

## Abschlussbericht

### **CAFINDO: Klimatische vs. anthropogene Steuerung Spät-Holozäner Umweltveränderungen mit Auswirkungen auf indonesische Meeres-, Küsten- und Festland-Ökosysteme**

**CAFINDO - Climate versus anthropogenic forcing of Late Holocene environmental change affecting Indonesian marine, coastal, and terrestrial ecosystems**

im Rahmen des F & E-Verbundprojektes

**SPICE III - Wissenschaft zum Schutz der Küstenökosysteme Indonesiens**  
Topic 5: Meeresgeologie und Geochemie

**SPICE III - Science for the Protection of Indonesian Coastal Ecosystems**  
Topic 5: Marine Geology and Geochemistry

**Dauer / Duration: 1.3.2012 – 31.1.2016**

**FKZ: 03F0645A, B, C**

### Antragsteller / Proponenten

#### Deutsche Partner / German partners:

Prof. Dr. Dierk Hebbeln  
(project coordinator)  
Dr. Mahyar Mohtadi  
MARUM - Zentrum für Marine  
Umweltwissenschaften  
Univ. Bremen, Leobener Str., 28359 Bremen,  
Germany  
dhebbeln@marum.de

PD Dr. Tim Jennerjahn  
Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT)  
Fahrenheitstr. 6, 28359 Bremen,  
Germany

Prof. Dr. Hermann Behling  
Department of Palynology and Climate Dynamics  
Universität Göttingen,  
Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen  
Germany

#### Indonesische Partner / Indonesian partners:

Dr. Haryadi Permana  
(project coordinator)  
Earth Dynamics and Geological Disaster Division  
Research Center for Geotechnology  
Indonesia Institute of Sciences (LIPI)  
Jl. Sangkuriang, Bandung – 40135, Indonesia  
permana@geotek.lipi.go.id

Dr. Susilohadi Susilohadi  
Marine Geological Institute (MGI)  
Jl. Dr. Junjunan 236, Bandung – 40174  
Indonesia

**Inhaltsverzeichnis / List of Contents**

1. Übersicht Projektverbund .....	3
1.1. Aufgabenstellung CAFINDO .....	3
1.1.1. Einleitung und Zielsetzung Teilprojekt 1 .....	3
1.1.2. Einleitung und Zielsetzung Teilprojekt 2 .....	4
1.1.3. Einleitung und Zielsetzung Teilprojekt 3 .....	5
1.1.4. Einleitung und Zielsetzung Teilprojekt 4 .....	5
1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	6
1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens .....	6
1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand bei Projektbeginn .....	7
1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	7
2. Eingehende Darstellung der Projektergebnisse .....	8
2.1. Teilprojekt 1: Die Klimageschichte in der Java See-Region während des Spät-Holozäns in Beziehung zu menschlichen Aktivitäten auf Java und Kalimantan ....	8
2.1.1. Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse .....	9
2.1.2. Publikationen .....	15
2.1.3. Tagungsbeiträge .....	16
2.2. Teilprojekt 2: Spätholozäne Gradienten des Kohlenstoff- und Nährstoffeintrags in die Java-See in Abhängigkeit von menschlichen Aktivitäten in Flusseinzugsgebieten entlang des Transektes Java – Kalimantan .....	18
2.2.1. Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse .....	19
2.2.2. Publikationen .....	27
2.2.3. Tagungsbeiträge .....	27
2.3. Teilprojekt 3: Spätholozäne Vegetations-, Klima- und Feuersdynamik sowie menschlicher Einfluss in Java und im Kalimantan basierend auf Pollen-, Sporen- und Holzkohleablagerungen in der Javasee .....	28
2.3.1. Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse .....	29
2.3.2. Publikationen .....	34
2.2.3. Tagungsbeiträge .....	34
2.4. Teilprojekt 4: “Capacity building” und Verbreitung der Wissenschaftlichen Ergebnisse .....	36
2.4.1. Zusammenfassung der Aktivitäten im Rahmen des <i>Capacity Building</i> .....	37
3. Referenzen .....	41
4. Anhänge .....	

## **1. Übersicht Projektverbund**

### **1.1. Übergeordnete Zielsetzung des Projekts CAFINDO**

Detaillierte und räumlich differenzierte Analysen von Umweltveränderungen in historischer Zeit sind essentiell, um Unsicherheiten bei der Prognose zukünftiger regionaler Entwicklungen zu reduzieren. Auf diesen Zeitskalen haben menschliche Aktivitäten einen zunehmenden Einfluss auf die Umweltentwicklung genommen und stellen somit, neben den natürlichen Klimaänderungen, einen weiteren, stärker werdenden Steuerungsfaktor dar. Das gilt auch für die Region Indonesiens, wo historische Umweltveränderungen sowohl auf die natürliche Klimavariabilität als auch auf menschliche Einflüsse, z.B. durch landwirtschaftliche Aktivitäten, Forstwirtschaft und Verschmutzungen, zurückzuführen sind. Um zukünftige Umweltentwicklungen in dieser Region, auch im Hinblick auf einem zunehmenden menschlichen Einfluss auf die Klimaentwicklung, besser abschätzen zu können, zielte dieses Projekt darauf hin, die Wechselbeziehungen zwischen natürlicher Klimavariabilität und menschlichen Eingriffen als Steuerfaktoren von regionalen Umweltveränderungen zu analysieren. Obwohl die indonesische Region Gegenstand diverser Paläoklimastudien während der letzten zwei Dekaden gewesen ist, existierten große Wissenslücken über den menschlichen Einfluss auf die Umwelt auf gesellschaftlich relevanten Zeitskalen.

Um diese Wechselbeziehungen zu analysieren, wurden sowohl natürliche Umweltveränderungen als auch der Einfluss erhöhter Landnutzung durch Menschen erfasst und für die letzten Jahrtausende rekonstruiert. Auf der Basis dieser Arbeiten trägt dieses Projekt jetzt zu einem besseren Verständnis des Zusammenspiels zwischen natürlicher Variabilität und menschlich verursachten Änderungen bei, um somit auch Beiträge zur Entwicklung neuer Steuerungs- und Managementstrategien für terrestrische, litorale und marine Ökosysteme in Indonesien zu ermöglichen.

Die Ergebnisse aus diesem Projekt wurden anhand der Analyse zeitlich hochauflösender Sedimentkerne aus der Java See erzielt, die uns von unseren indonesischen Kooperationspartnern zur Verfügung gestellt wurden. Diese Kerne wurden einerseits vor den Flussmündungen des Pembuang und des Jelai (Kalimantan), die vor Kalimantan gelegen, von menschlichem Eingreifen weitestgehend nicht betroffen sind und andererseits vor den Flussmündungen des Bengawan Solo und des Citarum vor der dichtbesiedelten Insel Java gewonnen.

#### **1.1.1. Zielsetzung des Teilprojekts 1:**

##### **Die Klimageschichte in der Java See-Region während des Spät-Holozäns in Beziehung zu menschlichen Aktivitäten auf Java und Kalimantan**

Inwieweit Umweltveränderungen in Indonesien auf historischen Zeitskalen auf natürliche und/oder menschliche Einflüsse zurückzuführen sind, ist weitestgehend unbekannt. Dieser Umstand ist vor allem durch das Fehlen zeitlich hochauflösender Klimaarchive bedingt, die die langfristige Variabilität (Dekaden bis Jahrhunderte) der zwei wichtigsten natürlichen Umweltsteuerungsfaktoren in Indonesien, Monsun und ENSO, hinreichend abbilden. Die Identifizierung und die quantitative Erfassung der natürlichen Klimaschwankungen sind daher entscheidend, um den Anteil des menschlichen Einflusses auf Umweltveränderungen in dieser Region besser einschätzen zu können und um zukünftig notwendige Maßnahmen für eine nachhaltige Nutzung ergreifen zu können.

In diesem Teilprojekt war es geplant, zeitlich hochauflösende Sedimentkerne aus der Java See vor den Mündungen der Flüsse Bengawan Solo (Java) sowie Seruyan (auch Pembuang) und Jelai (Borneo/Kalimantan) zu untersuchen. Hierbei sollten Temperatur und Salzgehalt des Oberflächenwassers in der Java See für die letzten 4.000 Jahre rekonstruiert werden, da diese Parameter in der Java See heutzutage saisonal durch Monsun und inter-annuell durch ENSO gesteuert werden. Zusätzlich sollten frühere Veränderungen in der Menge und Zusammensetzung der Sedimentfracht der ausgewählten Flüsse erfasst werden. Das Einzugsgebiet der beiden Flüsse in Kalimantan ist weitgehend von menschlichen Eingriffen unberührt und der Niederschlag wird hauptsächlich von ENSO und Monsun gesteuert. Im Gegensatz dazu, ist das Einzugsgebiet des javanischen Flusses seit Jahrhunderten sehr stark von menschlichen Einflüssen betroffen. Die Rekonstruktion der langfristigen historischen Entwicklung (d.h. während der letzten ~4.000 Jahre) dieser gegensätzlichen Einzugsgebiete sollte dazu beitragen, den Anteil natürlicher und menschlicher Steuerungsfaktoren auf Umweltveränderungen in dieser Region besser einzuschätzen.

Im Rahmen dieses Teilprojekts sollten bereits vorhandene Sedimentkerne anhand der Radiokohlenstoffdatierung stratigraphisch eingeordnet sowie Oberflächentemperaturen und –salzgehalte anhand stabiler Sauerstoffisotope und Mg/Ca Verhältnisse in den Schalen planktischer Foraminiferen rekonstruiert werden. Die Menge und Zusammensetzung der Flussfracht sollte anhand der Röntgenfluoreszenzmethode und der Korngrößenanalysen bestimmt werden.

#### **1.1.2. Zielsetzung des Teilprojekts 2:**

##### **Spätholozäne Gradienten des Kohlenstoff- und Nährstoffeintrags in die Java-See in Abhängigkeit von menschlichen Aktivitäten in Flusseinzugsgebieten entlang des Transektes Java – Kalimantan**

Die immer stärkere Nutzung von Küstenzonen und ihres Hinterlandes führen einerseits zu höheren fluviatilen Sedimenteinträgen in die Ozeane durch erhöhte Erosion, andererseits zur Rückhaltung von Sediment in Stauseen durch Eingriffe in die Hydrologie der Flüsse und den Bau von Staudämmen. Seit Beginn des sogenannten Anthropozäns vor ca. 200 Jahren (Crutzen und Stoermer, 2000) hat der globale fluviatile Sedimenteintrag in die Ozeane um 2,3 Milliarden Tonnen zugenommen, während der Bau von Staudämmen zu einer Sedimentrückhaltung von 3,7 Milliarden Tonnen geführt, wodurch sich der jährliche Nettoeintrag auf 12,6 Milliarden Tonnen reduziert hat (Syvitski et al., 2005). Es gibt jedoch große regionale Unterschiede. So ist der Sedimenteintrag indonesischer Flüsse in dieser Zeit von 0,9 auf 1,6 Milliarden Tonnen gestiegen. Allerdings gibt es auch innerhalb Indonesiens ausgeprägte Gradienten von Landnutzung/-bedeckung, die sich in starken regionalen Unterschieden der fluviatilen Stoffeinträge niederschlagen. Die Inseln Java und Borneo, die beide zu einem großen Teil in die Java-See entwässern, sind in diesem Zusammenhang ein gutes Beispiel. Java gehört mit >1.000 Einwohnern pro km<sup>2</sup> zu den bevölkerungsreichsten Regionen der Erde und wird sehr intensiv genutzt, hauptsächlich für Landwirtschaft (Reisanbau). Im Gegensatz dazu hat Borneo eine Einwohnerdichte von ca. 20 pro km<sup>2</sup> und ist im Wesentlichen von Regenwald bedeckt. Es ist daher zu erwarten, dass sich dies auch in den Kohlenstoff- und Nährstoffeinträgen in die Java-See bemerkbar machen. Die Einträge von Nährstoffen und organischer Substanz in den Küstenozean haben sich in Regionen mit intensiver Landnutzung extrem erhöht, was u.a. zu explosivem Algenwachstum und hoher Sauerstoffzehrung und in Konsequenz ggfs. zur Emission von Treibhausgasen, der Schädigung von Nahrungsnetzen und dem Rückgang der natürlichen Ressourcen von Küstenzonen führen kann (z.B. Humborg et al., 1997; Rabalais et al, 2000; Smith et al., 2003).

Aus tropischen Regionen ist darüber weniger bekannt als aus anderen Gegenden der Weltmeere.

Dieses Teilprojekt hatte daher zum Ziel, Gradienten in Kohlenstoff- und Nährstoffeintrag in die Java See (i) räumlich in Abhängigkeit von Landnutzung/-bedeckung auf Java und Borneo heutzutage und (ii) zeitlich in Abhängigkeit von Änderungen der Landnutzung/-bedeckung über die vergangenen Jahrhunderte bis Jahrtausende zu rekonstruieren. Dazu wurden Sedimentkerne an ausgesuchten Lokationen vor größeren Flüssen Javas und Kalimantans in hoher zeitlicher Auflösung untersucht. Die Ergebnisse tragen in Verbindung mit den Ergebnissen der anderen Teilprojekte zur (i) Rekonstruktion von Umweltveränderungen im Spätholozän und (ii) zur Identifizierung und Quantifizierung der natürlichen und der anthropogenen Anteile an der Variabilität bei.

#### **1.1.3. Zielsetzung des Teilprojekts 3:**

##### **Spätholozäne Vegetations-, Klima- und Feuedynamik sowie menschlicher Einfluss in Java und im Kalimantan basierend auf Pollen-, Sporen- und Holzkohleablagerungen in der Java See**

Dieses Teilprojekt hatte zum Ziel anhand mariner Sedimente die Geschichte der Vegetationsveränderungen und Umweltbedingungen auf dem Land und im Meeresbereich im Hinblick auf Klima, Feuer und Landnutzungsänderungen auf Java und Süd-Kalimantan in Indonesien für das späte Holozän zu rekonstruieren. Zwei Regionen wurden zum Vergleich ausgewählt: Das bevölkerungsreiche Java mit einer langen Geschichte menschlicher Aktivitäten und Kalimantan mit seiner relativ dünnen Bevölkerung und einer weniger durch den Menschen veränderten Vegetation.

Die Hauptaufgabe unserer Forschung war mit Hilfe der Pollenanalyse festzustellen, wie und wann Vegetations- und Umweltveränderungen auf Java und Kalimantan abgelaufen sind, und anhand der Analyse von Dinoflagellatenzysten zu erfassen, wie in der Java See Umweltveränderungen in den marinen Sedimentablagerungen während des späten Holozäns reflektiert wurden? Um diese Frage zu beantworten, wurden die folgenden Hypothesen aufgestellt:

- (1) Verschiedene Vegetationstypen auf Java und Kalimantan sind durch die Pollen/Sporen in den marinen Sedimentablagerungen gut reflektiert.
- (2) Natürliche Umweltveränderungen haben heutzutage eine geringere Auswirkung auf die Ökosysteme als anthropogene Veränderungen der Umwelt.
- (3) Änderungen in der Landnutzung (ändert sich speziell in der Vegetation) verstärkten sich während des späten Holozäns - vor allem während des Anthropozäns.
- (4) Die anthropogenen Umweltveränderungen auf der Insel Java waren in der Vergangenheit ausgeprägter als auf der Insel Kalimantan.

#### **1.1.4. Zielsetzung des Teilprojekts 4:**

##### **“Capacity building” und Verbreitung der Wissenschaftlichen Ergebnisse**

Die im CAFINDO-Projekt im Topic 5 - Meeresgeologie und Geochemie des SPICE III Verbundvorhabens vorhandene Expertise zum Themenfeld Meeresgeologie und Paläoklimaforschung sollte über geeignete Instrumente im Rahmen des *Capacity Buildings* an interessierte Nachwuchswissenschaftler/innen aus Indonesien und Deutschland weitergegeben werden. Dies galt insbesondere, da diese Themenfelder zum ersten Mal im SPICE-Kontext bearbeitet wurden.

Es wurde geplant, sowohl themenbezogene Kurse (Meeresgeologie und Paläoklimaforschung) in Indonesien anzubieten, an denen sowohl indonesische als auch deutsche Nachwuchswissenschaftler/innen teilnehmen konnten, als auch das kontinuierliche Kursangebot der Bremen International Graduate School for Marine Sciences (GLOMAR) für SPICE-Nachwuchswissenschaftler/innen zu öffnen.

Mit dem vor allem von unseren indonesischen Partnern propagierten Ziel, junge indonesische Wissenschaftler/innen in die internationale Wissenschaftlergemeinschaft einzuführen und ihnen dafür Trainingsangebote in den gut ausgestatteten Labors des MARUM in Bremen anzubieten, wurden auch entsprechende Auslandsaufenthalte eingeplant. Dieses Angebot galt auch für erfahrene indonesische Wissenschaftler/innen.

Zur Verbreitung der erzielten Ergebnisse wurden vor allem klassische Wege eingeschlagen. Neben Berichten zum Projektfortschritt zählten dazu naturgemäß Veröffentlichungen der Ergebnisse in internationalen, begutachteten Fachzeitschriften und Vorträge/Poster auf internationalen Tagungen. Darüber hinaus haben unsere indonesischen Kooperationspartner relevante Ergebnisse in entsprechend aufbereiteter Form indonesischen Entscheidungsträgern vermittelt, um eine bestmögliche, wissenschaftliche Grundlage für anstehende politische Entscheidungen zur Verfügung zu gewährleisten.

## **1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Die Voraussetzungen der im Rahmen von CAFINDO durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten waren:

- Finanzierung einer Postdoktorandenstelle (18 Monate, Frau Dr. Lucia Herbeck) am ZMT durch das BMBF.
- Finanzierung einer Doktorandenstelle (36 Monate, Frau Cornelia Kwiatkowski, Frau Grit Warratz) am MARUM durch das BMBF.
- Finanzierung einer Doktorandenstelle (36 Monate, Frau Anastasia Poliakova) an der Universität Göttingen durch das BMBF.
- Finanzierung von Nachwuchswissenschaftlerstellen an allen drei beteiligten deutschen Instituten durch das BMBF.
- Finanzierung von Verbrauchs- und Reisemitteln für alle drei beteiligten deutschen Institute durch das BMBF.
- Finanzierung von Reisemitteln zur Ermöglichung von Trainingsaufenthalten indonesischer Wissenschaftler in Deutschland im Rahmen des „Capacity Building“.
- Bereitstellung von Labor-Infrastruktur und Personal durch alle drei beteiligten deutschen Institute.
- Bereitstellung geeigneter Sedimentkerne durch die indonesischen Kooperationspartner.
- Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Kooperationspartnern.

## **1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens,**

Das Projekt begann am 1.3.2012, einen Monat später als bei Antragsstellung geplant. Gleich zu Projektbeginn kam es zu Zeitverzögerungen, da die gemeinsamen Arbeiten mit den Kollegen in Indonesien - z.T. aus politischen Gründen - nur sehr schleppend angelaufen sind und die Implementierungsabkommen erst verspätet erstellt und unterzeichnet werden konnten (die SPICE-Koordinatorin am ZMT Bremen Frau Dr. Schultz und die PTJ-Programmkoordinatorin Frau Dr. Fretzdorff waren darüber jederzeit informiert). Das führte dazu, dass seitens der Indonesier erst im Oktober 2012 Zugang zum Probenmaterial gewährt

wurde. Damit konnten die eigentlichen wissenschaftlichen Arbeiten an dem vorgesehenen Probenmaterial erst 8 Monate nach Projektstart beginnen. Auch erst zu dieser Zeit konnte mit den indonesischen Projektpartnern eine Übereinkunft über *Capacity Building* Maßnahmen getroffen werden, wobei sie deutlich gemacht haben, dass ihr alleiniges Interesse im Bereich des *Capacity Building*, in Abweichung von der ursprünglichen Planung, auf der Entsendung indonesischer Nachwuchswissenschaftler nach Deutschland besteht. In Deutschland sollten sie ein intensives Training in den Meereswissenschaften erhalten. Vor diesem Hintergrund wurde bereits im April 2013 ein überarbeiteter Arbeitsplan an das BMBF übermittelt. Auch in der Folgezeit gab es Zeitverluste, die vor allem auf die sehr schleppende und langwierige Kooperation mit den indonesischen Kollegen zurückzuführen ist. Aufgrund der aufgetretenen Verzögerungen wurde dann in 2014 seitens des BMBF für das Projekt eine kostenneutrale Verlängerung ausgesprochen. Weitere Verzögerungen im Projektverlauf machten für drei der vier Teilprojekte eine weitere kostenneutrale Verlängerung bis zum 31.12.2016 notwendig, der auch vom BMBF entsprochen wurde.

In diesem Zeitrahmen konnten dann bis auf eines alle Projektziele erreicht werden: Lediglich eine Proxy-Kalibrierung der verwendeten Paläo-Proxies anhand von Oberflächensedimenten ließ sich nicht durchführen, da unsere indonesischen Kooperationspartner entgegen früheren Aussagen doch keinen entsprechenden Oberflächendatensatz zur Verfügung stellen konnten.

#### **1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand zu Beginn des Projektes**

Unter dem Punkt „Stand der Wissenschaft“ bei Antragstellung wurde der wissenschaftlich-technische Stand, an den mit diesem Projekt angeknüpft wurde, ausführlich abgehandelt. Daher wird an dieser Stelle auf eine Wiederholung verzichtet.

#### **1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Im Rahmen dieses Projektes haben die fünf Projektpartner mit folgenden Einrichtungen kooperiert:

Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM), Jakarta, Indonesien;

Jenderal Soedirman University (UNSOED), Purwokerto, Indonesien;

Indonesian Institute of Science (LIPI), Bandung, Indonesia;

Universität Kiel, Deutschland

University of Arizona, USA

University of Magallanes, Punta Arenas, Chile

**2.1. Eingehende Darstellung der Projektergebnisse aus dem CAFINDO-Teilprojekt 1**

**Die Klimageschichte in der Java  
See-Region während des Spät-  
Holozäns in Beziehung zu  
menschlichen Aktivitäten auf Java  
und Kalimantan**

**Climate history of the Java Sea  
during the late Holocene and its  
relation to human activity in Java  
and Kalimantan**

im Rahmen des F & E-Verbundvorhabens

**Klimatische vs. anthropogene Steuerung  
Spät-Holozäner Umweltveränderungen  
mit Auswirkungen auf indonesische  
Meeres-, Küsten- und Festland-  
Ökosysteme**

**Climate versus anthropogenic forcing of  
Late Holocene environmental change  
affecting Indonesian marine, coastal,  
and terrestrial ecosystems (CAFINDO)**

im Rahmen des F & E-Verbundprojektes

**SPICE III - Wissenschaft zum Schutz der  
Küstenökosysteme Indonesiens**

Topic 5: Meeresgeologie und Geochemie

**SPICE III - Science for the Protection of  
Indonesian Coastal Ecosystems**

Topic 5: Marine Geology and Geochemistry

**Dauer / Duration: 1.3.2012 – 31.12.2016**

**FKZ 03F0645A**

**Antragsteller / Proponents**

Prof. Dr. Dierk Hebbeln (Projektleitung)  
MARUM - Zentrum für Marine  
Umweltwissenschaften  
Univ. Bremen, Leobener Str., 28359 Bremen,  
Germany  
dhebbeln@marum.de  
Tel. 0421-218-65650

unter Mitarbeit von  
Dr. Mahyar Mohtadi  
MARUM - Zentrum für Marine Umweltwissenschaften  
Univ. Bremen, Leobener Str., 28359 Bremen,  
Germany  
mohtadi@uni-bremen.de  
Tel. 0421-218-65660

in Kooperation mit / in cooperation with

Deutsche Partner / German partners:

PD Dr. Tim Jennerjahn  
Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT)  
Fahrenheitstr. 6, 28359 Bremen,  
Germany

Prof. Dr. Hermann Behling  
Department of Palynology and Climate Dynamics  
Universität Göttingen,  
Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen  
Germany

Indonesische Partner / Indonesian partners:

Dr. Haryadi Permana  
Earth Dynamics and Geological Disaster Division  
Research Center for Geotechnology  
Indonesia Institute of Sciences (LIPI)  
Jl. Sangkuriang, Bandung – 40135, Indonesia

Dr. Susilohadi Susilohadi  
Marine Geological Institute (MGI)  
Jl. Dr. Junjunan 236, Bandung – 40174,  
Indonesia

### 2.1.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse

In diesem Projekt wurden insgesamt 5 marine Sedimentkerne aus der Java See entlang ihres Tiefenprofils in 1-3 cm Intervallen beprobt und untersucht. Die Kerne wurden vor unterschiedlichen Flussläufen gewonnen (Abb. 2.1.1): vor dem Jelai (1412-19) und dem Seruyan (Pembuang, 1612-23 und 1612-26) vor Borneo und vor dem Solo (1609-30 und 1609-05) vor Java. An diesen Kernen wurde mittels Radiokohlenstoffdatierung ( $^{14}\text{C}$ ) an planktischen und benthischen Foraminiferen ein Altersmodell erstellt. Zusätzlich wurde ein Sedimentkern vom Mahakam-Delta vor Ost-Borneo (SO217-18517) untersucht (Abb. 2.1.1). Die Kerne verfügen über eine kontinuierliche und konsistente Alters-Tiefen-Beziehung. Die jeweiligen Sedimentschichten wurden auf ihre Element- und Korngrößenzusammensetzung hin untersucht, um die Abflussänderung der jeweiligen Flüsse über die letzten 5.000 Jahre zu untersuchen und Rückschlüsse auf Niederschlagsverhältnisse über den Einzugsgebieten zu ziehen.

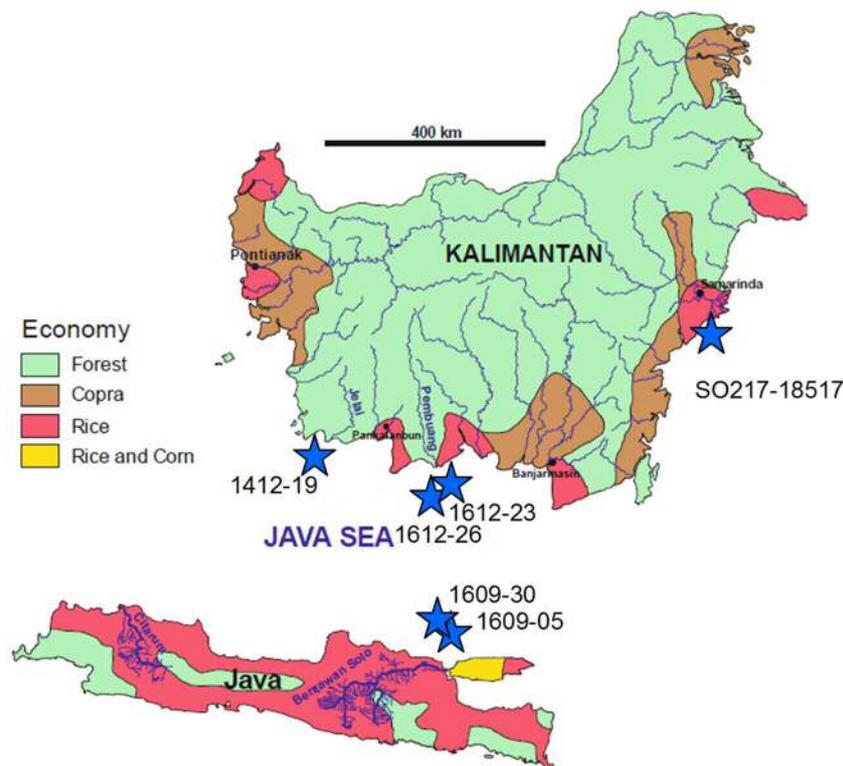


Abb. 2.1.1: Schematische Darstellung der Landnutzung in Kalimantan (Borneo) und Java modifiziert nach der ökonomischen Karte von Indonesien aus dem Jahre 1972 ([www.lib.utexas.edu/maps/indonesia.html](http://www.lib.utexas.edu/maps/indonesia.html)). Die Sterne markieren die Position der in CAFINDO analysierten Sedimentkerne vor den gekennzeichneten Flüssen.

Um Temperatur- und Salzgehaltsänderungen an der Oberfläche und der Sprungschicht zu rekonstruieren wurden an Schalen planktischer Foraminiferen der Arten *Globigerinoides ruber* und *Pulleniatina obliquiloculata* Spurenmehalle und stabile Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope ( $\delta^{18}\text{O}$  und  $\delta^{13}\text{C}$ ) gemessen. Zusätzlich wurde die faunistische Zusammensetzung planktischer Foraminiferen untersucht, um weitere Informationen über vergangene Umweltbedingungen, insbesondere über die Mächtigkeit der Durchmischungszone und die Produktivität zu gewinnen.

Die Ergebnisse zeigen, dass in Ost-Borneo der langfristige Trend von Temperatur und Niederschlag während der letzten 5.000 Jahre stark vom Australisch-Indonesischen

Sommermonsun (AIMS) kontrolliert wurde. So führte ein intensiverer AISM während der letzten 2.500 Jahre zu erhöhten Niederschlägen über dem Einzugsgebiet des Mahakam Rivers in Zentral- und Ost-Borneo. Diese Schlussfolgerung wird sowohl durch sedimentologische als auch geochemische Indizien unterstützt (Abb. 2.1.2): Erhöhte Sedimentationsraten (Abb. 2.1.2f) und ein höherer Anteil von Feinpartikeln im Sediment (Abb. 2.1.2e) deuten auf höhere Abflussraten während der letzten 2.500 Jahre hin. Gleichzeitig weisen die  $\delta^{18}\text{O}$  und Mg/Ca-Verhältnisse von *G. ruber* (Abb. 2.1.2a, b) auf ein kühleres und salzärmeres Oberflächenwasser während der letzten 2.500 Jahre hin (Abb. 2.1.2c, d), welches wiederum auf einen erhöhten Abfluss des Mahakam Rivers zurückzuführen ist. Zusätzlich zeigen die Ba/Ca-Verhältnisse in den Schalen planktischer Foraminiferen (Abb. 2.1.2g) impulsartige Süßwassereinträge während der letzten 2.500 Jahre, die auf eine erhöhte ENSO-Aktivität hinweisen (Abb. 2.1.3). Eine erhöhte ENSO-Aktivität wurde bereits anhand von Daten aus kontinentalen und marinen Archiven in Südamerika und aus dem östlichem Pazifik angenommen (e.g. Conroy et al., 2008, Abb. 2.1.3h). Jene Archive sind jedoch empfindlich für El Niño Ereignisse, während unsere Daten aus Indonesien eher La Niña Ereignisse abbilden und somit das fehlende Gegenstück, sowohl geografisch als auch phänomenologisch, liefern.

Korngrößen- und Elementzusammensetzung in Sedimentkernen aus der Java See deuten auf eine langfristige Abnahme des Niederschlags über Borneo während des späten Holozäns bis etwa 2.000 Jahre vor heute hin (Abb. 2.1.4), gefolgt von einer stetigen Zunahme des Niederschlags in dieser Region (Süd-Borneo). Dieser Trend wird, wie für Ost-Borneo, als ein Abbild der ENSO-Aktivität im späten Holozän interpretiert. Hierbei werden jedoch die El Niño-Ereignisse als ausgeprägte Trockenphasen in den Sedimenten abgebildet. Da dieser Trend in Sedimenten vor Java nicht zu beobachten ist, wird vermutet, dass ein verstärkter AISM mit einem erhöhten saisonalen Niederschlag der ENSO-Aktivität mit ausgeprägten Trockenphasen während der letzten 2.000 Jahre entgegengewirkt hat. Dieser Effekt ist nur im Ost-Java zu beobachten, da die Monsun-Saisonalität dort sehr ausgeprägt ist und den Gesamtjahresniederschlag bestimmt, während über Borneo keine Saisonalität in der Niederschlagsmenge existiert und somit dort nur eine vernachlässigbare Wechselwirkung zwischen ENSO und AISM besteht.

Die abgeleiteten Änderungen in AISM während des späten Holozäns und insbesondere während der letzten 2.000 Jahre wird als ein komplexes Zusammenspiel zwischen ENSO, AISM und Atlantischer Multidekadischer Oszillation (AMO) interpretiert. Hierbei konnte zuerst anhand von Instrumentaldaten der letzten 60 Jahre (AD 1960-2010) ein signifikanter Zusammenhang zwischen AMO und Niederschlag im Einzugsgebiet des Solo River in Ost-Java, einem klassischen Monsungebiet beobachtet werden ( $r = 0,75$ ,  $p < 0,001$ , Abb. 2.1.5). Es wird angenommen, dass während der warmen Phasen der AMO die Innertropische Konvergenzzone (ITCZ) nach Süden verlagert wird und somit der AISM-Niederschlag über Java verstärkt wird. Da dieser saisonale Niederschlag fast dem Gesamtjahresniederschlag gleichzusetzen ist, wird diese Verstärkung in den Sedimenten vor Java abgebildet und wirkt der Zunahme von trockenen El Niño Jahren während der gleichen Periode entgegen. Über Borneo hat diese südwärts-Verlagerung von ITCZ keine Konsequenzen, da diese Region über das ganze Jahr feucht ist und von der ITCZ zweimal überquert wird.

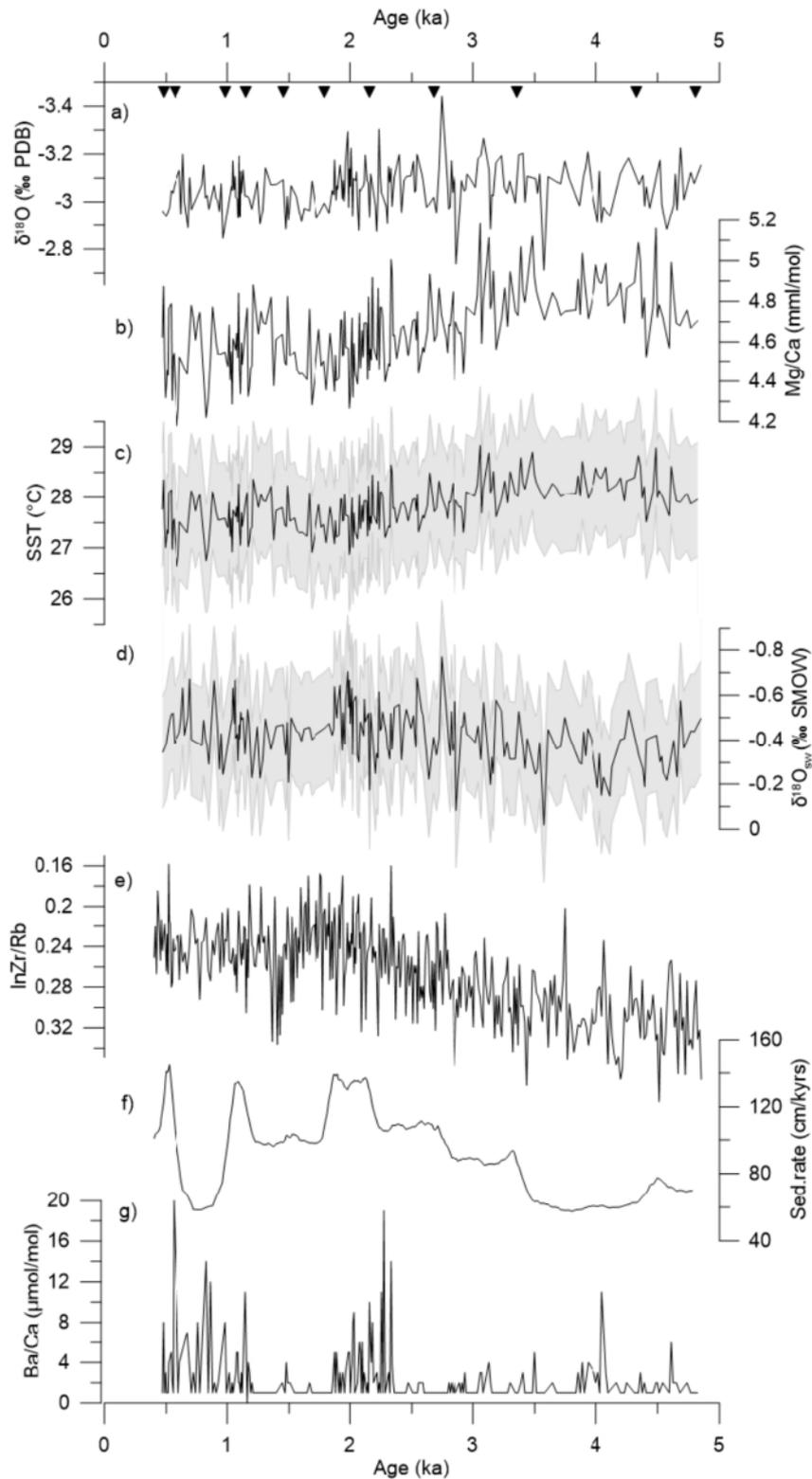


Abb. 2.1.2: Ergebnisse aus dem Sedimentkern SO217-18517 vom Mahakam-Delta, Ost-Borneo, für die letzten 5.000 Jahre. Daten in a-d und g basieren auf Messungen an Schalen der planktischen Foraminiferenart *G. ruber*. Daten in e-f sind am Gesamtsediment gemessen worden. Kleinere Werte in d und e gehen mit einem niedrigeren Salzgehalt (d) bzw. einer kleineren Korngröße (e) einher. Die grauen Schattierungen in c und d zeigen den  $1\sigma$ -Fehler und die Dreiecke an der oberen X-Achse die  $^{14}\text{C}$ -Datierungen an. Abb. aus Kwiatkowski, 2016.

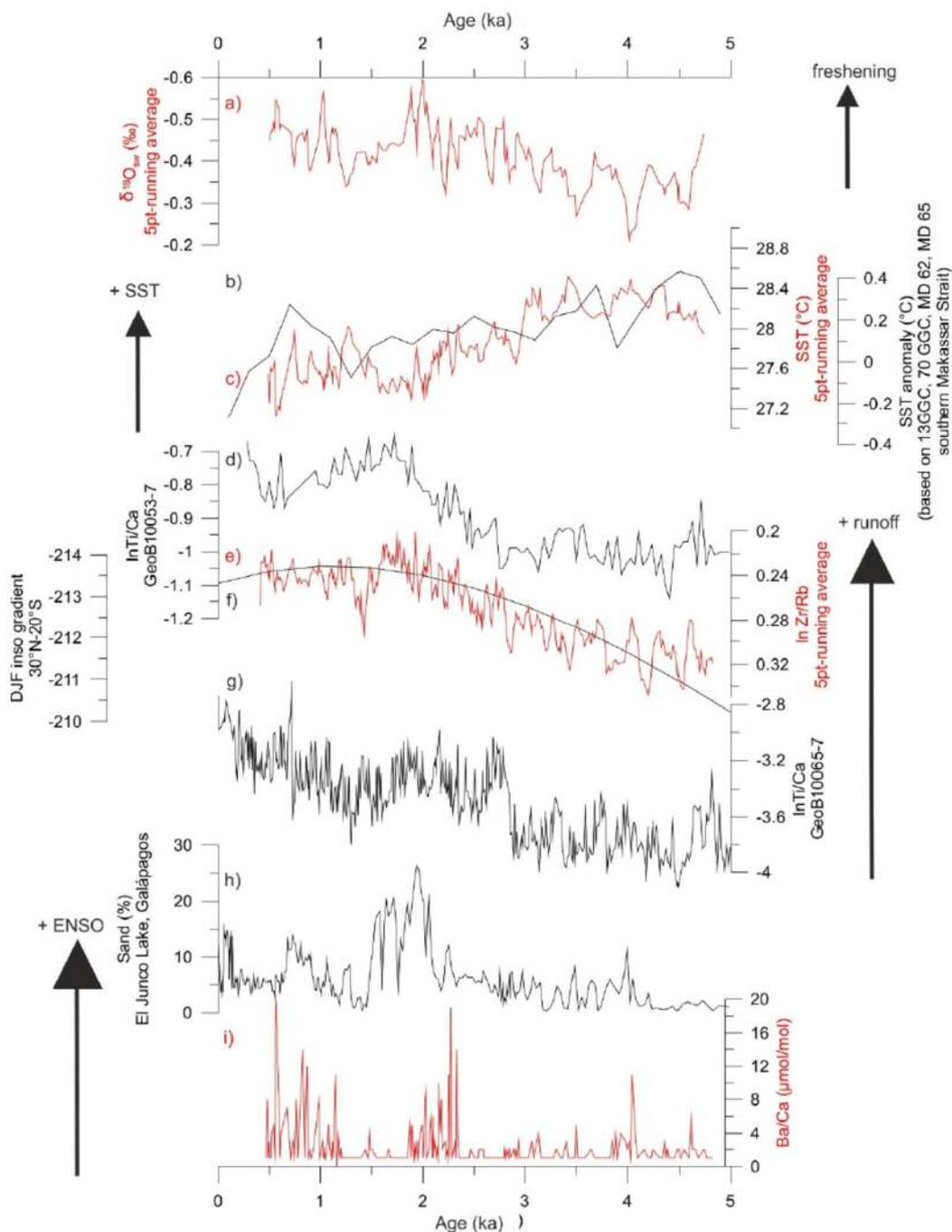


Abb. 2.1.3: Vergleich von eigenen Daten vor Ost-Borneo (rot, wie in Abb. 2.1.2) mit Literaturdaten (schwarz) für die letzten 5.000 Jahre. Die Ti/Ca-Verhältnisse in d (Mohtadi et al., 2011) und g (Steinke et al., 2014) werden als Indikator für terrigenen Eintrag interpretiert und zeigen ähnliche langfristige Schwankungen wie das Zr/Rb-Verhältnis vor Ost-Borneo (e). Der Anteil vom Sand in einem See auf Galapagos (h) wird als Indikator für El Niño-Aktivität interpretiert (Conroy et al., 2008). Abb. aus Kwiatkowski, 2016.

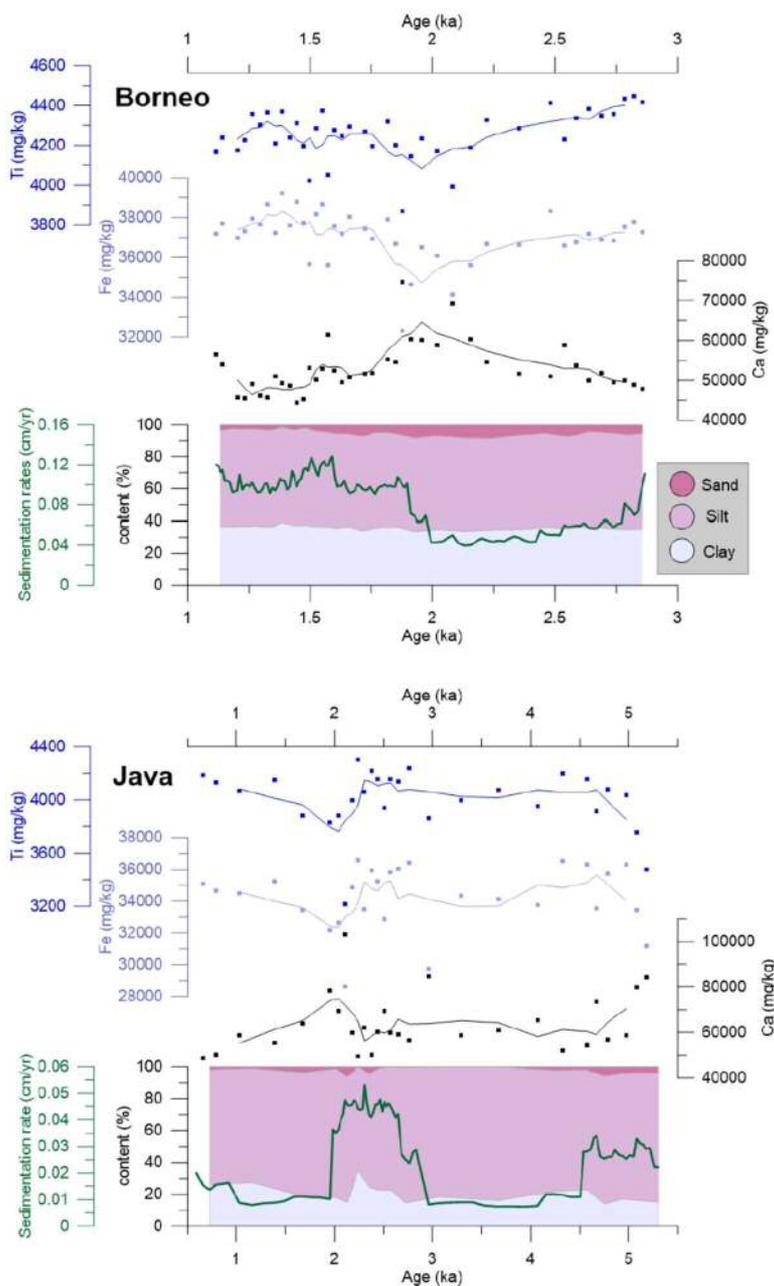


Abb. 2.1.4: Element- und Korngrößenzusammensetzung in Sedimentkernen vor Borneo (oben) und Java (unten). Während die Sedimente vom Solo River-Delta vor Ost-Java keinen langfristigen Trend zeigen, ist in den Daten vom Seruyan-Delta vor Süd-Borneo eine Zunahme des terrigenen Eintrags (Fe und Ti) und der Sedimentationsrate (grün) ab etwa 2.000 Jahre vor heute zu beobachten. Abb. aus Kwiatkowski, 2016.

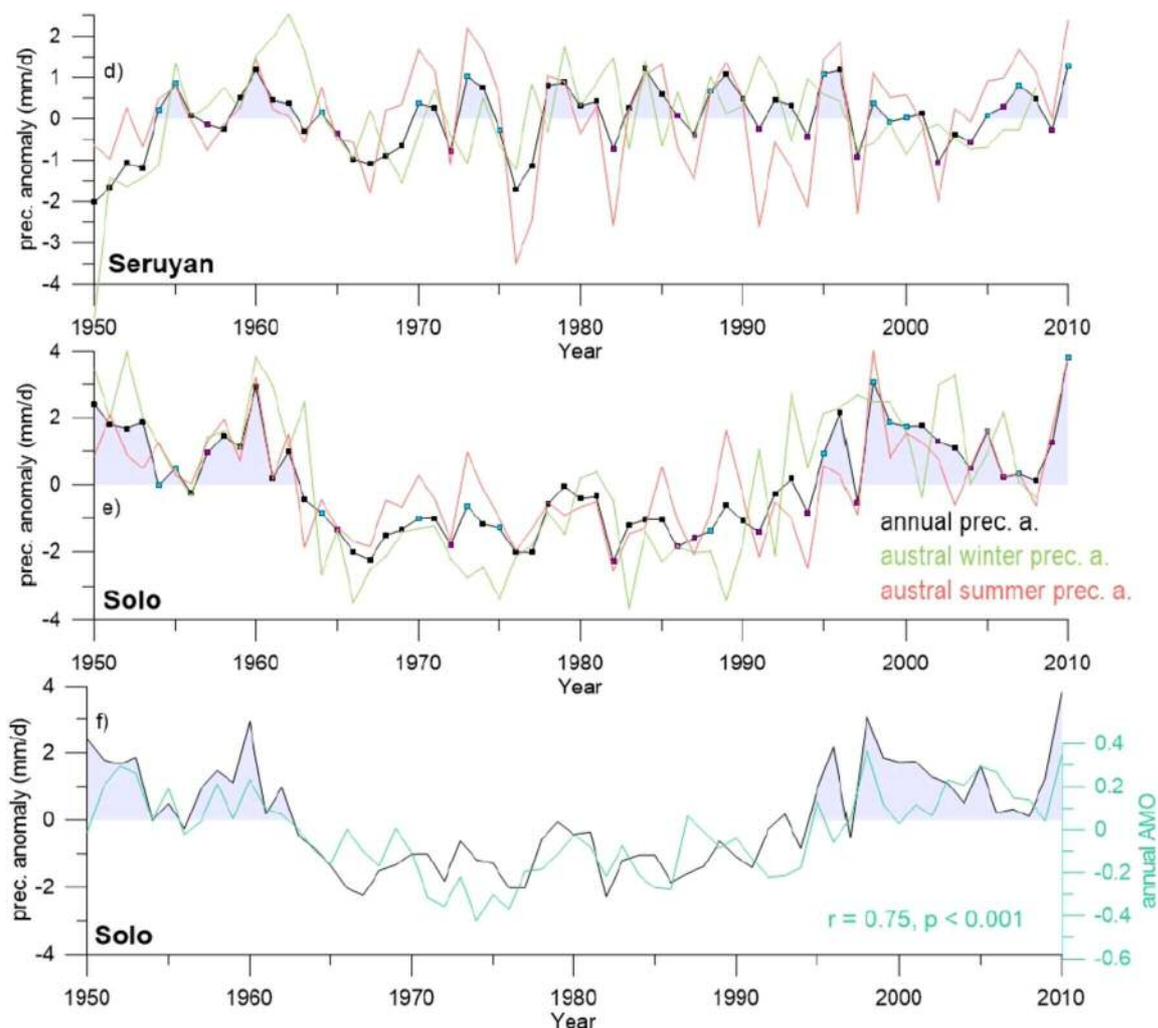


Abb. 2.1.5: Jahres- (schwarze Linien) und saisonale Niederschlagsanomalien (grüne und rote Linien) über den Einzugsgebieten des Seruyan Rivers (Borneo, d) und des Solo Rivers (Java, e, f) seit AD 1950 (NCEP Reanalyse-Daten, NOAA, Boulder, USA) sowie der AMO-Index in hellgrün (f, <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/AMO/>). Die grauen Schattierungen markieren die Perioden von erhöhtem Niederschlag, schwarze Punkte die normalen, lila Punkte die El Niño und blaue Punkte die La Niña Jahre. Abb. aus Kwiatkowski, 2016.

Zusammenfassend liefern die Ergebnisse aus diesem Projekt wichtige Einblicke in spätholozäne Klimaänderungen in der Java See-Region und somit auch in mögliche Szenarien für die Zukunft. Eine der Arbeitshypothesen am Anfang des Projektes war die Annahme, dass der menschliche Eingriff in die Vegetation während der letzten Jahrhunderte zu einer erhöhten Abflussrate der Flüsse auf dem dichtbesiedelten Java gegenüber den Abflussraten der Flüsse auf dem weniger besiedelten Borneo geführt hat. Obwohl die zeitliche Auflösung der untersuchten Kerne einen genauen Einblick in das regionale Klima der letzten Jahrhunderte nicht ermöglicht hat, deuten die Ergebnisse auf eine entgegengesetzte Entwicklung hin. Die Abflussraten und Niederschlagsmenge in Ost- und Süd-Borneo während der letzten 2.000 Jahre haben sich hauptsächlich durch eine verstärkte ENSO-Aktivität erhöht. In Ost-Java hingegen haben sich die Abflussraten während der gleichen Zeit kaum verändert, da die Niederschlagsmenge hauptsächlich durch Monsun gesteuert ist und daher auf saisonale

Änderungen in der Position von ITCZ reagiert, die wiederum im Zusammenhang mit Oberflächentemperaturen in Nordatlantik (AMO) steht. Die AMO ist in den letzten zwei Dekaden in einer positiven Phase (hohe Temperaturen im Nordatlantik) und verursacht damit eine weiter südliche Position der ITCZ. Den zu erwarteten höheren Niederschlägen über Ost-Java wirken jedoch die vermehrt Auftretenden, trockenen El Niño Jahre entgegen. Dieses Zusammenspiel zwischen AMO, ENSO und Monsun ist extrem empfindlich in Zeiten einer globalen Erwärmung, da alle drei Phänomene temperaturabhängig sind und sich zukünftig verändern werden.

Unsere Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass der Niederschlag über Borneo angesichts der globalen Erwärmung weiter steigen wird, während es schwer vorherzusagen bleibt, wie sich der Niederschlag über Ost-Java entwickelt. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass für alle obengenannten Phänomene (ENSO, AMO und Monsun) eine Intensivierung für die Zukunft prognostiziert wird (siehe IPCC, 2013). Weitere Studien über die Wechselbeziehung zwischen diesen Klimaphänomenen auf regionaler und globaler Ebene sind notwendig, um mehr Einblick in die Steuerung und Entwicklung des Niederschlags über Ost-Java zu gewinnen.

### 2.1.2 Publikationen

#### Bereits erschienene Kernpublikationen des Projektes:

- Kwiatkowski, C., Prange, M., Varma, V., Steinke, S., Hebbeln, D., Mohtadi, M., 2015. Holocene variations of thermocline conditions in the eastern tropical Indian Ocean. *Quaternary Science Reviews* 114, 33-42.
- Poliakova, A., Zonneveld, K.A.F., Herbeck, L., Jennerjahn, T.C., Permana, H., Kwiatkowski, C., Behling, H., 2016. High resolution multi-proxy reconstruction of environmental changes in coastal waters of the Java Sea, Indonesia, during the late Holocene. *Palynology*, doi:10.1080/01916122.2016.1162865.

#### Bereits erschienene Publikationen mit engem Bezug zu diesem Projekt:

- Mohtadi, M., Prange, M., Oppo, D.W., De Pol-Holz, R., Merkel, U., Zhang, X., Steinke, S., Lückge, A., 2014. North Atlantic forcing of tropical Indian Ocean climate. *Nature* 509, 76-80.
- Steinke, S., Prange, M., Feist, C., Groeneveld, J., Mohtadi, M., 2014. Upwelling variability off southern Indonesia over the past two millennia. *Geophysical Research Letters* 41, doi:10.1002/2014GL061450.
- Niedermeyer, E.M., Sessions, A.L., Feakins, S.J., Mohtadi, M., 2014. Hydroclimate of the western Indo-Pacific Warm Pool during the past 24,000 years. *Proceedings of the National Academy of Science* 111, 9402-9406.
- Dubois, N., Oppo, D.W., Galy, V., Mohtadi, M., van der Kaars, S., Tierney, J., Rosenthal, Y., Eglinton, T., Lückge, A., Linsley, B., 2014. Indonesian vegetation response to changes in rainfall seasonality over the past 25,000 years. *Nature Geoscience* 7, 513-517.
- Kuhnert, H., Kuhlmann, H., Mohtadi, M., Meggers, H., Baumann, K.H., Pätzold, J., 2014. Holocene tropical western Indian Ocean sea surface temperatures in covariation with climatic changes in the Indonesian region. *Paleoceanography* 29, 423-437.
- Steinke, S., Mohtadi, M., Prange, M., Varma, V., Pittauerova, D., Fischer, H.W., 2014. Mid-to Late-Holocene Australian-Indonesian summer monsoon variability. *Quaternary Science Reviews* 93, 142-154.

- Mohtadi, M., Prange, M., Steinke, S., 2016. Paleoclimatic insights into forcing and response of monsoon rainfall. *Nature* 533, 191-199.

#### Manuskripte in Vorbereitung:

- Kwiatkowski, C., Mohtadi, M., Holbourn, A., Kuhnt, W., Hebbeln, D., in prep. Late Holocene intensification of the Australian-Indonesian summer monsoon and ENSO.
- Kwiatkowski, C., Mohtadi, M., Permana, H., Susilohadi, S., Zuraida, R., Hebbeln, D., in prep. Late Holocene variations in precipitation pattern over the Java Sea in response to monsoon, ENSO and northern high latitude forcing.
- Herbeck, L., Poliakova, A., Kwiatkowski, C., Permana, H., Jennerjahn, T., in prep. Logging on Kalimantan: Sediment archives from the Java Sea elucidate related coastal impacts during the Anthropocene.

#### Abschlussarbeiten:

- Kwiatkowski, C., 2016. Mid- to late Holocene climate variability of the Maritime Continent. Diss., Universität Bremen, pp111, urn:nbn:de:gbv:46-00105640-19 (Dissertation).

### **2.1.3 Tagungsbeiträge**

#### in 2013:

- Mohtadi, M., Steinke, S., Prange, M., Oppo, D.W., Niedermeyer, E.M., Merkel, U., Zhang, X., Gibbons, F., De Pol-Holz, R., Southon, J., Lückge, A., Hebbeln, D., Indo-Pacific Warm Pool variability: State of the art and outstanding issues. 2<sup>nd</sup> Southeast Asian Gateway Evolution (SAGE) Meeting, Berlin, Germany, March 11-15, 2013. (Keynote speech)
- Steinke, S., Mohtadi, M., Prange, M., Varma, V., Pittauerova, D., Fischer, H.W., Abrupt shift in Australian-Indonesian summer monsoon rainfall caused by a grand solar minimum. 2<sup>nd</sup> Southeast Asian Gateway Evolution (SAGE) Meeting, Berlin, Germany, March 11-15, 2013. (Talk)
- Kwiatkowski, C., Mohtadi, M., De Pol-Holz, R., Prange, M., Steinke, S., Lückge, A., Centennial to millennial variability of thermocline conditions off West-Sumatra: Reconstruction of the tropical Indian Ocean mean state during the Holocene. 2<sup>nd</sup> Southeast Asian Gateway Evolution (SAGE) Meeting, Berlin, Germany, March 11-15, 2013. (Poster)

#### in 2014:

- Mohtadi, M., Glacial to Holocene hydroclimate of the western Indo-Pacific Warm Pool. AGU-Fall Meeting, San Francisco, USA, December 15-19, 2014. (Invited talk)
- Jennerjahn, T.C., Gesierich, K., Schefuß, E., Mohtadi, M., Variations in organic matter burial and composition in sediments from the Indian Ocean continental margin off SW Indonesia (Sumatra – Java – Flores) since the Last Glacial Maximum. AGU-Fall Meeting, San Francisco, USA, December 15-19, 2014. (Poster)
- Herbeck, L.S., Kwiatkowski, C., Mohtadi, M., Jennerjahn, T.C. Late Holocene carbon and nitrogen input into the Java Sea recorded in sediment cores off rivers from Java and Kalimantan. EGU General Assembly, Vienna, Austria, April 27 - May 02, 2014. (Poster)

#### in 2015:

- Kwiatkowski, C., Mohtadi, M., Hydroclimatic variations in the Makassar Strait over the past 5000 years. AGU-Fall Meeting, San Francisco, USA, December 14-18, 2015. (Poster)
- Mohtadi, M., A Model-Data Assessment of Glacial to Holocene Changes in Walker and Hadley Circulations: Implications for Indian Ocean Hydroclimate and Wind System.

Chapman Conference on the evolution of the Asian monsoon and its impact on landscape, environment and society, Hong Kong, China, June 14-18, 2015. (Invited talk)

- Steinke, S., Multi-decadal to centennial-scale variability in Australian-Indonesian monsoon intensity over the past two millennia. Chapman Conference on the evolution of the Asian monsoon and its impact on landscape, environment and society, Hong Kong, China, June 14-18, 2015. (Invited talk)

in 2016:

- Kwiatkowski, C., Mohtadi, M., Permana, H., Susilohadi, S., Zuraida, R., Hebbeln, D., Variations in continental runoff recorded in marine sediments around Java and Kalimantan over the past 5,000 years. SPICE Final Conference, Denpasar, Indonesia, January 19-20, 2016. (Talk)
- Mohtadi, M., The "known knowns" and the "known unknowns" in understanding the hydroclimate history of Indonesia. SPICE Final Conference, Denpasar, Indonesia, January 19-20, 2016. (Talk)
- Zuraida, R., Rahardiawan, R., Permana, H., Historical record of heavy metal of Jakarta Bay sediment. SPICE Final Conference, Denpasar, Indonesia, January 19-20, 2016. (Talk)
- Mohtadi, M., Tropical Indian Ocean hydroclimate and its relation to the Hadley and Walker circulations since the last glacial. International Conference on Paleoceanography, Utrecht, the Netherlands, August 29 – September 02, 2016. (Invited talk)
- Mohtadi, M., Annual Meeting of the Japan Association for Quaternary Research, Chiba, Japan, September 17-18, 2016. (Keynote speech)

## 2.2. Eingehende Darstellung der Projektergebnisse aus dem CAFINDO-Teilprojekt 2

**Spätholozäne Gradienten des Kohlenstoff- und Nährstoffeintrags in die Java-See in Abhängigkeit von menschlichen Aktivitäten in Flusseinzugsgebieten entlang des Transektes Java – Kalimantan**

**Gradients in carbon and nutrient input into the Java Sea related to human activities in river catchments along the transect Java – Kalimantan during the Late Holocene**

im Rahmen des F & E-Verbundvorhabens

**Klimatische vs. anthropogene Steuerung Spät-Holozäner Umweltveränderungen mit Auswirkungen auf indonesische Meeres-, Küsten- und Festland-Ökosysteme**

**Climate versus anthropogenic forcing of Late Holocene environmental change affecting Indonesian marine, coastal, and terrestrial ecosystems (CAFINDO)**

im Rahmen des F & E-Verbundprojektes

**SPICE III - Wissenschaft zum Schutz der Küstenökosysteme Indonesiens**

Topic 5: Meeresgeologie und Geochemie

**SPICE III - Science for the Protection of Indonesian Coastal Ecosystems**

Topic 5: Marine Geology and Geochemistry

**Dauer / Duration: 1.3.2012 – 31.12.2016**

**FKZ 03F0645B**

**Antragsteller / Proponents**

PD Dr. Tim Jennerjahn (Projektleitung)  
Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT)  
Fahrenheitstr. 6, 28359 Bremen,  
Germany  
tim.jennerjahn@zmt-bremen.de  
Tel. 0421-23800-44

in Kooperation mit / in cooperation with

Deutsche Partner / German partners:

Prof. Dr. Dierk Hebbeln  
Dr. Mahyar Mohtadi  
MARUM - Zentrum für Marine  
Umweltwissenschaften  
Univ. Bremen, Leobener Str., 28359 Bremen,  
Germany

Indonesische Partner / Indonesian partners:

Dr. Haryadi Permana  
Earth Dynamics and Geological Disaster Division  
Research Center for Geotechnology  
Indonesia Institute of Sciences (LIPI)  
Jl. Sangkuriang, Bandung – 40135, Indonesia

### 2.2.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse

Insgesamt wurden 10 marine Sedimentkerne, die vor 4 unterschiedlichen Flussläufen, zwei vor der Insel Borneo (Jelai und Pembuang) und zwei vor Java (Citarum und Solo), gewonnen wurden (Abb. 2.2.1), entlang ihres Tiefenprofils in 1-3 cm Intervallen beprobt. An 5 dieser Kerne konnte mittels  $^{14}\text{C}$ -Datierung ein Altersmodell erstellt werden. Die jeweiligen Sedimentschichten wurden auf die Zusammensetzung des organischen und anorganischen Materials (organischer Kohlenstoff ( $\text{C}_{\text{org}}$ ), anorganischer Kohlenstoff ( $\text{C}_{\text{inorg}}$ ) und Gesamtstickstoff (TN)) sowie auf stabile Kohlenstoff- und Stickstoff-Isotopenverhältnisse ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  und  $\delta^{15}\text{N}$ ), biogenes Opal und ihre Aminosäurezusammensetzung hin untersucht.



Abb. 2.2.1: Übersicht über die im CAFINDO TP2 analysierten Sedimentkerne aus der Java See, Indonesien.

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff und Stickstoff variierte in dem Jelai-Kern sowie dem küstennahesten Pembuang-Kern vor Borneo auf einem ähnlichen Level wie in den Kernen vor dem Solo, Java (Abb. 2.2 & 2.3). Eine stärkere Variabilität in dem Gehalt an organischem Kohlenstoff und Stickstoff in dem Kern 1609-5 im Vergleich zum Kern 1609-30 deutet auf einen temporären Einfluss der Flussfahne des Solo an dem küstennäheren Kern 1609-5 hin. Ebenso war der Kern 1612-26 weniger von der Flussfahne des Pembuang beeinflusst, als der Kern 1612-23 mit höheren  $\text{C}_{\text{org}}$  und TN Werten. Insgesamt sind die Werte an organischem Kohlenstoff und Stickstoff jedoch sehr gering, was auf eine starke "Verdünnung" mit lithogenem Eintrag von Land und/oder auf starke Degradation des organischen Materials zurückzuführen ist. Klare Trends über das Holozän konnten für  $\text{C}_{\text{org}}$  nicht festgestellt werden, jedoch gab es einen leichten Anstieg des Anteils an TN in den Kernen vor dem Solo (Abb. 2.2.3), was auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen sein könnte.

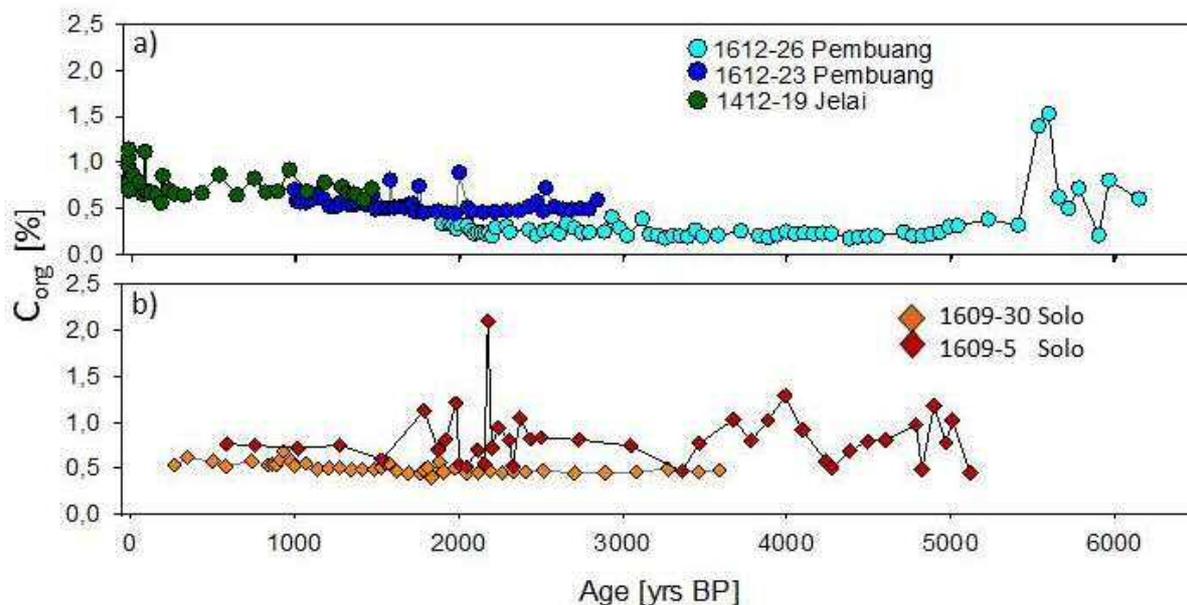


Abb. 2.2.2: Organische Kohlenstoffgehalte ( $C_{org}$ ) in datierten Sedimentkernschichten vor Borneo (a) und Java (b).

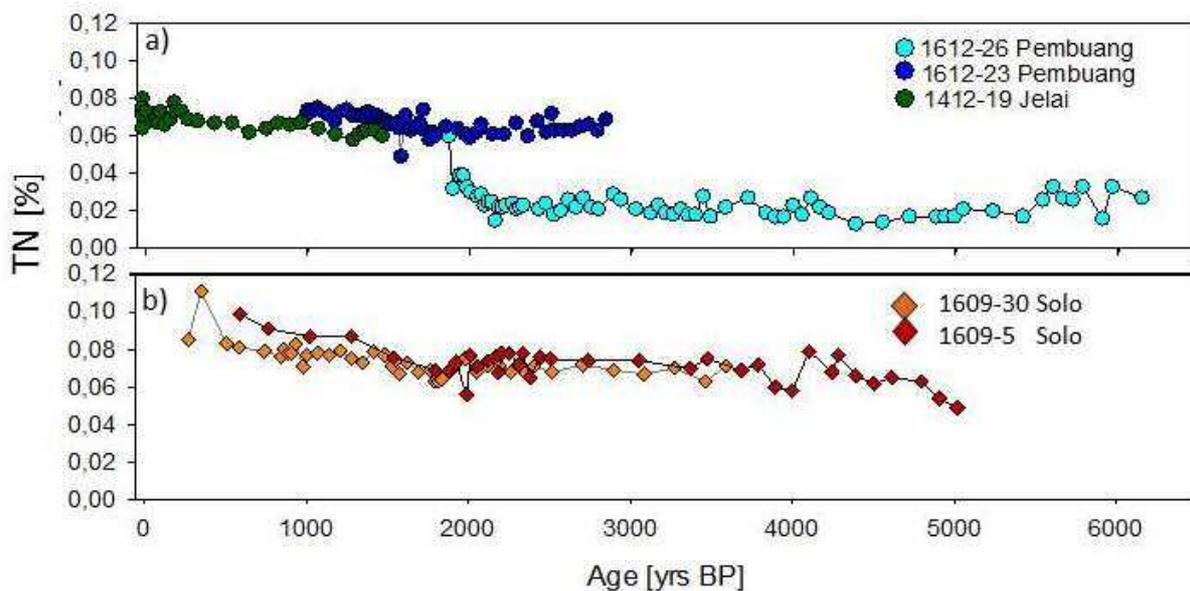


Abb. 2.2.3: Stickstoffgehalte (TN) in datierten Sedimentkernschichten vor Borneo (a) und Java (b).

Relativ hohe C/N Verhältnisse und niedrige  $\delta^{13}C_{org}$  und  $CaCO_3$  Werte deuten darauf hin, dass der Jelai-Kern den größten Anteil terrestrischen organischen Materials enthält (Abb. 2.2.4, 2.2.5 & 2.2.6). Dagegen weisen ein geringes C/N Verhältnis nahe dem Redfield-Verhältnis, hohe  $CaCO_3$ -Werte sowie hohe  $\delta^{13}C_{org}$  Werte zwischen -18 und -22 ‰, wie es z.B. in 1609-30 der Fall ist, auf einen großen Anteil autochthonen, marinen Materials hin. Starke Schwankungen in diesen Parametern im zeitlichen Verlauf, wie z.B. in 1609-5 sowie vor etwa 5500 Jahren in 1612-26 deuten auf den temporären Einfluss der jeweiligen Flussfahnen hin, welche möglicherweise auf Grund von Perioden mit Starkregenereignissen bzw. feuchteren Phase eine erhöhte Fracht an terrestrischen Material in die Java See eintrugen. Bei 1612-26

könnte aber auch eine Torfschicht verantwortlich für den hohen Anteil allochthonen organischen Materials sein.

Auf Grund des im Jelai-Kern stets hohen Anteils an terrestrischen organischen Material, hat sich die Hypothese, dass der Eintrag an organischem Kohlenstoff und Stickstoff von Land im Laufe des Holozäns vor Java generell mehr als vor Borneo zugenommen hat nicht bestätigt. Jedoch sind 1412-19 vor dem Jelai gemeinsam mit 2010-19 und 2010-20 (siehe unten) auch die einzigen Kerne, welcher zeitlich bis ins Anthropozän reichen.

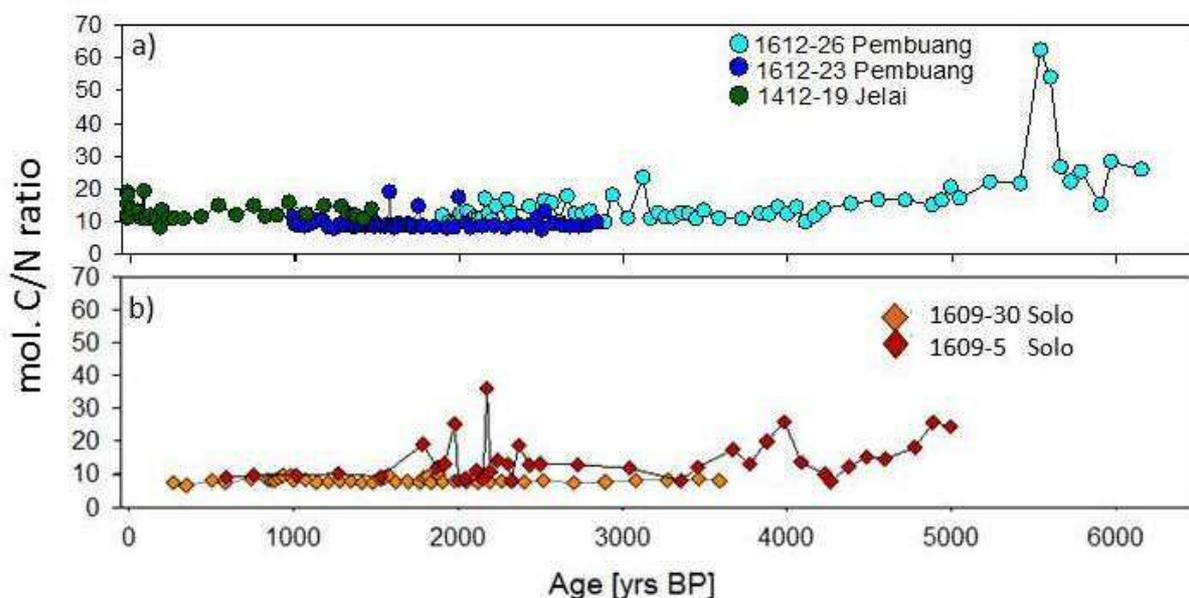


Abb. 2.2.4: Molares Kohlenstoff zu Stickstoff Verhältnis (mol. C/N ratio) in datierten Sedimentkernschichten vor Borneo (a) und Java (b).

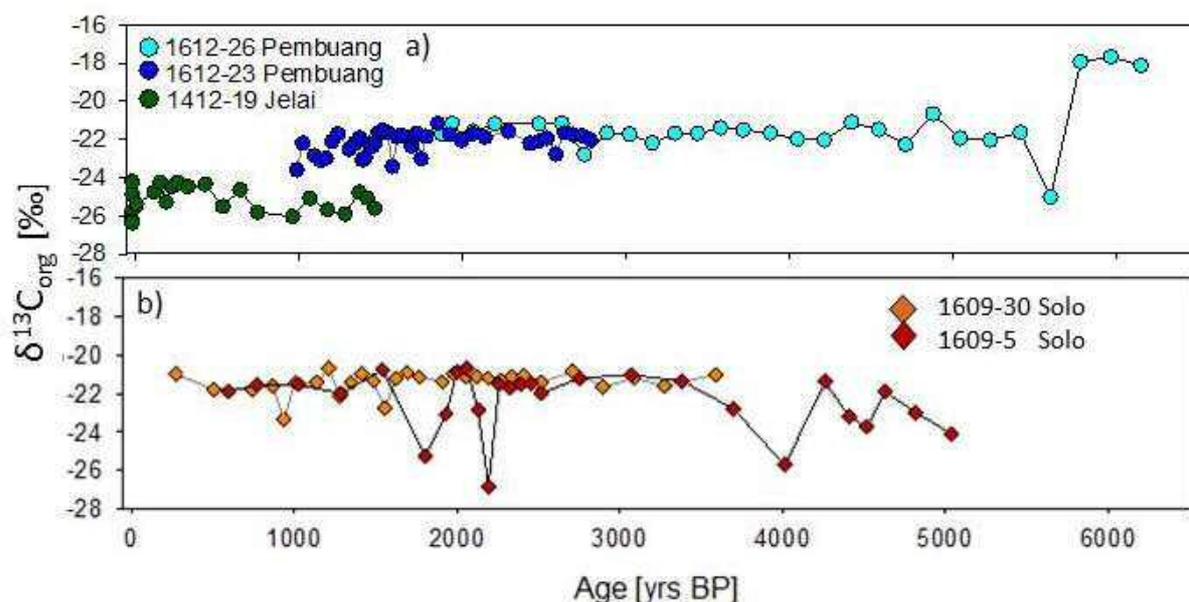


Abb. 2.2.5: Stabile Kohlenstoffisotopenverhältnisse ( $\delta^{13}C_{org}$ ) in datierten Sedimentkernschichten vor Borneo (a) und Java (b).

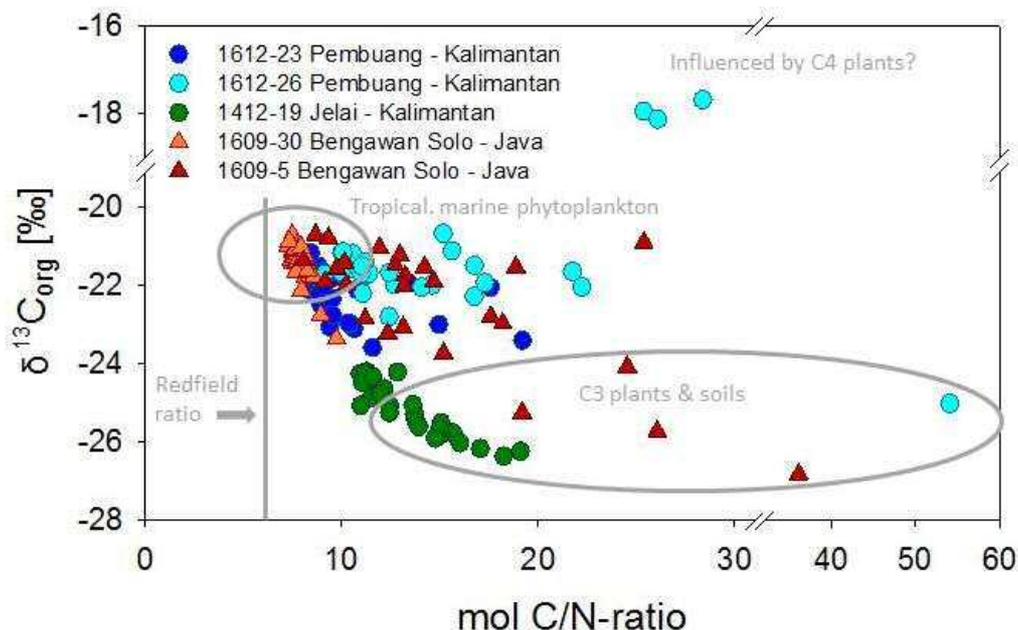


Abb. 2.2.6: Molares Kohlenstoff zu Stickstoff Verhältnis (mol. C/N ratio) versus stabile Kohlenstoffisotopenverhältnisse ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ) in datierten Sedimentkernschichten vor Borneo und Java.

### Veränderungen im Kohlenstoff und Stickstoffeintrag in die Java See auf Grund von Rodungsaktivitäten auf Borneo

In dem Kern 1412-19, gewonnen vor dem Fluss Jelai, zeigte sich, dass die Sedimentationsrate in den oberen 17 cm, welche in etwa die Epoche ab 1970 widerspiegelt, signifikant höher war als in den tieferen Schichten (Abb. 2.2.7). Gleichmaßen stieg in dieser Zeit auch der Anteil des Gesamtstickstoffs und des organischen Kohlenstoffs im Sediment an. Beide Faktoren führten zu extrem gestiegenen Stickstoff- und Kohlenstoff Akkumulationsraten im jüngsten Kernteil. Dieser Anstieg in den TN und  $\text{C}_{\text{org}}$  Gehalten wurde gleichermaßen auch in den nahegelegenen Kernen 1412-16 und 1412-18 gefunden (Daten hier nicht gezeigt), für welche jedoch kein Altersmodell vorliegt. Das teils sehr niedrige  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  und das hohe C/N Verhältnis (Abb. 2.2.8) weisen auf einen primär terrestrischen Ursprung des organischen Materials hin. Die Ursache für diesen Anstieg an terrestrischen organischen Material ist vermutlich die zunehmende Regenwaldrodung im Einzugsgebiet des Jelai seit ca. 1970 (Abb. 2.2.9), welche zu einer verstärkten Bodenerosion und damit zum Bodeneintrag in die Küstengebiete geführt hat. Signifikant gestiegene Konzentrationen an biogenem Opal in den oberen Kernschichten (Abb. 2.2.8) lassen zudem auf einen erhöhten Eintrag von Nährstoffen in die Küstengewässer schließen. Diese Nährstoffe stammten vermutlich einerseits vom Abbau des verstärkt eingetragenen organischen Materials, andererseits von Düngemitteln aus den entstandenen Palmölplantagen im Einzugsgebiet, welche durch Regen eingespült wurden. Diese Nährstoffe erhöhten die Phytoplanktonproduktion und veränderten die Phytoplanktonzusammensetzung hin zu einer Dominanz an Diatomeen auf Kosten kalzifizierender Mikroalgen.

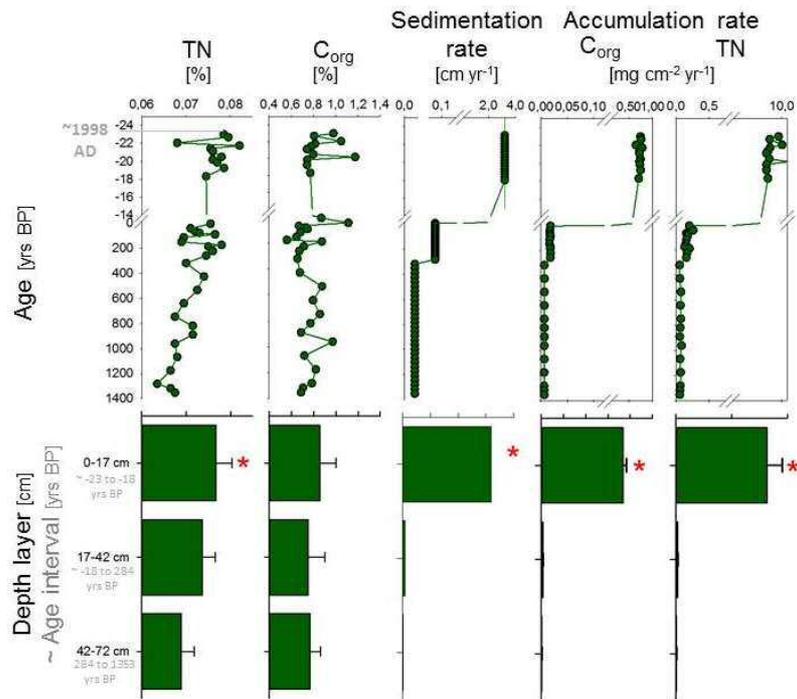


Abb. 2.2.7: Gehalte und Anreicherung des organischen Materials in dem Kern 1412-19, der vor dem Einzugsgebiet des Flusses Jelai auf Borneo gewonnen wurde, und der hauptsächlich sehr junge Sedimente enthält. \*: Die oberste zusammengefasste Sedimentschicht ist signifikant unterschiedlich von der untersten (und mittleren) Sedimentschicht (ANOVA und Turkey Test mit  $p \leq 0.05$ ).

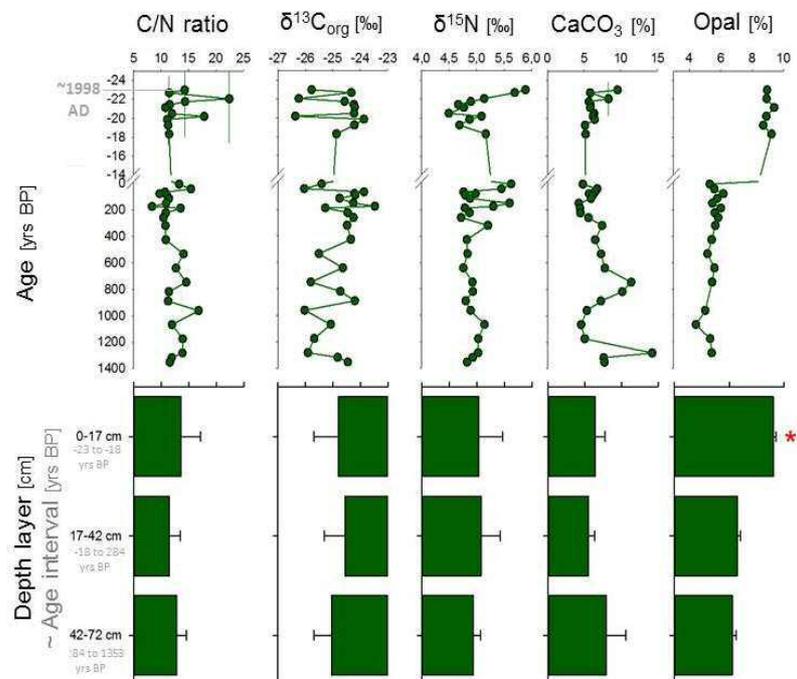


Abb. 2.2.8: Biogeochemische Quellenparameter des Sedimentes (molares C/N Verhältnis, stabile Kohlenstoff- und Stickstoffisotopenverhältnisse, Karbonatgehalt, Opalgehalt) in dem Kern 1412-19 (siehe auch Abb. 2.2.7). \*: Die oberste zusammengefasste Sedimentschicht ist signifikant unterschiedlich von der untersten (und mittleren) Sedimentschicht (ANOVA und Turkey Test mit  $p \leq 0.05$ ).

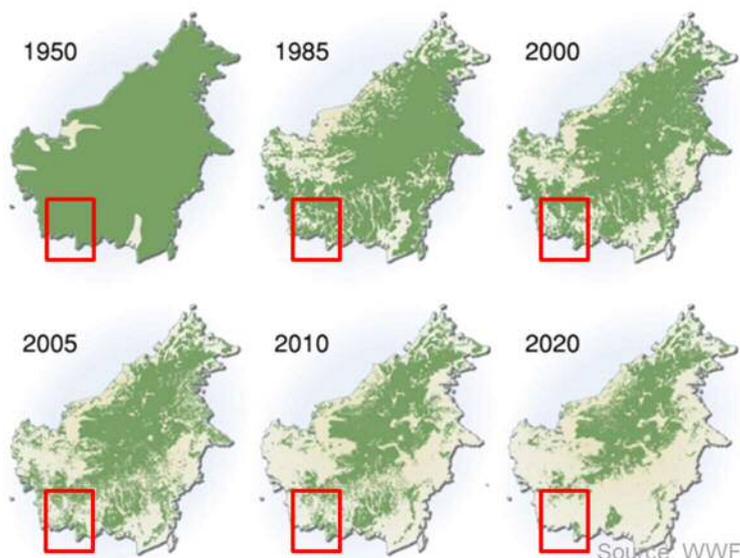


Abb. 2.2.9 Abnahme der Flächen des tropischen Regenwaldes zwischen 1950 und 2010 und die entsprechende Prognose für 2020. Quelle: WWF.

Diese Interpretation der biogeochemischen Daten wird unterstützt von den Daten aus dem Teilprojekt 3: Ein signifikanter Rückgang an Pollen von Mangroven- und Regenwaldbäumen sowie eine Zunahme an Pollen von Pionierpflanzen und ein extrem erhöhtes Auftreten von Mikrokohlepartikeln (siehe Kapitel 2.3 und Abb. 2.2.10) im obersten Kernteil spiegeln klar die Auswirkung großflächiger Brandrodung im Einzugsgebiet des Jelais wider. Die Eutrophierungserscheinungen im Küstenbereich werden ferner durch das signifikant höhere Auftreten von eutrophen Zysten bestätigt. Somit konnten aus einer Kombination biogeochemischer und palynologischer Proxies die Ursachen und Folgen menschlicher Landnutzungsveränderung anhand eines marinen Sedimentkerns klar nachgewiesen werden.

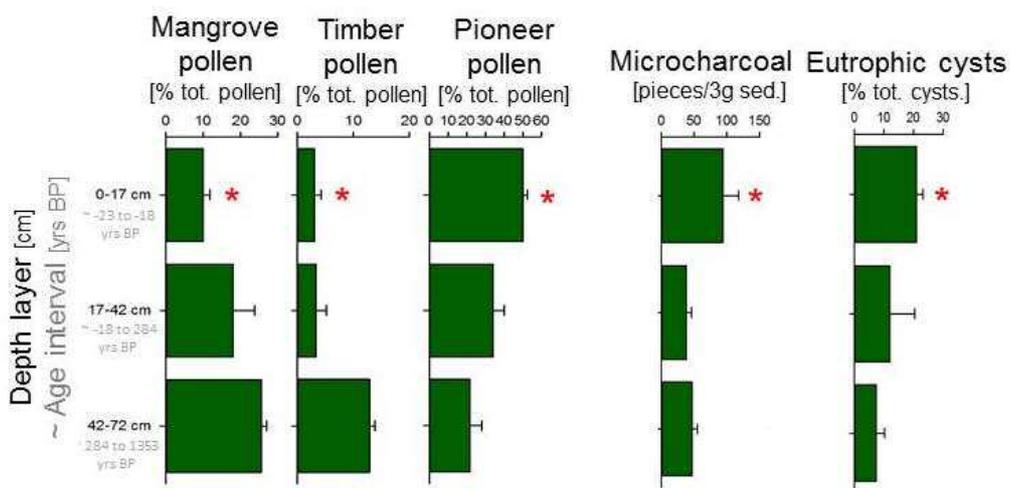


Abb. 2.2.10: Auszug der palynologischen Ergebnisse von CAFINDO TP3 im Kern 1412-19 vor dem Einzugsgebiet des Flusses Jelai auf Borneo.

### Veränderungen im Kohlenstoff und Stickstoffeintrag während des späten Holozäns in Jakarta Bay, Java

Auch in Sedimentkernen, die vor dem Citarum auf Java, welcher derzeit zu den am meisten verschmutzten Flüssen weltweit gezählt wird, gewonnen wurden, konnten Trends zu einem erhöhten Anteil an organischer Substanz in den oberen Sedimentschichten festgestellt werden (Abb. 2.2.11): In Kern 2010-19 war der Anteil des Gesamtstickstoffs in den jüngsten Schichten in etwa doppelt so hoch wie in den tieferen Schichten.  $C_{org}$  und biogenes Opal wiesen in den obersten Schichten ebenfalls leicht erhöhte Gehalte auf, während die Kalziumkarbonatgehalte verringert waren. Höhere C/N Werte, sowie niedrigere  $\delta^{13}C_{org}$  Werte deuten zudem auf einen größeren Anteil an terrestrischem organischem Material in den obersten Schichten hin. Diese Befunde lassen sich vermutlich auf anthropogene Ursachen, wie fortschreitende und intensiviertere Urbanisierung, Aquakultur und Landwirtschaft im Einzugsgebiet des Citarum, zurückführen.

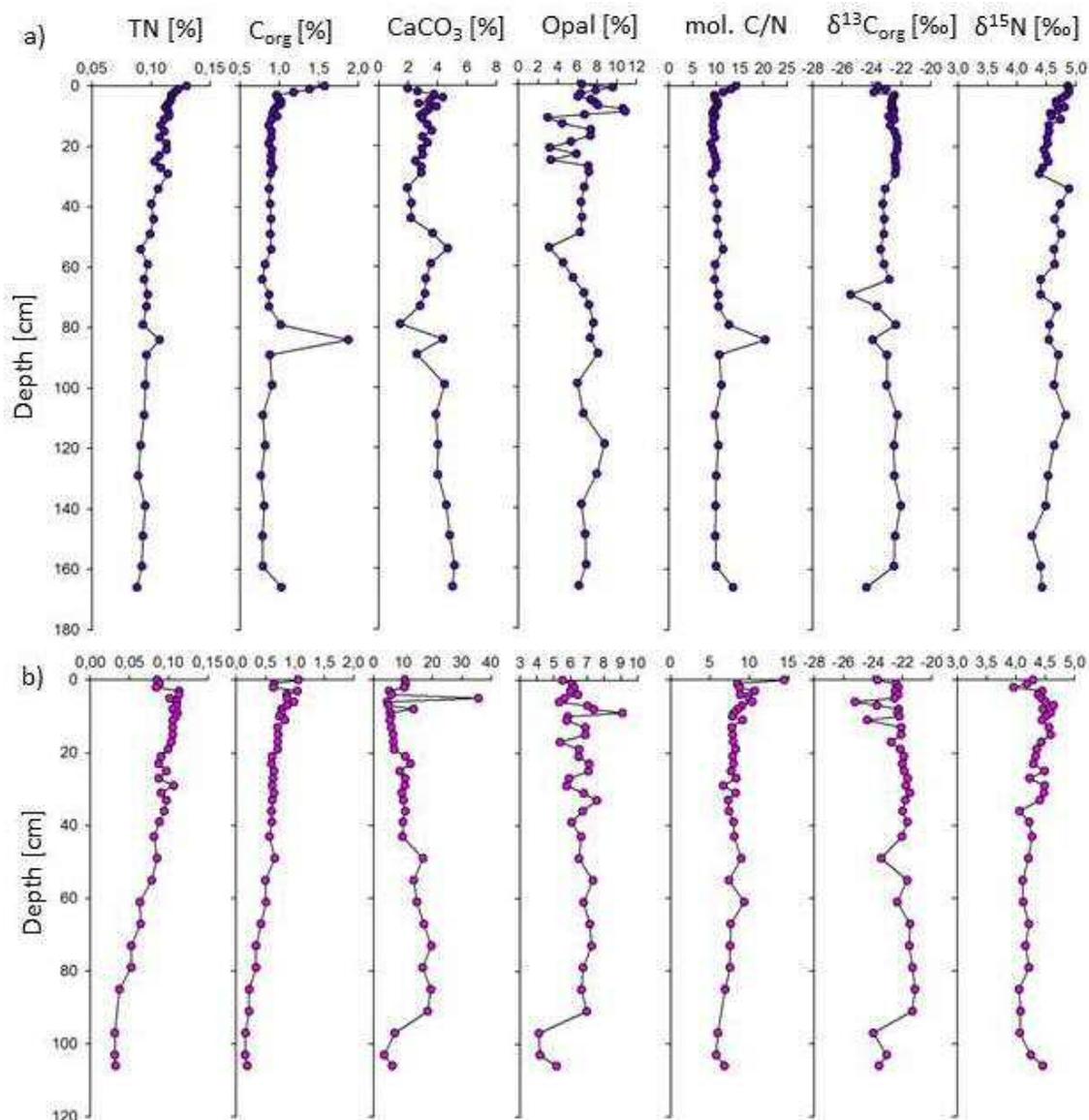


Abb. 2.2.11: Tiefenprofile biogeochemischer Parameter (Stickstoff-, organischer Kohlenstoff- und Karbonatgehalt sowie molares C/N Verhältnis und stabile Kohlenstoff- und Stickstoffisotopenverhältnisse) in den Kernen 2010-19 (a) und 2010-20 (b) aus der Jakarta Bay vor dem Einzugsgebiet des Flusses Citarum, Java.

In Kern 2010-20 waren die Trends ähnlich wie in Kern 2010-19, TN und  $C_{org}$  Anteile waren jedoch generell geringer, was darauf schließen lässt, dass dieser Kern weniger vom Citarum beeinflusst war. Da mangels datierbarer Karbonatschalen keine Altersmodelle für diese Kerne aus der Jakarta Bay an Hand von  $^{14}C$ -Messungen erstellt werden konnte, wurde versucht über die Messung der Radionuklide  $^{137}Cs$  und  $^{210}Pb$  Aufschluss über das Alter der Sedimentschichten zu erhalten. Für den Kern 2010-19 deuten beide Parameter (Abb. 2.2.12a) auf eine Sedimentationsrate zwischen 1 und 2  $cm\ yr^{-1}$  hin und bestätigen das junge Alter der Sedimente in den obersten 65 cm (65 cm entspricht in etwa 1960; Schichten tiefer als 100 cm sind älter als 100 Jahre). Ein konkretes Altersmodell konnte jedoch auf Grund einer hohen Variabilität in den Messergebnissen nicht erstellt werden. In Kern 2010-20 deuten die  $^{210}Pb$ -Werte auf eine geringere Sedimentationsrate von deutlich unter 1  $cm\ yr^{-1}$  hin (Abb. 2.2.12b), was auf einen geringeren Eintrag des Citarum zu dieser Kernlokation im Vergleich zu Kern 2010-19 hinweist.

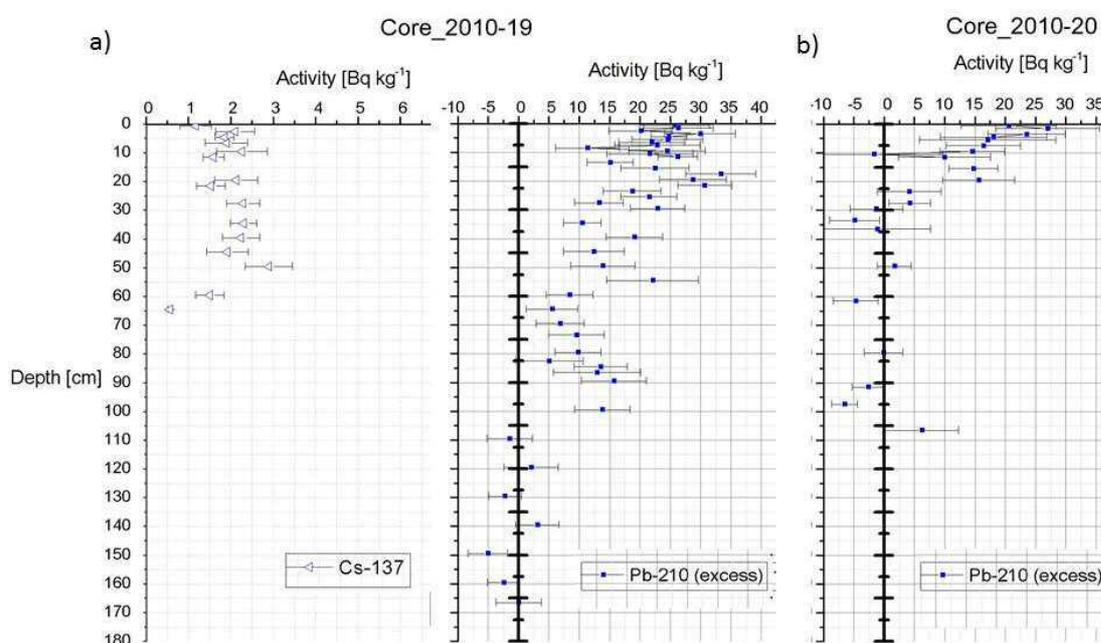


Abb. 2.2.12: Altersbestimmung mittels Radionukliden:  $^{137}Cs$  und  $^{210}Pb$  Werte entlang des Tiefenprofils an Kern 2010-19 (a) und  $^{210}Pb$  Werte an Kern 2010-20 (b) vor dem Citarum, Java.

### Fazit

Aus den im Zuge dieses Teilprojekts durchgeführten biogeochemischen Untersuchungen mariner Sedimentkerne, die in der Java See vor Flussläufen genommen wurden, lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Anthropogene Veränderungen während des späten Holozäns (Verstärkung/Intensivierung der Urbanisierung, Landwirtschaft und Aquakultur) haben zu einem verstärkten Eintrag terrestrischen organischen Materials in die Küstengebiete geführt.
- Küstennahe Sedimentkerne weisen in der Regel einen höheren Anteil und höhere Variabilität im Eintrag organischen Materials auf als küstenfernere Kerne, da sie stärker von den Flüssen und deren Abflussvariabilität geprägt sind.
- Es kann nicht allein auf Grund einer größeren Bevölkerungsdichte auf Java generell von einem größeren und verstärkt zugenommenen Eintrag an organischem Kohlenstoff und Stickstoff von Land im Laufe des Holozäns ausgegangen werden als vor Borneo.

So haben großflächige Rodungsaktivitäten im Einzugsgebiet des Jelai während der letzten Jahrzehnte zu einem ähnlichen Anstieg an organischem Material im Sediment geführt, wie vor dem stark besiedelten Einzugsgebiet des Citarum.

- Marine Sedimentkerne im Küstenbereich sind wertvolle Archive um durch biogeochemische Untersuchungen Veränderungen in Flusseinzugsgebieten zu rekonstruieren. Sie sind jedoch auch stark von lokalen Faktoren (z.B. Hydrologie, mögliche Abbauraten,...) geprägt, welche das Ziehen direkter Rückschlüsse auf Prozesse im Flusslauf limitieren können.

## 2.2.2 Publikationen

### Bereits erschienen:

- Poliakova, A., K.A.F. Zonneveld, L. Herbeck, T.C. Jennerjahn, H. Permana, C. Kwiatkowski, H. Behling (2016). High resolution multi-proxy reconstruction of environmental changes in coastal waters of the Java Sea, Indonesia, during the late Holocene. *Palynology*, doi:10.1080/01916122.2016.1162865

### Manuskripte in Vorbereitung:

- Herbeck, L., Poliakova, A., (Kwiatkowski, C.), (Permana, H.), Jennerjahn, T. in prep. Logging on Kalimantan: Sediment archives from the Java Sea elucidate related coastal impacts during the Anthropocene.
- Herbeck, L.S., Kiragosyan, G., (Pérez Mayo, M., Pittauer, D., Fischer, H.), Jennerjahn, T.C. in prep. Late Holocene variation in amount and sources of carbon and nitrogen in two sediment records from Jakarta Bay, Java, Indonesia.

### Abschlussarbeiten:

- Winkler, O. 2014. Quellen und Zusammensetzung organischer Substanz in spätholozänen Sedimenten der Java See. Bachelorarbeit, Universität Bremen

## 2.2.3 Tagungsbeiträge

- Late Holocene carbon and nitrogen input into the Java Sea recorded in sediment cores off rivers from Java and Kalimantan. Lucia S. Herbeck, Cornelia Kwiatkowski, Mahyar Mohtadi, Tim C. Jennerjahn. European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 27 April -2 May 2014, Poster
- Gradients in carbon and nutrient input into the Java Sea related to human activities in river catchments during the Late Holocene. Lucia S. Herbeck & Tim C. Jennerjahn. SPICE Final Conference, Denpassar, Indonesia, 19.-20. January 2016, Poster
- Late Holocene variation in amount and sources of carbon and nitrogen in two sediment records from Jakarta Bay, Java, Indonesia. Lucia S. Herbeck, Gayane Kiragosyan, Tim C. Jennerjahn. ECSA 56, Bremen, Germany, 4-7 September 2016, Poster

### 2.3. Eingehende Darstellung der Projektergebnisse aus dem CAFINDO-Teilprojekt 3

**Spätholozäne Vegetations-, Klima- und Feuedynamik sowie menschlicher Einfluss in Java und im Kalimantan basierend auf Pollen-, Sporen- und Holzkohleablagerungen in der Java**

**See**

**Vegetation, climate, fire dynamics and human impacts in Java and Kalimantan inferred from pollen, spore and charcoal deposits in the Java Sea during the Late Holocene**

im Rahmen des F & E-Verbundvorhabens

**Klimatische vs. anthropogene Steuerung Spät-Holozäner Umweltveränderungen mit Auswirkungen auf indonesische Meeres-, Küsten- und Festland-Ökosysteme**

**Climate versus anthropogenic forcing of Late Holocene environmental change affecting Indonesian marine, coastal, and terrestrial ecosystems (CAFINDO)**

im Rahmen des F & E-Verbundprojektes

**SPICE III - Wissenschaft zum Schutz der Küstenökosysteme Indonesiens**

Topic 5: Meeresgeologie und Geochemie

**SPICE III - Science for the Protection of Indonesian Coastal Ecosystems**

Topic 5: Marine Geology and Geochemistry

**Dauer / Duration: 1.3.2012 – 28.2.2016**

**FKZ 03F0645C**

**Antragsteller / Proponents**

Prof. Dr. Hermann Behling (Projektleitung)  
Department of Palynology and Climate Dynamics  
University of Göttingen,  
Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen  
Hermann.Behling@bio.uni-goettingen.de  
Tel. +49 551 39 5728

in Kooperation mit / in cooperation with

Deutsche Partner / German partners:

PD Dr. Tim Jennerjahn  
Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT)  
Fahrenheitstr. 6, 28359 Bremen,  
Germany

Prof. Dr. Dierk Hebbeln  
Dr. Mahyar Mohtadi  
MARUM - Zentrum für Marine  
Umweltwissenschaften, Univ. Bremen  
Leobener Str., 28359 Bremen, Germany

Indonesische Partner / Indonesian partners:

Dr. Haryadi Permana  
Earth Dynamics and Geological Disaster Division  
Research Center for Geotechnology  
Indonesia Institute of Sciences (LIPI)  
Jl. Sangkuriang, Bandung – 40135, Indonesia

### 3.2.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse

The investigations in this subproject are based on the analysis of four marine sediment cores (Table 3.2.1; Fig. 3.2.1) taken from the Java Sea during the scientific cruises of the RV “Baruna Jaya” and an unknown RV in 1995-1998 off South Kalimantan (Jelai and Pemuang rivers) and off North-East Java (Solo River). The age schemes of the marine sediment cores are presented in the Fig. 3.2.1.

Table 3.2.1: Summarized information on the sites and sediment material studied.

		1412-19	1612-23	1612-26	1609-30	JAM-2
Type of material		Sediment core	Sediment core	Sediment core	Sediment core	Sediment trap
Core site		Off Jelai River, SW Kalimantan; Java Sea	Off Pemuang River, S Kalimantan; Java Sea	Off Pemuang River, S Kalimantan; Java Sea	Off river Solo, E Java; Java Sea	off SW Java; SE Indian Ocean
Core position	Latitude	S3° 15' 28.8"	S3° 35' 21.8"	S3° 47' 39.5"	S6° 29' 49.79"	S 08° 17' 30"
	Longitude	E110° 38' 59.4"	E112° 44' 13.6"	E112° 34' 7.0"	E112° 28' 31.3"	E 108° 02' 00"
Water depth, m		9.7	20	56,3	50	2200
Core length, cm		91.5	134	100	96	-----
Year(s) of collection		1998	1995	1998	1995	2001-2002
Approximate age, cal yr BP		1200	2850	6500	3600	modern
Proxies studied		Pollen, dinocysts, microcharcoal	Pollen, dinocysts, microcharcoal	Pollen, dinocysts	Dinocysts, biogeochemical parameters	Pollen

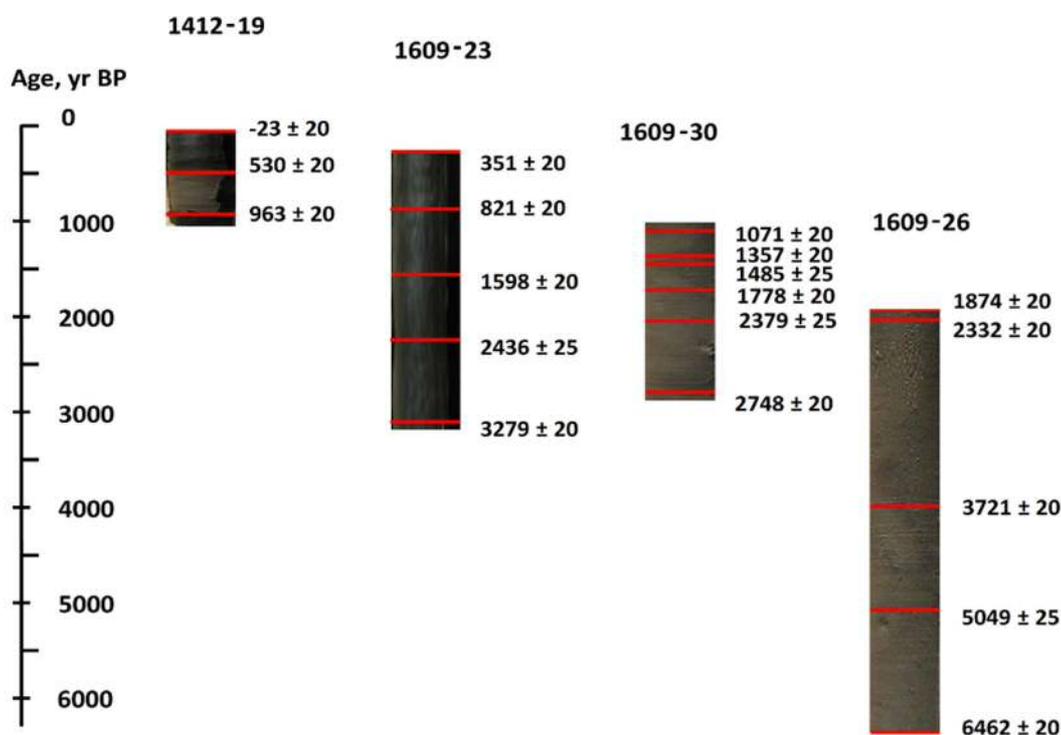


Fig. 3.2.1: Age scheme of the marine sediment cores used for the present study. The radiocarbon dates have been obtained as part of the CAFINDO subproject 1. Radiocarbon dating (Stuiver and Polach, 1977) and calibration (CALIB 7, marine 13: Stuiver and Reimer, 1993) consider a reservoir age of 90 yr (Southon et al., 2002).

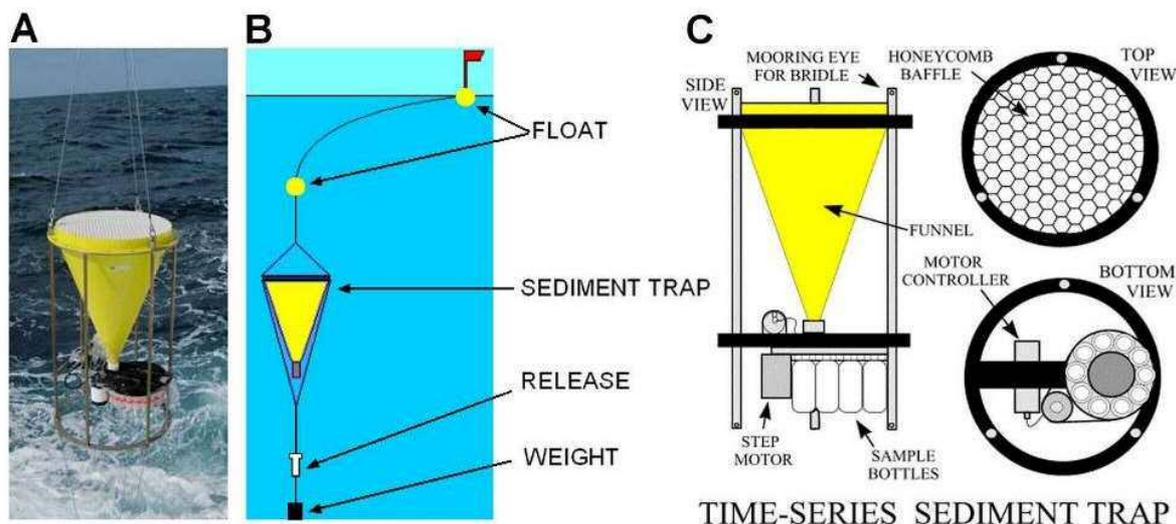


Fig. 3.2.2: Marine time-series sediment trap Parflux Mark 7G-21 (A) general view, from <http://www.mbari.org/expeditions/Smith2011/logbook/day4.htm>; (B) scheme of the trap mooring, slightly modified after: <https://depts.washington.edu/soundcit/about/oceanographic-equipment/sediment-trap-schematic>; (C) principal scheme of the time-series sediment trap, from: Gallery of common sediment sampling devices, [http://woodshole.er.usgs.gov/openfile/of2005-1001/html/docs/sediment\\_traps](http://woodshole.er.usgs.gov/openfile/of2005-1001/html/docs/sediment_traps).

Besides, for the study of modern pollen transportation and translocation in marine realm the material collected with help of the sediment trap JAM-2 was used. The trap had been moored in the Indian Ocean off SW Java (scheme of trap is given above, see Fig. 3.2.2) between December 2001 and November 2002 and collected in 2005 during the cruise SO-184, PABESIA, of RV SONNE. Trap mooring water depth was about 2200 m; sampling intervals were 16 days each.

### Sampling and analytical strategy

In a joint effort of all Indonesian and German partners sediment samples from the Java Sea were selected. Land-derived pollen, spores and charcoal particles were investigated in order to assess the relevant present-day distribution patterns for calibration of these proxies. The already existing reference collection of pollen and spores in the University of Göttingen (Albrecht-von-Haller-Institute for Plant Sciences, Department of Palynology and Climate Dynamics) was extended. Based on the sediment data, three sites (Fig. 3.2.3) each off major river mouths from Java (Benganwan Solo) and Kalimantan (Pembuang, Jelai) were selected and the respective Indonesian sediment cores have been analyzed for pollen and spore following Faegri and Iversen (1975). Organic-walled dinoflagellate cyst analysis was carried out after Zonneveld et al. (2009). In addition, biogeochemical (after Mortlock and Froelich, 1989) and microcharcoal analysis were performed (Finsinger and Tinner, 2005).

### Results and Discussion

The results obtained during this research project give a good illustration to all advantages of a combined use of independent proxies for environmental reconstructions in SE Kalimantan and NE Java as well as in the Java Sea. Pollen/spore and organic-walled dinocyst records, being applied together, allow a better and more comprehensive interpretation of palaeoenvironmental conditions of the past. If driven by the same group of factors (e.g. related to human activity), they show a good correlation as our studies on marine sediment cores 1412-19 (South Kalimantan) and 1609-30 (East Java) illustrate (Fig. 3.2.6).

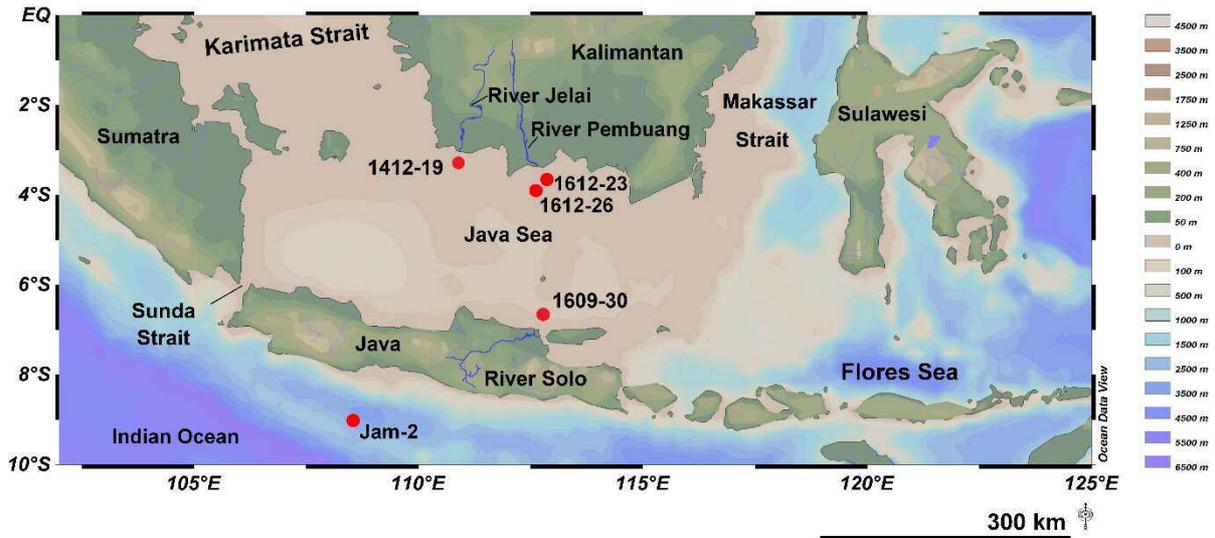


Fig. 3.2.3. Schematic map of the study area. Positions of marine sediment cores and a sediment trap are shown with red dots.

The Principle Component Analysis (PCA) revealed clear relationships between samples and taxa. The PCA diagrams for pollen data (Fig. 3.2.4) show a distinct division of the samples into two groups: left and right parts of the plot. Samples that are characterized by high relative abundances of primary forest pollen types (i.e. *Agathis*, *Allophylus*, *Dacrycarpus*, *Dacrydium*, *Dipterocarpaceae*, *Phyllocladus* and *Podocarpus*) occupy the left sector. In contrast, the right sector comprises samples that are positively correlated with the percentages of pioneer taxa, such as *Acalypha*, *Ficus*, *Macaranga/Mallotus*, *Trema* and *Pandanus*. In case of core 1609-30, samples are positively correlated with secondary taxa belonging to pollen zone JP-4, which is the uppermost section of that core. In core 1412-19, these samples belong to depths below 25 cm (sample numbers indicated from 25 to 1 in the diagrams).

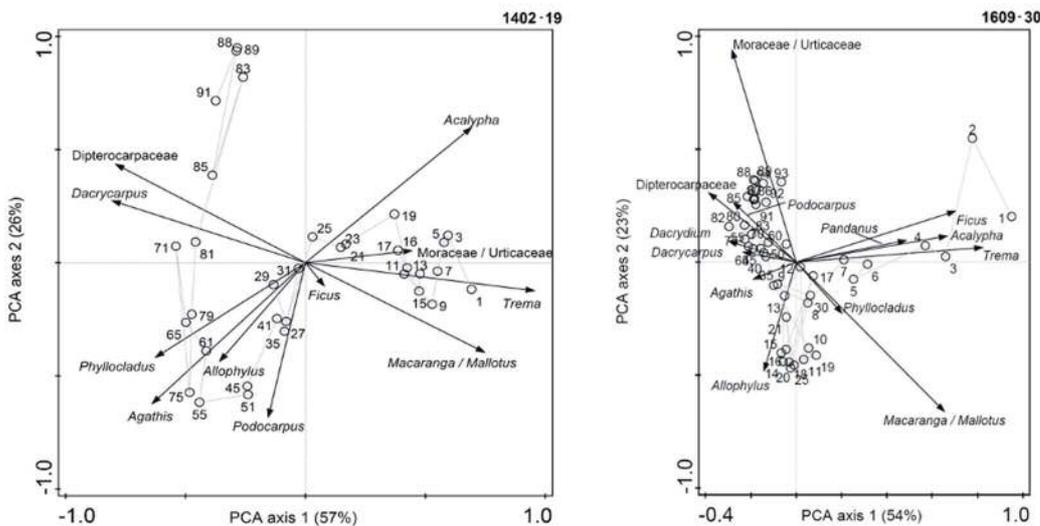


Fig. 3.2.4. Extraction from the ordination diagram of the principle component analysis (PCA) for pollen types from (A) core 1412-19 and (B) core 1609-30 (B). Only scores for timber trees pollen and pollen of the pioneer taxa are shown. The percentage values on the axes indicate the explained variation.

Results of the PCA of the dinocyst data are depicted in Fig. 3.2.5. Cosmopolitan dinocyst species that are characteristic for eutrophic waters (i.e. cyst of *Polykrikos schwartzii*, cyst of *P. kofoidii*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Nenatosphaeropsis labyrinthus*, *Selenopemphix nephroides*) are ordinated for both cores in the right sector of the diagram comparable to the ordination scores of the pioneer vegetation pollen types (Fig. 3.2.4).

PA comparison of the sample ordination scores in both PCAs reveals a high similarity between both datasets with similar samples ordinated on highly similar positions in both PCA spaces. Sample scores of both PCAs show a very strong correlation of about 0.98 and a disagreement measure value of about 0.004. The small PA errors reflected by the length of the short arrows indicate a high magnitude of similarity between paired diagrams. Based on PA the differences between the results of PCA for pollen and dinocyst datasets collected off Kalimantan as well as off Java can be described as minimal.

This study inferred, that environmental and vegetation changes in the region were mostly related to human activity during the recorded late Holocene. This is clearly reflected by both studied cores. In Java with its long history of agriculture and human settlements (e.g. Whitmore, 1975), changes were much more intensive and took place much earlier (since ca. 2950 cal yr BP) than in Kalimantan (since ca. 910 cal yr BP). A strong decline in timber trees, associated with an increase in herbs and pioneer taxa, is dated for core 1609-30 back to at least 870 cal yr BP, while for core 1412-19 such processes are evidenced only in modern times (from about 1940 AD) when increased population and intensification of human activity started in Kalimantan.

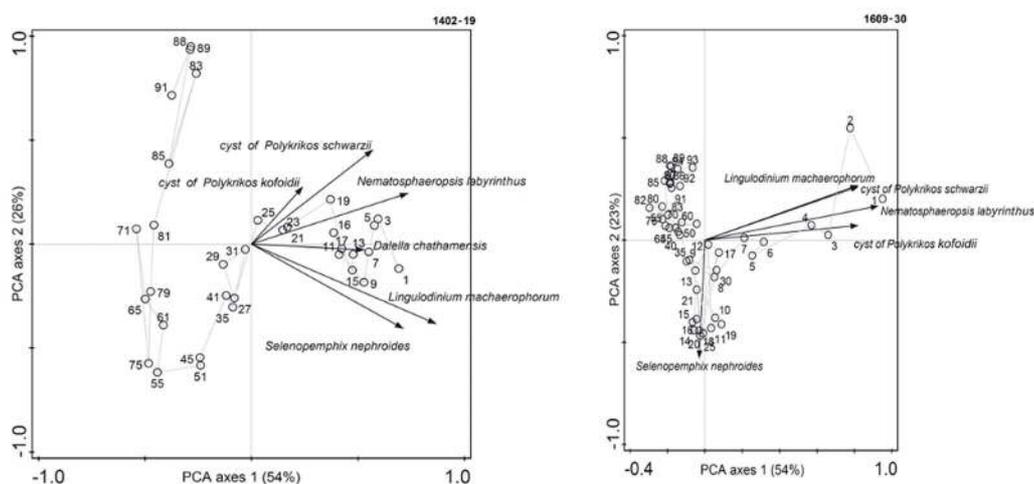


Fig. 3.2.5. Extractions from the ordination diagram of the principle component analysis (PCA) for dinocyst types from (A) core 1412-19 and (B) core 1609-30. Only scores for eutrophic dinotypes are shown. The percentage values on the axes indicate the explained variation.

Changes in the marine coastal realm in the Java Sea evidenced from the dinocyst analysis highly correspond to those on land (correlation is about 0.98 with disagreement measure value of ~0.004). They could be described as gradual changes from relatively well ventilated to more hypoxic and somewhat eutrophic conditions. Dinoflagellate associations off both, the river Solo mouth before 2275 yr BP and the river Jelai mouth at ca 1200 – ca 910 cal yr BP are composed of warm water and fully marine taxa. Near the coast of Java, the shift in the trophic status of water took place between ca 820 and 500 cal yr BP, while near the coast of Kalimantan this shift occurred as late as at the beginning of the 20th century. About the same time, a slight decrease in local salinity for the mouth of the river Jelai was found. The reason for that is not

clear: it can be connected to a bit drier conditions in the region because of reduced effective amount of precipitation or it might be a consequence of increased difference between rainy and dry seasons.

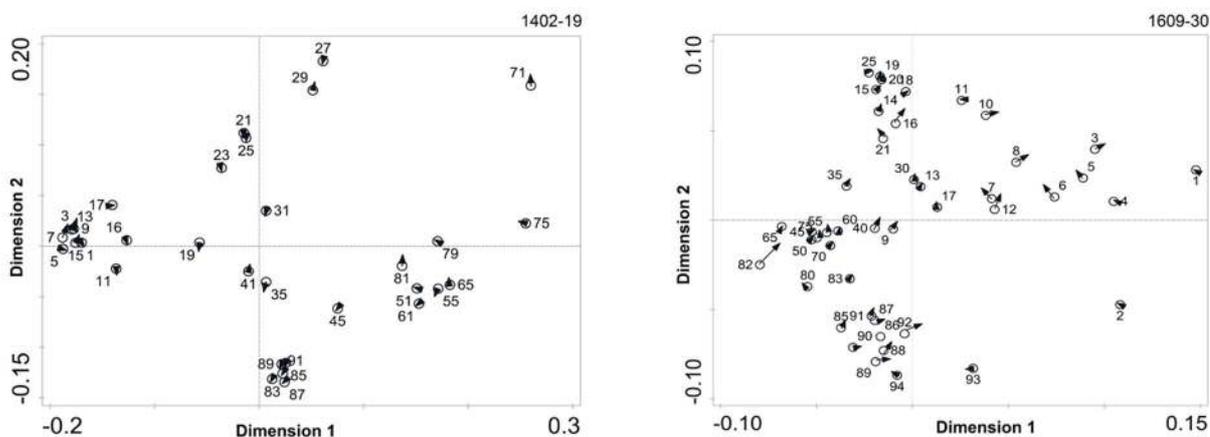


Fig. 3.2.6. Procrustes analysis errors in two-dimensional ordination space between pollen and dinocysts for the comparison of PCA ordinations of (A) core 1412-19 and (B) core 1609-30. The length of the arrows indicate the magnitude of similarity between paired sites with short arrows suggesting high similarity and long arrows suggesting low similarity.

The comparison of pollen and dinocyst data provided interesting insights on environmental changes in terrestrial and marine realm. About 40-70±20 years difference between changes in pollen and in dinoflagellates associations were diagnosed. To explain the occurrence of this time difference between pollen and dinocyst zones, one needs to recall that the secondary vegetation requires some time to develop, while the dinoflagellates being unicellular organisms may respond much faster. The observed 40-70 year difference between the beginning of dinocyst and pollen zones is about the time required for establishing a pioneer community in a disturbed area and a complete re-organization of the vegetation (Whitmore, 1975; Stuijts, 1993).

Basierend auf den heutigen Pollen- und Sporenablagerungen in einer Ozeansedimentfalle westlich von Java und den Pollen- und Sporenablagerungen aus vier Flachwasser-Kernen aus der Java-See vor Java und vor Kalimantan wurde ein Pollenatlas erstellt. Insgesamt wurden digitale Fotos und kurze morphologische Beschreibungen von insgesamt 138 Pollen- und 41 Sporentypen erstellt, einschließlich 14 nicht identifizierter Pollentypen und 32 nicht identifizierter Sporentypen. Der Atlas stellt die erste Dokumentation von marinen fossilen Pollen- und Sporentypen in Indonesien dar. Der Atlas kann künftig als Leitfaden für die Pollen- und Sporenidentifizierung dienen. Der Atlas ist online verfügbar unter: Poliakova, A., Behling, H. 2015. Pollen and fern spores recorded in recent and late Holocene marine sediments from the Indian Ocean and Java Sea in Indonesia. Quaternary International. Forum communication: pp.1-64: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/aip/10406182>.

The main outcomes of the project can be summarized as following:

(1) Main vegetation communities of SE Kalimantan and NE Java as well as their changes in time are documented in sediment deposits from the Java Sea, although a roll of pollen transported from a long distance (e.g. from the continental Asia, Sumatra, and N Australia) needs to be considered.

(2) Anthropogenic environmental changes play a greater role in the dynamics of the past communities in SE Kalimantan and NE Java during the last ca. 3500 years; the signals of natural dynamics are strongly influenced by anthropogenic activity.

(3) Anthropogenic activity related to land use (e.g. logging, agriculture and plantations development, aquaculture and/or fires) increased during the Late Holocene/Anthropocene, particularly in Java.

(4) Environmental changes are reflected both in pollen/spores and dinoflagellates assemblages; the pollen-based signal from land is delayed about 50-70 years compared to the dinocysts-based signal from the sea.

(5) Stronger anthropogenic environmental changes in the island of Java started about 2000 years earlier than in southern Kalimantan.

### 2.2.2 Publikationen

- Poliakova, A., K.A.F. Zonneveld, L. Herbeck, T.C. Jennerjahn, H. Permana, C. Kwiatkowski, H. Behling (2016). High resolution multi-proxy reconstruction of environmental changes in coastal waters of the Java Sea, Indonesia, during the late Holocene. *Palynology*, doi:10.1080/01916122.2016.1162865
- Poliakova, A., Behling H., 2016. Fossil pollen and fern spores recorded in the late Holocene marine sediments from the Java Sea. *Quaternary International* 392: 251-314. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marmicro.2014.06.006>
- Poliakova, A., Rixen, T., Jennerjahn, T., Behling, H., 2014. Eleven month High Resolution Pollen and Spore Sedimentation Record off SW Java in the Indian Ocean. *Marine Micropaleontology* 111: 90-99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.06.046>
- Poliakova, A., Behling, H. 2015. Pollen and fern spores recorded in recent and late Holocene marine sediments from the Indian Ocean and Java Sea in Indonesia. *Quaternary International*. Forum communication: pp.1-64: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/aip/10406182>.

#### Abschlussarbeiten:

- Poliakova, A., 2015. The late Holocene history of vegetation, climate, fire dynamics and human impacts in Java and Southern Kalimantan. Diss., Universität Göttingen, <http://hdl.handle.net/11858/00-1735-0000-0028-8832-9>.

### 2.2.3 Tagungsbeiträge

- Poliakova, A., Zonneveld, Karin .A.F., Herbeck, L., Behling, H., 2016. Last ca 2800 yr history of the Java sea environment reconstructed based on the organic-walled dinoflagellate cysts. 46th Annual Conference of the Society for Tropical Ecology (GTÖ), "Tropical diversity, ecology and land use", 23-26 February, 2016. Göttingen, Germany.
- Poliakova, A., Behling, H., 2016. Pollen and fern spores recorded in recent and late Holocene marine sediments from the Java Sea and SE Indian Ocean. Final Conference for the Joint German-Indonesian Research Program SPICE (Science for Protection of Indonesian Coastal Ecosystems), 20-21 January 2016, Denpasar, Indonesia.
- Poliakova, A., Zonneveld, Karin.A.F., Behling, H., 2016. Last ca 2850 year history of the Java Sea environment reconstruction based on methods of marine palynology. Final Conference for the Joint German-Indonesian Research Program SPICE (Science for Protection of Indonesian Coastal Ecosystems), 20-21 January 2016, Denpasar, Indonesia.

- Poliakova, A., Behling, H., 2016. Pollen, charcoal and organic-walled dinoflagellate cysts studies in the Java Sea: main outcomes and perspectives. Final Conference for the Joint German-Indonesian Research Program SPICE (Science for Protection of Indonesian Coastal Ecosystems), 20-21 January 2016, Denpasar, Indonesia.
- Poliakova, A., Behling, H., 2016. Multi-proxy reconstruction of environmental changes in coastal waters of the Java Sea, Indonesia, during the late Holocene. 45th Annual Meeting of the Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland. "Ecology for a Sustainable Future" (GFÖ), 31 August - 4 September 2015 Göttingen, Germany.
- Poliakova, A., Behling, H., 2015. Pollen and spore atlas for modern and late Holocene marine sediments from the Java Sea (Indonesia). The XIX INQUA Congress. 'Quaternary Perspectives on Climate Change, Natural Hazards and Civilization', 26 July - 2 August, 2015, Nagoya, Japan.
- Poliakova, A., 2015. Reconstruction of land use changes related to human impact during the late Holocene in SW Kalimantan and NE Java based on pollen and dinoflagellate cysts. Annual Conference of the Society for Tropical Ecology (GTÖ-2015), 7-10 April, 2015, Zurich, Switzerland.
- Poliakova, A., Behling, H. 2014. Land use changes and human impact during the late Holocene in SW Kalimantan and NE Java (additional study based on pollen and dinoflagellate cysts). 43rd Annual Conference of the German Society for Tropical Ecology (GTÖ-2014), 25-28 February 2014, Freising-Weihenstephan, Germany.
- Poliakova, A., Rixen, T., Behling, H., 2013. Modern pollen and spore trapped off Southwest Java in the Indian Ocean. European Geosciences Union General Assembly (EGU-2013), 07-12 April 2013, Vienna, Austria.
- Poliakova, A., Rixen, T., Behling, H. Annual pollen and spore sedimentation record off Southwest Java in the Indian Ocean. The Second International Conference on Southeast Asian Gateway Evolution (SAGE- 2013). 11-15, March, Berlin, Germany.
- Poliakova, A., 2012. Reconstruction of vegetation composition in the Segara Anakan catchment related to land use/cover change during the Anthropocene. Fieldwork related to the project. SPICE III TIMES workshop, 15.11.2012 Bremen, Germany.

## 2.4. Eingehende Darstellung der Projektergebnisse aus dem CAFINDO-Teilprojekt 4

### “Capacity building” und Verbreitung der Wissenschaftlichen Ergebnisse

### Capacity building and dissemination of research results

im Rahmen des F & E-Verbundvorhabens

**Klimatische vs. anthropogene Steuerung Spät-Holozäner Umweltveränderungen mit Auswirkungen auf indonesische Meeres-, Küsten- und Festland-Ökosysteme**

**Climate versus anthropogenic forcing of Late Holocene environmental change affecting Indonesian marine, coastal, and terrestrial ecosystems (CAFINDO)**

im Rahmen des F & E-Verbundprojektes

**SPICE III - Wissenschaft zum Schutz der Küstenökosysteme Indonesiens**

Topic 5: Meeresgeologie und Geochemie

**SPICE III - Science for the Protection of Indonesian Coastal Ecosystems**

Topic 5: Marine Geology and Geochemistry

**Dauer / Duration: 1.3.2012 – 31.12.2016**

**FKZ 03F0645A**

### Antragsteller / Proponents

Prof. Dr. Dierk Hebbeln (Projektleitung)  
MARUM - Zentrum für Marine  
Umweltwissenschaften  
Univ. Bremen, Leobener Str., 28359 Bremen,  
Germany  
dhebbeln@marum.de  
Tel. 0421-218-65650

unter Mitarbeit von  
Dr. Mahyar Mohtadi  
MARUM - Zentrum für Marine Umweltwissenschaften  
Univ. Bremen, Leobener Str., 28359 Bremen,  
Germany  
mohtadi@uni-bremen.de  
Tel. 0421-218-65656

in Kooperation mit / in cooperation with

#### Deutsche Partner / German partners:

PD Dr. Tim Jennerjahn  
Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT)  
Fahrenheitstr. 6, 28359 Bremen,  
Germany

Prof. Dr. Hermann Behling  
Department of Palynology and Climate Dynamics  
Universität Göttingen,  
Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen  
Germany

#### Indonesische Partner / Indonesian partners:

Dr. Haryadi Permana  
Earth Dynamics and Geological Disaster Division  
Research Center for Geotechnology  
Indonesia Institute of Sciences (LIPI)  
Jl. Sangkuriang, Bandung – 40135, Indonesia

Dr. Susilohadi Susilohadi  
Marine Geological Institute (MGI)  
Jl. Dr. Junjunan 236, Bandung – 40174,  
Indonesia

### **2.4.1 Zusammenfassung der Aktivitäten im Rahmen des *Capacity Building***

In dem Projekt CAFINDO kam es zu Projektbeginn, wie bei den meisten SPICE-Projekten, zu Zeitverzögerungen, da die gemeinsamen Arbeiten mit den Kollegen in Indonesien - z.T. aus politischen Gründen - nur sehr schleppend angelaufen sind (Das führte auch dazu, dass seitens der Indonesier erst im Oktober 2012 eine Übereinkunft über *Capacity Building* Maßnahmen getroffen werden konnte. Im Gegensatz zu den Konsultationen im Zuge der Antragstellung, machten die indonesischen Projektpartner zu diesem Zeitpunkt deutlich, dass ihr Interesse im Bereich des *Capacity Building* im Sinne von Ausbildung in allererster Linie auf der Entsendung indonesischer (Nachwuchs-)Wissenschaftler/innen nach Deutschland besteht. Dabei sollten diese ein intensives Training in den Meereswissenschaften erhalten. In Anbetracht der Verzögerungen und vor dem Hintergrund der geänderten Erwartungen der indonesischen Projektpartner wurde der Arbeitsplan für dieses Teilprojekt entsprechend angepasst und im April 2013 an das BMBF übermittelt.

#### **Training für indonesische (Nachwuchs-)Wissenschaftler/innen in Deutschland**

Nach der Neuausrichtung dieses Teilprojektes auf einen Fokus auf Trainingsangebote für indonesische (Nachwuchs-)Wissenschaftler/innen in Deutschland konnte noch 2012 eine erste Maßnahme realisiert werden. Ende 2012 kam MSc Mustaba Ari Suryoko vom Marine Geological Institute in Bandung für ein einmonatiges Trainingsprogramm nach Bremen. In dieser Zeit hat er Einblicke in eine ganze Reihe von analytischen Methoden in der Paläozeanographie (gemeinsame Arbeit mit der Bremer CAFINDO-Doktorandin Cornelia Kwiatkowski im Sedimentologie- und im Geochemie-Labor) bekommen und an zahlreichen GLOMAR-Veranstaltungen teilgenommen. Ein weiterer für Anfang 2013 geplanter Gastaufenthalt eines indonesischen Wissenschaftlers wurde von indonesischer Seite kurzfristig abgesagt.

Dieser Ansatz konnte dann aber später in 2013 doch fortgeführt werden, als vier junge Nachwuchswissenschaftler aus Indonesien für ein intensives Training in den Meereswissenschaften nach Bremen kamen: Mustaba Ari Suryoko, Nazar Nuridin, Eko Saputro (alle vom Marine Geological Institute in Bandung) und Septriono Hari Nugroho (vom RC Oceanography-LIPI, Jakarta). Hier wurde unter Anleitung von MARUM-Wissenschaftlern eine Projektarbeit durchgeführt (Abb. 2.4.1 und 2.4.2), die sich auf einen von den indonesischen Kollegen mitgebrachten Sedimentkern aus der Java See konzentrierte. Dabei konnten die Nachwuchswissenschaftler aus Indonesien eine Vielzahl von Analysen an diesem Kern unter Anleitung selbst durchführen (Kernbeschreibung, Kernbeprobung, XRF-Messungen, Korngrößenanalysen, Messungen stabiler Isotope, Bestimmungen der Gehalte an organischen und an Gesamt-Kohlenstoff, Mg/Ca-Analysen), die sie später gemeinsam ausgewertet haben. In die Betreuung waren die Bremer CAFINDO-PIs (Hebbeln, Mohtadi, Jennerjahn) und eine Reihe von Postdocs und Doktoranden eingebunden. Die Vermittlung theoretischer Grundlagen mit der praktischen Anwendung im Labor und anschließender gemeinsamer Dateninterpretation wurde von den indonesischen Gästen als sehr effektiv und gewinnbringend empfunden. Darüber hinaus wurden ihnen die Teilnahme an einem meeresgeologischen Dissertationskolloquium ermöglicht, um ihnen einen Eindruck über die Ansprüche an Doktorarbeiten in Deutschland zu vermitteln.

Bereits im Sommer 2013 kam die indonesische Nachwuchswissenschaftlerin MSc Kartika Anggi Hapsari an die Universität Göttingen. Dort wurde sie in die Arbeitstechniken der Pollenanalyse und die entsprechende Dateninterpretation eingearbeitet.

Nach den sehr guten Erfahrungen in 2012 und 2013 sollte eine entsprechende Trainingsmaßnahme auch in 2014 wieder durchgeführt werden. Dieser anvisierte Trainingsaufenthalt mehrerer junger indonesischer Nachwuchswissenschaftler/innen in Bremen ließ sich dann aber leider nicht realisieren, da nach Aussage unserer indonesischen Kooperationspartner keine geeigneten Kandidaten/innen zur Verfügung standen. Trotz der wiederholt zum Ausdruck gebrachten Bereitschaft der deutschen Partner, weitere indonesische Nachwuchswissenschaftler/innen in Deutschland für längere Trainingsaufenthalte aufzunehmen, haben unsere indonesischen Kooperationspartner weder für 2014 noch für 2015 Nachwuchswissenschaftler/innen für einen solchen Aufenthalt nominiert. Kritisch betrachtet muss man hier feststellen, dass sich dabei widerspiegelt, dass unsere Kooperationspartner an stattlichen Forschungsinstituten angesiedelt sind, ohne dass sie einen direkten Zugang zu Studenten/innen der indonesischen Universitäten hatten.



*Abb. 2.4.1: Vier indonesische Nachwuchswissenschaftler bei der Projektarbeit während ihres Trainingsaufenthalts am MARUM in Bremen in 2013.*



*Abb. 2.4.2: Laboranleitung für die vier indonesischen Nachwuchswissenschaftler während ihres Trainingsaufenthalts am MARUM in Bremen in 2013.*

In 2015 stand der einwöchige Besuch unserer indonesischen Co-PIs Dr. Haryadi Permana und Dr. Susilohadi Susilohadi in Bremen im Mittelpunkt der Austauschaktivitäten. Während dieses Besuches erhielten sie eine Einführung in die Laborinfrastruktur am MARUM und am ZMT, welche auch eine wichtige Grundlage für die Diskussion neuer Projektideen war. Im Rahmen eines CAFINDO-Workshops, zu dem auch die Göttinger Projektpartner angereist waren, bot sich die Möglichkeit, die Projektergebnisse aller Beteiligten zu diskutieren. Davon profitierten besonders die deutschen CAFINDO-Doktorandinnen, da Haryadi Permana und Susilohadi Susilohadi mit ihrem Wissen über die lokalen Gegebenheiten in Indonesien und vor allem über die indonesische Geschichte sehr wertvollen Input liefern konnten. Ende 2015 hat Dr. Mahyar Mohtadi bei einem Besuch in Jakarta die Möglichkeit genutzt, mit Dr. Permana und Dr. Susilohadi, die indonesischen Forschungsschiffe Baruna Jaya VIII und Geomarine III zu besuchen und zusammen mit ihnen mit Vertretern von BPPT und RISTEK Zukunftspläne für gemeinsame Forschungsarbeiten zu besprechen.

Im weiteren thematischen Rahmen des CAFINDO-Projektes, widmen sich zwei indonesische Doktoranden am MARUM paläozeanographischen Fragestellungen im indo-pazifischen Raum. Diese beiden Promotionsprojekte werden zum einen über den DAAD und zum anderen über einen indonesischen Stipendienggeber finanziert. Ende 2015 konnte eine dieser Doktorarbeiten erfolgreich abgeschlossen werden. Seitdem arbeitet Dr. Riza Setiawan als Lecturer an der Gadjah Mada Universität in Jogjakarta, Indonesien. Eine weitere Doktorarbeit,

die sich mit der Vegetationsgeschichte auf Java befasst, wird zur Zeit von einer indonesischen Doktorandin an der Universität Göttingen erstellt.

Name	Status	Institut	Zeitraum	Ort
Mustaba Ari Suryoko	MSc	Marine Geological Institute in Bandung	29.11.- 23.12.2012	MARUM
Mustaba Ari Suryoko	MSc	Marine Geological Institute in Bandung	9.11.-25.11.2013	MARUM
Nazar Nurdin	MSc	Marine Geological Institute in Bandung	9.11.-25.11.2013	MARUM
Eko Saputro	MSc	Marine Geological Institute in Bandung	9.11.-25.11.2013	MARUM
Septriono Hari Nugroho	MSc	Res. Center Oceanography - LIPI, Jakarta	9.11.-25.11.2013	MARUM
Kartika Anggi Hapsari	MSc	Institute of Technology in Bandung	April – Juli, 2013	Göttingen
Haryadi Permana	Dr.	Res. Center Geotechnology – LIPI, Jakarta	31.8.-5.9.2015	MARUM
Susilohadi Susilohadi	Dr.	Marine Geological Institute in Bandung	31.8.-5.9.2015	MARUM

Tab. 1: Überblick über die Aufenthalte indonesischer Gastwissenschaftler/innen in Deutschland im Rahmen von CAFINDO.

### Kursangebote in Indonesien und in Deutschland

Im Zusammenhang mit der Probennahme im Kernlager Cirebon auf Java, bei der im Oktober 2012 die Proben für die Arbeiten in den CAFINDO-Teilprojekten 1-3 genommen wurden, hat Dr. Mahyar Mohtadi vom MARUM einen zweitägigen Einführungskurs mit insgesamt vier Lehreinheiten in die Auswahl und Beprobung mariner Sedimente gegeben. An diesem Kurs haben Nachwuchswissenschaftler/innen sowohl von deutscher als auch von indonesischer Seite teilgenommen.

Da unsere indonesischen Kooperationspartner in ihren Forschungsinstituten in der Folgezeit aber keine kritische Anzahl von jungen Wissenschaftlern aus dem Bereich Meeresgeologie – Paläoklimaforschung für entsprechende weitere Kursangebote in Indonesien mobilisieren konnten, haben sie uns gebeten, entsprechende Kursangebote als Training für wenige ausgewählte Nachwuchswissenschaftler/innen in Deutschland anzubieten (siehe oben). Die jeweiligen Trainingsaufenthalte in Deutschland waren dann auch entsprechend als strukturierte Kurse aufgebaut, in denen sowohl analytisch/technisches Wissen weitergegeben als auch der entsprechende wissenschaftliche Hintergrund erklärt wurde. Bei seinem längeren Aufenthalt in 2012 hatte Mustaba Ari Suryoko auch die Möglichkeit an Kursen aus dem GLOMAR-Angebot teilzunehmen. Diese Kurse wurden auch über den gesamten Projektzeitraum von den in SPICE aktiven deutschen Nachwuchswissenschaftlern genutzt.

## **Verbreitung der erzielten Ergebnisse**

Im Rahmen von CAFINDO konnte eine ganze Reihe von hervorragenden wissenschaftlichen Ergebnissen erzielt werden, die im Detail in den Kapiteln der Teilprojekte 1 bis 3 erläutert sind. Diese Ergebnisse wurden zum Teil bereits in internationalen, begutachteten Wissenschaftszeitschriften publiziert werden. Ein weiterer Teil befindet sich in der Vorbereitung zur Publikation. Die einzelnen Artikel sind ebenfalls in den Kapiteln der Teilprojekte 1 bis 3 aufgelistet. Ein Großteil der aus CAFINDO resultierenden Publikationen basiert auf der Zusammenarbeit von mindestens zwei der beteiligten Institute, wodurch sich die gute Integration der Forschungsarbeiten in CAFINDO widerspiegelt.

Darüber hinaus wurden Ergebnisse aus CAFINDO auf den jeweiligen SPICE-Workshops und in einer ganzen Reihe von internationalen Tagungen präsentiert. Auch diese Präsentationen sind im Einzelnen in den Kapiteln der Teilprojekte 1 bis 3 aufgelistet. Hervorzuheben ist dabei die Präsentation von Dr. Mohtadi auf dem "Annual Meeting of the Indonesian Association of Oceanologists" mit dem Titel „*Balancing Resource Utilization/Exploitation and Healthy Ocean Environment*“ in Balikpapan (Borneo) im November 2015, wo er die Möglichkeit hatte, einem weit über den SPICE-Rahmen hinausreichenden Kreis von indonesischen Meereswissenschaftlern Ergebnisse aus dem CAFINDO-Projekt vorzustellen. In dieser Richtung sind auch noch die Aktivitäten unserer indonesischen Kooperationspartner zu erwähnen, die relevante Ergebnisse aus CAFINDO in entsprechend aufbereiteter Form indonesischen Entscheidungsträgern – innerhalb ihrer staatlichen Einrichtungen und auch darüber hinaus – vermittelt haben, um so eine bestmögliche, wissenschaftliche Grundlage für anstehende politische Entscheidungen zur Verfügung zu gewährleisten.

### 3. References

- Conroy, J. L., Overpeck, J. T., Cole, J. E., Shanahan, T. M., Steinitz-Kannan, M., 2008. Holocene changes in eastern tropical Pacific climate inferred from a Galápagos lake sediment record. *Quaternary Science Reviews* 27, 1166-1180.
- Crutzen, P.J., E.F. Stoermer, 2000: The 'Anthropocene'. *Global Change Newsletter* 41: 17-18.
- Faegri, K., Iversen, J., 1975. *Textbook of Pollen Analysis*, 4th Ed. Chichester, J. Wiley & Sons Ltd.
- Finsinger, W., Tinner, W., 2005. Minimum count sums for charcoal concentration estimates in pollen slides: accuracy and potential errors. *The Holocene* 15 (2), 293-297.
- Humborg, C., V. Ittekkot, A. Cociasu, B. v. Bodungen, 1997: Effect of Danube River dam on Black Sea biogeochemistry and ecosystem structure. *Nature* 386: 385-388.
- IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Kwiatkowski, C., 2016. Mid- to late Holocene climate variability of the Maritime Continent. Diss., Universität Bremen, pp1111, urn:nbn:de:gbv:46-00105640-19 (Dissertation).
- Mohtadi, M., Oppo, D.W., Steinke, S., Stuut, J.B., de Pol-Holz, R., Hebbeln, D., Lückge, A., 2011. Glacial to Holocene swings of the Australian-Indonesian monsoon. *Nature Geoscience* 4, 540-544.
- Mortlock, R.A., Froelich, P.N., 1989. A simple method for the rapid determination of biogenic opal in pelagic marine sediments. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers* 36:1415-1426.
- Rabalais, N.N., R.E. Turner, D. Justic, Q. Dortch, W.J. Wiseman Jr., B.K. Sen Gupta, 2000: Gulf of Mexico biological system responses to nutrient changes in the Mississippi River. In: Hobbie, J. (ed.), *Estuarine science: a synthetic approach to research and practice*, Island Press, Washington, 241-268.
- Smith, S.V., D.P. Swaney, L. Talaue-McManus, J.D. Bartley, P.T. Sandhei, C.J. McLaughlin, V.C. Dupra, C.J. Crossland, R.W. Buddemeier, B.A. Maxwell, F. Wulff, 2003: Humans, hydrology, and the distribution of inorganic nitrogen loading to the ocean. *BioScience* 53: 235-245.
- Southon, J., Kashgarian, M., Fontugne, M., Metivier, B., Yim, W.W.S., 2002. Marine reservoir corrections for the Indian Ocean and Southeast Asia. *Radiocarbon* 44(1), 167 - 80.
- Steinke, S., Mohtadi, M., Prange, M., Varma, V., Pittauerova, D., Fischer, H.W., 2014. Mid- to Late-Holocene Australian-Indonesian summer monsoon variability. *Quaternary Science Reviews* 93, 142-154.
- Stuiver, M., Polach, H., 1977. Reporting of <sup>14</sup>C data. *Radiocarbon* 19, 355-363.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., 1993. Extended <sup>14</sup>C data base and revised CALIB 3.0 <sup>14</sup>C age calibration programme. *Radiocarbon* 35 (1), 215-31.
- Syvitski, J.P.M., C.J. Vörösmarty, A.J. Kettner, P. Green, 2005: Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. *Science* 308: 376-380.
- Zonneveld, K.A.F., Chen, L., Möbius, J., Mahmoud, M., 2009. Environmental significance of dinoflagellate cysts from the proximal part of the Po-river discharge plume (off southern Italy, Eastern Mediterranean). *Journal of Sea Research* 62, 189-213.