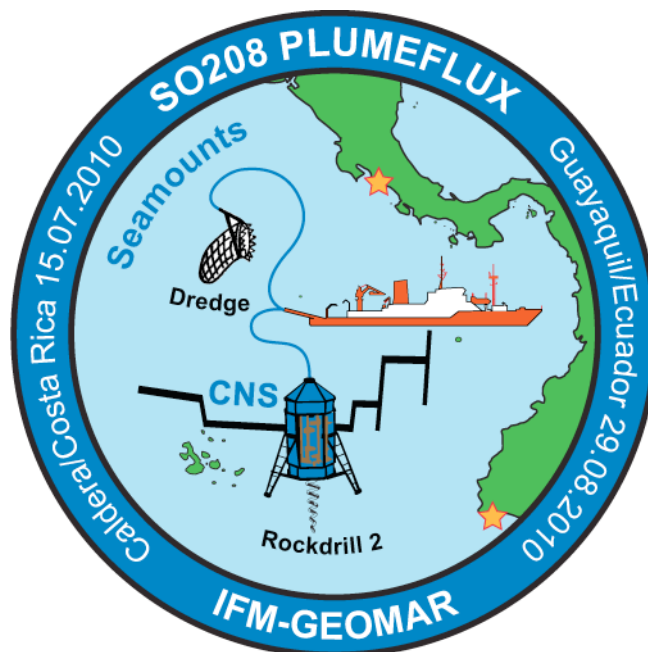


SO-208 PLUMEFLUX

AUSBREITUNG VON GALÁPAGOSPLUMEMATERIAL IM ÄQUATORIALEN OSTPAZIFIK



Abschlussbericht

- 03G0208A -

Berichtszeitraum: 01. Mai 2010 bis 31. August 2012

K. Hoernle und F. Hauff (GEOMAR)

unter Mitarbeit von

R. Werner, A. Herbrich (GEOMAR),

C. Lüter, B. Neuhaus (Museum für Naturkunde Berlin)

I.1. Aufgabenstellung

Im Forschungsprojekt SO-208 PLUMEFLUX wurden Seamounts auf der Cocosplatte vor Nord-Costa Rica und Nicaragua sowie das Galápagos-Spreizungszentrum (GSC) im Norden von Galápagos untersucht, um neue Informationen über die räumliche und zeitliche Ausbreitung von Galápagosplumematerial und die ostpazifische Benthosfauna zu erlangen. Die geologischen Hauptziele waren

- (1) festzustellen, ob Seamounts auf dem am East Pacific Rise gebildeten Teil der Cocosplatte durch den Galápagoshotspace gebildet wurden und somit das Ausmaß des Einflusses des Galápagosplumes auf die obere Asthenosphäre und die Lithosphäre zu charakterisieren,
- (2) anhand der Charakterisierung der Zusammensetzung dieser Seamounts den Eintrag in die zentralamerikanische Subduktionszone besser abzuschätzen und
- (3) Wechselwirkungen zwischen Galápagosplume und GSC insbesondere in der Vergangenheit zu rekonstruieren, womit frühere Untersuchungen (u.a. SO-158 MEGAPRINT) fortgesetzt und erweitert wurden.

Durch biologische Untersuchungen sollten bestimmte Schlüsselgruppen der ostpazifischen Benthosfauna möglichst umfassend erhoben werden, um Hypothesen zur Evolution, Funktion/Interaktion und Ausbreitung dieser Tiere zu überprüfen.

I.2. Voraussetzungen

Durch den großen Datensatz, der u.a. durch SO-158 MEGAPRINT (östl. GSC) und der U.S.-amerikanischen Ausfahrt EW0004 G-PRIME (westl. GSC) von der GSC-Rückenachse (Null-Alter) vorliegt sowie die umfangreichen Kenntnisse über den Galápagoshotspace bzw. Plume (detailliert dargelegt im Projektantrag) und insbesondere durch dessen weltweit einzigartige, langzeitige geochemische Zonierung, die eine eindeutige Identifikation von Galápagosplumematerial und die Rekonstruktion von Transportprozessen ermöglicht, war und ist das Galápagossystem für die bei SO-208 PLUMEFLUX durchgeführten Arbeiten prädestiniert. Dementsprechend wurde das von vorherigen SONNE-Reisen vorhandene Proben- und Datenmaterial soweit sinnvoll in das Vorhaben mit einbezogen. Auch wurde uns auf U.S.-amerikanischen Ausfahrten gewonnenes Material (u.a. Bathymetrie, geochemische Daten) von unseren Kooperationspartnern zur Verfügung gestellt. Mit Ausnahme eines während SO-144 beprobten Seamounts lagen bisher allerdings keine Proben und nur wenige bathymetrische Daten von den Seamounts vor Nord-Costa Rica und Nicaragua vor. Auch aus den SO-208-Arbeitsgebieten nördlich und südlich des GSC existierten bisher so gut wie keine Proben und nur vereinzelt bathymetrische Daten. Ferner lag bisher kaum Probenmaterial vom Tiefseebenthos aus diesen Gebieten vor. Somit wurden die überaus meisten für SO-208 PLUMEFLUX notwendigen Daten und Proben auf der Ausfahrt SO-208 mit dem FS SONNE gewonnen. Der erfolgreiche Verlauf von SO-208, die Expertise und die apparative Ausstattung aller beteiligten Institutionen und Arbeitsgruppen sowie die finanzielle Unterstützung durch das BMBF bildeten die Voraussetzungen für den erfolgreichen Abschluss des Forschungsprojektes SO-208 PLUMEFLUX.

I.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Der Ablauf des Vorhabens entsprach abgesehen von der gescheiterten Mobilisierung des Rockdrill II im wesentlichen der von uns im Antrag vorgeschlagenen Arbeits- und Zeitplanung.

Bei den Vermessungs- und Beprobungsarbeiten auf SO-208 Leg 1 (15.07. - 28.07. 2010) wurden innerhalb von nur 12 Tagen auf See neben 1.537 nm Profilmfahrten (EM120/Parasound) 28 Dredgezüge, 2 TV-Greifer- und 11 TV-Multicorer-Einsätze durchgeführt, von denen 23 magmatische Gesteine, 15 Vulkaniklastika, 32 Sedimente und 28 Makrofauna erbrachten.

Die Probleme mit dem Rockdrill II des British Geological Survey (BGS) im Vorfeld der Expedition SO-208 und während der Mobilisierung des Gerätes in Caldera/Costa Rica, die letztendlich aufgrund einer Beschädigung des Gerätes durch den BGS scheiterte, wurden dem Projektträger bereits schriftlich detailliert erläutert. Anstatt der mit dem Rockdrill II geplanten Bohrungen entlang von Profilen quer zum GSC wurde ein Alternativprogramm

ausgearbeitet, bei dem fünf Profile soweit möglich mit Dredgen beprobt werden sollten. Vor allem aufgrund der "ridge and valley" Morphologie im Norden und Süden des GSC verlief die Dredgebeprobung äußerst erfolgreich. Die Beprobung von Hartgesteinen mittels Dredgen ist zwar nicht so genau wie mit einem Bohrgerät, dafür aber wesentlich weniger zeitintensiv, so dass die fehlende Genauigkeit auch durch eine deutlich höhere Anzahl an Probenahmestationen ausgeglichen werden konnte. Somit konnte das Dredgeprogramm überraschenderweise die ursprünglich geplanten Bohrungen weitestgehend ersetzen. Während SO-208 Leg 2 (29.07. - 29.08.2010) wurden neben 3.352 nm Profilmfahrten 76 Dredgezüge, 3 TV-Greifer- und 4 Multicorer-Einsätze durchgeführt, von denen 59 magmatische Gesteine, 3 Vulkaniklastika, 5 Sedimente und 65 Makrofauna erbrachten.

Insgesamt verlief SO-208 somit trotz der oben angesprochenen Probleme sehr erfolgreich und das auf der Expedition gewonnene Daten- und Probenmaterial bildete eine hervorragende Grundlage für die verschiedenen weiterführenden, im Projektantrag umfassend dargestellten Laborarbeiten und Analysemethoden, aus denen die in Abschnitt II.1. vorgestellten Ergebnisse resultierten. Die Ergebnisse der Schiffsexpedition sind im Fahrtbericht (Werner et al. 2010, <http://www.geomar.de/zentrum/einrichtungen/bibliothek/publikationen-at-geomar/ifm-geomar-reports/>) detailliert dargestellt.

Um den während SO-208 gewonnenen einzigartigen Probensatz umfassend zu nutzen bzw. auszuwerten, sind statt der ursprünglich kalkulierten ca. 200 zu bearbeitenden Proben weit mehr als 300 Proben in dem Vorhaben SO-208 bearbeitet worden. Dies führte dazu, dass erheblich mehr geochemische Analysen (v.a. Haupt- und Spurenelement- sowie Sr-Nd-Pb-Isotopenanalysen) durchgeführt wurden als für SO-208 ursprünglich beantragt worden sind. Auch die Anzahl der Ar/Ar-Datierungen übersteigt die im Antrag genannten Zahlen. Diese zusätzlichen Arbeiten hatten jedoch keinen signifikanten Einfluss auf Arbeits- und Zeitplanung für das Projekt SO-208 PLUMEFLUX. Andererseits wurde auf die im Antrag vorgeschlagene U-Serien-Analytik verzichtet, da damit Altersmodelle speziell für die Bohrkerne ermittelt werden sollten. Stattdessen wurden die Alterbeziehungen der Dredgeproben anhand ihrer Entfernung von der GSC-Achse und von Spreizungsraten rekonstruiert.

Alle Organismen der Makro- und Meiofauna, die während der biologischen und geologischen Probenahmen gefunden wurden, sind entweder für genetische Untersuchungen in reinem Alkohol fixiert oder zur Daueraufbewahrung in Alkohol überführt. Kinorhyncha, Brachiopoden und Monoplacophora werden als Schlüsselgruppen weiterhin bearbeitet. Die Untersuchungen sind im Zeitplan und das, obwohl mit den Monoplacophora zusätzlich zu bearbeitendes Material angefallen ist. Die Sortierung nach Groß- bzw. Schlüsselgruppen ist abgeschlossen. Bei der Meiofauna wurden 12.128 Organismen aussortiert. Der Versand an Spezialisten, die einen Teil der Bestimmungen übernehmen, erfolgte bereits und wird weiterhin erfolgen.

I.4. Wissenschaftlich-technischer Stand (an den angeknüpft wurde)

Der wissenschaftlich-technische Stand wurde im Antrag zu dem Forschungsvorhaben SO-208 PLUMEFLUX ausführlich beschrieben.

I.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Während der Laufzeit des Vorhabens wurde mit verschiedenen Stellen im In- und Ausland intensiv und erfolgreich zusammengearbeitet. Diese Kooperationen, die zukünftig im Rahmen anderer Projekte fortgeführt werden sollen, erbrachten zahlreiche Ergebnisse, die in Abschnitt II.1. dargestellt sind und die teilweise bereits in Manuskripte eingeflossen sind. Unsere wichtigsten Kooperationspartner waren bzw. sind (in alphabetischer Reihenfolge der Institute):

Britisch Geological Survey, Marine Operations & Engineering
Rockdrill Team

Christian-Albrechts-Universität (Kiel)
Dr. Dieter Garbe-Schönberg (ICP-MS-Spurenelementanalytik)

Colgate University, U.S.A.
Dr. Karen Harpp (Geochemie)

Columbia University, U.S.A.
Prof. Terry Plank, Claire Bendersky (Petrologie)

Institut de Géologie et Paléontologie, Université de Lausanne, Schweiz
Prof. Peter Baumgartner, Dr. Phillippe Weber, Erika Baldessin (Sedimente, Radiolarien)

Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
Dr. Miguel Calderon Torres (Bathymetrie, Petrologie)

Hatlapa Uetersener Maschinenfabrik GmbH & Co. KG
Klaus-Jürgen Müller (Windentechnik)

Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
Prof. Dr. Bernd Schöne (Sauerstoffisotopie von Brachiopodenschalen)

Museum für Naturkunde Berlin
Dr. Birger Neuhaus, Dr. Carsten Lüter (Leitung der biologischen Untersuchungen)

University of Glasgow, UK
Dr. Bernard L. Cohen (Brachiopod molecular systematics)

University of Hawaii, U.S.A.
Dr. John Sinton (Geochemie)

University of Idaho, U.S.A.
Dr. Dennis Geist (Geochemie)

University of South Carolina, U.S.A.
Dr. Scott White (Bathymetrie)

Zoologische Staatssammlung München
PD Dr. Michael Schrödl (Morphologische und Molekulare Analyse Monoplacophora)

II.1. Darstellung der erzielten Ergebnisse

II.1.1. Publierte oder in Manuskripten vorliegende Ergebnisse

Die meisten der Ergebnisse von SO-208 PLUMEFLUX resultieren aus einer sehr aufwendigen und langwierigen Analytik (u.a. Geochemie, radiometrische Alterdatierungen). Viele dieser Analysemethoden können nicht zeitparallel durchgeführt werden, sondern müssen nacheinander vorgenommen werden. So werden zum Beispiel auf Basis der Ergebnisse der Hauptelementanalytik geeignete Proben für die Spurenelementanalytik ausgewählt, während die Spurenelementdaten wiederum die Basis für die Isotopenanalytik bilden. Aufgrund der großen Menge an zu analysierenden Proben (s. Abschnitt I.3.) und des langen analytischen „Vorlaufs“ liegen zum Zeitpunkt der Abgabe dieses Abschlussberichts noch keine Artikel vor, die bereits in Fachzeitschriften publiziert sind („Sonderdrucke“). Aus SO-208 PLUMEFLUX werden jedoch mehrere Publikationen in Fachzeitschriften resultieren, die wir dem PtJ nach ihrem Erscheinen umgehend zusenden werden.

Ein Teil der wissenschaftlich-technischen Ergebnisse von SO-208 PLUMEFLUX ist bereits in eine Reihe von Manuskripten eingeflossen, die zur Publikation eingereicht werden sollen bzw. wurden. Diese Ergebnisse werden hier nicht detaillierter erläutert. Stattdessen sind die im folgenden aufgelisteten Manuskripte dem Schlussbericht im Anhang beigelegt:

- (a) Herbrich A, Hoernle K, Hauff F, Werner R, Garbe-Schönberg D (in Vorb.) Geochemical evolution of plume-ridge interaction of the western Galápagos Spreading Center (91°40' - 92°10'W) over the last 800 ka. *Earth Planet Sci Lett*.

In dieser Arbeit werden die Haupt- und Spurenelement- sowie Isotopenzusammensetzungen von Proben eines Profils vorgestellt, dass sich vom westlichen Galápagos Spreizungszentrum (GSC) etwa 50 km nach Norden erstreckt. Die chemische Zusammensetzung dieser Proben kann durch die Mischung einer Galápagosplume-Komponente (15 - 25%) und einer N-MORB-Komponente (75 - 85%) erklärt werden. Es wird gezeigt, dass diesem Teil des GSC seit ca. 800 ka Material der nördlichen Galápagos-Plumekomponente kontinuierlich zugeführt wird. Weiterhin wird gezeigt, dass Plumematerial unter dem GSC hindurch transportiert und nördlich davon "off-axis" eruptiert wurde. Dieses Manuskript liegt dem Schlussbericht als Anlage 1 bei.

- (b) Herbrich A, Werner R, Hoernle K, Hauff F, v.d. Boogard P, Garbe-Schönberg D, Geldmacher J (in Vorb.) Seamount formation on East Pacific Rise Cocos crust through large-scale distribution of Galápagos plume material. *Geology*

In dieser Arbeit werden die Haupt- und Spurenelement- sowie Isotopenzusammensetzungen und Ar/Ar-Alter von Proben von Seamounts auf dem am East Pacific Rise (EPR) gebildeten Teil der Cocosplatte diskutiert. Die meisten dieser Seamounts sind auf eine Mischung von Galápagos-Plumematerial mit einer verarmten N-MORB-Quelle zurückzuführen, ihre Alter sind zum Teil ähnlich wie das Alter der darunterliegenden Kruste, einige Seamounts sind aber auch deutlich jünger. Es wird gezeigt, dass Galápagos-Plumematerial im Miozän sowohl entlang des GSC und des EPR transportiert wurde als auch an der Basis der Lithosphäre mindestens 800 km nach Norden bis in die Nähe der tektonischen Grenze zwischen dem am GSC und dem am EPR gebildeten Teil der Cocosplatte migrierte und dort zu Vulkanismus führte. Dieses Manuskript liegt dem Schlussbericht als Anlage 2 bei.

- (c) Neuhaus B, Sørensen MV (im Druck) Populations of *Campyloderes* sp. (Kinorhyncha, Cyclorhagida): one species with significant morphological variation? *Zool Anz*.

Diese Arbeit beschreibt sämtliches derzeit weltweit verfügbares Material der Gattung *Campyloderes* (Kinorhyncha) inklusive der Tiere von SO-208. Außerdem wird erstmalig für Kinorhyncha ein präadultes Stadium im Lebenszyklus nachgewiesen, wie es in ähnlicher Form bei den nächstverwandten Priapulida und Loricifera auftritt. Möglicherweise sind Bodenströmungen für das heutige Verteilungsmuster verschiedener Populationen verantwortlich. Ein Vorabdruck dieser Arbeit liegt dem Schlussbericht als Anlage 3 bei.

- (d) Neuhaus B (in Vorb.) *Condyloderes coronatus* sp. nov. (Kinorhyncha, Cyclorhagida) from the deep sea of the Central American East Pacific including a review of the genus *Condyloderes*. *Helgoland Marine Research*.

In dieser Arbeit wird eine neue Art der Kinorhyncha beschrieben und die Gattung *Condyloderes* reviewt. Arten dieser Gattung werden in der Familie Centroderidae zusammengefasst und sind sehr wahrscheinlich nahe verwandt mit Arten von *Campyloderes* und *Centroderes*, deren taxonomischer Status kürzlich bereits reviewt wurde (Neuhaus et al. 2013, Neuhaus und Sørensen 2013). Es ist geplant, die Verwandtschaftsbeziehungen innerhalb der Centroderidae in Kürze aufzuarbeiten, um damit auch die Verbreitungsmuster der einzelnen Arten erklären zu können. Dieses Manuskript liegt dem Schlussbericht als Anlage 4 bei.

Außerdem sind Verbreitungsdaten zu den Kinorhyncha des zentralamerikanischen Ostpazifiks in das von B. Neuhaus verfasste Kapitel Kinorhyncha (= Echinodera) im Handbook of Zoology eingeflossen.

II.1.2. Ausbildungs- und Qualifizierungsarbeiten

Im Rahmen von SO-208 PLUMEFLUX wird eine Doktorarbeit von Frau M.Sc. Antje Herbrich (Betreuer: K. Hoernle) angefertigt, die Entstehung der Seamounts vor Nord-Costa Rica und Nicaragua und geochemische Variationen entlang der Querprofile zum GSC zum Thema hat. Diese Arbeit wird zur Zeit abgeschlossen. Die aus dieser Arbeit resultierenden Ergebnisse