

# PAGANINI

PAnama Basin and GAlápagos "Plume" -

New INvestigations of Intraplate Magmatism

## SO144

Abschlußbericht 2002

- 03G144A -

Berichtszeitraum: 1. Juli 1999 bis 31. Dezember 2001

***E. R. Flüh, Ch. Walther, J. Bialas, K. Hoernle, G. Bohrmann,  
I. Schaffer, W. Weinrebe, R. Werner***

**GEOMAR**

Forschungszentrum für Marine Geowissenschaften  
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Wischhofstraße 1 - 3  
24148 Kiel

April 2002

## **Schlußbericht**

### **1. Aufgabenstellung**

Das interdisziplinäre Forschungsvorhaben umfaßte umfangreiche geophysikalische, geochronologische, geochemische und vulkanologische Untersuchungen im Bereich der Cocos-, Carnegie-, Malpelo-, und Coibarücken auf der Cocosplatte sowie der Ozeankruste und des Kontinentalschelfs vor Costa Rica und Nicaragua. Über die folgenden vier ineinandergreifenden Hauptziele soll ein besseres Verständnis geodynamischer Prozesse in diesem von Intraplattenvulkanismus, Spreizungszentren und Subduktion geprägten Bereich erreicht werden:

1. Durch die Rekonstruktion der zeitlich-räumlichen und magmatischen Entwicklung des Galápagos - Plumesystems soll ein Beitrag zum besseren Verständnis von Mantelplumes und "Large Igneous Provinces (LIP)" geleistet werden.
2. Anhand der Charakterisierung der komplexen plattentektonischen Prozesse im Bereich des Panamábeckens sollen Informationen über die Zeit-Raum-Evolution des "Galápagos Vulkanischen Systems" (GVS) während des Känozoikums gewonnen werden.
3. Mit der Rekonstruktion der langzeitlichen tektonisch-magmatischen Evolution der mittelamerikanisch/kolumbianischen Subduktionszone sollen die Beziehungen zwischen der Subduktion von normalen und anomal verdickten ozeanischen Krustensegmenten des GVS und der seismischen und vulkanischen Aktivität des Kontinentalrandes charakterisiert und damit die Abschätzung von Gefahrenpotentialen durch Erdbeben oder Vulkanismus in diesem Bereich optimiert werden.
4. Am Kontinentalrand vor Costa Rica sollen Voruntersuchungen zu einem rezenten Destabilisierungsprozeß von Gashydraten durchgeführt werden, welcher durch die Subduktion von Seamounts verursacht wird. Durch den aktiven Kollisionsprozeß an der Plattengrenze kommt es lokal zu Hebungen von mit Gashydraten gefüllten Sedimenten, welche an aktiven Hangabbruchflächen freigelegt werden und möglicherweise zu massiven Gasemissionen in die Wassersäule führen.

Die äußerst komplexe känozoische Entwicklung des nördlichen Süd- und Mittelamerikas ist geprägt durch eine ständige Kollision anomaler ozeanischer Krustenteile, die vermutlich alle ihren Ursprung in der Nähe des heutigen Galápagos - Hotspots hatten bzw. dort überprägt wurden. Dies ist durch die fast überall am Ostrand des Pazifiks zwischen Ecuador und Costa Rica aufgeschlossenen ophiolitischen Gesteine unterschiedlichsten Alters dokumentiert.

### **2. Voraussetzungen**

Die für das Vorhaben notwendigen Daten wurden auf den 4 Fahrtabschnitten der Sonne Fahrt SO144 gewonnen.

### **3. Planung und Ablauf**

Insgesamt wurden im Rahmen der SONNE-Expedition SO144 1.530 Profilkilometer refraktions- und reflexionsseismisch vermessen, wobei 162 Ozean-Boden-Hydrophon- (OBH) und Seismometer- (OBS) Stationen erfolgreich eingesetzt und wieder geborgen wurden. Zusätzlich kam ein Dreikanal-Ministreamer zum Einsatz. Längs dieser Linien sowie weiteren ca. 11.779 Profilkilometern wurde das Magnetfeld der Erde vermessen sowie die Meeresbodentopographie (20.749 Profilkilometer) kartiert. 950 Profilkilometer wurden mit dem TOBI-System kartiert.

Insgesamt wurden Daten guter bis sehr guter Qualität von OBH- und OBS-Stationen bearbeitet und für die 2D-Laufzeitmodellierung herangezogen.

Des Weiteren wurde ein seismologisches Netz aus 14 Stationen sowie 7 zusätzlichen Flowmetern ausgesetzt und wieder geborgen, die die Grundlage einer Untersuchung der Prozesse in der seismogenen Zone um eine geplante ODP-Bohrung liefern.

Zur Hartgesteinsbeprobung wurden im Bereich der Malpelo-, Coiba-, Carnegie- und Cocosrücken und an mit den Rücken assoziierten Seamounts insgesamt 96 Dredgezüge und 15 TV-Greifereinsätze durchgeführt, wobei kein Gerät verloren ging. Die Beprobung verlief an 85% der insgesamt 87 Stationen erfolgreich. Es wurden dabei 1225 Gesteinsproben gewonnen, die u.a. ein breites Spektrum an Laven (z.B. verschiedene Basalte, Trachyte), subvulkanische und plutonische Gesteine (z.B. Gabbros, Peridotite), vulkaniklastische Gesteine (z.B. Hyaloklastite, Schlacken, Bimse) und Sedimente (z.B. Ton-, Silt- und Kalksteine, Konglomerate, Turbidite) umfassen. Zusätzlich konnten von Biologen aus den petrologischen Probenahmegeräten 1300 Organismen zur weiteren wissenschaftlichen Bearbeitung fixiert werden sowie an 72 Stationen zusätzlich aus den in den Dredgen installierten Sedimentfallen mehrere hundert Individuen der Meiofauna (=mikroskopische Tiere) extrahiert werden. Das auf der Expedition gewonnene Probenmaterial bildete eine hervorragende Grundlage für die verschiedenen weiterführenden, im Antrag umfassend dargestellten Laborarbeiten, aus denen die unten vorgestellten Ergebnisse resultierten.

### **4. Wissenschaftlich-technischer Stand**

Der wissenschaftlich-technische Stand war im Antrag zu dem Vorhaben ausführlich beschrieben.

### **5. Zusammenarbeit**

Während der Laufzeit des Projektes gab es eine stetige und fruchtbare Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut UMR Géosciences Azur in Villefranche, Frankreich, die auch darüber hinaus fortgesetzt werden wird.

Erfolgreich zusammengearbeitet wurde und wird weiterhin mit Dr. G.E. Alvarado (ICE, Costa Rica), Prof. K. Harpp (Colgate University, U.S.A.) sowie Dr. B. Hanan und Dr. G. Geldmacher (San Diego State University, U.S.A.).

## **6. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse**

Die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse sind in eine Reihe von Publikationen eingeflossen, die bereits erschienen sind bzw. zur Publikation eingereicht wurden. Darüberhinaus wird noch an einigen Teilaspekten der Daten gearbeitet, weitere Publikationen sind in Vorbereitung (siehe 6.5). Auf mehreren Tagungen wurde über erste Ergebnisse und Zwischenresultate berichtet (siehe 8). Es besteht ein großes Interesse an unseren Ergebnissen, wie durch viele Nachfragen nach Vorabkopien der Publikationen belegt.

### **6.1 Anlage 1, Reprint der Arbeit:**

Walther, C.: The crustal structure of the Cocos Ridge off Costa Rica, eingereicht bei *J. Geophys. Res.*, 2001.

In dieser Publikation werden die Weitwinkeldaten zweier 2D-Auslagen über den submarinen Cocosrücken im Gebiet vor der Osa Halbinsel vorgestellt und die Krustenstruktur des Cocos-Rückens beschrieben.

### **6.2 Anlage 2, Reprint der Arbeit:**

Walther, C.: Crustal structure of the Cocos Ridge northeast of Cocos Island, Panamá Basin, eingereicht bei *Geophys. Res. Lett.*, 2001.

In dieser Publikation wird ein weiteres Weitwinkeldatenprofil über den Cocosrücken vorgestellt, das nordöstlich der Cocosinsel verläuft.

### **6.3 Anlage 3, Reprint der Arbeit:**

Trummer, I., Flüh, E. R., and the PAGANINI Working Group: Seismic constraints on the crustal structure of Cocos Ridge off the coast of Costa Rica. Accepted, *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, im Druck.

In dieser Publikation werden Weitwinkeldaten einer 3D-Auslage des Kontinentalrandes im Gebiet der Osa Halbinsel vorgestellt und die Krustenstruktur des Cocos Rückens beschrieben.

#### **6.4 Anlage 4, Reprint der Arbeit:**

Walther, C., Flueh, E. R.: Remnant of the ancient Farallon Plate breakup: A low-velocity body in the lower oceanic crust off Nicoya Peninsula, Costa Rica - evidence from wide-angle seismics, in Vorbereitung.

In dieser Publikation werden die Weitwinkeldaten einer 2D-Auslage auf der ozeanischen Kruste vor der Nicoya-Halbinsel, Costa Rica, vorgestellt. Das Profil befindet sich an der postulierten Nahtstelle, wo unterschiedliche ozeanische Krusten, am ostpazifischen Rücken und am Galápagos Spreizungszentrum gebildet, aneinandergrenzen.

#### **6.5 Anlage 5, Reprint der Arbeit:**

Barckhausen, U., Ranero, C.R., von Huene, R., Cande, S.C., and Roeser, H.A., 2001: Revised tectonic boundaries in the Cocos Plate off Costa Rica: Implications for the segmentation of the convergent margin and for plate tectonic models, *J. Geophys. Res.*, 106 (B9), 19,207-19220.

In dieser Publikation werden die auf der Expedition gewonnenen magnetischen Daten zusammen mit älteren Daten vorgestellt um daraus die Entwicklung des Panama-Beckens zu rekonstruieren.

#### **6.6 Anlage 6, Reprint der Arbeit:**

von Huene, R., Ranero, C., Weinrebe, W., and Hinz, K., 2000: Quaternary convergent margin tectonics of Costa Rica, segmentation of the Cocos Plate, and Central American volcanism, *Tectonics*, 19, 314-334.

In dieser Publikation werden die auf der Expedition gewonnenen bathymetrischen Daten zusammen mit älteren Daten vorgestellt um daraus den Einfluß der Rauigkeit der ozeanischen Platte auf das Subduktionsregime abzuleiten.

#### **6.7 Anlage 7, Preprint der Arbeit:**

Bohrmann, G., Heeschen, K., Jung, C., Weinrebe, W., Baranov, B., Cailleux, B., Heath, R., Hühnerbach, V., Hort, M., Masson, D., and Schaffer, I. (in press) Widespread fluid expulsion along the seafloor of Costa Rica convergent margin. *Terra Nova*.

#### **6.8 Anlage 8, Preprint der Arbeit:**

Werner, R., Hoernle, K., Barckhausen, U., and Hauff, F.: The geodynamic evolution of the Galápagos system (Central East Pacific) over the past 20 m.y.: Constraints from morphology, geochemistry, and magnetics. *Journal of Geophysical Research*, in Vorbereitung.

In dieser Publikation werden auf der Expedition gewonnene magnetische Daten mit den Ergebnissen vulkanologischer und geochemischer Untersuchungen an Gesteinen aus dem Bereich der Cocos-, Malpelo-, Coiba - und Carnegierücken kombiniert und darauf basierend die Interaktion des Galápagoshotspots mit dem Cocos-Nazca-Spreizungszentrum sowie ein Modell zur geodynamischen Entwicklung des Galápagosplumes während der letzten ca. 20 Ma rekonstruiert.

#### **6.9 Anlage 9, Preprint der Arbeit:**

Werner, R. and Hoernle, K.; volcanology of Galápagos hotspot tracks: Evidence for the existence of a Galápagos archipelago for 14.5 Ma, in Vorbereitung.

In dieser Publikation werden Ergebnisse vulkanologischer Untersuchungen an auf der Expedition im Bereich des Cocosrückens und assoziierter Seamounts gewonnenen Gesteinen vorgestellt. Es wird gezeigt, daß seit mindestens 14,5 Mill. Jahren kontinuierlich Inseln am Galápagoshotspot existieren.

#### **6.10 Anlage 10, Preprint der Arbeit:**

Harpp, K.S., Wanless W., Otto, R., Werner, R., and Hoernle, K.: The Cocos and Carnegie Ridges: A Record of Complex, Long-term Galapagos Plume-Ridge Interaction, in Vorbereitung.

In dieser Publikation werden schwerpunktmässig die Ergebnisse der Spurenelementanalytik an den am Cocos- und Carnegierücken gedredgeden Gesteinen vorgestellt und diskutiert. Die Autoren zeigen, dass die Hetrogenität des Galápagosplume schon über lange Zeit kontinuierlich bestanden haben kann, die geochemische Zonierung der Hotspotspuren aber durch Wechselwirkungen des Plume mit dem oberen Mantel kontrolliert wird bzw. jeweils die relative Position des Hotspot zum Galápagosspreizungszentrum widerspiegelt.

#### **6.11 Anlage 11, Preprint der Arbeit:**

Geldmacher, J., Hanan, B. , Blichert-Toft, J., Hoernle, K. , Hauff, F. , Werner, R., and Kerr A.: Hf isotopic variations in volcanic rocks from the Caribbean Large Igneous Province and Cocos Ridge (Central East Pacific), in Vorbereitung.

Der spätkreidezeitliche Vulkanismus der Caribbean Large Igneous Province (CLIP) in Zentralamerika kann mit dem initialen Plumestadium des Galápagos Hotspots erklärt werden. Diese Studie vergleicht die Hf-Isotopenverhältnisse der CLIP und der submarinen Vulkanite der miozänen Galápagos Hotspotspuren im Ostpazifik (Cocos, Carnegie, Malpelo, Coiba Rücken) mit den rezenten Vulkaniten der heutigen Galápagos Inseln. Es wird überprüft, ob die charakteristischen isotopischen Variationen des rezenten Galápagos Hotspots bis in das initiale Stadium des Galápagosplumes zurückverfolgt werden können.

### **6.12 Anlage 12, Preprint der Arbeit:**

Neuhaus, B.: Two new species of *Antygomonas* (Kinorhyncha, Cyclorhagida) from the East Pacific deep sea, *Zoologischer Anzeiger*, in Vorbereitung.

Zwei neue Arten der Kinorhyncha werden aus der Tiefsee des Ostpazifiks (1000-1850 m Tiefe) beschrieben. Die Tiere besiedeln das Gebiet mindestens zwischen Malpelo, Carnegie, Coiba und Cocos Rücken. Zum ersten Male werden Kinorhyncha aus über 1000 m Tiefe bis zur Art identifiziert.

### **6.13 Anlage 13, Preprint der Arbeit:**

Lüter, C.: Biogeography of the Brachiopoda of the East Pacific, in Vorbereitung.

Es wurden 78 Individuen der Brachiopoda im biologischen Material gefunden, von denen viele Arten zu typischen Tiefsee-Formen gehören und eindeutig identifiziert werden konnten, einige allerdings noch mit Material von anderen Fundorten zu vergleichen sind und sich möglicherweise als neu herausstellen werden. Besonders auffällig ist das gehäufte Vorkommen (ursprünglich?) antarktischer Arten.

### **6.14 Laufende Arbeiten:**

Eine Publikation (Dissertation) der petrologischen Struktur des Malpelo-Rückens vor Kolumbien, abgeleitet aus der Untersuchung konvertierter Scherwellen, ist in Vorbereitung.

Weiterhin ist in Zusammenarbeit zwischen GEOMAR und Dr. G. Alvarado (ICE & Universidad de Costa Rica) eine Arbeit zur Morphologie und Struktur der auf SO 144-3 und früheren Expeditionen beprobten vulkanischen Strukturen in Vorbereitung.

## **7. Ergebnisse Dritter:**

Die Bearbeitung der zu geochronologischen Analysen gewonnenen Proben geht nach Auskunft der beteiligten Kollegen des IFG, Kiel planmäßig voran. Gegen Anfang des Jahres 2002 sollten die ersten Altersdatierungen vorliegen.

Die Spurenelementanalytik an den auf der Expedition gewonnenen Hartgesteinsproben durch Prof. K. Harpp (Colgate University, U.S.A.) ist abgeschlossen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden z.Z. zur Publikation vorbereitet, ein Preprint liegt diesem Bericht in Anlage 10 bei.

## **8. Liste der Vorträge und Veröffentlichungen**

*Vorträge/Poster:*

- Barckhausen U, Werner R, Ranero CR, Roeser HA (2001). The influence of the Galapagos hotspot on the development of the Cocos-Nazca spreading center (Poster). *AGU Fall Meeting*, San Francisco, Eos Transactions (82, no 47) F1212
- Charvis Ph, Flüh ER, Marcaillou B, Hello Y, Walther Ch, Klaeschen D, McIntosh K, and the PAGANINI scientific party: Deep structure of the Malpelo Ridge (Colombia) from wide-angle seismic data: Preliminary results of the PAGANINI experiment (1999). (Poster), *Jahrestagung der EGS*, Nizza, April 2000
- Geldmacher J, Hanan B, Blichert-Toft J, Hoernle K, Hauff F, Werner R, Kerr A (2001) Hf isotopic variations in volcanic rocks from the Caribbean Large Igneous Province and Cocos Ridge (Central East Pacific) (Poster). *AGU Fall Meeting*, San Francisco, Eos Transactions (82, no 47) F1213
- Harpp KS, Wanless V, Hoernle K (2001). The Cocos and Carnegie Ridges: A Record of Long-term Galápagos Plume-Ridge Interaction (Poster). *AGU Fall Meeting*, San Francisco, Eos Transactions (82, no 47) F1213
- Hoernle K, Bogaard Pvd, Hauff F, Werner R, Lissinna B (2001). The 140 Ma (?) Evolution of the Galápagos Hotspot (Vortrag). *AGU Fall Meeting*, San Francisco, Eos Transactions (82, no 47) F1204
- Marcaillou B, Charvis Ph, Flüh ER Walther C and the PAGANINI scientific party: Deep Structure of the Malpelo Ridge (Colombia) from Wide-Angle Seismics and Gravity Data. (Poster), *SONNE Statusseminar*, Hannover, 14.-16.3.2001
- Marcaillou B., Charvis Ph, Collot JY., Flüh ER, Walther C: Deep structure of the Malpelo Ridge (Colombia) from seismic and gravity modeling.(Vortrag), *Jahrestagung der EGS*, Nizza, 29. - 30.3.2001
- Schaffer I, Kläschen D, Flüh ER, Bialas J, Charvis Ph and the PAGANINI Working Group: S-Wave Processing of Wide-Angle Seismic Data: First Results of the PAGANINI Cruise. (Poster), *Jahrestagung der DGG*, Frankfurt, 19. - 23.3.2001.
- Schaffer I., Kläschen D, Flüh ER, Bialas J, Charvis Ph, and the PAGANINI Working Group: S-Wave Processing of Wide-Angle Seismic Data: First Results of the PAGANINI Cruise. (Poster), *Jahrestagung der EGS*, Nizza, 29. - 30.3.2001
- Schaffer I., Walther Ch, Bialas J, Flüh ER, Kläschen D, Dorman L, McIntosh K, Charvis Ph: Marine Geophysical Investigations Offshore Middle America: First Results of the PAGANINI Cruise. (Poster), *Lateinamerika-Kolloquium*, Stuttgart, 11.-13.10.2000
- Walther Ch, Bialas J, Flüh ER, Charvis Ph, PAGANINI WG: Crustal structure of the Cocos Ridge off Costa Rica - preliminary results from a seismic wide-angle experiment. (Poster), *Jahrestagung der EGS*, Nizza, 29. - 30.3.2001
- Walther Ch, Bialas J, Flüh ER, Charvis Ph: Crustal structure of the Cocos Ridge off Costa Rica - preliminary results from a seismic wide-angle experiment. EOS Trans.



*AGU Fall Meeting*, 81 (47), Fall Meet. Suppl., T11A-03, 2000

Walther Ch, Flüh ER and the PAGANINI Working Group: Crustal structure of the Cocos Ridge off Costa Rica. (Poster), *SONNE Statusseminar*, Hannover, 14.-16.3.2001

Werner R, Hoernle H, Hauff F, SO 144-3 Shipboard Scientific Party (2001). RV SONNE SO144-3 Cruise: Insights in the Temporal-Spatial and Magmatic Evolution of the Galapagos Plume and -Archipelago (Poster). *AGU Fall Meeting*, San Francisco, Eos Transactions (82, no 47) F1215

Werner R, Hoernle K, Hauff F, Shipboard Scientific Party (2000) Räumlich-zeitliche und magmatische Entwicklung des Galápagos Plumesystems: Erste Ergebnisse der Ausfahrt SO 144-3 (Vortrag). 17. *Geowissenschaftliches Lateinamerika Kolloquium* Stuttgart

Werner R, Hoernle K, Hauff F, Ackermann D, Fahrtteilnehmer (2001) Räumlich-zeitliche und magmatische Entwicklung des Galápagos Plumesystems: Erste Ergebnisse der vulkanologisch-geochemischen Untersuchungen der Ausfahrt SO 144-3 (Vortrag). Tagungsband *SONNE Statusseminar* Hannover: 175 – 178

*Publikationen:*

Barckhausen U., Ranero CR, von Huene R, Cande SC, and Roeser HA, 2001: Revised tectonic boundaries in the Cocos Plate off Costa Rica: Implications for the segmentation of the convergent margin and for plate tectonic models, *J. Geophys. Res.*, 106 (B9), 19,207-19220.

Bialas J, Flueh ER, and Bohrmann G, 1999: SO-144/1&2 Cruise Report R/V Sonne, PAGANINI (Panama Basin and Galapagos "Plume" - New Investigations of Intraplate Magmatism). San Diego - Caldera September 7 - November 7, 1999. *GEOMAR Report #94*, Kiel, Germany.

Bohrmann G, Heeschen K, Jung ., Weinrebe W, Baranov B, Cailleux B, Heath R, Hühnerbach V, Hort M, Masson D, and Schaffer I (in press) Widespread fluid expulsion along the seafloor of Costa Rica convergent margin. *Terra Nova* .

Trummer I., Flüh ER, and the PAGANINI Working Group: Seismic constraints on the crustal structure of Cocos Ridge off the coast of Costa Rica. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, im Druck

von Huene R, Ranero C., Weinrebe W, and Hinz K, 2000: Quaternary convergent margin tectonics of Costa Rica, segmentation of the Cocos Plate, and Central American volcanism, *Tectonics*, 19, 314-334,

Werner R, Ackermann D, Worthington T and SO144-3 Shipboard Scientific Party,  
2000: *Cruise Report SONNE 144-3/Paganini 3*. Institut für Geowissenschaften,  
Universität Kiel, Berichte-Reports 10: 177p

### **Danksagung**

Wir danken dem BMBF für die gewährte Unterstützung und dem Projektträger BEO- Warnemünde für die unbürokratische administrative Abwicklung. Besonderer Dank gilt Kapitänen Papenhagen und Andresen und den Besatzungen des FS SONNE für ihre Kooperation während der Ausfahrten.

## Verzeichnis der Anlagen

### **Anlage 1, Reprint der Arbeit:**

C. Walther, The crustal structure of the Cocos Ridge off Costa Rica, eingereicht zu J. Geophys. Res., 2001.

### **Anlage 2, Reprint der Arbeit:**

C. Walther, Crustal structure of the Cocos Ridge northeast of Cocos Island, Panamá Basin, eingereicht zu Geophys. Res. Let., 2001.

### **Anlage 3, Preprint der Arbeit:**

I. Trummer, E.R. Flüh, and the PAGANINI Working Group: Seismic constraints on the crustal structure of Cocos Ridge off the coast of Costa Rica. Accepted, *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*.

### **Anlage 4, Preprint der Arbeit:**

C. Walther, E. R. Flueh, Remnant of the ancient Farallon Plate breakup: A low-velocity body in the lower oceanic crust off Nicoya Peninsula, Costa Rica - evidence from wide-angle seismics, in Vorbereitung.

### **Anlage 5, Reprint der Arbeit:**

Barkhausen, U., C.R. Ranero, R. von Huene, S.C. Cande, and H.A. Roeser, 2001: Revised tectonic boundaries in the Cocos Plate off Costa Rica: Implications for the segmentation of the convergent margin and for plate tectonic models, J. Geophys. Res., 106 (B9), 19,207-19220.

### **Anlage 6, Reprint der Arbeit:**

von Huene, R., C. Ranero, W. Weinrebe, and K. Hinz, 2000: Quaternary convergent margin tectonics of Costa Rica, segmentation of the Cocos Plate, and Central American volcanism, *Tectonics*, 19, 314-334.

### **Anlage 7, Preprint der Arbeit:**

"Bohrmann, G., Heeschen, K., Jung, C., Weinrebe, W., Baranov, B., Cailleux, B., Heath, R., Hühnerbach, V., Hort, M., Masson, D., and Schaffer, I. (in press) Widespread fluid expulsion along the seafloor of Costa Rica convergent margin. *Terra Nova* ."

### **Anlage 8, Preprint der Arbeit:**

Werner, R., Hoernle, K., Barkhausen, U., and Hauff, F.: The geodynamic evolution of the Galápagos system (Central East Pacific) over the past 20 m.y.: Constraints from morphology, geochemistry, and magnetism. *Journal of Geophysical Research*, in Vorbereitung.

### **Anlage 9, Preprint der Arbeit:**

Werner, R. and Hoernle, K.; volcanology of Galápagos hotspot tracks: Evidence for the existence of a Galápagos archipelago for 14.5 Ma, in Vorbereitung.

**Anlage 10, Preprint der Arbeit:**

Harpp, K.S., Wanless W., Otto, R., Werner, R., and Hoernle, K.: The Cocos and Carnegie Ridges: A Record of Complex, Long-term Galapagos Plume-Ridge Interaction, in Vorbereitung

**Anlage 11, Preprint der Arbeit:**

Geldmacher, J., Hanan, B. , Blichert-Toft, J., Hoernle, K. , Hauff, F. , Werner, R., and Kerr A.: Hf isotopic variations in volcanic rocks from the Caribbean Large Igneous Province and Cocos Ridge (Central East Pacific), in Vorbereitung

**Anlage 12, Preprint der Arbeit:**

Neuhaus, B.: Two new species of Antygomonas (Kinorhyncha, Cyclorhagida) from the East Pacific deep sea, in Vorbereitung

**Anlage 13, Preprint der Arbeit:**

Lüter, C.: Brachiopods collected during the cruise of the research vessel SONNE (cruise 144-3, "Paganini 3", 9. Nov.-18. Dec. 1999), in Vorbereitung

# **Erfolgskontrollbericht**

## **1. Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogramms**

Das Vorhaben ist eingebettet in das Programm Meeresforschung und Meerestechnik der Bundesregierung und berührt die unter 4.1.1 Geowissenschaftliche Grundlagenforschung genannten Aufgaben mit dem besonderen Schwerpunkt der Prozesse an Kontinentalrändern.

## **2. Wissenschaftlicher und technischer Erfolg des Vorhabens**

Die wissenschaftlichen Erfolge des Projektes sind in den dem Schlußbericht beigelegten **13** Publikationen sowie in den Fahrtberichten ausführlich beschrieben. Auf zahlreichen Tagungen wurde über das Projekt berichtet, und weitere Arbeiten, die auf den vorgelegten Ergebnissen aufbauen, wurden bereits initiiert.

## **3. Finanzierungs- und Zeitplan**

Der im Antrag vorgestellte Finanzierungs- und Zeitplan wurde eingehalten.

## **4. Verwertbarkeit der Ergebnisse und die Verwertungsmöglichkeiten**

Die gewonnenen Ergebnisse stellen die Grundlage für eine Reihe von weiterführenden Programmen dar, mit deren Realisierung teilweise bereits begonnen wurde. Dabei handelt es sich vornehmlich um rein wissenschaftliche Zielsetzungen, die jedoch auch von unmittelbarer Bedeutung für die Abschätzung mineralischer Rohstoffe (z.B. Sulfidlagerstätten), für Fragen des Umweltschutzes und für Risikoanalysen (Erdbeben, Vulkanismus, Klimaänderung) der betroffenen Regionen sind.

## **5. Erfindungen und Schutzrechtsanmeldungen**

Diese wurden nicht geltend gemacht.

## **6. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben**

Keine.

#### Kurzfassung:

Das Hauptziel des Vorhabens war ein besseres Verständnis der tektonischen Entwicklung des Panamábeckens sowie der Struktur von Mantelplumes und von Plume-Rücken-Wechselwirkungen am Beispiel des Galápagosplumes und -spreizungszentrums. Die Schwerpunkte lagen auf der Charakterisierung einzelner Krustensegmente, die als Schlüssel für die geodynamische Entwicklung des Gebietes gelten, sowie auf der vulkanologischen, geochemischen und geochronologischen Charakterisierung der aseismischen Rücken in diesem Gebiet. Dies wurde während SO144 mit einer Aquisition von bathymetrischen, magnetischen und im Schwerpunkt seismischen Weitwinkeldaten sowie mit einer umfassenden petrologischen Probennahme angegangen, unter Federführung von GEOMAR und in Zusammenarbeit mit französischen und amerikanischen Kollegen. Die Hauptergebnisse sind:

- 1) Eine detaillierte Beschreibung der Krustenstruktur des submarinen aseismischen Cocosrückens, die Hinweise auf seine Entstehungsgeschichte gibt.
- 2) Eine Charakterisierung des Malpelorückens und seine Stellung im System der einzelnen Krustensegmente.
- 3) Ein besseres Verständnis der frühen Geschichte des Cocos-Nazca Spreadingzentrums und der sich daran anschließenden plattentektonischen Prozesse.
- 4) Die Rekonstruktion des Ursprungs der aseismischen Rücken im Bereich des Panamábeckens.
- 5) Die Charakterisierung der geochemischen Entwicklung des Galápagos Hotspot und dessen Interaktion mit dem Galápagosspreizungszentrum in den letzten ca. 20 Ma.
- 6) Eine verbesserte Rekonstruktion der vulkanologisch-geologischen Entwicklung des Galápagosarchipels in den letzten ca. 20 Ma.

#### Abstract:

The main objective of the project was to achieve a better understanding of the tectonic evolution of the Panamá basin as well as of mantle plumes and plume-ridge interaction, exemplified by the Galápagos plume and spreading center. The main focus was the characterization of some crustal units, which are believed to be key elements for the geodynamic evolution, as well as a volcanological, geochemical, and geochronological characterization of aseismic ridges in this region. Bathymetric, magnetic, seismic wide-angle data and an extensive collection of igneous rocks were acquired during SO144, spear-headed by GEOMAR in collaboration with French and American colleagues. The main results are:

- 1) A detailed description of the crustal structure of the submarine aseismic Cocos Ridge, providing evidence on its history of origin.
- 2) A characterization of the Malpelo Ridge and its position in the system of crustal segments.
- 3) A better understanding of the early history of the Cocos-Nazca spreading center and the subsequent plate tectonic processes.
- 4) A reconstruction of the origin of the aseismic ridges in the Panamá basin.
- 5) A characterization of the geochemical evolution of the Galápagos hotspot and of its interaction with the Galápagos spreading center in the past 20 m.y..
- 6) A revised reconstruction of the volcanological-geological evolution of the Galápagos archipelago over the past 20 m.y.