine Änderung der Intensität des ITF hin oder reflektiert durch veränderte klimatische Bedingungen beeinflusste Verwitterungs- und Eintragsprozesse von Land. Aus Korngrößenbestimmungen mittels Lasergranulometrie läßt sich durch Anwendung des „Sortable Silt Mean“-Proxys eine abrupte Zunahme der Bodenströmungsintensität vor ungefähr 7000 Jahren (Abb.7) ableiten. Messungen mittels der Röntgenfluoreszenzspektroskopie (XRF)-Scanners zeigen in diesem Bereich eine Korrelation der Elementverteilungen von Elementen mit hoher Dichte mit den „Sortable Silt Mean“-Daten, die ebenfalls auf eine Veränderung im terrigenen Sedimenteintrag hinweist (Abb.7). Relativ hohe „Sortable Silt Mean“-Werte während des letzten Glazials könnten teilweise auf einem verstärkten Eintrag grobkörnigeren Materials während des Meeresspiegeltiefstandes beruhen.

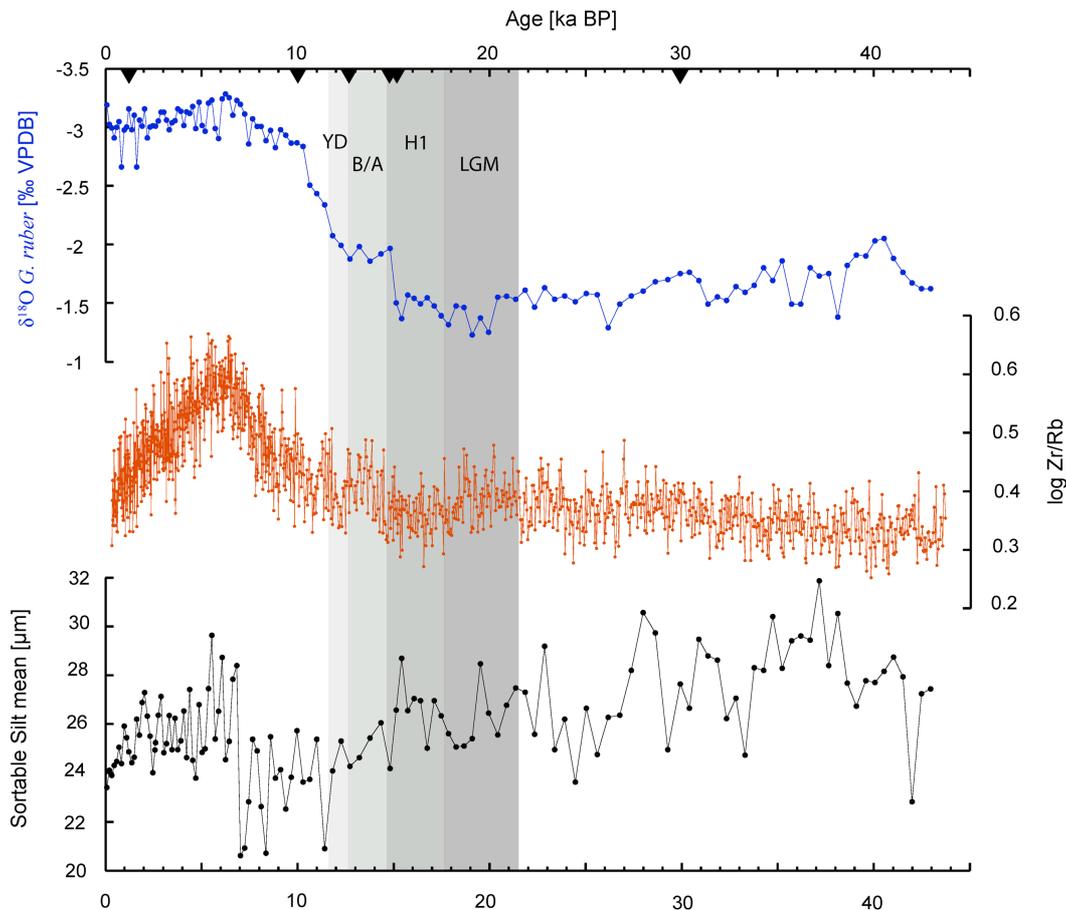


Abb.7. Variabilität der Strömungsintensität der tiefen Bodenströmung des ITF in Kolbenlot-Kern 18526-3. $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve von *G. ruber* (in ‰ vs. VPDB) als stratigraphische Referenz (das Altersmodell basiert auf AMS-Datierungen), "Sortable Silt Mean" dient als Indikator für die Intensität von Bodenströmungen, das Verhältnis Zirkon-Rubidium aus XRF-Scanner-Messungen als Korngrößen-Proxy. YD = „Antarctic Cold Reversal“/Jüngere Dryas, B/A = Bølling-Allerød, H1 = Heinrich Stadial 1, LGM = Letztes Glaziales Maximum. Auffallend ist die deutliche Zunahme der Bodenströmungsintensität und der Korngröße des transportierten Materials zwischen 8000 und 7000 Jahren vor heute.

6. Rekonstruktion der Änderungen in der Meeresoberflächensalinität in der Makassarstraße seit dem letzten glazialen Maximum (LGM)

In drei Kolbenlotkernen aus dem Zentralbereich der Makassarstraße südlich und nördlich des Labani-Channels konnte die Meeresoberflächen-Salinität basierend auf Mg/Ca-Verhältnissen und $\delta^{18}\text{O}$ in *G. ruber* rekonstruiert werden. Ziel dieser Untersuchungen war es, die Hypothese einer massiven Süßwasser-Injektion aus dem südchinesischen Meer nach der Öffnung der Karimata-Straße im Zuge des postglazialen Meeresspiegelanstiegs vor etwa 9500 Jahren zu testen. Das zunächst überraschende Ergebnis dieser Untersuchungen war, daß (1) eine deutliche Verringerung der Salinitäten bereits vor etwa 12000 Jahren am Ende der jüngeren Dryas stattfand und (2) diese deutliche Abnahme nicht nur im südlichen Teil der

Makassarstraße (südlich des Labani Channels), der hauptsächlich von dem Karimata-Durchstrom beeinflusst wurde, stattfand, sondern auch in dem nördlich des Labani-Channels gelegenen Kern 18517 zu beobachten war (Abb. 8).

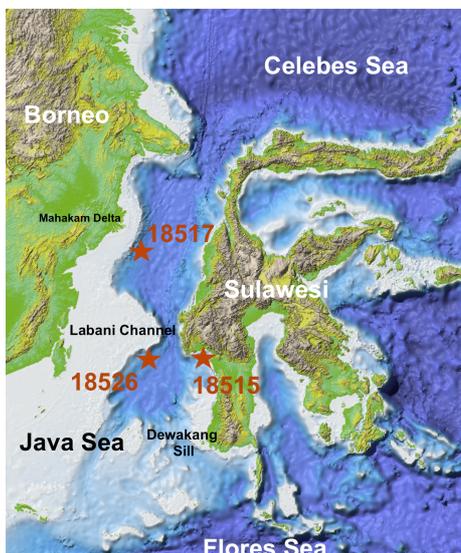
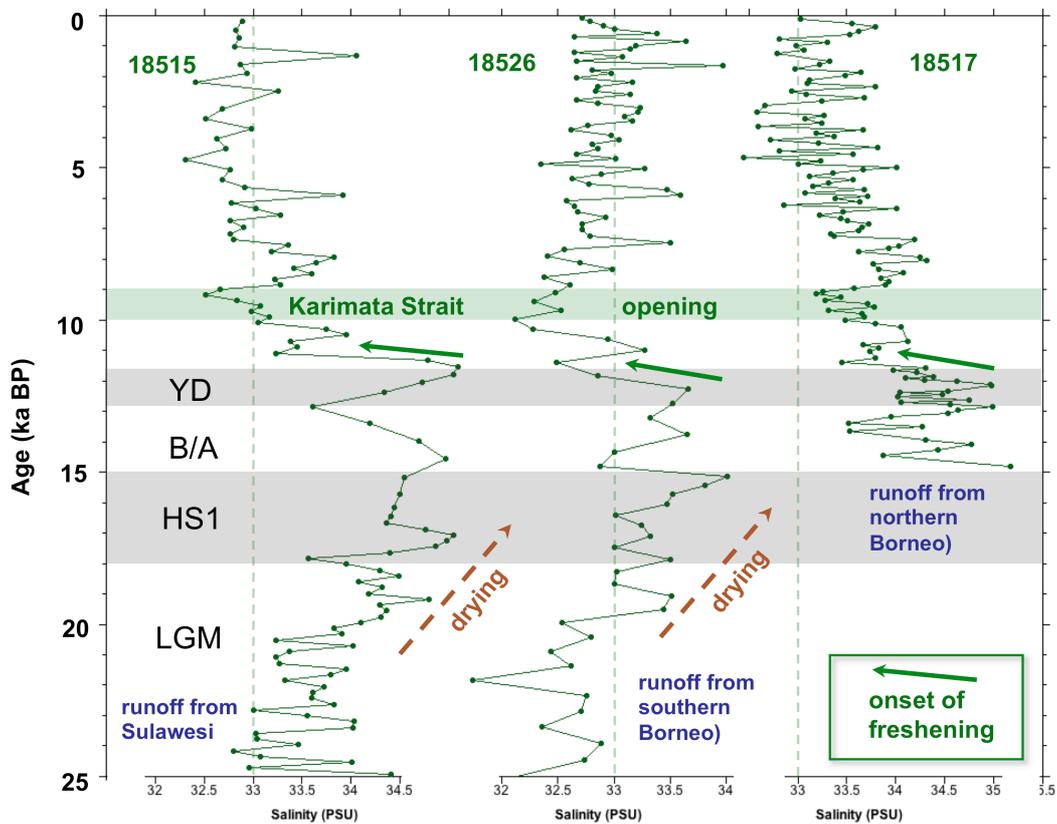


Abb.8. Rekonstruktion der Änderungen in der Meeresoberflächensalinität der während der letzten glazialen Termination. Bemerkenswert ist der sehr ähnliche Verlauf der Salinitätskurven nördlich und südliche des Labani-Channels und die deutliche Salinitätsabnahme in allen Kernen am Ende der jüngeren Dryas bereits vor der Öffnung der Karimata-Straße. Eine Korrektur des Eisvolumens wurde basierend auf der Sundaschelf-Meeresspiegelkurve entsprechend dem Ansatz von Sarthein et al (2011) vorgenommen. YD = „Antarctic Cold Reversal“/Jüngere Dryas, B/A = Bølling-Allerød, HS1 = Heinrich Stadial 1, LGM = Letztes Glaziales Maximum.

Eine Erklärung für dieses Phänomen ergab sich aus neuen ozeanographischen Daten, die im Zuge des INSTANT-Projekts während der Laufzeit unserer

Untersuchungen veröffentlicht wurden (Gordon et al., 2012). Nach diesen neuen Ergebnissen, die auf Zirkulationsmodellen und den Daten langjähriger Verankerungen im Labani-Channel basieren, läßt sich eine starke Abhängigkeit der Ausdehnung und Intensität der aus dem südchinesischen Meer stammenden "Süßwasserlinse" nicht nur vom Transport durch die Karimata-Straße sondern auch von dem Transport über die Sulu-See durch die Sibutu-Straße ableiten. Damit ergibt sich ein direkter Zusammenhang der Intensität der Süßwasserlinse mit dem pazifischen Oberflächen-Einstrom in das südchinesische Meer durch die Luzon-Straße, der weniger durch die Meeresspiegellage als durch die Intensität der Thermohalinen Zirkulation und ENSO beeinflusst wird.

2. Einsatz der zur Verfügung gestellten Mittel (wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises)

Mittel für die Ausfahrt:

Es konnten mit der zur Verfügung stehenden Schiffszeit trotz der anfänglichen Verzögerung um mehr als zwei Tage durch das verspätete Eintreffen des indonesischen Sicherheitsoffiziers insgesamt 19 CTD-Stationen, 29 Multicorer-Einsätze und 23 Kolbenlote mit einem durchschnittlichen Kerngewinn von Kerngewinn von über 15 m und maximalen Kernlängen bis 26 m gefahren angearbeitet werden. Die in der Fahrtplanung angesetzten Ziele wurden damit trotz der Verkürzung der Fahrt voll erreicht und die dementsprechend kalkulierten Verbrauchsmittel (vor allem für das Kolbenlot der Fa. Kawohl und die Multicorer-einsätze) wurden voll ausgeschöpft.

Laboranalysen:

Mittel für die Auswertung standen zur Verfügung für kontinuierliche hochauflösende XRF-Scanner-Elementaranalysen der wichtigsten Kerne, stabile Isotopen an benthischen und planktonischen Foraminiferen, Mg/Ca-Analytik und AMS ¹⁴C Analysen als Aufträge an Dritte. Diese Mittel wurden komplett ausgeschöpft und konnten in der Endphase des Projekts durch zusätzlich eingeworbene Mittel im Rahmen eines DFG-Projekts und aus Mitteln eines EU-Network-Projekts (THROUGHFLOW) ergänzt werden. Dadurch konnte eine lückenlose stratigraphische Analyse von fünf langen Kolbenlotkernen an Schlüsselpositionen

der Makassarstraße schon in der ersten Auswertephase des Projekts sichergestellt werden.

Personal:

Das im Rahmen des Projektes bewilligte Personal wurde für die Erarbeitung eines einheitlichen stratigraphischen Gerüsts aller Kerne und die wissenschaftliche Koordination der Auswertung (Dr. Ann Holbourn) und die Analyse des Kolbenlotkerns Bereich des Mahakam-Delta (Marfasran Hendrizan) eingesetzt.

Nur durch den Einsatz dieser Vollzeitstellen war es in der Auswertungsphase möglich, zusätzlich zur Auswertung der Wasser- und Oberflächenproben bereits fünf lange Kolbenlotkerne in mittlerer bis hoher Auflösung mit den wichtigsten stratigraphischen und Paläoklima-Proxy-Analysen abzudecken.

Zusätzliches Personal auf Landesstellen (Mikschl, Regenberg) und im Rahmen von Qualifikationsarbeiten (insgesamt 4 MSc und BSc-Arbeiten) führte analytische Arbeiten durch und stellte deren Ergebnisse zusammen.

3. Durchgeführte Arbeiten (Notwendigkeit und Angemessenheit)

Es wurden in der 1. Auswertephase (18 Monate, vom Eintreffen der Kerne im November 2011 bis zum Projektende am 30. April 2013) alle Wasserproben ($\delta^{18}\text{O}_{\text{Meerwasser}}$) und Oberflächenproben (Mg/Ca und $\delta^{18}\text{O}$ mehrerer Foraminiferenarten) analysiert und ausgewertet. An insgesamt 13 ausgewählten Kolbenlotkernen wurden in den oberen Kernabschnitten AMS¹⁴C Analysen zur Ermittlung der holozänen Sedimentationraten durchgeführt. Fünf auf dieser Basis ausgewählte Kerne (18515, 18517, 18522, 18526, 18540) wurden danach komplett mit weiteren AMS-¹⁴C Datierungen (6-10 Datierungen pro Kern) und Sauerstoffisotopen-Daten (benthisch und planktonisch) in mindestens 10 cm Auflösung analysiert (insgesamt etwa 1200 Analysen). An allen diesen Kernen wurden zusätzlich hochauflösende (1cm) XRF-Scanner-basierte Elementaranalysen durchgeführt, dazu an ausgewählten Kernen Korngrößenanalysen ("sortable silt"), UK37-Temperaturrekonstruktionen und mikropaläontologische Analysen benthischer Foraminiferen.

4. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Drei weiterführende Projekte (zweite Auswertephase) ergaben sich aus den im Rahmen des Projekts gewonnenen Klimaarchiven und deren erster Auswertung :

1. Im Rahmen des 2013 neu bewilligten DFG-Projekt KU649/32-1 "Auswirkungen der postglazialen Erwärmung auf tropische Konvektion und Niederschlagsmuster im Indonesischen Archipel" werden die Niederschlagsentwicklung und damit die Intensität der tropischen Konvektion anhand des Flußeintrags von Borneo und Sulawesi in die Makassarstraße untersucht. Im Rahmen dieser Untersuchungen werden neben drei der bereits im Rahmen de Sonne-217 Projektes stratigraphisch bearbeiteten Kernen, die nun in höchster Auflösung analysiert werden, ein zweiter Kern vor dem Mahakam-Delta (SO217-18519) hochauflösend analysiert.
2. In einem IODP Bohrvorschlag 799-Full2 "West Pacific Warm Pool" unter Federführung von Prof. Yair Rosenthal (Rutgers University) soll die langfristige Variabilität des westpazifischen Warmwasser-Pools untersucht werden. Vorgesehen ist hier auch die Möglichkeit einer zukünftigen APL-Bohrung am Nordende der Makassarstraße im Bereich des Sonne-217 Kerns 18522 der damit einen wichtigen Baustein in der Planung dieser Bohrung darstellt.
3. Die Sonne-217 Ergebnisse stellen wichtige Vergleichsdaten für das ICDP Projekt "Lake Towuti Drilling Project" auf Sulawesi unter Federführung von Prof. James Russell (Brown University) zur Verfügung. Kern SO217-18515 stellt hier eine wichtige Komponente in der stratigraphischen Korrelation der Landklimadaten aus den Lake Towuti Bohrungen zum marinen Rekord dar, dazu werden derzeit im Rahmen beider Projekte Deuterium-Isotopendaten an "leaf wax"-Biomarkern aus Kern SO217-18515 erhoben.

5. Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während der Laufzeit des Projekts haben sich vor allem drei wichtige Fortschritte ergeben, die die weiteren Auswertearbeiten und Interpretationen unserer Daten beeinflussen werden:

1. Deuterium-Isotopie an Pflanzenwachs-Alkanen spielt eine zunehmend bedeutende Rolle für die Rekonstruktion von Niederschlagsmengen im tropischen Indonesien (Tierney et al., 2012). Diese analytische Technik wird unter anderem bei Voruntersuchungen und der Implementierung des Lake Towuti ICDP-Projekts

(Russell and Bijaksana, 2012) eingesetzt, und soll deshalb auch in Kooperation mit den amerikanischen Partnern in der zweiten Phase der Analyse der Sonne-217 Sedimentkerne mit kontinentalem Eintrag von Borneo und Sulawesi als zusätzliches Proxy zur Abschätzung der lokalen Niederschlagsmengen herangezogen werden.

2. Die im Laufe der Untersuchungen erschienen Ergebnisse der regionalen internationalen ozeanographischen Projekte INSTANT and MITF (Makassar ITF) (u.a. Gordon et al., 2012) modifizieren zum Teil signifikant unsere Vorstellungen von der Bedeutung des Süßwasser-Exports aus dem südchinesischen Meer in den Bereich des indonesischen Durchstroms. So wird nach diesen neuesten Beobachtungen und Modellierungsergebnissen eine bedeutende Süßwasserbarriere bereits vor dem Einstrom des ITF in die Makassarstraße aus Wassermassen, die vom südchinesischen Meere über die Sulu See und die Sibutu-Passage in die Celebes-See einströmen, aufgebaut. Diese Barriere wäre, anders als der Einstrom durch die Karimata-Passage, weitgehend unabhängig vom postglazialen Meeresspiegelanstieg und könnte bereits während des letzten Glazials und der frühen glazialen Termination eine wichtige Rolle für die vertikale Struktur des ITF gespielt haben.

3. Eine neue Zusammenstellung von Temperaturrekonstruktionen aus Thermoklinen- und Zwischenwassermassen im Bereich des Indonesischen Durchstroms für das Holozän (Rosenthal et al., 2013) eröffnet neben neuen für die weitere Auswertung unserer Kernarchive relevanten methodischen Ansätzen (präzise Mg/Ca Kalibrierung für eine in der Region relative häufig auftretende benthische Foraminiferenart) völlig neue Wege der Interpretation lokaler Temperaturänderungen in der Thermokline im Rahmen der langfristigen Wärmespeicherungskapazität des globalen Ozeans.

6. Geplante Veröffentlichungen

Derzeit sind für den Abschluß der Arbeiten der ersten Auswertungsphase die folgenden Publikationen geplant:

Regenberg, M, Kuhnt, W., Andersen, N.: Kalibrierung der $\delta^{18}\text{O}_{\text{Meerwasser}}$ – Salinitätsrelation für die Makassar-Straße und Java/Flores-See

Lo Giudice Capelli, E., Holbourn, A., Kuhnt, W., Regenberg, M.: Kalibrierung der Mg/Ca Temperatur an aragonitschaligen benthischen Foraminiferen in der Makassar- und Timorstraße und deren Anwendung zur Rekonstruktion der Temperaturvariabilität in der unteren Thermokline über den letzten Glazialzyklus.

- Fraser, N., Regenberg, M.: Multispezies-Mg/Ca-Temperaturkalibrierung oberflächennah und in der Thermokline lebender planktonischer Foraminiferen im Bereich der Makassar-Straße.
- Hendrizon, M., Holbourn, A., Kuhnt, W., Blanz, M.: Variabilität des indonesischen Durchstroms und Sedimenteintrag von Borneo in die Makassarstraße vor dem Mahakam-Delta
- Schröder, J.F., Holbourn, Kuhnt, W., Küssner, K.: Klimavariabilität und Schwankungen des Sedimenteintrags von Sulawesi während des letzten Glazialzyklus
- Holbourn, A., Beil, S., Jöhnk, J., Kuhnt, W., Romero, O.: Variabilität der monsunale gesteuerten Auftriebsintensität in der Flores-See.

Abgeschlossene Qualifikationsarbeiten:

- Jöhnk, J., 2013. Proxies des Klimawandels in der Floressee während der letzten glazialen Termination. Bachelor-Arbeit im BSc Geowissenschaften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 55 S.
- Küssner, K., 2013 Monitoring Monsoon variability in the Makassar Strait. Masterarbeit im MSc Geowissenschaften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 43 S.
- Schröder, J.F., 2013. Indonesian Throughflow variability through the Makassar Strait over the last glacial cycle. Masterarbeit BSc Geowissenschaften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 46 S.

Zitierte Literatur:

- Anand, P., Elderfield, H., and Conte, M.H., 2003. Calibration of Mg/Ca thermometry in planktonic foraminifera from sediment trap time series. *Paleoceanography*, v. 18.
- DiNezio, P.N., Clement, A., Vecchi, G.A., Soden, B. Broccoli, A.J., Otto-Bliesner, B.L. and Braconnot, P., 2011. The response of the Walker circulation to Last Glacial Maximum forcing: Implications for detection in proxies. *Paleoceanography* 26, PA3217, doi:10.1029/2010PA002083.
- Gordon, A. L., Susanto, R.D., and Vranes, K., 2003. Cool Indonesian throughflow as a consequence of restricted surface layer flow. *Nature*, v. 425, p. 824-828.
- Gordon, A.L., Huber, B.A., Metzger, E.J., Susanto, R.D., Hurlburt, H.E., and Adi, T.R., 2012. South China Sea throughflow impact on the Indonesian throughflow. *Geophysical Research Letters*, 39, L11602, doi:10.1029/2012GL052021, 2012.
- Holbourn, A., Kuhnt, W. and Xu, J., 2011. Indonesian Throughflow variability during the last 140 kyr: The Timor Sea outflow. *The SE Asian gateway: history and tectonics of Australia-Asia collision*, Geological Society of London Special Publication, 355, 283-303, doi:10.1144/SP355.14.

- Kuhnt et al., 2011. Cruise Report Sonne-217. Available from <http://www.gpi.uni-kiel.de/~wk/SO-217MAJA/SO-217%20Cruise%20Report%20small.pdf> and <http://www.gpi.uni-kiel.de/~wk/SO-217MAJA/SO-217%20Cruise%20Report%20Stations%20small.pdf>
- LeGrande, A.N., und Schmidt, G., 2006. Global gridded data set of the oxygen isotopic composition in seawater. *Geophysical Research Letters*, v. 33.
- McConnell, M.C., and Thunell, R.C., 2005. Calibration of the planktonic foraminiferal Mg/Ca paleothermometer: Sediment trap results from the Guaymas Basin, Gulf of California. *Paleoceanography*, v. 20.
- Mohtadi, M., Oppo, D.W., Steinke, S., Stuetz, J.-B., W., De Pol-Holz, R., Hebbeln, D., and Lückge, A., 2011. Glacial to Holocene swings of the Australian-Indonesian monsoon. *Nature Geoscience* 4, 540-544, doi:10.1038/NGEO1209.
- Morimoto, M., Abe, O., Kayanne, H., Kurita, N., Matsumoto, E., and Yoshida, N., 2002. Salinity records for the 1997–98 El Niño from Western Pacific corals, *Geophys. Res. Lett.*, 29(11), 1540, doi:10.1029/2001GL013521.
- Partin, J.W., Cobb, K.M., Adkins, J.F., Clark, B., Fernandez, D., 2007. Millennial-scale trends in west Pacific warm pool hydrology since the Last Glacial Maximum. *Nature* 449, 452-456, doi:10.1038/nature06164.
- Regenberg, M., Steph, S., Nürnberg, D., Tiedemann, R., and Garbe-Schönberg, D., 2009. Calibrating Mg/Ca ratios of multiple planktonic foraminiferal species with $\delta^{18}\text{O}$ -calcification temperatures: Paleothermometry for the upper water column. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 278, p. 324-336.
- Rosenthal, Y., Linsley, B.K., Oppo, D.W., 2013. Pacific Ocean Heat Content During the Past 10,000 Years. *Science* 342, 617-621.
- Russel, J. and Bijaksana, S., 2012. The Towuti Drilling Project: Paleoenvironments, Biological Evolution, and Geomicrobiology of a Tropical Pacific Lake. *Scientific Drilling*, 14, 68-71.
- Sadekov, A.Y., S. M. Eggins, P. de Deckker, U. Ninnemann, W. Kuhnt, and F. Bassinot, 2009. Surface and subsurface seawater temperature reconstruction using Mg/Ca microanalysis of planktonic foraminifera *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides sacculifer*, and *Pulleniatina obliquiloculata*. *Paleoceanography*, 24, PA3201, doi:10.1029/2008PA001664.
- Sarnthein, M., Grootes, P.M., Holbourn, A., Kuhnt, W., and Kühn, H., 2011. Tropical warming in the Timor Sea led deglacial Antarctic warming and atmospheric CO₂ rise by more than 500 yr. *Earth and Planetary Science Letters*, 302(3-4), 337-348, doi:10.1016/j.epsl.2010.12.021.
- Tierney, J. E., D. W. Oppo, A. N. LeGrande, Y. Huang, Y. Rosenthal, and B. K. Linsley, 2012. The influence of Indian Ocean atmospheric circulation on Warm Pool hydroclimate during the Holocene epoch, *J. Geophys. Res.*, 117, D19108, doi:10.1029/2012JD018060.
- Wang, B., Clemens, S.C. and Liu, P., 2003. Contrasting the Indian and east Asian monsoons: Implications on geologic timescales, *Marine Geology*, 201, 5-21, doi:10.1016/S0025-3227(03)00196-8.
- Xu, J., A. Holbourn, W. Kuhnt, Z. Jian, and H. Kawamura, 2008. Changes in the thermocline structure of the Indonesian outflow during Terminations I and II. *Earth and Planetary Science Letters*, 273(1-2), 152-162, doi:10.1016/j.epsl.2008.06.029.
- Xu, J., W. Kuhnt, A. Holbourn, M. Regenberg, and N. Andersen, 2010. Indo-Pacific Warm Pool variability during the Holocene and Last Glacial Maximum. *Paleoceanography*, 25, PA4230, doi:10.1029/2010PA001934.